

BSPE99562-11530-2

## 오픈 셀 케이슨 설계기술 개발

Development of Design Technologies for Harbor  
Structures Based on Open-cell Caissons

-1, 2차년도 통합 보고서-

2017. 12. 31.

한 국 해 양 과 학 기 술 원





# 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “오픈 셀 케이스 설계기술 개발” 연구개발과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 12. 31.

연구책임자 : 박우선  
참여연구원 : 오상호  
" : 원덕희  
" : 장세철  
" : 서지혜  
" : 이병욱  
" : 이재성  
" : 이주연  
" : 이성봉  
" : 장은이  
" : 변현진  
" : 신보라  
" : 이오진  
" : 이요섭



## 보고서 초록

과제고유 번호		연구기간	2016 3. 1. ~ 2017 12. 31. (2년)		
연구사업명	중사업명	국가사회현안대응과제			
	세부사업명	기업수요 맞춤형 실용화 기술개발 지원사업			
연구과제명	중과제명	창의연구사업			
	세부과제명	오픈 셀 케이슨 설계기술 개발			
연구책임자	박우선	총연구기간 참여연구원수	총 : 14 명 내부: 12 명 외부: 2 명	총 연구비	200,000천원 (직접비 기준 : 200,000 천원)
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 연안공학연구본부		수요담당 기업명	이도건설	
국제공동연구	-				
위탁연구					
요 약				보고서 면수	p.427
<p>□ 오픈 셀 케이슨을 이용한 장대형 항만구조물 건설에 필요한 설계기술 개발 (1차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인터 셀 내 채움재 해석모델 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조 모형 실험 실시</li> <li>· ABAQUS 등 상용 구조해석 프로그램을 이용한 구조해석 실시</li> </ul> </li> <li>○ 구조물 안정성 및 부재 안전성 평가 방법 정립             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장대형 구조물 안정성 평가 방법 개발</li> <li>- 인터 셀 부분 구조 안전성 평가 방법 개발</li> </ul> </li> <li>○ 개발 기술의 가치 평가</li> </ul> <p>(2차년도)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오픈 셀 케이슨 수리성능 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 3차원 수리모형실험 실시</li> <li>· 인터로킹 효과검증 (계측항목 : 과압, 케이슨 변위, 채움재 유출여부 등)</li> <li>· 설계기법 검증 및 개선</li> </ul> </li> <li>○ 오픈 셀 케이슨의 구조성능 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 해석 모델 검증 및 거동 특성 분석</li> <li>· 사석의 전단특성 평가 : 대형 전단 실험 실시</li> <li>· 오픈 셀 케이슨이용 장대 구조물 구조성능 평가</li> </ul> </li> <li>○ 연구소기업 설립 추진</li> </ul>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	항만, 오픈 셀 케이슨, 설계, 구조실험, 수리실험			
	영 어	Port, Open Cell Caisson. Design, Structural Test, Hydraulic Experiment			





## I. 제 목

오픈 셀 케이슨 설계기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근에 기후변화로 이상고파랑 발생 확률이 급속히 증대되고 있으며, 이로 인해 설계파보다 파고가 높은 이상 파랑의 내습이 예상되고 있어 관련 대응 기술 개발 시급한 실정임. 특히 항만시설물인 방파제 및 안벽의 경우, 파손 시 막대한 항만 피해가 예상되므로 기후변화에 따른 설계파 증가, 선박 대형화 등 항만 물류 조건 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안, 즉, 수평력 증대에 대해 안정성 확보를 위한 대처 방안 마련이 절실히 요구되고 있음.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구개발사업의 주요 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

- 오픈 셀 케이슨 장대 구조물 성능 평가
  - 오픈 셀 케이슨이용 장대 구조물 구조거동 분석
  - 인터 셀 내 채움재 해석모델 정립
  - 사석의 전단특성 평가
  - 오픈 셀 케이슨 수리 성능 분석
  
- 구조물 안정성 및 부재 안전성 평가 방법 정립
  - 장대형 구조물 안정성 평가 방법 개발
  - 파력 등 설계외력 결정방법 개발
  - 미끌림, 전도 등 구조물 안정성 평가 방법 개발
  - 인터 셀 부분 구조 안정성 평가 방법 개발

- 설계 지침서 작성
  - 수요 기업 및 설계 업체 자문을 통한 오픈 셀 케이스를 설계할 수 있는 설계 지침서 작성
  
- 개발 기술의 가치평가
  - 정부 공인 기관에 의뢰하여 기술 가치 평가
  
- 개발기술을 바탕으로 한 연구소기업 설립 추진
  - 개발기술의 빠른 상용화와 연안 및 항만 분야 신기술의 효율적인 상용화 추진을 위하여 (유)이도건설을 연구소기업으로 전환

#### IV. 연구개발결과

- 수요기술 성능입증 및 설계기술 확보를 위한 대형 구조실험 실시
  - 1/10 규모의 케이스 5기를 제작하여 구조실험 실시하여, 작용하중 변화에 따른 각종 구조응답 계측
  - 수치해석결과와의 비교를 통하여 채움재 모델 방법 정립
  
- 수요기술 성능입증 및 설계기술 확보를 위한 수리모형실험 실시
  - 평면수리모형실험의 공개실험을 통해 학계는 물론 수요 설계, 시공 업체의 공감대 형성에 기여
  
- 수요기술 현장 적용 설계를 위한 안정성/안전성 평가방법 제시
  - 수요기술을 방파제 적용시 필요한 구조물의 미끄럼, 전도 및 회전에 대한 안정성 평가 방법 제시
  - 인터셀 부분 구조부재 안전성 평가를 위한 방법 제시
  
- 수요기술 현장 적용 설계 실시
  - 계획 중인 군산 풍력지원항만의 안벽을 대상으로 수요기술을 적용한 설계 실시
  - 기존 케이스식 안벽보다 경제적인 면에서 우수한 성능을 보임을 확인
  
- 2017년 해양분야 신기술(NET) 인증
  - 기술명 : 쇄석 인터로킹을 활용한 오픈 셀 케이스 공법

- 기 관 명 : 한국해양과학기술원
- 인증번호 : 해양수산신기술 2017-10
- 유효기간 : 2018년 1월 2일부터 2023년 1월 1일까지

연구소기업 설립

- 기 업 명 : (유)코이도
- 설 립 일 : 2017년 11월 28일
- 등록번호 : 210114-0046421

## V. 연구개발결과의 활용계획

항만분야

- 본 기술은 항만분야에 적용 가능하기에 안벽, 방파제, 호안 등의 축조에 사용되는 케이슨을 대체할 수 있는 기술임
- 추가 특허기술을 확보하고, 연구개발결과를 활용하여 현장에 관련 구조물을 시공하고 이를 바탕으로 관련 신기술을 획득한 후, 실제 적용을 확대해 나갈

타건설분야

- 본 기술의 핵심 개념은 중력식 구조물 건설 분야에 활용될 수 있을 것으로 판단됨
- 개발기술의 홍보를 통하여 새로운 수요처를 발굴함으로써 적용 분야를 확대해 나갈







# Summary

## I . Title

Development of Design Technologies for Harbor Structures Based on Open-cell Caissons

## II . Purpose and necessity

Recently, the possibility of abnormal waves of which height is greater than design wave height have been increased due to the climate change, and therefore it has been urgent to secure the stability for harbor structures. Due to these facts, especially, in the case of gravity-type quay and breakwater as harbor facilities, upgrading stability of port structures to cope with super typhoon and the change of the port logistics conditions came to the fore as the considerable problems. In other words, it is urgently required to prepare countermeasures for securing the stability against the increase of the horizontal force.

## III . Contents and scope

The main contents and scope of this R&D project are as follows.

- Structural performance evaluation for a piece-wised continuous harbor structure using open-cell caissons
- Structural behavior analysis of a piece-wised continuous harbor structure using open-cell caissons
- Establishment of filling material analysis model in inter-cell
- Evaluation of shear characteristics of cruched rocks
- Hydraulic performance analysis of open-cell caissons

- Establishment of evaluation method of structure stability and the member safety
  - Development of stability evaluation method for a piece-wised continuous harbor structure
  - Development of determination method for design force (wave, etc.)
  - Development of evaluation method for structural stability (sliding, overturing, etc.)
  - Development of evaluation method for structural stability in inter-cell part
  
- Making of the design guidelines
  - Making design guidelines for open-cell caissons through consultation with companies in demand and design companies
  
- Value evaluation of this development technology
  - Performing a value evaluation by government authorized agency
  
- Establishment of research institute spin-offs based on development technology
  - To commercialize development technology rapidly and to promote efficient commercialization of new technologies in coastal and harbor areas
  - Switch-over Ido E&C (limited liability company, LCC) into a research institute

#### **IV. Results**

- Conduction of the large-scale structural test to demonstrate demand technology performance and secure design technology
  - Conduction of 1/10 scale structural test through manufacturing the caisson of 5 units
  - Measurement of various structural responses with the change of acting loads.
  - Establishment of filling material analysis model by comparison with numerical analysis results
  
- Conduction of the hydraulic model test to demonstrate demand technology performance and secure design technology

- Contribution to the consensus building of demand design and contractor as well as academia through the public test of plane hydraulic model experiment
  
- Presentation of stability / safety evaluation method to demonstrate demand technology performance and secure design technology
- Providing stability evaluation method required for breakwater application for sliding, overturning, and rotation of the structure
- Presentation of evaluation method for structural stability in inter-cell part
  
- Conduction of design for field application of demand technology
- Designing using demand technology for the quay in the planned wind power supporting port in Gunsan-city
- It is more economical than the quay of conventional caisson type.
  
- 2017 New Technology Certification (NET) based ocean and fishery sector
- Title : Open-cell Caissons Technologies utilizing interlocking of crushed rocks
- Affiliation : KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology)
- Verification Code : NET in Ocean and Fishery 2017-10
- Expiration date : 2018. 01. 02~ 2023. 01. 01
  
- Establishment of research institute spin-offs
- Name of Company : (LCC) KOIDO
- Establishment date : 2017. 11. 28.
- Registration number : 210114-0046421

## V. Utilization plan

- Port and harbor Field
- This technology is applicable to the harbor field, so it is a technology that can replace caisson used for the construction of quay wall, breakwater, shore, etc.
- Construction related structures on site through obtaining additional patents, and

utilizing the R&D results.

- Based on this, after acquiring relevant new technology, the actual application will be expanded.

Other construction fields

- The core concept of this technology can be applied to the construction of gravity type structures.
- Expansion of applications by finding potential needs through promoting development technology

# 목 차

제출문 .....	i
보고서요약서 .....	iii
요약문 .....	v
목차 .....	xvii
<b>제1장 기술의 개요 .....</b>	<b>3</b>
제1절 개발기술의 내용 .....	3
1. 개발기술의 정의 .....	3
2. 오픈 셀 케이슨의 특징 .....	5
제2절 개발기술의 국내·외 기술동향 .....	7
1. 국내 연구 및 기술 동향 .....	7
2. 국외 연구 및 기술 동향 .....	13
제3절 개발기술의 특징 .....	18
1. 기술의 우수성 .....	18
2. 타 기술과의 차별성, 응용성 또는 확장성 .....	20
3. 지식재산권 보유현황 .....	20
<b>제2장 연구개발 목표 및 내용 .....</b>	<b>25</b>
제1절 연구개발의 필요성 .....	25
1. 기술적 측면 .....	25
2. 사회문화적 측면 .....	25
제2절 연구개발의 목표 .....	26
1. 연구개발의 목표 .....	26
2. 세부목표 .....	26
3. 연구개발의 내용 및 범위 .....	27
<b>제3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....</b>	<b>31</b>
제1절 오픈 셀 케이슨이용 장대 구조물 성능평가 .....	31

1. 오픈 셀 케이스 대축척구조모형 실험 .....	31
가. 구조실험의 목적 .....	31
나. 구조실험 개요 .....	31
다. 구조실험 결과 .....	36
2. 오픈 셀 케이스 구조해석 .....	39
가. 구조해석의 목적 .....	39
나. 구조해석 개요 .....	39
다. 구조해석 결과 .....	39
3. 인터 셀 내 채움재 세굴실험 .....	40
가. 세굴실험의 목적 .....	40
나. 세굴실험 개요 .....	40
다. 세굴실험 결과 .....	42
4. 인터 셀 내 채움재 전단특성 평가 .....	46
가. 대형직접전단시험의 목적 .....	46
나. 대형직접전단시험 개요 .....	46
다. 대형직접전단시험 결과 .....	46
5. 인터 셀 내 채움재 해석모델 정립 .....	51
가. 채움재 모델 해석기법 검증 .....	51
나. 인터 셀 해석모델 정립 .....	53
6. 오픈 셀 케이스 수리성능분석 .....	61
가. 수리실험의 목적 .....	61
나. 수리실험 개요 .....	61
다. 수리실험 결과 .....	67
제2절 구조물 안정성 및 부재 안전성 평가 방법 정립 .....	87
1. 안정성 평가용 설계변수의 타당성 검증 .....	87
2. 파력 등 설계외력 결정방법 개발 .....	88
가. 정현파형에 기초하는 파력의 평활화 효과 .....	88
나. Goda식에 기초하는 파력의 평활화 효과 .....	89
3. 미끌림, 전도 및 회전에 대한 구조물 안정성 평가 방법 개발 .....	91
가. 미끌림 안전성 평가 .....	91
나. 전도 안전성 평가 .....	92
다. 회전 미끌림 안전성 평가 .....	93
4. 인터 셀 부분 구조 안정성 평가 방법 개발 .....	94
가. 파력에 대한 저항 성능평가 .....	94
나. 인터 셀의 전단 거동 특성 분석 .....	96
5. 설계지침서 작성 .....	104
가. 기본가정 .....	104
나. 설계지침서(안) .....	105

제3절 연구소기업 설립 추진개발 기술의 가치평가 .....	111
1. 개발 기술의 가치평가 .....	111
2. 연구소기업 설립 추진 .....	114
가. 연구소기업 설립개요 .....	114
나. 연구소기업 현황 .....	114
<b>제4장 연구개발 성과의 우수성 .....</b>	<b>119</b>
제1절 연구결과의 우수성/혁신성/차별성 .....	119
1. 연구결과의 우수성 .....	119
2. 연구결과의 혁신성 .....	123
3. 연구결과의 차별성 .....	123
<b>제5장 연구개발결과의 활용계획 .....</b>	<b>127</b>
제1절 연구결과의 활용성 및 실용성 .....	127
1. 연구결과의 우수성 .....	127
2. 연구결과의 실용성 .....	128
제2절 해당 기술의 기술적 파급효과 및 기대효과 .....	130
1. 기술적 파급효과 .....	130
2. 기대효과 .....	130
제3절 연구결과에 대한 기업만족도 및 사업화 계획 .....	131
1. 기업만족도 .....	131
2. 사업화 계획 .....	131
가. 시장현황 및 전망 .....	133
나. 추진계획 .....	138
다. 재무계획 .....	142
<b>참고문헌 .....</b>	<b>147</b>
부록 A. 방파제 설계지침(안)	
부록 B. 안벽 설계지침(안)	
부록 C. 2017 해양수산신기술(NET) 인증신청서류	

# 표 목 차

표 1.2.1 국내 연구 및 기술 동향 목록 .....	7
표 1.2.2 국외 연구 및 기술 동향 목록 .....	13
표 1.3.1 오픈 셀 케이스 특허 출원 현황 .....	21
표 2.2.1 연차별 정성적 목표 .....	26
표 2.2.2 연차별 정량적 목표 .....	27
표 3.1.1 해석 물성치 .....	39
표 3.1.2 실험케이스 .....	41
표 3.1.3 재료물성치 .....	51
표 3.1.4 상대밀도 50% .....	52
표 3.1.5 상대밀도 50% .....	53
표 3.1.5 재료물성치 .....	54
표 3.2.1 해석 물성치 .....	95
표 3.2.2 해석변수 .....	102
표 3.3.1 평가대상특허의 서지사항 .....	111
표 3.3.2 평가대상 특허기술의 가치평가표 .....	112
표 3.3.3 연구소기업 설립기관 개요 .....	114
표 3.3.4 연구소기업 회사개요 .....	114
표 3.3.5 대표자 인적사항 .....	114
표 3.3.6 경영진 현황 .....	115
표 3.3.7 사업조직도 .....	115
표 3.3.8 연구원내 참여자 현황 .....	115
표 3.3.9 출자내역 및 비율 .....	115
표 3.3.10 연구소기업 추진경위 .....	116
표 4.1.1 해양수산 신기술 인증 심사일정 .....	121
표 5.1.1 신속 설치 과정(안) .....	128
표 5.3.1 사업화 모델 .....	132
표 5.3.2 오픈 셀 케이스 관련 산업 구조도 .....	133
표 5.3.3 산업의 특성 .....	134
표 5.3.4 항만 인프라 확충계획 (단위 : 선석, 만톤/년) .....	134
표 5.3.5 오픈 셀 케이스 적용 가능 항만 건설사업(2016~2018) .....	135
표 5.3.6 항만 수주액(단위 : 달러, %) .....	136
표 5.3.7 2014/2015년 지역별 해외 건설 수주액 및 누적액 (단위 : 달러, %) .....	137
표 5.3.8 오픈 셀 케이스 시장 SWOT 분석 및 대응전략 .....	137
표 5.3.9 오픈 셀 케이스 사업화 협의체 포트폴리오 .....	139
표 5.3.10 매출계획 .....	143
표 5.3.11 오픈 코이도(주) 기 운영 중인 현장 .....	143
표 5.3.12 연차별 인력 확보 계획 .....	144
표 5.3.13 추정 재무제표 .....	144



# 그 립 목 차

그림 1.1.1	오픈 셸 케이슨 형상도 및 현장 적용도 .....	5
그림 1.1.2	오픈 셸 케이슨의 주요 특징 .....	6
그림 1.2.1	파력분산효과를 분석하기 위한 이론적 운동방정식 구성 .....	10
그림 1.2.2	입사각에 따른 파력분산(좌측) 및 케이블 장력(우측) .....	11
그림 1.2.3	장대형 구조물에 작용하는 파력분석을 위한 정의 .....	12
그림 1.2.4	감소파력비의 해석해와 수치해 비교 .....	12
그림 1.2.5	회절을 고려한 파력감소비 .....	13
그림 1.2.6	활동안전율과 회전안전율의 시계열 변화 .....	14
그림 1.2.7	회전을 고려한 파력저감률 .....	15
그림 1.2.8	PC 철골형 장대형 케이슨의 개념도 .....	16
그림 1.2.9	수평 파력의 평활화계수 .....	17
그림 1.3.1	기존 케이슨과의 공사비 비교 .....	18
그림 1.3.2	오픈 셸 케이슨 기술의 우수성 .....	20
그림 2.1.1	대형 태풍에 의한 방파제 피해상황 .....	25
그림 3.1.1	구조실험 계획 .....	31
그림 3.1.2	구조실험 방파제 설치도 .....	32
그림 3.1.3	구조실험체 단면 .....	32
그림 3.1.4	구조실험체 게이지 부착위치 .....	33
그림 3.1.5	반력측정용 스트레인 게이지 .....	34
그림 3.1.6	케이슨 움직임 측정 변위계 .....	34
그림 3.1.7	가력장치 설치도 .....	35
그림 3.1.8	마찰계수 실험결과 .....	36
그림 3.1.9	하중-변위 상관도 .....	37
그림 3.1.10	하중-변위 상관도 .....	38
그림 3.1.11	구조해석 결과 .....	40
그림 3.1.12	세굴실험 케이슨 방파제 모형 .....	41
그림 3.1.13	실험 변수 .....	42
그림 3.1.14	변위계 설치 .....	42
그림 3.1.15	CASE 1 결과 .....	43
그림 3.1.16	CASE 2 결과 .....	44
그림 3.1.17	입도분석곡선 .....	47
그림 3.1.18	채움재의 상대밀도 시험 사진 .....	47
그림 3.1.19	순환골재 변위-응력 곡선 .....	47
그림 3.1.20	순환골재 Mohr - Coulomb 파괴포락선 .....	48
그림 3.1.21	기초사석 변위-응력 곡선 .....	48
그림 3.1.22	기초사석 Mohr - Coulomb 파괴포락선 .....	48
그림 3.1.23	최소밀도 순환골재 실험 사진 .....	49
그림 3.1.24	상대밀도 순환골재 실험 사진 .....	49

그림 3.1.25	최소밀도 기초사석 실험 사진	50
그림 3.1.26	상대밀도 순환골재 실험 사진	50
그림 3.1.27	해석 모델	51
그림 3.1.28	해석 경계조건	52
그림 3.1.29	해석 결과(변형형상)	52
그림 3.1.30	오픈 셀 케이스의 구성요소	53
그림 3.1.31	해석모델의 제원	53
그림 3.1.32	해석 모델의 경계조건	54
그림 3.1.33	전단응력분포도(예)	55
그림 3.1.34	전단응력산정방법	55
그림 3.1.35	Geostatic을 고려하지 않았을 경우 인터 셀 내 사석과 오픈 셀 격벽에서의 응력상태	56
그림 3.1.36	Geostatic 해석 후 인터 셀 내 사석과 오픈 셀 격벽에서의 응력상태]	57
그림 3.1.37	사석 유효응력 발생 후 오픈 셀 케이스 벽에서의 반력	57
그림 3.1.38	인터 셀 전단블록과 사석의 Von-Mises 응력상태(지반유효응력고려)	58
그림 3.1.39	지반유효응력을 고려하였을 경우 전단력-변형 관계	58
그림 3.1.40	인터 셀 전단블록과 사석의 Von-Mises 응력상태(지반유효응력미고려)	59
그림 3.1.41	지반유효응력을 고려하지 않았을 경우 전단력-변형 관계	59
그림 3.1.42	수리실험 모델 개념도	61
그림 3.1.43	수리실험 케이스 측면도 및 평면도	62
그림 3.1.44	파고계 배치도: 파향 0°	63
그림 3.1.45	파고계 배치도: 파향 15°	64
그림 3.1.46	파고계 배치도: 파향 30°	64
그림 3.1.47	파압계 배치도	65
그림 3.1.48	모형 평면도	65
그림 3.1.49	파향별 모형설치사진	66
그림 3.1.50	파고의 시계열 자료: 파향 0°	69
그림 3.1.51	파압의 시계열 자료: 파향 0°	72
그림 3.1.52	파고의 시계열 자료: 파향 15°	75
그림 3.1.53	파압의 시계열 자료: 파향 15°	78
그림 3.1.54	파고의 시계열 자료: 파향 30°	80
그림 3.1.55	파압의 시계열 자료: 파향 30°	83
그림 3.1.56	파향 0° 일 경우 작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위	84
그림 3.1.57	파향 15° 일 경우 작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위	85
그림 3.1.58	파향 30° 일 경우작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위	86
그림 3.2.1	장대형 케이스에 작용하는 파력	88
그림 3.2.2	Goda식을 적용한 단위 파력의 시간변화	90
그림 3.2.3	충격파의 상대적 크기에 따른 파력 평활화 효과	91
그림 3.2.4	케이스 제원 및 배치도	94
그림 3.2.5	케이스 작용하중	94
그림 3.2.6	케이스 및 채움재의 응력 분포	95
그림 3.2.7	케이스의 거동	96

그림 3.2.8 포항영일만 북방파제 설계조건	97
그림 3.2.9 해석모델	98
그림 3.2.10 케이슨별 시계열 수평파력	99
그림 3.2.11 전단력 산정방법	99
그림 3.2.12 입사각별 전단력선도	100
그림 3.2.13 경계조건	101
그림 3.2.14 해석변수 명명	101
그림 3.2.15 전단블록의 개수 및 길이에 따른 저항력 분포 분석	103
그림 3.2.16 직립제의 설계파압 분포, Goda 파압식	104
그림 3.2.17 경사 입사시 기준선 방향 동시 파압분포 예	104
그림 3.2.18 인터로킹 케이슨 방파제 예: 오픈 셀 케이슨 적용한 경우	105
그림 3.3.1 가치평가 수행절차	112
그림 3.3.2 특허기술 가치평가서 표지	113
그림 3.3.3 연구소기업 등록증	116
그림 4.1.1 대형 구조실험체	119
그림 4.1.2 미끌림 안정식 평가식 제안	119
그림 4.1.3 현장적용설계	120
그림 4.1.4 공개수리모형실험	121
그림 4.1.6 해양과학수산기술대전 홍보활동 수행	121
그림 4.1.7 2017년 해양분야 신기술(NET) 인증서	122
그림 4.1.7 대축척(1/10) 구조실험	123
그림 4.1.8 세굴대응 성능실험	124
그림 5.1.1 연구결과의 활용개념	127
그림 5.3.1 국내 오픈 셀 케이슨 시장규모 및 전망 (단위: 억원)	136
그림 5.3.2 코이도(주) 사업화 로드맵	138
그림 5.3.3 조사 시험 및 연구의 종류	140
그림 5.3.4 시공 과정	141
그림 5.3.5 공기 시뮬레이션	142





# 제1장 기술의 개요

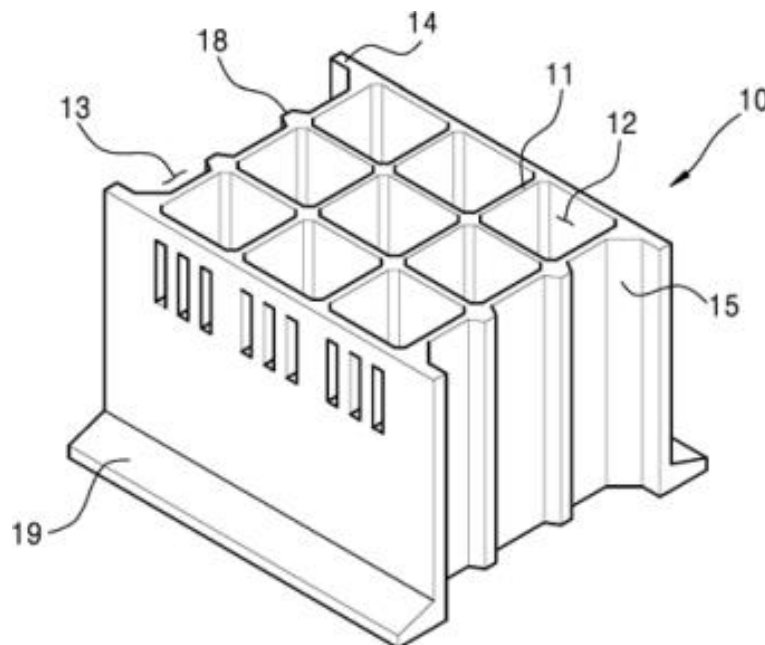


## 제1장 기술의 개요

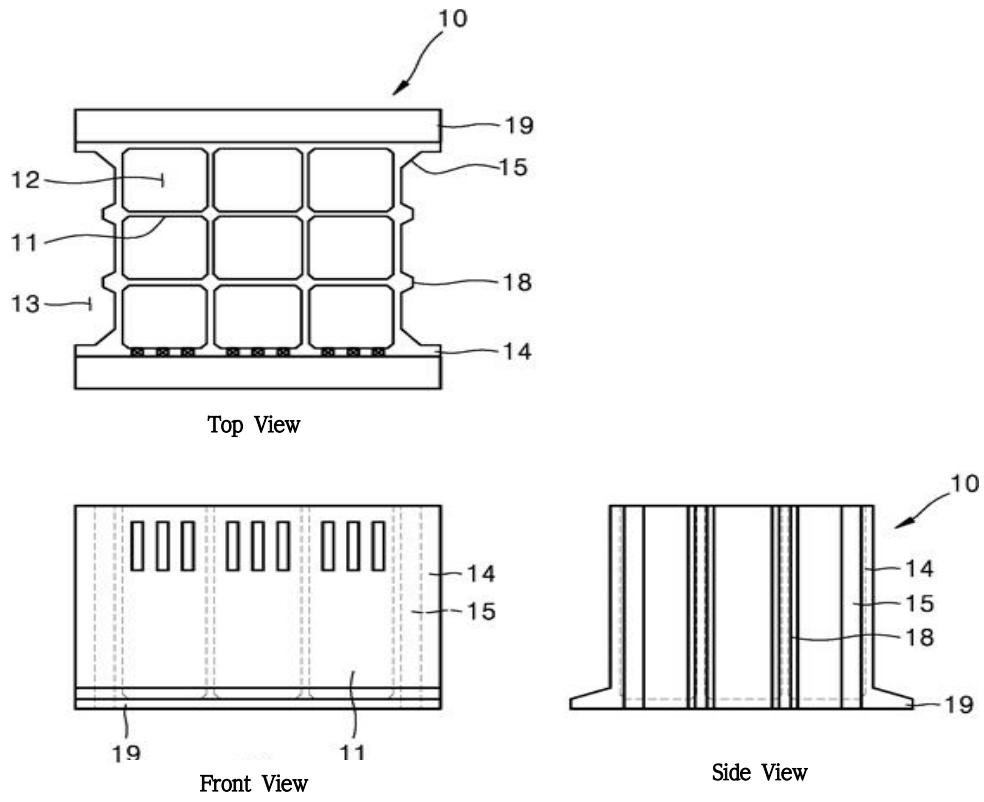
### 제1절 개발기술의 내용

#### 1. 개발기술의 정의

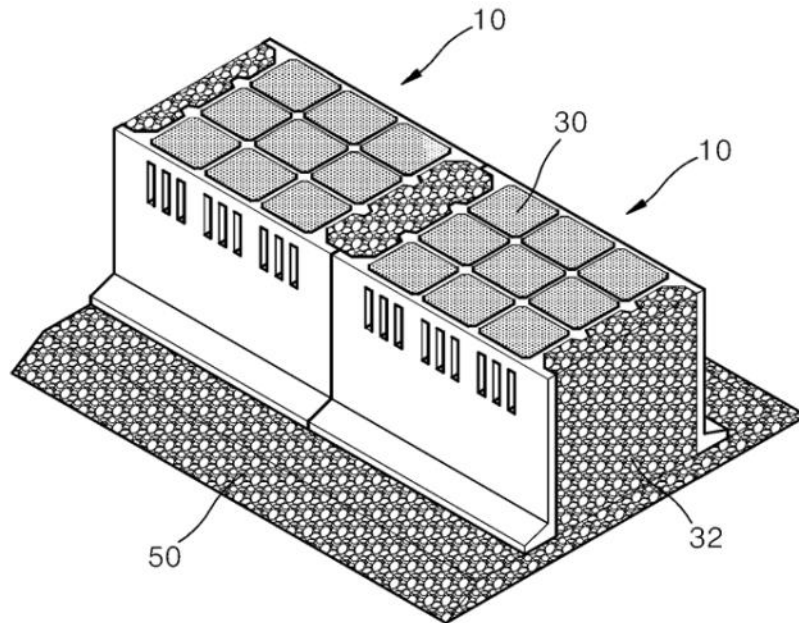
- 기존의 케이슨에 오픈 셀의 개념을 도입한 “오픈 셀 케이슨”을 이용하여 케이슨식 항만구조물을 장대화하는 기술
- 이웃하는 두 케이슨의 마주하는 벽체에 오픈 셀을 두어, 마주하는 오픈 셀에 의해 형성되는 인터 셀에 사석 형태의 채움재를 채워 이웃하는 케이슨을 플렉시블하게 인터로킹하는 기술
- 종래의 개별식 케이슨 구조물에 비해 벽체의 개수를 줄여 제작비를 절감하면서도 시공방법에 거의 차이가 없고, 이웃하는 케이슨을 플렉시블한 사석으로 인터로킹시켜 외력에 대하여 연대하여 저항하면서도 지반의 부등침하에 각 케이슨이 독립적으로 대응할 수 있는 특징을 지닌 기술



(a) 조감도

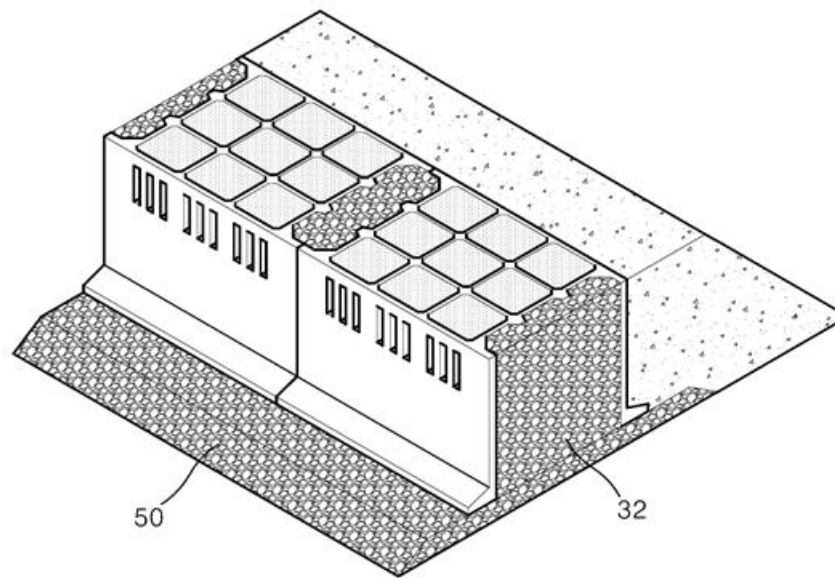


(b) 평면도



[ ]방파제





[안벽]

(c) 현장 적용도

그림 1.1.1 오픈 셀 케이슨 형상도 및 현장 적용도

## 2. 오픈 셀 케이슨의 특징

- 오픈 셀 케이슨은 같은 길이의 일반 케이슨에 비하여 콘크리트, 철근 등의 재료가 적게 소요되어 경제적이고, 가벼워 시공이 용이한 특징이 있다.
- 오픈 셀 케이슨은 기존 케이슨에 비하여 양측 벽체를 슬림화할 수 있는 특징이 있다.
- 오픈 셀 케이슨은 같은 중량의 일반 케이슨에 비하여 길이를 길게 할 수 있어 방파제 등 축조 시 총 제작함수를 적게 할 수 있어 공사비 절감이 가능한 특징이 있다.
- 오픈 셀 케이슨은 채움 사석(그림 1.1.1의 32)에 의한 인터로킹 효과로 인한 최대 작용력 저감으로 구조물 안정성이 높아지는 특징이 있다.
- 오픈 셀 케이슨은 케이슨 거치 후 채움사석(32) 일부를 채움으로써 시공중 구조물 안정성을 높일 수 있는 특징이 있다.
- 오픈 셀의 채움사석(32)이 직접 사석마운드와 접하게 되어 구조물 활동저항력이 증대되는 특징이 있다.

- 오픈 셀 케이슨의 채움사석(32)은 유연하여 콘크리트 블록 등으로 인터로킹시키는 경우와는 달리 구조부재에 응력집중이 거의 발생하지 않는 특징이 있다.
- 오픈 셀 케이슨은 제작, 시공, 파손 시 교체 등에 있어서 기존 케이슨의 경우와 같은 수준을 보이는 특징이 있다.

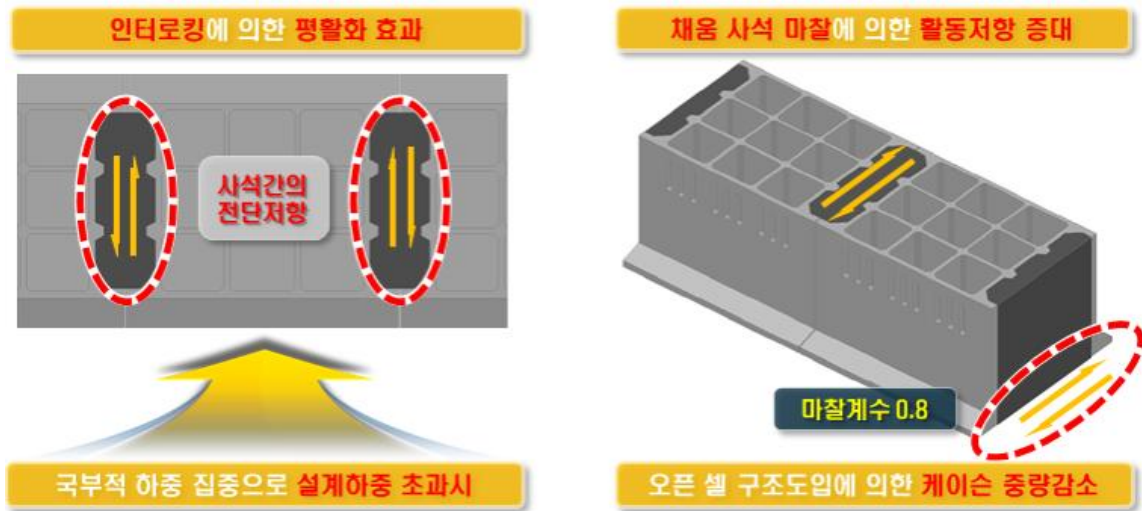


그림 1.1.2 오픈 셀 케이슨의 주요 특징

## 제2절 개발기술의 국내·외 기술동향

### 1. 국내 연구 및 기술 동향

#### ○ 개요

- 국내에서는 장대형 케이슨 방파제에 작용하는 다방향 불규칙파랑의 파력감소 계수 산정(2010), 인터로킹 방파제 설계사례(2010), 장대형 이안제에 작용하는 불규칙파의 힘 등에 대한 연구가 수행된 바 있으며, 이들 연구에서는 장대형 케이슨 방파제에 작용하는 파력감소계수를 산정하여 장대형 케이슨 방파제의 효과에 대한 검증 수행
- 또한, 장대 케이슨 방파제의 효과를 나타내기 위해 방파제 인터로킹을 통해 장대 케이슨 방파제와 같은 효과를 나타내는 방파제 단면을 제안한 바 있음 (김범형 등, 2010)
- 구조실험을 통하여 요철에 의한 인터로킹 방파제의 저항능력에 대한 평가(박우선 등, 2011)와 수치실험을 통한 인터로킹 방파제의 파력분산 특성에 대한 연구가 수행된 바 있음(박 등, 2013)
- 최근 “홍도항 동방파제 축조공사” 턴키에서는 현대산업개발이 길이 77 m의 케이슨을 설계하여 장대형 효과를 가질 수 있도록 제안한 바 있음

표 1.2.1 국내 연구 및 기술 동향 목록

제 목	출처	저자	년도
장대 케이슨 방파제에 작용하는 다방향 불규칙파랑의 파력감소계수 산정	한국수자원학회 논문집	정재상, 김범형, 김준준, 조용식	2010
인터로킹 방파제 설계사례	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	김범형, 김종석, 이정욱, 정재상	2010
인터로킹 시스템을 이용한 장대 케이슨 방파제 구현	토목학회지	김범형, 이정욱, 정재상, 박우선	2010
Effects of diffraction and directional asymmetry of random wave loads on a long structure	Asian and Pacific Coasts	정재상, 이창훈, 조용식	2011
구조실험에 의한 인터로킹 방파제 저항능력 평가	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 한상훈, 오상호, 장세철, 김범형	2011
포항영일만 외곽시설(2-1단계) 축조공사 설계사례	한국지반공학회 논문집	김종석, 유재명, 이종태, 강홍규	2011
장대형 이안제에 작용하는 불규칙파의 힘	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	정재상, 이창훈, 조용식, 박우선	2012
인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성	한국연안방재학회 추계학술대회	박우선, 이진학, 원덕희, 서지혜	2013
오픈셀케이슨의 전단블록 거동 분석	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	원덕희, 서지혜, 박우선	2015
오픈셀케이슨의 항만부두 구조물에의 적용	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	이요섭, 이오진, 박우선	2015
오픈셀케이슨의 전단횡격벽 거동분석	한국산학기술학회 추계학술대회	서지혜, 원덕희, 박우선	2015
회절을 고려한 반무한방파제 형식의 장대구조물에 작용하는 파력 예측	한국해양과학기술협의회 논문집	정재상, 이창훈, 조용식	2015
오픈셀케이슨 방파제의 시공중 안정성 평가	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 원덕희	2016
파랑하중에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 동적 거동 해석 모델	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 원덕희	2016
오픈셀케이슨 방파제의 지반반력특성 분석	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	원덕희, 서지혜, 박우선	2016
Shear Behaviors of Inter-Cells in Open-Cell Caisson Breakwaters	ISOPE-PACOMS	서지혜, 원덕희, 박우선	2016
고파랑 대비 채움재를 이용한 오픈 셀 케이슨의 전단 벽체 거동 분석	한국해양과학기술협의회 논문집	서지혜, 원덕희, 박우선	2017

파랑하중에 대한 인트로킹 케이스 방파제의 미끌림 안정성 평가식 제안	한국해양해양공학회 논문집	박우선, 원덕희, 서지혜	2017
오픈 셀 케이스 구조실험용 채움재 직접전단 실험 분석	한국해양해양공학회 추계학술대회	원덕희, 박우선, 서지혜	2017
실험을 통한 오픈 셀 케이스의 구조성능 분석	한국해양해양공학회 추계학술대회	원덕희, 박우선, 서지혜	2017
오픈 셀 케이스 방파제의 안정성 평가를 위한 수리실험	한국해양해양공학회 추계학술대회	이병욱, 박우선, 오상호, 원덕희, 장세철, 서지혜	2017

① 인트로킹 방파제 설계사례(김범형 외 3인, 2010년)

- 입사파에 대해 방파제 전체가 저항하도록 방파제 전 구간을 일체거동하게 함으로써 방파제를 더욱 안전하고 경제적으로 설계할 수 있는 새로운 개념의 인트로킹 방파제 및 펜타록킹 방파제를 소개
- 일반적인 혼성제 케이스 방파제는 활동저항력을 높이기 위해 케이스의 폭을 크게 하여 자중을 증가시키거나 저면의 마찰력을 증대시키는데 이와 같은 방법은 비효율적임을 지적하고, 케이스의 폭을 증대시키지 않으면서 방파제 전체로 저항하여 활동저항력을 높일 수 있는 새로운 개념의 방파제인 인트로킹 방파제를 제안함.
- 단일케이스를 장대화 하거나 케이스를 강제 체결하는 방법은 길이를 100 m 이상 확보하기 어려우나 제안된 인트로킹에 의한 방법은 케이스 측면을 일정 각도로 꺾어 자중저항의 한계를 넘는 이상파랑 작용 시 인접 케이스간의 엇물림 효과로 방파제 전 구간을 일체거동하게 할 수 있고, 결국 장대화 효과에 의한 파력분산효과를 기대할 수 있음.
- 펜타록킹 시스템은 Arching효과에서 착안한 형식으로, 다 방향에서 작용하는 파력이 인접케이스에 압축력으로 전달되어 제두부 전체가 일체 거동하게 한 구조로, 사다리꼴 형태의 케이스 5함을 폐합 배치하여 외력에 대해 케이스 상호간의 인트로킹 효과로 일체 저항하도록 하여 안전성을 강화한 새로운 방파제의 제두부 형식으로 소개함.
- 제두부 구간은 파랑이 다방향에서 내습하고 회절과 등에 의해 일반적인 중복파보다 큰 파가 내습하는 방파제에 있어 가장 취약한 구간으로, 통상 제두부 구간 케이스는 이러한 취약점을 보완하기 위해 케이스를 제간부보다 크게 제작 및 설치하는데, 본 사례에서는 시공성과 경제성을 고려 제두부 구간의 케이스를 단순히 크게 하지 않고 효율적으로 입사파에 저항할 수 있는 시스템으로 제안

② 인트로킹 시스템을 이용한 장대 케이스 방파제 구현 (김범형 외 3인, 2010년)

- 인접케이스와의 맞물림 효과를 통해 방파제 전구간이 일체 거동하여 장대 케이스 방파제를 구현하는 인트로킹 방파제에 대해 소개
- 케이스를 장대화 할 수 있는 방안으로는 단순히 단일 케이스를 길게 만드는 방안과 통상의 케이스를 제작하여 해상에서 강제 체결하는 방안과 케이스간의 인

터로킹에 의해 장대화하는 방안을 들 수 있으며, 앞의 두 방법은 일본에서 시도되었고, 세 번째 방안은 포항 영일만항 외곽시설 2-1단계 축조공사 대안설계에서 제안된 바 있음.

- 영일만항은 호미곶 등 지형적인 영향으로 대부분의 파랑이 북동쪽에서 경사지게 입사하며 대수심·고파랑 해역으로 장대 케이슨의 효과가 잘 나타날 수 있는 해역으로 소개
- 제안된 인터로킹 케이슨 방파제는 방파제 기준선방향 길이가 28.5 m인 약 8,000 톤급 케이슨 33함으로 구성되어 있으며, 케이슨 측면은 20° 꺾어 인접 케이슨과 엇물리게 함으로써 방파제 전구간이 일체화 되도록 계획하였음. 또한 인터로킹 케이슨 방파제의 안정성 제고 효과를 검증하기 위하여 수리모형실험을 일반 독립 케이슨과 비교하여 수행하였으며, 내진안정성 검토를 위하여 수행한 진동대 실험 결과를 소개함.
- 독립 케이슨은 활동피해가 발생한 반면 인터로킹 케이슨은 활동이 발생하지 않았으며, 수리와 진동대 실험을 통하여 파에 대한 저항뿐만 아니라 내진성능면에서도 우수함을 확인
- 인접케이슨에 작용하는 하중 대부분은 케이슨 하부 마찰로 지반에 전달되고 일부분이 인접케이슨으로 케이슨 간의 접촉부를 통하여 전달되게 되며, 이러한 전달하중에 의한 접촉부의 구조적 안전성을 평가한 결과, 격벽 접촉부에 걸리는 응력이 콘크리트의 허용압축응력의 20% 이내로 충분한 안전율을 보임을 확인
- 인터로킹에 의해 케이슨을 장대화하면, 파력 평활화라는 장대 케이슨의 장점을 그대로 유지할 수 있으며, 장비용량, 제작장 등에 제약을 받지 않으면서 파와 지진에 대해서도 우수한 성능을 보임이 확인. 또한, 케이슨이 비대칭이기는 하지만 제작 및 시공적인 측면에서도 특별히 어려운 점은 없는 것으로 검토되었다고 소개함.

### ③ 구조실험에 의한 인터로킹 방파제 저항능력 평가 (박우선 외 4인, 2011년)

- 본 연구에서는 포항영일만 남방파제 1단계 1공구의 방파제 형식으로 제안된 인터로킹 방파제를 대상으로, 수평파력에 대한 인터로킹 방파제의 저항 메카니즘과 저항능력을 정량적으로 평가하기 위하여 구조실험을 실시하였음.
- 제안된 인터로킹 방파제의 수평파력에 대한 저항특성을 평가하기 위하여 입사 파고가 상대적으로 높은 접속부로부터 400m 구간을 선택하고 1/40 축척을 적용하여 구조실험을 실시. 케이슨 모형은 유색 아크릴을 이용하여 제작하였으며, 실험의 편의를 위하여 상치 구조물은 제외하였음. 케이슨 모형의 바닥면 및 양 측면에는 콘크리트 분말을 혼합한 용제를 도포하고, 방파제 사석마운드는 현장

- 기준 0.015~0.03m<sup>3</sup>/ea 사석에 해당하는 1~2g/ea의 사석을 12mm 두께로 설치
- 케이슨 모형에 작용하는 수평과력은 케이슨에 합력 작용점에 집중하여 작용하는 것으로 가정하여 항내측에 설치된 도르래와 하중 추를 이용하여 모의하였으며, 하중재하에 따른 케이슨의 수평변위 변화를 측정하기 위하여 재하측 반대면(외해측)에 케이슨 하단으로부터 150mm 위치에 다이얼 게이지를 설치함.
- 포항 영일만항 남방파제(1단계 1공구) 방파제로 설계된 인터로킹 방파 시스템의 안정성 평가결과, 200년 재현주기 파랑에 대해서도 안정한 것으로 확인되었으며, 8번 인터로킹 케이슨을 50년 빈도 파랑에 대하여 안전율 1.2가 되도록 설계하였음에도 불구하고 안정한 것은 상대적으로 높은 안전율을 갖도록 설계한 Key 케이슨과 광장 케이슨이 인터로킹 케이슨의 하중을 분담했기 때문으로 분석함.

4 인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성 평가 (박우선 외 3인, 2013년)

- 본 연구에서는 케이슨 상부를 케이블을 이용하여 방파제 기준선방향으로 인터로킹 시켰을 때의 파력분산특성을 이론적으로 분석함.

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 2k_H^I k_H^S \xi_i - 2k_H^I H_c \theta_i - k_H^I (\xi_{i-1} + \xi_{i+1} - H_c \theta_{i-1} - H_c \theta_{i+1}) = F_H^W \quad (1)$$

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow k_V^S B_c \zeta_i + k_V^S \frac{B_c^2}{2} \theta_i = -W + F_V^W \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum M_O = 0 \Rightarrow & 2k_H^I H_c \xi_i - k_V^S \frac{B_c^2}{2} \zeta_i - \left( 2k_H^I H_c^2 + k_V^S \frac{B_c^3}{3} \right) \theta_i \\ & + k_H^I H_c (\xi_{i-1} + \xi_{i+1} - H_c \theta_{i-1} - H_c \theta_{i+1}) = -F_H^W d + Wb - F_V^W l \end{aligned} \quad (3)$$

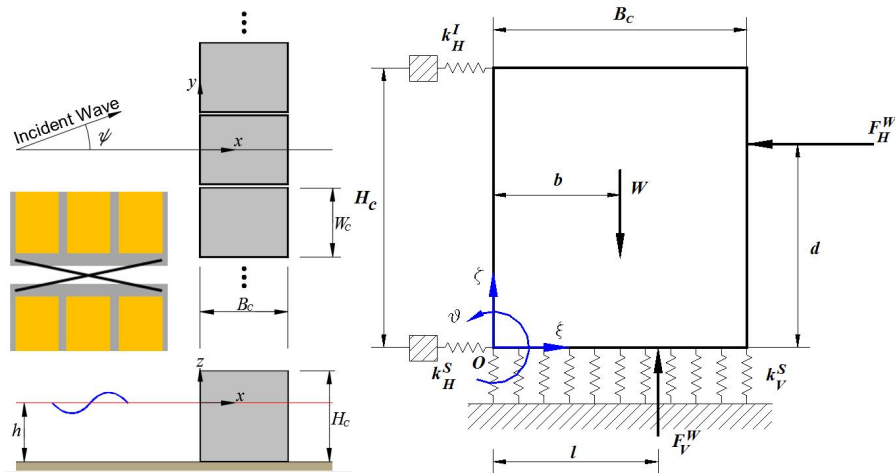


그림 1.2.1 파력분산효과를 분석하기 위한 이론적 운동방정식 구성

- 이론적 해를 구하기 위하여 케이슨은 강체운동을 하는 것으로 고려하고, 사석 마운드를 포함하는 지반은 연직방향 스프링과 수평방향 스프링으로 모형화함. 또한 케이슨을 연결하는 케이블 역시 스프링으로 단순화함.
- 케이슨에 작용하는 파력은 무한 직립벽에 작용하는 중복파의 파압을 적분한 값으로 사용하였음. 입사각이 0도에서 180도까지 변화할 때 케이슨을 통하여 직접 지반으로 전달되는 파력과 케이블을 통하여 인접 케이슨으로 전달되는 파력을 비틀 분석함. 총 10함의 케이슨으로 구성된 방파제를 대상으로 주요 설계변수인 설계파의 입사각과 연결 케이블의 강성변화에 따라 수치실험을 실시함
- 그 결과 입사각이 커질수록 파력분산효과와 연결 케이블의 장력이 높아졌으며, 인터로킹 케이블의 강성이 클수록 파력분산효과가 증가하며, 케이블 장력도 증가하는 결과를 얻음. 또한, 연결 케이블의 최대 장력은 케이슨에 작용하는 파력을 연결한 곡선의 기울기가 가장 급한 곳에서 발생함.

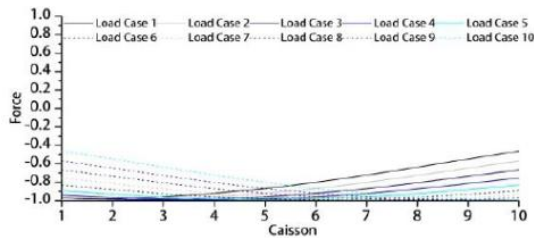
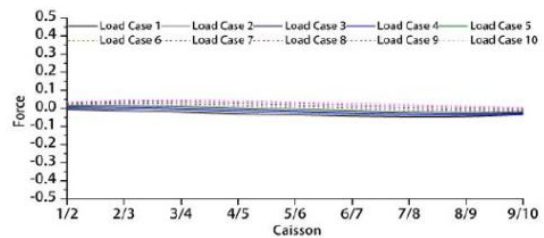
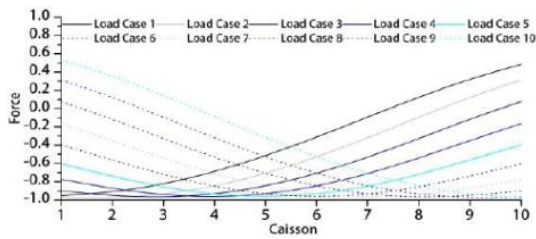
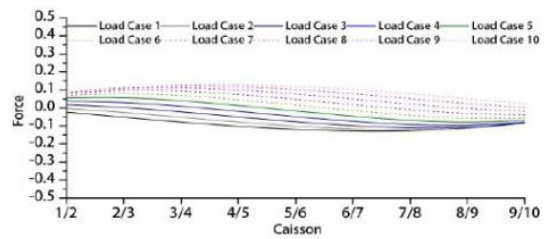
(a)  $\psi = 10^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$ (a)  $\psi = 10^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$ (b)  $\psi = 20^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$ (b)  $\psi = 20^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$ 

그림 1.2.2 입사각에 따른 파력분산(좌측) 및 케이블 장력(우측)

5 회절을 고려한 반무한방파제 형식의 장대구조물에 작용하는 파력 예측 (정재상 외 2인, 2015년)

- 본 연구에서는 회절을 고려하여 반무한방파제 형식의 직립식 장대구조물에 작용하는 파력에 대해 검토함
- 장대구조물에 작용하는 파력은 규칙파, 일방향 불규칙파 및 다방향 불규칙파를

- 대상으로 하였으며, 방파제 전면 및 후면에서 발생하는 회절을 모두 고려함
- 방파제의 상대길이( $l/L$ )가 0인 경우 방파제에 작용하는 파력은 회절에 의해 0이 된다. 방파제의 상대길이가 1.0 이하인 경우에는 회절의 영향이 비교적 강하였으며, 방파제의 상대길이가 0.5 이상인 경우에는 방파제의 장대화 효과에 의해 작용 파력이 크게 감소함.
- 즉, 방파제의 상대길이가 1.0 이하인 경우에는 회절효과의 고려가 필요하며, 장대 방파제의 파력 감소효과를 얻기 위해서는 방파제의 상대길이가 최소 0.5 이상이어야 함을 알 수 있음.
- 하지만 장대구조물의 상대길이가 어느 정도이어야 파력의 감소효과가 충분하며, 적정한지에 대해서는 파력 감소효과에 의한 장대구조물의 공사비 절감효과와 결부한 경제성 분석을 통해 추가로 연구하여야 할 것으로 판단됨.

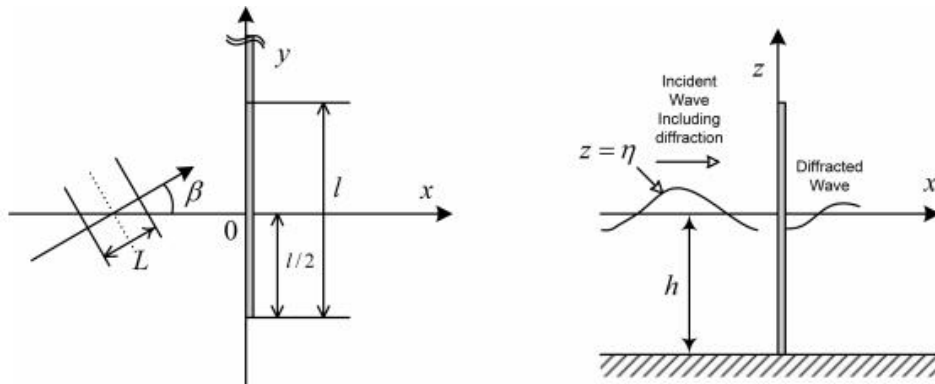


그림 1.2.3 장대형 구조물에 작용하는 파력분석을 위한 정의

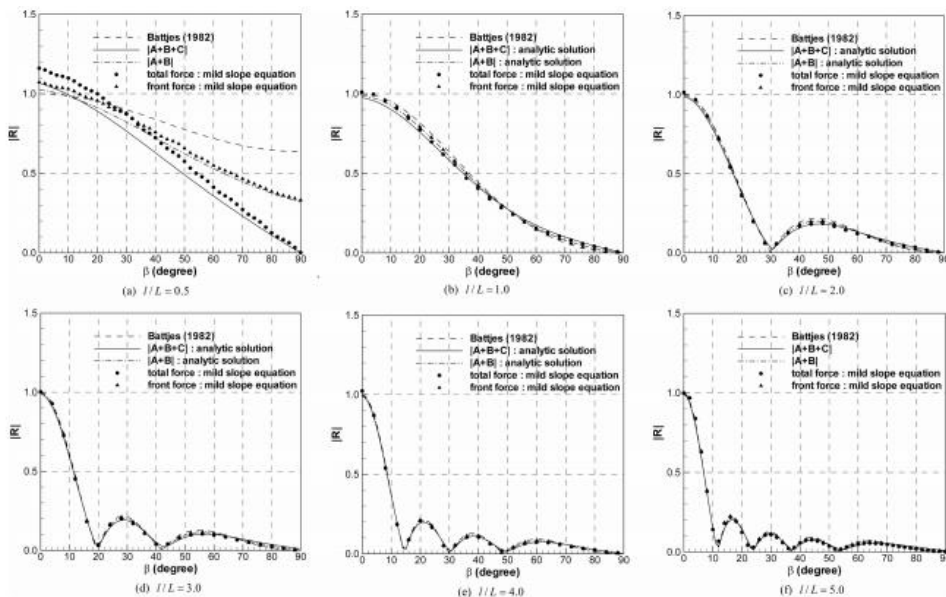


그림 1.2.4 감소파력비의 해석해와 수치해 비교



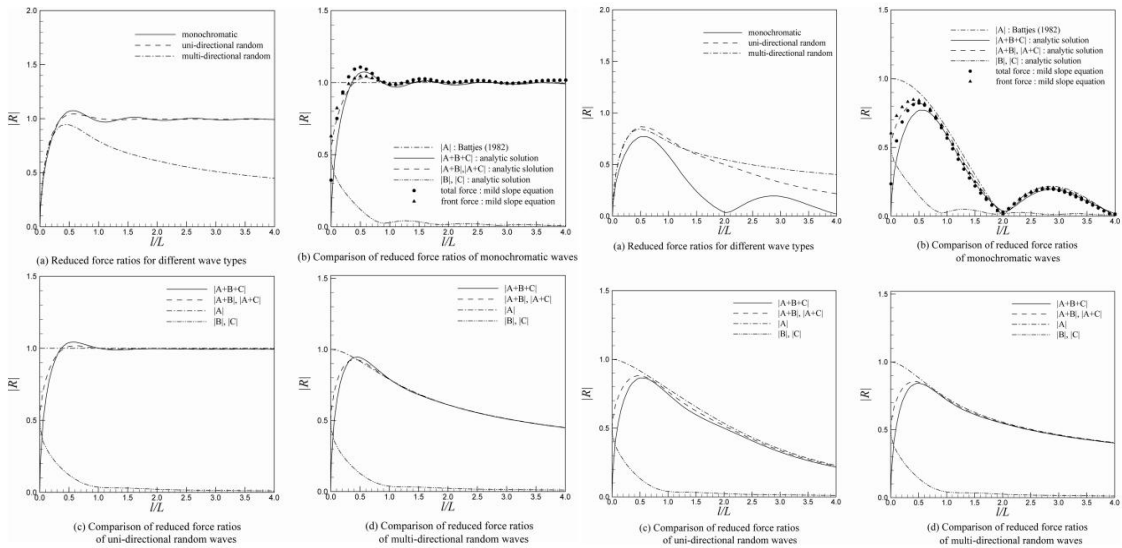


그림 1.2.5 회절을 고려한 파력감소비

## 2. 국외 연구 및 기술 동향

### ○ 개요

- 일본, 유럽 등 외국에서는 재해에 강한 장대형 케이슨 방파제의 파력 평활효과와 내파 안정성 등에 관한 연구를 통해 장대형 케이슨의 효과를 증명한 바 있음
- 아래 표는 국외에서 수행된 주요 관련 연구 및 기술동향 목록을 정리한 것이며, 이 장에서는 이들 내용을 간략히 정리하였음

표 1.2.2 국외 연구 및 기술 동향 목록

제 목	출처	저자	년도
재해에 강한 방파제 구조에 관한 고찰	하코다데 항만연구소	森信幸, 尾田克人	-
항만기술연구소 자료 - 장대케이슨의 파력 평활효과와 내파안정성 - 비틀어지는 장대케이슨의 역학 특성 - 장대형 파랑제어 구조물의 현지 실증시험	항만기술연구소보고서	-	1990
The effect of wave crests on wave forces	Coastal Engineering Proceedings	A. Tratteberg	1968
파력의 평활화 (C.E.M)	-	-	2006
나가사키(코노우라)항 방파제 피해사례	-	-	-
방파제의 피해특성에 관한 통계분석	해양개발논문집	高山知同 등	2002
케이슨식 혼성제의 주요 피해의 패턴	해안공학논문집	高橋重雄 등	1999
Effects of short-crestedness on wave loads on long structures	Applied Ocean Research	JURJEN A. BATTJES	1982
Wave impacts on caisson breakwaters situated in multi-directionally breaking seas	Coastal Engineering Proceedings	Frigaard, P., Burcharth, H. F., Kofoed, J. P.	1998
Observations of the directional spectrums of ocean waves using a cloverleaf buoy	Journal of Physical Oceanography	Hisashi Mitsuyasu, Fukuzo Tasai, Toshiro Suhara, Shinjiro Mizuno, Makoto Ohkusu, Tadao Honda, Kunio Rikiishi	1975

① 장대형 케이슨의 파력 평활효과와 내파 안정성 (高橋重雄 · 下迫健一郎)

- 장대형 케이슨에 의한 파력 평활효과와 회전의 영향을 검토하고, 실제 설계에서 사용되는 파력의 평활화계수의 산정법과 회전 안정성의 검토법을 제안
- 장대형 케이슨은 통상의 케이슨에 비해 공기를 단축할 수 있을 뿐만 아니라 작용하는 케이슨의 기준선방향의 파력의 위상차로 파력을 저감하는 효과, 즉 파력의 평활화 효과가 있음. 파향 방향에 대한 케이슨의 투영길이가 파장의 비가 클수록 파력의 평활효과는 크게 나타나고, 작용하는 파의 상태에 따라서도 다르며 쇄파와 같이 피크 부분의 작용시간이 짧고 가파르게 솟은 파형의 파일수록 평활효과가 큼.
- 일반적으로 케이슨에 작용하는 파력에는 기준선방향에 위상차가 있기 때문에 평면적인 회전력이 발생하며, 장대형 케이슨의 경우 이로 인해 케이슨이 실제 회전할 위험성이 있기 때문에 회전에 대한 안전성을 검토할 필요가 있음을 제시
- 케이슨의 상대길이가 큰 경우에는 작용하는 파력에 대해 통상의 활동이 일어나지 않도록 체체의 중량을 설정해도 회전으로 인해 케이슨의 변위가 일어날 가능성이 있음. 케이슨에 작용하는 수평파력의 합력 크기를  $F_H$ , 중심에서 작용위치가 벗어난 것을  $l$ 로 하고 작용위치의 불일치가  $l$ 일 때에 회전이 생기는 한계 하중  $F_{Hc}$ 와 실제 작용하는 수평파력  $F_H$ 비를, 케이슨의 회전에 대한 안전율을  $SF_R$ 로 정의할 때, 이 안전율이 1.0 이하가 되면 회전 발생

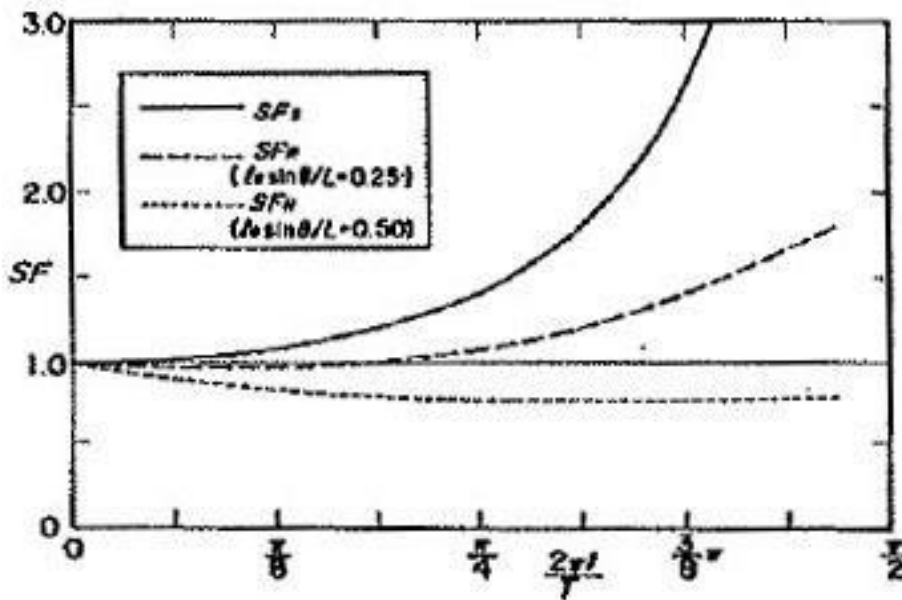


그림 1.2.6 활동안전율과 회전안전율의 시계열 변화

- 회전력은 파력의 합력이 피크가 될 때가 아니라 약간 벗어난 위상에서 최대가 되며 그 때의 회전력에 대해 안전율을 계산해야 함을 제시. 아래의 그림은 활동 안전율  $SF_S$ 와 회전안전율  $SF_R$ 의 시계열 변화 예를 나타낸 것으로,  $SF_S$ 는 케이슨의 상대길이에 관계없이 시간과 함께 커지는데  $SF_R$ 은 시간과 함께 감소해 상대길이가 클수록 감소비율이 큼. 이 그림의 상대길이가 0.25에서는  $SF_R$ 이 1.0을 아주 약간 밑돌 때가 있는데, 상대길이가 0.5에서는 상당히 긴 시간  $SF_R$ 이 1.0을 밑돌고 있고,  $t/T=1/4$ 일 때는  $F_H=0$ 이 되기 때문에  $SF_R$ 은 무한대가 됨을 제시. 이와 같이 회전에 대한 안정성을 고려하면 설계에 이용하는 파력을 평활화 계수를 사용하여 크게 줄일 수 없음을 강조함.
- 아래의 그림은 통상의 평활화계수(실선)와 회전의 안정성도 고려한 경우의 평활화계수(파선)를 나타낸 것으로, 양자를 비교하면 항상 회전을 고려한 경우가  $\delta_B$  (평활화계수)가 크고 안정성이 회전으로 정해져 평활화계수가 크게 감소하지 않음을 알 수 있음. 그러나 회전으로 인한 변위가 발생하기 어려운 사실을 감안하여 회전 안전율을 1.0으로 고려하는 경우, 케이슨의 상대길이가 0.45까지의 통상의 활동으로, 그보다 긴 경우는 회전으로 정해지며  $\delta_B$ 의 하한은 0.7 정도로 생각할 수 있음을 강조함.

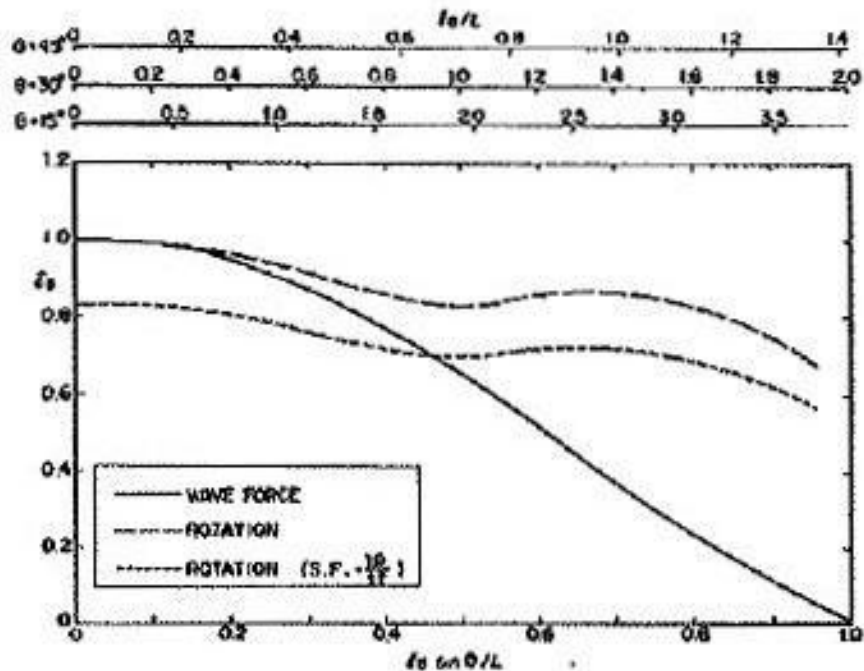


그림 1.2.7 회전을 고려한 파력저감률

② 장대형 파랑제어 구조물(장대형 케이슨)의 현지 실증시험 (小島朗史 외 4인)

- 본 연구에서는 장대형 케이슨에 대해 예인 시와 거치 시의 제체의 동요 안정성, 예항 시의 단면력 계산법, 파력 평활화 효과, 파력에 대한 부재의 안전성에 대한 실증시험 실시한 내용을 소개
- 기존 고치항이 화물량 증대 및 선박의 대형화에 따라 항만 성능을 개선하기 위하여 고치신항을 조기에 건설하기로 결정하고, 이를 실행하기 위한 방법으로 운수성 제3항만 건설국에서는 미사토 지구 서측 안벽에 연장 300m의 임시 방파제를 건설하고, 그 일부를 아래와 같이 제체길이 100m로 연장한 장대형 케이슨을 적용하기로 결정함.

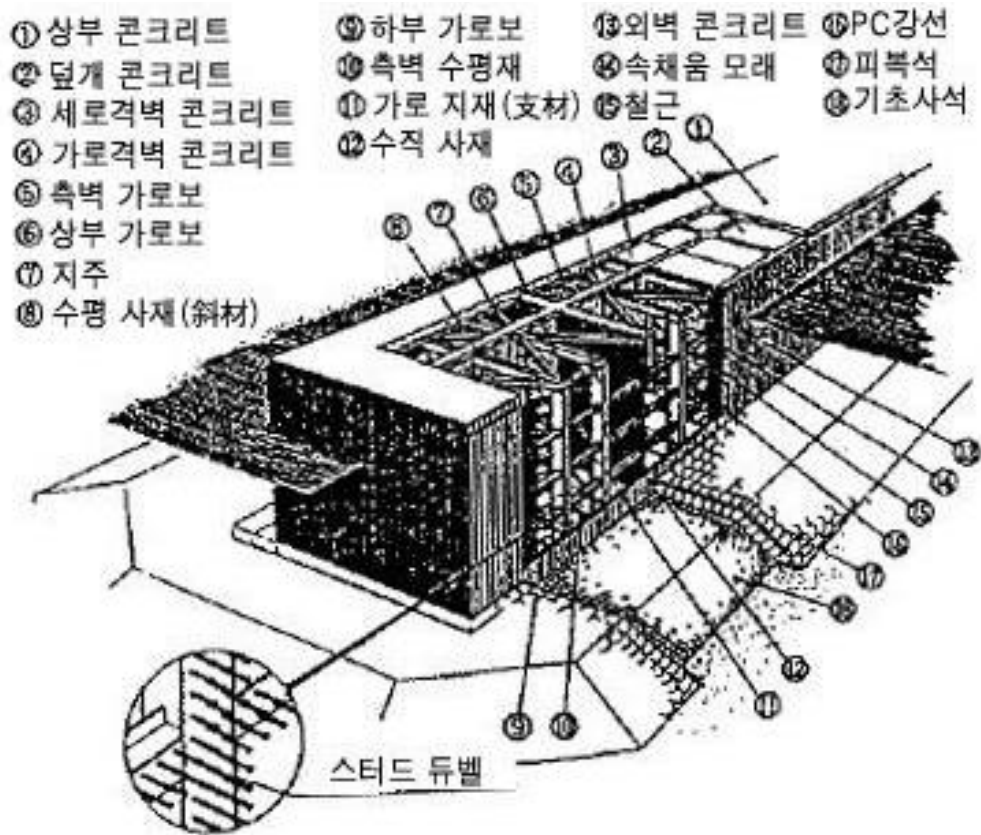


그림 1.2.8 PC 철골형 장대형 케이슨의 개념도

- 장대형 케이슨은 제체가 갖는 파력 평활화 효과를 고려해 제체의 폭을 축소할 수 있는 케이슨으로 경제적인 구조로, 1989년부터 검토하기 시작하여, 1991년까지 제작, 예인, 거치를 완료함. 파력 평활화 효과에 따른 파력의 저감률은 수리 모형실험에서 그 타당성을 확인한 후 설계에 도입하였으나, 실패역 실증의 필요성이 있었으며, 또한 제체를 길게 함에 따라 발생하는 설계, 시공 상의 문제

- 에 대해서도 검증하기 위해 예항 시점에서부터 현지 관측을 실시한 바 있음.
- 1989년도에 실시한 개략 설계에서는 예인 및 거치 시 케이슨의 동요 안정성에 대해 수치시뮬레이션을 통해 평가한 바 있으며, 그 결과 동요의 6성분(서징, 스웨이, 히빙, 롤링, 피칭, 요잉)에 대해, 예항 시에는 대략 주기 10초 이하의 경우, 거치 시에는 주기 9초 이하의 경우 급격한 동적 증폭이 없음을 확인하였음.
  - 예항 및 거치 시 작업한계 등을 감안해 예항한계파랑( $H_{1/3} = 2.0m$ ,  $T_{1/3} = 10s$ ), 거치한계파랑( $H_{1/3} = 0.5m$ ,  $T_{1/3} = 9s$ )을 설정한 바 있음.
  - 부체의 동요를 고려한 단면력 계산법의 적용성 검증을 위하여 측정한 파랑 조건 등을 이용한 계산 결과로 구한 부재응력과 별도로 측정한 부재응력을 비교한 결과 콘크리트 압축응력에 대해서는 계산치와 실측치가 비교적 일치하였으나, 전단응력의 경우 차이가 있었음을 제시
  - 파력 평활화 계수의 실제 관측치와 파장 및 파향의 대표치에서 계산한 계산치를 비교하여 아래의 그림과 같이 정리함. 이때, 실선은  $H_{max}$ 에 대한 이론값으로서의 평활화계수를 나타내며, 곡선은 위상차를 이용하여 이론적으로 구한 평활화계수  $\delta_{B_1}$ 임.

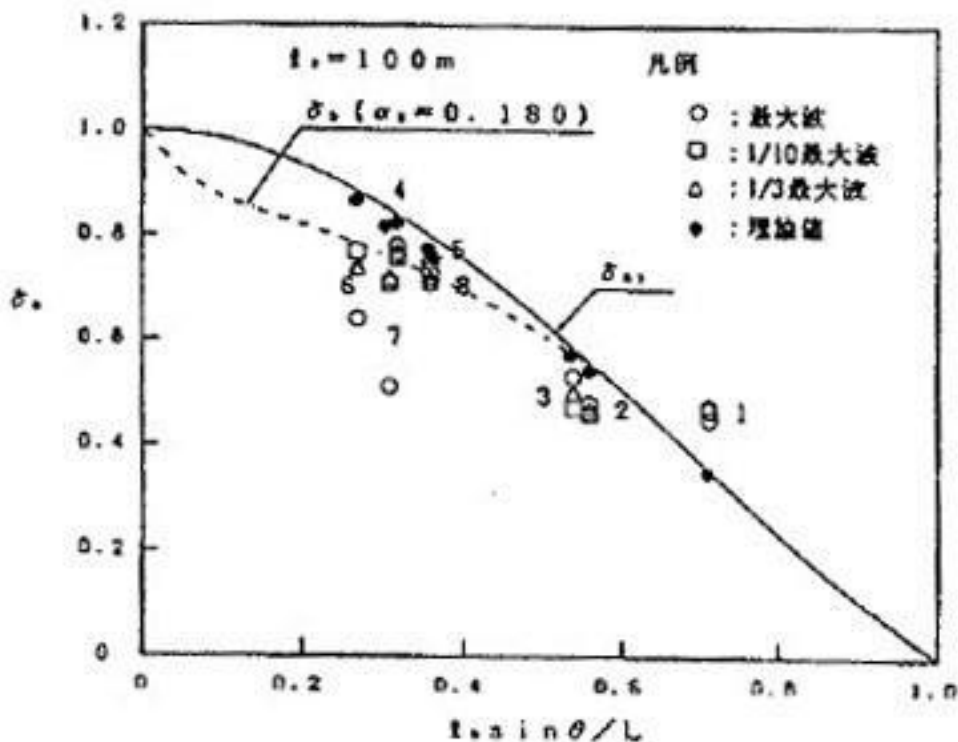


그림 1.2.9 수평 파력의 평활화계수

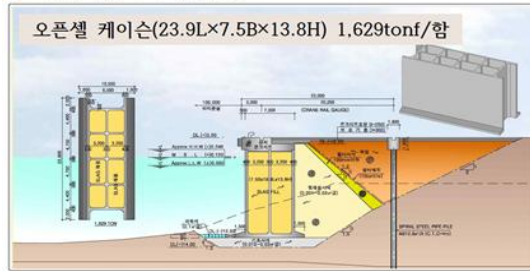
## 제3절 개발기술의 특징

### 1. 기술의 우수성

#### ① 경제성 우수

○ 오픈 셀 케이슨은 기존 케이슨에 비하여 경제성이 우수

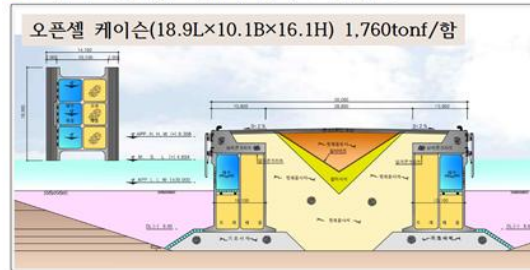
##### ● 포항 4부두 축조공사



발주처 : 포항지방해양수산청

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
674m	DL(+).3.20m	DL(-)12.00m	3만 DWT
구 분	안 전 울		비 고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활 동	2.11(1.96)	2.09	
전 도	2.68(2.50)	2.72	
지지력	448(434)	454	
공사비	70.11억원	75.82억원	구체공

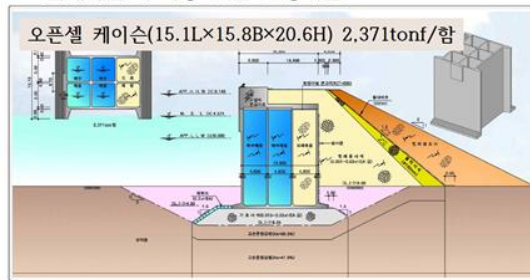
##### ● 평택·당진항 국제여객부두 축조공사



발주처 : 평택지방해양수산청

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
350m	DL(+).10.50m	DL(-).9.50m	둘제 형식
구 분	안 전 울		비 고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활 동	1.76(1.37)	1.45(1.13)	
전 도	3.10(2.46)	2.80(2.31)	
지지력	470(557)	404(480)	
공사비	250.28억원	265.48억원	제경비포함

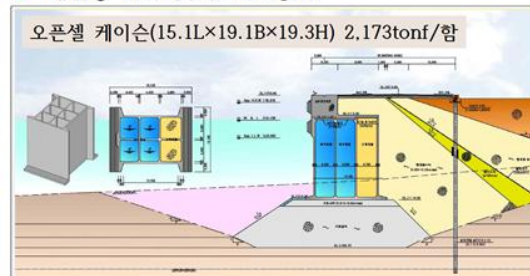
##### ● 현대제철 투기장 호안 조성사업



발주처 : 현대제철

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
334m	DL(+).10.50m	DL(-).14.00m	
구 분	안 전 울		비 고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활 동	1.68(1.18)	1.70(1.10)	
전 도	3.29(2.80)	3.21(2.05)	
지지력	430(496)	486(648)	
공사비	191.90억원	208.95억원	제경비포함

##### ● 대산항 다목적부두 축조공사



발주처 : 대산지방해양수산청

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
250m	DL(+).10.00m	DL(-).14.00m	4,000TEU급
구 분	안 전 울		비 고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활 동	1.744(1.260)	1.514(1.190)	
전 도	3.223(2.870)	2.991(2.741)	
지지력	458(510)	466(513)	
공사비	6,516만원 / m	7,368만원 / m	제경비포함

그림 1.3.1 기존 케이슨과의 공사비 비교

- 오픈 셀 케이슨은 기존 케이슨에 비하여 양측 벽체를 슬림화할 수 있어, 같은 길이의 일반 케이슨에 비하여 콘크리트, 철근 등의 재료가 적게 소요되어 경제 적임
- 오픈 셀 케이슨은 같은 중량의 일반 케이슨에 비하여 길이를 길게 할 수 있어 방파제 등 축조 시 총 제작합수를 적게 할 수 있어 공사비 절감이 가능

## ② 안정성 우수

### ○ 오픈 셀 케이슨은 기존 케이슨에 비하여 안정성이 우수

- 오픈 셀 케이슨은 채움 사석에 의한 인터로킹 효과로 인한 최대 작용력 저감으로 구조물 안정성이 높아짐
- 오픈 셀 케이슨은 케이슨 거치 후 채움사석 일부를 채움으로써 시공 중 구조물 안정성을 높일 수 있음
- 오픈 셀의 채움사석이 직접 사석마운드와 접하게 되어 구조물 활동저항력이 증대됨

## ③ 안전성 우수

### ○ 오픈 셀 케이슨은 기존 인터로킹 케이슨에 비하여 안전성이 우수

- 오픈 셀 케이슨의 채움사석은 유연하여 콘크리트 블록 등으로 인터로킹시키는 경우와는 달리 구조부재에 응력집중이 거의 발생하지 않음

## ④ 시공성 우수

### ○ 오픈 셀 케이슨은 기존 인터로킹 케이슨에 비하여 시공성이 우수

- 오픈 셀 케이슨은 같은 길이의 일반 케이슨에 비하여 콘크리트, 철근 등의 재료가 적게 소요되어 중량이 가벼워 시공이 용이함
- 오픈 셀 케이슨은 제작, 시공, 파손 시 교체 등에 있어서 기존 케이슨의 경우와 같은 수준을 보여 이형 단면을 보이는 타 인터로킹 케이슨에 비하여 시공성이 우수함



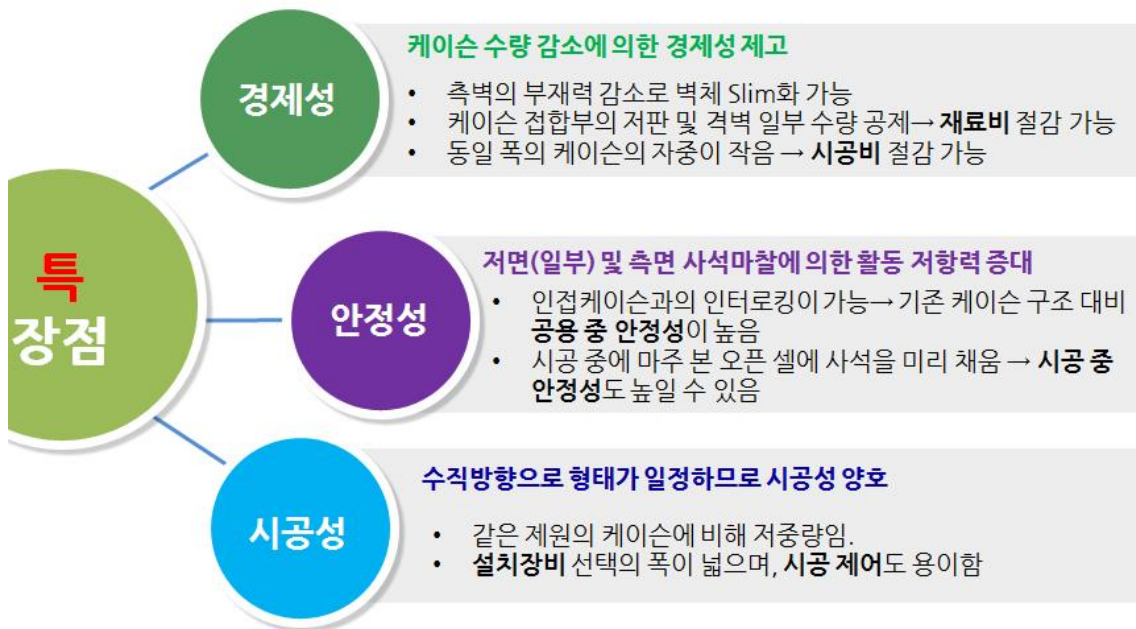


그림 1.3.2 오픈 셀 케이스 기술의 우수성

## 2. 타 기술과의 차별성, 응용성 또는 확장성

- 기존의 타 케이스 인터로킹 기술과 차별화가 됨
  - 케이스 측면 요철에 인터로킹 기술 및 블록을 이용한 인터로킹 기술이 안고 있는 응력집중 문제가 발생하지 않을 것으로 판단되는 바, 구조 안전측면에서 차별성이 우수하다고 할 수 있음
- 기존의 타 케이스 인터로킹 케이스에 비하여 응용성이 우수함
  - 인터 셀의 채움재를 다양하게 변경, 선택할 수 있어, 케이스 측면 요철에 인터로킹 기술 및 블록을 이용한 인터로킹 기술에 비하여 응용성, 확장성이 우수함

## 3. 지식재산권 보유현황

- 총 4건의 특허를 보유하고 있으며, 이를 바탕으로 2017 해양분야 신기술(NET) 인증을 받음
  - 국내특허 등록 후, 1건의 보완특허와 PCT 출원을 진행하였으며, 이어서 중국, 일본, 동남아 국가 등을 대상으로 국제특허 출원 예정



표 1.3.1 오픈 셀 케이스 특허 출원 현황

구분	특허명	출원번호 (등록번호)	특허권자	발명자
등록 (국내)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공방법	10-2015-0121583 (10-1613886)	KIOST, (유)이도 건설	박우선, 원덕희, 서지혜, 이오진, 이요섭
등록 (국내)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공방법	10-2016-0044855 (10-1727510)	KIOST, (유)이도 건설	박우선, 원덕희, 서지혜, 이오진, 이요섭
등록 (국내)	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공방법	10-2016-0109171 (10-1780982)	KIOST, (유)이도 건설	박우선, 원덕희, 서지혜, 이오진, 이요섭
출원 (PCT)	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공 방법	PCT/KR2016/ 09567	KIOST, (유)이도 건설	박우선, 원덕희, 서지혜, 이오진, 이요섭





## 제2장 연구개발 목표 및 내용



## 제2장 연구개발 목표 및 내용

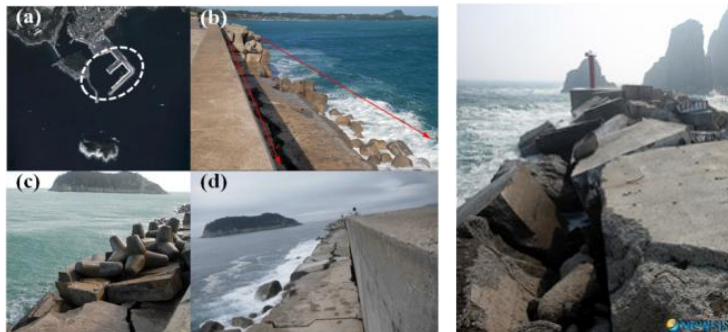
### 제1절 연구개발의 필요성

#### 1. 기술적 측면

- 기후변화로 이상고파랑 발생 확률이 급속히 증대되고 있으며, 이로 인해 설계파보다 파고가 높은 이상 파랑의 내습이 예상되고 있어 이러한 변화에 적절히 대응하지 않으면 대형사고로 이어질 가능성이 농후함.
- 육측의 중력식 안벽의 경우는 선박의 대형화에 따른 추가적인 안정성 확보에 고민하고 있음.
- 방파제 및 안벽의 경우 파손 시 막대한 항만 피해가 예상되므로 기후변화에 따른 설계파 증가, 선박 대형화 등 항만 물류 조건 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안, 즉, 수평력 증대에 대해 안정성 확보를 위한 대처 방안 마련이 절실히 요구되고 있음.

#### 2. 사회문화적 측면

- 중력식 안벽 및 방파제는 국가 중요 기반시설인 항만을 파랑으로부터 보호하고 수출입 화물을 적하역 하기 위한 시설물임.
  - 최근 이상고파랑 발생으로 인하여 방파제 피해가 대형화되고 있으며, 관련 유지보수 예산도 급속히 증가되고 있음 (해수부 「기후변화에 따른 항만구역 내 재해 취약지구 중장기 정비계획」을 수립하여 방파제 보강 시행 중).
- ※ 태풍 블라벤에 의한 서귀포항 방파제 피해, 태풍 무이파에 의한 가거도 방파제 피해 등



(a)서귀포항 남방파제

(b)가거도 방파제

그림 2.1.1 대형 태풍에 의한 방파제 피해상황

## 제2절 연구개발의 목표

### 1. 연구개발의 목표

- 본 과제는 오픈 셀 케이스를 이용한 장대형 항만구조물 건설에 필요한 설계기술 개발을 최종목표로 하고 있다.

### 2. 세부목표

연차별 정성적 목표와 정량적 목표는 표 2.2.1과 표 2.2.2에 보인 바와 같다.

표 2.2.1 연차별 정성적 목표

구분	정성적목표
1차 년도 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인터 셀 내 채움재 해석모델 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 채움재 전단특성 평가 : 대형 전단 실험 실시</li> <li>- 오픈 셀 케이스이용 장대 구조물 구조응답 특성 평가                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조 모형 실험 실시</li> <li>· ABAQUS 등 상용 구조해석 프로그램을 이용한 구조해석 실시</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ 구조물 안정성 및 부재 안전성 평가 방법 정립                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장대형 구조물 안정성 평가 방법 개발</li> <li>- 인터 셀 부분 구조 안전성 평가 방법 개발</li> </ul> </li> <li>○ 개발 기술의 가치 평가</li> </ul>
2차 년도 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오픈 셀 케이스의 수리모형 실험                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3차원 수리모형실험 실시</li> <li>- 인터로킹 효과검증 (계측항목 : 파압, 케이스 변위, 채움재 유출여부 등)</li> <li>- 설계기법 검증 및 개선</li> </ul> </li> <li>○ 오픈 셀 케이스 성능 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도 구조거동실험 결과를 바탕으로 한 해석 모델 검증 및 거동 특성 분석</li> <li>- 사석의 전단특성 평가 : 대형 전단 실험 실시</li> <li>- 오픈 셀 케이스이용 장대 구조물 구조성능 평가</li> </ul> </li> <li>○ 개발기술을 바탕으로 한 연구소기업 설립 추진</li> </ul>

표 2.2.2 연차별 정량적 목표

구분	성과지표	구체적 내용	목표	평가(검증) 방법
1차 년도 (2016)	기술스펙 (구체적 물성)*	구조실험을 통한 성능 검증 (일반케이스 대비 성능 향상)	> 10%	구조실험
	기술이전(건)*	기술 출자로 연구소 기업 설립	-	연구소기업 법인서류
	기술료수입(백만원)*	연구소 기업에 기술 출자금	-	연구소기업 법인서류
	특허(건)	국내 특허 오픈 셀 케이스 관련 특허	1	특허출원서
	시제품제작(건)	구조 모형 제작	1	모형실험서
	기술 홍보(건)	공개 실험 : 구조 성능 실험	1	공개 실험
	기술가치 평가(건)	관련 특허기술 가치평가	1	가치평가보 고서
2차 년도 (2017)	기술스펙 (구체적 물성)*	수리실험을 통한 성능 검증 (일반케이스 대비 성능 향상)	> 10%	수리실험 평가
	기술이전(건)*	연구소 기업 설립	1	연구소기업 법인서류
	기술료수입 (백만원)*	연구소 기업에 기술 출자금 8억 8천 5.5백만원에 해당하는 주식을 양도받음	50	연구소기업 법인서류
	특허(건)	국외 특허 오픈 셀 케이스 관련 특허	1	특허출원서
	시제품제작(건)	수리 모형 제작	1	모형실험서
	기술 홍보(건)	공개 실험 : 수리 성능 실험	1	공개 실험

### 3. 연구개발의 내용 및 범위

- 오픈 셀 케이스 장대 구조물 성능 평가
  - 오픈 셀 케이스 이용 장대 구조물 구조거동 분석
  - 인터 셀 내 채움재 해석모델 정립
  - 사석의 전단특성 평가
  - 오픈 셀 케이스 수리 성능 분석
  
- 구조물 안정성 및 부재 안전성 평가 방법 정립
  - 장대형 구조물 안정성 평가 방법 개발

- 파력 등 설계외력 결정방법 개발
  - 미끌림, 전도 등 구조물 안정성 평가 방법 개발
  - 인터 셀 부분 구조 안정성 평가 방법 개발
- 설계 지침서 작성
- 수요 기업 및 설계 업체 자문을 통한 오픈 셀 케이스를 설계할 수 있는 설계 지침서 작성
- 개발 기술의 가치평가
- 정부 공인 기관에 의뢰하여 기술 가치 평가
- 개발기술을 바탕으로 한 연구소기업 설립 추진
- 개발기술의 빠른 상용화와 연안 및 항만 분야 신기술의 효율적인 상용화 추진을 위하여 (유)이도건설을 연구소기업으로 전환





## 제3장 연구개발개행 내용 및 결과



## 제3장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 오픈 셀 케이슨이용 장대 구조물 성능평가

#### 1. 오픈 셀 케이슨 대축척구조모형 실험

##### 가. 구조실험의 목적

- 1/10 규모의 대축척 구조실험을 통하여 오픈 셀 케이슨으로 축조된 인터로킹 방파제의 구조거동특성 평가
- 채움재, 인터 셀 구조형상 등 주요 설계변수 영향 고려
  - 인터 셀내 채움재 전단저항성능 평가
  - 인터 셀내 채움재 전단 저항력계수 평가
  - 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수 평가

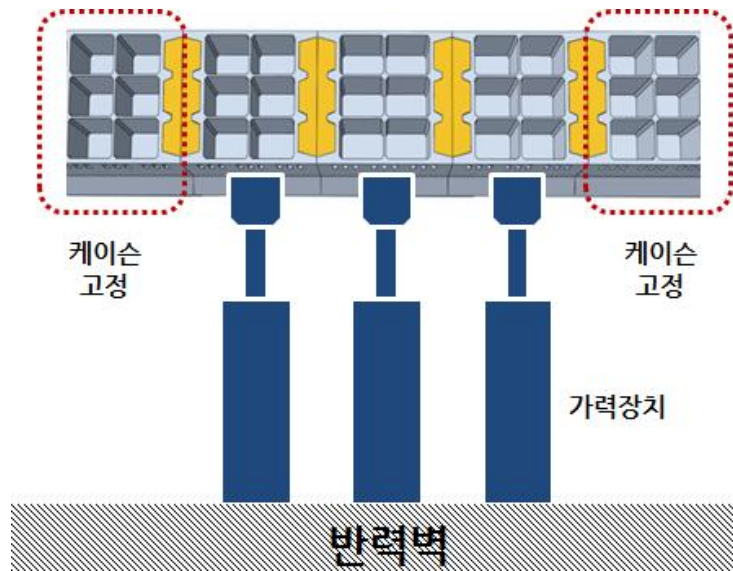


그림 3.1.1 구조실험 계획

##### 나. 구조실험 개요

- 구조실험 모형
  - 방파제 구조거동특성 평가실험을 위하여 축척 1/10의 두부 케이슨 2함을 포함한 총 5함의 오픈 셀 케이슨 모형을 제작
  - 사석마운드를 축조하고 오픈 셀 케이슨을 설치

- 각 케이슨 셀을 속채움하고, 마주하는 오픈 셀로 구성되는 인터 셀에는 인접 케이슨과 인터로킹을 위한 사석 등 채움재를 투입하여 실험 방파제 모형 구성 (채움사석의 전단저항특성을 평가하기 위해 양측 두부 케이슨은 바닥에 고정)
- 케이슨 무게 = 38.65 KN
- 오픈 셀 내 채움재 무게 = 5.80 KN

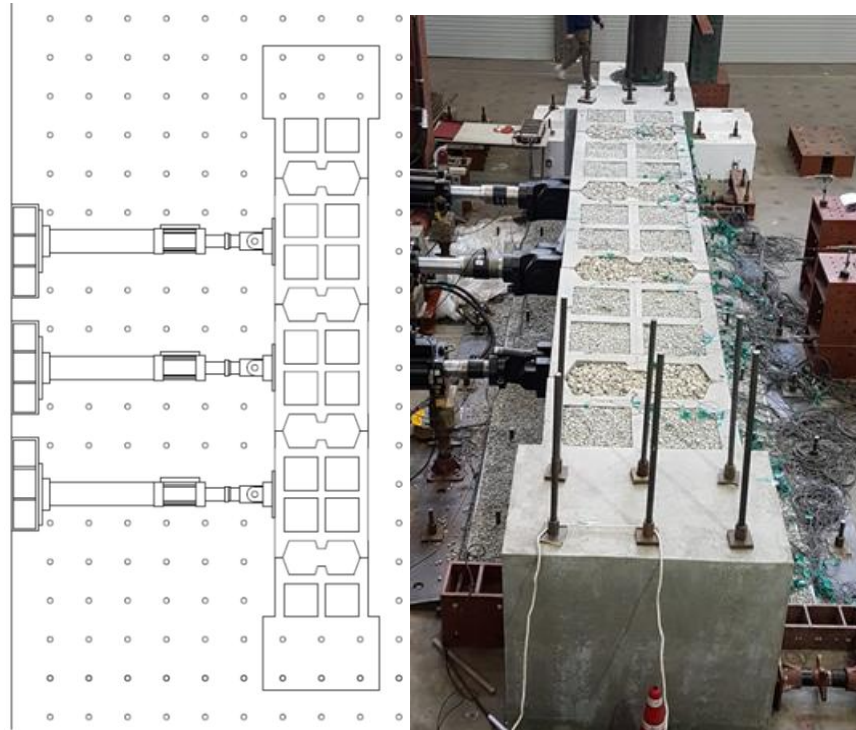


그림 3.1.2 구조실험 방파제 설치도

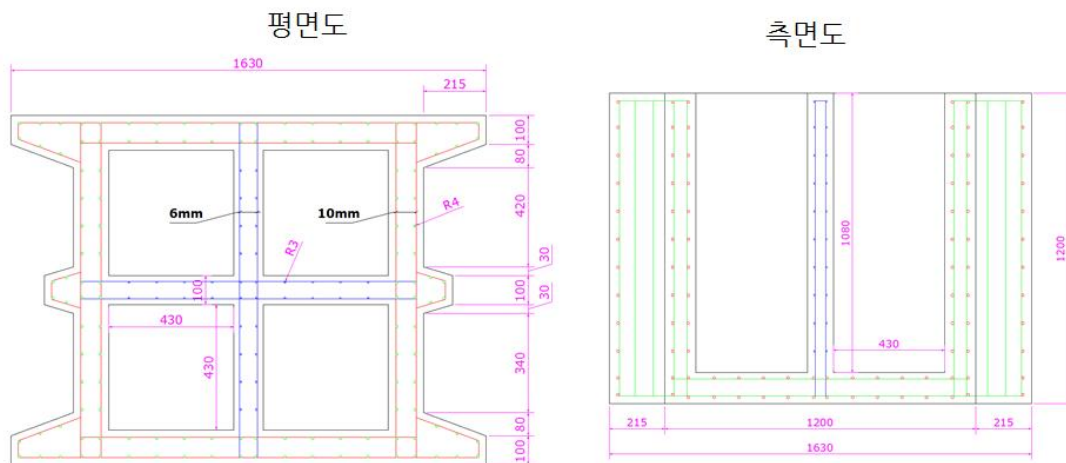
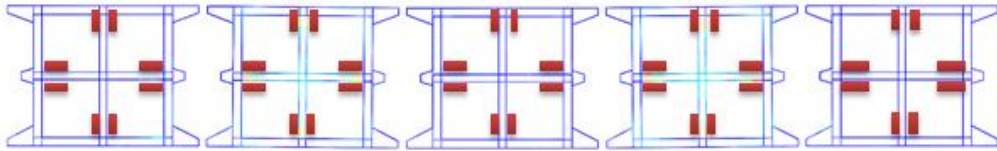


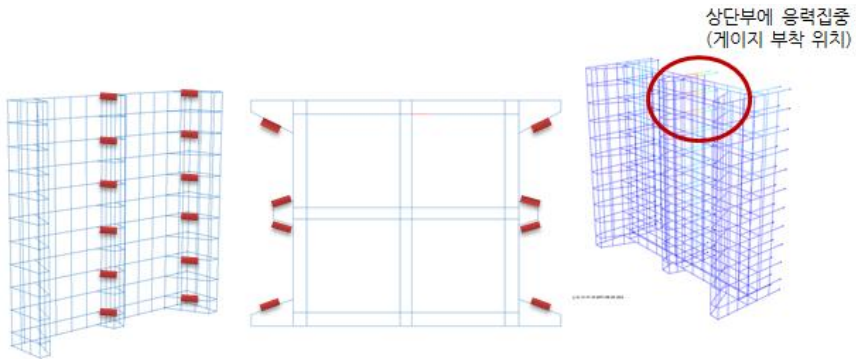
그림 3.1.3 구조실험체 단면

○ 구조응답 계측센서 설치

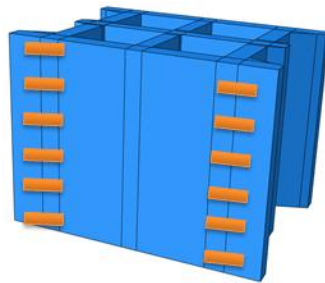
- 케이슨 구조응답을 계측하기 위하여 구조체에 스트레인게이지 부착
- 콘크리트 게이지의 경우 인터셀 부분에 설치할 경우 사석에 의한 손상 가능성이 있어 내측 벽면에 부착함.



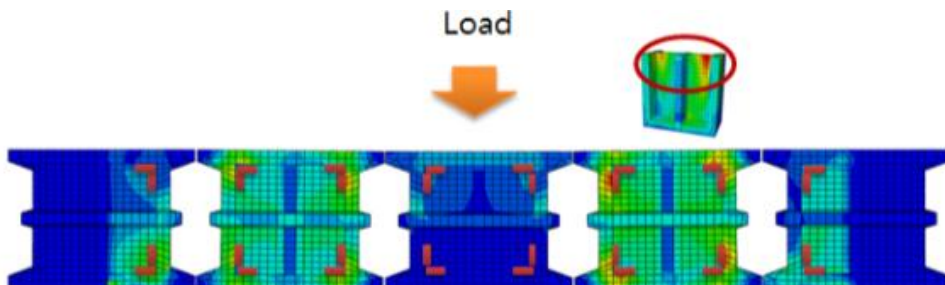
(a) 내부 격벽 강재 스트레인 게이지



(b) 인터 셀 강재 스트레인 게이지



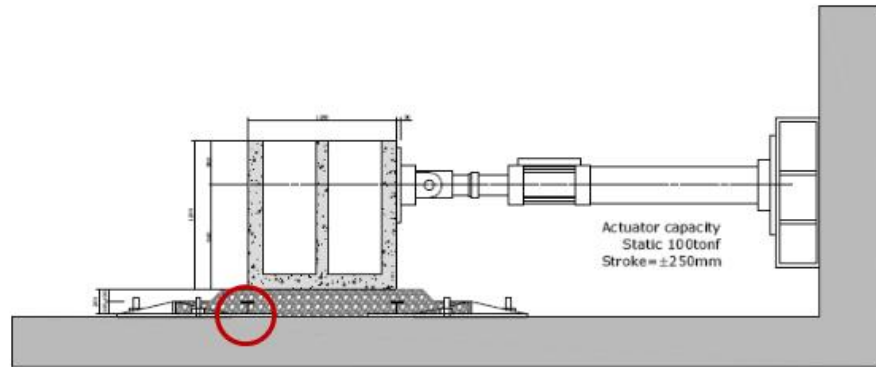
(c) 외벽 콘크리트 스트레인 게이지



(d) 내부격벽 콘크리트 스트레인 게이지

그림 3.1.4 구조실험체 게이지 부착위치

- 지반 반력의 상대적 비교를 위하여 중앙 3개 케이스 사석 마운드 내에 H형강을 설치하고 웹에 스트레인 게이지 3개씩 총 9개 설치



Strain gages : 수직 변형률 측정

그림 3.1.5 반력측정용 스트레인 게이지

- 중앙 3개 케이스의 움직임을 계측하기 위하여 각 합당 2개씩 총 6개의 변위계 설치

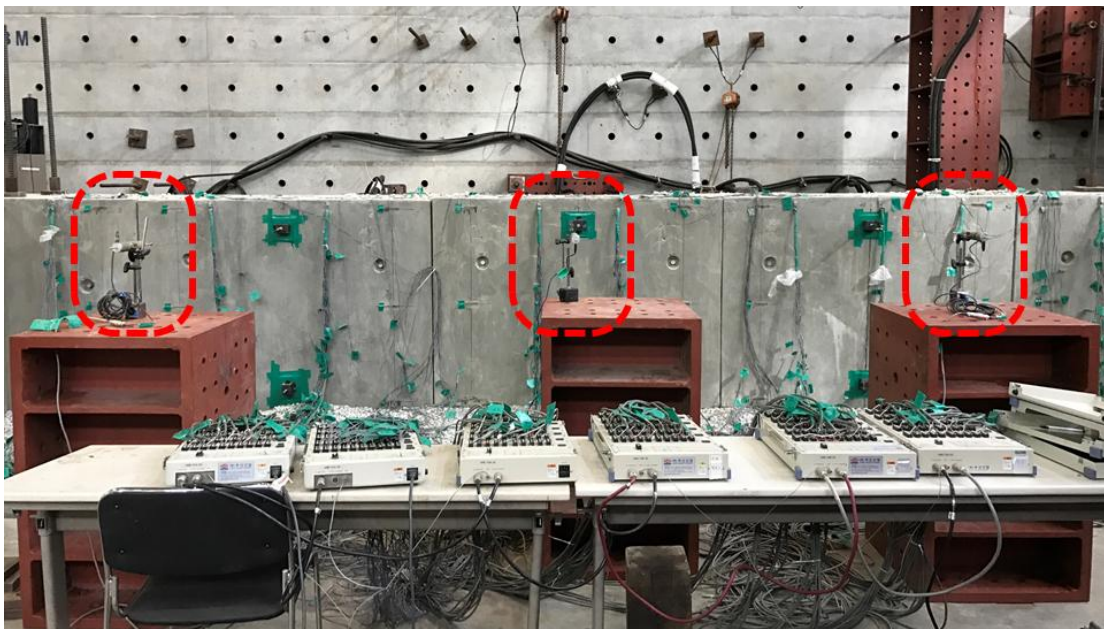
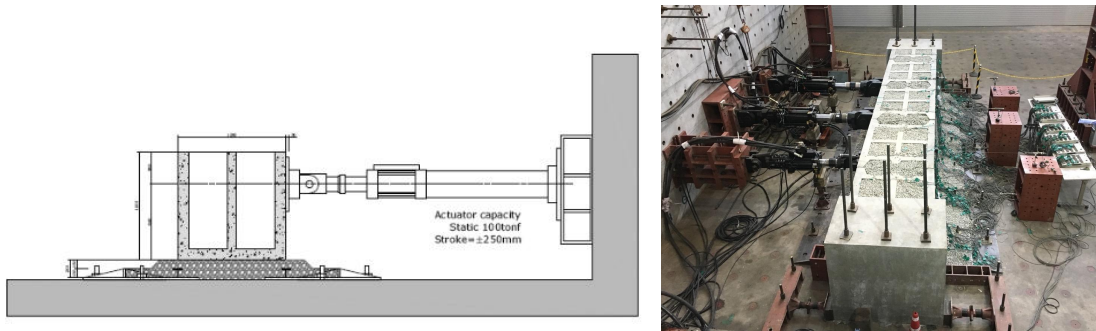


그림 3.1.6 케이스 움직임 측정 변위계



## ○ 가력장치의 구성

- 방파제의 작용하는 파력을 모의하기 위하여, 중앙 3개 케이슨에 대하여 케이슨 당 1개, 총 3개의 가력장치 설치
- 경사입사에 따른 파력의 위상차를 고려하기 위하여 각 케이슨 가력장치를 하중 컨트롤 적용



(a) 측면도

(a) 평면도

그림 3.1.7 가력장치 설치도

## ○ 실험케이스

- 채움재가 없는 경우 (비교군)
- 인터 셀 채움재로 활용 가능한 기초사석을 채운 경우

## ○ 가력조건

## ▶ 케이슨별 최대 하중, 총 6가지 고려

- F1 : 케이슨 자중의 46% (설계하중의 0.77)
- F2 : 케이슨 자중의 57% (설계하중의 0.95)
- F3 : 케이슨 자중의 69% (설계하중의 1.15)
- F4 : 케이슨 자중의 80% (설계하중의 1.33)
- F5 : 케이슨 자중의 92% (설계하중의 1.53)
- F6 : 케이슨 자중의 103% (설계하중의 1.72)

※ 케이슨 자중은 인터셀의 채움재 자중은 제외한 것임

## ▶ 하중조건

## ■ 3개 입사각 고려

- A1 : 입사각이 15도인 경우
- A2 : 입사각이 30도인 경우

- A3 : 입사각이 45도인 경우
  - 5개 위상 고려
- P1 : 1번 케이슨에 최대파력이 작용되는 경우
- P2 : 2번 케이슨에 최대파력이 작용되는 경우
- P3 : 3번 케이슨에 최대파력이 작용되는 경우
- P4 : 1번 케이슨에 최소파력이 가해지는 경우 (부압 제외)
- P5 : 3번 케이슨에 최소파력이 가해지는 경우 (부압 제외)

다. 구조실험 결과

○ 케이슨의 마찰계수

- A3(입사각 45도), P2(2번 케이슨 최대파력)인 경우, F3(설계하중의 1.2배) 하중을 가할 때의 미끄럼 계측
- 마찰계수는 0.58~0.59로 평가됨

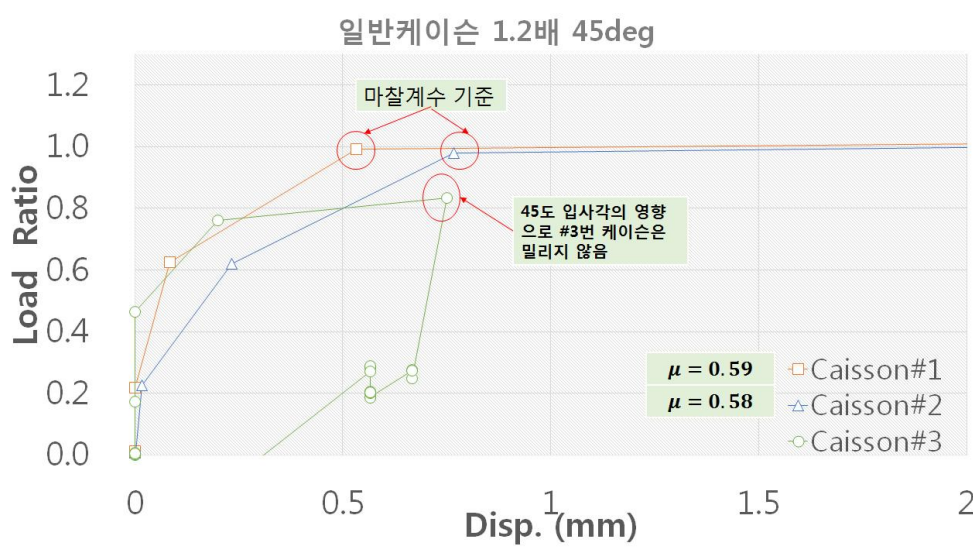


그림 3.1.8 마찰계수 실험결과

▶ 인터 셀내 채움재 전단저항성능

- 채움재의 전단저항력( $V_f$ )은 구속압이 없는 경우(케이슨 움직임이 없는 경우) 채움재 토압에 의한 전단저항응력( $\sigma$ )으로 나타낼 수 있음

$$(V_f = \tau \times A; \tau = c + \sigma \times \tan\phi)$$

- 가력되어 케이슨이 변형되는 경우, 케이슨 움직임에 의한 구속압이 발생되어 전단저항력이 크게 증대됨



- 작용하중이 증대됨에 따라 변위가 선형적으로 증가하고, 설계하중이 1.4배 되는 조건에서는 약 10cm(현장치), 1.6배에서는 17cm, 1.8배에서는 약 26cm 변위가 발생. 채움재에 작용된 전단력을 보면 각각 4,638kN, 9,276kN, 16,233kN 정도로 채움재의 전단저항성능은 구속압이 없는 경우에 비해 3배, 6배, 11배 이상 상승됨

※ 구속압이 없는 경우(자중만에 의한 구속) : 설계하중 1.0배

- 설계하중 1.0배 : 1,400kN 이상 (=10.1kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.4배 : 4,638kN 이상 (=33.5kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.6배 : 9,276kN 이상 (=66.9kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.8배 : 16,233kN 이상 (=117.1kN/m<sup>2</sup>)

⇒ 변위에 의한 파괴(30cm)를 고려하면, 실험 채움재의 최대 전단저항력은 16,233kN (=117.1kN/m<sup>2</sup>)로 평가됨

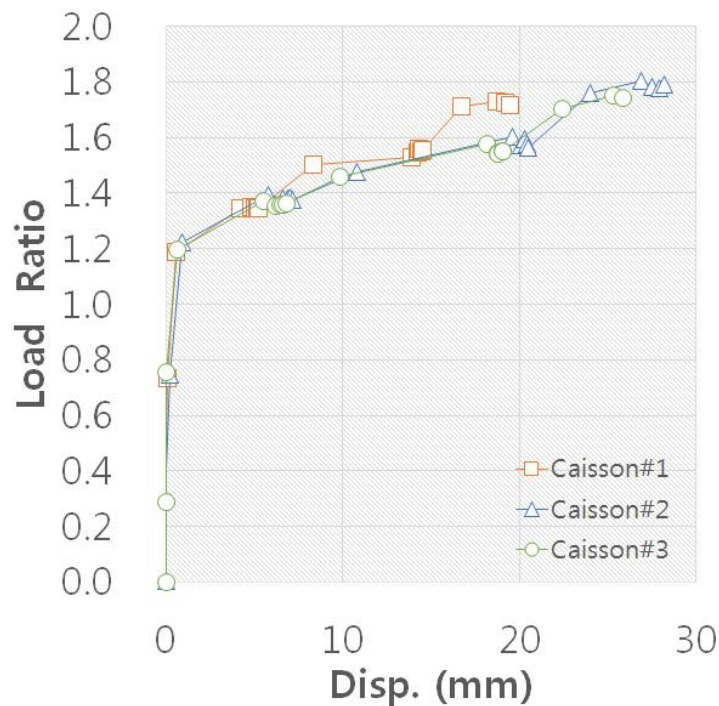


그림 3.1.9 하중-변위 상관도

▶ 인터 셀 내 채움재 전단 저항력계수,  $k_f$

- 인터 셀 내 채움재 전단 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끌림이 발생한 이후 하중-변위 곡선의 기울기( $k_f$ )로 정의할 수 있음. 그림 3.1.8로부터, 약  $k_f=54,110\text{KN/m}$ (현장치)로 평가됨.

•  $k_f=54,110\text{kN/m}$

⇒ 인터 셀 내 채움사석을 전단저항 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

▶ 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수,  $k_b$

- 지반 수평 마찰 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끄럼이 발생하기 이전의 하중-변위 곡선의 기울기( $k_b$ )로 정의할 수 있음. 그림으로부터, 약  $k_b=400,000\text{ kN/m}$ 로 평가됨.

•  $k_b=400,000\text{ kN/m}$

⇒ 사석마운드를 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

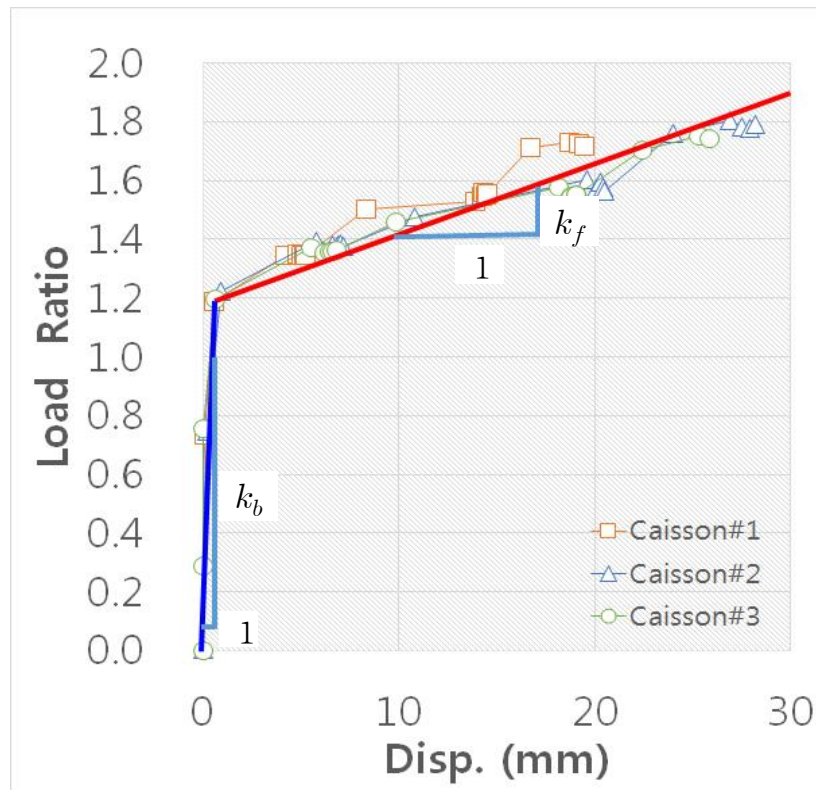


그림 3.1.10 하중-변위 상관도

▶ 케이슨 구조체 응답 및 지반반력 분석 특성

- 케이슨 구조체는 사석에 비하여 강성이 커 케이슨 구조체가 강체 거동을 보였으며, 지반 반력의 분산효과를 평가하기 위해 설치한 사석마운드 내 H형강의 강성이 커 목표한 성과는 얻지 못하였음.

## 2. 오픈 셀 케이스 구조해석

### 가. 구조해석의 목적

- 채움재 구조해석 모델 정립
- 모형실험과의 비교를 통한 주요 매개변수 결정
- 주요 설계변수 영향 검토

### 나. 구조해석 개요

- 프로그램 : ABAQUS 6.13
- 재료물성치(재료비선형성 고려)
  - ▶ 콘크리트 35MPa, 강재 SS400, 사석
  - ▶ 옵션
    - 케이스-마운드 마찰계수 : 0.6
    - 콘크리트-콘크리트 : 0.5
    - 콘크리트-철근 : Embedded option
    - 해석방법 : 정적해석

표 3.1.1 해석 물성치

Property	Concrete	Crushed rock
Mass density (kN/m <sup>3</sup> )	2.4	1.765
Elastic modulus (GPa)	28	24
Poisson's ratio	0.18	0.3

### 다. 구조해석 결과

- 양단의 제두부 케이스를 고정시켰기 때문에 변형이 발생하지 않으며, 중간케이스에 하중을 가력하였기 때문에 변형이 가장 크게 발생하였음.
- 케이스가 하중을 받아 변형을 하면서 케이스 인터셀 외벽들이 서로 부딪쳐 압괴가 발생할 가능성이 클 것으로 판단됨.
- 해석에서는 중간케이스의 변형이 약 50cm 변형이 발생하였을 경우를 가정하였음. 이때는 콘크리트 강재들이 부분 항복하는 것으로 결과 분석됨.
- 중간 케이스의 변위가 30mm 변형되었을 때 철근이 항복에 도달하는 것으로 나타남. 실험 시 검토해야할 것으로 판단됨.

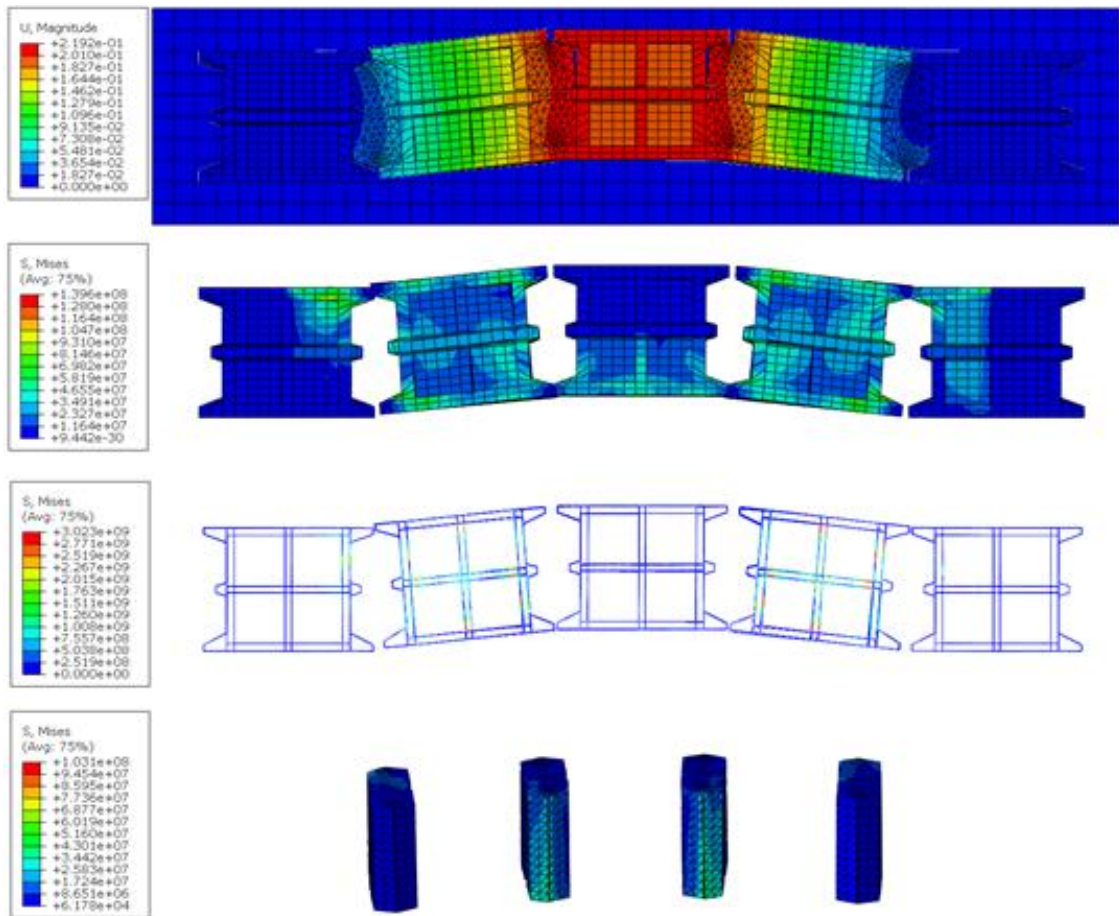


그림 3.1.11 구조해석 결과

### 3. 인터 셀 내 채움재 세굴실험

#### 가. 세굴실험의 목적

- 오픈 셀 케이슨 운용 시 기초마운드 세굴에 대한 대응 성능평가

#### 나. 세굴실험 개요

- 제원
  - 총 5함 케이슨 기초부 세굴 모의 (H: 52 cm B: 56 cm L: 48 cm)
  - 케이슨 모형 무게 : 200~210kg (속채움 완료)
    - 케이슨을 그림 3.1.10과 같이 설치하였으며, 케이슨 내부에는 케이슨의 무게를 맞추기 위해서 사석을 이용하여 채움.
    - 기초 마운드를 10cm 높이로 설정하여 실제 케이슨과 유사하게 모의 설치함.
    - 오픈 셀 부분에 사석을 채움



그림 3.1.12 세굴실험 케이스 방파제 모형

## ○ 실험방법

## ▶ 변수

- 오픈 셀 외벽길이 : 셀 길이의 50%, 25%
- 세굴위치
  - A) 인터 셀 부분만 세굴 : 인터 셀부분의 기초 마운드 사석 부분제거
  - B) 인터 셀 + 케이슨 부분 모두 세굴 : 인터 셀과 케이슨 기초 마운드 사석 부분 제거
  - C) 제두부 부분 세굴 : 제두부 케이슨 기초 마운드 사석 부분 제거

## ▶ 실험케이스

표 3.1.2 실험케이스

변수	CASE 1	CASE 2
외벽길이	50% (12 cm)	25% (6 cm)
세굴위치	CASE 1-A	CASE 2-A
	CASE 1-B	CASE 2-B
	-	CASE 2-C

- 각 케이슨의 인터 셀 외부전단벽은 내부 셀의 50%인 12 cm과 25%인 6 cm로 설정함.
- 세굴의 위치를 각 실험체 케이스 마다 수행하였으며, 제두부의 세굴은 CASE 2만 수행하였음



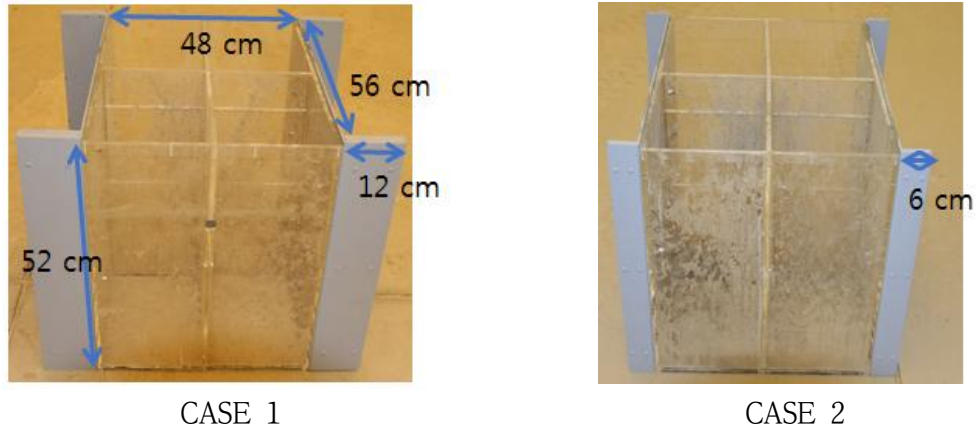


그림 3.1.13 실험 변수

▶ 실험계측

- 세굴모의 반대측에 케이슨의 변형을 측정하기 위하여 LVDT 변위계 설치
- 동영상 및 사진 촬영



그림 3.1.14 변위계 설치

다. 세굴실험 결과

○ CASE 1 결과

- ▶ CASE 1-A : 인터 셀 부분만 세굴된 경우를 모의하였으며, 이 때 케이슨의 최대변위는 0.01 mm로 거의 미동하지 않음. 세굴된 부분을 인터 셀 내부에 있는 사석이 채워주어 변형이 발생하지 않음.
- ▶ CASE B-1 : 본 실험케이스는 케이슨 전체에 세굴이 발생하는 것을 가정한 것으로 현장에서는 거의 발생하지 않는 최악의 조건임. 아래의 그림과 같이 인터 셀과 케이슨 부분 모두 세굴된 경우를 모의하였으며, 세굴의 정도는 케이슨 모형 폭(B)의 약 64%에 해당하

는 36 cm임. 이 때 케이슨의 최대변위는 케이슨 길이방향으로 4.91 mm로 케이슨 길이의 약 8%의 변형이 발생함. 수직방향 변형은 10 mm, 13 mm로서 케이슨의 높이의 19%의 변형이 발생함.

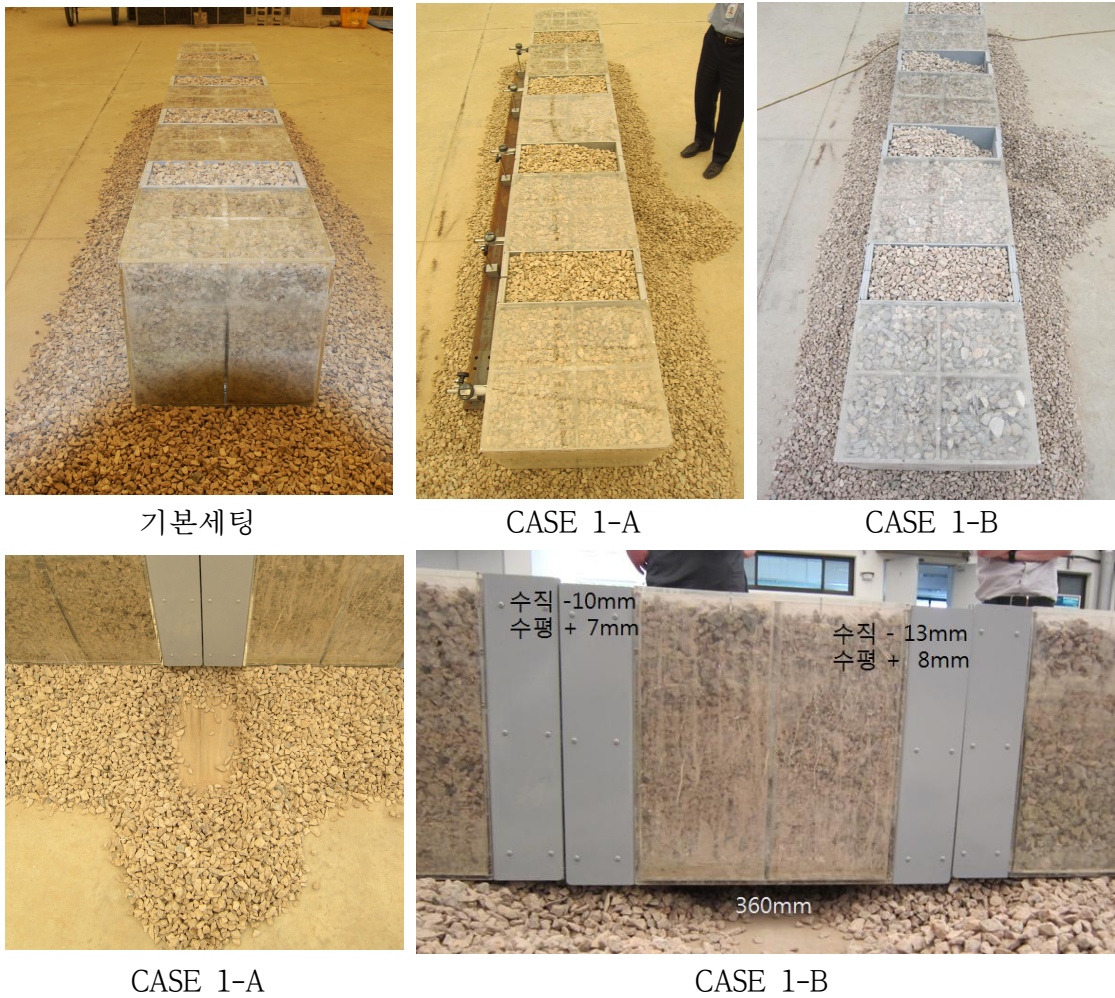


그림 3.1.15 CASE 1 결과

- 본 세굴 실험은 최악의 세굴 조건을 고려하여 실험을 수행하였음. 공통적으로, 세굴을 모의하는 동안, 인터 셀 내 사석이 세굴된 마운드 부분으로 침하되어 케이슨의 안정성이 확보되는 것으로 나타났음. 이는 부분적으로 세굴이 발생하여도 오픈 셀의 인터로킹 효과로 인하여 그 성능이 유지되는 것으로 나타남. 인터 셀에 채워진 사석이 세굴에 의한 구조물 안정성 확보에 좋은 것으로 나타남.



- 실험초기에는 사석이 부분 제거 되었을 때는 인터 셀 부분의 사석이 채워서 변형을 방지하였으나 케이슨 중간부분의 사석에 많이 제거 될수록 변형이 크게 발생한 것으로 나타남.

○ CASE 2 결과



기본세팅



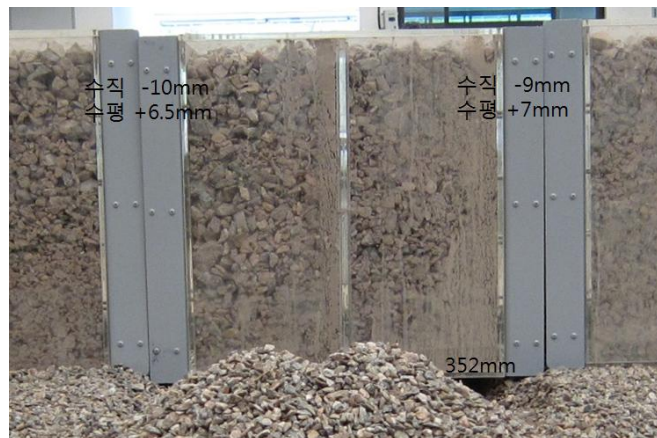
CASE 2-A



CASE 2-B



CASE 2-C



CASE 2-B

그림 3.1.16 CASE 2 결과

- ▶ CASE A-2 : 인터 셀 부분만 세굴된 경우를 모의하였으며, 이 때 케이슨의 최대변위는 0.00mm로 미동하지 않음. CASE 1의 실



험모델과 동일하게 인터 셀 부분 세굴이 발생할 경우 인터 셀 내부의 채움재가 채워주는 것으로 나타남.

- ▶ CASE B-2 : 인터 셀과 케이슨 부분 모두 세굴된 경우를 모의하였으며, 세굴의 정도는 케이슨 모형 폭(B)의 약 63%에 해당하는 35.2 cm임. 이 때 케이슨의 수평 최대변위는 5.35 mm로 케이슨 길이의 9%의 변형이 발생함. 실험초기에는 사석의 부분 제거 되었을 때는 인터 셀부분의 사석이 채워서 변형을 방지하였으나 케이슨 중간부분의 사석에 많이 제거될수록 변형이 크게 발생한 것으로 나타남.
- ▶ CASE C-2 : 본 실험케이스는 제두부에 집중적으로 세굴이 발생하였을 경우를 모의 한 경우로서 순차적으로 세굴의 정도를 증가시켰음. 세굴의 정도는 케이슨 모형 길이(L)의 약 50%에 해당하는 22 cm까지 증가 시켰음. 실험초기에는 변형이 발생하지 않았으나 세굴이 깊이가 점점 깊어질수록 케이슨이 지지할 수가 없어지기 때문에 그림 18과 같이 변형이 발생한 것으로 나타남.

#### ○ 결론

- 본 실험은 오픈 셀 케이슨 운용 시 기초마운드 세굴에 대한 대응 성능 평가를 목적으로 모의 실험을 수행하였음.
- 인터 셀에 집중적으로 세굴이 발생되었을 경우에는 셀 내부의 사석이 세굴된 부분에 채워지기 때문에 케이슨 전체계의 안정성 확보에 큰 효과를 발휘하는 것으로 나타남.
- 한 케이슨 전체에 세굴이 발생될 경우에 기존의 케이슨들의 경우에는 세굴이 발생된 위치에서 수평 변형이 크게 발생할 것이나 본 오픈 셀 케이슨의 경우에는 케이슨들이 인터로킹되어 있어 과도한 수평 변형이 발생하지 않는 것으로 나타났음.
- 오픈 셀 케이슨이 운용중 세굴이 발생하였을 경우에 인터 셀 내부의 사석 및 인터로킹 효과로 인하여 세굴에 대한 안정성 확보가 되는 것으로 나타났음.

#### 4. 인터 셀 내 채움재 전단특성 평가

##### 가. 대형직접전단시험의 목적

- 오픈 셀 케이슨을 위한 채움재 전단 특성 평가

##### 나. 대형직접전단시험 개요

- 채움재 종류
  - Case 1. 순환골재
  - Case 2. 기초사석
- 시험 케이스
  - ▶ 입도시험
    - 채움재별 최대입경, 균등계수 제시
  - ▶ 밀도분석
    - 최소, 최대, 상대밀도
  - ▶ 전단응력 분석
    - 수직응력(20, 40, 80kPa)에 따른 전단응력 분석

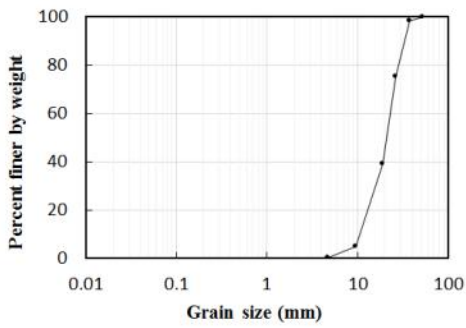
##### 다. 대형직접전단시험 결과

- 입도분석 및 밀도 분석 시험 결과
  - ▶ Case 1. 순환골재

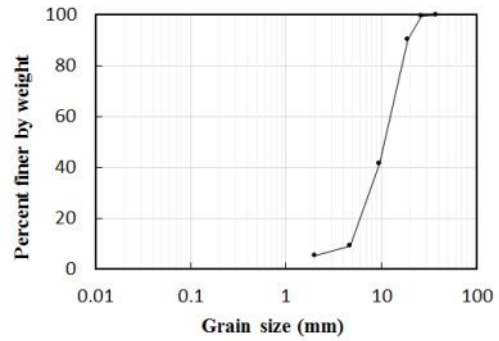
DATA	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
최소밀도 ( $\gamma_{d,min}$ )	1230	23.53	17.18	11.83	0.36	2.13	3.8	38.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1347						8.9	44.4
최대밀도 ( $\gamma_{d,max}$ )	1403						X	

- ▶ Case 2. 기초사석

DATA	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
최소밀도 ( $\gamma_{d,min}$ )	1436	12.68	8.27	4.94	2.57	1.09	3.9	34.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1561						11.3	38.3
최대밀도 ( $\gamma_{d,max}$ )	1620						X	



Case 1. 순환골재 입도분포곡선



Case 2. 기초사석 입도분포곡선

그림 3.1.17 입도분석곡선



순환골재

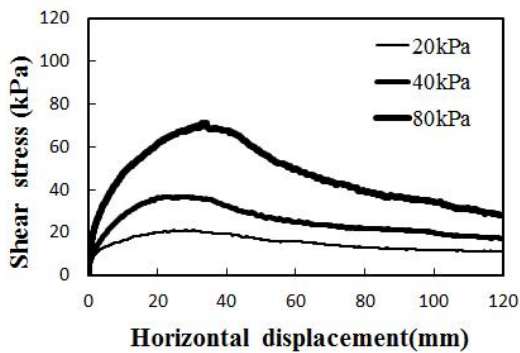


기초사석

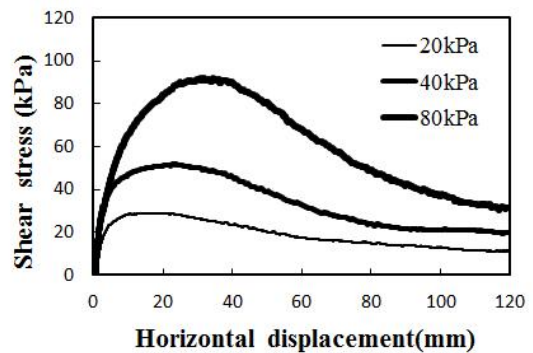
그림 3.1.18 채움재의 상대밀도 시험 사진

○ 전단응력 분석 결과

▶ Case 1. 순환골재

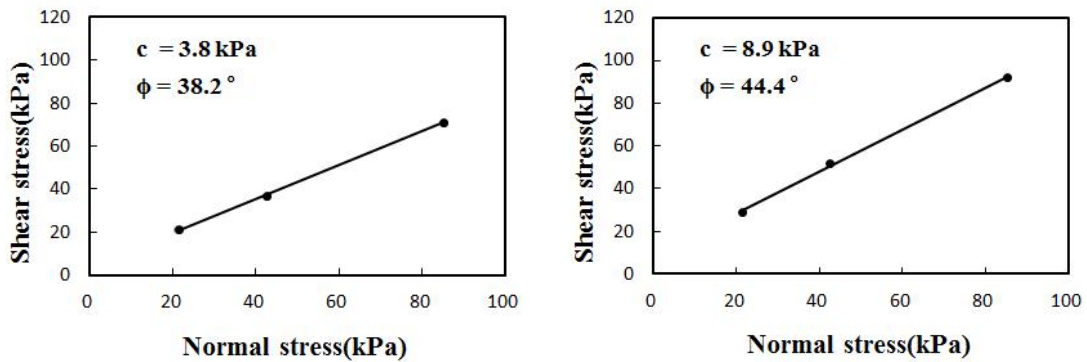


수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_{d,min}$ )



수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

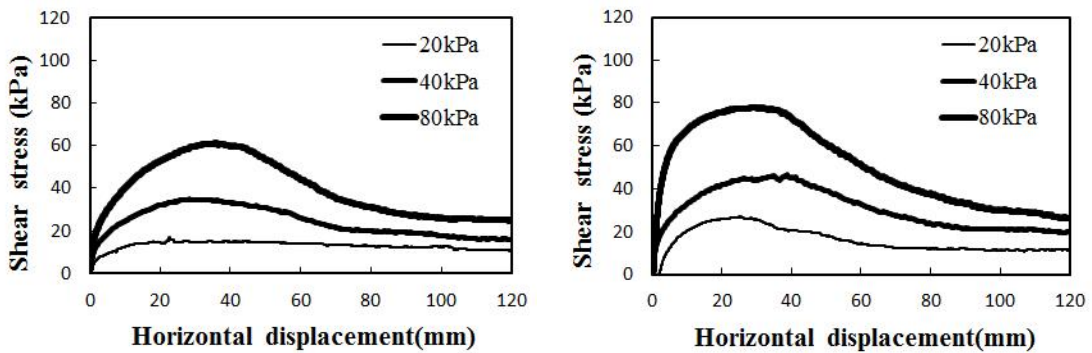
그림 3.1.19 순환골재 변위-응력 곡선



Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )    Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

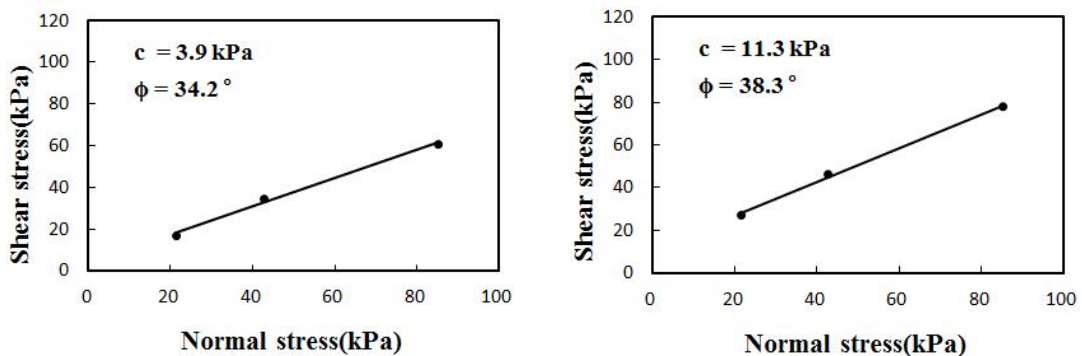
그림 3.1.20 순환골재 Mohr - Coulomb 파괴포락선

▶ Case 2. 기초사석



수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_{d,min}$ )    수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 3.1.21 기초사석 변위-응력 곡선



Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )    Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 3.1.22 기초사석 Mohr - Coulomb 파괴포락선

○ 밀도와 수직응력(상재압)별 대형전단실험 사진

▶ 최소밀도 순환골재 ( $\gamma_{d,min}$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa



순환골재 상재압 80 kPa



그림 3.1.23 최소밀도 순환골재 실험 사진

▶ 상대밀도 순환골재 ( $\gamma_d=70\%$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa



순환골재 상재압 80 kPa



그림 3.1.24 상대밀도 순환골재 실험 사진



▶ 최소밀도 기초사석 ( $\gamma_{d,min}$ )

기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa



기초사석 상재압 80 kPa

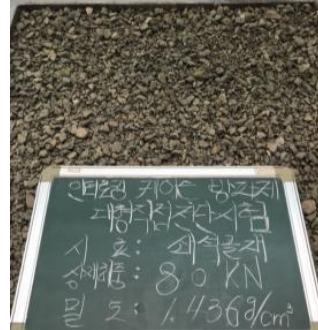


그림 3.1.25 최소밀도 기초사석 실험 사진

▶ 상대밀도 기초사석 ( $\gamma_d=70\%$ )

기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa



기초사석 상재압 80 kPa



그림 3.1.26 상대밀도 순환골재 실험 사진

## 5. 인터 셀 내 채움재 해석모델 정립

### 가. 채움재 모델 해석기법 검증

- (1) 해석목적 : 인터 셀 내 채움재 모델 구조해석 및 설계 시 사용할 채움재의 모델을 정립하고 이를 실험값을 이용하여 검증함
- (2) 해석방법 : 사석 채움재의 모델을 검증하기 위하여 기존에 수행된 타 대형전단실험을 통하여 수행된 실험 값과 비교를 하여 해석 기법 및 방법을 검증함.
  - 해석 모델 : ABAQUS 해석 프로그램을 사용하였으며, Mohr-Coulmb 모델 이론 적용함.
  - 해석순서 : Geostatic해석을 통하여 지중응력을 모사한 후에 수직하중을 가력하여 추가 응력을 모사함. 마지막으로 전단하중을 가하여 사석모델의 전단응력을 분석완료
  - 재료물성치 : 재료 물성치는 표 4와 같이 실험에서 얻은 데이터 값을 입력하였음. 상대밀도는 2가지로 구분함.
  - 해석모델은 그림 19와 같이 실험모델과 같이 폭 1.5m, 길이 1.5m, 높이 0.6m 모델링함. 수직응력을 0.1MPa, 0.3MPa, 0.5MPa를 변수로 잡아 해석 수행함.

표 3.1.3 재료물성치

상대밀도 (%)	시험밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	내부마찰(°)	점착력(kgf/cm <sup>2</sup> )
50	1.87	34.6	2.01
70	1.98	46.1	2.04

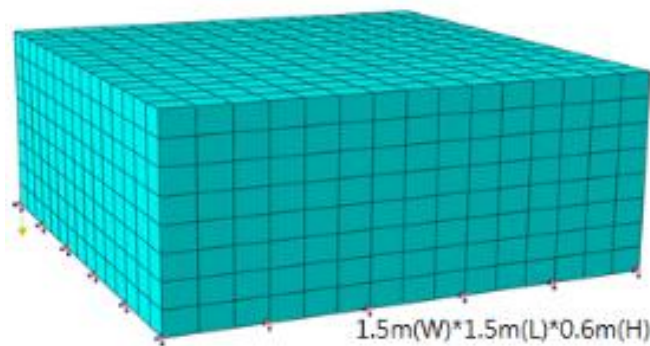


그림 3.1.27 해석 모델



그림 3.1.28 해석 경계조건

(3) 해석 결과

- 아래 그림과 같이 해석순서에 따라서 지중응력해석, 수직하중 가력, 전단하중을 가력하여 해석을 수행하고 결과값을 도출함.
- 결과 분석결과 전단응력이 아래의 테이블 들과 같이 상대 밀도 50%일때는 10%이하의 오차율을 갖는 것으로 나타났으며, 상대밀도 70%일때는 이보다 큰 오차율을 보이는 것으로 나타남.
- 일반적으로 지반 실험의 불확실성이 크기 때문에 본 해석 결과에 얻은 오차율정도면 검증이 되었다고 판단하는 경우가 많아 본 해석 기법을 해석 모델에 적용하여도 될 것으로 판단됨.

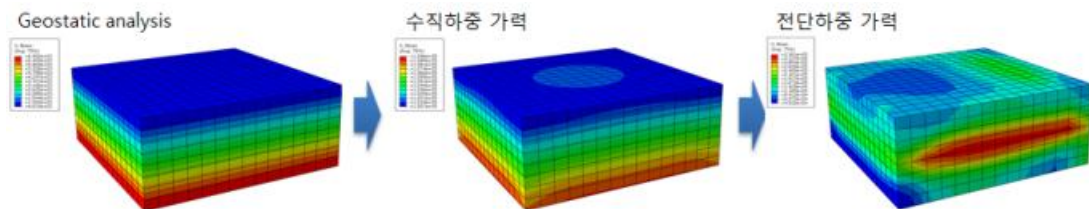


그림 3.1.29 해석 결과(변형형상)

표 3.1.4 상대밀도 50%

수직응력(MPa)	실험값(MPa)	해석값(MPa)	오차율(%)
0.1	0.27	0.25	8
0.3	0.42	0.45	7
0.5	0.55	0.56	2



표 3.1.5 상대밀도 50%

수직응력(MPa)	실험값(MPa)	해석값(MPa)	오차율(%)
0.1	0.31	0.30	3
0.3	0.52	0.41	27
0.5	0.72	0.56	29

#### 나. 인터 셀 해석모델 정립

- (1) 해석목적 : 오픈 셀 케이슨의 차원 구조성능 평가를 위한 인터셀 해석 기술 및 설계 방법 확보

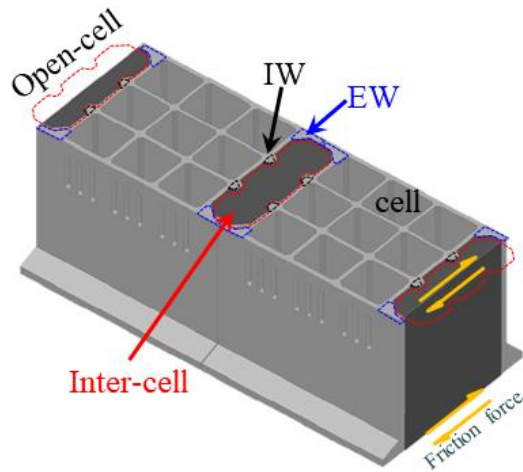


그림 3.1.30 오픈 셀 케이슨의 구성요소

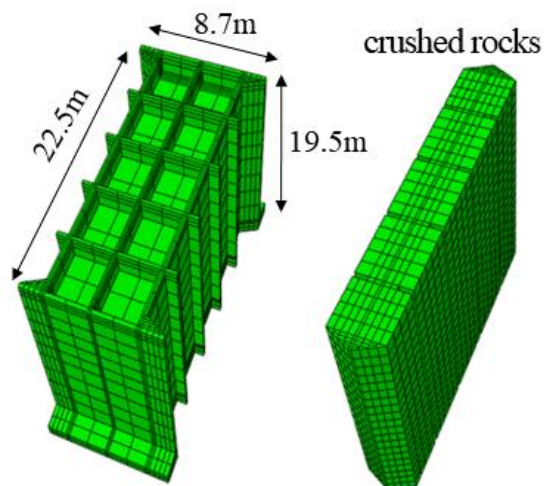


그림 3.1.31 해석모델의 제원

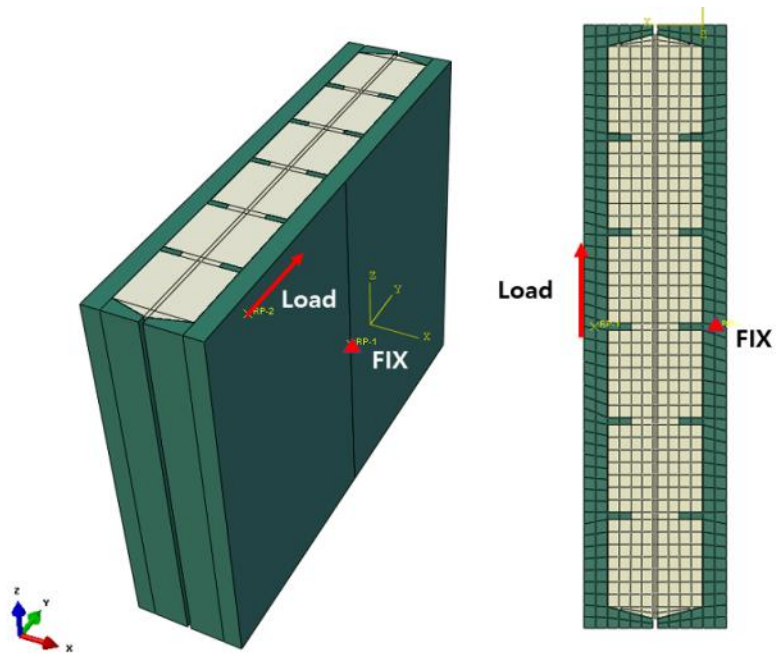


그림 3.1.32 해석 모델의 경계조건

(2) 해석 방법

- 범용 해석 프로그램 : ABAQUS
- 해석 모델 : 국부 모델(인터 셀)만 고려(오픈 셀 격벽만 고려)
- 경계 조건 :
  - 우측 케이슨 격벽을 고정시키고 좌측 케이슨을 수직방향으로 하중을 가함.
  - 사석과 콘크리트 사이는 마찰계수를 0.6으로 가정함.
  - Geostatic을 고려하여 자중 응력 발생하게 한 후 해석 수행
  - 해석모델 메쉬물성치 : C3D8R
- 재료 물성치
  - 직접전단실험을 통하여 다음과 같은 물성치를 얻음. 본 물성치를 해석적으로 넣음.

표 3.1.5 재료물성치

DATA	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (deg)
밀도			
최소밀도( $\gamma_{d,min}$ )	1436	3.9	34.2

(3) 인터셀 부분 전단력 산정 방법

▶ 전단력 산정

$$V_f = \tau \times A$$

$$\tau = c + \sigma \times \tan\phi$$

여기서,  $V_f$  = 전단력 (kN)  
 $\tau$  = 전단응력 (MPa)  
 $A$  = 전단면적 (m<sup>2</sup>)  
 $c$  = 점착력  
 $\sigma$  = 채움재가 받는 압축응력 (MPa)  
 $\phi$  = 채움재의 내부마찰각

▶ 깊이별 응력 산정

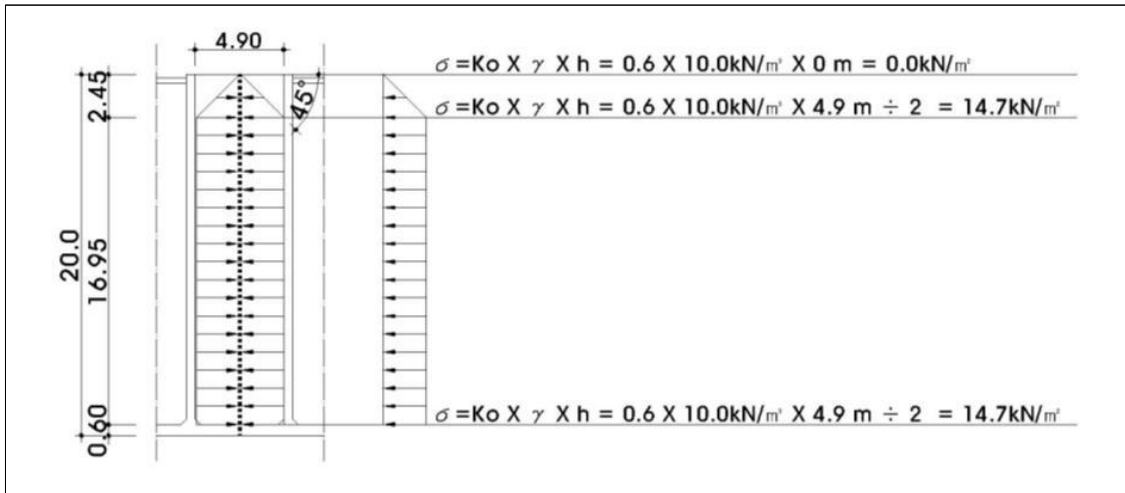


그림 3.133 전단응력분포도(예)

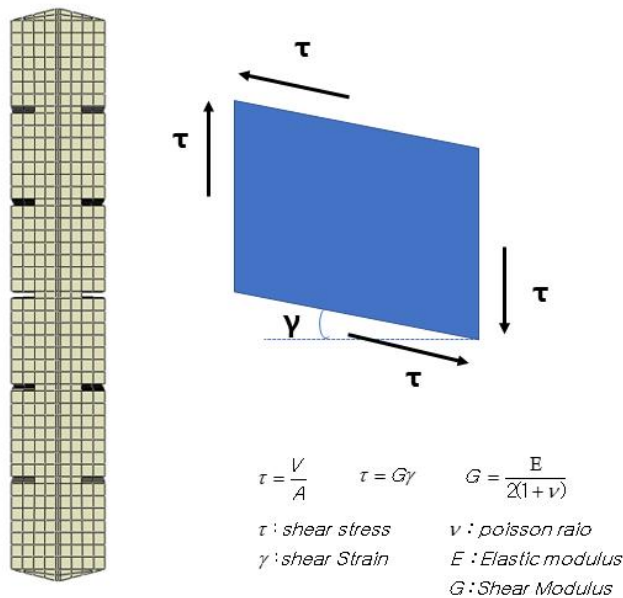


그림 3.134 전단응력산정방법

- 전단응력은 위의 그림과 같이 산정가능하며, 전단변형률을 구할 경우 최대 변형을 정의 할 수 있음.

(4) 해석결과

- ▶ 지반은 기존의 구조물과는 다르게 유효응력의 고려가 필요함.
  - 본 연구에서는 지반의 유효응력을 고려하였을 경우와 고려하지 않은 경우를 비교 분석 하였음.
  - 아래 그림과 같이 지반은 유효응력이 고려가 되어야 실제의 거동 특성을 분석할 수가 있음.
  - Geostatic 옵션을 통하여 지반 유효응력을 만들어서 해석을 할 경우에는 지반 아래쪽으로 갈수록 응력이 커지는 것을 볼 수 있음. 아래의 그림들을 비교해 보면 지반 유효응력을 고려했을 경우가 더 현실적인 거동 특성을 보일 것으로 판단됨.
  - Geostatic 해석을 통하여 지반 거동을 고려하였을 경우에는 외적하중이 가해 지지 않아도 지반에 의하여 외부 오픈 셀 케이스 격벽에 응력이 발생하는 것으로 나타남. 높이를 고려하면 가장 밑에 부분의 응력이 가장 큼.

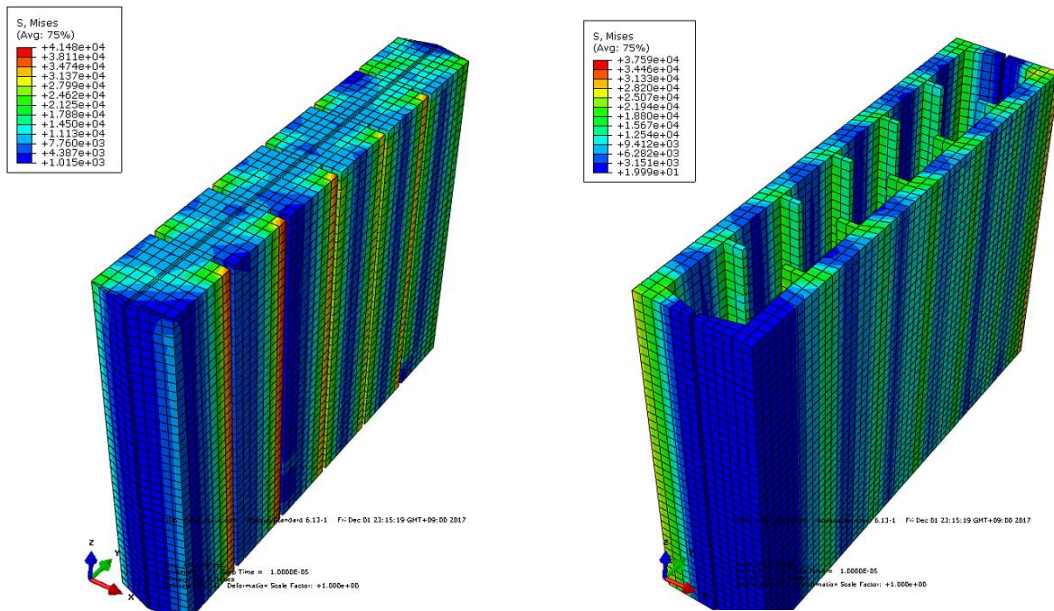


그림 3.135 Geostatic을 고려하지 않았을 경우 인터 셀 내 사석과 오픈 셀 격벽에서의 응력상태



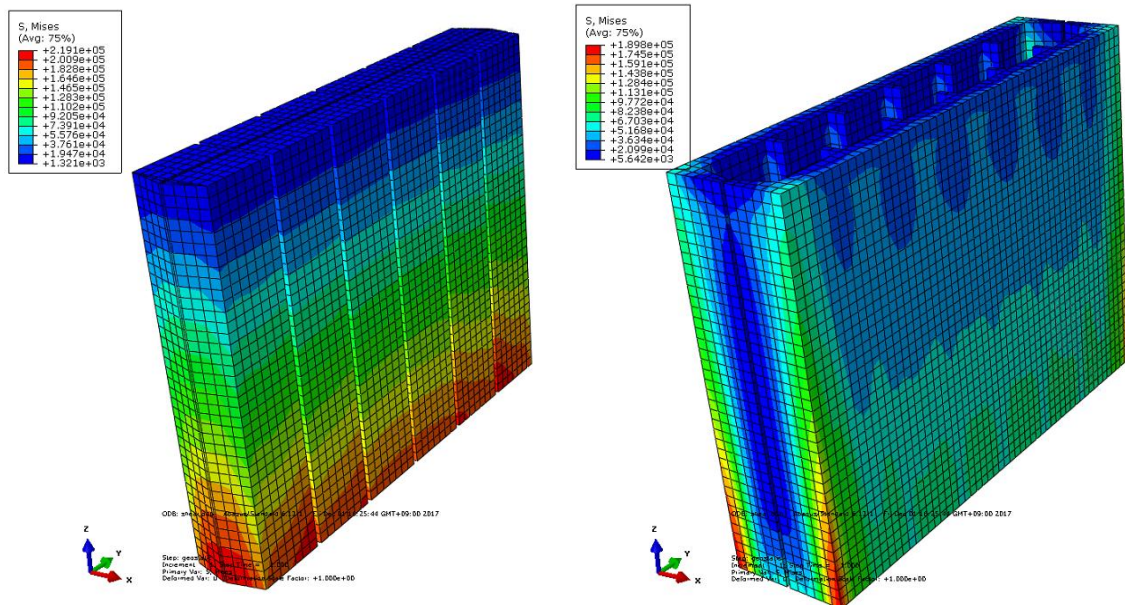


그림 3.136 Geostatic 해석 후 인터 셀 내 사석과 오픈 셀 격벽에서의 응력상태]

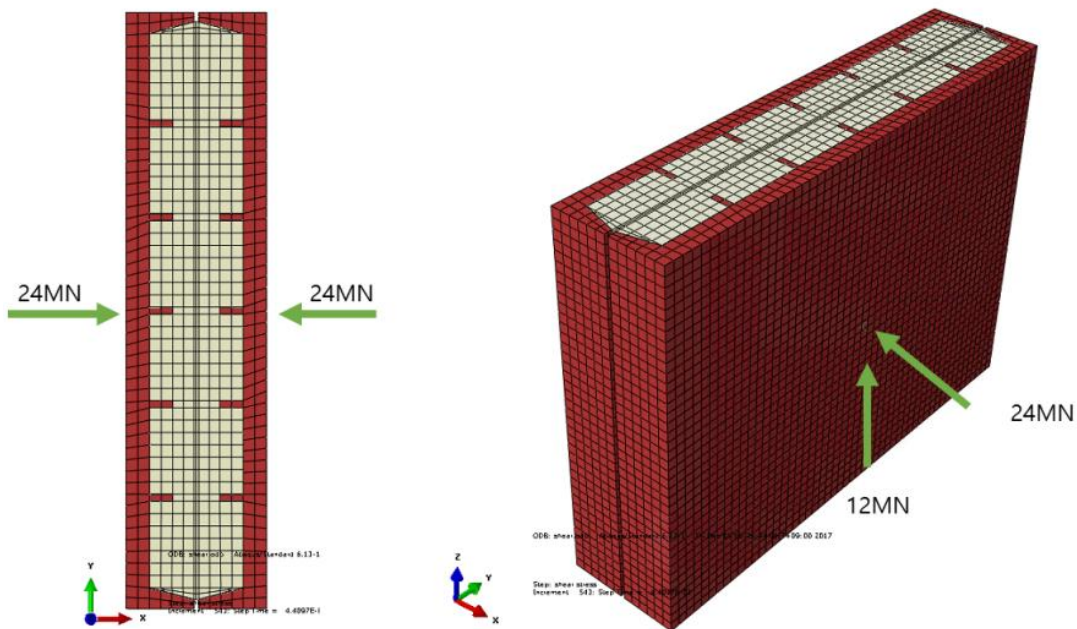


그림 3.137 사석 유효응력 발생 후 오픈 셀 케이스 벽에서의 반력

- 사석의 응력이 하단부분에 집중됨으로써 인터 셀의 벽면에 압축반력(24MN)이 발생하며, 케이슨을 위로 올리는 상향력이 12MN 발생함. Geostatic 해석을 통하여 사석의 유효응력이 발생되었으며, 이것이 사석의 하단부의 팽창을 하게 함으로써 케이슨을 미는 힘과 케이슨을 들어 올리는 힘이 생겨남.

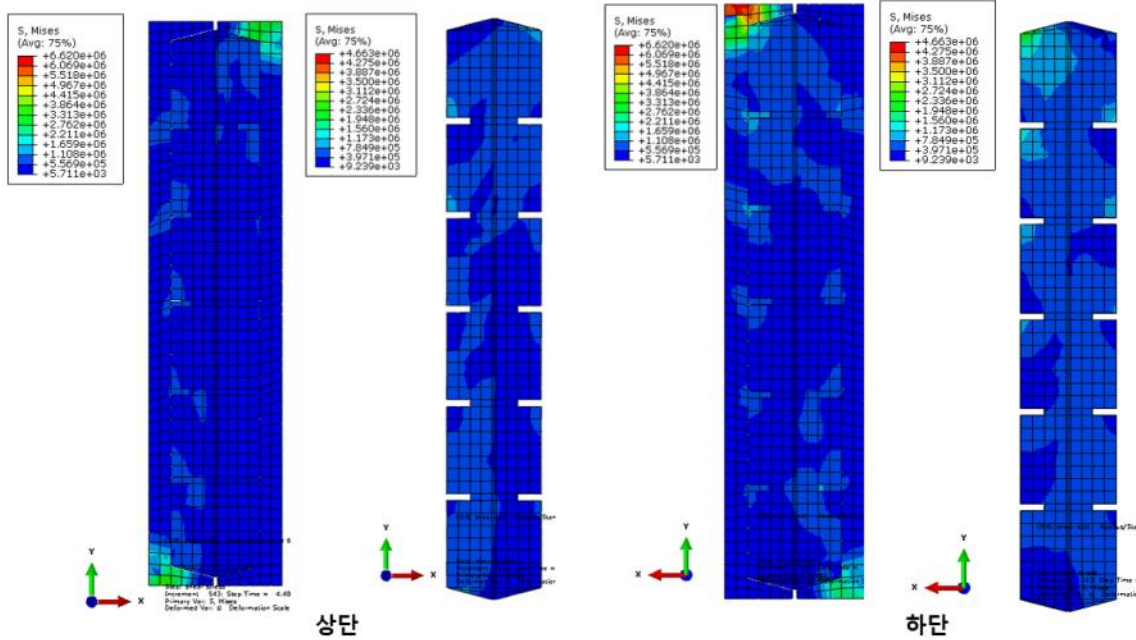


그림 3.1.38 인터 셀 전단블록과 사석의 Von-Mises 응력상태(지반유효응력고려)

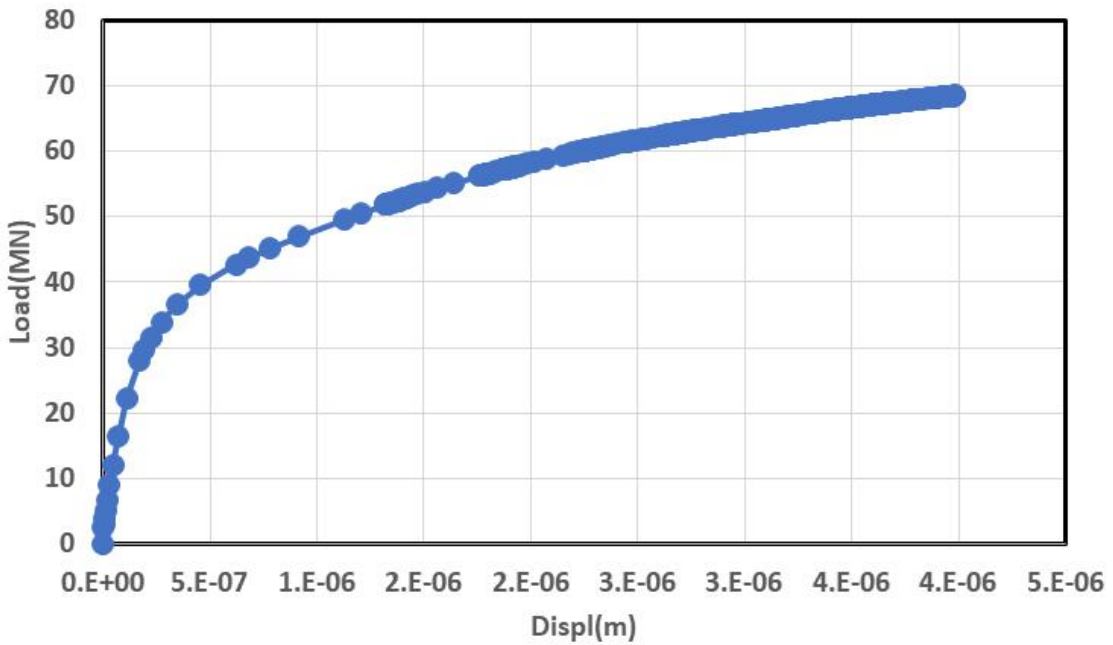


그림 3.1.39 지반유효응력을 고려하였을 경우 전단력-변형 관계

- 지반유효응력을 고려하였을 경우에는 위의 전단력-변형 관계 그래프에서 보는 바와 같이 초기에는 변형이 증가하다가 천천히 변형이 감소되는 것을 확인할 수 있음. 최대 변형변위는 5-e7m인 것으로 판단됨.

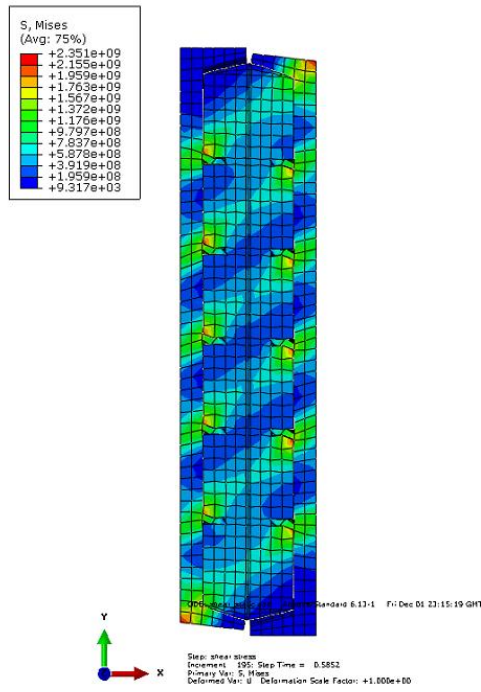


그림 3.1.40 인터 셀 전단블록과 사석의 Von-Mises 응력상태(지반유효응력미고려)

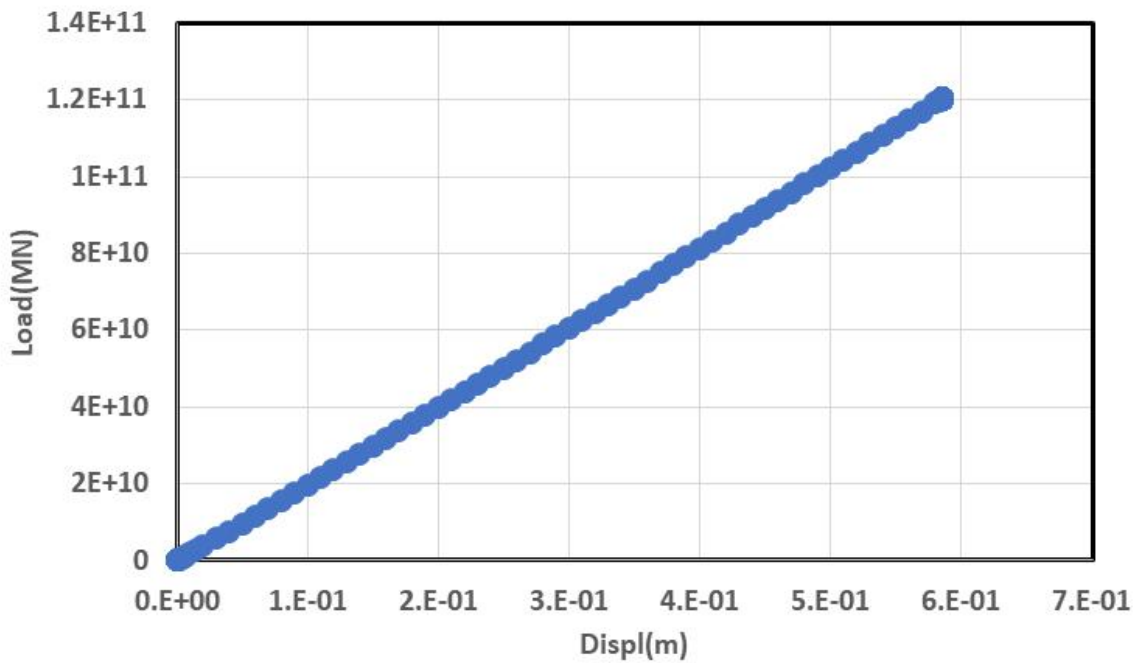


그림 3.1.41 지반유효응력을 고려하지 않았을 경우 전단력-변형 관계

- 지반유효응력을 고려하지 않았을 경우에는 위의 그림과 같이 수렴되는 구간이 나타나지 않는 것을 볼 수 있으며, 최대 변형, 최대 전단력 등을 판단하기 어렵기 때문에 거동 분석에 적절하지 않은 것으로 판단됨.

▶ 파괴변형 수계산

- 직접전단실험에서 도출한 최대전단응력은 20kPa임
- 단면적, 전단탄성계수, 전단변형률의 산정

$$A = 481.65^2$$
$$G = \frac{24 \times 10^9}{2(1+0.3)}$$
$$\gamma = \frac{20000}{9.23 \times 10^9} = 0.0000021 (\text{Strain})$$

- 파괴 시 전단변형( $t\gamma$ ), 여기서 t는 인터셀 폭

$$t\gamma = 4 * 0.0000021668$$
$$= 0.0000086672m$$
$$= 0.00866mm$$

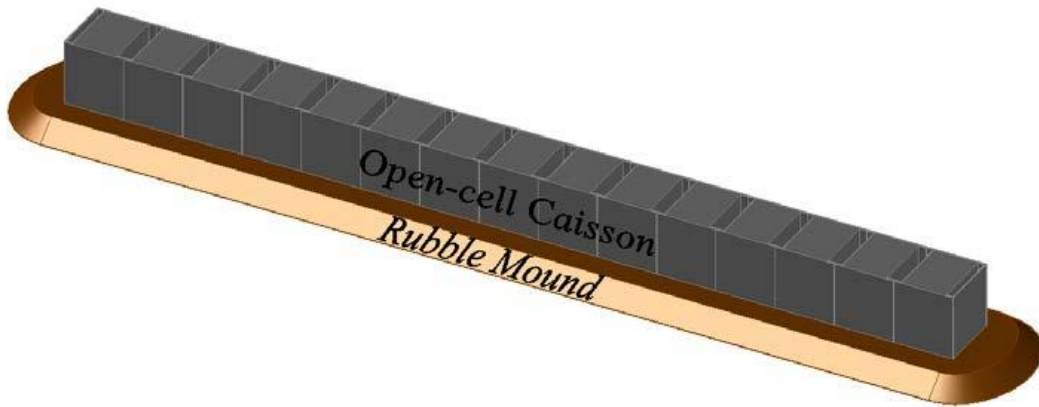
∴ 파괴 시 최대 전단변위는 0.00866mm 임.



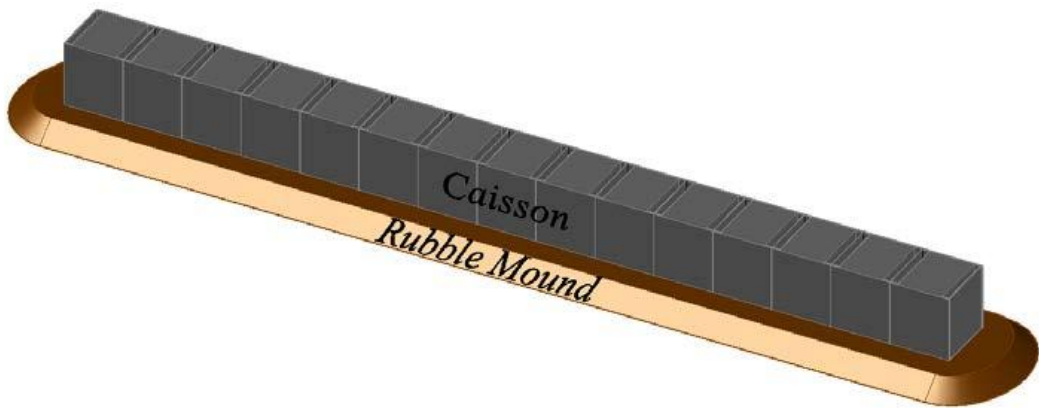
## 6. 오픈 셀 케이슨 수리성능분석

### 가. 수리실험의 목적

- 오픈 셀 케이슨 방파제 3차원 수리 안정성 평가
- 오픈 셀 케이슨과 일반케이슨 방파제의 안정성 비교
- 인터로킹 효과검증 (계측항목 : 과압, 케이슨 변위, 채움재 유출여부 등)



[오픈 셀 케이슨]



[일반 케이슨]

그림 3.1.42 수리실험 모델 개념도

### 나. 수리실험 개요

- 실험모형 제원
  - ▶ 제원: 1/40 scale, 셀길이 12.5 cm, 12 cm 기준
  - ▶ 제간부: 48 cm (L, 방파제 길이방향) × 50 cm (B) × 52 cm (H)
  - ▶ 함수
    - 제간부: 13함 (#1~#13)

- 두 부: 2함 (A, B)
- ▶ 재질
  - 케이슨 및 측면 덮개 : 강재 (두께 3.2T) 후 방수페인트 고려
  - 상판 덮개 : 투명 아크릴

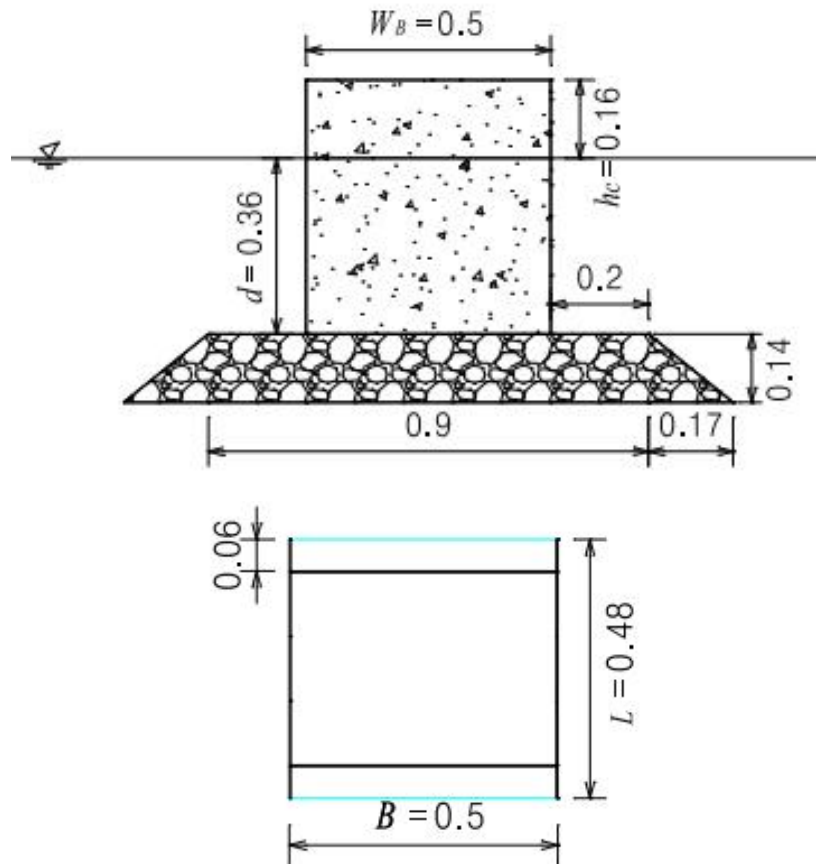


그림 3.1.43 수리실험 케이슨 측면도 및 평면도

○ 실험 조건

- ▶ 수심 : 50 cm (마운드 높이 : 14 cm)
- ▶ 케이슨방파제 총 길이 : 7.27 m (케이슨 간 이격 0.5 cm로 가정)
- ▶ 파향: 0° , 15° , 30° , 설계파고: 0.16m, 주기: 2.0sec, 규칙파 조파
- ▶ 자중(케이슨+속채움+상판 덮개) : 151 kgf
  - 기존 설계법으로 설계파에 대한 각 함체의 자중산정 후 실험수행
  - 활동안전율: 1.0 (파고 16cm, 주기 2s, 입사각 0도 기준)
  - 오픈 셀 채움재 및 경사제 사석: 6~10mm
  - 사석의 공극률: 43%(공극률 시험 측정 결과)

- 제간부의 자중(오픈 셀 케이슨+속채움+상판 덮개): 134.8 kgf
- 제간부의 자중(일반케이슨+상판 덮개): 122.5kgf
- 두부의 자중은 제간부 자중의 1.5배 적용
- 유효자중( $W_e = W - B$ ): 57.7kgf

○ 실험 구성

- ▶ 실험 파 : 20개 파로 구성, 설계파: W06(파향: 0° )

H (m) \ T (sec)	0.16	0.176	0.192	0.208	0.224
1.5	W01	W02	-	-	-
1.75	W03	W04	W05	-	-
2.0	W06	W07	W08	W09	W10
2.25	W11	W12	W13	W14	W15
2.5	W16	W17	W18	W19	W20

- ▶ 파고계: 22개 사용(E1~E22, 파향 0° , 15° , 30° 동일)

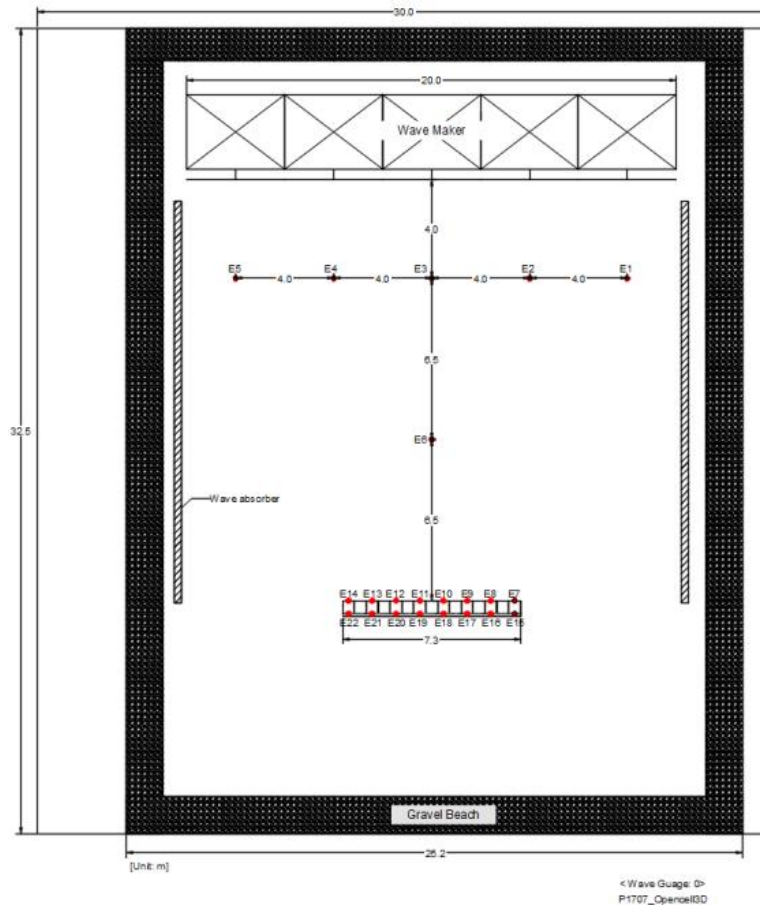


그림 3.1.44 파고계 배치도: 파향 0°

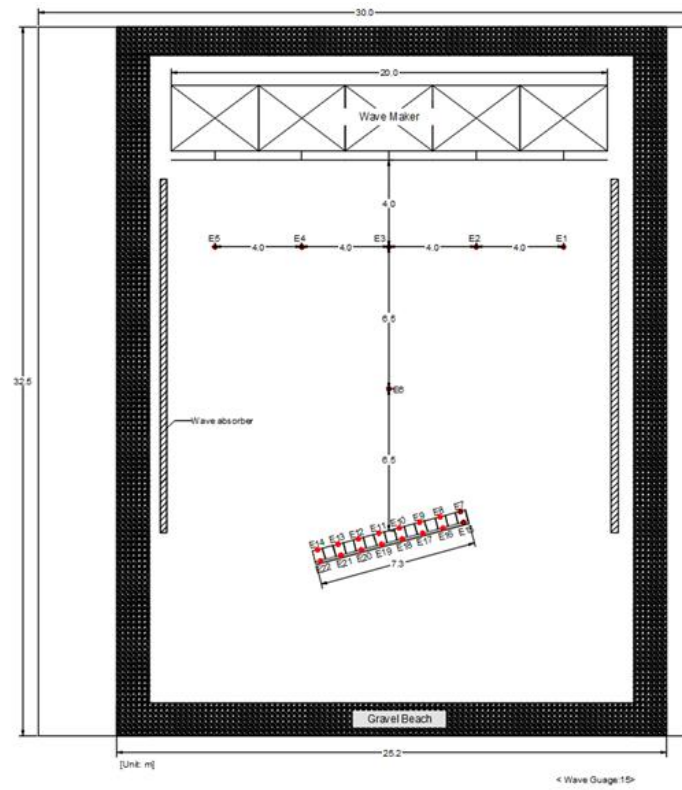


그림 3.1.45 파고계 배치도: 파향 15°

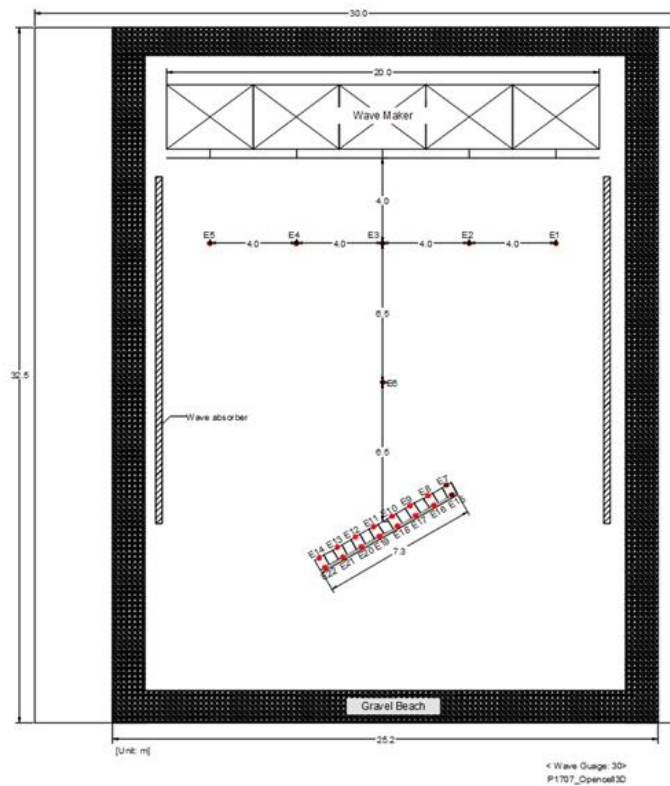


그림 3.1.46 파고계 배치도: 파향 30°

- ▶ 파압계: 17개 사용 (과향 0°, 15°, 30° 동일)

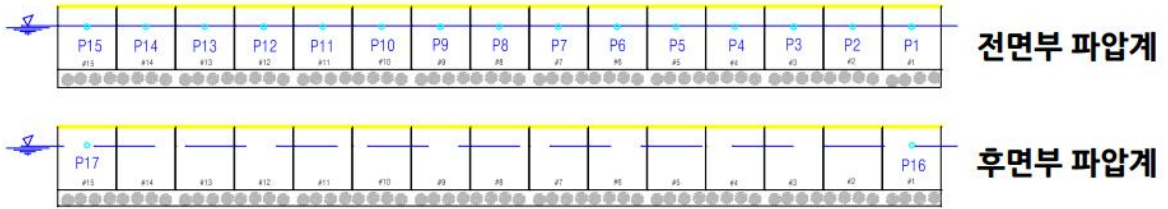
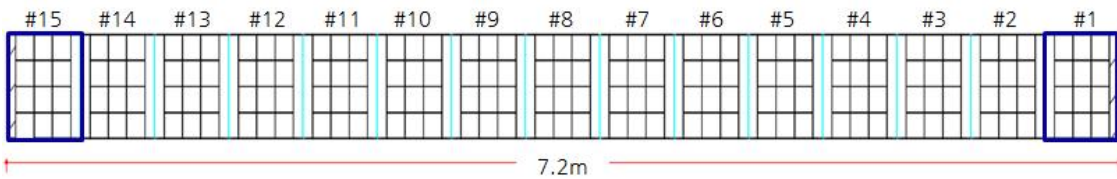


그림 3.1.47 파압계 배치도

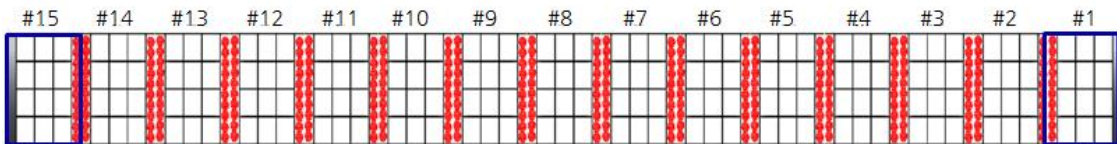
- ▶ 변위계: 수중변위계 3개 사용
  - 케이슨 번호 #1, 8, 15의 후면에 설치

○ 실험 케이스

- ▶ CASE 1: 일반 케이슨 + 두부 케이슨(제간부 케이슨 자중의 1.5배)
- ▶ CASE 2: 오픈 셀 케이슨 + 사석 + 두부 케이슨(제간부 케이슨 자중의 1.5배)
  - 변형이 발생하지 않게 케이슨의 자중을 증가시켜서 파고(22개)와 파압(17개) 계측
  - 설계파에 대한 케이슨의 자중을 각 함체에 적용하여 케이슨 후면부의 파고계를 제외한 파고(14개)와 후면의 변위(3개) 계측
  - 아래 그림의 오픈 셀의 채움재는 기초사석을 이용함



[일반 케이슨]



[오픈 셀 케이슨]

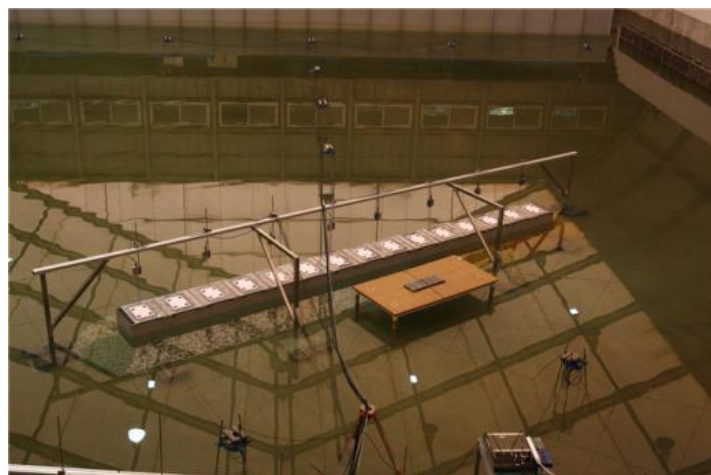
그림 3.1.48 모형 평면도



[파향 0°]



[파향 15°]



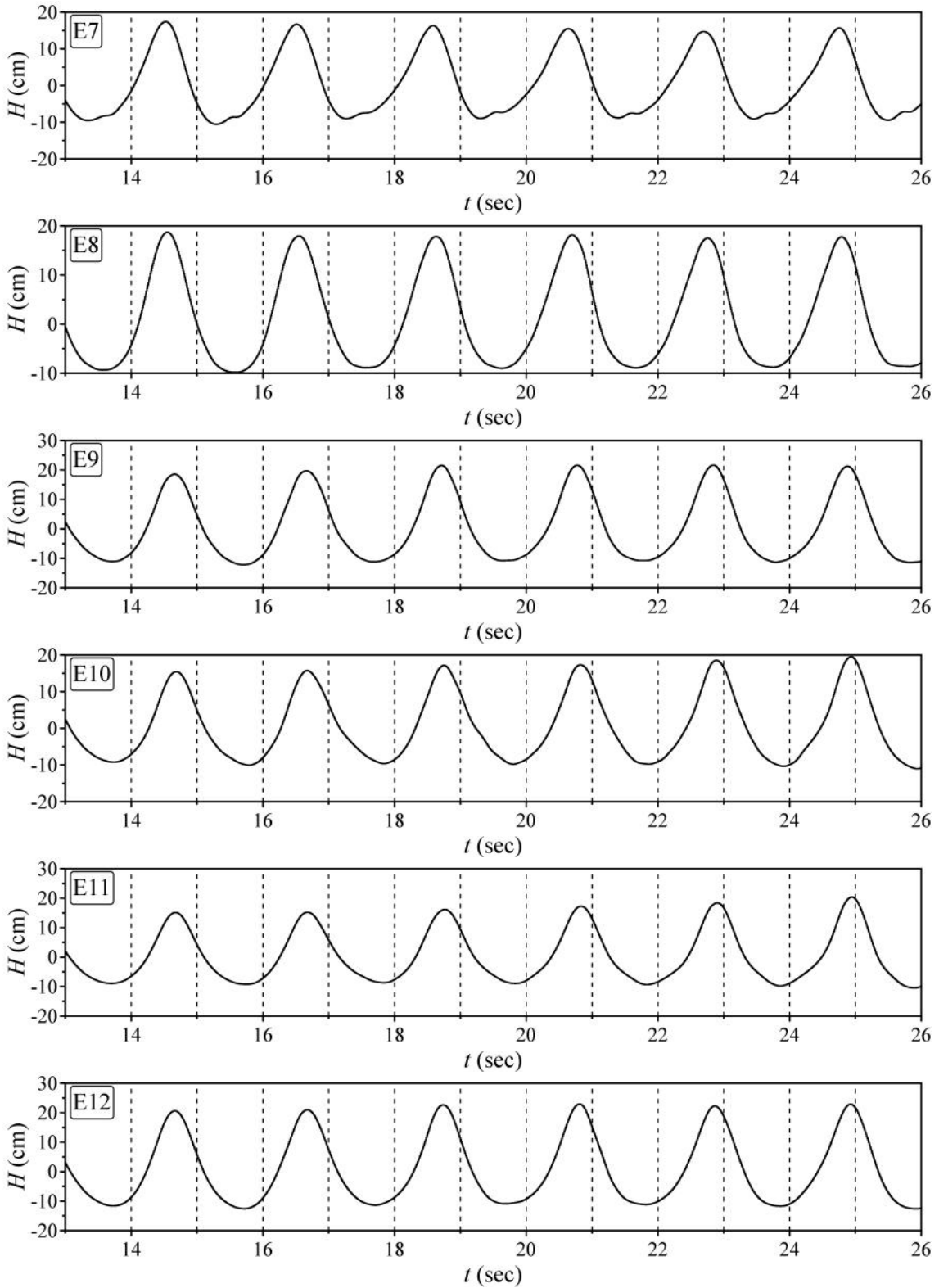
[파향 30°]

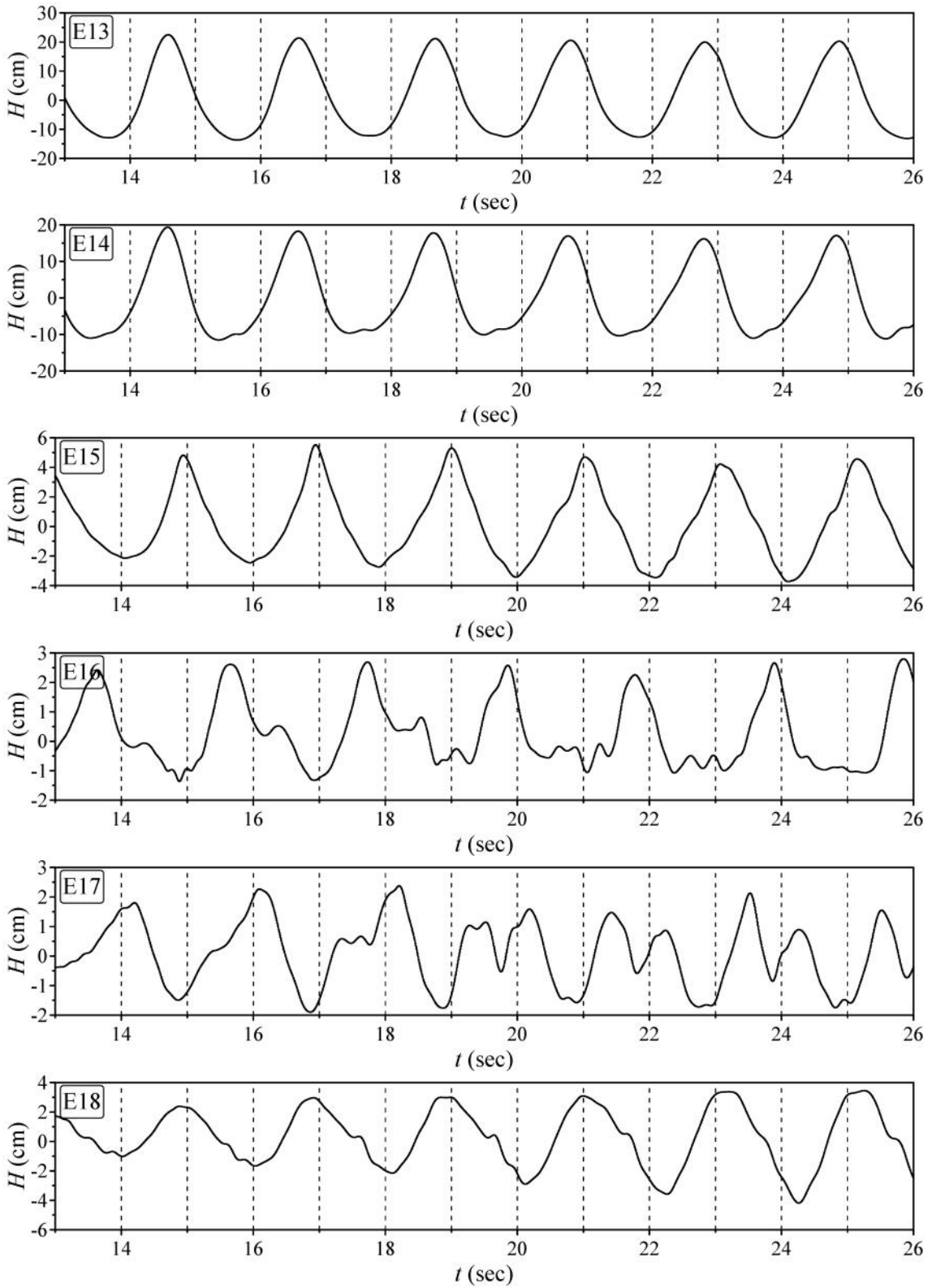
그림 3.1.49 파향별 모형설치사진



#### 다. 수리실험 결과

○ 파고와 파압계측 자료: W06에 대한 계측 자료만 대표적으로 도시







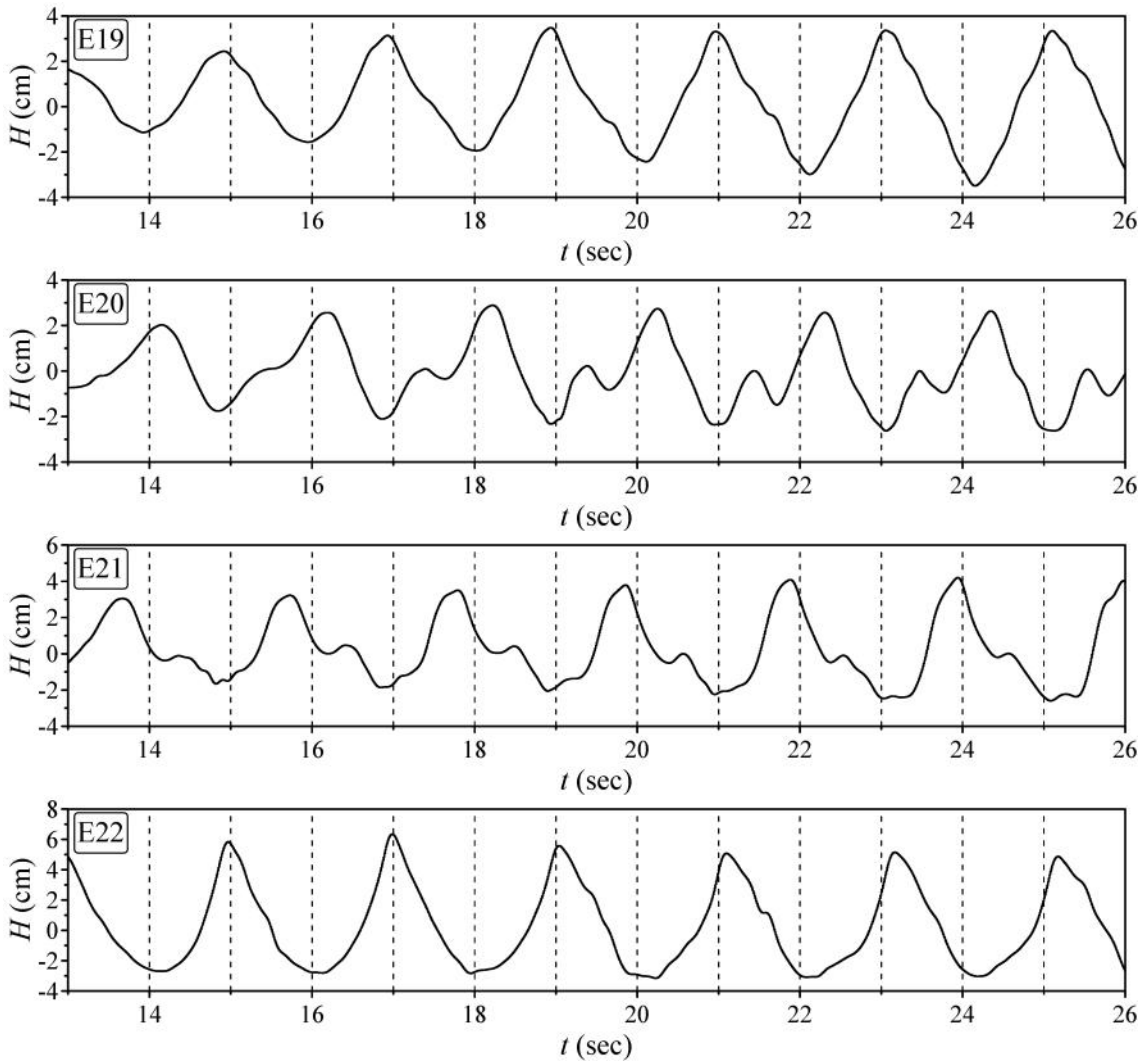
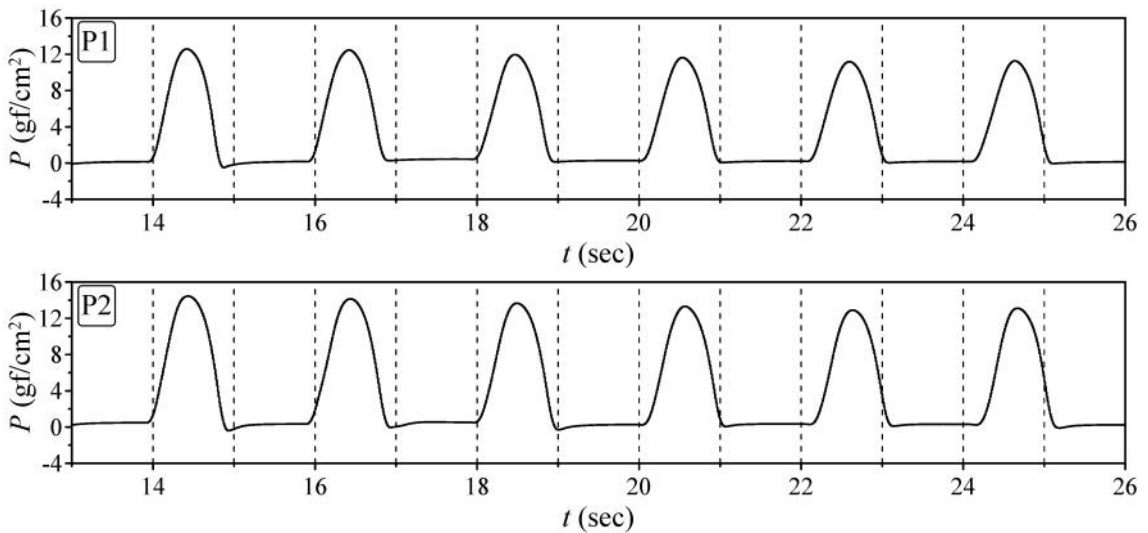
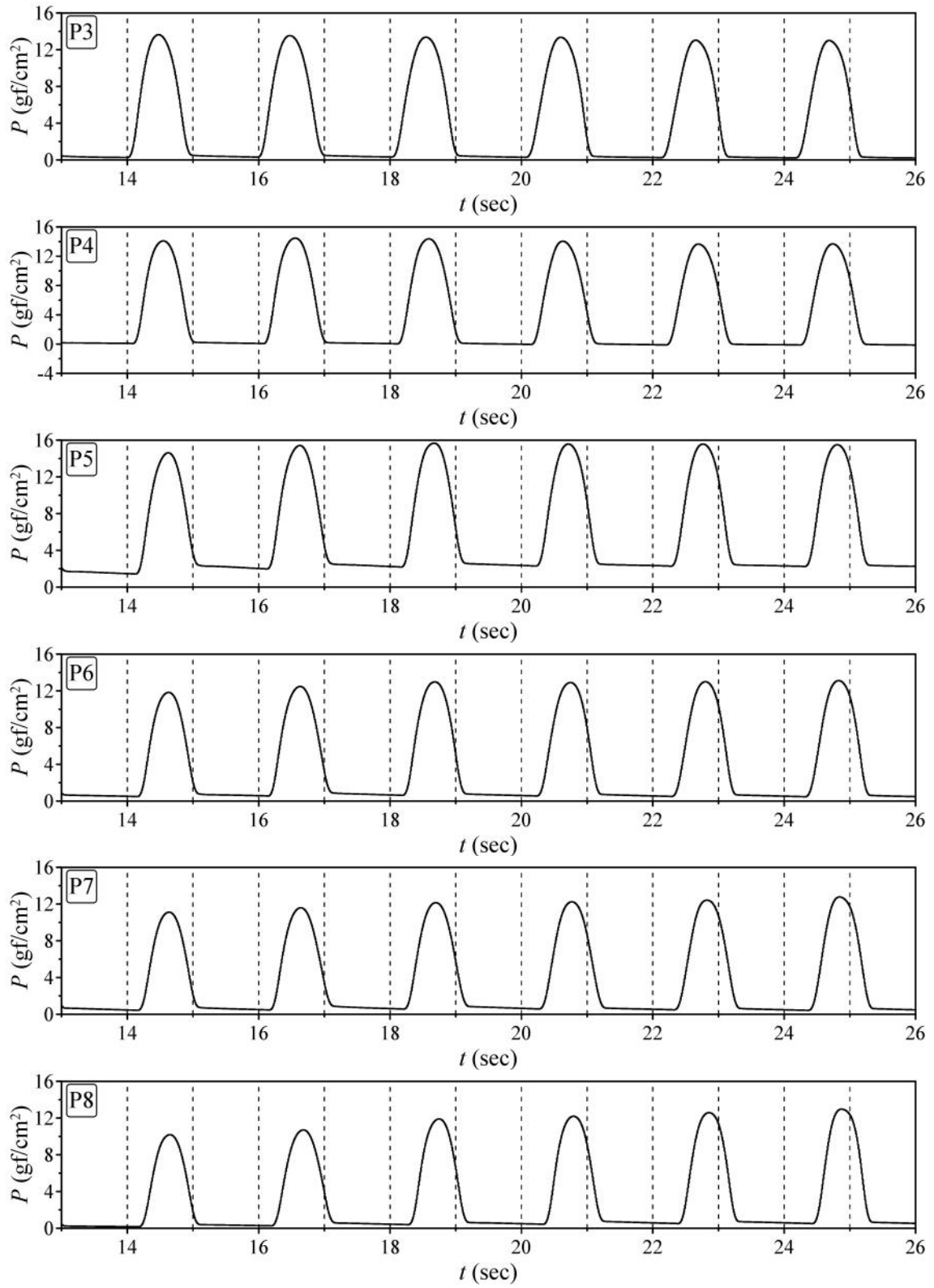
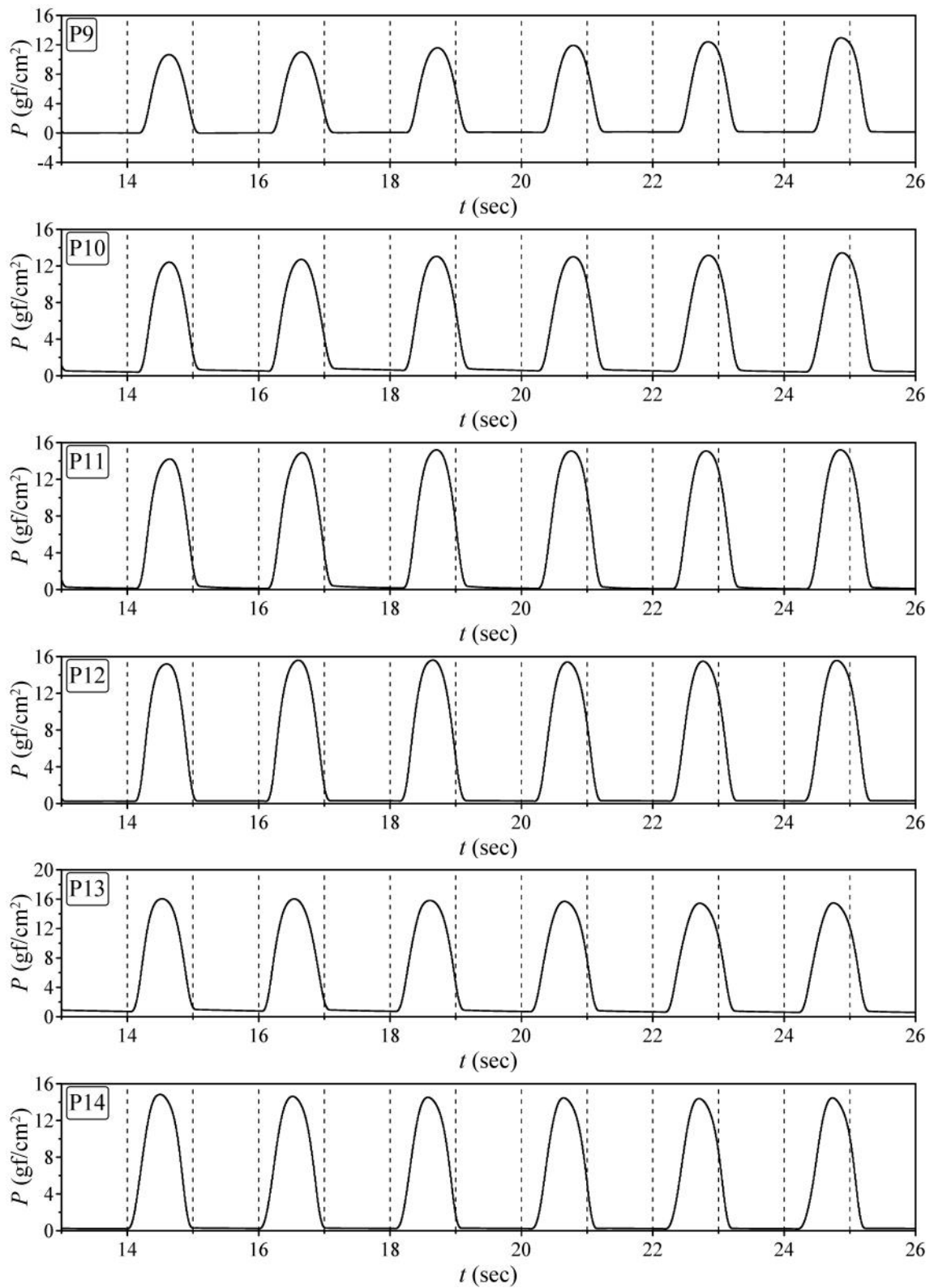


그림 3.150 파고의 시계열 자료: 파향  $0^\circ$







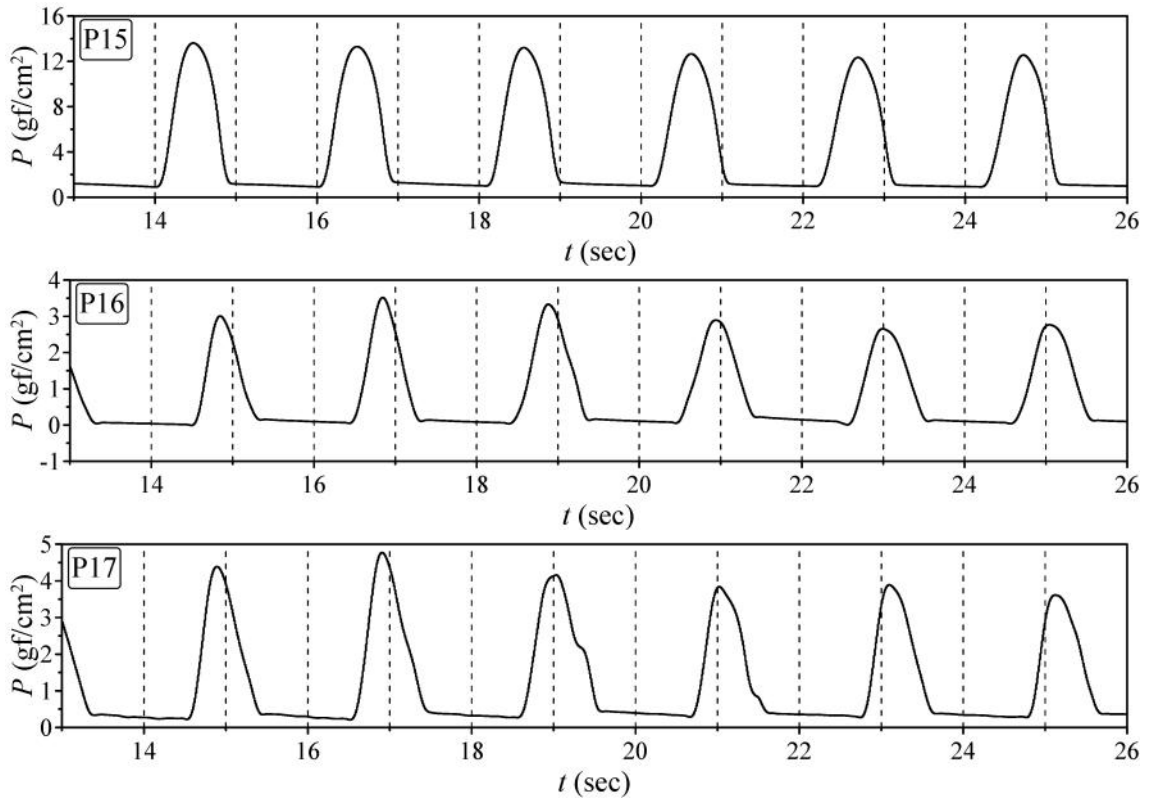
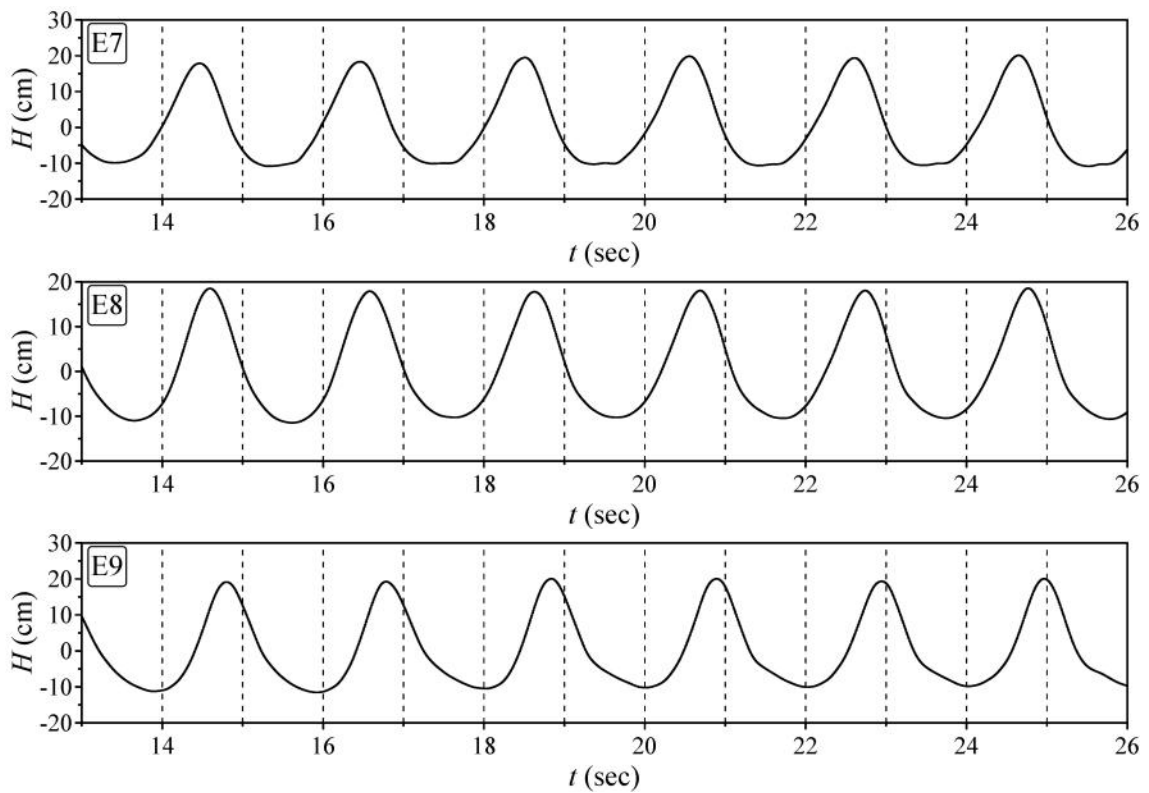
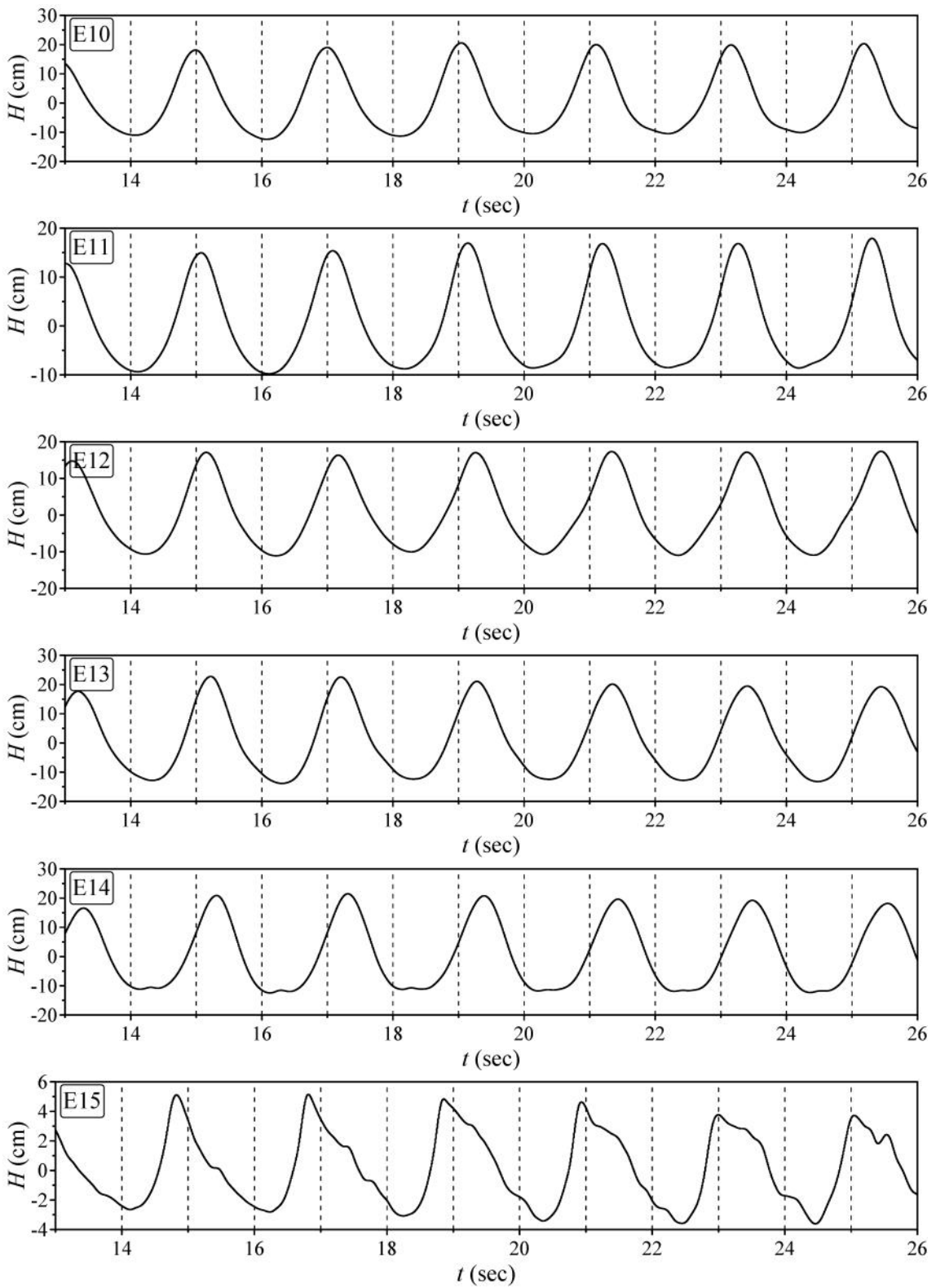
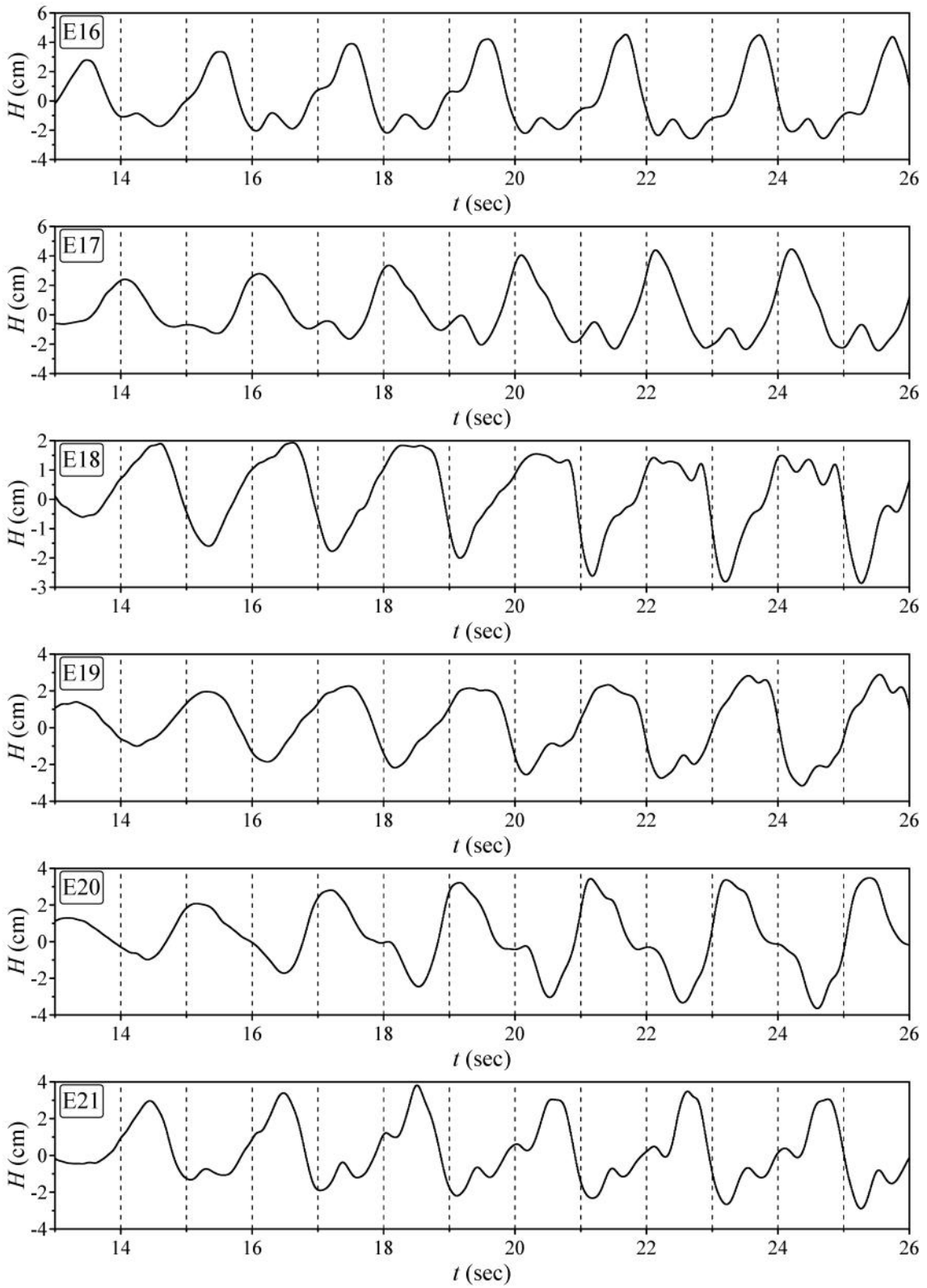


그림 3.151 파압의 시계열 자료: 파향  $0^\circ$







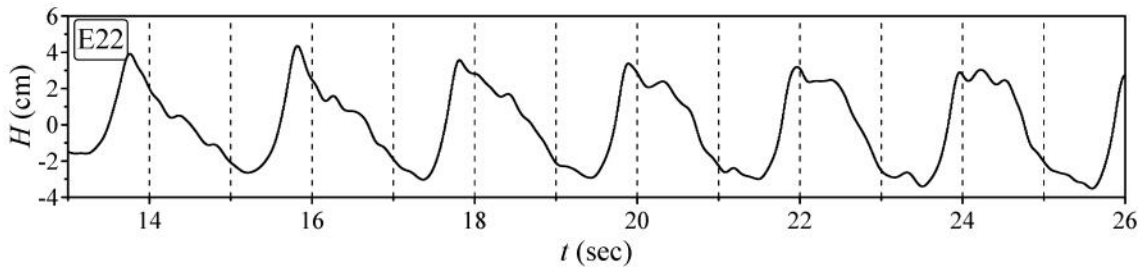
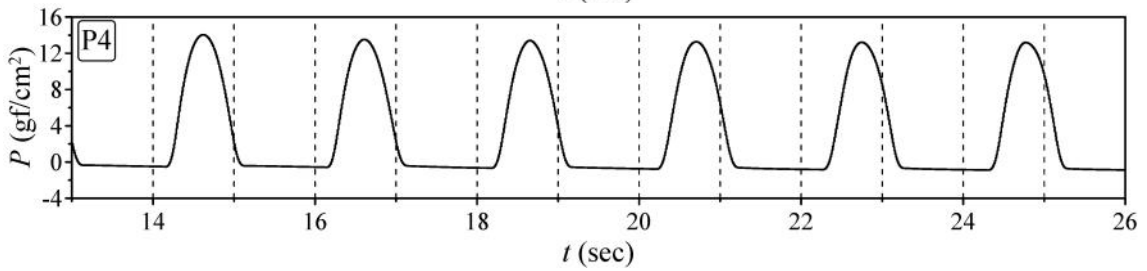
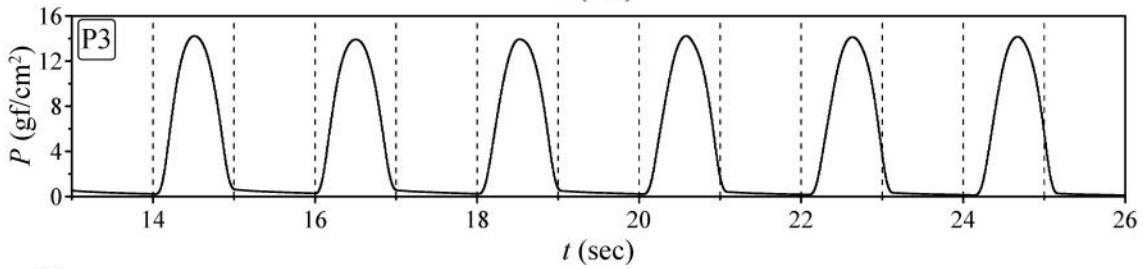
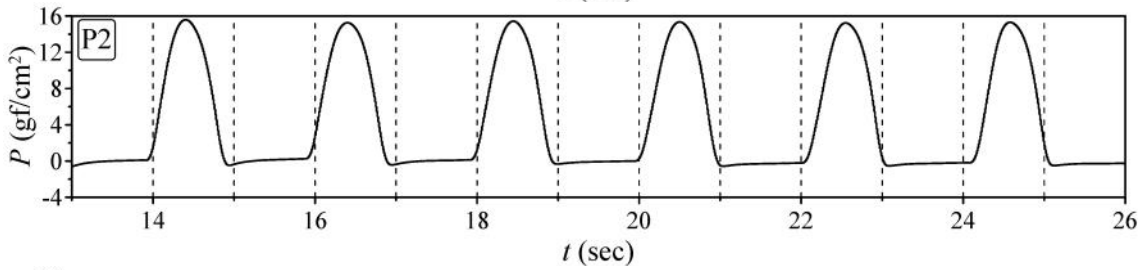
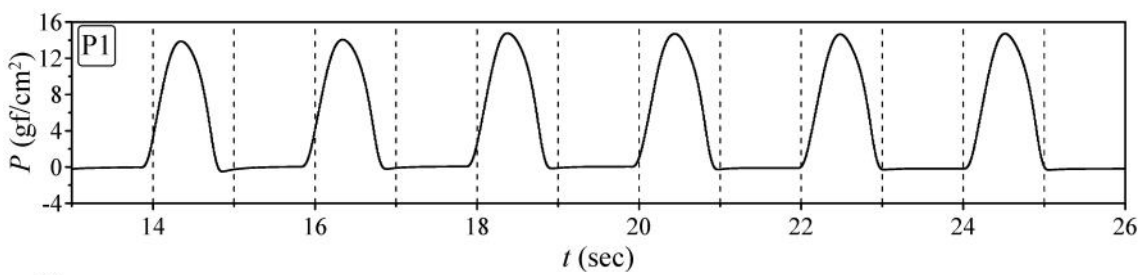
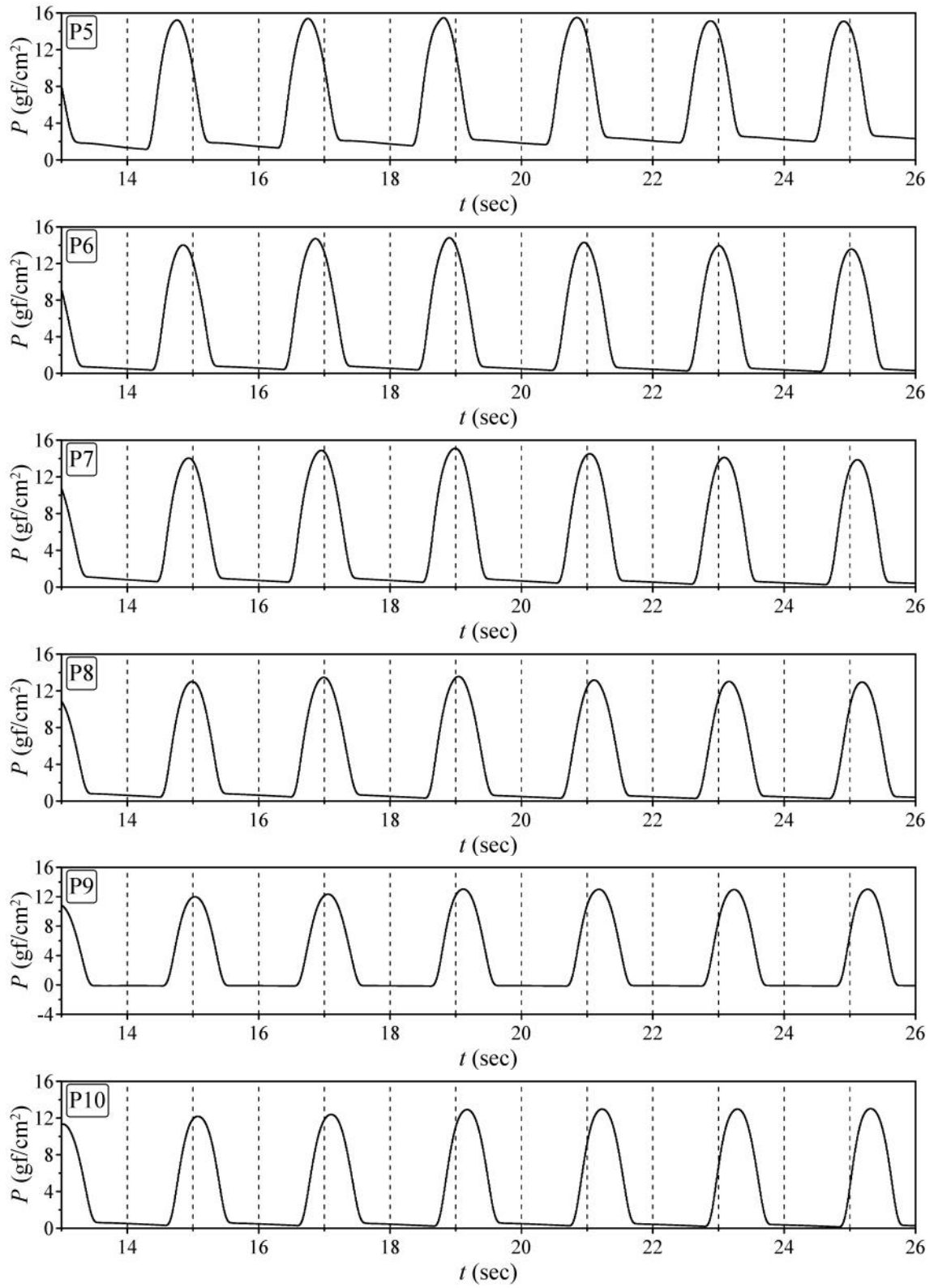
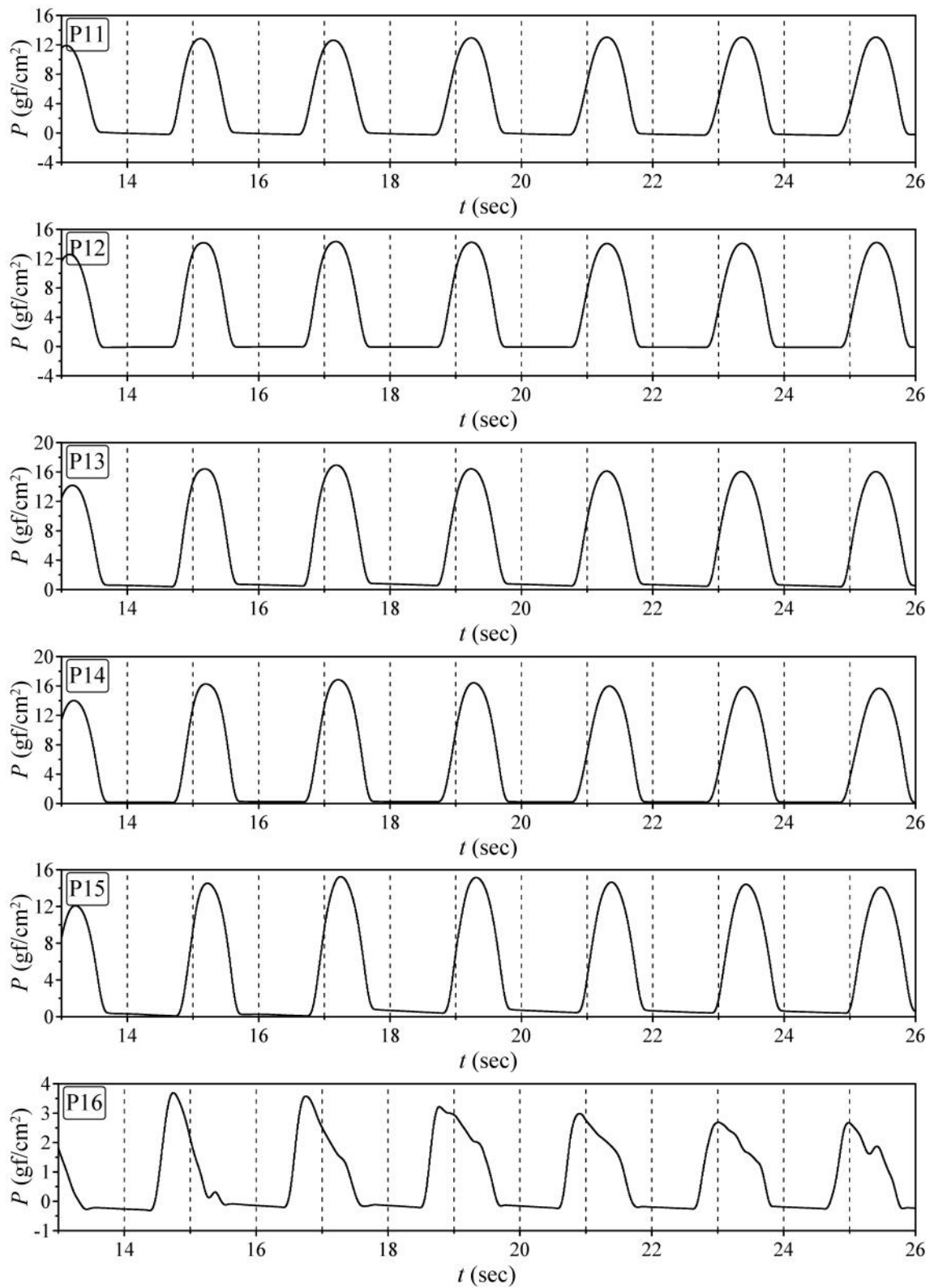


그림 3.152 파고의 시계열 자료: 파향 15°









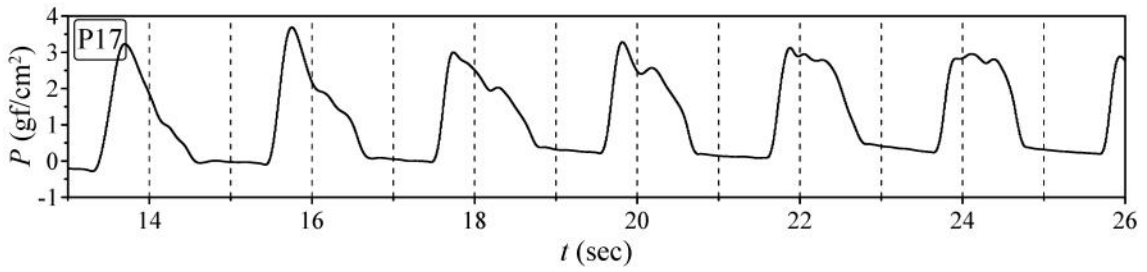
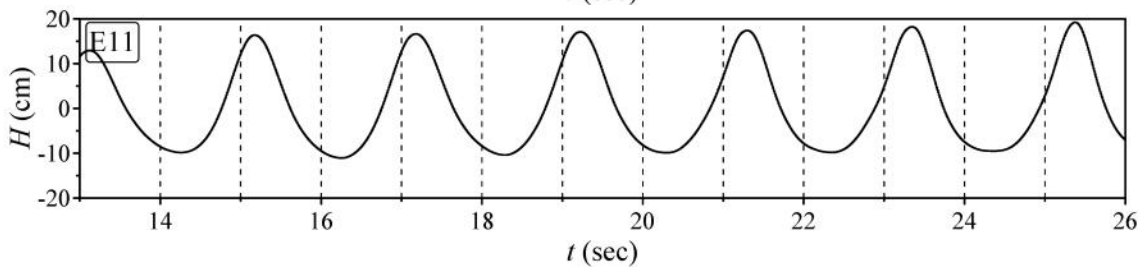
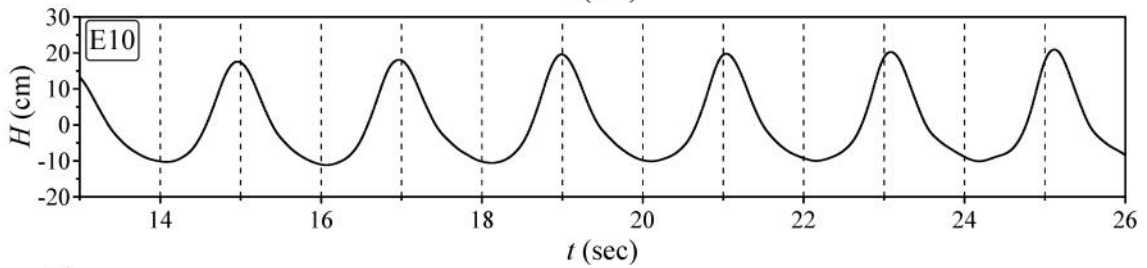
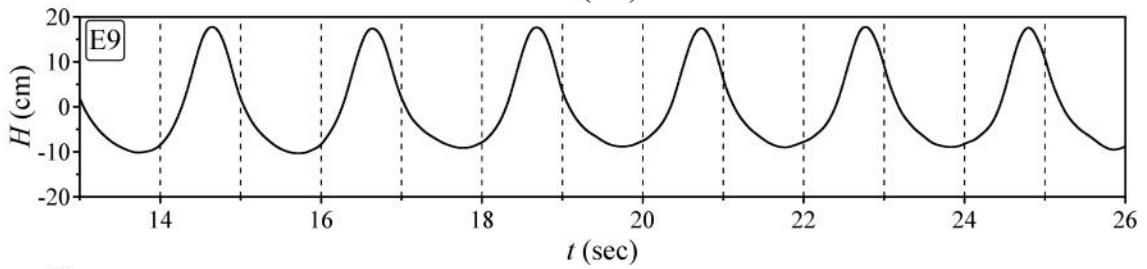
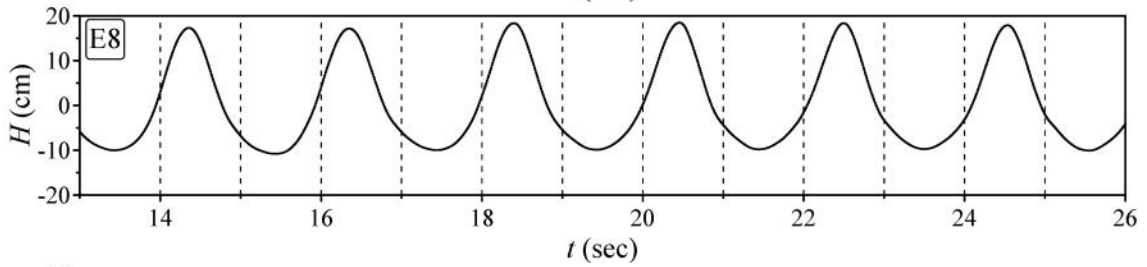
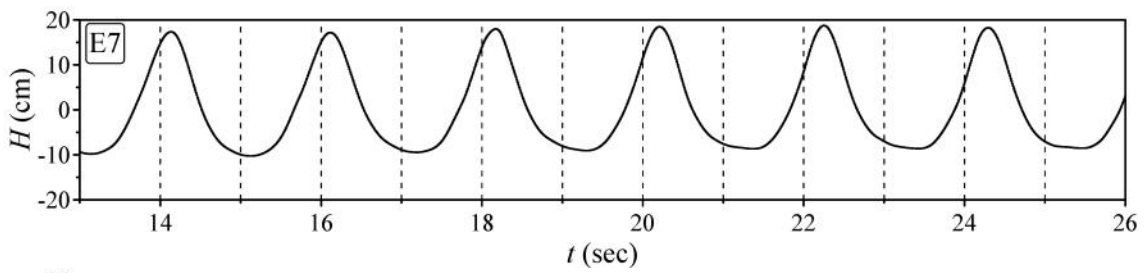
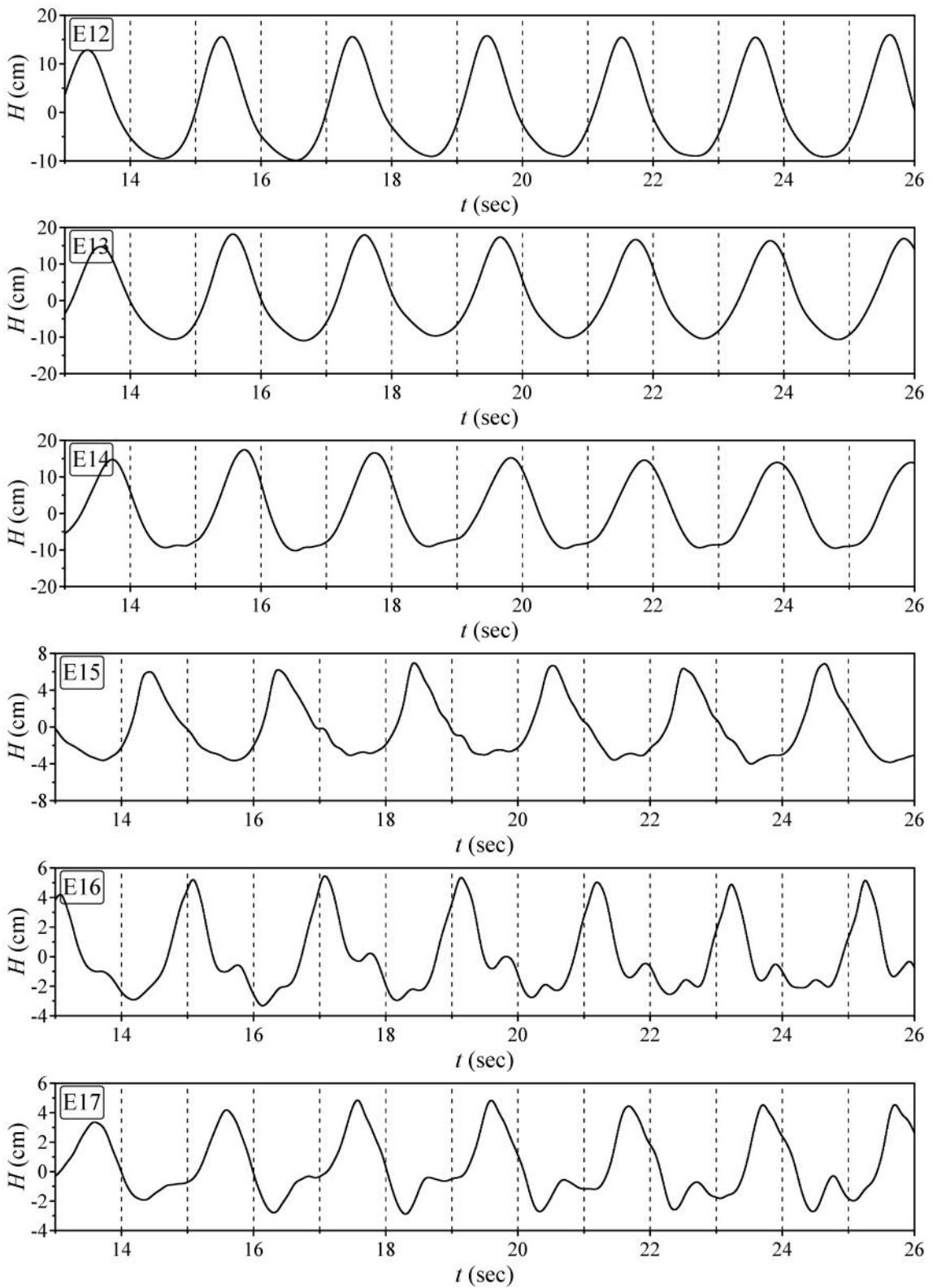


그림 3.1.53 파압의 시계열 자료: 파향 15°





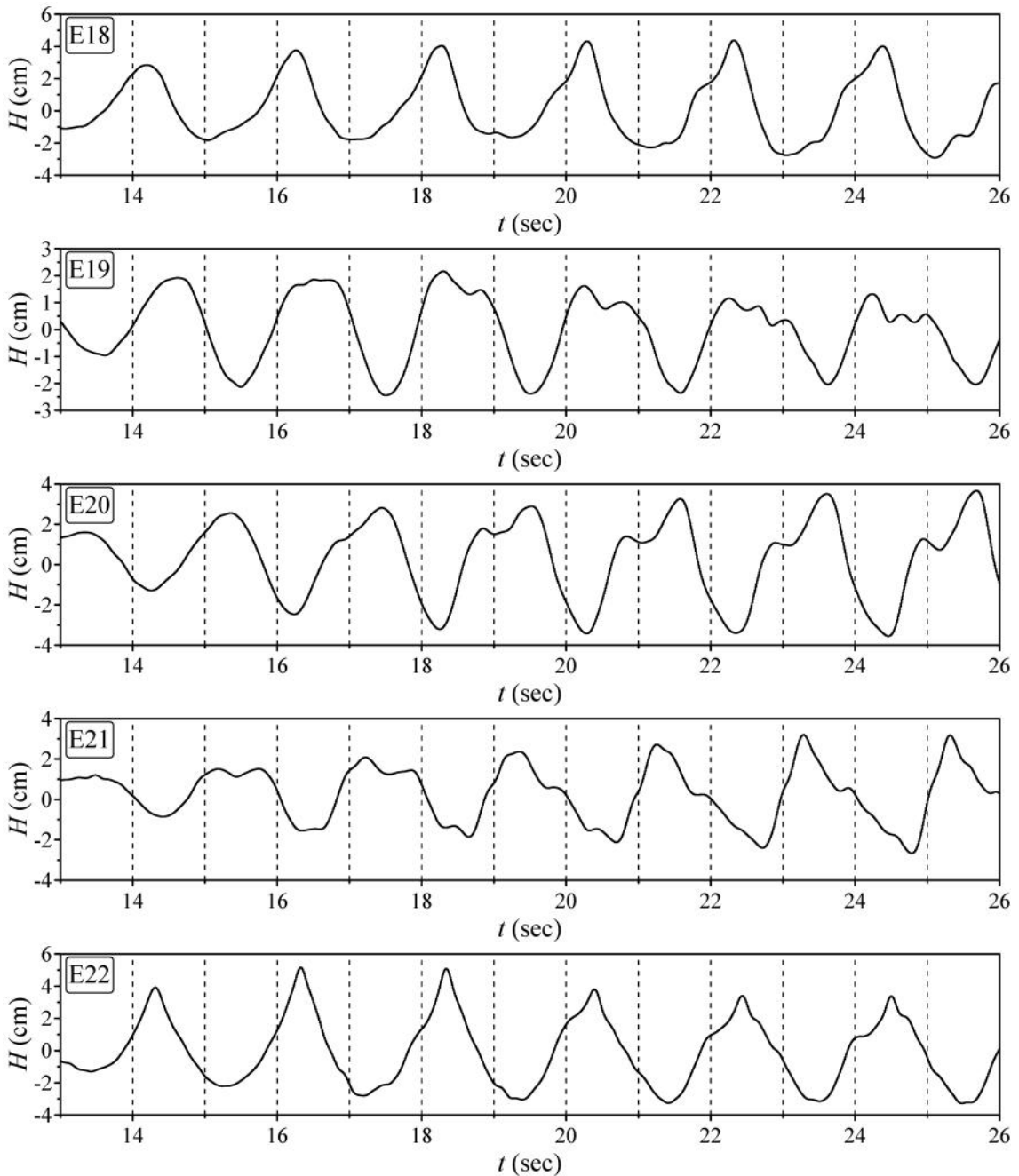
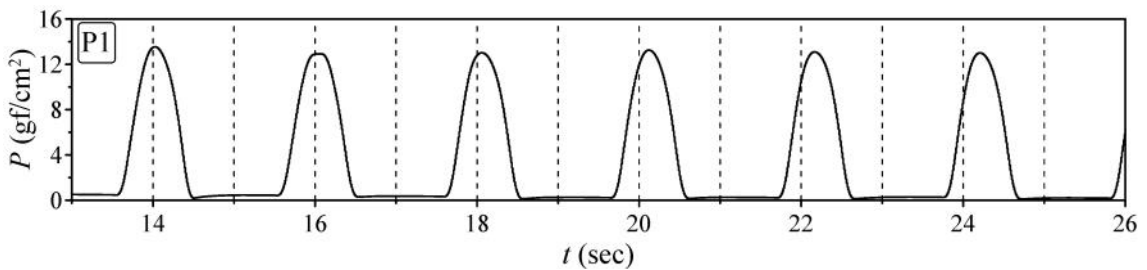
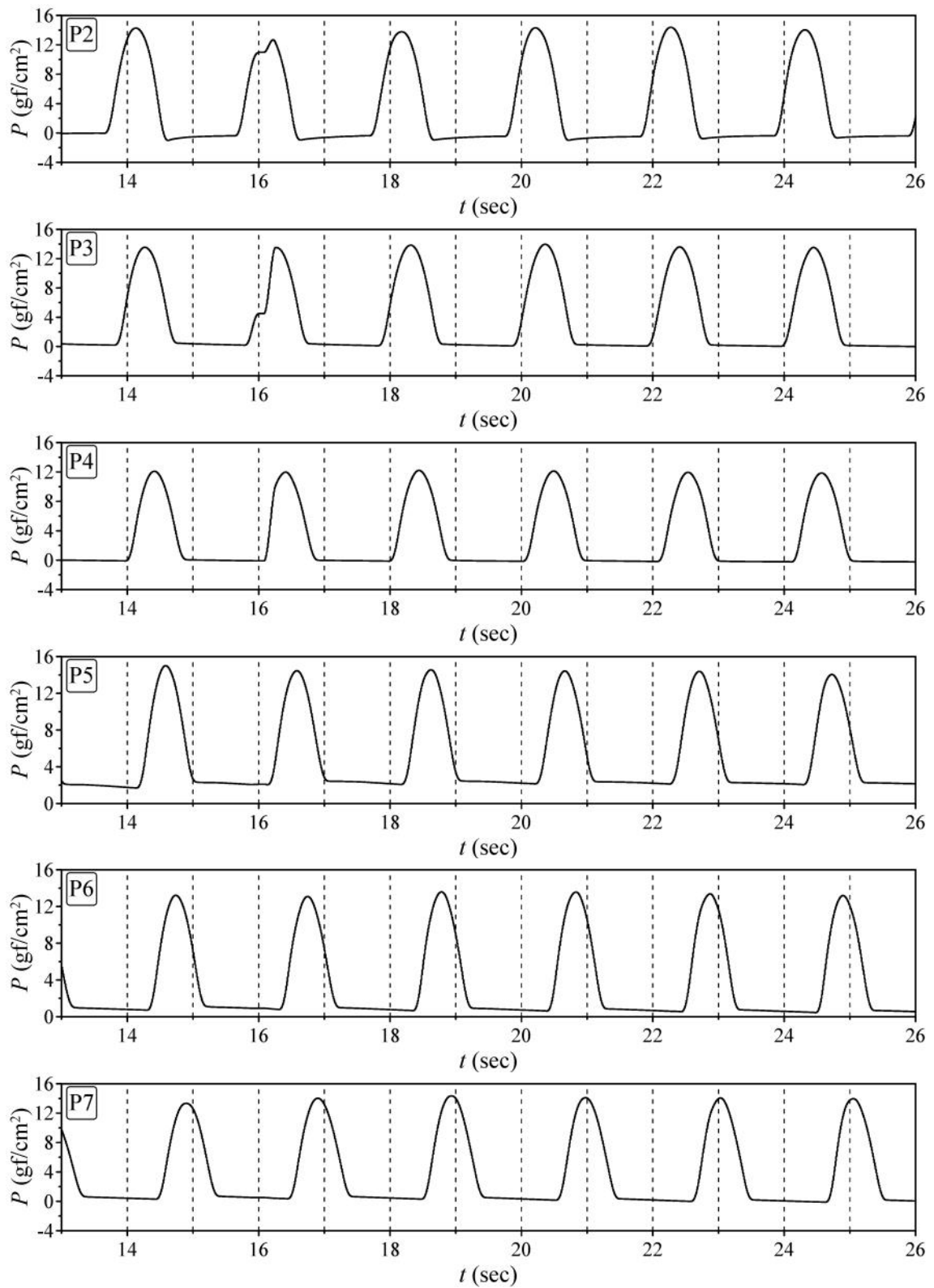
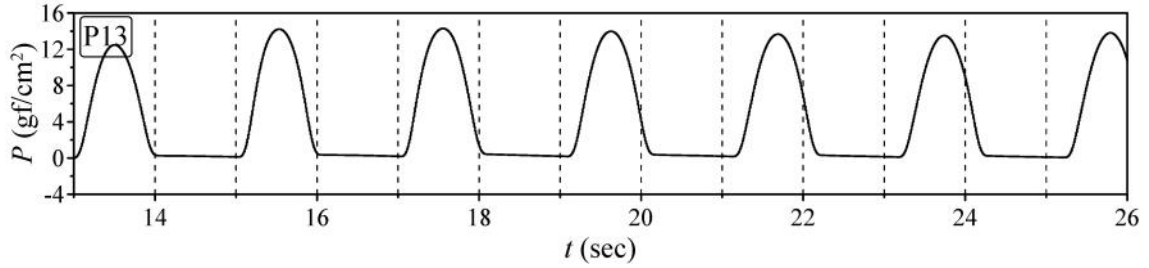
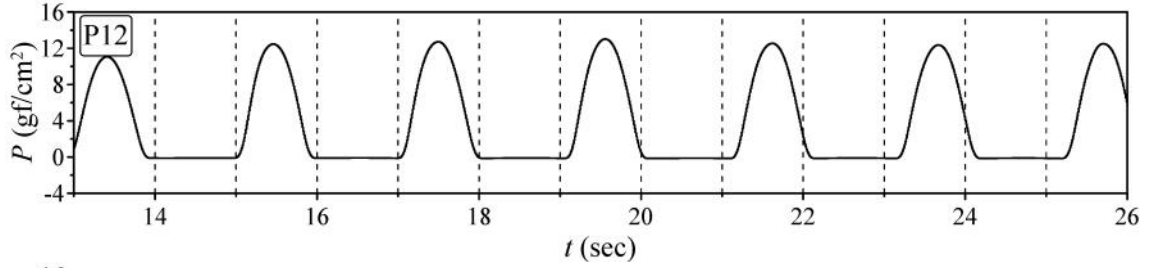
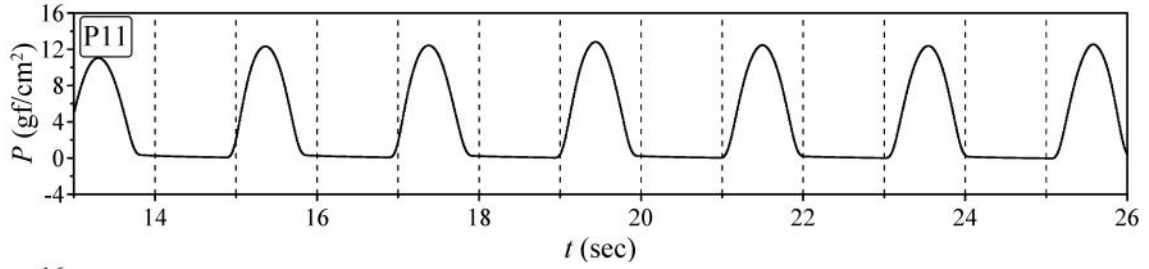
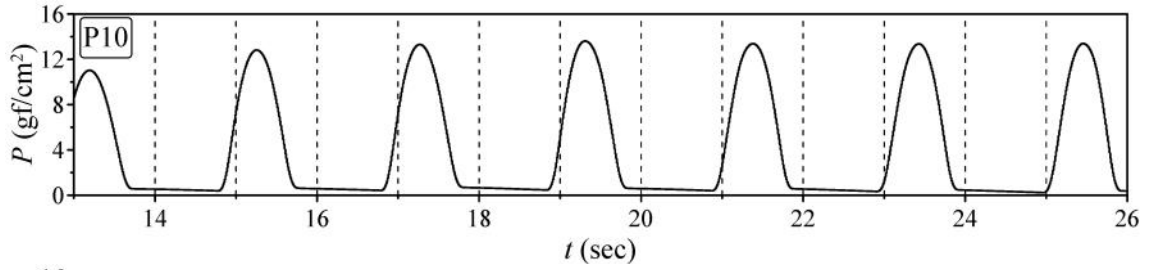
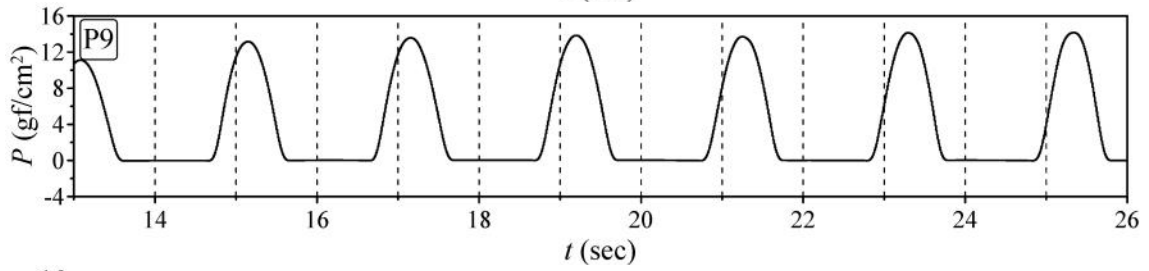
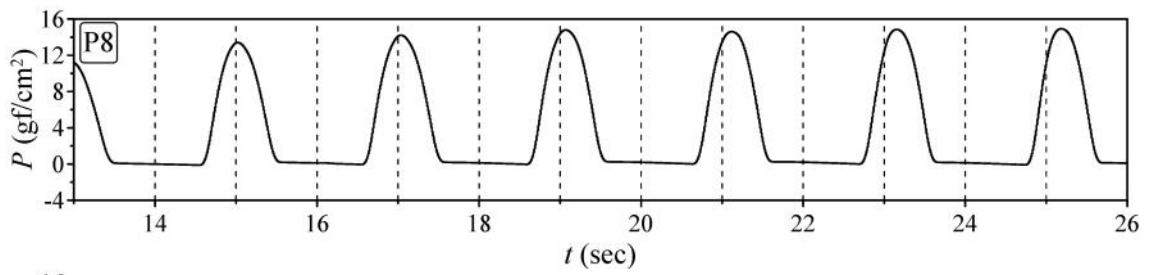


그림 3.154 파고의 시계열 자료: 파향 30°







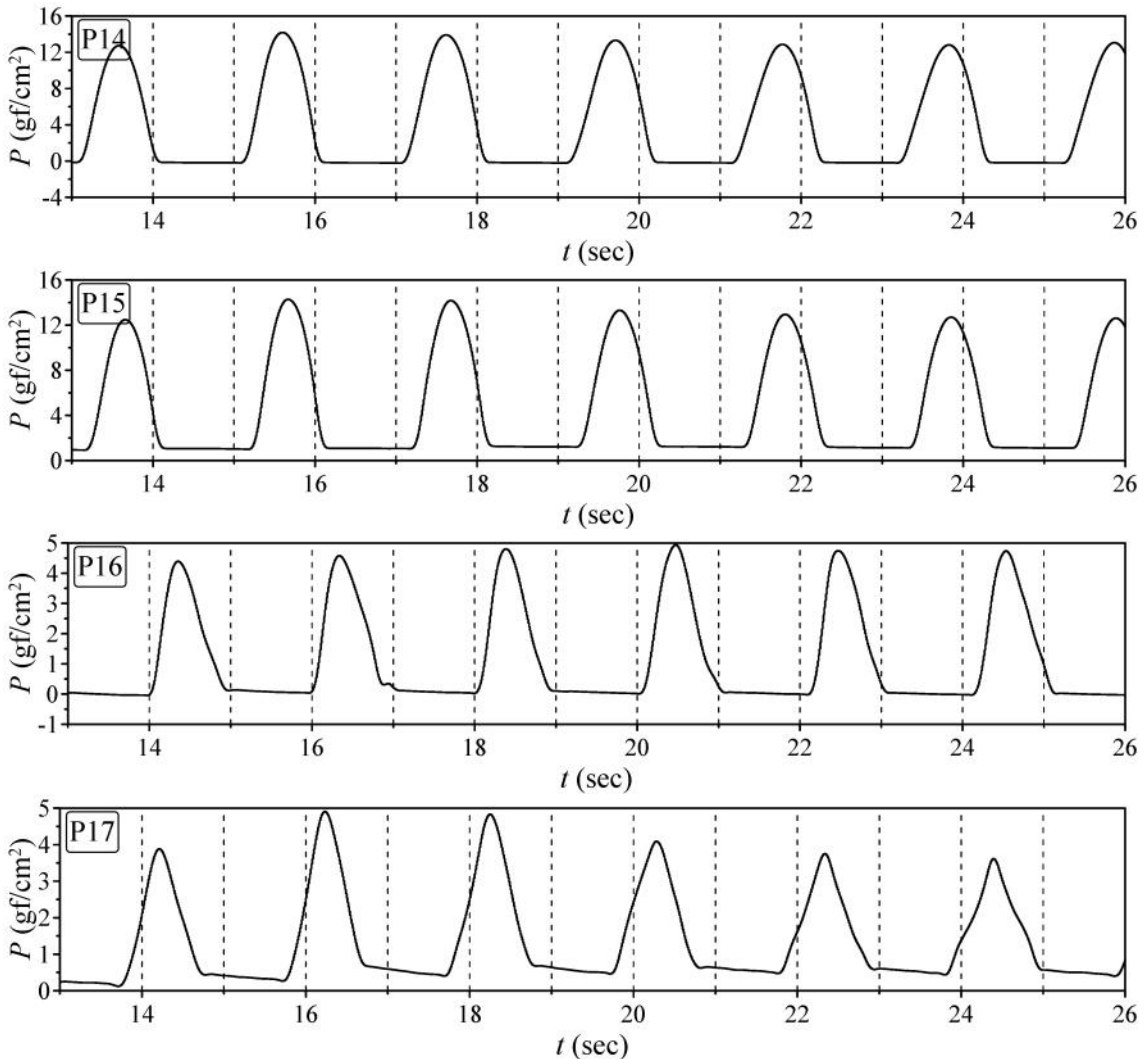
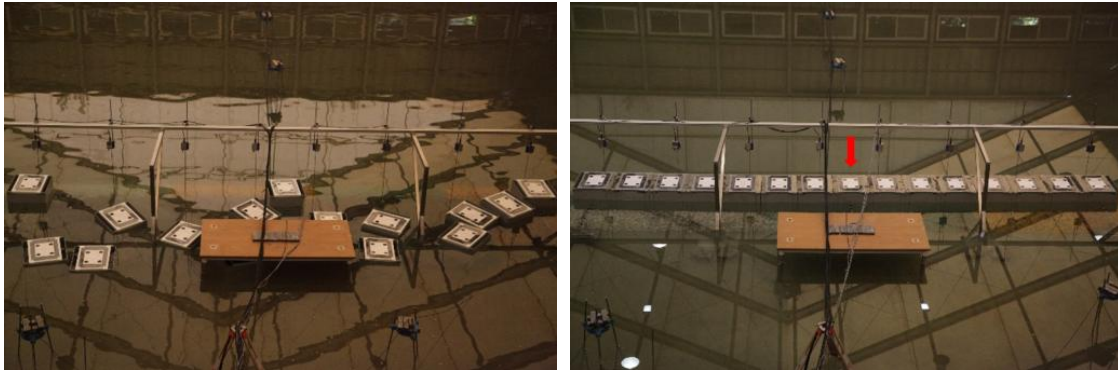


그림 3.155 파압의 시계열 자료: 파향 30°

- 오픈 셀 케이슨과 일반 케이슨의 안정성 비교 (CASE 1 VS CASE 2 )
  - 계측한 파고와 파압을 기존 설계법에 적용하여 케이슨에 작용하는 전면부의 파압 산정
  - 변위계에 계측되는 변위가 크게 발생하는 경우를 파괴로 판단하여 안정성 비교
- 파향 0°
  - a) 일반 케이슨의 경우 W06파력의 1.21배의 파력에서 파괴 발생
  - b) 오픈 셀 케이슨의 경우 W06파력의 1.32배의 파압에서 변위가 크게 발생
  - c) 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 16.76mm
  - d) 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 1.18mm
  - e) 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 10%이상의 파력까지 버텨



[일반 케이슨: W11(W06파력의 1.21배)]

[오픈 셀 케이슨: W10(W06파력의 1.32배)]

$$\theta = 0^\circ$$

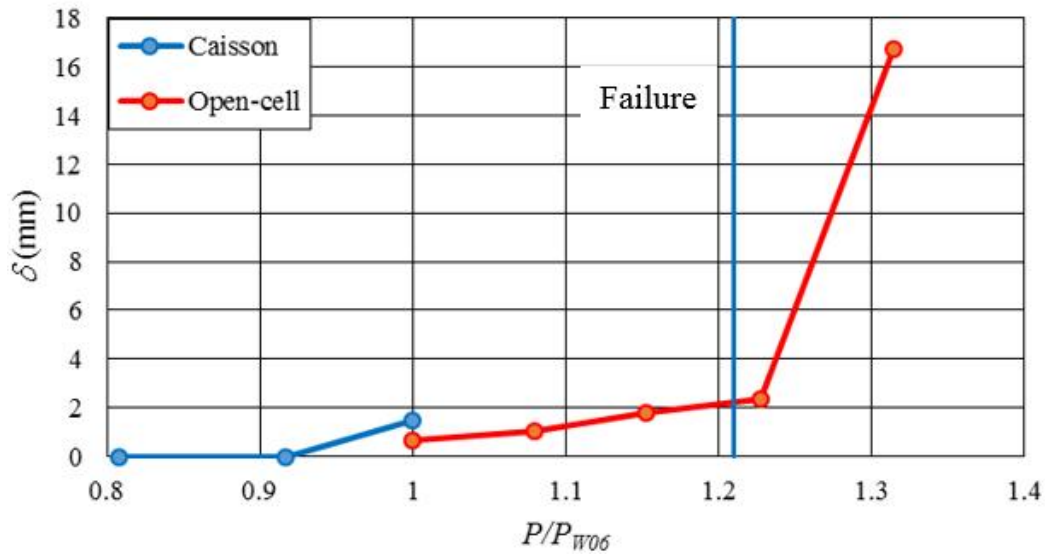
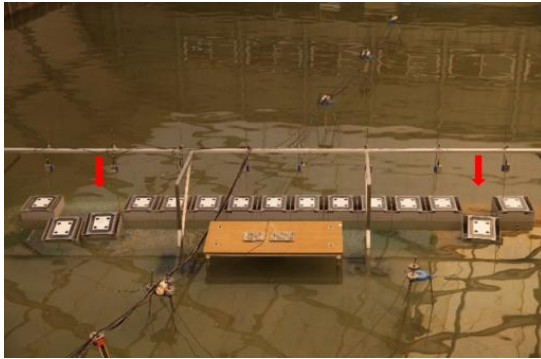


그림 3.156 파향  $0^\circ$  일 경우 작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위

• 파향  $15^\circ$

- 일반 케이슨의 경우 W06파력에서 두부 근처의 제간부에서 파괴 발생
- 오픈 셀 케이슨의 경우 W06파력의 1.27배의 파력에서 변위가 크게 발생
- 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 25.6mm
- 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 15.5mm
- 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 25%이상의 파력까지 버팀





[일반 케이슨: W06]



[오픈 셀 케이슨: W17(W06파력의 1.27배)]

$\theta = 15^\circ$

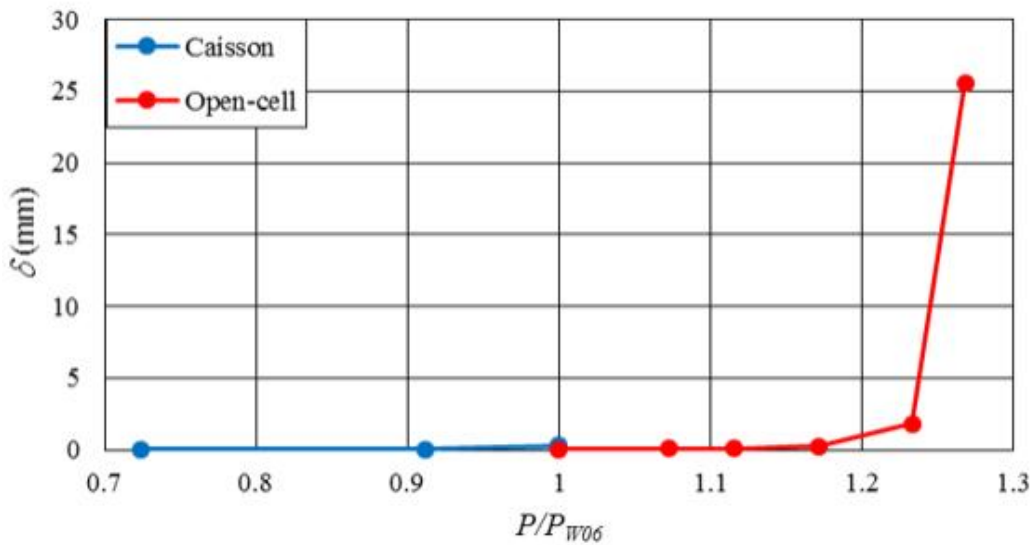


그림 3.1.57 파향  $15^\circ$  일 경우 작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위

- 파향  $30^\circ$ 
  - a) 일반 케이슨의 경우 W06파력의 1.2배의 파력에서 파괴 발생
  - b) 오픈 셀 케이슨의 경우 W06파력의 1.62배의 파력에서 변위가 크게 발생
  - c) 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 12.9mm
  - d) 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 29.5mm
  - e) 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 40%이상의 파력까지 버팀



[일반 케이슨: W08(W06 파력의 1.2배)]

[오픈 셀 케이슨: W13(W06파력의 1.62배)]

$\theta = 30^\circ$

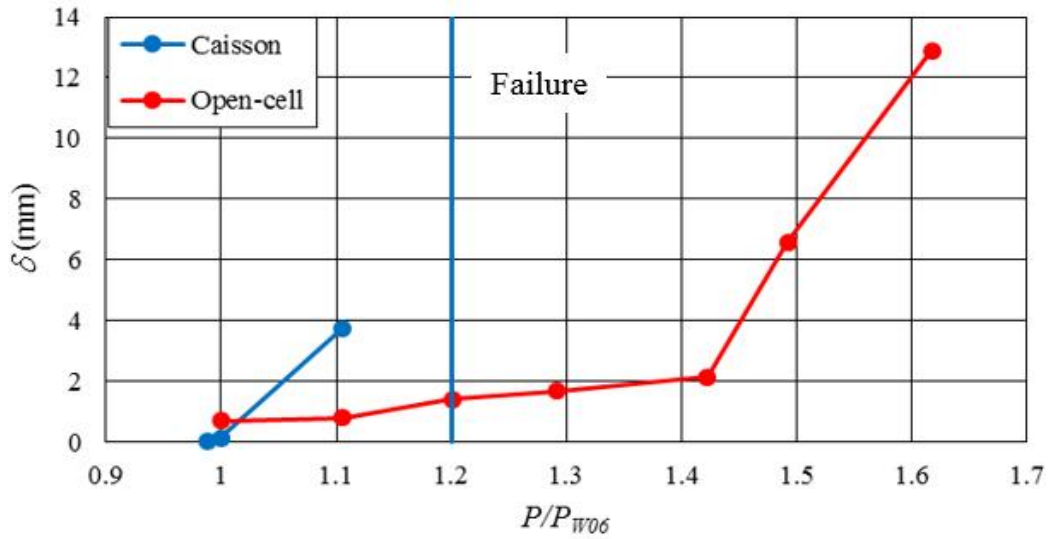


그림 3.158 파향  $30^\circ$  일 경우작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위

## 제2절 구조물 안정성 및 부재 안전성 평가 방법 정립

### 1. 안정성 평가용 설계변수( $\gamma_j$ )의 타당성 검증

- 오픈 셀 케이스에 의하여 장대화된 방파제에 경사지게 입사하는 파에 대한 안정성 평가식을 도출하기 위하여 아래와 같이 가정함
  - 파압의 위상차를 고려하기 위하여 선형파 이론 적용
  - 방파제 저면 파압은 삼각형 분포
  - 설계파의 비선형성을 고려하기 위하여 단위폭당 설계파력은 Goda 파압식을 적용하여 산정
  - Goda 파압식에서 충격성 파압에 의한 파력평활화 효과는 고려하지 않음(안전측의 결과)
  - 방파제의 안정성은 전체가 일체 거동하는 것으로 가정하여, 법선방향의 미끄럼, 기준선 방향을 축으로 한 전도, 연직축 방향 회전 미끄럼에 대해서 평가
  - 시간 불편 저항력(자중)과 시간 변동 하중항(파력)을 서로 구분하여 안전계수 정의
  
- 설계변수( $\gamma_j$ )의 정의
  - 오픈 셀 케이스에 의하여 장대화된 방파제에 「직각으로 입사하는 파에 의한 파력(또는 모멘트)」에 대한 「경사지게 입사하는 파에 의한 파력(또는 모멘트)」의 비를  $\gamma_j$ 로 정의함. 즉,

$$\gamma_j = \frac{\text{경사지게 입사하는 파에 의한 최대 파력(또는 모멘트)}}{\text{직각으로 입사하는 파에 의한 최대 파력(또는 모멘트)}}$$

- 여기서, 일방향 및 다방향 불규칙파의 경우는 최대 파력(또는 모멘트)의 기대치의 비로서 정의하였으며, 파력 및 모멘트는 선형파 이론에 의한 중복파압을 방파제 전체에 대해 적분하여 구함.

## 2. 파력 등 설계외력 결정방법 개발

### 가. 정현파형에 기초하는 파력의 평활화 효과

- 장대형 케이슨에서 파력의 평활화 효과는 케이슨 기준선 방향의 각 위치에서의 최대 단위 폭 당 파력(이하 “단위 파력”이라 함)이 위상차를 갖고 작용하기 때문에 발생함. 아래 그림에서는 5개의 케이슨을 일체화시킨 경우이며, 이때 케이슨을 일체화시켜 장대화하는 대신 케이슨 한 함의 길이를 증가시키더라도 동일한 파력의 평활화 효과가 발생함.

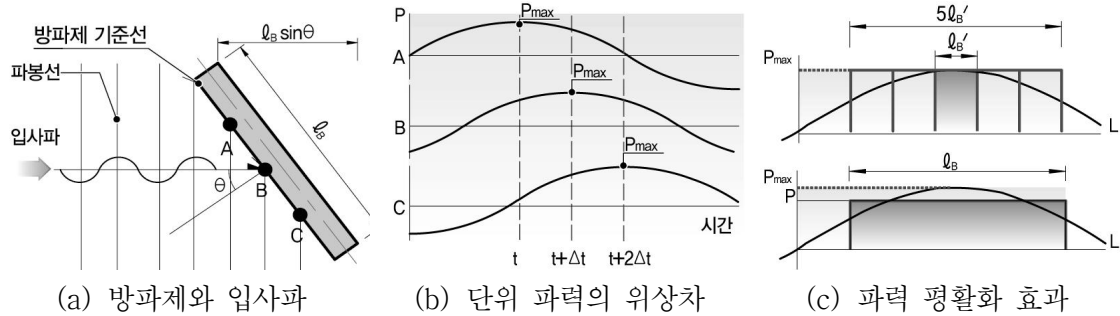


그림 3.2.1 장대형 케이슨에 작용하는 파력

- 케이슨의 길이를  $l_B$ , 파의 입사각을  $\theta$ , 파장을  $L$ 로 나타내면 파향 방향에 대한 케이슨의 투영길이와 파장의 비( $l_B \sin\theta/L$ )가 클수록 파력의 평활화 효과가 커짐. 파압의 시간변화가 정현파적인 경우 파력의 평활화 계수  $\delta_B$ 는 최대 단위 파력이 케이슨 전면에서 동시에 작용하는 경우의 합력( $l_B P_{\max}$ )과 단위 파력의 분포를 고려한 합력을 이용하여 구할 수 있고, 최종적인 결과는 케이슨의 상대길이( $l_B \sin\theta/L$ )에 의해 다음 식과 같이 표현됨(Takahashi and Shimosako, 1990).

$$\delta_B = \frac{\int_{-l_B/2}^{l_B/2} P_{\max} \cos(2\pi x \sin\theta/L) dx}{l_B P_{\max}} = \frac{\sin(\pi l_B \sin\theta/L)}{\pi l_B \sin\theta/L}, \quad l_B \sin\theta/L \leq 1$$

- 여기서,  $P_{\max}$ 는 케이슨 전면에서 작용하는 단위 파력 중 최대 단위 파력을 의미하고,  $L$ 과  $\theta$ 는 각각 입사파의 파장과 입사각을 나타내며,  $l_B$ 는 케이슨 한 함의 길이 또는 인터로킹에 의하여 일체화된 케이슨의 길이를 의미함. 아래의 그림

3.2.3은 케이슨의 상대길이에 따른 파력 평활화 계수( $\delta_B$ )를 정리한 것으로, 그래프의 위쪽에는 입사각이 각각  $\theta=15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  인 경우의 케이슨 길이와 파장의 비  $l_B/L$ 를 함께 나타냄. 다만 이 그래프에서 식(2-1)을 나타낸 것은  $\gamma=0$ 인 경우임. 이 그래프를 통하여 20% 수준의 파력 평활화 효과를 기대하기 위해서는 입사각이  $30^\circ$  인 경우 설계파 파장의 0.7배 정도 길이의 장대형 케이슨이 필요하며, 입사각이  $15^\circ$ ,  $45^\circ$  인 경우에는 각각 설계파 파장의 1.4배, 0.5배 정도의 장대형 케이슨이 필요한 것을 쉽게 알 수 있음.

#### 나. Goda식에 기초하는 파력의 평활화 효과

- 혼성제 케이슨에 작용하는 파력의 경우 파의 유한진폭성에 의해 쌍봉형의 파력 형태를 가지게 됨. 또한, 마운드가 높은 경우와 파고가 큰 경우에는 최대 파력 부분이 가파르게 솟은 형태의 충격적인 파력이 작용하게 된다. 『항만 및 어항 설계기준·해설(2014)』에서는 직립벽에 작용하는 파력을 구하는 경우, 동 기준의 제2편 설계조건 식(4-2)에서와 같이 파압이 0이 되는 높이 및 최대 파압  $p_1$  이 작용하는 정수면,  $p_2$  파압이 작용하는 해저면에서의 파압을 직선분포로 고려하여 파력을 구하게 됨. 이때 정수면에서의 파압  $p_1$ 는 파압보정계수를 1로 고려할 때, 다음 식과 같이 나타낼 수 있음.

$$p_1 = 0.5(1 + \cos\theta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2\theta)\rho_0 g H$$

- 여기서  $\theta$ 는 입사각으로 항만 및 어항 설계기준·해설(2014)의 제2편 설계조건 식(4-2)의 주방향 각도를 보정한  $\beta$ 와 동일한 값임. 한편 Goda 식에서는 파압의 시간적인 변화를 별도로 제시하고 있지 않으나, Goda식의 파력에 기초하여 보다 현실에 가까운 파형을 다음의 그림 23과 같이 고려할 수 있음(Takahashi and Shimosako, 1990). 즉  $\alpha_1$ 항만을 정현파로 하고,  $\alpha_2$ 항은 작용시간이 주기 T의 1/20인 삼각파로서 충격파를 모사할 수 있고, 이러한 조건에서 전향과 동일하게 파력 평활화 효과를 평가할 수 있음. 이와 같은 파형을 고려하면 파력의 평활화 계수는 케이슨의 상대길이뿐만 아니라  $\alpha_2$ 와  $\alpha_1$ 의 비에 따라 다르게 결정되며, 이때  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  항의 파력 평활화 계수를 각각  $\delta_{B_1}$ ,  $\delta_{B_2}$ 으로 하면 전체 파력의 평활화 계수  $\delta_B$ 는 다음 식과 같이 표현할 수 있음.

$$\delta_B = (\delta_{B_1} + \gamma\delta_{B_2}) / (1 + \gamma)$$

○ 여기서,  $\delta_{B_1}$  과  $\delta_{B_2}$ ,  $\gamma$ 는 다음과 같다.

$$\delta_{B_1} = \frac{\sin(\pi l_B \sin\theta / L)}{\pi l_B \sin\theta / L}$$

$$\delta_{B_2} = \begin{cases} L / (40 l_B \sin\theta) & \text{for } l_B \sin\theta / L \geq 1/20 \\ 1 - 10 l_B \sin\theta / L & \text{for } l_B \sin\theta / L < 1/20 \end{cases}$$

$$\gamma = \alpha_2 \cos^2\theta / \alpha_1$$

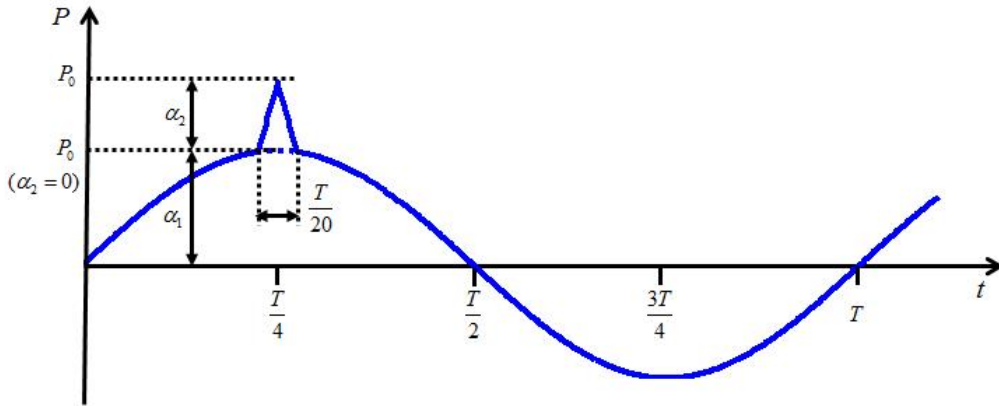


그림 3.2.2 Goda식을 적용한 단위 파력의 시간변화

○ 그림 3.2.3은 이와 같은 조건에서 구한  $\delta_B$ 의 값임. 전술한 바와 같이  $\gamma=0$ 인 경우는 정현파형으로 고려한 경우와 같음. 한편 이 그래프를 통하여  $\alpha_2$ 가 큰 충격적인 파가 작용할 때일수록 케이스 길이가 비교적 짧아도 파력의 평활화 효과가 큰 것을 알 수 있음. 예를 들어  $l_B \sin\theta / L$ 이 0.1인 경우  $\gamma=0.2$ 에서  $\delta_B=0.864$ 가 되어  $\gamma=0$ 일 때보다 상당히 작아지며, 이는 곧 파력의 평활화 효과가 커짐을 의미함.

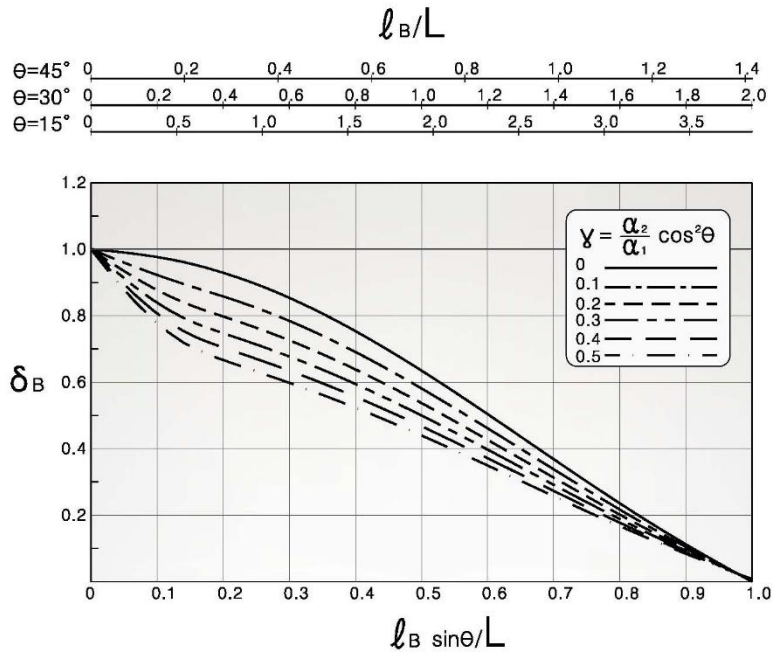


그림 3.2.3 충격파의 상대적 크기에 따른 파력 평활화 효과

### 3. 미끌림, 전도 및 회전에 대한 구조물 안정성 평가 방법 개발

#### 가. 미끌림 안전성 평가

- 미끌림 안전성 평가에서는 최대 파력을 케이슨에 작용하는 수평방향 파력에 케이슨 바닥면에 작용하는 연직방향 파력의 마이너스 마찰력을 합하는 것으로 정의함.

$$S_F = \frac{\mu W_e}{(F_X^G + \mu F_Z^G) \cdot \gamma_j}$$

- 규칙파의 경우( $j = r$ ),  $\gamma_r = \gamma_d$

- 일방향 불규칙파의 경우( $j = i$ ),

$$\gamma_i = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{W_B}{2h \cosh kh} \right) \gamma_d \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{W_B}{2h \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}}$$

- 다방향 불규칙파의 경우( $j = m$ ),

$$\gamma_m = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{W_B}{2h \cosh kh} \right)^2 \int_{-\pi}^\pi \gamma_d^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{W_B}{2h \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}}$$

#### 나. 전도 안정성 평가

- 전도 안정성 평가에서는 최대 전도 모멘트를 케이스에 작용하는 수평방향 파력에 의한 전도모멘트에 케이스 바닥면에 작용하는 연직방향 파력에 의한 전도모멘트를 합한 것으로 정의함.

$$S_F = \frac{M_B}{(M_X^G + M_Z^G) \cdot \gamma_j}$$

- 규칙파의 경우( $j = r$ ),

$$\gamma_r = \gamma_d$$

- 일방향 불규칙파의 경우( $j = i$ ),

$$\gamma_i = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{W_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right) \gamma_d \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{W_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}}$$

- 다방향 불규칙파의 경우( $j = m$ ),

$$\gamma_m = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{W_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 \int_{-\pi}^\pi \gamma_d^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{W_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}}$$



#### 다. 회전 미끌림 안정성 평가

- 회전 미끌림 안정성 평가에서는 최대 회전 모멘트를 임의의 회전점( $0, y_O$ )을 중심으로 케이슨에 작용하는 수평방향 파력에 의한 회전모멘트에 케이슨 바닥면에 작용하는 연직방향 파력의 마이너스 마찰력에 의한 회전모멘트를 합하는 것으로 정의함

$$S_F = \frac{M_O^W}{M_O^{GX} \cdot \gamma_j^X + M_O^{GZ} \cdot \gamma_j^Z}$$

- 규칙파의 경우,  $j = r$

$$\gamma_r^X = \gamma_d^X, \gamma_r^Z = \gamma_d^Z$$

- 일방향 불규칙파의 경우,  $j = i$

$$\gamma_i^{X,Z} = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left( \left| \frac{\tanh kh}{kh} \gamma_d^X + \frac{1}{\cosh kh} \gamma_d^Z \right| \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{y_B}{L_B} - \frac{y_o}{2L_B} \right) \frac{\tanh kh}{kh} + \left( -\frac{y_O^2}{L_B^2} + \frac{y_B^2}{L_B^2} 1 + \frac{1}{4} + \frac{y_o}{L_B} \right) \frac{1}{\cos kh} \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}}$$

- 다방향 불규칙파의 경우,  $j = m$

$$\gamma_m^{X,Z} = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \int_{-\pi}^\pi \left( \left| \frac{\tanh kh}{kh} \gamma_d^X + \frac{1}{\cosh kh} \gamma_d^Z \right| \right)^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{y_B}{L_B} - \frac{y_o}{2L_B} \right) \frac{\tanh kh}{kh} + \left( -\frac{y_O^2}{L_B^2} + \frac{y_B^2}{L_B^2} 1 + \frac{1}{4} + \frac{y_o}{L_B} \right) \frac{1}{\cos kh} \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}}$$

여기서,

$$\gamma_d = \frac{\sin \frac{kL_B \sin \theta}{2}}{\frac{kL_B \sin \theta}{2}} \quad (\text{파력평활화계수, } \delta_B)$$

#### 4. 인터 셀 부분 구조 안정성 평가 방법 개발

##### 가. 파력에 대한 저항 성능평가

○ 해석대상

- 케이슨의 제원은 아래와 같이 폭은 16.5m, 길이 13.3m, 높이 12.6m로 하였으며, 총 5개의 케이슨을 고려하였음.

○ 해석조건

- 입사각 15도, 설계파고 6m, 주기 10s
- 외력의 크기는 자중의 60%로 케이슨이 활동파괴가 발생하도록 외력을 가하였음.
- 각 케이슨에 작용하는 파력 분포는 그림 3.2.4와 같음.

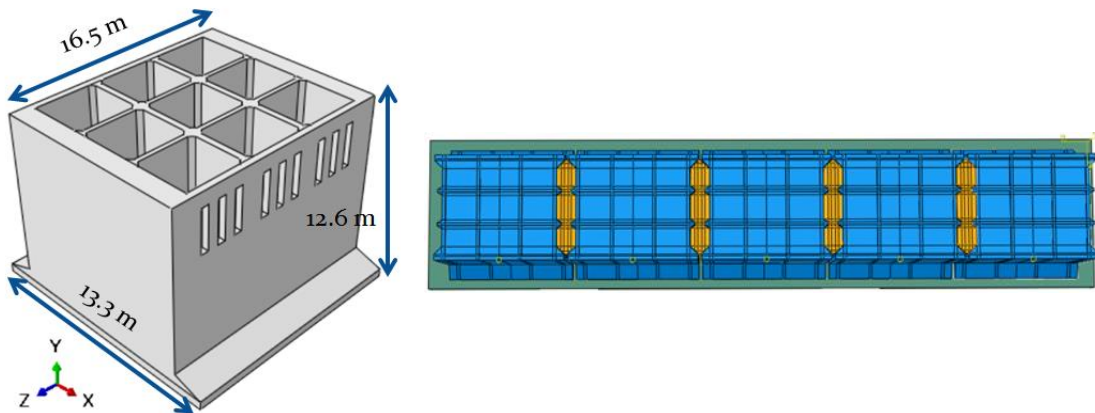


그림 3.2.4 케이슨 제원 및 배치도

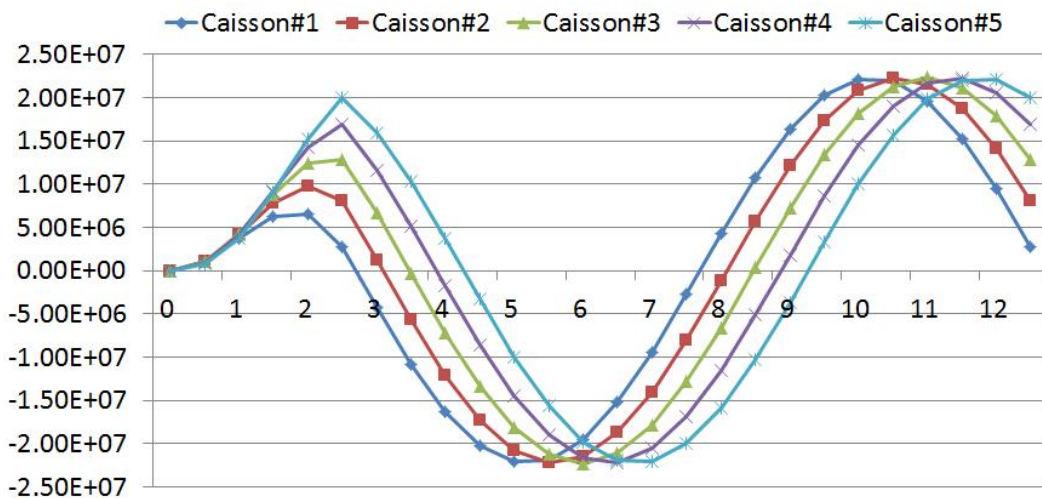


그림 3.2.5 케이슨 작용하중

○ 해석 물성치는 아래와 같음.

표 3.2.1 해석 물성치

Property	Concrete	Crushed rock
Mass density (kN/m <sup>3</sup> )	2.4	1.765
Elastic modulus (GPa)	28	24
Poisson's ratio	0.18	0.3

○ 해석결과

- 수평 파력에 대한 오픈 셀 케이슨의 저항 능력 및 응력집중부 분석
- 케이슨에 발생하는 인장 주응력이 그림 27과 같이 발생하였음. 인장 주응력이 인터 셀 내부의 내벽 및 외력에서 큰 것으로 나타났음. 최대 14.83 MPa가 발생하는 것으로 나타났으나 철근을 배근할 경우에는 파괴를 방지할 수 있을 것으로 판단됨.
- 인터 셀 채움재인 사석에는 5.73MPa가 발생하였음.
- 케이슨은 전체적으로 그림 28과 같이 변형을 보이는데 인터로킹이 되었을 경우에는 변형이 거의 나타나지 않는 반면, 인터로킹되어 있지 않는 케이슨의 경우 2번 케이슨에서 60 cm 이상의 큰 변형이 발생하는 것으로 나타났음.

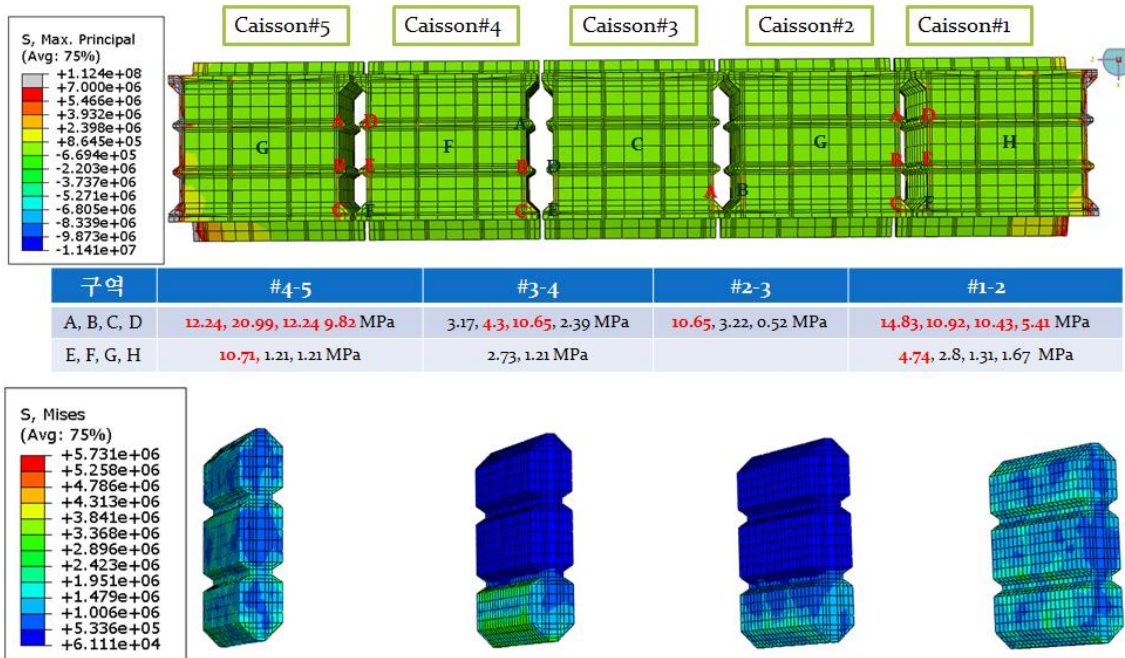


그림 3.2.6 케이슨 및 채움재의 응력 분포

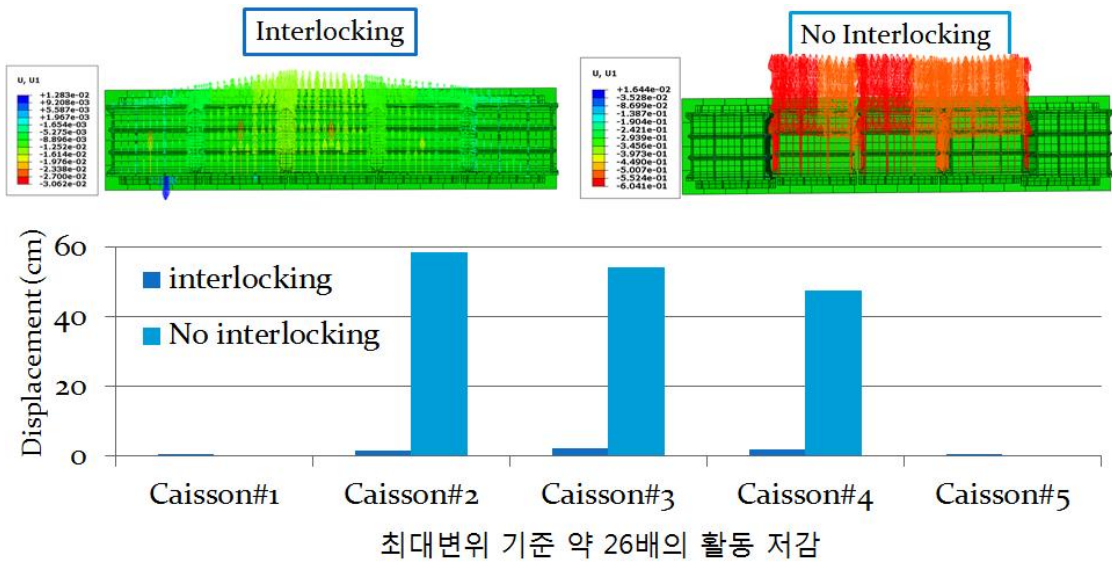


그림 3.2.7 케이슨의 거동

○ 결론

- 사석에 의한 인터로킹 효과 발생하며, 최대변위 기준 약 26배의 활동 저감되며, 일체화된 보의 거동과 유사한 형태를 가짐(인터로킹 효과 우수)
- 폭풍과 작용 시 응력집중으로 인터로킹 부재 (사석) 파괴 우려 없음
- 인터로킹부재(사석)에 발생하는 최대응력이 5.73 MPa로, 파괴가 발생하지 않음
- 가력부와 제두부를 제외한 케이슨 벽체에 가해지는 응력집중은 21 MPa로 허용 강도에 미치지 못함
- 현재 무근콘크리트로 설계되었으며, 철근 보강 및 단면 보강으로 안정성 확보 가능

나. 인터 셀의 전단 거동 특성 분석

○ 해석목적

- 오픈 셀 케이슨 인터 셀 내부의 전단블록(외벽/내벽)의 제원에 따른 전단력 분담률 분석을 통하여 설계 기초 기반 구축

○ 해석제원

- 대상케이슨의 선정 : 포항영일만 북방파제
- 총 16함의 오픈 셀 케이슨 방파제로 가정 (H: 19.5 m L: 25.5 m B: 8.7 m)
- 오픈 셀 외벽 길이 : 1.9 m (셀의 50%)

- 오픈 셀 내벽 길이 : 1.0 m
- 설계조건
  - 설치평균 수심: DL(-) 23.10m
  - 선석 수심: DL(-) 18 m
  - 파고 7.7 m, 주기 12.55 sec

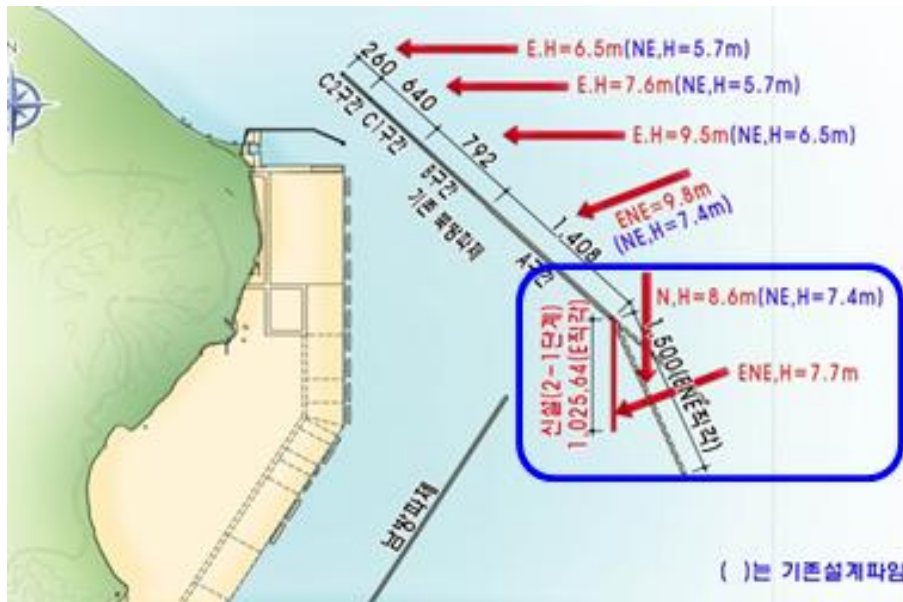
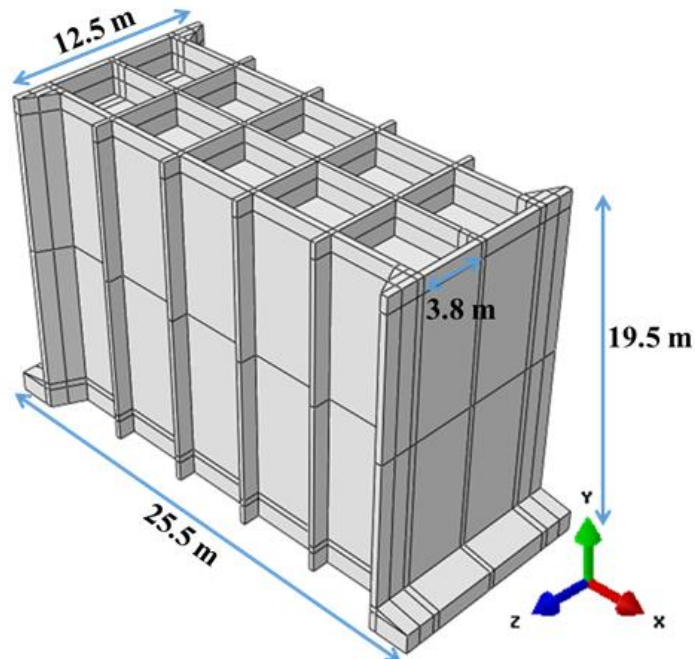


그림 3.2.8 포항영일만 북방파제 설계조건





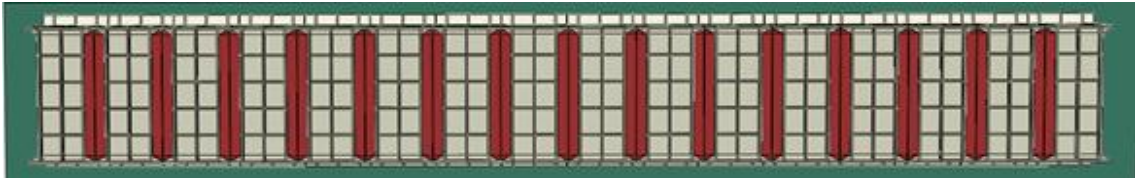


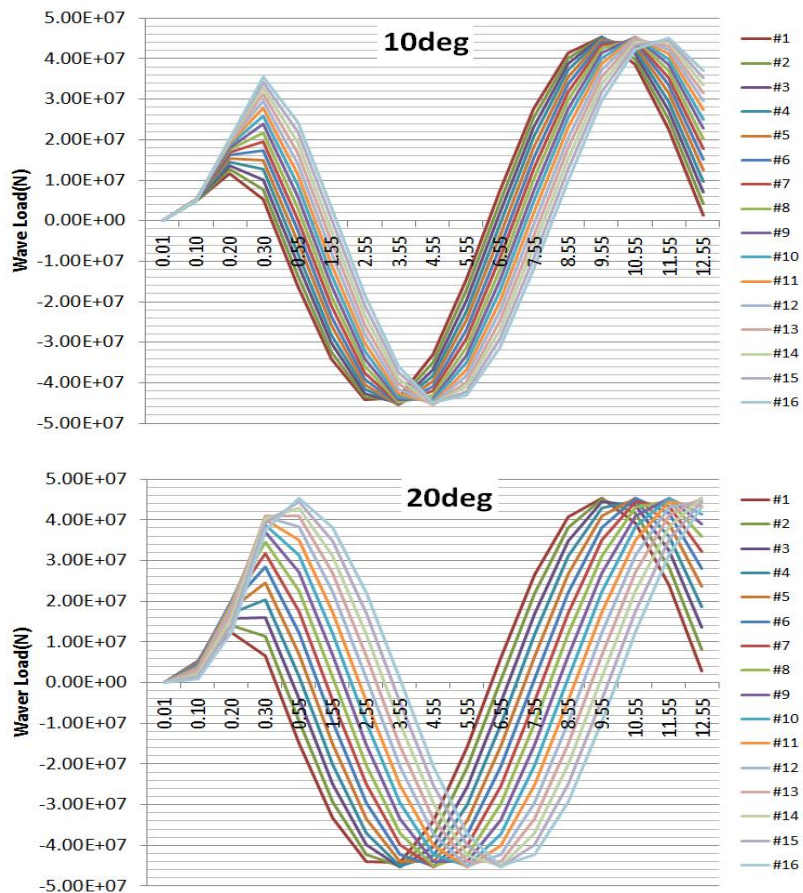
그림 3.2.9 해석모델

○ 해석방법

- 해석 종류 : Dynamic analysis
- 해석 프로그램 : ABAQUS 2015
- 입사각 : 10도, 20도, 30도
- 유효자중 = (설계과력/0.6)\*1.2(안전율)으로 설정(활동과괴 한계 조건)
- 무근콘크리트 케이스으로 가정
- 사석이 오픈 셀에 균일하게 분포하여 하중에 저항하였을 때를 가정

○ 하중조건

- 케이스별 시계열 수평과력



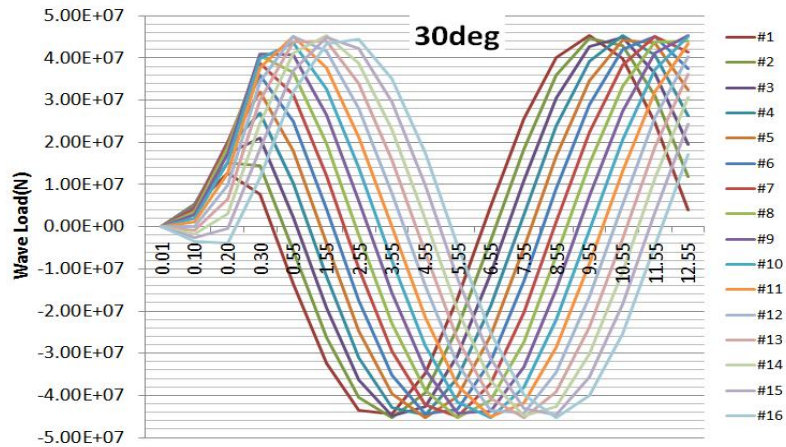


그림 3.2.10 케이스별 시계열 수평파력

○ 연결부에 작용하는 전단력 산정

- 전단력을 산정하기 위하여 오픈 셀 케이스가 전체가 인터로킹으로 연결되어 있다고 가정하였으며, 인터로킹 부분은 힌지로 가정하여 모멘트에 저항하지 않도록 가정함. 양단은 제두부가 있는 것으로 가정하여 hinge로 가정하였음.
- 케이스는 마찰력에 따라서 일정하중까지는 자중으로 저항하고 그 이상의 하중이 작용하였을 때만 인터로킹효과가 발휘가 됨. 일반적으로 사석-콘크리트의 마찰계수는 0.6으로 마찰력의 60%의 수평력에 대하여 자중으로 저항함. 자중의 60%까지만 자중으로 저항하고 그 이상의 수평 파력이 작용하였을 경우에 인터로킹 효과로 저항한다고 가정하였음. 수평 파력에서 자중의 60%를 제외한 하중만을 보에 작용시킬 경우 연결부에 작용하는 전단력 산정함.

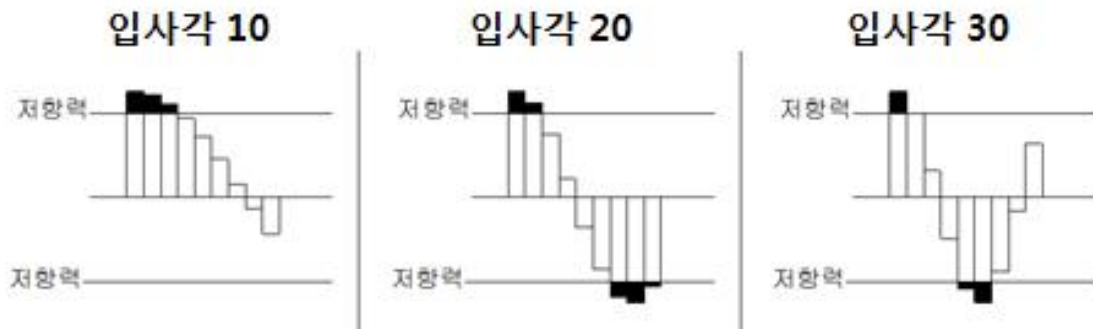


그림 3.2.11 전단력 산정방법

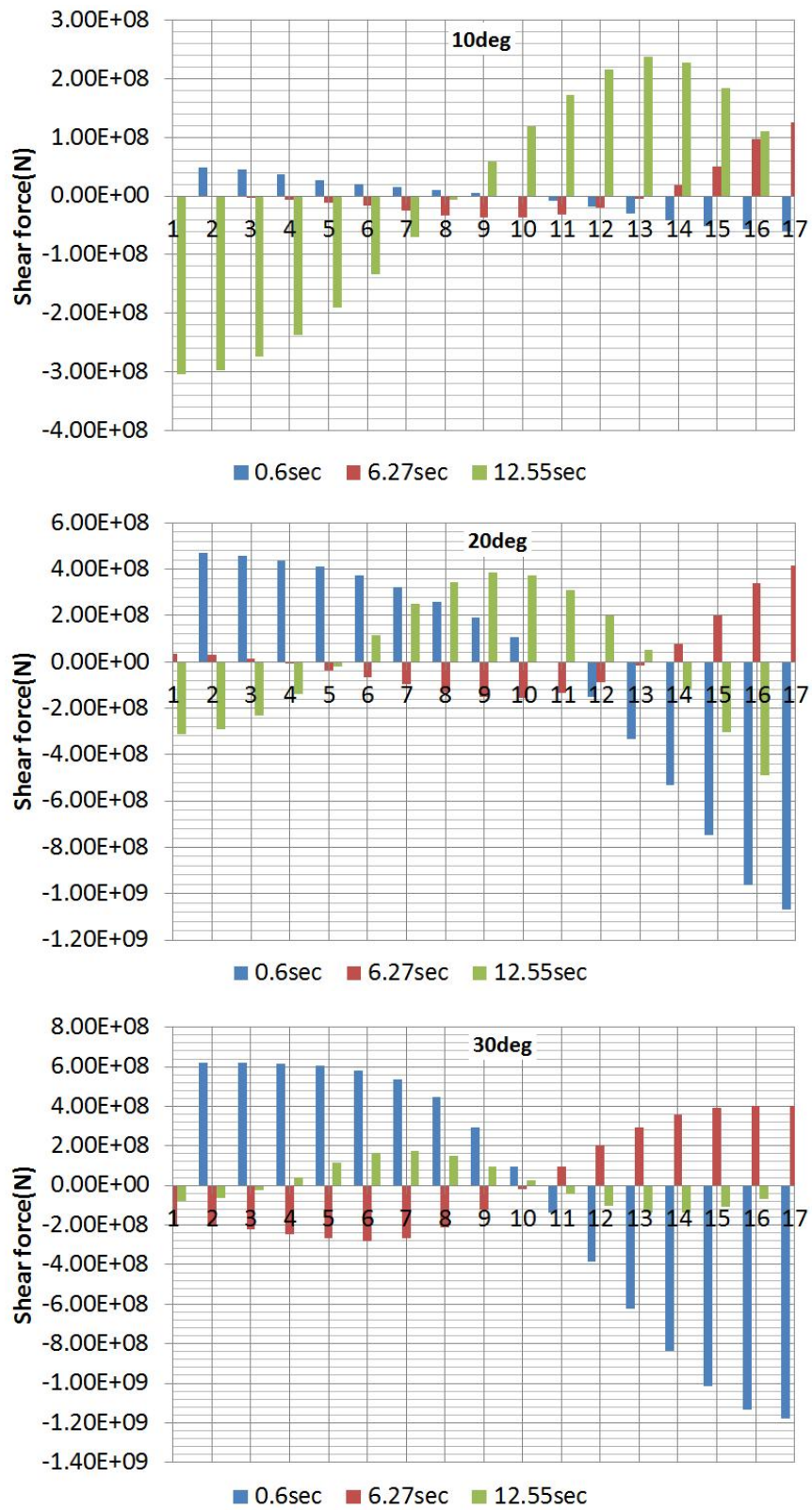


그림 3.2.12 입사각별 전단력선도



○ 해석 변수

- 해석의 변수로는 인터 셸의 제원이 전단력 작용에 대하여 어떤 영향을 미치는 지에 대하여 분석하였음.
- 인터 셸의 내벽과의 문힘길이 및 개수
- 인터 셸의 외벽의 길이

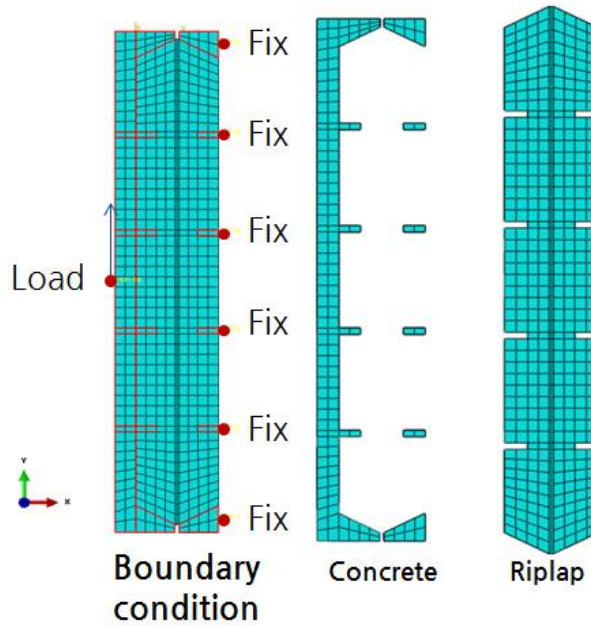


그림 3.2.13 경계조건

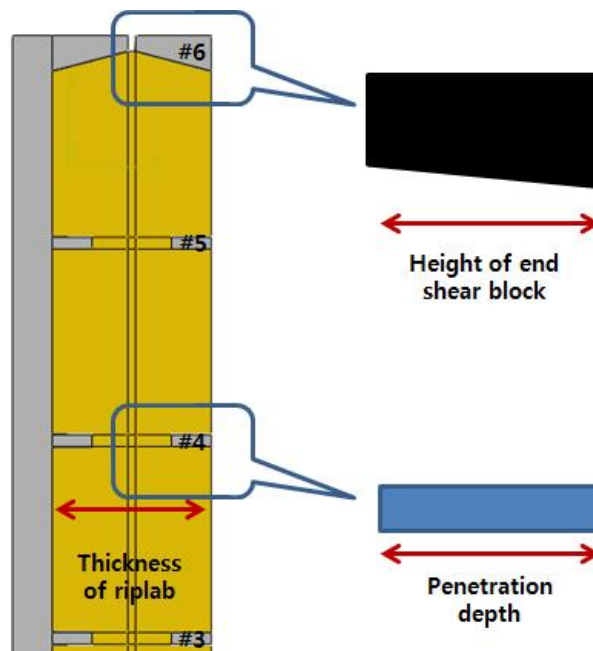


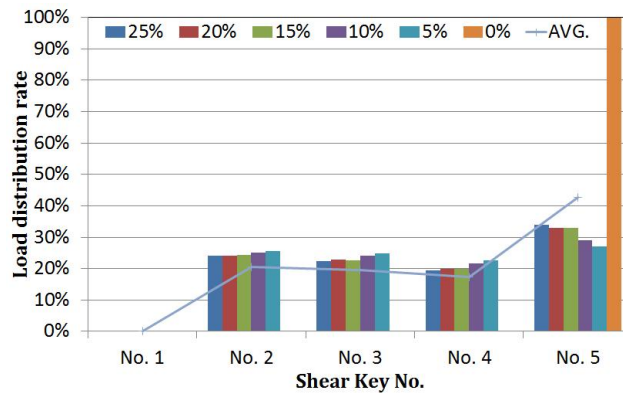
그림 3.2.14 해석변수 명명

표 3.2.2 해석변수

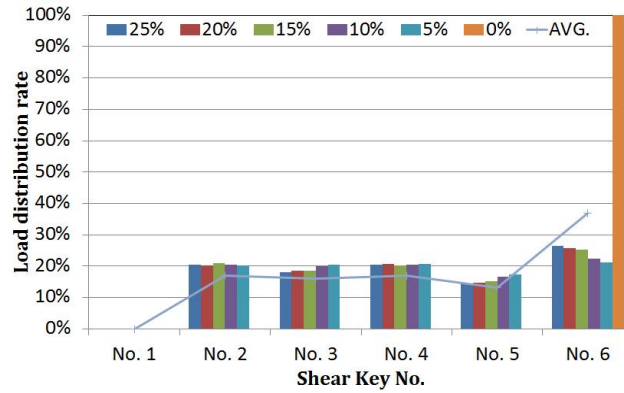
Penetration depth of mid shear block				End shear block		
Number of mid shear block(EA)	thickness of riplab(m)	penetration depth(m)	Rate	Breadth of cell(m)	Height of end shear block(m)	Rate
3	4	1	25%	3.8	1.9	50%
		0.8	20%		1.7	45%
		0.6	15%		1.5	39%
		0.4	10%		1.3	34%
		0.2	5%			
4	4	1	25%			
		0.8	20%			
		0.6	15%			
		0.4	10%			
		0.2	5%			
5	4	1	25%			
		0.8	20%			
		0.6	15%			
		0.4	10%			
		0.2	5%			

○ 전단블록의 개수 및 길이에 따른 저항력 분포 분석

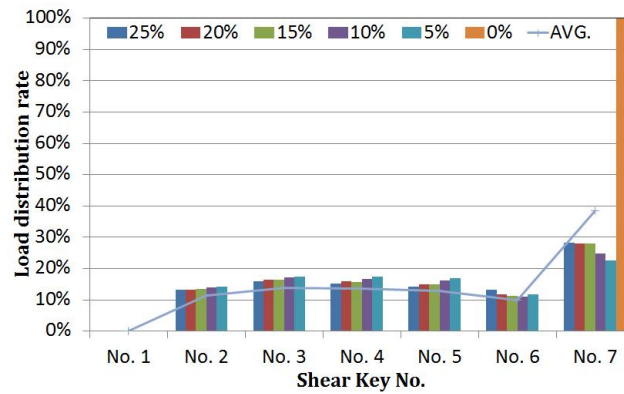
- 중간전단키가 없었을 때는 양끝단의 전단키가 모두 저항하는 것으로 나타났으며, 전단키의 묻힘길이를 25%에서 5%까지 변경하였을 때에는 하중 분담 비율이 거의 유사한 것으로 나타남.
- 블록의 개수가 증가할수록 각 블록이 저항하는 분담률이 감소
- 양단부의 전단블록이 전체 전단력의 30%이상을 저항해 주는 것으로 나타났고 나머지 중간 블록들은 거의 유사하게 분담
- 양단부의 전단블록 비율별 결과(그림 36(d))에서도 알 수 있듯이 큰 영향을 미치지 않음



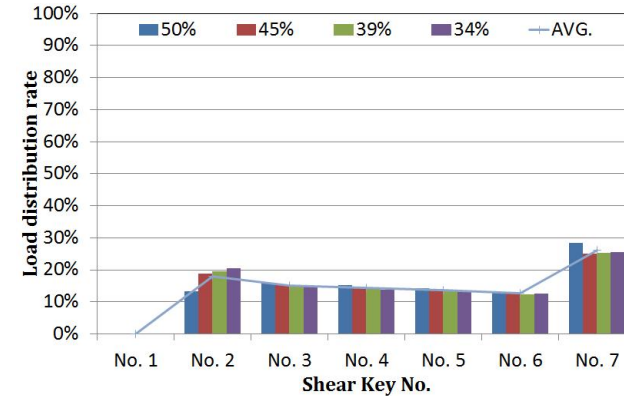
(a) 중간전단키 3ea



(b) 중간전단키 4ea



(c) 중간전단키 5a



(d) 중간전단키 5a / 양단 전단키 비율별

그림 3.2.15 전단블록의 개수 및 길이에 따른 저항력 분포 분석

## ○ 결론

- 인터 셀의 설계를 위하여 외벽과 내벽의 전단력 분담 특성에 대하여 분석하였음.
- 해석 결과 거의 외벽이 가장 큰 비율로 저항하는 것으로 나타났음. 이 하중 분담율을 이용할 경우 전단블록의 설계가 가능할 것으로 판단됨
- 인터 셀 외벽이 가장 많은 하중을 분담하는 것으로 나타났으며, 내벽이 약 60~70%의 하중을 분담함

## 5. 설계지침서 작성

### 가. 기본가정

- ① 인터로킹된 케이슨은 법선방향 움직임에 대해 서로 구속된 것으로 본다.
- ② 각 케이슨에 작용하는 단위폭당 최대 작용과압 분포는 항만 및 어항 설계기준에서 적용하고 있는 Goda 과압식을 따르는 것으로 한다.
- ③ 방파제 기준선 방향 작용 과압의 위상차는 선형과 이론에 따르는 것으로 하며, 일방향 불규칙 및 다방향 불규칙 파는 선형조합으로 나타낼 수 있는 것으로 한다.
- ④ 방파제 안정성은 미끌림, 전도 및 연직축 중심 회전에 대해서 독립적으로 평가하는 것으로 한다.

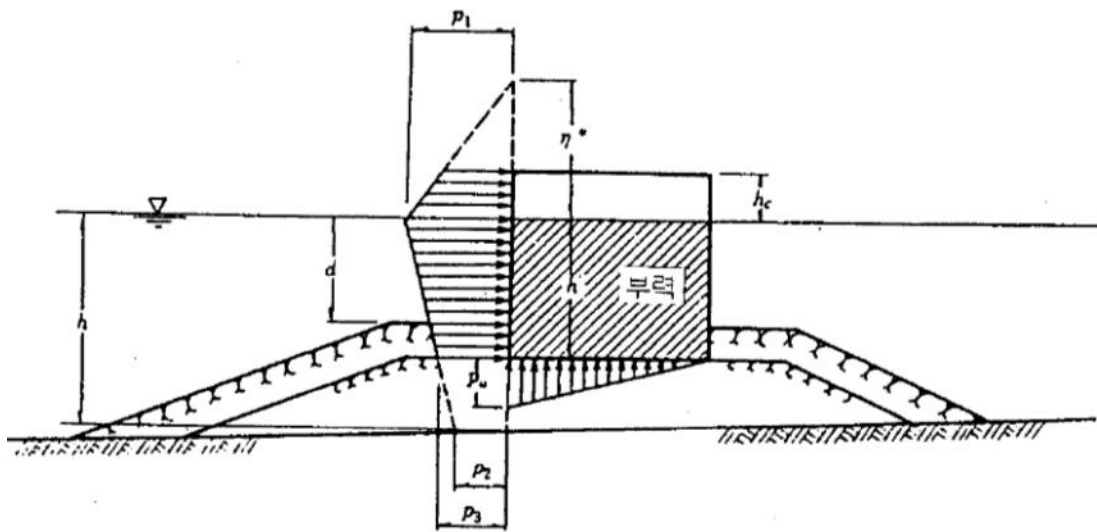


그림 3.2.16 직립제의 설계과압 분포, Goda 과압식

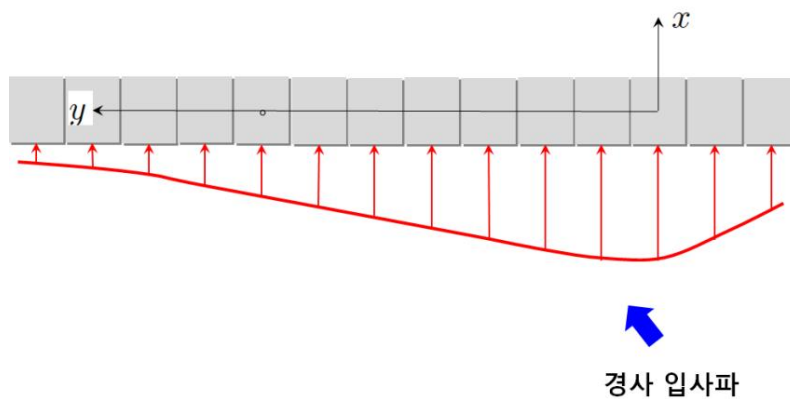


그림 3.2.17 경사 입사시 기준선 방향 동시 과압분포 예

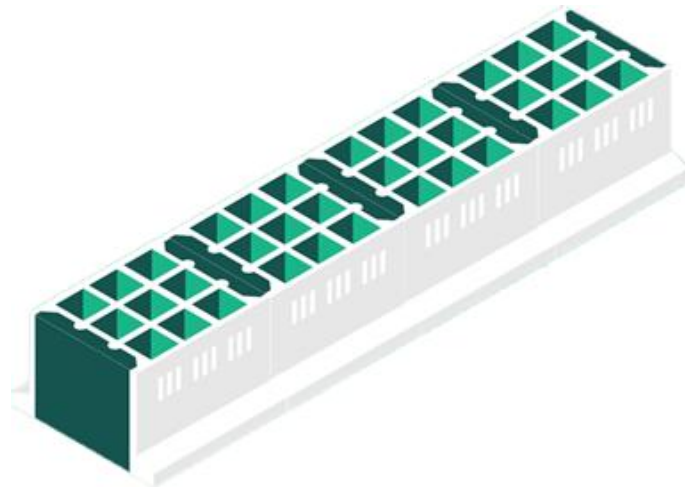


그림 3.2.18 인터로킹 케이스 방파제 예: 오픈 셀 케이스 적용한 경우

#### 나. 설계지침서(안)

- 인터로킹 케이스에 의해 장대화된 방파제의 안정성평가에 관한 설계기준(안)

[항만 및 어항설계 기준 내 수정방안(안)]

- (1) 중력식 인터로킹 케이스 방파제 직립부의 안정성 검토는 파괴 안전율에 근거한 설계법을 표준으로 한다.
- (2) 파괴 안전율에 근거한 설계법을 사용할 경우, 직립부의 안정성 검토는 다음에 열거한 ① ~ ⑤에 따르는 것을 표준으로 한다.
  - ① 활동에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우, 안전율은 구조물의 특성에 따라 적절한 값을 취한다.

$$F_s \leq \frac{\mu(W_O - B)}{(P + \mu U) \cdot \gamma_s} \quad (2-1)$$

여기서,  $F_s$ ,  $\mu$ ,  $W_O$ ,  $U$ ,  $P$  및  $\gamma_s$ 는 각각 다음과 정의된다.

$F_s$  : 직립부의 활동에 대한 안전율

$\mu$  : 직립부와 기초사석부의 마찰 계수

$W_O$  : 직립부의 중량 (kN/m)

$B$  : 직립부에 작용하는 부력(kN/m)

$P$  : 직립부에 작용하는 수평과력 (kN/m)

$U$  : 직립부에 작용하는 양(+)방향 수직과력 (kN/m)

$\gamma_S$  : 인터로킹된 케이슨에 의해 체결된 방파제에 작용하는 파압의 길이방향  
위상차를 고려한 미끌림 방향 최대과력 저감계수 (해설 (3) 참조)

- ② 전도에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우에 있어서 안전율은 구조물의 특성에 따라 적절한 값을 취한다.

$$F_S \leq \frac{(W_O \cdot t_1 - B \cdot t_2)}{(M_P + M_U) \cdot \gamma_O} \quad (2-2)$$

여기서,  $F_S$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $M_P$ ,  $M_U$  및  $\gamma_O$  각각 다음과 같이 정의된다.

$F_S$  : 직립부의 전도에 대한 안전율

$t_1^{\ddagger}$  : 직립부의 중력의 작용점으로부터 직립부 제체의 후미하단 (전도지지점)  
까지의 거리 (m)

$t_2^{\ddagger}$  : 직립부에 작용하는 부력 작용점으로부터 직립부 제체 후미하단까지의  
거리(m)

$M_P$  : 수평과력에 의한 직립부의 후미하단 주위의 회전모멘트 (kN · m/m)

$M_U$  : 수직과력에 의한 직립부의 후미하단 주위의 회전모멘트 (kN · m/m)

$\gamma_O$  : 인터로킹된 케이슨에 의해 체결된 방파제에 작용하는 파압의 길이방향  
위상차를 고려한 전도방향 최대회전모멘트 저감계수 (해설 (4) 참조)

- ③ 연직축방향에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우에 있어서 안전율은 구조물의 특성에 따라 적절한 값을 취한다.

$$F_S \leq \min \left[ \frac{P_B^e}{P_B} \right] \quad (2-3)$$

여기서,  $F_S$ ,  $P$  및  $P_e$  는 각각 다음과 정의된다.

$F_S$  : 직립부의 연직축방향 회전에 대한 안전율

$P_B$  : 양압력이 고려된 방파제에 작용하는 수평과력 (kN)

$P_B^e$  : 수평파력  $P_B$  작용 위치에서의 회전이 생길 때의 임계편심하중 (kN)

(해설 (5) 참조)

$\min[\cdot]$  : 괄호안 값의 최소치

- ④ 직립부 바닥면의 기초지반 지지력에 대한 안정성 검토는 제4편 제2장 2-4 편심·경사하중에 대한 지지력에 따라 행한다. 이 경우, 작용파력에 의한 편심·경사하중은 방과제 기준선방향으로의 작용과압 위상차 효과를 고려하여 산정하되 케이슨 한 함에 작용이 예상되는 최대치를 적용한다.
- ⑤ 지반의 활동에 대한 검토는 지반의 특성 및 구조특성을 고려하여 파괴가능한 모든 활동면에 대하여 검토해야 한다. 이에 대해서는 제4편 제6장 사면의 안정에 따라 행한다. 이 경우, 방과제 기준선방향으로의 작용과압 위상차 효과를 고려한다.
- ⑥ 침하에 대한 검토는 지반의 특성 및 구조특성을 적절히 고려하여 침하검토를 시행해야 한다. 이에 대해서는 제4편 제5장 기초의 침하에 따라 행한다. 이 경우, 직립부에 작용하는 파력고려시 방과제 기준선방향으로의 작용과압 위상차 효과를 고려하여 산정하되 케이슨 한 함에 작용이 예상되는 최대치를 적용한다.

#### [해 설]

- (1) 파력을 계산할 때는 제2편 4-10-2 직립벽에 작용하는 파력을 참조하고 안전율은
- ① ~ ⑤를 참고하여 적절하게 설정한다.
- ① 활동에 대한 안전율은 설계과압 작용시를 기준으로 1.2 이상이 되도록 한다. 단, 모형실험에 의하여 체체의 안정성을 확인한 경우에는 안전율이 1.2 이하로 설계할 수 있으나 1.0 이하로 되어서는 안 된다.
- ② 전도에 대한 안전율은 과압에 대하여 1.2 이상, 지진에 대하여 1.1 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.
- ③ 인접 케이슨과 인터로킹 효과를 고려하지 않은 독립된 케이슨의 활동 및 전도 안전율은 1.0이상이 되도록 한다. 단, 모형실험 등을 통해 방과제가 충분한 안전성이 확보된 것이 확인되면 1.0이하로 할 수도 있다.
- ④ 지지력에 대한 안전율은 과압에 대하여 1.0 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.
- ⑤ 지반의 활동에 대한 안전율은 설계과압 작용 시 원호활동 1.3, 마운드 직선활

동 1.2, 편심·경사하중에 대한 지지력 1.0 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.

(2) 직립부와 기초사석상부의 마찰계수를 증대시키기 위하여 직립부 저면에 마찰증대용 매트를 부설하는 등 마찰력 증대를 위한 대책을 강구할 경우는 제2편 제13장 마찰계수를 참조한다.

(3) 미끌림 방향 최대파력 저감계수,  $\gamma_S$ 는 다음의 식으로 산정한다.

- 규칙파의 경우,

$$\gamma_S = \frac{\sin \frac{kL_B \sin \theta}{2}}{\frac{kL_B \sin \theta}{2}} \quad \text{해설 (2-1)}$$

- 일방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_S = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right) \gamma_d \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (2-2)}$$

- 다방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_S = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right)^2 \int_{-\pi}^\pi \gamma_d^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (2-3)}$$

여기서,

$$\gamma_d = \frac{\sin \frac{kL_B \sin \theta}{2}}{\frac{kL_B \sin \theta}{2}} \quad \text{해설 (2-4)}$$

$k$  : 입사파의 파수(=  $\frac{2\pi}{L}$ ) (1/m)

$L$  : 입사파의 파장

$h$  : 방파제 수심 (m)



$L_B$  : 인터로킹된 방파제 길이 (m)

$S_\eta(\omega)$  : 방파제 설치 지점에서의 불규칙 설계파 스펙트럼

$S_\eta(\omega, \theta)$  : 방파제 설치 지점에서의 다방향 불규칙 설계파 스펙트럼

(4) 전도 방향 최대회전모멘트 저감계수,  $\gamma_O$ 는 다음의 식으로 산정한다.

- 규칙파의 경우,

$$\gamma_O = \frac{\sin \frac{kL_B \sin \theta}{2}}{\frac{kL_B \sin \theta}{2}} \quad \text{해설 (2-5)}$$

- 일방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_O = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right) \gamma_d \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (2-6)}$$

- 다방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_O = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 \int_{-\pi}^\pi \gamma_d^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (2-7)}$$

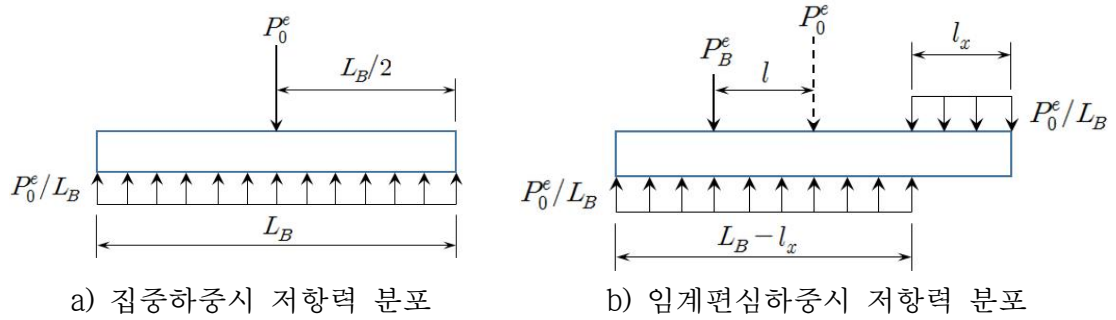
(5) 수평파력  $P_B$  작용 위치( $l$ )에서의 회전이 생길 때의 임계편심하중,  $P_B^e$ 는 다음의 식으로부터 산정한다(그림 해설 2-1 참조).

$$P_0^e = \mu(W_O - B) \cdot L_B \quad \text{해설 (2-8)}$$

$$P_B^e = \frac{P_0^e}{L_B} (L_B - 2l_x) \quad \text{해설 (2-9)}$$

$$P_B^e \left( \frac{L_B}{2} - l_x + l \right) = \frac{P_0^e}{L_B} \frac{(L_B - l_x)^2}{2} + \frac{P_0^e}{L_B} \frac{l_x^2}{2} \quad \text{해설 (2-10)}$$

식 해설 (2-9)와 (2-10)으로부터 하중 작용 위치  $l$ 에서의 임계편심하중  $P_B^e$ 를 결정할 수 있다.



<그림 해설 A-1 > 방과제 회전에 대한 저항력과 임계하중

## 제3절 연구소기업 설립 추진개발 기술의 가치평가

## 1. 개발 기술의 가치평가

## ○ 평가대상특허

- 본 평가대상 기술사업은 한국해양과학기술원 및 (유)이도건설이 자체개발에 성공한 ‘오픈 셀 케이슨 시공법’에 의한 구조물의 설계·시공에 관한 것임.
- 평가대상특허는 오픈 셀 케이슨을 이용하여 항만 구조물의 안정성 및 경제성을 제고한 케이슨 구조물 및 그 시공방법과 관련된 것으로, 평가대상특허의 주요 서지사항은 아래 표에 나타난 바와 같음

표 3.3.1 평가대상특허의 서지사항

구분	제1평가대상 특허	제2평가대상 특허	제3평가대상 특허	제4평가대상 특허
명칭	오픈 셀 케이슨, 그 구조물 및 시공 방법	오픈 셀 케이슨 구조물 및 시공 방법	오픈 셀 케이슨, 그 구조물 및 시공 방법	오픈 셀 케이슨 구조물 및 시공 방법
특허권자	한국해양과학기술 술원, (유)이도건설	한국해양과학기술 술원, (유)이도건설	한국해양과학기술 술원, (유)이도건설	한국해양과학기술 술원, (유)이도건설
출원번호 (출원일)	10-2015-012 1583 (2015.08.28.)	10-2016-010 9171 (2016.08.26)	10-2016-004 4855 (2016.04.12)	PCT/KR2016/0 09567(2016.08 .29)
등록번호 (등록일)	10-1613886(2 016.04.12.)	-	-	-
심사경과	2015.08.28. : 특허출원 2015.10.19 : 1차 의견제출통지 (신규성, 진보성) 2015.11.05 : 1차 의견서 제출 2015.12.18 : 1차 의견서 및 보정서 제출 2016.01.13 : 등록결정	2016.08.26. : 특허출원 2017.03.23. : 의견서, 보정서 제출	2016.04.12. : 특허출원 2016.10.11. : 의견서, 보정서 제출	2016.08.29. : PCT출원
청구항	청구항 14개(독립항 2)	청구항 10개(독립항 2)	청구항 17개(독립항 2)	청구항 16개(독립항 1)
해외출원	있음	있음	있음	-
존속기간 (예정)	2035.08.28	2035.08.28. (예정)	2036.04.12. (예정)	-

○ 정부 공인 기관에 의뢰하여 기술 가치 평가

- 관련 전문기관인 한국발명진흥회에 평가 의뢰
- 로열티 접근법(relief from royalty)을 적용하여 평가대상 특허기술의 가치추정 실시
- 로열티접근법은 특허권자가 특허권을 소유하지 않음으로서 부담하게 되는 합리적 로열티를 추정하여 특허권의 가치를 추정하는 방법임. 추정된 로열티 현금흐름은 특허권을 보유했기 때문에 지불하지 않아도 되는 것을 의미하기에 기회비용 관점에서 특허권의 가치를 추정하는 접근법임



그림 3.3.1 가치평가 수행절차

- 본 평가에서 적용한 로열티접근법에 따라 평가대상 특허기술의 가치평가표는 다음과 같으며, 평가기준일(2016년 7월 1일) 현재 본 특허기술의 가치는 1,616백만원으로 추정됨

표 3.3.2 평가대상 특허기술의 가치평가표

(단위: 백만원)

구 분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
매 출	3,934	6,223	9,858	15,639	24,844	39,520	41,460	43,496	45,631	47,872
로열티율	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%
로열티수입	87	138	219	347	552	877	920	966	1,013	1,063
법인세	10	15	26	54	99	171	180	190	201	212
세후이익	78	123	193	293	452	706	740	775	812	851
자본화율	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
현재가치요소 (‘17.04.01)	0.7156	0.6333	0.5604	0.4959	0.4389	0.3884	0.3437	0.3042	0.2692	0.2382
현재가치 (‘17.04.01)	55.6	77.9	108.0	145.2	198.5	274.3	254.3	235.8	218.6	202.7
특허가치 (‘17.04.01)	1,771									

정부공인 기술평가전문기관

## 특허기술 가치평가서

기술명	오픈 셀 케이슨, 그 구조물 및 시공 방법 (특허등록 제10-1613886호)외 2건
신청인	한국해양과학기술원
평가용도	기술이전용



2016년 7월 6일



그림 3.3.2 특허기술 가치평가서 표지

## 2. 연구소기업 설립 추진

### 가. 연구소기업 설립개요

○ 설립 목적

- 한국해양과학기술원(이하 KIOST)과 코이도(주)(舊 (유)이도건설)이 공동으로 개발한 ‘오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술’의 상용화를 통해 항만 기술력 제고 및 항만시설 안전성을 확보하고자 함
- 한국해양과학기술원에서 보유한 기술지분의 출자를 통해 사업화 협력 체계를 구축하고 오픈 셀 케이스의 시공 현장 적용을 추진함으로써 국내외 연안 및 항만기술을 선도하고자 함

○ 설립기관 개요

표 3.3.3 연구소기업 설립기관 개요

기관명	한국해양과학기술원	대표자	홍기훈
법인등록번호	131471-0018173	사업자등록번호	134-82-01458
주소 (특구내분원)	경기도 안산시 상록구 해안로 787		(전화 : 031-400-6438) (팩스 : 031-400-7694)

### 나. 연구소기업 현황

○ 연구소기업 회사 개요

표 3.3.4 연구소기업 회사개요

기업명	코이도(주)		대표자	이오진
법인등록번호	(210114-0046421)		사업자등록번호	(402-81-58221)
자본금	3,438.3백만원		상시근로자수	22명
주소	본사	전북 전주시 완산구 오곡로 43-52 401호		(전화 : 063-255-3147) (팩스 : 063-255-3170)
업종(생산품)	항만건설용 소파블록 및 케이스			

표 3.3.5 대표자 인적사항

성명(한자)		이 오 진		
주소		[Redacted]		
학력	기간	학교명	전공	학위
	1993. 02	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
경력	기간	근무처	담당업무	직위
	2004 ~ 현재	코이도(주) (舊 (유)이도건설)	경영	대표이사
	1998 ~ 2003	(주)한맥건설	영업	부장

표 3.3.6 경영진 현황

직위	성명	주민등록번호	대표자 관계	최종학력 (전공·학위)	주요경력
대표	이오진	██████████	본인	대졸 (무역학과·학사)	건설업계 19년 종사 (영업 및 경영)
이사	박종규	██████████	처남	전문대졸	

○ 조직구성(해양과기원 내 참여자 현황 포함)

표 3.3.7 사업조직도

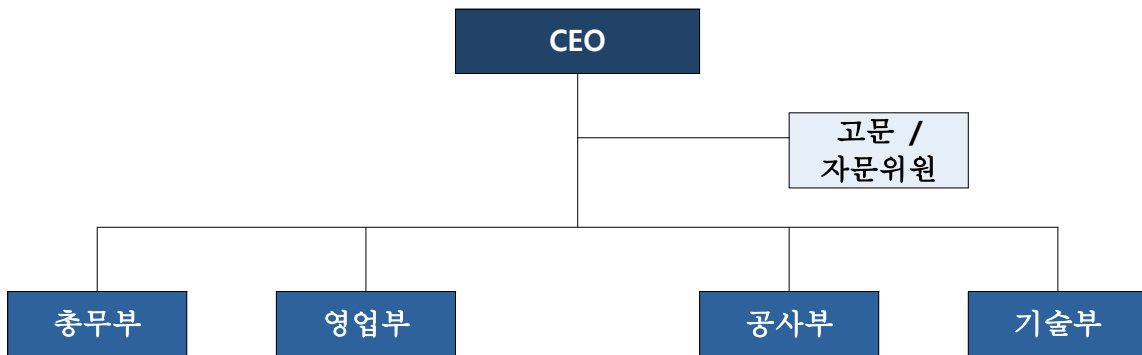


표 3.3.8 연구원내 참여자 현황

구분	이름	주요 경력	참여형태
정규직	000 <sup>1)</sup>	한국해양과학기술원	이사 (기관의 판단에 따라 필요시 겸직)

○ 출자내역 및 비율

표 3.3.9 출자내역 및 비율


출자 자산	출자금액(지분)	비고
(유)이도건설 자본금	2,552.8백만원(74.25%)	
현물(기술)출자 - 한국해양과학기술원	885.5백만원(25.75%)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법 (10-1613886 외 3건)
합 계	3,438.3백만원(100.00%)	

1) 연구소기업의 약정에 의해, 한국해양과학기술원이 지명하는 1인을 연구소기업의 비상근 이사로 선임하는 경우

○ 연구소기업 추진경위

표 3.3.10 연구소기업 추진경위

추진일정	추진 내용
2016. 3. 1.	대상기술에 대한 R&BD 연구사업 추진 협의
2016. 7. 6.	사업화 대상기술 기술가치 평가(기술이전용)
2016. 7. 8.	사업화 대상기술 해양수산부 신기술(시범사업) 신청
2016. 10. 21.	(유)이도건설 연구소기업 전환 협의(주식회사 전환 및 법인명 변경)
2016. 10. 31.	해양수산부 신기술(시범사업) 인증심사 통과
2017. 4. 14.	기술가치평가 재실시(현물출자용, 해외 출원기술 추가)
2017. 6. 30.	한국해양과학기술원 연구심의위원회 심의
2017. 7. 20	한국해양과학기술원 이사회 심의
2017. 8. 31	연구소기업 설립약정서 체결
2017. 9-10	주식회사로의 변경, 현물증자 및 연구소기업 등록 신청
2017. 11.28	연구소기업 등록 완료



제 536호

## 연구소기업 등록증

기업명	(유)코이도	사업자등록번호	402-81-58221
		법인등록번호	210114-0046421
대표자	이 오 진		
주소	본사	전북 전주시 완산구 오공로 43-52, 401호	
	공장	-	
	연구소	-	
업종(생산품)	토목시설물 건설업(항만건설용 소파블록 및 케이스)		
출자기관	기관명	출지비분	출지자산(항목)
	한국해양과학기술원	25.75%	현물
	이오진 등 4명	74.25%	현금
	합계	100.0%	

※ 출자금액의 상세내역은 별첨

「연구개발특구의 육성에 관한 특별법」 제9조의3제2항, 같은 법 시행령 제13조제3항·제4항에 따라 위와 같이 연구소기업으로 등록하였음을 증명합니다.

2017년 11월 28일

**과학기술정보통신부 장관**




그림 3.3.3 연구소기업 등록증





## 제4장 연구개발 성과의 우수성



## 제4장 연구개발 성과의 우수성

### 제1절 연구결과의 우수성/혁신성/차별성

#### 1. 연구결과의 우수성

- 수요기술 성능입증 및 설계기술 확보를 위한 대형 구조실험 실시
  - 1/10 규모의 케이스 5기를 제작하여 구조실험 실시하여, 작용하중 변화에 따른 각종 구조응답 계측
  - 수치해석결과와의 비교를 통하여 채움재 모델 방법 정립



그림 4.1.1 대형 구조실험체

- 수요기술 현장 적용 설계를 위한 안정성/안전성 평가방법 제시
  - 수요기술을 방파제 적용시 필요한 구조물의 미끌림, 전도 및 회전에 대한 안정성 평가 방법 제시
  - 인터셀 부분은 구조부재 안전성 평가를 위한 방법 제시

$$S_F = \frac{\mu W_e}{(F_X^G + \mu F_Z^G) \cdot \gamma_j}$$

그림 4.1.2 미끌림 안정성 평가식 제안

○ 수요기술 현장 적용 설계 실시

- 계획 중인 군산 풍력지원항만의 안벽을 대상으로 수요기술을 적용한 설계 실시
- 기존 케이슨식 안벽보다 경제적인 면에서 우수한 성능을 보임을 확인

1.1 사업명

• 군산항 해상풍력 지원부두 축조공사

1.2 사업의 목적

• 서남해 2.5GW 해상풍력단지 건설 지원을 위한 2만톤급 규모의 해상풍력 부두를 군산항(75번 선석)에 축조하여 서남해 해상풍력단지 건설을 적기에 지원하고, 또한 군산항 배후 산업단지 중량화물의 원활한 처리 및 풍력화물, 해외수출 물량 등 신규물동량 창출로 군산항 활성화에 기여하고자 함

1.3 사업의 위치

• 전라북도 군산시 오식도동 전면해역 75번선석



그림 4.1.3 현장적용설계

○ 수요기술 성능입증 및 설계기술 확보를 위한 수리모형실험 실시

- 평면수리모형실험의 공개실험을 통해 학계는 물론 수요 설계, 시공 업체의 공감대형성에 기여



그림 4.1.4 공개수리모형실험

○ 2017년 해양분야 신기술(NET) 인증

- 「해양수산 신기술(NET) 인증」은 국내 기업, 연구기관 및 대학 등에서 개발한 신기술을 조기에 발굴하여 그 우수성을 인증함으로써, 개발된 신기술의 상용화와 기술거래를 촉진하고 해양수산 신기술 적용제품의 신뢰성 제고로 구매력 창출을 통한 초기시장 진출기반을 조성하는데 목적이 있음

표 4.1.1 해양수산 신기술 인증 심사일정

사업공고 및 서류검토	이해관계인 의견수렴	1차 심사	2차 심사	3차 심사
KIMST	▶ 홈페이지 공고	▶ 기술분야별 전문분과위	▶ 현장평가단	▶ 종합심사 위원회
'17.9.19 ~ 10.19	10.20 ~ 11.19	11.20 ~ 12.1	12.4 ~ 12.15	12.18 ~ 12.22

- 2017년 해양분야 신기술(NET) 인증에 앞서, 2016 해양과학수산기술대전에서 해양분야 신기술(NET) 인증 시범사업 통과한 사항에 대한 홍보활동 수행



그림 4.1.6 해양과학수산기술대전 홍보활동 수행

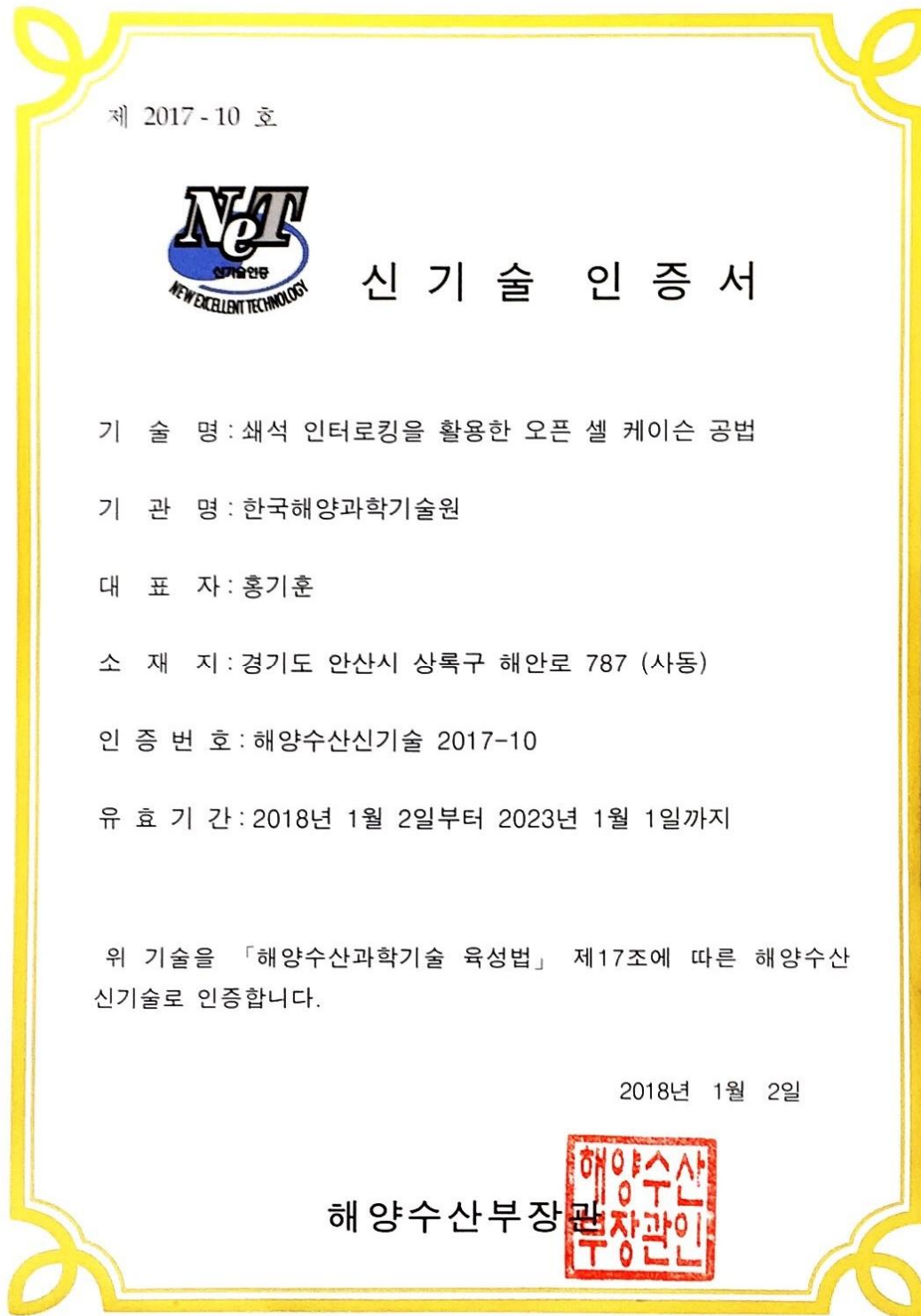


그림 4.1.7 2017년 해양분야 신기술(NET) 인증서



## 2. 연구결과의 혁신성

- 단면설계를 근간으로 하고 있는 기존 중력식 구조물의 설계개념을 3차원 설계로 바꾸는 기술로, 기존 경쟁기술이 안고 있는 응력집중 등의 문제점을 해결한 기술이어서 항만구조물 분야에서는 Game Changer의 역할을 할 수 있는 혁신적인 대체기술임
- 신규 항만구조물 건설 분야에 본 기술의 직접 적용 또는 응용이 가능.
- 기존 구조물 보강에도 응용 가능



그림 4.1.7 대축척(1/10) 구조실험

## 3. 연구결과의 차별성

- 현재 실제 적용되고 있는 경쟁기술은 없는 상태이며, 본 기술과 같이 특허가 출원되어 현장 적용이 시도되고 있는 타 인터로킹 케이슨 기술과 비교하면 다음과 같은 차별성을 가짐.

※ 비교군 : 타 인터로킹 케이슨 기술

- ① 인터로킹에 의한 장대화 효과를 이용한 케이슨 방파제 및 그 시공방법(10-1013023)
- ② 중력식 케이슨의 결합방법(10-1096094)
- ③ 방파제 케이슨 결합방법(10-1220537)
  - 경제성이 우수
  - 소요 케이슨 부재 감소로 동일 규모의 타 인터로킹 케이슨(①, ②, ③)에 비하여 재료비 감소가 가능하고, 자중이 작아 시공비 감소를 기대할 수 있어 상대적 경제성이 우수하다고 할 수 있음

- 구조부재 안전성 우수

기존 인터로킹 케이슨 방법으로 제시된 케이슨 측면 요철에 의한 인터로킹 기술(㉠) 및 블록(㉡) 또는 케이블(㉢)을 이용한 인터로킹 기술이 안고 있는 응력 집중 문제가 발생하지 않아 구조부재 안전성이 상대적으로 우수하다고 할 수 있음

- 제작 및 시공성 우수

경쟁기술로 판단되는 케이슨 측면 요철에 의한 인터로킹 기술(㉠)에 비하여, 케이슨이 대칭적이고, 단순하여 제작 및 시공성이 상대적으로 우수함

- 지반 부등침하 대응성 우수

인터 셀의 채움사석의 효과로 일반 케이슨 또는 경쟁기술(㉠, ㉡, ㉢)에 비하여 지반의 부등침하에 대한 대응능력이 우수함. 즉, 상대적으로 세굴가능성이 높은 케이슨 접합부 부근에서 세굴이 발생될 경우 채움사석이 세굴 부분을 자동적으로 채우게 되어 부등침하 발생이 미연에 방지되는 효과가 있음

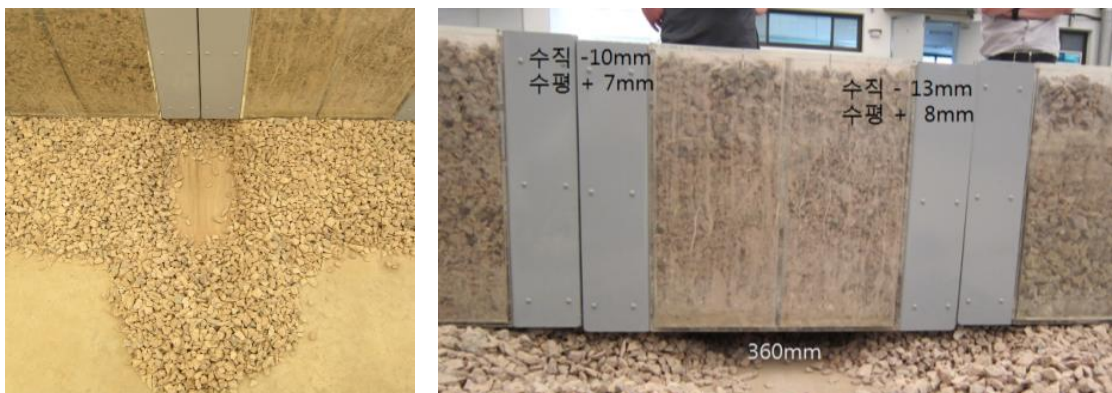


그림 4.1.8 세굴대응 성능실험





## 제5장 연구개발결과의 활용계획



## 제5장 연구개발결과의 활용계획

### 제1절 연구결과의 활용성 및 실용성

#### 1. 연구결과의 활용성

○ 항만분야

- 본 기술은 항만분야에 적용 가능하기에 안벽, 방파제, 호안 등의 축조에 사용 되는 케이슨을 대체할 수 있는 기술로, 연구결과를 현장적용 설계에 활용이 가능함

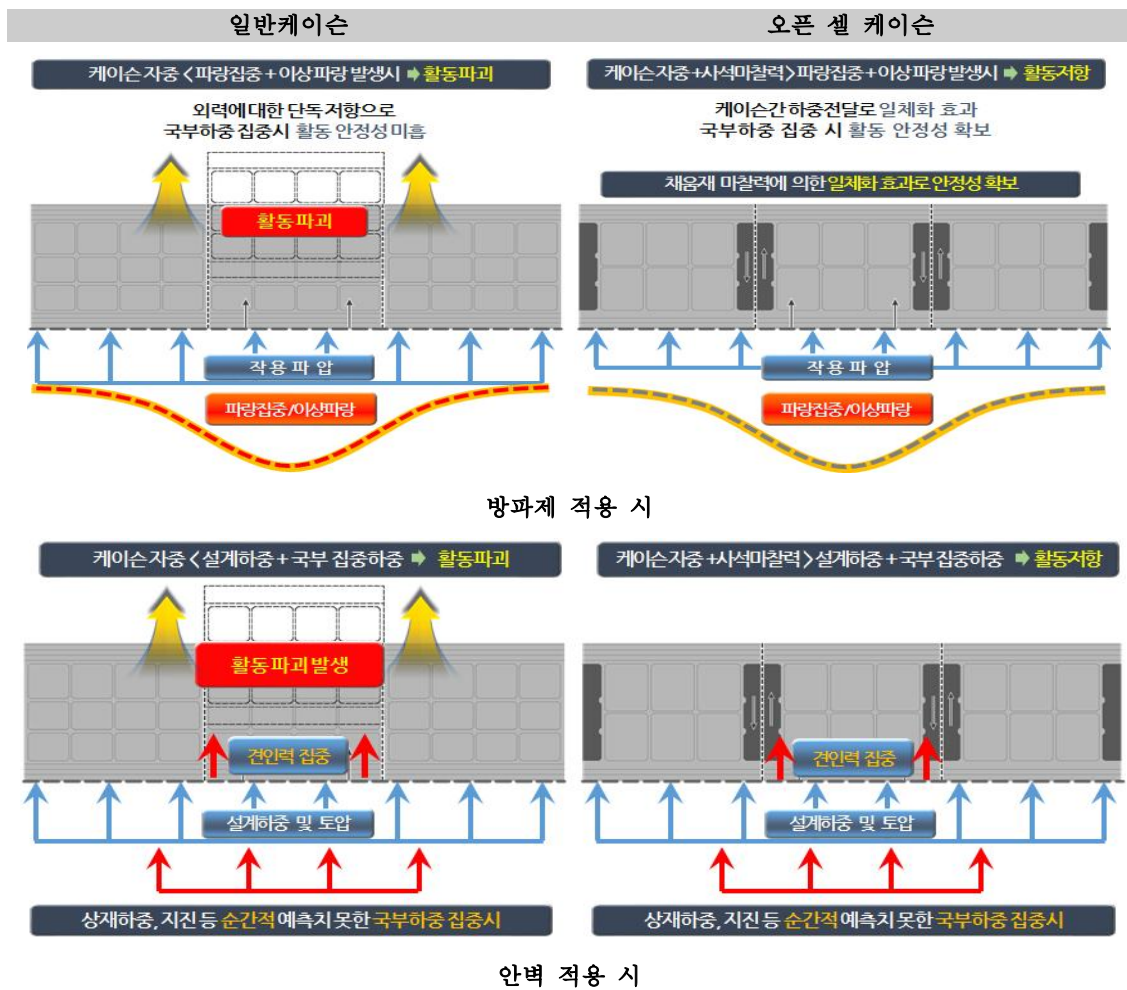


그림 5.1.1 연구결과의 활용개념

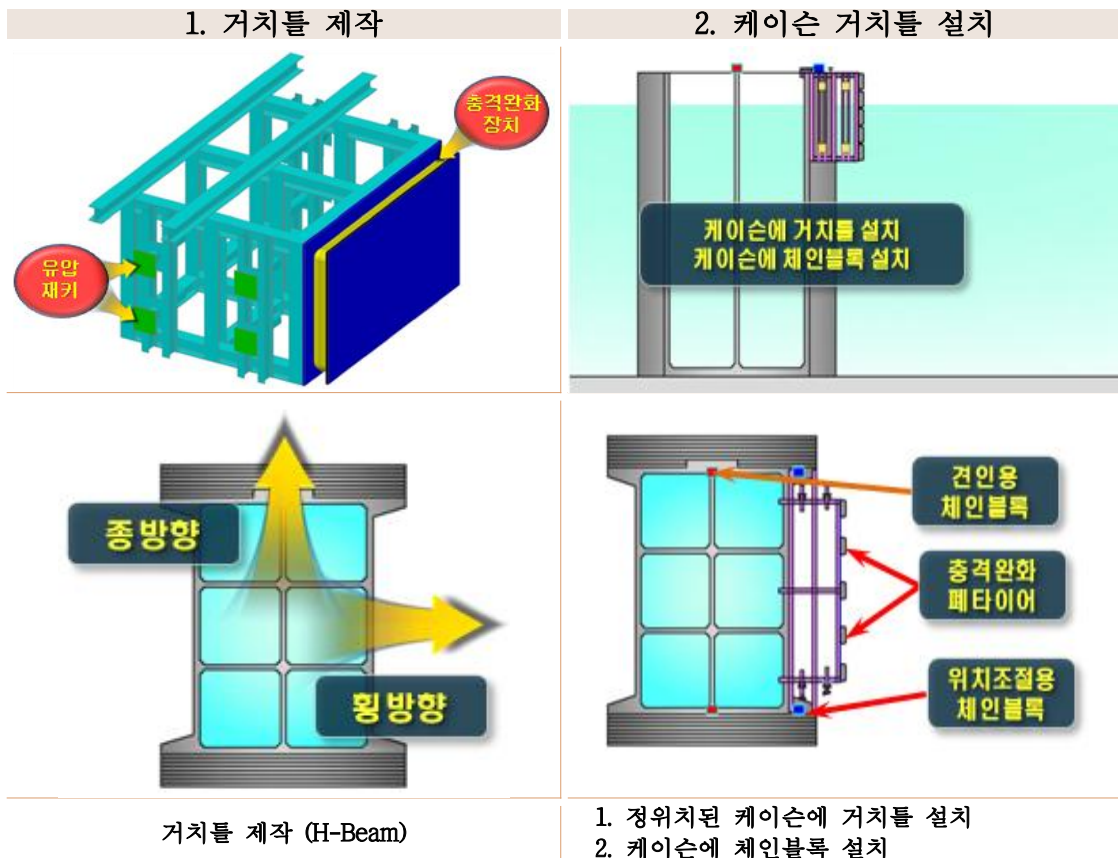
○ 타건설분야

- 본 기술의 핵심 개념은 중력식 구조물 건설 분야에 활용될 수 있을 것으로 판단됨
- 개발기술의 홍보를 통하여 새로운 수요처를 발굴함으로써 적용 분야를 확대해 나감

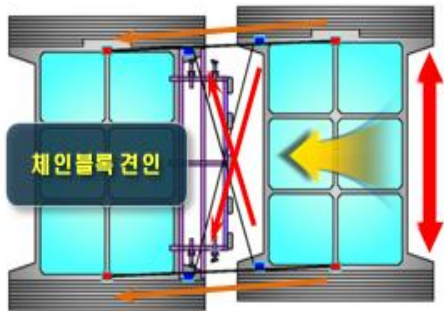
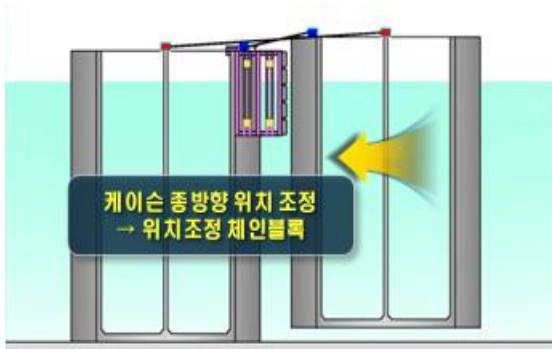
2. 연구결과의 실용성

- 구조 및 수리실험을 통하여 도출된 연구결과는 실제 설계에 직접적인 활용이 가능하여 실용성이 매우 높음
- 제시한 신속 시공방안은 실용성이 높은 것으로 평가됨

표 5.1.1 신속 설치 과정(안)

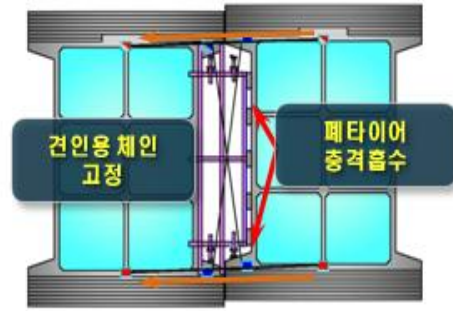


5. 케이스 견인



1. 위치조정용 및 견인용 체인블록 견인
2. 거치틀 위치에 맞도록 케이스 위치 조정

6. 횡방향 정위치 확보



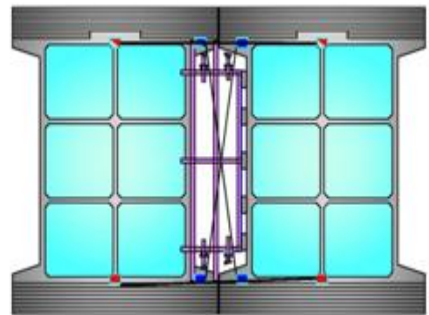
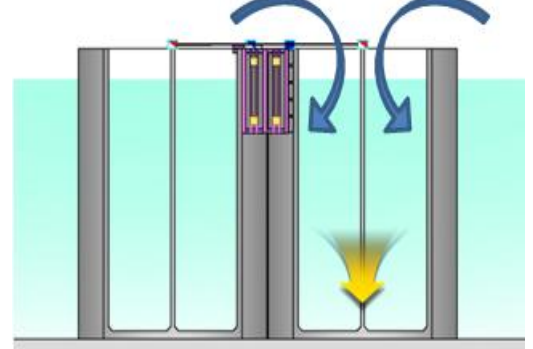
1. 케이스 밀착 (페타이어 충격 흡수)
2. 견인용 체인 고정으로 횡방향 위치 확보

7. 유압재키로 위치조정



1. 유압재키에 의한 종방향 미세조정
2. 종방향 정위치 확보

8. 정위치 확보 및 착저



1. 검측기기에 의한 정위치 확인
2. 충수 및 착저
3. 인터셀 및 일반 셀에 사석 및 모래 채움

## 제2절 해당 기술의 기술적 파급효과 및 기대효과

### 1. 기술적 파급효과

- 항만 케이스 구조물 관련 세계시장 선점
  - 세계 최초로 시도되고 있는 최고의 기술로 관련 세계 시장으로 선점, 리드할 수 있어 우리나라 국가 기술 수준 및 건설사 대외 경쟁력을 높이며, KOICA 사업 등과 연계한 해외 거점항만 개발 시도를 통해 이에 따른 편익도 기대할 수 있음
- 중력식 구조물의 설계 개념 변화
  - 독립적인 저항 개념을 인터로킹에 의한 연대 저항 개념으로 변화시키는 기술로 중력식 구조물의 2차원적(단면) 설계 개념을 3차원적 설계 개념으로 전환시키는 결정적인 역할을 하게 될 것으로 기대됨

### 2. 기대효과

- 기후변화 영향으로 인한 이상파랑에 효율적으로 대응
  - 기후변화로 인해 설계파보다 파고가 높은 이상 파랑의 내습이 예상되고 있어 관련 대응 기술 개발이 시급한 현 상황에 본 기술은 기존 케이스 기술에 비해 여유안정성을 확보하므로 이에 효율적인 대응이 가능하다. 특히, 태풍 등에 의한 방파제, 안벽 피해발생을 원천적 차단이 가능하여 관련 유지보수 예산의 대폭 절감 가능하며, 이는 사회 문화적인 편익으로도 연결됨

## 제3절 연구결과에 대한 기업만족도 및 사업화 계획

### 1. 기업만족도

- 수요기업 (유)이도건설의 요청으로 수요기술의 현장적용을 위한 설계 지원
- 수요기업의 요청으로 연구소기업으로의 전환을 통하여 상용화를 추진하는 것으로 변경
  - 효율적인 기술지원을 위하여 수요기술을 조기에 사업화 가능
  - 수요기업인 (유)이도건설을 연구소기업, (유)코이도로 전환 완료하였으며, 이에 따른 (유)코이도의 사업화 계획을 아래에 나타내었음

### 2. 사업화 계획

- 사업명 : 오픈 셀 케이슨을 이용한 항만구조물 사업화
- 사업화 모델
  - 코이도(주)는 KIOST와 공동으로 개발한 “오픈 셀 케이슨, 그 구조물 및 시공 방법” 기술의 사업화를 추진하고자 함
  - 상용화 공동 연구개발 협력 및 사업 역량 강화를 위해 KIOST에서 보유한 기술 지분을 출자함으로써 연구소기업을 설립하고자 하며, 추가 연구개발 결과물의 후속 기술이전을 계획하고 있음
  - 사업화 대상기술은 해양수산부의 신기술 인증을 받았으며, 시범사업을 통해 시공 노하우 및 후속 사업 수주를 위한 reference를 확보할 예정임
  - 또한 R&BD 사업 등 상용화 개발과제를 통해 공법 안정화를 추진하며, 시공 과정의 연계기술 개발을 통해 항만 구조물 장대화 시공에 대한 기술 포트폴리오를 구축하고자 함
  - 특히, 항만구조물 시공에 필요한 해상 조건별 시뮬레이션, 수리모형 실험, 항내 정온도 평가 등을 KIOST와 협력함으로써 설계 신뢰성을 높일 계획이며, 코이도(주)는 구조물 제작 및 설치, SEALOCK 선정, 준설치환 등 시공 안정성을 확보해나갈 계획임
  - 사업영역 및 규모가 유사한 경쟁기업들의 경우 독자적인 항만 장대화 기술을 보유하고 있지 않으므로 시장 진입장벽의 역할을 할 것으로 기대됨

표 5.3.1 사업화 모델



- 신항만 건설 또는 보수보강 공사의 경우 해양수산부, 지방자치단체, 지방해양만청, 지방항만공사 등 공공입찰이 대부분을 차지하고 있으며, 설계 및 시공을 일괄 입찰하는 턴키 입찰제도의 비율이 높음
- 대형 항만시설의 경우 대형 건설사와의 컨소시엄을 구성하여 입찰에 참여하게



- 나 도급공사를 통해 특정 공구의 시공을 담당하고 있음
- 따라서 대형사업 입찰 참여 시 오픈 셀 케이슨 공법적용을 위해 대표기업과의 시공 협력을 추진하며, 중소형 사업의 경우 단독 입찰을 통해 시공 전문성 강화 및 기술 범용화를 지속적으로 추진할 계획임
  - 2020년까지 국내 항만구조물 시공 누적 매출액 1,050억원 달성을 목표로 하고 있으며, 향후 해외 항만시설 수주에 참여하여 오픈 셀 케이슨 공법의 보급 확대 및 사업규모 확장을 추진하고자 함
  - 기술 우위성 및 경제성을 바탕으로 지속적인 사업 확장이 가능할 것으로 판단되며, 항만구조물의 대형화, 항만 확충 및 경쟁력 강화 정부정책, 자연환경 변화 등 사업 외부환경 또한 긍정적임

### 가. 시장현황 및 전망

#### ○ 산업특성

- 오픈 셀 케이슨을 제조·설치하는 해당산업의 후방 산업은 원재료인 콘크리트, 철근 등을 제조 판매하는 관련 제조업이며, 전방산업은 오픈 셀 케이슨이 사용되는 항만 등의 토목 건설업임

표 5.3.2 오픈 셀 케이슨 관련 산업 구조도

후방산업	해당산업	전방산업
철근 및 콘크리트 제조업	기타 토목시설물 건설업	토목 건설업
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 철근 제조/판매</li> <li>▪ 콘크리트 제조/판매</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 케이슨 제조/시공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 항만 건설</li> </ul>

- 최근 선박의 대형화 추세에 따라 항만구조물도 점차 대형화되고 있으며, 케이슨은 대형안벽 및 방파제의 직립구조로 선호도가 높으므로 수요가 점차 증가하고 있음
- 이는 해상공사가 자연환경의 영향을 크게 받고 시공 및 품질관리가 육상공사보다 까다롭기 때문에 가능한 한 해상에서의 시공기간 및 시공분량을 줄여 대형구조물로 하는 것이 공정 및 품질관리에 효율적이기 때문임
- 케이슨은 항만 건설에 필수적으로 사용되는 구조체로서 방파제, 안벽 등 항만의 중요 시설에 적용되는 제품으로 항만 건설업과 밀접한 관련을 가지고 있으며 산업적 특성은 아래 표와 같음

표 5.3.3 산업의 특성

산업 특성	상세내용
공공재적 특성	▪ 항만에 설치하는 사회간접자본의 성격이 강해 공공재적 특성을 지니며, 수요는 정부의 해양정책 등 시장 외적인 요소에 의해 주로 발생
주문생산 방식	▪ 수요처의 발주에 따른 제품생산을 하게 되므로 주문생산 방식의 산업 특성을 가짐
정부 SOC예산과 밀접	▪ 주요 적용분야가 항만시설 등 사회기반시설이므로 오픈 셀 케이스는 정부 SOC 예산의 영향을 받음
경기 변동의 영향이 적음	▪ 항만 건설은 국가나 지자체의 중장기 계획에 의해 예산이 편성되는 경우가 많아 경기 변동의 영향을 적게 받음
전후방 산업에 대한 파급효과가 높음	▪ 철강, 조선, 물류 등 전후방 산업에 대한 경제적 파급 효과가 큰 산업임
공공 주도 시장 형성	▪ 주요 수요처는 항만청, 지방자치단체 등 공공기관으로서 공공 발주 형태의 시장이 형성되어 있음

○ 시장동향

- 우리나라는 21C 동북아 물류중심기지의 역할을 수행하기 위해 지속적으로 항만 시설물을 개선 및 확장해 나가고 있음
- 정부의 제3차 전국 항만기본계획에 따른 항만 인프라 확충계획을 구체적으로 살펴보면 접안시설의 경우 전국 항만에 대해 화물 및 여객, 유류 등을 포함하여 ‘20년까지 총 288선석의 접안시설을 추가로 확보할 계획임

표 5.3.4 항만 인프라 확충계획 (단위 : 선석, 만톤/년)

구분	현재시설		2011~2020 확충계획		2020년 목표	
	선석	능력	선석	능력	선석	능력
부산	144	25,992	40	15,023	148	38,335
광양	86	17,734	23	8,092	106	26,404
울산	101	5,674	32	3,208	132	8,882
인천	107	9,682	28	4,066	134	12,076
평택당진	47	6,938	32	3,064	79	10,103
포항	52	8,665	13	1,275	60	9,909
군산	30	2,012	9	1,039	36	2,912
목포	28	1,562	6	879	28	2,441
동해목호	15	2,170	7	1,895	23	4,065
마산	33	1,673	4	553	26	2,294
그 외 무역항	122	8,762	67	13,476	178	21,659
연안항	104	679	27	315	126	991
합계	869	91,543	288	52,885	1,076	140,071

(출처: 국토해양부, “제3차 전국항만기본계획(2011-2020)”, 2011.07)

- 정부는 항만경쟁력 강화 및 지역경제 활성화 등을 위해 항만인프라 확충을 지

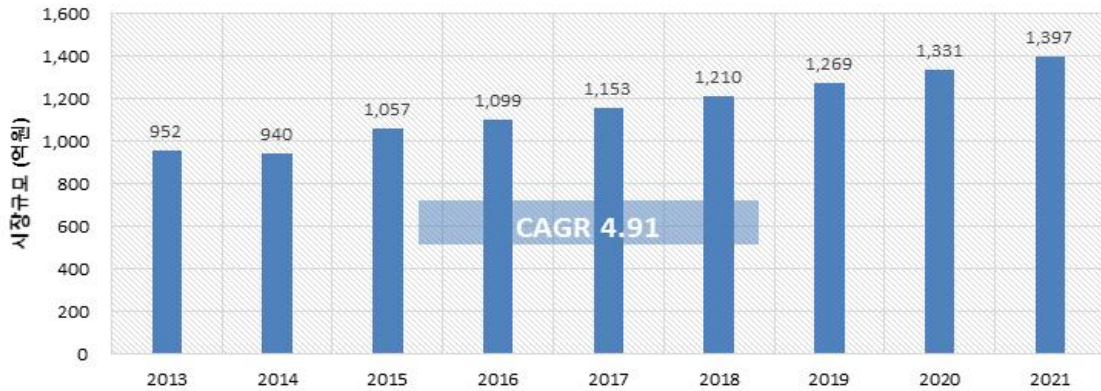
속 추진하고 있어, 2016~2018년 동안 울산신항 등 15건에 약 9,000억원의 오픈 셀 케이스 적용 가능 항만 건설 사업이 예정되어 있음

표 5.3.5 오픈 셀 케이스 적용 가능 항만 건설사업(2016~2018)

예정사업명	공사비 (억원)	착공시기	예정사업명	공사비 (억원)	착공시기
평택현대제철소부지매립	84	2016 하반기	동해항3단계방파제1,2공 구	1,360	2016 상반기
평택현대제철광석부두	168	2018 상반기	포항신항스웰방지시설	350	2017 상반기
평택GS글로벌잡화부두	192	2016 하반기	제주외항3단계	228	2018 상반기
군산풍력지원항만	84	2016 하반기	울산신항남방파제2-2공 구	1,540	2018 상반기
포스파워 (화력발전소)	1,440	2016 상반기	동해항3단계방파제1,2공 구	496	2018 상반기
강릉안인화력 (화력발전소)	1,400	2016 상반기	기사문항	100	2016 하반기
울릉사동항	538	2016 하반기	부산신항서컨테이너부두 2-6단계	420	2018 하반기
울산신항북방파호안	114	2016 하반기	기타 발주사업	500	수시

○ 시장규모 및 전망

- 선박의 대형화 추세와 석재원의 부족으로 인한 사석경사제 적용의 한계, 품질 확보와 공기단축 등을 이유로 최근 대형케이스를 이용한 안벽 및 방파제의 시공이 증가하고 있음
- 오픈 셀 케이스가 적용되는 항만구조물의 경우 주로 정부 주도로 예산이 편성되고 집행되는 경우가 대부분으로 케이스 시장 현황은 정부의 항만건설 예산 편성 현황을 살펴봄으로써 파악이 가능함
- 정부의 항만건설 예산은 2013년 1조 2,287억원에서 연평균 4.91% 성장률로 2016년 1조 4,186억원으로 증가함
- 항만 건설비용의 7.75%가 케이스 시장규모로 추정되므로 항만 건설비용에 7.75%를 적용하여 오픈 셀 케이스 시장규모를 추산한 결과 오픈 셀 케이스 국내 시장규모는 2013년 952억원, 연평균 4.91% 성장률로 2016년에 1,099억원 규모에 이르는 것으로 추정됨
- 향후 연평균 성장률 4.91% 수준을 유지할 것으로 전망되며, 2021년 1,397억원 규모를 형성할 것으로 예상됨



	2013	2014	2015	2016	2017(E)	2018(E)	2019(E)	2020(E)	2021(E)	CAGR
케이스 제작 및 설치비용	952	940	1,057	1,099	1,153	1,210	1,269	1,331	1,397	4.91%
항만 건설비용	12,287	12,125	13,640	14,186	14,883	15,613	16,380	17,184	18,028	4.91%

그림 5.3.1 국내 오픈 셀 케이스 시장규모 및 전망 (단위: 억원)

(출처: 해양수산부 항만 건설 예산 및 연평균 성장률 적용, 케이스 제작 및 설치비용은 항만건설비용의 7.75% 적용)

○ 해외 항만 수주 동향

- 최근 들어 지구 온난화와 함께 초대형 태풍 및 쓰나미 등의 영향으로 국내뿐 아니라 세계적으로 피해가 증가하고 있음
- 특히 태풍의 경우 규모가 대형화되면서 방파제 등 항만시설의 피해 규모도 갈수록 커지고 있어, 안정성 및 경제성을 제고한 오픈 셀 케이스의 필요성이 커지고 있음
- 2030년 전 세계 인프라 시장규모는 57.3조 달러로 전망되고 있으며, 이 중 항만 인프라 시장규모는 0.7조 달러로, 일반적으로 신규 항만 건설시 전체 비용의 74%정도가 항만 건설에 투자되는 것으로 분석됨
- 이에 따라 항만건설 시장과 항만장비 시장은 각각 520억 달러, 180억 달러가 될 것으로 예상됨
- 해외 건설 수주는 세계 경기변동 및 사업 수주 관련 변수에 의해 증감이 반복되고 있으나 항만 수주액 비율은 지속적으로 증가하고 있는 추세임

표 5.3.6 항만 수주액(단위 : 달러, %)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
수주건수(건)	14	8	8	6	10	13	3	5
수주액(억 달러)	24	14	17	8.5	10.9	19.5	7.1	29

(출처: 건설산업연구원)

- 지역별로는 저유가 국면 지속으로 중동·아프리카·남미 산유국의 인프라투자 축소가 지속되고 있으나 아시아인프라투자은행(AIIB) 출범, 이란 경제제재 해제 등 인프라시장 환경 변화에 따라 아시아·중동시장 수요가 확대될 것으로 전망됨

표 5.3.7 2014/2015년 지역별 해외 건설 수주액 및 누적액 (단위 : 달러, %)

구분	1965~' 15.12.31		' 14.1.1 ~ ' 14.12.31		' 15.1.1 ~ ' 15.12.31	
	누계금액	비중	기간금액	비중	기간금액	비중
계	7,222	100.0	660.1	100.0	461.4	100.0
아시아	2,189	30.3	159.2	24.1	197.2	42.7
중동	3,982	55.1	313.5	47.5	165.3	35.8
중남미	368	5.1	67.5	10.2	45.3	9.8
북미, 태평양	285	3.9	30.4	4.6	36.5	7.9
아프리카·유럽	399	5.5	89.5	13.6	17.1	3.7

(출처: 해외 건설 협회)

## ○ 시장 SWOT 분석

- 오픈 셀 케이스 기술 및 제품의 시장 SWOT 분석 결과 기존 케이스 구조물 대비 차별화된 기술 우위성, 시공 효율 및 경제성, 사업화 주체의 기술사업화 성공 경험 및 항만 구조물 시공 노하우 등은 강점으로 나타났으며, 상용화 개발 리스크, 시공사의 브랜드 인지도, 시장 진입의 어려움(신공법 채택) 등이 약점으로 분석됨

표 5.3.8 오픈 셀 케이스 시장 SWOT 분석 및 대응전략

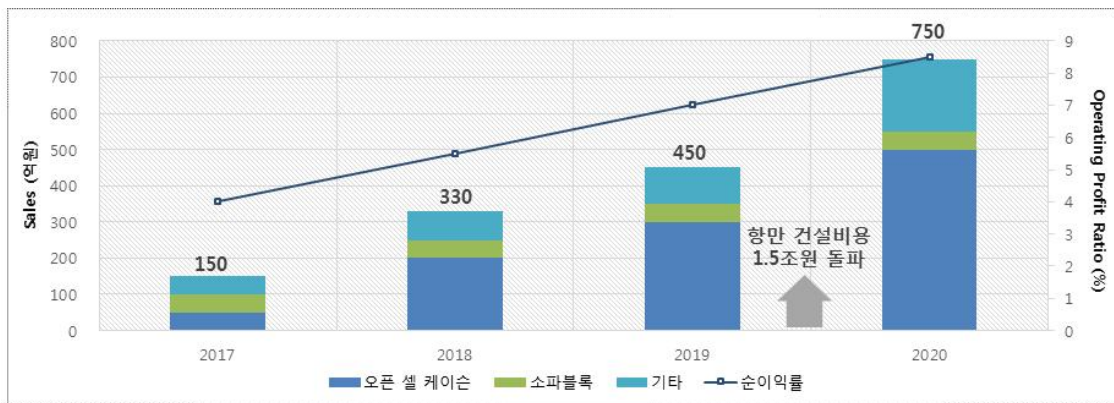
SWOT	Analysis
Strengths	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국해양과학기술원의 우수한 기술개발 역량               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수 기술개발 인력 보유</li> <li>- 사업화 대상기술 외 다양한 방파제 관련 기술 보유(시공 리스크 대응)</li> <li>- 권리 안정성 우수</li> </ul> </li> <li>▪ 한국해양과학기술원의 브랜드 인지도 활용 가능</li> <li>▪ 사업화 추진 기업의 기술사업화 성공 경험 및 항만 구조물 시공 노하우</li> <li>▪ 기존 케이스 기술 대비 시공기간 단축 및 제조원가 절감</li> <li>▪ 기존 케이스 대비 안정성 우수</li> </ul>
Weaknesses	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 상용화를 위한 기술이전 및 추가 연구개발 필요</li> <li>▪ 사업화 추진 기업의 낮은 브랜드 인지도</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 신공법 노하우 확보 및 시제품 개발을 위한 상용화 연구개발 추진계획 수립</li> <li>▶ 연구소기업 설립을 통한 브랜드 인지도 확보</li> <li>▶ 대형 건설사(원도급사) 협력을 통한 수주물량 확보</li> </ul>
Opportunities	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정부의 항만 인프라 확충 정책 추진</li> <li>▪ 사회간접자본시설로서 안정적인 수요 발생</li> <li>▪ 정부의 항만 건설 분야 예산 증가</li> <li>▪ 국민 생활수준 향상에 따른 해양레저 수요 증가</li> <li>▪ 지구온난화와 태풍 발생 증가 등에 따른 안전한 항만구조물 수요 증가</li> </ul>
Threats	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경쟁 및 대체 기술 출현 가능성</li> <li>▪ 항만건설 분야의 보수성으로 인한 신공법 채택의 어려움</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 기술 포트폴리오 강화</li> <li>▶ 신기술(시범사업) 인증을 통한 시공 레퍼런스 확보</li> </ul>

- Weaknesses, Threats로 분석된 상용화 개발 리스크, 브랜드 인지도, 경쟁기술 출현, 신공법 채택의 어려움 등은 상용화 R&BD 구체화, 연구소기업 설립 및 대형 건설사 협력체계 강화, 기술 포트폴리오 구축 및 신기술 인증을 통해 사업화 성공 가능성을 높이고자 함

## 나. 추진계획

### ○ 사업화로드맵



	제품개발-실증	국내기술 범용화	국제 기술 보급 및 범용화
제품	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항만 신기술 인증 사업 시공</li> <li>- 오픈 셀 케이스 기본모델 제작</li> <li>- 부속 시공 구조물 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오픈 셀 케이스 적용 모델 확장</li> <li>- 방파제, 접안시설, 호안 등</li> <li>• 시공 레퍼런스 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오픈 셀 케이스 적용 해양 복합구조물</li> <li>- 해외 기술 홍보, 보급 및 사업 수주</li> </ul>
핵심 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오픈 셀 케이스 설계</li> <li>• 케이스 제작 및 진수(노하우)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양 환경별 오픈 셀 케이스 장대화 설계 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양 구조물 자연생태하 기술 융합</li> <li>- 해조목장, 생태복원공간 조성 등</li> </ul>
시장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양수산부 발주 시범사업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지자체, 해양항만청, 지방항만공사 등 수요처 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Global Market</li> <li>- 해외 항만시설 사업 수주</li> </ul>

그림 5.3.2 코이도(주) 사업화 로드맵

- 오픈 셀 케이스의 현장 시공 레퍼런스 확보를 위해 해양수산부 신기술 시범사업을 추진하며, 해양 구조물에 대한 오픈 셀 케이스 적용모델을 단계적으로 확대함
- 복합 시공에 따른 전문 시공업체 간 supply chain을 구축할 계획임

표 5.3.9 오픈 셀 케이스 사업화 협의체 포트폴리오



- 호퍼준설, 치환모래 투하, 사석치환, 기초사석 다짐 등 해저 기초공사 전문업체, SEALOCK 제작 및 공급업체, 석산 개발 및 사석 공급업체, 기타 해양 구조물 운반 및 거치 지원기업 등 기존 시공 협력기업을 중심으로 사업화 협의체를 구성할 계획임
- KIOST는 해양환경에 따른 설계 시뮬레이션, 수리모형 실험 등 시공 안정성 및 적합성 연구 협력을 추진하고자 함

○ 제품 상용화 개발내용

1) 조사·시험 및 연구

- 케이스 설계에 따라 해양 환경에 대한 안정성 및 신뢰성 검증을 위해 수리모형 실험, 케이스 설계해석, 진동대 실험, 수치모형 실험, 연파·두부안정성 실험, 대형직접전단실험, 평면수리모형실험 등을 진행함

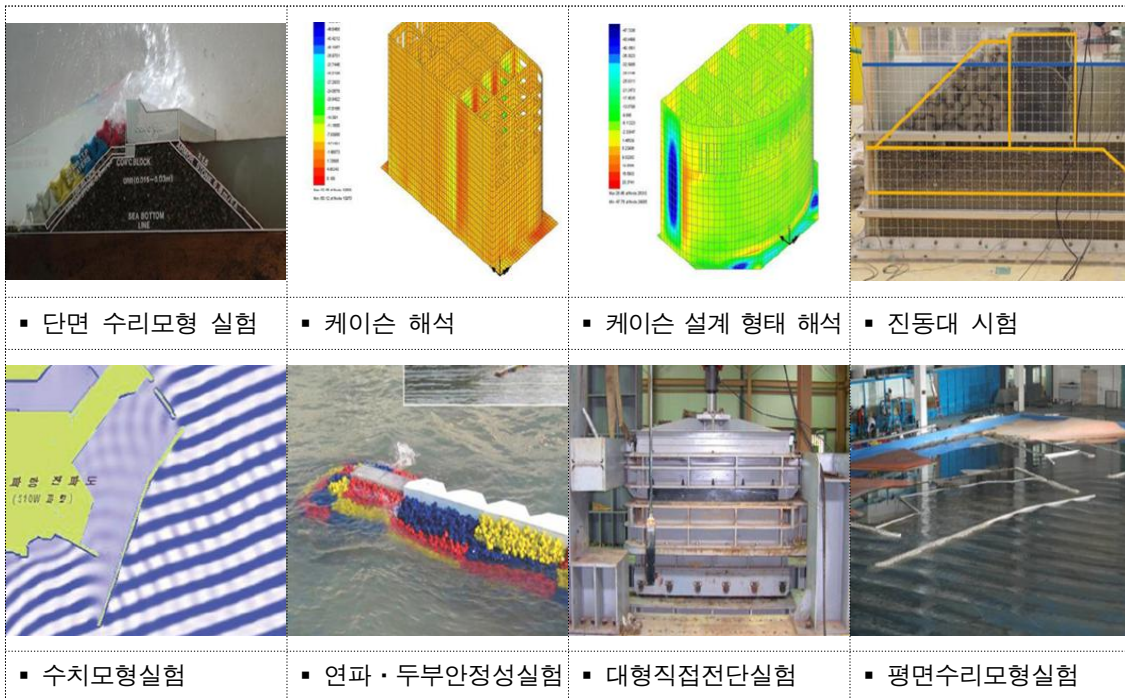


그림 5.3.3 조사 시험 및 연구의 종류

## 2) 시공법 수립

- 지반구조(기반암, 해성퇴적층, 활성단층분포 등), 수심, 파랑 등 해양환경 분석 및 이에 따른 구조형식(방파제 단면) 결정(혼성제, 사석경사제 등 적합성 파악)  
→ 구조적 안정성, 시공성 고려
- 사석제 작업환경 분석 → 육상작업, 해상작업 등 작업 환경 여건 분석 후 이에 따른 사석제 공급 시스템 구축
- 또한 부등침하 조건 분석을 통한 내진강화 기초공법, 준설치환공법 등 적용 설계
- 항내 다중반사파와 연파 모두 억제가 가능한 케이슨 설계(지름, 폭, 유공률, 형태 등) → 육상 제작중량, 채움 후 수중 중량, 거치함수, 공장식 제작 공정기간 등 산출
- 항내 정온도 평가를 통한 개선률 파악
- 항 입구부 항로폭 확보
- SEALOCK 선정 및 안정성 분석 → 기존 TTP의 구조 파괴 현상 발생에 따라 개량형 TTP 적용 검토 및 수리특성 분석



3) 케이슨 제작





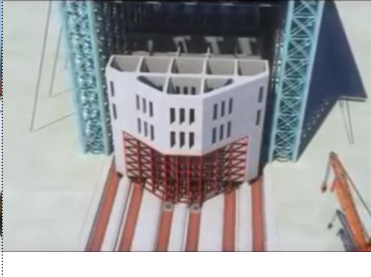
Step 1	Step 2	Step 3
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 케이슨 bed위 soffit form 거치 (철근 조립 및 콘크리트 타설)</li> <li>▪ 양생 후 IP-CCV로 이동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gantry Tower의 Slip form 하강</li> <li>▪ 케이슨 제작(10~25cm/h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 재킹 시스템 이동</li> <li>▪ DCL선 선적</li> </ul>

그림 5.3.4 시공 과정

4) 예정 공기 시뮬레이션 및 효과 분석

- 시공 시뮬레이션을 통한 시공관리 체계화 및 공법 적용에 따른 경제적 효과 분석
- 경제성 분석 결과를 통한 사업 수주 경쟁력 확보

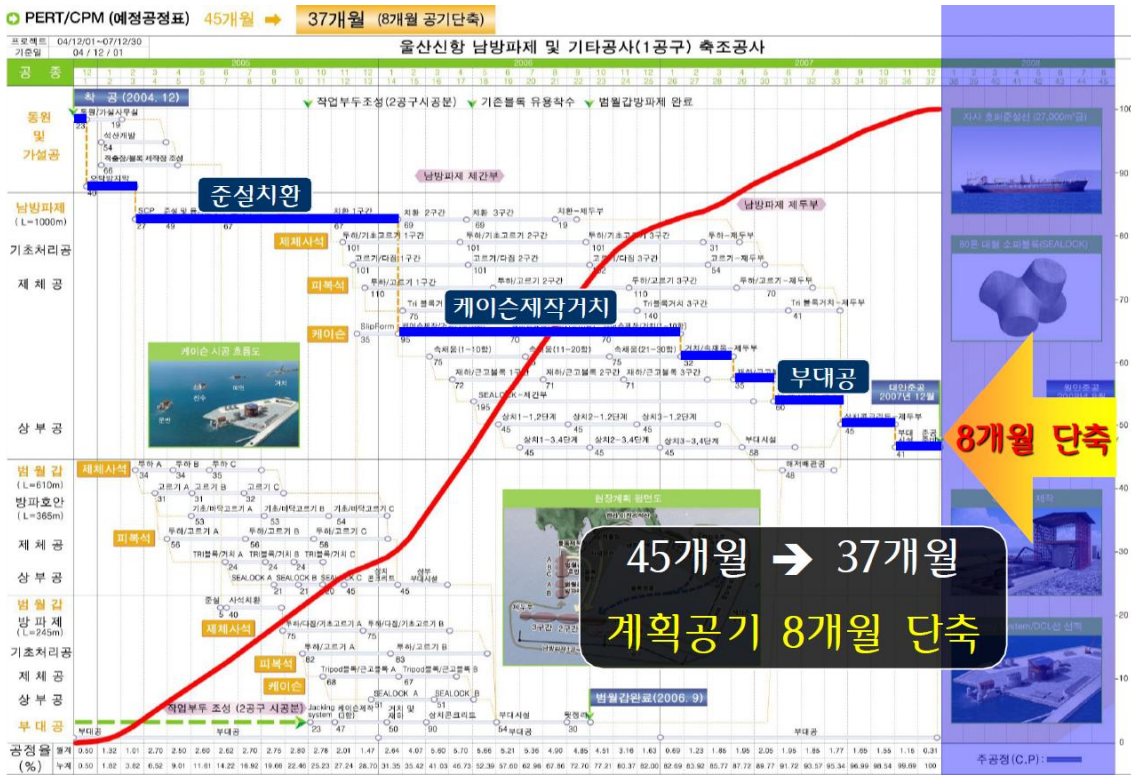


그림 5.3.5 공기 시뮬레이션

다. 재무계획

○ 매출계획 및 기대효과

- 사업화 초기단계인 2017년은 해수부 시범사업을 중심으로 오픈 셀 케이스 공법을 적용함으로써 시공 레퍼런스 및 노하우를 확보할 계획임
- 오픈 셀 케이스 시공은 기술 범용화 시 대부분의 해안 구조물 시공에 적용될 수 있으므로 2020년 매출액 500억원을 목표로 하고 있으며, 해안 구조물 시공 확대에 따른 부수적인 제품군 매출 확대가 예상됨
- 기존 소파블록 사업은 현재 사업규모인 50억원 수준을 유지할 것으로 예상되며, 신규 소파블록 구조체 개발에 따라 매출 변동폭은 유동적일 것으로 전망됨
- 장비 및 시설투자에 소요되는 비용에 대해 지속적인 자본 증자를 계획하고 있으며, 매출 순이익의 재투자를 활성화함
- 또한 사업화 초기 상용화 연구개발 과제를 통해 시공 안정성을 강화하고 표준 시공모델로 정착될 수 있도록 추진함
- 2020년 이후 IPO를 통해 해외사업 등 사업확장을 위한 대규모 자본을 확보할 계획이며, 투자자 수익을 배분할 예정임
- 현재 코이도(주)는 다수의 사업수주를 통해 안정적인 매출구조를 확보하고 있

으며, 오픈 셀 케이슨에 대한 신규 투자 여건을 보유하고 있음

표 5.3.10 매출계획

구 분		사업화 년도			
		( 2017 )년	( 2018 )년	( 2019 )년	( 2020 )년
투자계획 (백만원)	장비 및 시설	1,000	1,700	1,600	-
	연구개발	-	300	300	-
	계	1,000	2,000	1,900	-
판매계획 (백만원)	오픈 셀 케이슨	5,000	20,000	30,000	50,000
	소파블록	5,000	5,000	5,000	5,000
	기타	5,000	8,000	10,000	20,000
	계	15,000	33,000	45,000	75,000
수입대체효과		-	-	-	-
고용 창출(명)		3	5	5	10

표 5.3.11 오픈 코이도(주) 기 운영 중인 현장

	현장명	발주처	원도급사	총계약금액	공사기간
1	장항항 물양장 블록제작거치 및 기 조사석공사	군산지방 해양항만청	금호산업(주)	5,462,123,045	11.05.13-16.11.11
2	화순항 2단계 개발사업(제주)중 토공 및 구조물(토목)	제주특별 자치도	GS건설	4,955,500,000	14.04.22-17.10.15
3	익산C-금마간 지방도 확포장공사	전라북도	(유)이도건설	11,689,293,000	14.05.07-20.03.15
4	오일허브(1단계) 하부시설 및 항만배 후단지(2공구) 건설공사	울산항만 공사	삼부토건(주)	1,646,480,000	15.08.17-17.06.30
5	애월항 2단계 개발사업 중 접안시 설 블록제작/거치공사	제주특별 자치도	SK건설	1,378,520,000	15.09.01-17.02.06
6	상입석 하수관로 정비사업 (1차분)	전라북도 부안군		3,963,953,000	16.11.25-18.11.17

○ 인력 고용 계획

(단위: 명, 백만원)

표 5.3.12 연차별 인력 확보 계획

구 분		2017	2018	2019	2020
신규 채용 인력	연구	1	2	1	2
	시공관리	1	2	3	3
	경영/관리	1	-	-	1
	영업/마케팅	-	1	1	4
상시 고용자 수 (누적)		3	5	5	10
인건비		120	295	480	850

- 항만 구조물 시공 총괄역할을 추진하기 위한 시공관리 인력 및 경영인력을 중심으로 충원을 계획하고 있으며, 단계적으로 연구 및 영업/마케팅 인력을 확충할 예정임
- 부가적으로 건설 산업 특성상 직접 고용인력 외 시공에 따른 현장 근로자의 고용창출 효과가 있음

표 5.3.13 추정 재무제표

구 분	전 전 기 (2017년)	전 기 (2018년)	당 기 (2019년)
총 자 산	92	203	277
자 기 자 본 (납입자본금)	59 (35)	124 (51)	170 (67)
총 부 채	33	79	107
매 출 액	150	330	450
당기 순이익	4	5.5	7

(단위 : 억원)

○기대효과(사업타당성평가)

비전	차세대 항만 구조물 시공 전문 기업
사업 타당성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국내의 항만 건설 및 유지보수 관련 시장의 지속적인 성장</li> <li>▪ 최근 기후변화 영향으로 기존 구조물 안정성 제고를 위한 보강사업 성장</li> <li>▪ 사업화 대상기술의 우수한 혁신성, 안정성, 경제성을 통해 사업화 성공 가능성 높음</li> <li>▪ 한국해양과학기술원과의 공동 사업화를 통한 브랜드 인지도 제고 및 기술대응 역량 우수</li> <li>▪ 사업화 자금조달 역량 보유 및 IPO를 통한 사업확대 가능성 높음</li> </ul>
기대효과	내용
기술적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 케이슨 시공의 구조적 안정성 개선 : 인접 케이슨 간의 인터로킹 효과에 의해 항만 구조물에 작용하는 최대하중이 분산되어 구조물의 안정성 향상</li> <li>▪ 케이슨 시공 안전성 향상 : 시공 과정의 취약 시기에도 인터로킹에 의한 파랑의 최대 수평력을 평활화하여 수평력에 대한 저항력을 높임</li> <li>▪ 국내적으로 취약한 항만건설기술의 산업화 선도</li> </ul>
경제적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 케이슨 시공비 절감 : 케이슨 측벽 감소에 따른 제조비용 절감 : 인터로킹을 위한 수중 시공 및 별도 장비 불필요(시공 단순화 및 유지관리 용이)</li> <li>▪ 항만 시설물 관련 투자 확대</li> </ul>
사회적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 항만 구조물 안정성 향상에 따른 유지보수 예산 절감</li> <li>▪ 기후변화 대응 신개념 항만구조물 설계 및 활용</li> </ul>
산업적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 항만 구조물 신공법 활성화</li> <li>▪ 신규 고용인력 확대 및 신공법 전문인력 양성</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ KIOST 개발 기술의 기술사업화를 통한 대외적 위상 제고 및 내부 연구원들의 기술개발 의지 강화</li> <li>▪ 연구소기업의 지분가치 상승, 이익 배당금, 기술료 수입 등으로 인한 KIOST 수입 증가 및 관련 연구원의 사기 진작</li> <li>▪ KIOST와 산업체간 사업화 협력 강화</li> </ul>



## 참고문헌

- 박우선, 원덕희, 서지혜 (2017) 파랑하중에 대한 인터로킹 케이스 방파제의 미끌림 안정성 평가식 제안, 2017 한국해안·해양공학회논문집, 29(2), 77-82.
- 박우선, 서지혜, 원덕희 (2016) 오픈 셀 케이스 방파제의 시공중 안정성 평가, 2016 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 74-77.
- 박우선, 서지혜, 원덕희 (2016) 파랑하중에 대한 인터로킹 케이스 방파제의 동적 거동 해석 모델, 2016 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 82-85.
- 박우선, 서지혜, 오상호, 원덕희 (2015). 인터로킹 케이스 방파제의 설계파력분포식 적용성 평가, 2015년 한국해안·해양공학회 추계학술발표대회, 253-256.
- 박우선, 서지혜, 원덕희 (2015). 이상파랑 작용시 케이블로 연결된 인터로킹 케이스 방파제의 파력 분산특성, 2015년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 79-82.
- 박우선, 서지혜, 오상호 (2015). 인터로킹 케이스 방파제의 설계파력분포, 2015년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 83-86.
- 박우선, 한상훈, 오상호, 장세철, 김범형 (2011) 구조실험에 의한 인터라킹 방파제 저항능력 평가 2011년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 1911-1014.
- 박우선, 박성현, 장세철 (2011). 파랑하중에 대한 인터라킹 방파제 동적 해석모델, 2011년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2247-2249.
- 박성현, 박우선, 김한샘 (2011). 인터라킹 방파제의 구조적 거동 평가, 2011년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 1915-1918.
- 서지혜, 원덕희, 박우선 (2017) 고파랑 대비 채움재를 이용한 오픈 셀 케이스의 전단 벽체 거동 분석, 2017 한국해안·해양공학회논문집, 29(2), 83-91.
- 서지혜, 원덕희, 박우선 (2016). 오픈 셀 케이스의 전단횡격벽 거동분석, 2015년 한국산학기술학회 춘계 학술발표, 581.
- 서지혜, 박우선, 원덕희, 이진학, 오상호 (2015). 이상파랑 작용 시 인터로킹 케이스 방파제 거동의 수치모의, 2015년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 167-170.
- 원덕희, 박우선, 서지혜 (2017) 오픈 셀 케이스 구조실험용 채움재 직접전단 실험 분석, 2017 한국해안·해양공학회 추계학술대회, 200.
- 원덕희, 박우선, 서지혜 (2017) 실험을 통한 오픈 셀 케이스의 구조성능 분석, 2017 한국해안·해양공학회 추계학술대회, 199
- 원덕희, 서지혜, 박우선 (2016) 오픈 셀 케이스 방파제의 지반반력특성 분석, 2016 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 78-81.
- 원덕희, 서지혜, 박우선 (2015). 오픈 셀 케이스의 전단블록 거동 분석, 2015년 한국해안·해양과학기술협의회 추계학술발표대회, 265-268.
- 원덕희, 서지혜, 박우선, 오상호, 이진학 (2015). 키블록을 이용한 인터로킹 케이스의 구조 거동 분석, 2015년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 87-90.
- 오상호, 이진학, 박우선, 장세철 (2015). 케이블로 연결된 인터로킹 케이스 방파제 수리실험, 2015

- 년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회
- 이병욱, 박우선, 오상호, 원덕희, 장세철, 서지혜(2017) 오픈 셀 케이슨 방파제의 안정성 평가를 위한 수리실험, 2017 한국해양·해양공학회 추계학술대회, 201.
- 이요섭, 이오진, 박우선 (2015). 오픈 셀 케이슨의 항만 부두 구조물에의 적용, 2015년 한국해양·해양공학회 추계학술발표대회, 257-260.
- 이창훈, 정재상, 박우선, 조용식 (2012). 공간적인 위상차를 고려하여 장대 이안제에 작용하는 파력 예측, 2012년 한국해양·해양공학회 추계학술발표대회, 32-35.
- Battjes, J. A. (1982). Effect of short-crestedness on wave loads on long structures, *Applied Ocean Research*, 4(3), 165-172, 1982.
- Burcharth, H.F. and Liu, Z. (1998). Force Reduction of Short-crested Non-breaking Waves on Caissons. Final Report of MAST III/PROVERBS, Volume IIa, CH.4.3.
- Goda, Yoshimi. (2010). *Random Seas and Design of Maritime Structures*. World Scientific, 708.
- Kim, B.H., Lee, J.W., Park, W.S. and Jung, J.S. (2010). Making Long Caisson Breakwater Using interlocking System, *KSCE J. Civil Engrg.*, 58(12), 65-71.
- Kim, B.H., Kim, J.S., Park, S.Y. and Kim, J.W. (2011). Design Case of the 3D Interlocking Breakwater, *Proc. KAOSTS '11 Conf.*, 1903-1906.
- Lee, C., Jung, J. S., Park, W. S., & Cho, Y. S. (2013). Random wave loads on a long detached breakwater considering diffraction.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). (2015). Report of Technology R&D of Long Caisson Structure for Harbor(in Korean).
- Seo, J. H., Won, D. H., & Park, W. S. (2016) Shear Behaviors of Inter-Cells in Open-Cell Caisson Breakwaters, 2016 PACOMS
- Seo, J. H., Yi, J. H., Park, W. S., & Won, D. H. (2015). Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters by Cross Cables. *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, 27(5), 315-323.
- Seo, J. H., Yi, J. H., Won, D. H., & Park, W. S. (2015). Dispersion of wave forces on caisson breakwaters using interlockng systems, *ASEA-SEC2*, 345-350.
- Simulia (2013) ABAQUS
- Takahashi, S., and Shimosako, K. (1990). Reduction of wave force on a long caisson of vertical breakwater and its stability. Technical Notes No. 685, Port and Harbour Research Institute, Yokosuka, Japan.
- Takayama, T., and Higashira, K. (2002). Statistical analysis on damage characteristics of breakwaters. *Proc. of Ocean Development Conf.*, 18, 263-268. (in Japanese).
- Yi, J. H., Park, W. S. Seo, J. H., & Won, D. H. (2015). Evaluation of Enhanced Performance for Caisson-type Breakwaters Using Interlocking System, *PACOMS 2014*, 411-414.





# 부 록



## 부록 A. 오픈 셀 케이스 방파제 설계지침(안)



## A-1. 총설

### (1) 일반

오픈 셀 케이슨 방파제의 설계는 자연조건, 시공조건, 경제성 등을 고려해서 적절한 구조형식을 선정하고 파력저항특성에 대해서는 필요에 따라서 3차원 수리모형실험 등을 행하여 검토하는 것이 좋다.

해설)

오픈 셀 케이슨 방파제는 입사파랑이 방파제 법선에 경사지게 작용하는 경우에 적용성이 매우 뛰어나다. 특히, 이상파랑에 의해 방파제 일부분에 설계과 이상의 파가 작용하는 경우에 인접케이슨이 연대하여 대응하게 되므로 저항성이 매우 뛰어나다. 본 방파제는 다음의 특징을 갖는다.

- ① 본 방파제는 일반케이슨에서 방파제 기준선 방향의 양측 셀의 1/2 정도를 제거하고, 저판, 내부 격벽 일부를 제거한 형태의 오픈 셀 케이슨(그림 A.1 참조)으로 구성된다.
- ② 인접하는 오픈 셀 케이슨에 의하여 형성되는 인터셀(오픈 셀이 만나서 형성되는 셀)에 사석마운드의 기초사석(0.015m<sup>3</sup>~0.03m<sup>3</sup>)을 채워 넣어 케이슨의 법선방향 움직임에 대하여 서로 인터로킹되도록 한 구조를 갖는다.
- ③ 케이슨을 인터로킹시켜 장대화하면, 입사파가 법선에 경사지게 입사하는 경우, 파압의 위상차에 의하여 방파제에 작용하는 최대파력이 저감되게 되어 일반 케이슨과 동등한 자중을 갖는 경우 안정성이 대폭 강화되는 특징을 지닌다(그림 A.2 참조).



그림 A.1 일반 케이슨과 오픈 셀 케이슨 비교

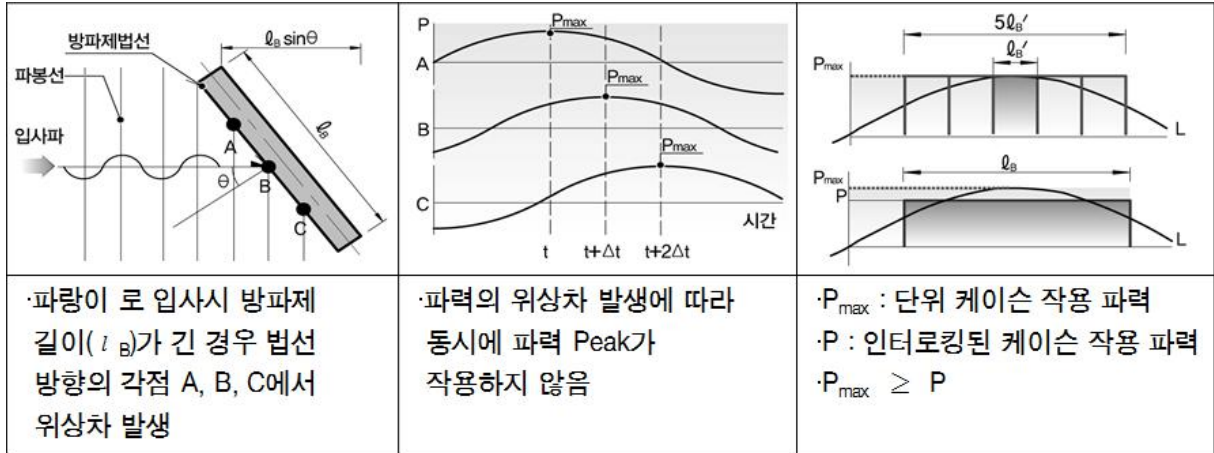


그림 A.2 경사입사파에 의한 단위 케이슨당 작용 최대파력 비교도

## (2) 적용기준

본 매뉴얼에 표시하지 않는 사항에 대해서는 다음 기준을 따른다.

- ① 항만 및 어항 설계기준 (해양수산부), (이하 설계기준이라 함)
- ② 콘크리트 표준시방서 (건설교통부), (이하 콘크리트시방서라 함)

해설)

본 매뉴얼에서 특별히 지정하지 않는 경우에는 ①~②기준을 따른다. 예를 들면 본 매뉴얼에서는 기술하지 않는 해상조건, 재료조건 및 구조해석방법 등에 대해서는 ①~② 기준의 해당규정을 적용한다.

## (3) 용어의 정의

본 매뉴얼에서 사용하는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

- 오픈 셀 : 오픈 셀 케이슨의 양측의 기준선 방향으로 열린 셀을 의미한다. 오픈 셀 내측에는 전달력의 분산을 위해 전단벽이 설치되며, 외측벽체가 셀로 된 경우도 포함된다.
- 인터 셀 : 마주하는 오픈 셀에 의해서 형성된 공간을 의미한다. 인터셀은 사석마운드 기초사석으로 채워지게 된다.

해설)

오픈 셀 케이슨 방파제의 각 부분의 명칭은 그림 A.3과 같다.

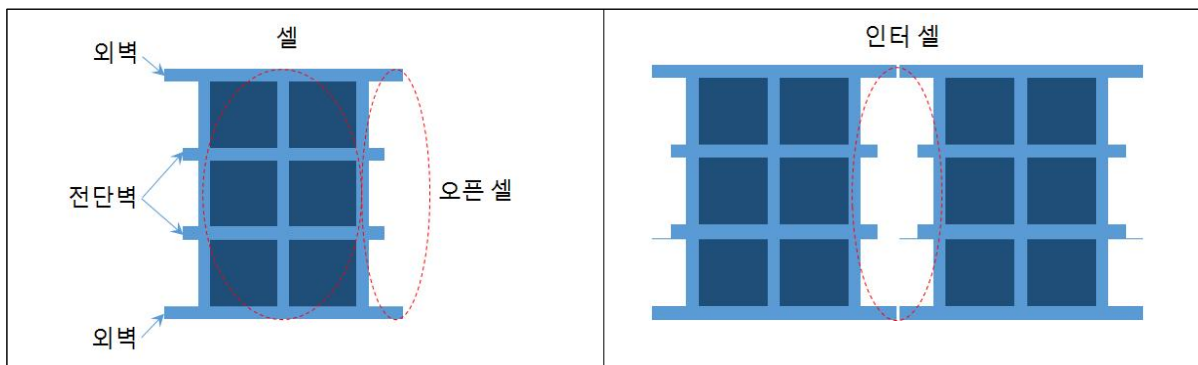


그림 A.3 오픈 셀 케이슨 방파제의 각 부분 명칭

## A-2. 설계의 조건

오픈 셀 케이스 방파제의 설계는 설계기준 제7편 외곽시설 제2장 방파제 및 제3장 기타형식의 방파제에 의거해서 기능 및 현상을 검토하고 소요 구조제원을 적절히 설정하는 것으로 한다.

해설)

오픈 셀 케이스 방파제의 설계는 일반적으로 그림 B.4에 나타난 순서에 의해서 행하는 것이 좋다. 설계순서는 통상의 케이스 혼성제의 경우와 같지만 오픈 셀 구조의 형상, 크기 등은 방파제 안정성 및 구조 안전성을 고려하여 적절히 결정한다.

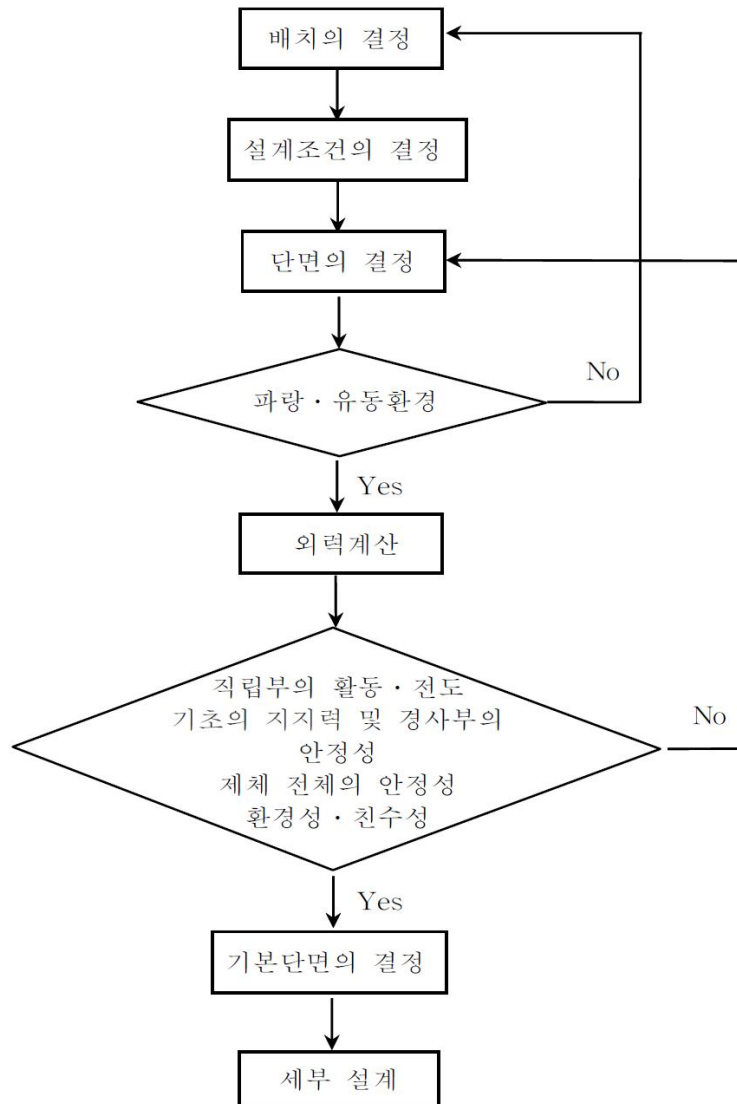


그림 A.4 설계 순서도



### A-3. 설계조건 결정

오픈 셀 케이스 방파제의 설계조건은 설계기준 제7편 외곽시설 제2장 방파제 2-3 설계조건의 따라서 결정한다.

### A-4. 기본단면 설정

#### (1) 기능에 따른 구조조건 설정

오픈 셀 케이스 방파제의 기능에 따른 구조조건은 설계기준 제7편 외곽시설 제2장 방파제 2-5 기본단면의 설정 2-5-1 직립제 및 2-5-2 혼성제를 표준으로 하여 결정한다.

#### (2) 안정성에 따른 구조조건 설정

오픈 셀 케이스 방파제의 안정성에 따른 구조조건은 케이스 인터로킹에 의한 최대 파력의 분산효과, 케이스 제작시의 시공성 등을 고려하여 결정한다.

해설)

- ① 방파제에 작용하는 최대 파력의 분산효과는 방파제 법선에 대해 경사진 각도( $\theta$ )가 커질수록 크게 나타난다(그림 A.5 참조).

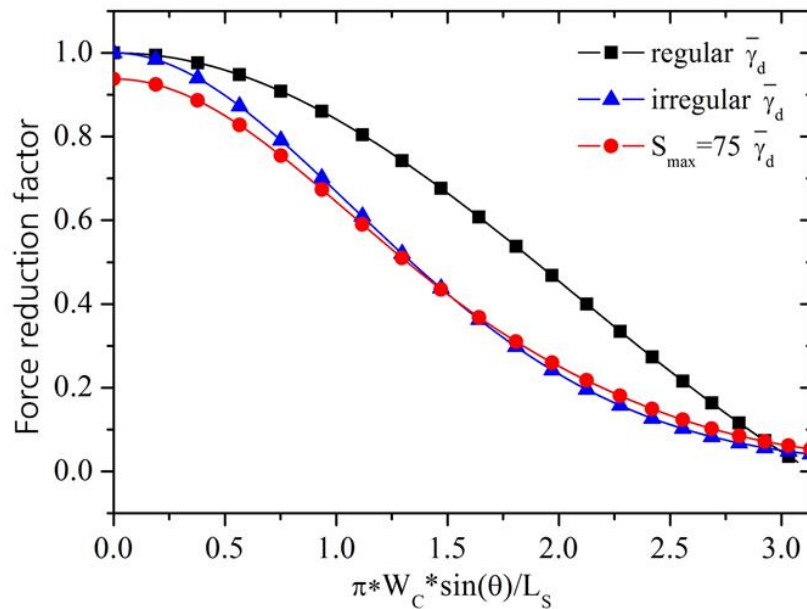


그림 A.5 규칙파, 및 일방향/다방향 불규칙파에 대한 파력감소계수 변화

② 본 방파제는 인접 케이슨과 인터로킹시키게 되므로 방파제 (1) 기능과 (2) 안정성을 동시에 고려하여 기본 단면을 설정하는 것이 필요하다. 예를 들면, 방파제 일부 구간에 기능적인 목적으로 단면을 크게 설정한 경우는 인접 케이슨의 단면을 작게 해도 방파제 전체의 안정성은 확보할 수 있다(그림 A.6 참조).



그림 A.6 기능성과 안정성을 고려한 방파제설계 예

## A-5. 외력계산

### (1) 일반

외력계산은 제2장 방과제 2-6 외력계산을 표준으로 한다.

해설)

- ① 오픈 셸 케이슨 방과제의 안정성의 검토에 있어서는 통상 케이슨제의 경우와 같은 파력, 정수압, 부력, 자중 등의 외력을 고려하여야 한다. 그 중에서도 파력에 대해서는 통상의 케이슨제에 작용하는 파력과 같은 산정식을 적용할 수 있으나 경사 입사에 의한 파력의 분산효과를 고려를 하여야 한다.
- ② 파력의 계산에 사용하는 조위는 오픈 셸 케이슨 방과제의 안정성 및 부재에도 최대 위험한 조위로 한다.

### (2) 파력

방과제 단면에 작용하는 파력의 계산은 제2장 방과제 2-6-2 파력에 따라 결정한다.

### (3) 정수압, 부력, 자중

정수압, 부력, 자중의 산정은 설계기준 제2장 방과제 2-6-3 정수압, 2-6-4 부력 및 2-6-5 자중에 의하여 결정한다.

### (4) 지진시의 동수압

지진시의 동수압은 설계기준 제2장 방과제 2-6-6 지진시의 검토에 의하여 결정한다.

## A-6. 안정계산

- (1) 오픈 셸 케이슨 방파제 직립부의 안정성 검토는 파괴 안전율에 근거한 설계법을 표준으로 한다.
- (2) 파괴 안전율에 근거한 설계법을 사용할 경우, 직립부의 안정성 검토는 다음에 열거한 ①~⑤에 따르는 것을 표준으로 한다.

- ① 활동에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우, 안전율은 구조물의 특성에 따라 적절한 값을 취한다.

$$F_S \leq \frac{\mu(W_O - B)}{(P + \mu U) \cdot \gamma_S} \quad (A-1)$$

여기서,  $F_S$ ,  $\mu$ ,  $W_O$ ,  $U$ ,  $P$  및  $\gamma_S$ 는 각각 다음과 정의된다.

$F_S$  : 직립부의 활동에 대한 안전율

$\mu$  : 직립부와 기초사석부의 마찰 계수

$W_O$  : 직립부의 중량 (kN/m)

$B$  : 직립부에 작용하는 부력(kN/m)

$P$  : 직립부에 작용하는 수평파력 (kN/m)

$U$  : 직립부에 작용하는 양(+)방향 수직파력 (kN/m)

$\gamma_S$  : 인터로킹된 케이슨에 의해 체결된 방파제에 작용하는 과압의 길이방향 위상차를 고려한 미끌림 방향 최대파력 저감계수 (해설 (3) 참조)

- ② 전도에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우에 있어서 안전율은 구조물의 특성에 따라 적절한 값을 취한다.

$$F_S \leq \frac{(W_O \cdot t_1 - B \cdot t_2)}{(M_P + M_U) \cdot \gamma_O} \quad (A-2)$$

여기서,  $F_S$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $M_P$ ,  $M_U$  및  $\gamma_O$  각각 다음과 같이 정의된다.

$F_S$  : 직립부의 전도에 대한 안전율

$t_1$  : 직립부의 중력의 작용점으로부터 직립부 체체의 후미하단 (전도지지점)까지의 거리 (m)

$t_2$  : 직립부에 작용하는 부력 작용점으로부터 직립부 체체 후미하단까지의 거리(m)

$M_P$  : 수평파력에 의한 직립부의 후미하단 주위의 회전모멘트 (kN·m/m)

$M_U$  : 수직파력에 의한 직립부의 후미하단 주위의 회전모멘트 (kN·m/m)

$\gamma_0$  : 인터로킹된 케이슨에 의해 체결된 방파제에 작용하는 파압의 길이방향 위상차를 고려한 전도방향 최대회전모멘트 저감계수 (해설 (4) 참조)

- ③ 연직축방향에 대한 안정성의 검토는 다음 식에 의하여 행한다. 이 경우에 있어서 안전율은 구조물의 특성에 따라 적절한 값을 취한다.

$$F_S \leq \min \left[ \frac{P_B^e}{P_B} \right] \quad (A-3)$$

여기서,  $F_S$ ,  $P$  및  $P_e$  는 각각 다음과 정의된다.

$F_S$  : 직립부의 연직축방향 회전에 대한 안전율

$P_B$  : 양압력이 고려된 방파제에 작용하는 수평파력 (kN)

$P_B^e$  : 수평파력  $P_B$  작용 위치에서의 회전이 생길 때의 임계편심하중 (kN) (해설 (5) 참조)

$\min[\cdot]$  : 괄호안 값의 최소치

- ④ 직립부 바닥면의 기초지반 지지력에 대한 안정성 검토는 제4편 제2장 2-4 편심·경사하중에 대한 지지력에 따라 행한다. 이 경우, 작용파력에 의한 편심·경사하중은 방파제 기준선방향으로의 작용파압 위상차 효과를 고려하여 산정하되 케이슨 한 함에 작용이 예상되는 최대치를 적용한다.
- ⑤ 지반의 활동에 대한 검토는 지반의 특성 및 구조특성을 고려하여 파괴가능한 모든 활동면에 대하여 검토해야 한다. 이에 대해서는 제4편 제6장 사면의 안정에 따라 행한다. 이 경우, 방파제 기준선방향으로의 작용파압 위상차 효과를 고려한다.
- ⑥ 침하에 대한 검토는 지반의 특성 및 구조특성을 적절히 고려하여 침하검토를 시행해야 한다. 이에 대해서는 제4편 제5장 기초의 침하에 따라 행한다. 이 경우, 직립부에 작용하는 파력고려시 방파제 기준선방향으로의 작용파압 위상차 효과를 고려하여 산정하되 케이슨 한 함에 작용이 예상되는 최대치를 적용한다.

[해 설]

- (1) 파력을 계산할 때는 제2편 4-10-2 직립벽에 작용하는 파력을 참조하고 안전율은 ①~⑤를 참고하여 적절하게 설정한다.
- ① 활동에 대한 안전율은 설계파압 작용시를 기준으로 1.2 이상이 되도록 한다. 단, 모형 실험에 의하여 체체의 안정성을 확인한 경우에는 안전율이 1.2 이하로 설계할 수 있으나 1.0 이하로 되어서는 안 된다.
- ② 전도에 대한 안전율은 파압에 대하여 1.2 이상, 지진에 대하여 1.1 이상으로 하는 것

을 표준으로 한다.

- ③ 인접 케이슨과 인터로킹 효과를 고려하지 않은 독립된 케이슨의 활동 및 전도 안전율은 1.0 이상이 되도록 한다. 단, 모형실험 등을 통해 방파제가 충분한 안전성이 확보된 것이 확인되면 1.0이하로 할 수도 있다.
- ④ 지지력에 대한 안전율은 파압에 대하여 1.0 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.
- ⑤ 지반의 활동에 대한 안전율은 설계파압 작용 시 원호활동 1.3, 마운드 직선활동 1.2, 편심·경사하중에 대한 지지력 1.0 이상으로 하는 것을 표준으로 한다.

(2) 직립부와 기초사석상부의 마찰계수를 증대시키기 위하여 직립부 저면에 마찰증대용 매트를 부설하는 등 마찰력 증대를 위한 대책을 강구할 경우는 제2편 제13장 마찰계수를 참조한다.

(3) 미끌림 방향 최대파력 저감계수,  $\gamma_s$ 는 다음의 식으로 산정한다.

- 규칙파의 경우,

$$\gamma_s = \frac{\sin \frac{kL_B \sin \theta}{2}}{\frac{kL_B \sin \theta}{2}} \quad \text{해설 (A-1)}$$

- 일방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_s = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right) \gamma_d \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (A-2)}$$

- 다방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_s = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right)^2 \int_{-\pi}^\pi \gamma_d^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \mu \frac{L_B}{2h \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (A-3)}$$

여기서,

$$\gamma_d = \frac{\sin \frac{kL_B \sin \theta}{2}}{\frac{kL_B \sin \theta}{2}} \quad \text{해설 (A-4)}$$

$k$  : 입사파의 파수(=  $\frac{2\pi}{L}$ ) (1/m)

$L$  : 입사파의 파장

$h$  : 방파제 수심 (m)

$L_B$  : 인터로킹된 방파제 길이 (m)

$S_\eta(\omega)$  : 방파제 설치 지점에서의 불규칙 설계파 스펙트럼

$S_\eta(\omega, \theta)$  : 방파제 설치 지점에서의 다방향 불규칙 설계파 스펙트럼

(4) 전도 방향 최대회전모멘트 저감계수,  $\gamma_O$ 는 다음의 식으로 산정한다.

▪ 규칙파의 경우,

$$\gamma_O = \frac{\sin \frac{kL_B \sin \theta}{2}}{\frac{kL_B \sin \theta}{2}} \quad \text{해설 (A-5)}$$

▪ 일방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_O = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left\{ \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right) \gamma_d \right\}^2 S_\eta(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (A-6)}$$

- 다방향 불규칙파의 경우,

$$\gamma_O = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 \int_{-\pi}^\pi \gamma_d^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left( \frac{\tanh kh}{kh} + \frac{1 - \frac{1}{\cosh kh}}{(kh)^2} + \frac{L_B^2}{3h^2 \cosh kh} \right)^2 S_\eta(\omega) d\omega}} \quad \text{해설 (A-7)}$$

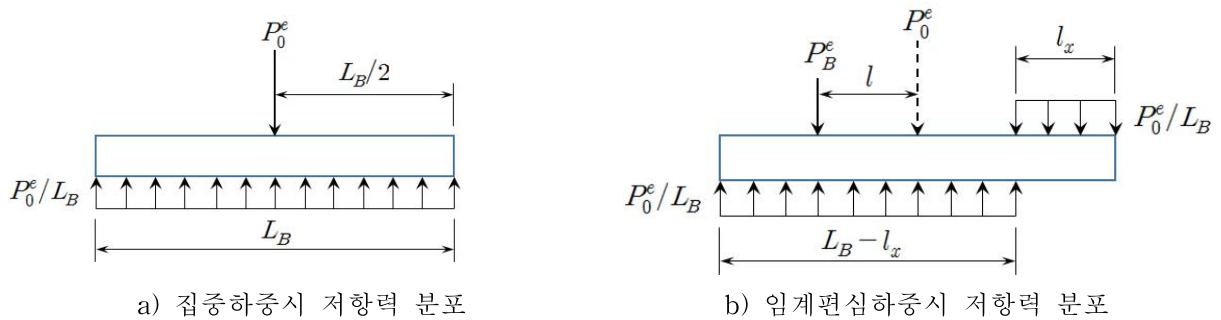
(5) 수평파력  $P_B$  작용 위치( $l$ )에서의 회전이 생길 때의 임계편심하중,  $P_B^e$  는 다음의 식으로부터 산정한다(그림 해설 2-1 참조).

$$P_0^e = \mu(W_O - B) \cdot L_B \quad \text{해설 (A-8)}$$

$$P_B^e = \frac{P_0^e}{L_B} (L_B - 2l_x) \quad \text{해설 (A-9)}$$

$$P_B^e \left( \frac{L_B}{2} - l_x + l \right) = \frac{P_0^e}{L_B} \frac{(L_B - l_x)^2}{2} + \frac{P_0^e}{L_B} \frac{l_x^2}{2} \quad \text{해설 (A-10)}$$

식 해설 (2-9)와 (2-10)으로부터 하중 작용 위치  $l$ 에서의 임계편심하중  $P_B^e$ 를 결정할 수 있다.



<그림 해설 A-1 > 방파제 회전에 대한 저항력과 임계하중

## A-7. 부재계산

오픈 셀 케이슨 방파제의 부재계산은 설계기준 제5편 프리캐스트 철근 콘크리트부재 및 콘크리트시방서에 따른다.



## A-8. 참고자료

### 1. 오픈 셀 케이슨 구조물 성능평가 실험결과

#### 가. 구조실험의 목적

- 1/10 규모의 대축척 구조실험을 통하여 오픈 셀 케이슨으로 축조된 인터로킹 방파제의 구조거동특성 평가
- 채움재, 인터 셀 구조형상 등 주요 설계변수 영향 고려
  - 인터 셀내 채움재 전단저항성능 평가
  - 인터 셀내 채움재 전단 저항력계수 평가
  - 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수 평가

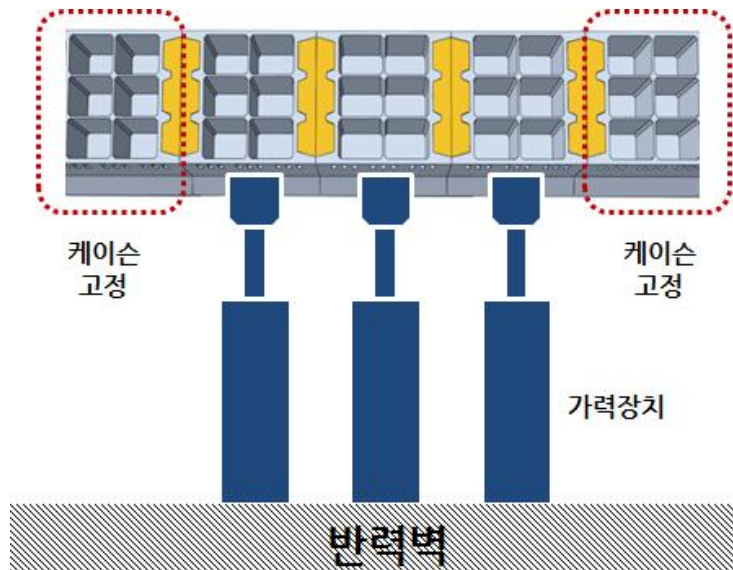


그림 A.7 구조실험 계획

#### 나. 구조실험 개요

- 구조실험 모형
  - 방파제 구조거동특성 평가실험을 위하여 축척 1/10의 두부 케이슨 2함을 포함한 총 5함의 오픈 셀 케이슨 모형을 제작
  - 사석마운드를 축조하고 오픈 셀 케이슨을 설치
  - 각 케이슨 셀을 속채움하고, 마주하는 오픈 셀로 구성되는 인터 셀에는 인접케이슨과 인터로킹을 위한 사석 등 채움재를 투입하여 실험 방파제 모형 구성(채움사석의 전단저항특성을 평가하기 위해 양측 두부 케이슨은 바닥에 고정)
  - 케이슨 무게 = 38.65 KN
  - 오픈 셀 내 채움재 무게 = 5.80 KN

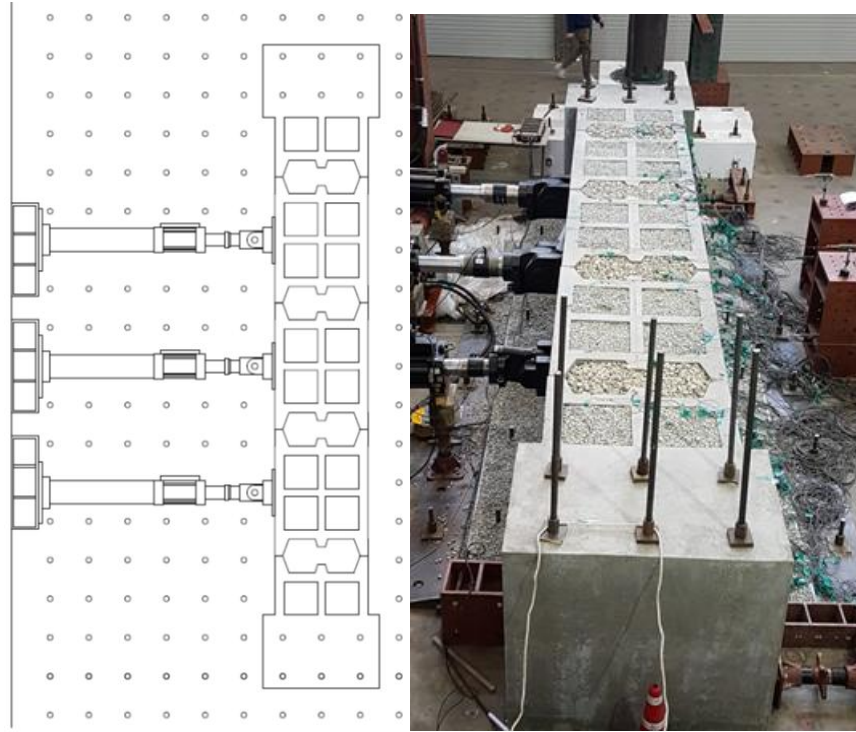


그림 A.8 구조실험 방과제 설치도

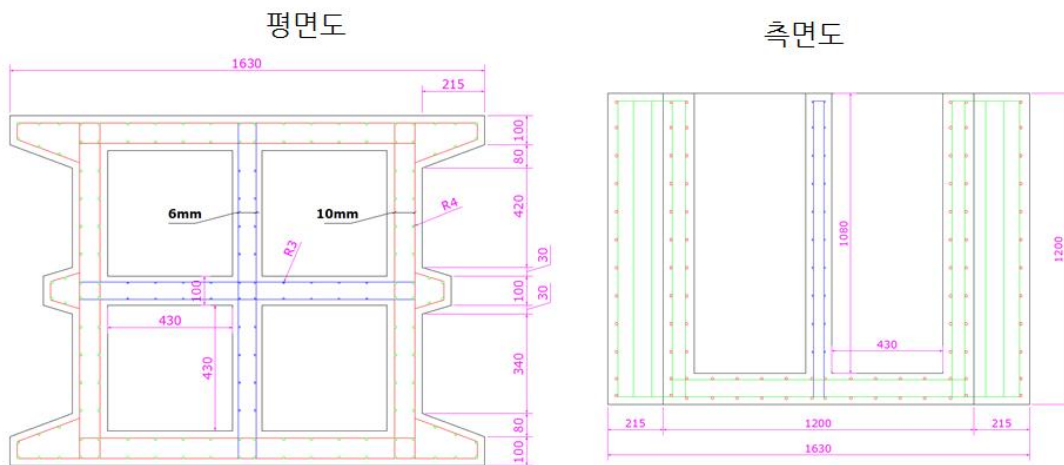
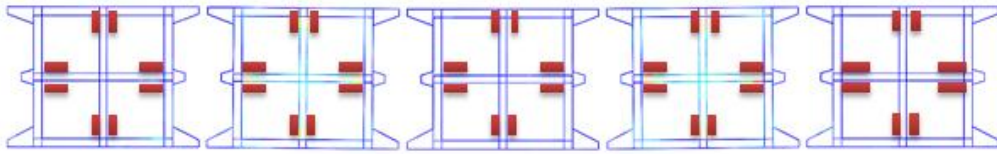
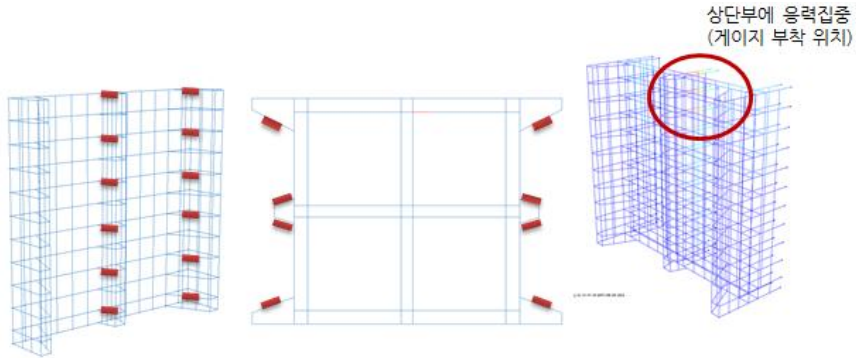


그림 A.9 구조실험체 단면

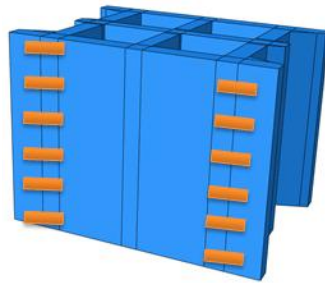
- 구조응답 계측센서 설치
  - 케이슨 구조응답을 계측하기 위하여 구조체에 스트레인게이지 부착
  - 콘크리트 게이지의 경우 인터셀 부분에 설치할 경우 사석에 의한 손상 가능성이 있어 내측 벽면에 부착함.



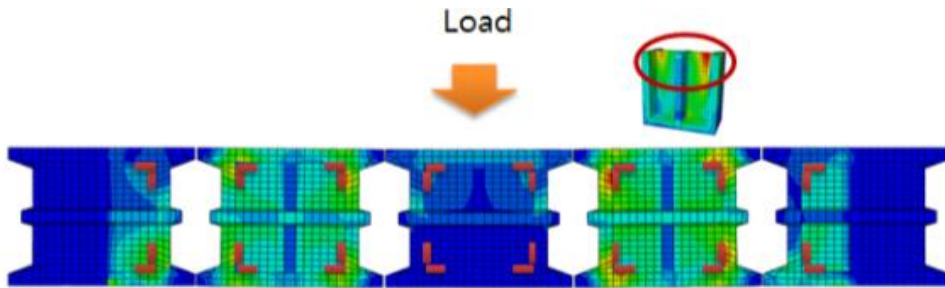
(a) 내부 격벽 강재 스트레인 게이지



(b) 인터 셀 강재 스트레인 게이지



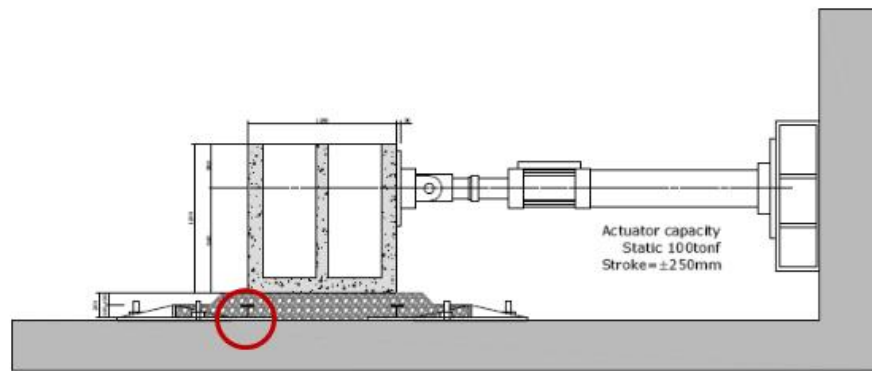
(c) 외벽 콘크리트 스트레인 게이지



(d) 내부격벽 콘크리트 스트레인 게이지

그림 A.10 구조실험체 게이지 부착위치

- 지반 반력의 상대적 비교를 위하여 중앙 3개 케이스 사석 마운드 내에 H형강을 설치하고 웹에 스트레인 게이지 3개씩 총 9개 설치



### Strain gages : 수직 변형률 측정

그림 A.11 반력측정용 스트레인 게이지

- 중앙 3개 케이슨의 움직임을 계측하기 위하여 각 함당 2개씩 총 6개의 변위계 설치

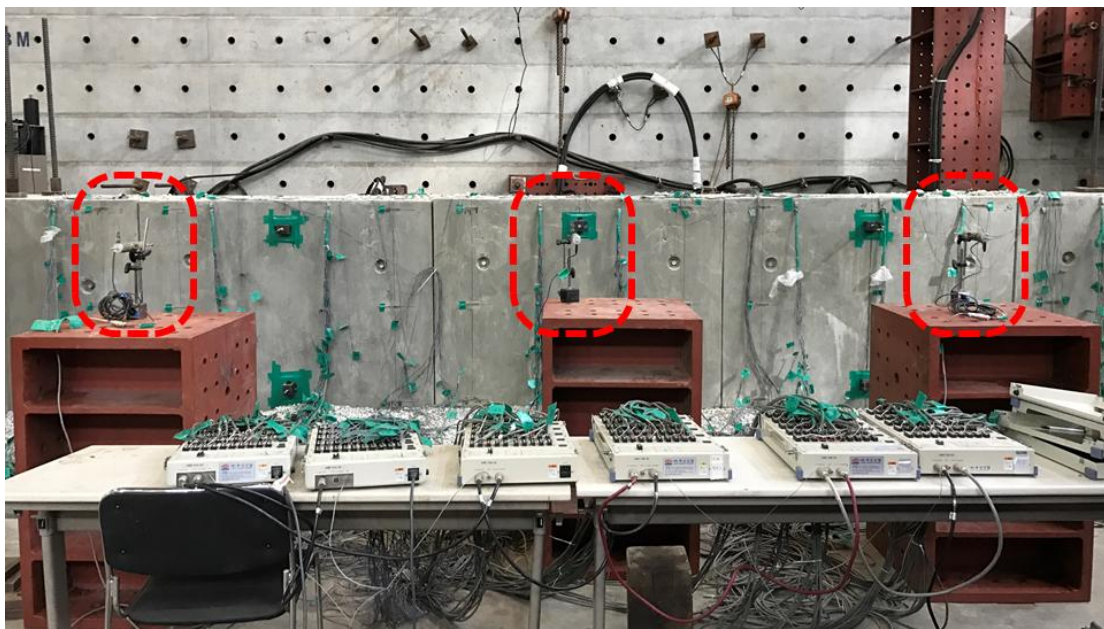
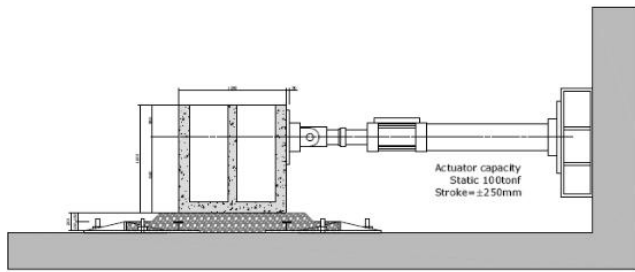


그림 A.12 케이슨 움직임 측정 변위계

- 가력장치의 구성
  - 방파제의 작용하는 파력을 모의하기 위하여, 중앙 3개 케이슨에 대하여 케이슨 당 1개, 총 3개의 가력장치 설치
  - 경사입사에 따른 파력의 위상차를 고려하기 위하여 각 케이슨 가력장치를 하중 컨트롤 적용





(a) 측면도



(a) 평면도

그림 A.13 가력장치 설치도

○ 실험케이스

- 채움재가 없는 경우 (비교군)
- 인터 셀 채움재로 활용 가능한 기초사석을 채운 경우

○ 가력조건

▶ 케이슨별 최대 하중, 총 6가지 고려

- F1 : 케이슨 자중의 46% (설계하중의 0.77)
- F2 : 케이슨 자중의 57% (설계하중의 0.95)
- F3 : 케이슨 자중의 69% (설계하중의 1.15)
- F4 : 케이슨 자중의 80% (설계하중의 1.33)
- F5 : 케이슨 자중의 92% (설계하중의 1.53)
- F6 : 케이슨 자중의 103% (설계하중의 1.72)

※ 케이슨 자중은 인터셀의 채움재 자중은 제외한 것임

▶ 하중조건

■ 3개 입사각 고려

- A1 : 입사각이 15도인 경우
- A2 : 입사각이 30도인 경우
- A3 : 입사각이 45도인 경우

■ 5개 위상 고려

- P1 : 1번 케이슨에 최대파력이 작용되는 경우
- P2 : 2번 케이슨에 최대파력이 작용되는 경우
- P3 : 3번 케이슨에 최대파력이 작용되는 경우
- P4 : 1번 케이슨에 최소파력이 가해지는 경우 (부압 제외)
- P5 : 3번 케이슨에 최소파력이 가해지는 경우 (부압 제외)

다. 구조실험 결과

○ 케이슨의 마찰계수

- A3(입사각 45도), P2(2번 케이스 최대파력)인 경우, F3(설계하중의 1.2배) 하중을 가할 때의 미끄럼 계측
- 마찰계수는 0.58~0.59로 평가됨

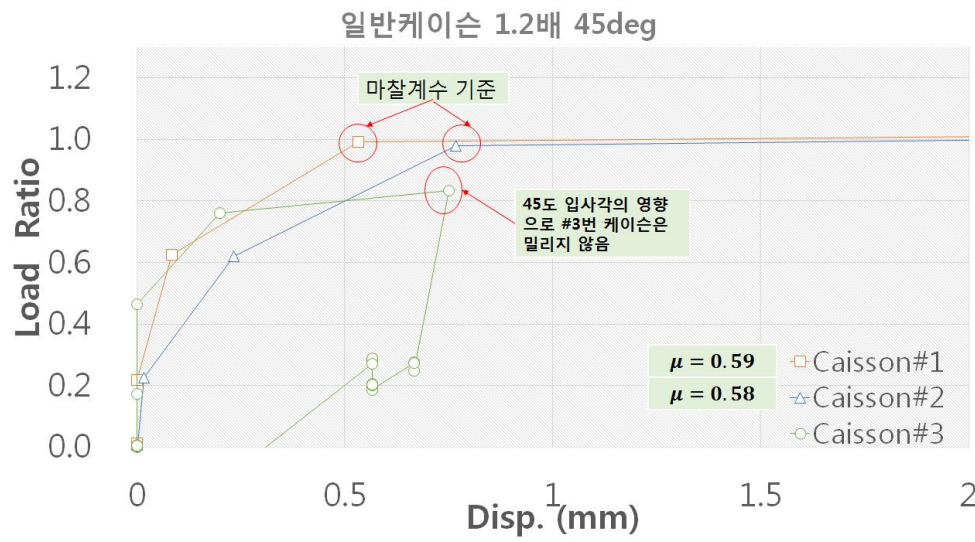


그림 A.14 마찰계수 실험결과

▶ 인터 셀내 채움재 전단저항성능

- 채움재의 전단저항력( $V_f$ )은 구속압이 없는 경우(케이스 움직임이 없는 경우) 채움재 토압에 의한 전단저항응력( $\sigma$ )으로 나타낼 수 있음

$$(V_f = \tau \times A; \tau = c + \sigma \times \tan\phi)$$

- 가력되어 케이스가 변형되는 경우, 케이스 움직임에 의한 구속압이 발휘되어 전단저항력이 크게 증대됨
- 작용하중이 증대됨에 따라 변위가 선형적으로 증가하고, 설계하중이 1.4배 되는 조건에서는 약 10cm(현장치), 1.6배에서는 17cm, 1.8배에서는 약 26cm 변위가 발생. 채움재에 작용된 전단력을 보면 각각 4,638kN, 9,276kN, 16,233kN 정도로 채움재의 전단저항성능은 구속압이 없는 경우에 비해 3배, 6배, 11배 이상 상승됨

※ 구속압이 없는 경우(자중만에 의한 구속) : 설계하중 1.0배

- 설계하중 1.0배 : 1,400kN 이상 (=10.1kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.4배 : 4,638kN 이상 (=33.5kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.6배 : 9,276kN 이상 (=66.9kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.8배 : 16,233kN 이상 (=117.1kN/m<sup>2</sup>)

⇒ 변위에 의한 파괴(30cm)를 고려하면, 실험 채움재의 최대 전단저항력은 16,233kN (=117.1kN/m<sup>2</sup>)로 평가됨

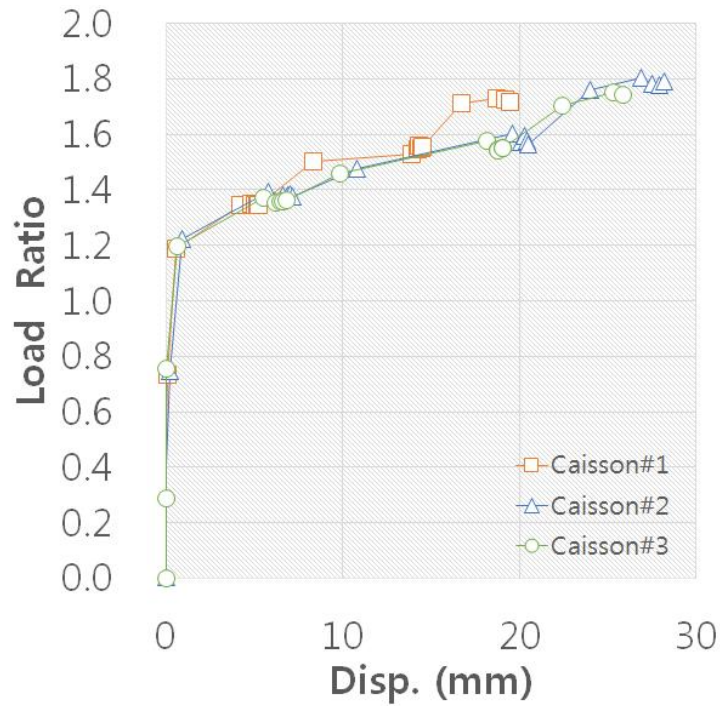


그림 A.15 하중-변위 상관도

▶ 인터 셀 내 채움재 전단 저항력계수,  $k_f$

- 인터 셀 내 채움재 전단 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끄럼이 발생한 이후 하중-변위 곡선의 기울기( $k_f$ )로 정의할 수 있음. 그림 3.1.8로부터, 약  $k_f = 54,110 \text{ kN/m}$  (현장치)로 평가됨.

·  $k_f = 54,110 \text{ kN/m}$

⇒ 인터 셀 내 채움사석을 전단저항 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

▶ 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수,  $k_b$

- 지반 수평 마찰 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끄럼이 발생하기 이전의 하중-변위 곡선의 기울기( $k_b$ )로 정의할 수 있음. 그림으로부터, 약  $k_b = 400,000 \text{ kN/m}$ 로 평가됨.

·  $k_b = 400,000 \text{ kN/m}$

⇒ 사석마운드를 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

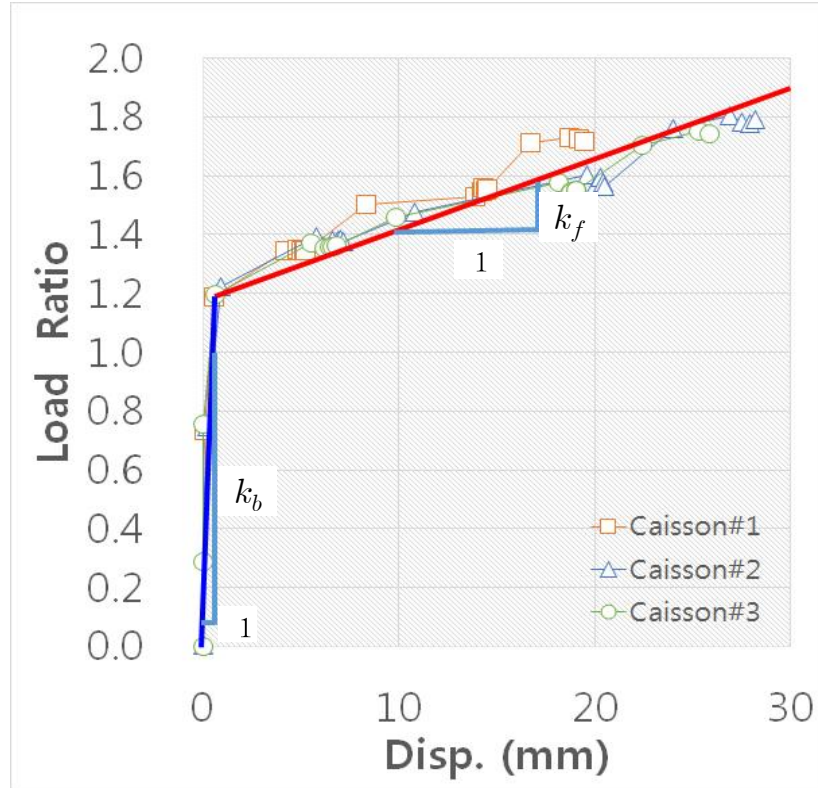


그림 A.16 하중-변위 상관도

▶ 케이슨 구조체 응답 및 지반반력 분석 특성

- 케이슨 구조체는 사석에 비하여 강성이 커 케이슨 구조체가 강체 거동을 보였으며, 지반 반력의 분산효과를 평가하기 위해 설치한 사석마운드 내 H형강의 강성이 커 목표한 성과는 얻지 못하였음.



## 2. 채움재 전단특성평가 실험결과

### 가. 대형직접전단시험의 목적

- 오픈 셀 케이스를 위한 채움재 전단 특성 평가

### 나. 대형직접전단시험 개요

- 채움재 종류
  - Case 1. 순환골재
  - Case 2. 기초사석
- 시험 케이스
  - ▶ 입도시험
    - 채움재별 최대입경, 균등계수 제시
  - ▶ 밀도분석
    - 최소, 최대, 상대밀도
  - ▶ 전단응력 분석
    - 수직응력(20, 40, 80kPa)에 따른 전단응력 분석

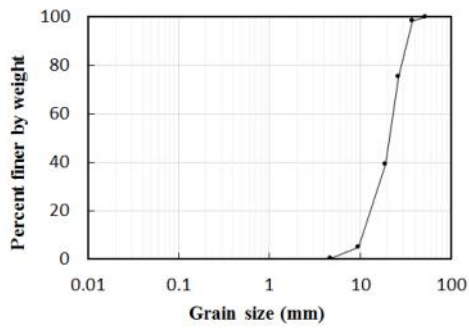
### 다. 대형직접전단시험 결과

- 입도분석 및 밀도 분석 시험 결과
  - ▶ Case 1. 순환골재

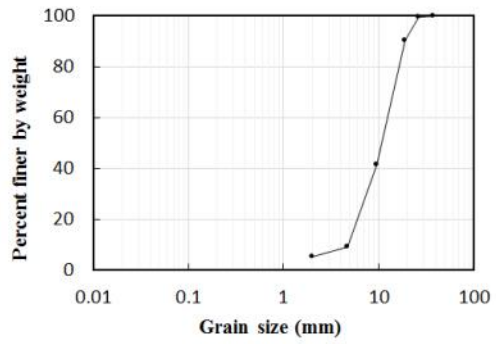
DATA	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
밀도								
최소밀도 ( $\gamma_{d,min}$ )	1230	23.53	17.18	11.83	0.36	2.13	3.8	38.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1347						8.9	44.4
최대밀도 ( $\gamma_{d,max}$ )	1403						X	

- ▶ Case 2. 기초사석

DATA	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
밀도								
최소밀도 ( $\gamma_{d,min}$ )	1436	12.68	8.27	4.94	2.57	1.09	3.9	34.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1561						11.3	38.3
최대밀도 ( $\gamma_{d,max}$ )	1620						X	



Case 1. 순환골재 입도분포곡선



Case 2. 기초사석 입도분포곡선

그림 A.17 입도분석곡선



순환골재

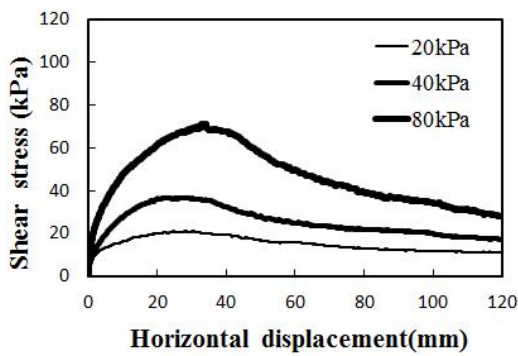


기초사석

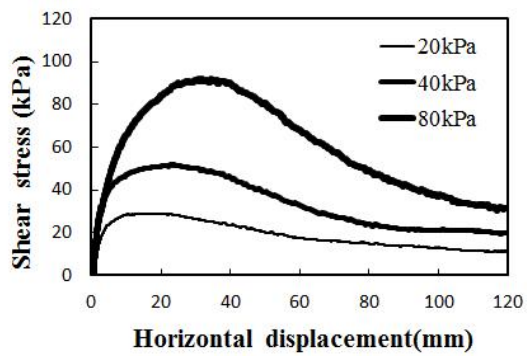
그림 A.18 채움재의 상대밀도 시험 사진

○ 전단응력 분석 결과

▶ Case 1. 순환골재

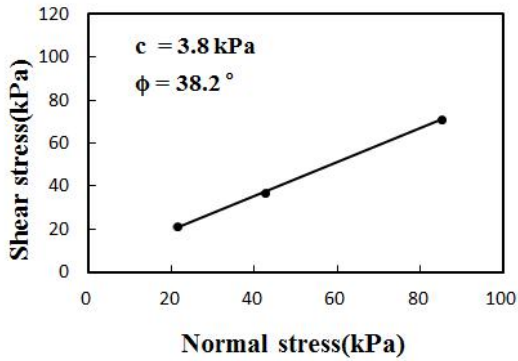


수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_{d,min}$ )

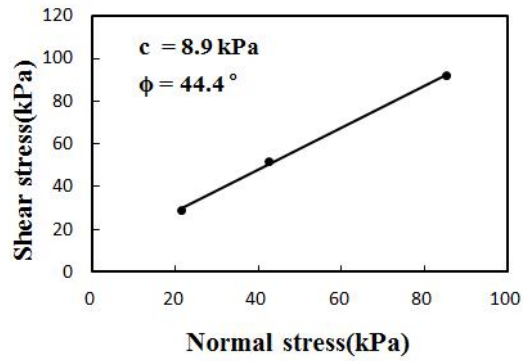


수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 A.19 순환골재 변위-응력 곡선



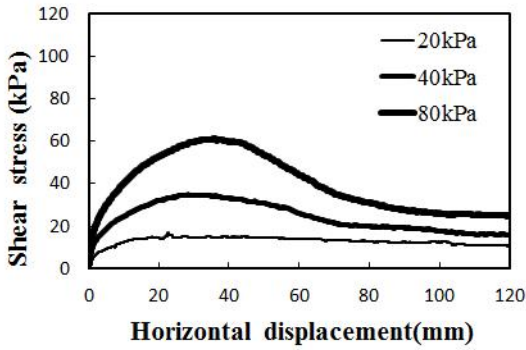
Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )



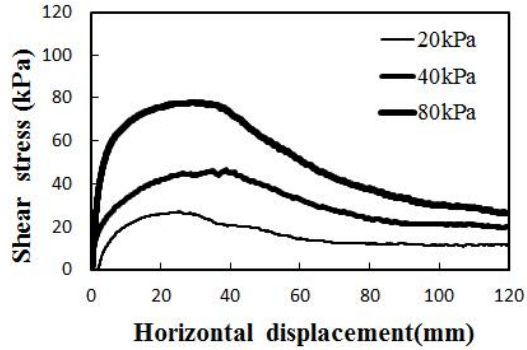
Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 A.20 순환골재 Mohr - Coulomb 파괴포락선

▶ Case 2. 기초사석

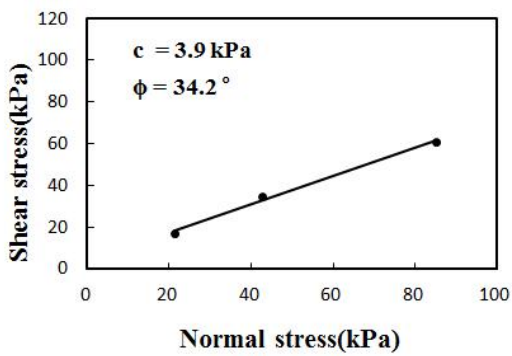


수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_{d,min}$ )

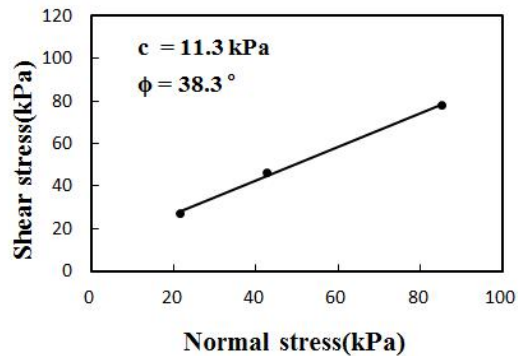


수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 A.21 기초사석 변위-응력 곡선



Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )



Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 A.22 기초사석 Mohr - Coulomb 파괴포락선

○ 밀도와 수직응력(상재압)별 대형전단실험 사진

▶ 최소밀도 순환골재 ( $\gamma_{d,min}$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa



순환골재 상재압 80 kPa



그림 A.23 최소밀도 순환골재 실험 사진

▶ 상대밀도 순환골재 ( $\gamma_d=70\%$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa



순환골재 상재압 80 kPa



그림 A.24 상대밀도 순환골재 실험 사진



▶ 최소밀도 기초사석 ( $\gamma_{d,min}$ )

기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa



기초사석 상재압 80 kPa



그림 A.25 최소밀도 기초사석 실험 사진

▶ 상대밀도 기초사석 ( $\gamma_d=70\%$ )

기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa



기초사석 상재압 80 kPa

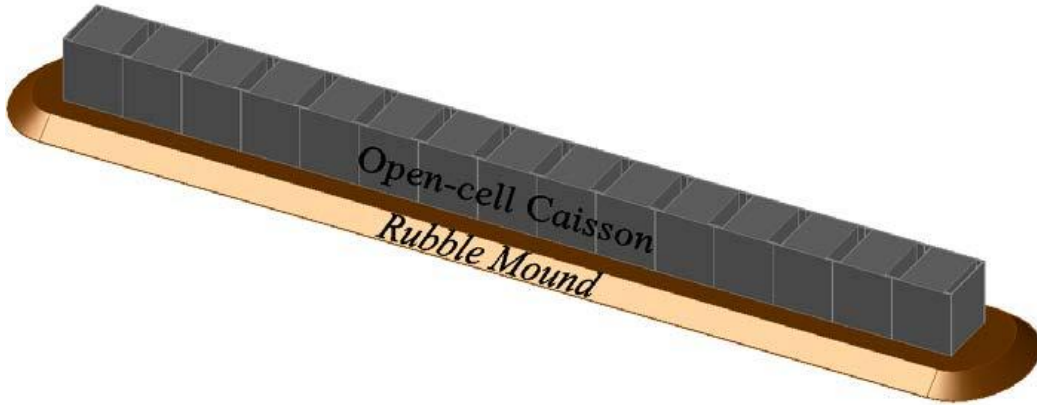


그림 A.26 상대밀도 순환골재 실험 사진

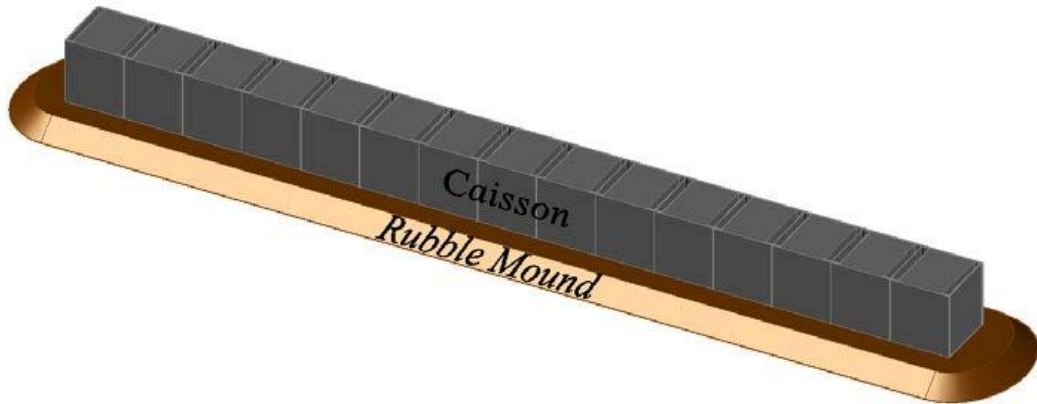
### 3. 오픈 셀 케이슨 방파제 수리성능 실험결과

#### 가. 수리실험의 목적

- 오픈 셀 케이슨 방파제 3차원 수리 안정성 평가
- 오픈 셀 케이슨과 일반케이슨 방파제의 안정성 비교
- 인터로킹 효과검증 (계측항목 : 과압, 케이슨 변위, 채움재 유출여부 등)



[오픈 셀 케이슨]



[일반 케이슨]

그림 A.27 수리실험 모델 개념도

#### 나. 수리실험 개요

- 실험모형 제원
  - ▶ 제원: 1/40 scale, 셀길이 12.5 cm, 12 cm 기준
  - ▶ 제간부: 48 cm (L, 방파제 길이방향) × 50 cm (B) × 52 cm (H)
  - ▶ 함수
    - 제간부: 13함 (#1~#13)
    - 두 부: 2함 (A, B)
  - ▶ 재질
    - 케이슨 및 측면 덮개 : 강재 (두께 3.2T) 후 방수페인트 고려

- 상판 덮개 : 투명 아크릴

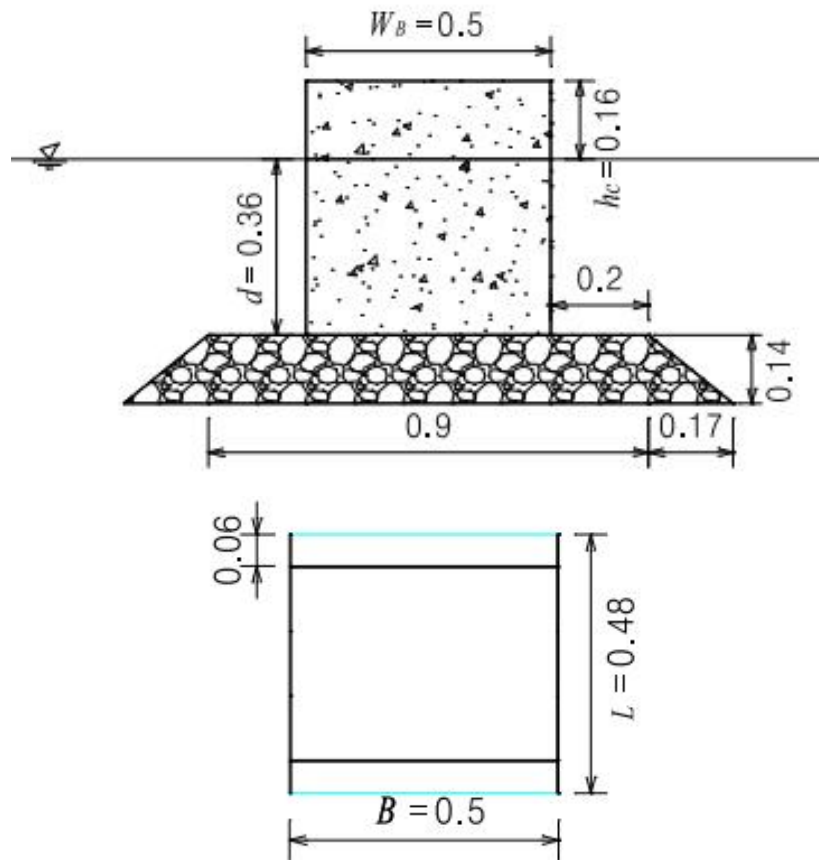


그림 A.28 수리실험 케이스 측면도 및 평면도

○ 실험 조건

- ▶ 수심 : 50 cm (마운드 높이 : 14 cm)
- ▶ 케이슨방파제 총 길이 : 7.27 m (케이슨 간 이격 0.5 cm로 가정)
- ▶ 파향: 0°, 15°, 30°, 설계파고: 0.16m, 주기: 2.0sec, 규칙파 조파
- ▶ 자중(케이슨+속채움+상판 덮개) : 151 kgf
  - 기존 설계법으로 설계파에 대한 각 함체의 자중산정 후 실험수행
  - 활동안전율: 1.0 (파고 16cm, 주기 2s, 입사각 0도 기준)
  - 오픈 셀 채움재 및 경사제 사석: 6~10mm
  - 사석의 공극률: 43%(공극률 시험 측정 결과)
  - 제간부의 자중(오픈 셀 케이슨+속채움+상판 덮개): 134.8 kgf
  - 제간부의 자중(일반케이슨+상판 덮개): 122.5kgf
  - 두부의 자중은 제간부 자중의 1.5배 적용
  - 유효자중 ( $W_e = W - B$ ): 57.7kgf

○ 실험 구성

▶ 실험 파 : 20개 파로 구성, 설계파: W06(파향: 0°)

H (m) \ T (sec)	0.16	0.176	0.192	0.208	0.224
1.5	W01	W02	-	-	-
1.75	W03	W04	W05	-	-
2.0	W06	W07	W08	W09	W10
2.25	W11	W12	W13	W14	W15
2.5	W16	W17	W18	W19	W20

▶ 파고계: 22개 사용(E1~E22, 파향 0°, 15°, 30° 동일)

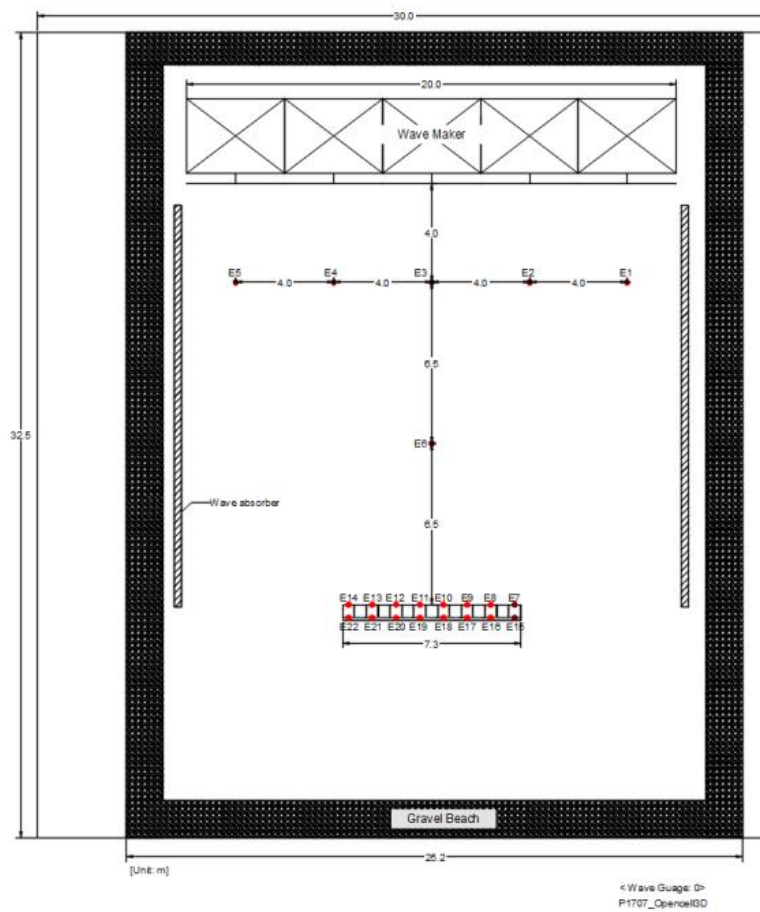


그림 A.29 파고계 배치도: 파향 0°



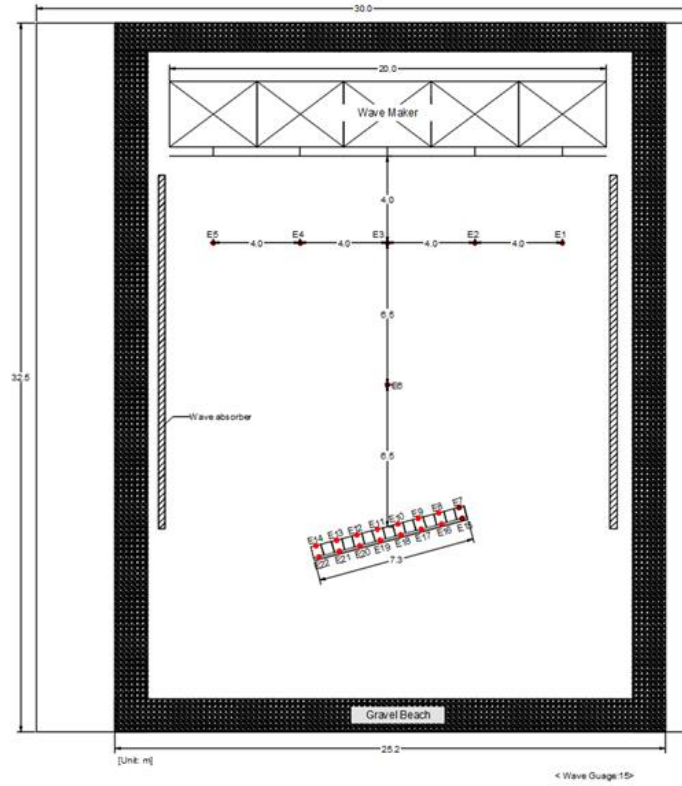


그림 A.30 파고계 배치도: 파향 15°

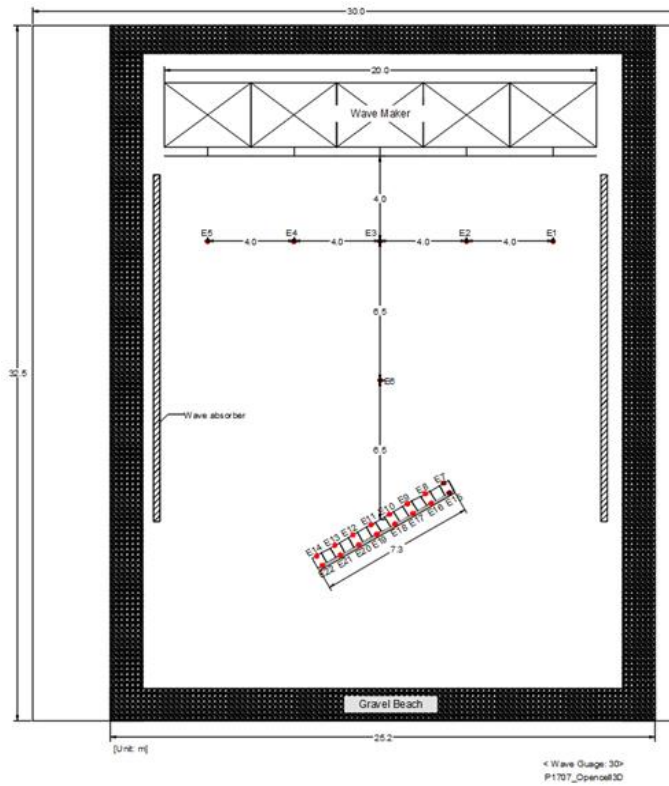


그림 A.31 파고계 배치도: 파향 30°

▶ 파압계: 17개 사용 (파향 0°, 15°, 30° 동일)

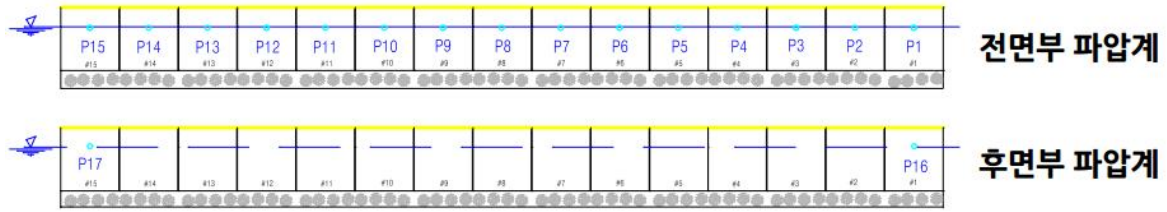
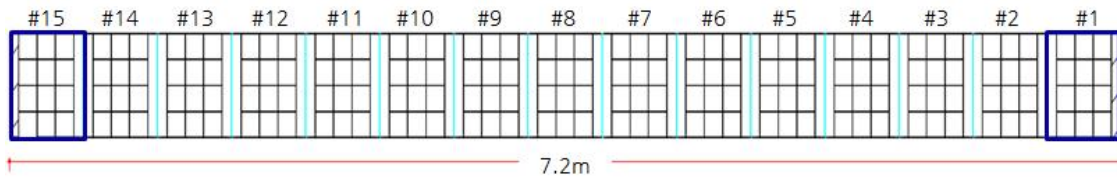


그림 A.32 파압계 배치도

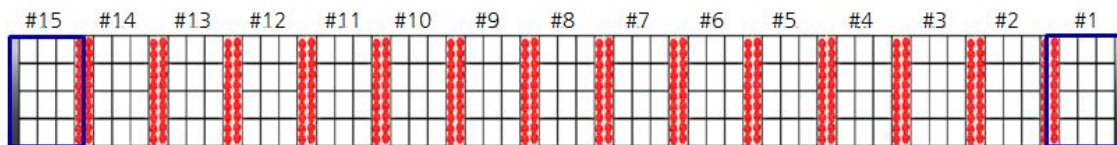
- ▶ 변위계: 수중변위계 3개 사용
  - 케이스 번호 #1, 8, 15의 후면에 설치

○ 실험 케이스

- ▶ CASE 1: 일반 케이스 + 두부 케이스(제간부 케이스 자중의 1.5배)
- ▶ CASE 2: 오픈 셀 케이스 + 사석 + 두부 케이스(제간부 케이스 자중의 1.5배)
  - 변형이 발생하지 않게 케이스의 자중을 증가시켜서 파고(22개)와 파압(17개) 계측
  - 설계파에 대한 케이스의 자중을 각 함체에 적용하여 케이스 후면부의 파고계를 제외한 파고(14개)와 후면의 변위(3개) 계측
  - 아래 그림의 오픈 셀의 채움재는 기초사석을 이용함



[일반 케이스]

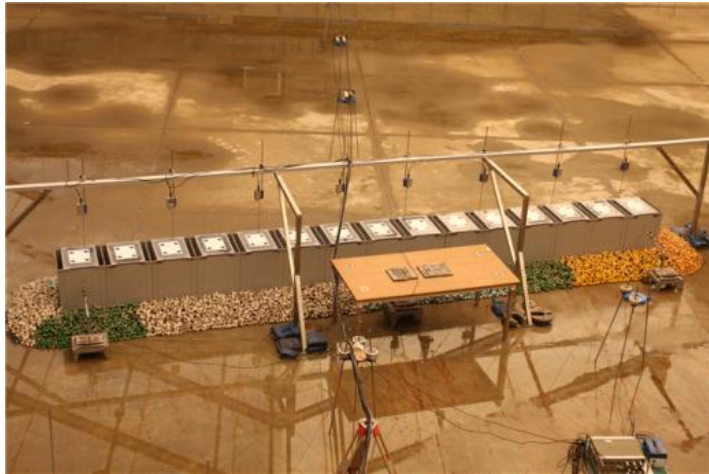


[오픈 셀 케이스]

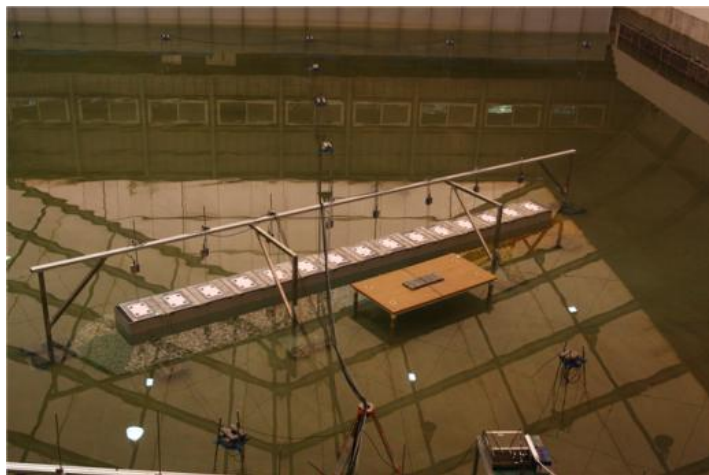
그림 A.33 모형 평면도



[과향 0°]



[과향 15°]

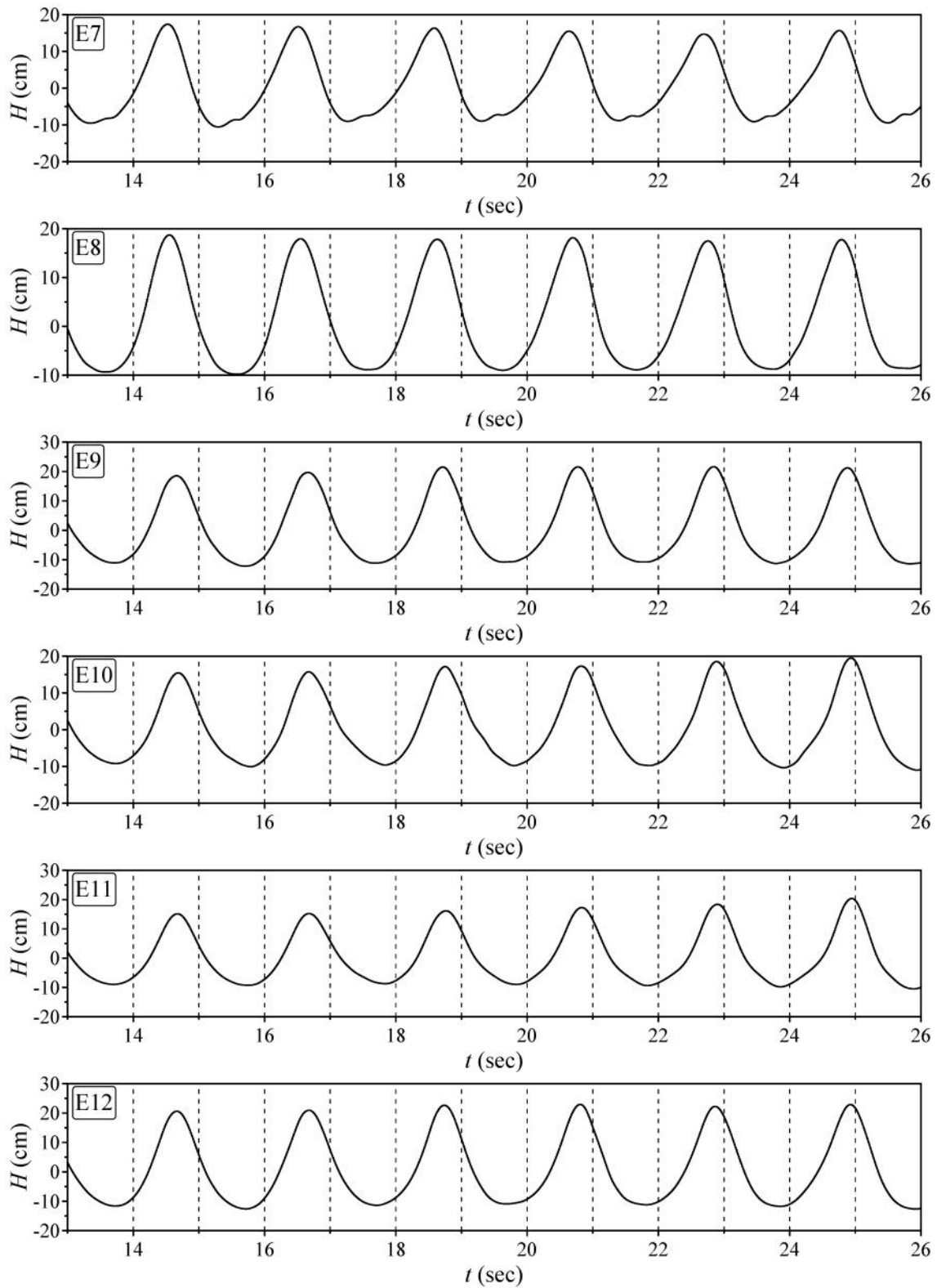


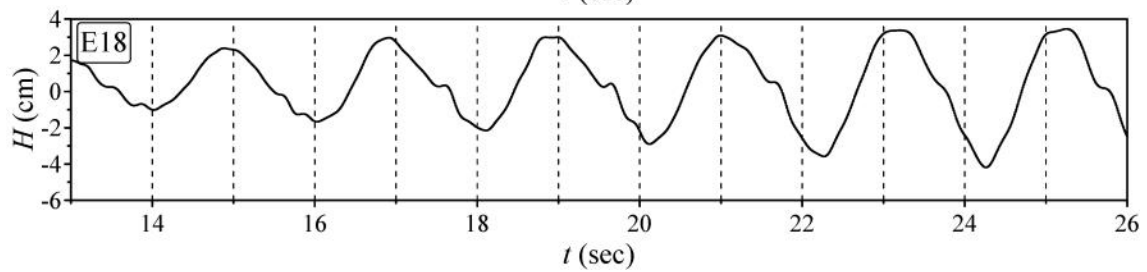
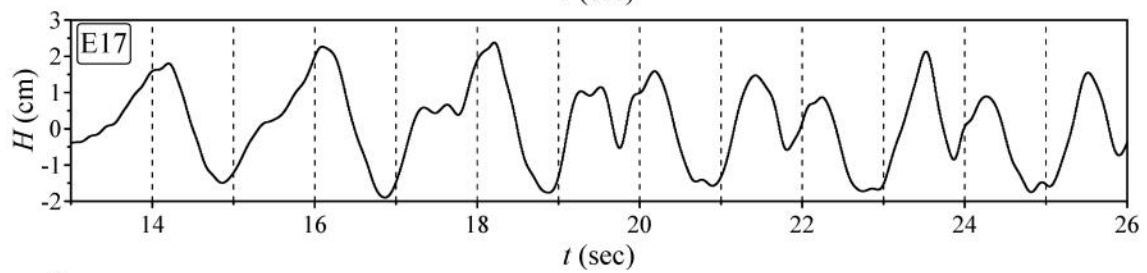
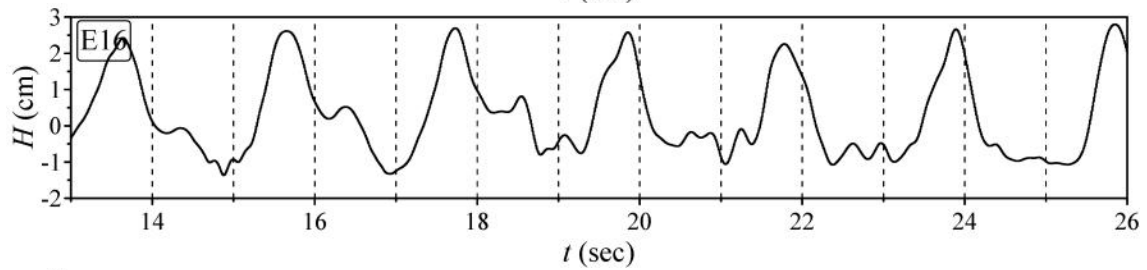
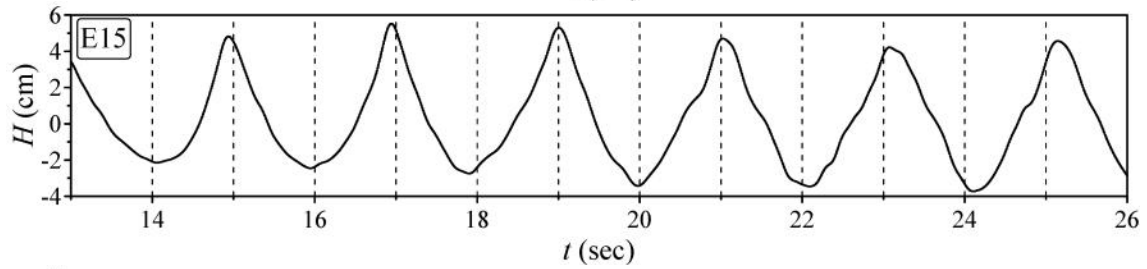
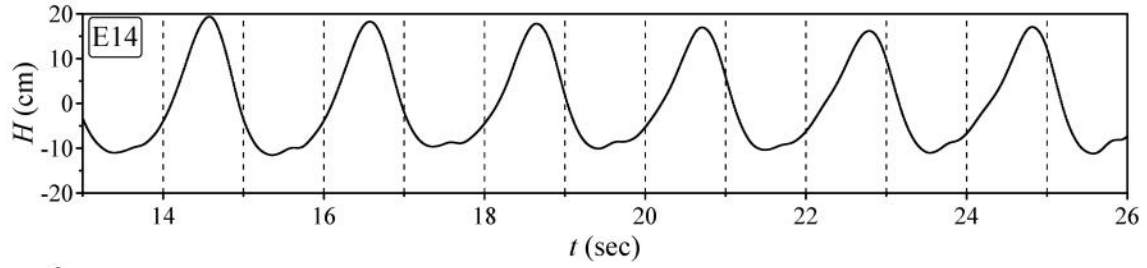
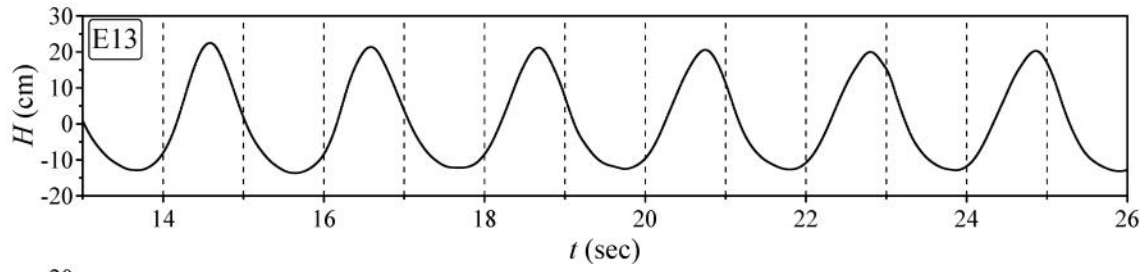
[과향 30°]

그림 A.34 과향별 모형설치사진

다. 수리실험 결과

○ 파고와 파압계측 자료: W06에 대한 계측 자료만 대표적으로 도시





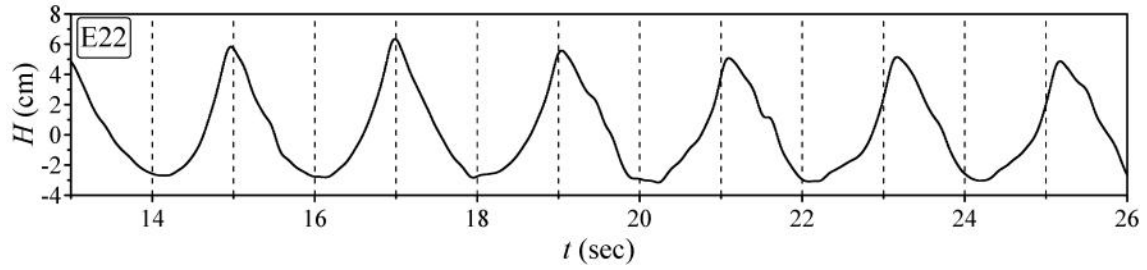
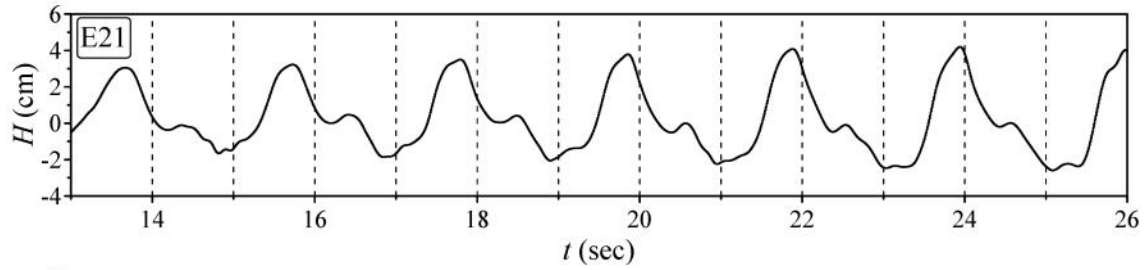
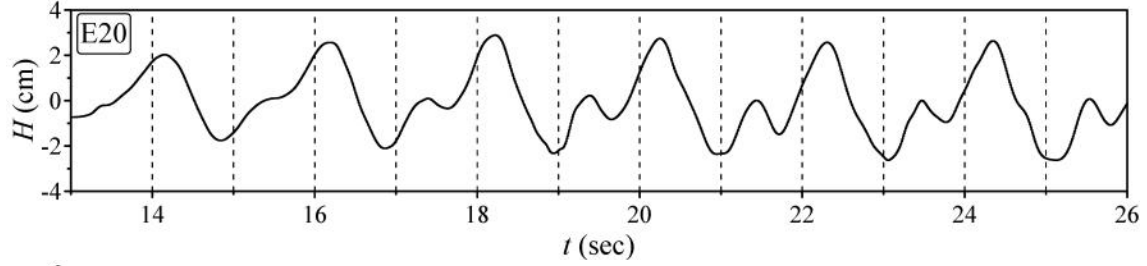
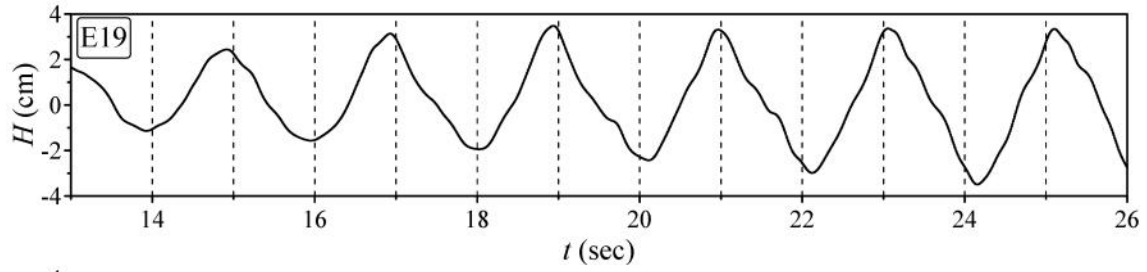
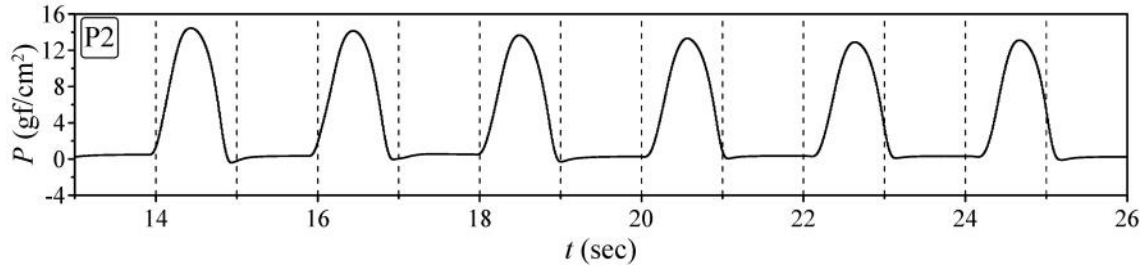
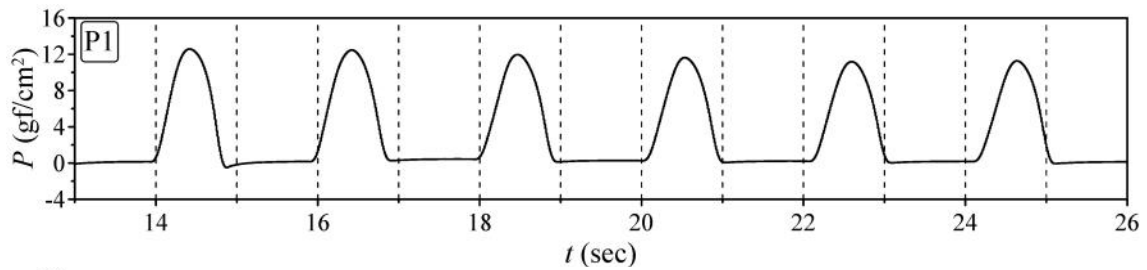
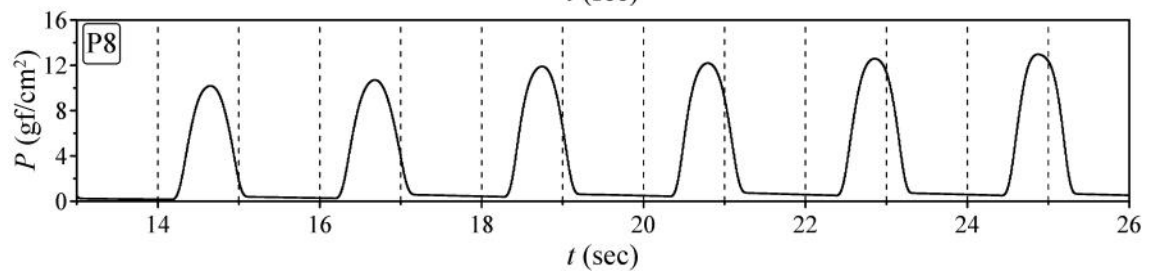
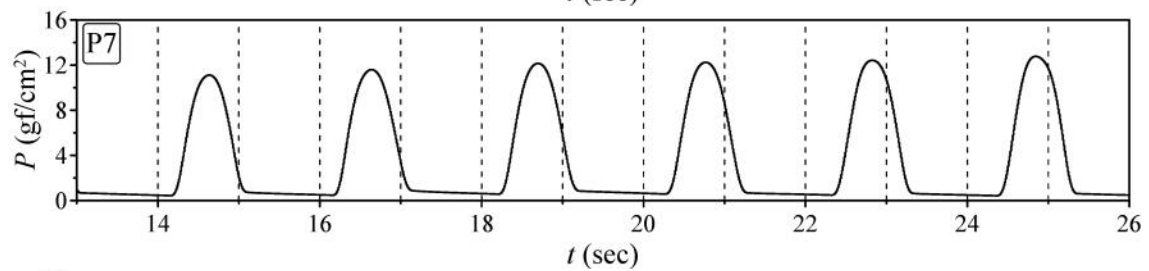
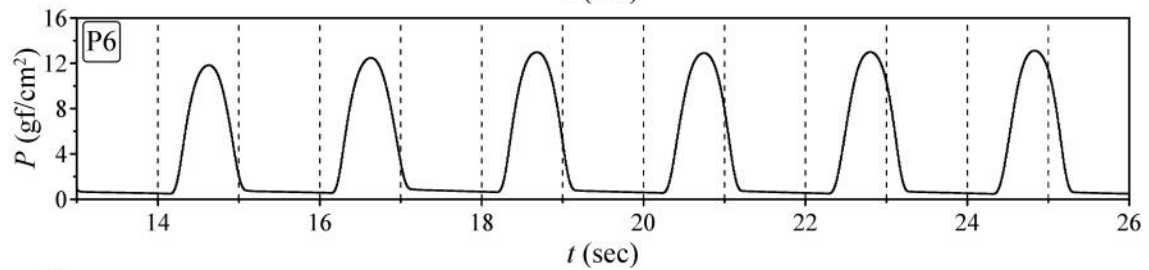
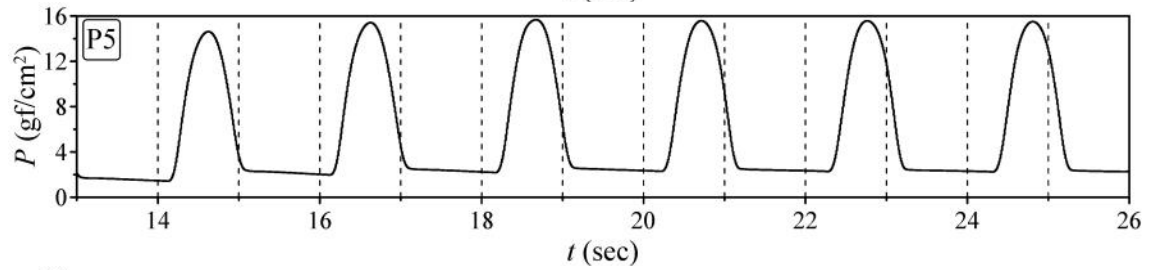
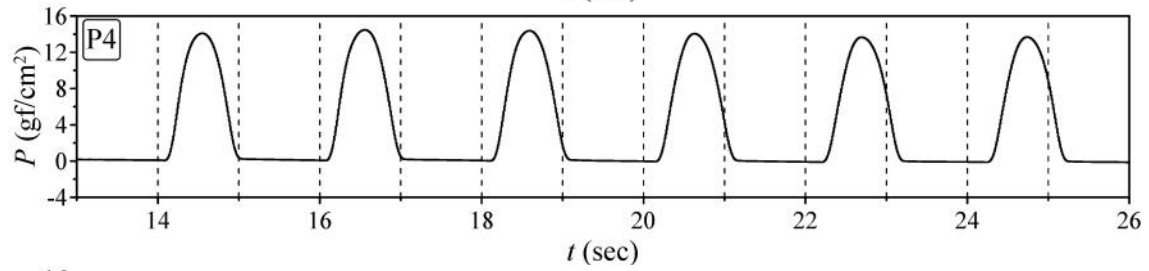
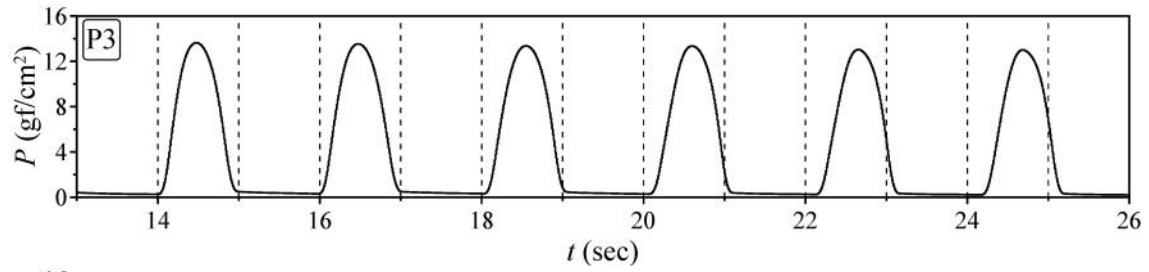
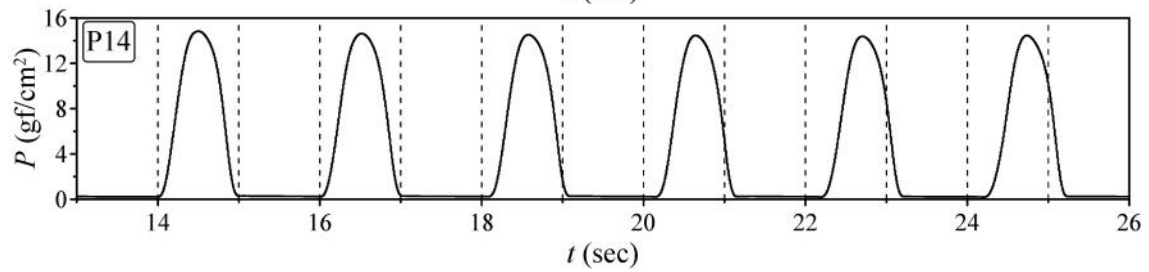
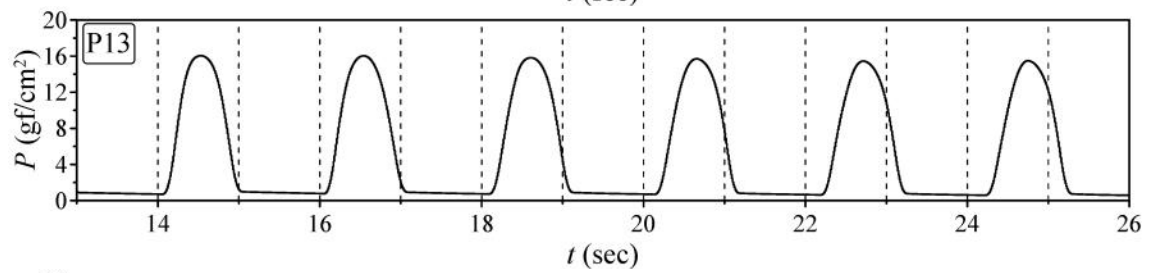
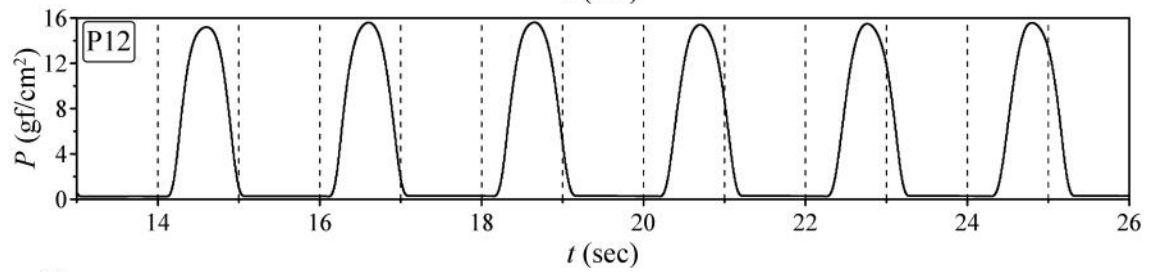
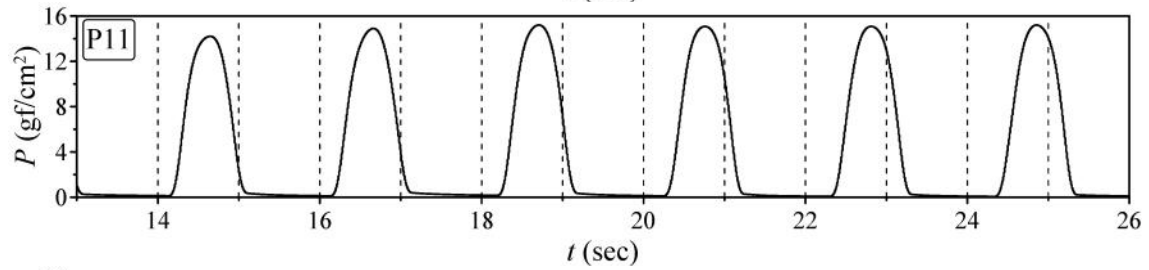
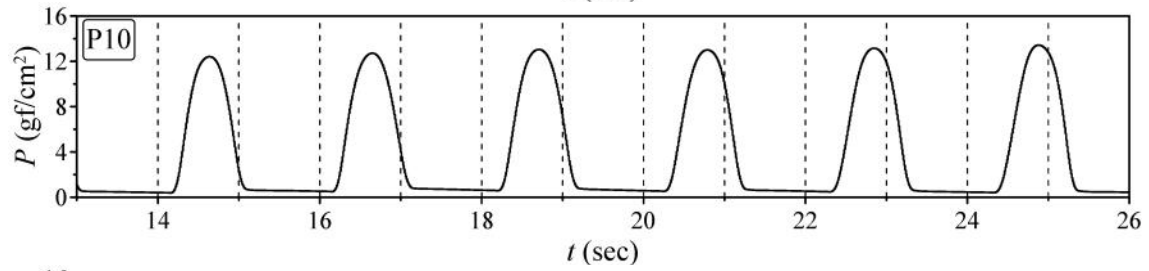
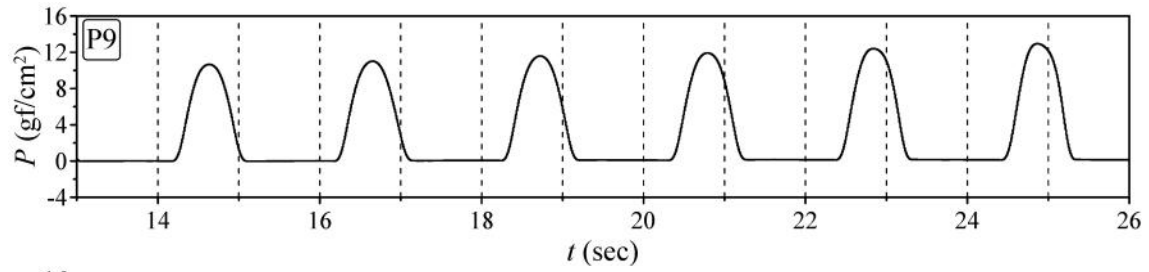


그림 A.35 파고의 시계열 자료: 파향  $0^\circ$











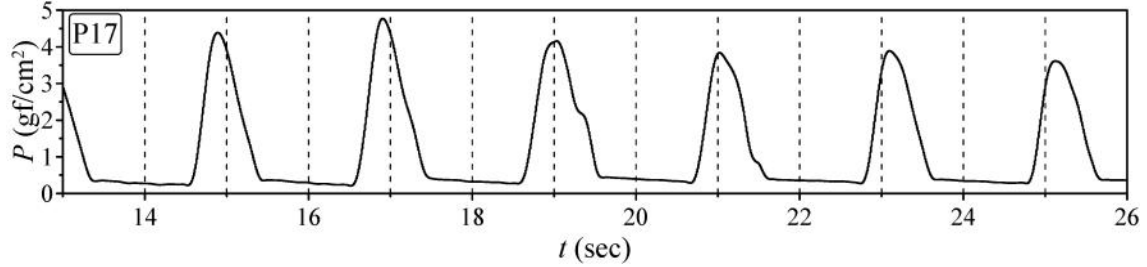
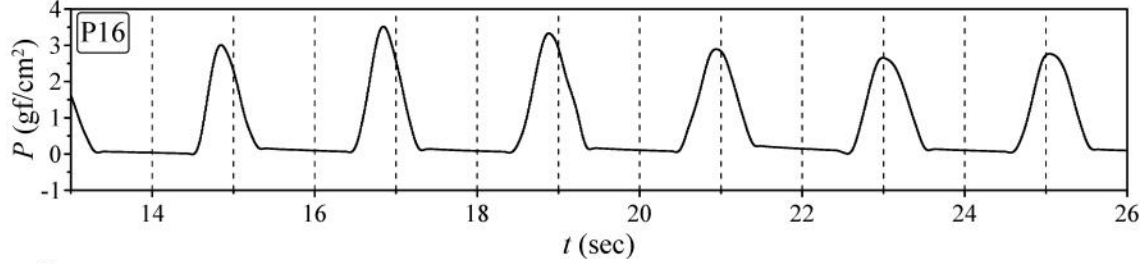
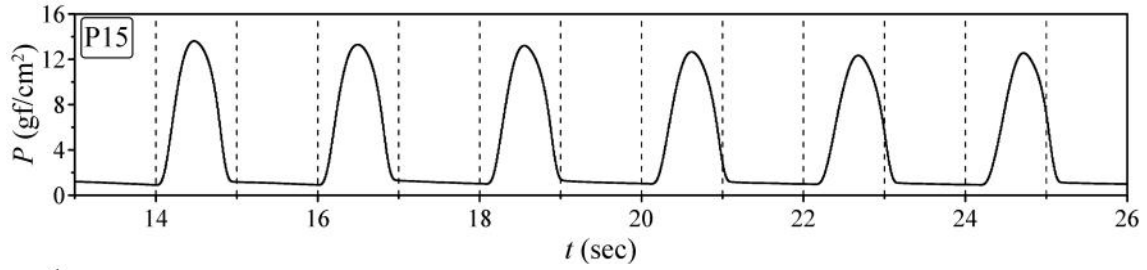
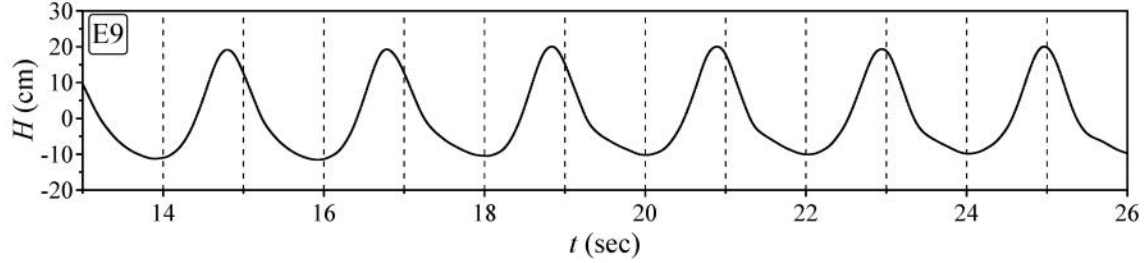
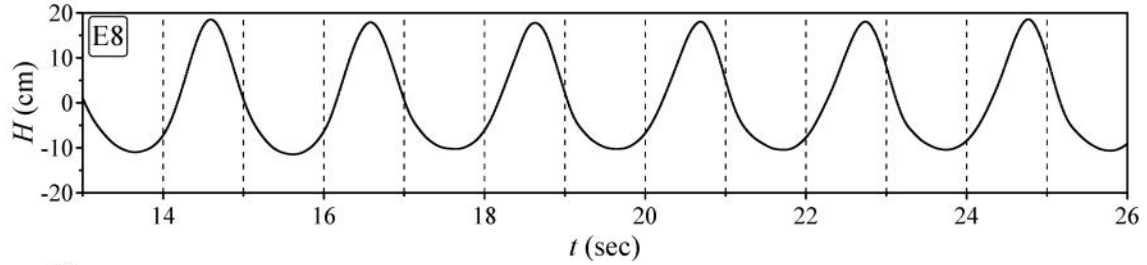
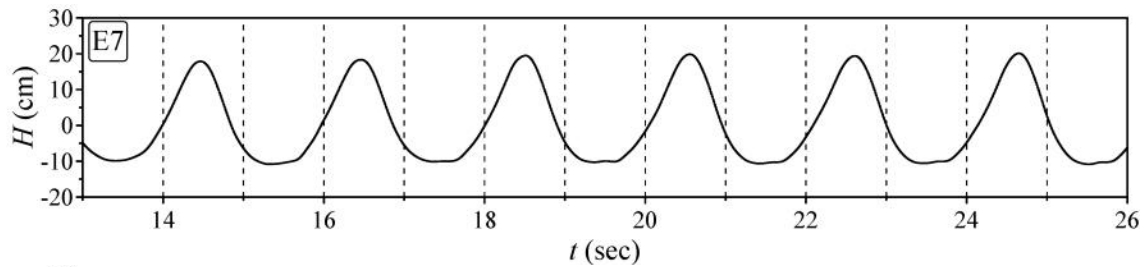
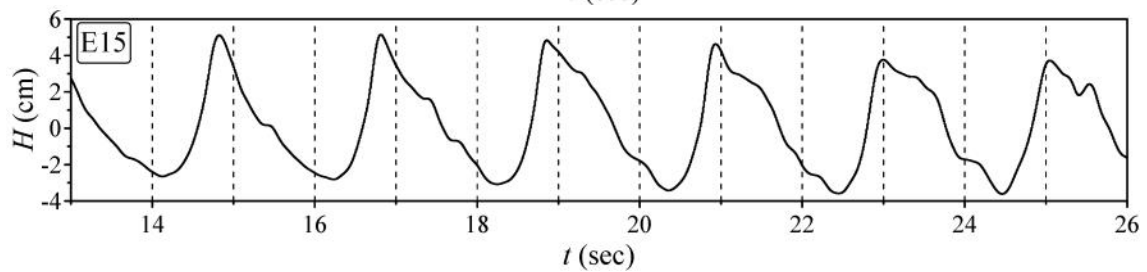
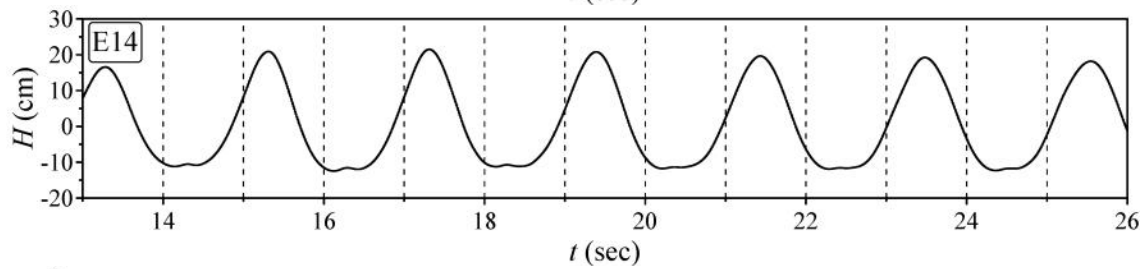
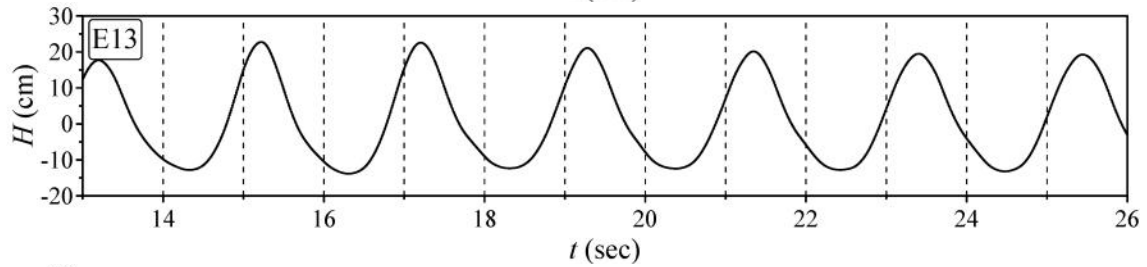
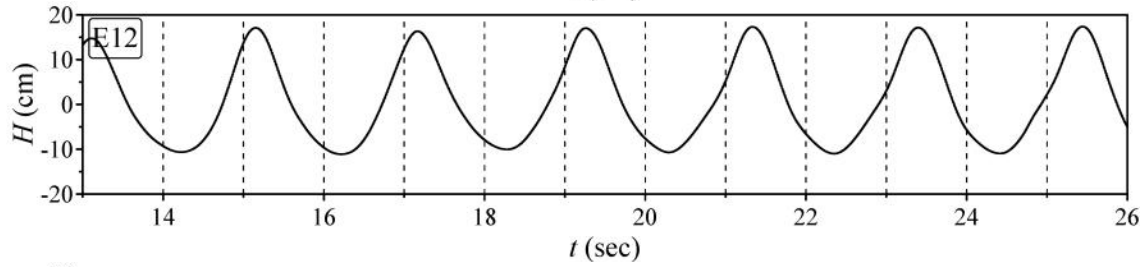
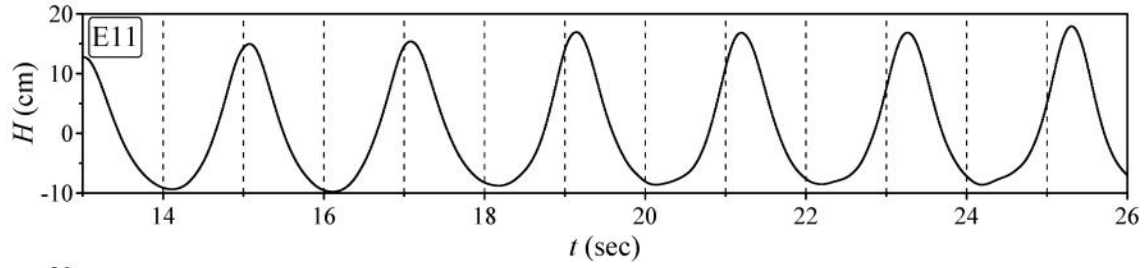
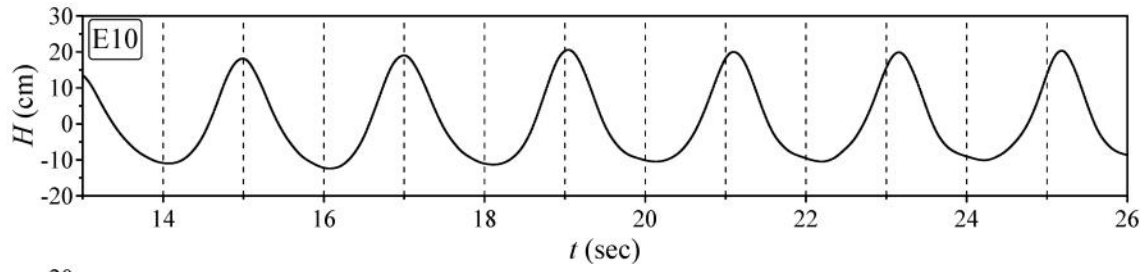
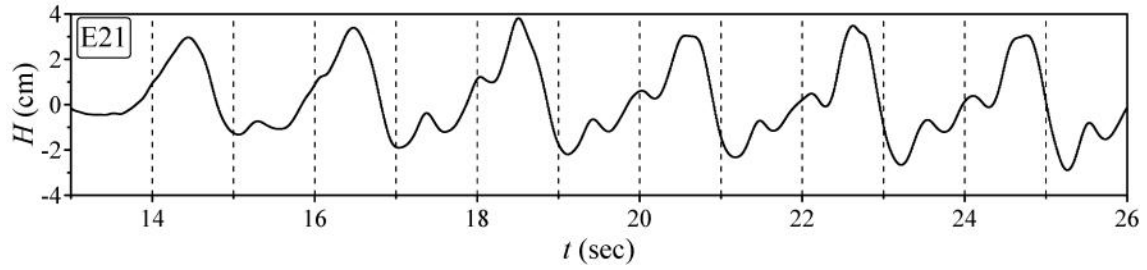
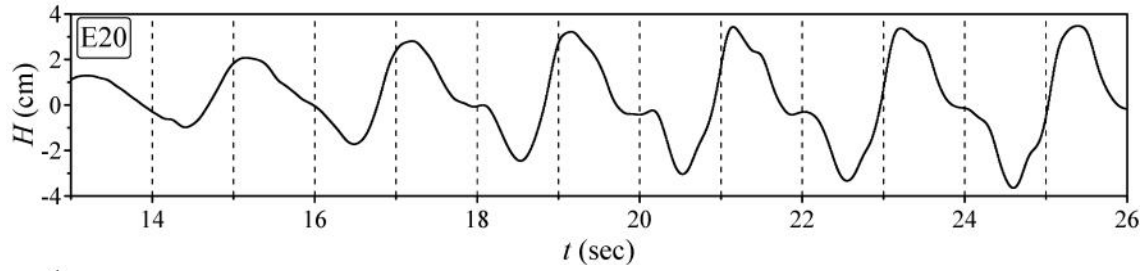
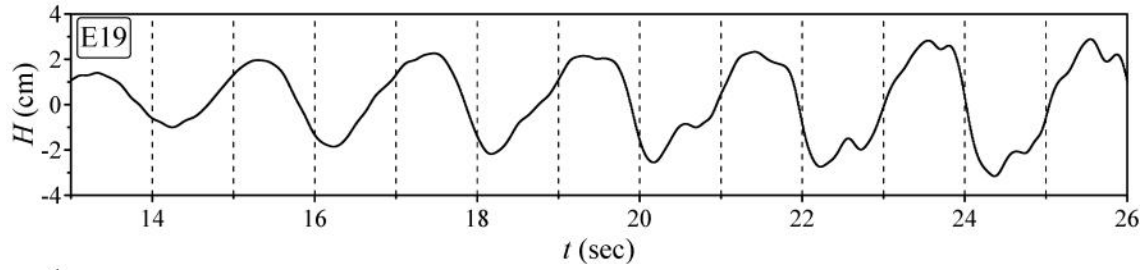
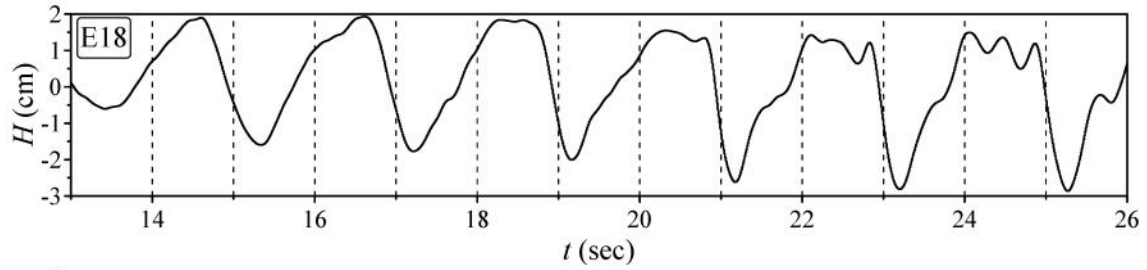
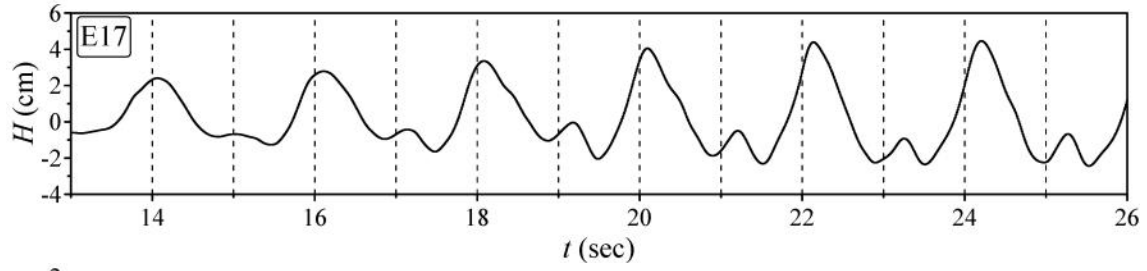
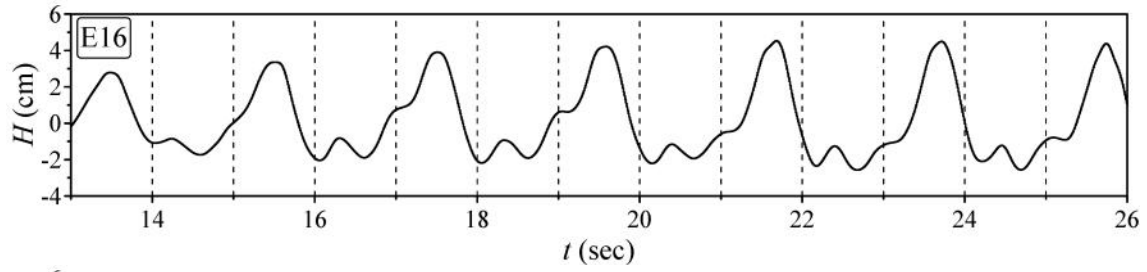


그림 A.36 파압의 시계열 자료: 파향 0°







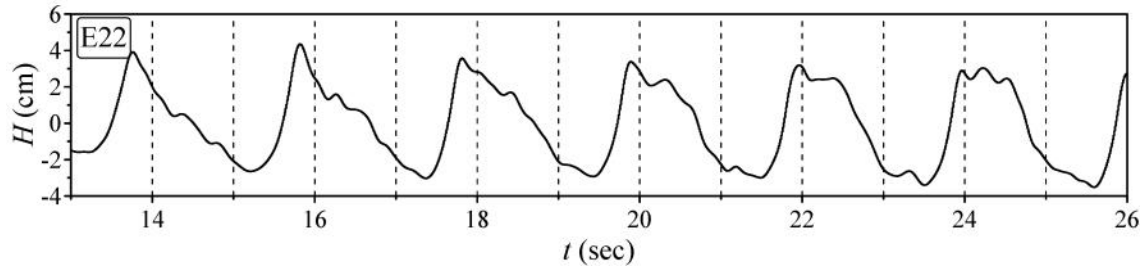
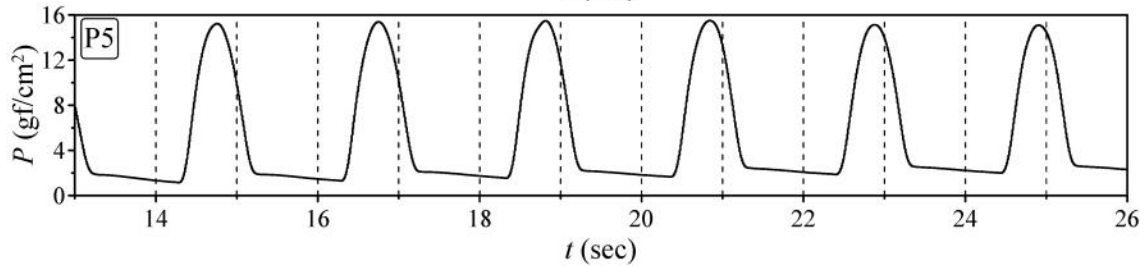
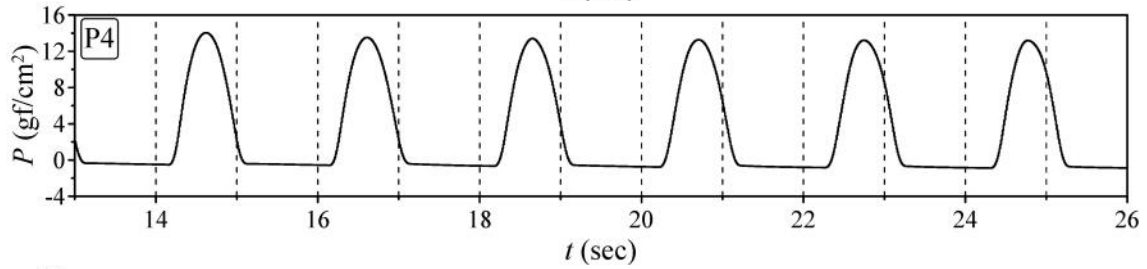
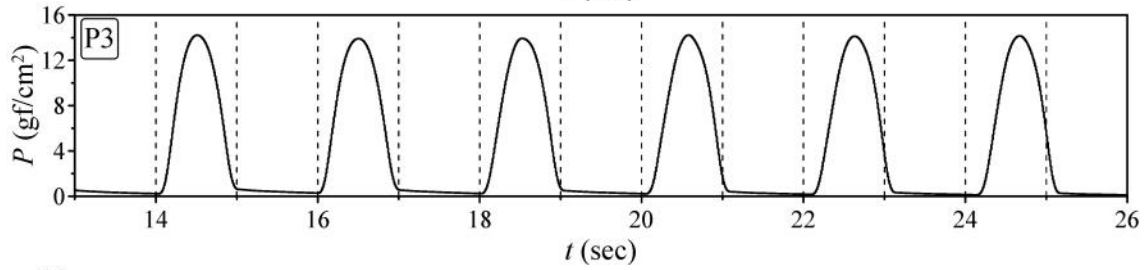
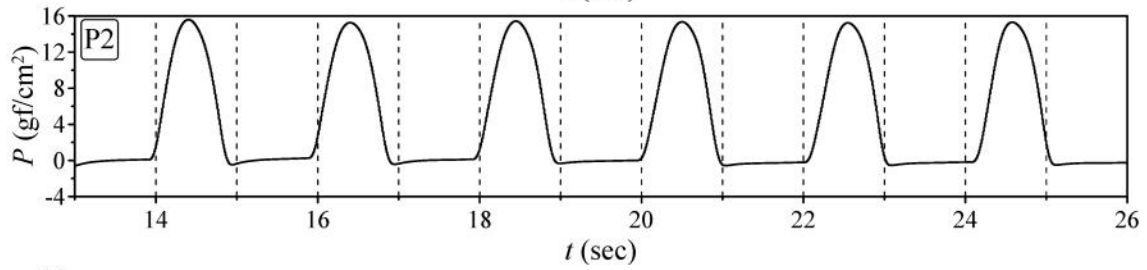
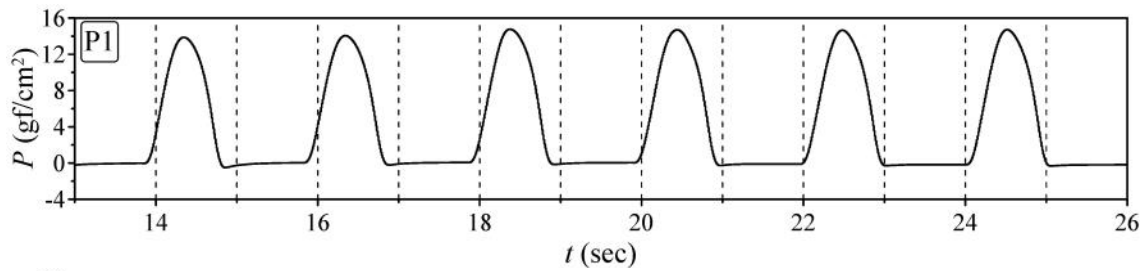
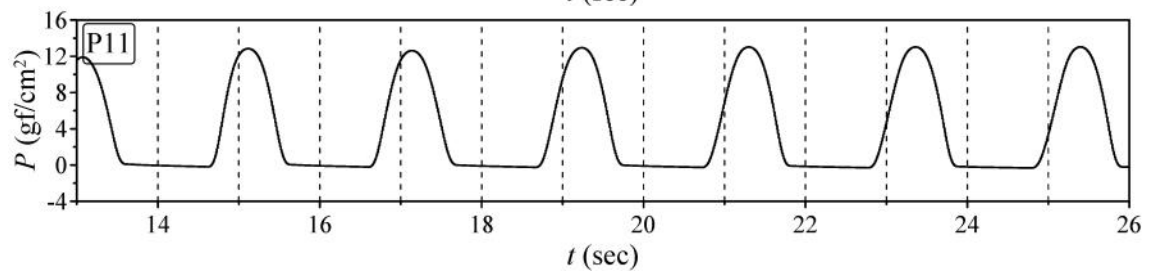
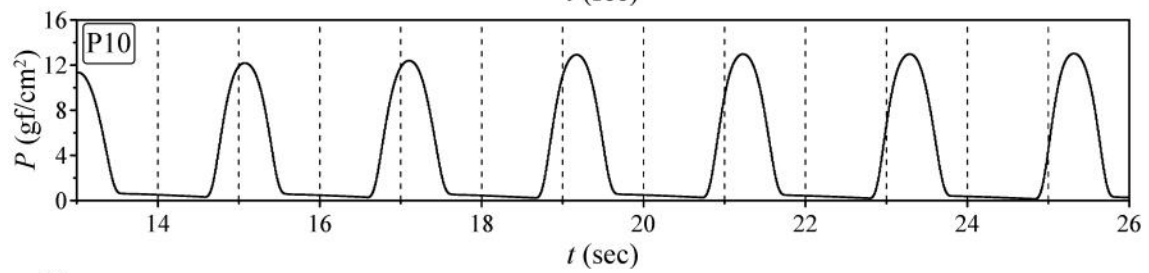
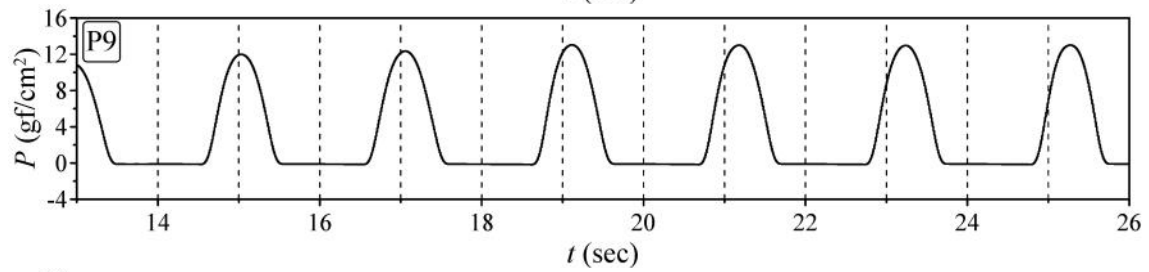
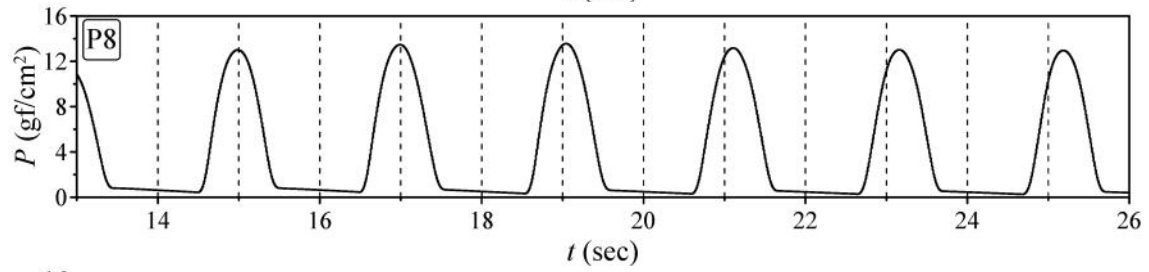
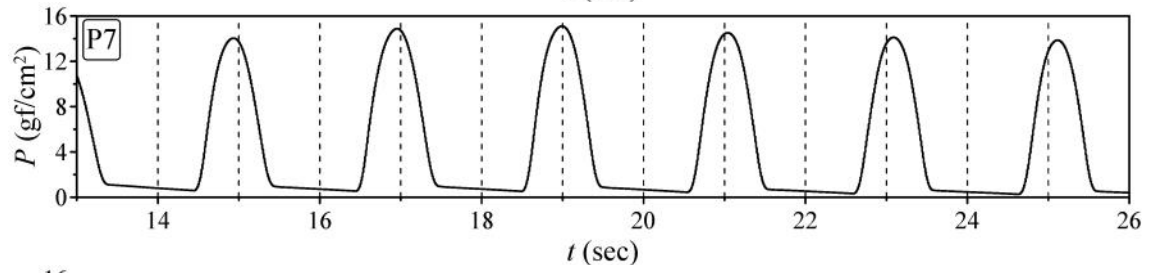
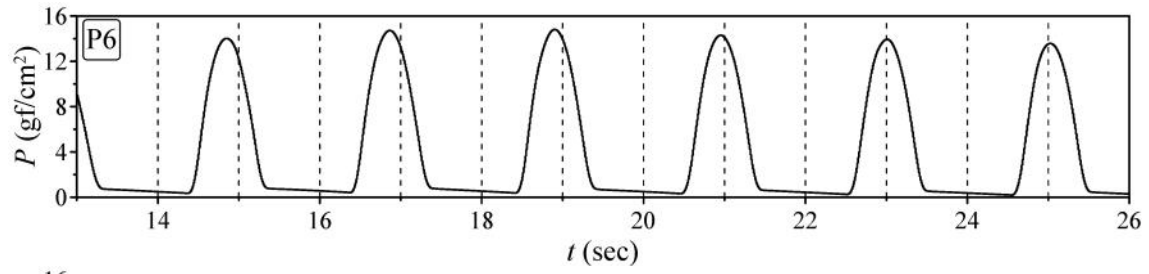


그림 A.37 파고의 시계열 자료: 파향 15°





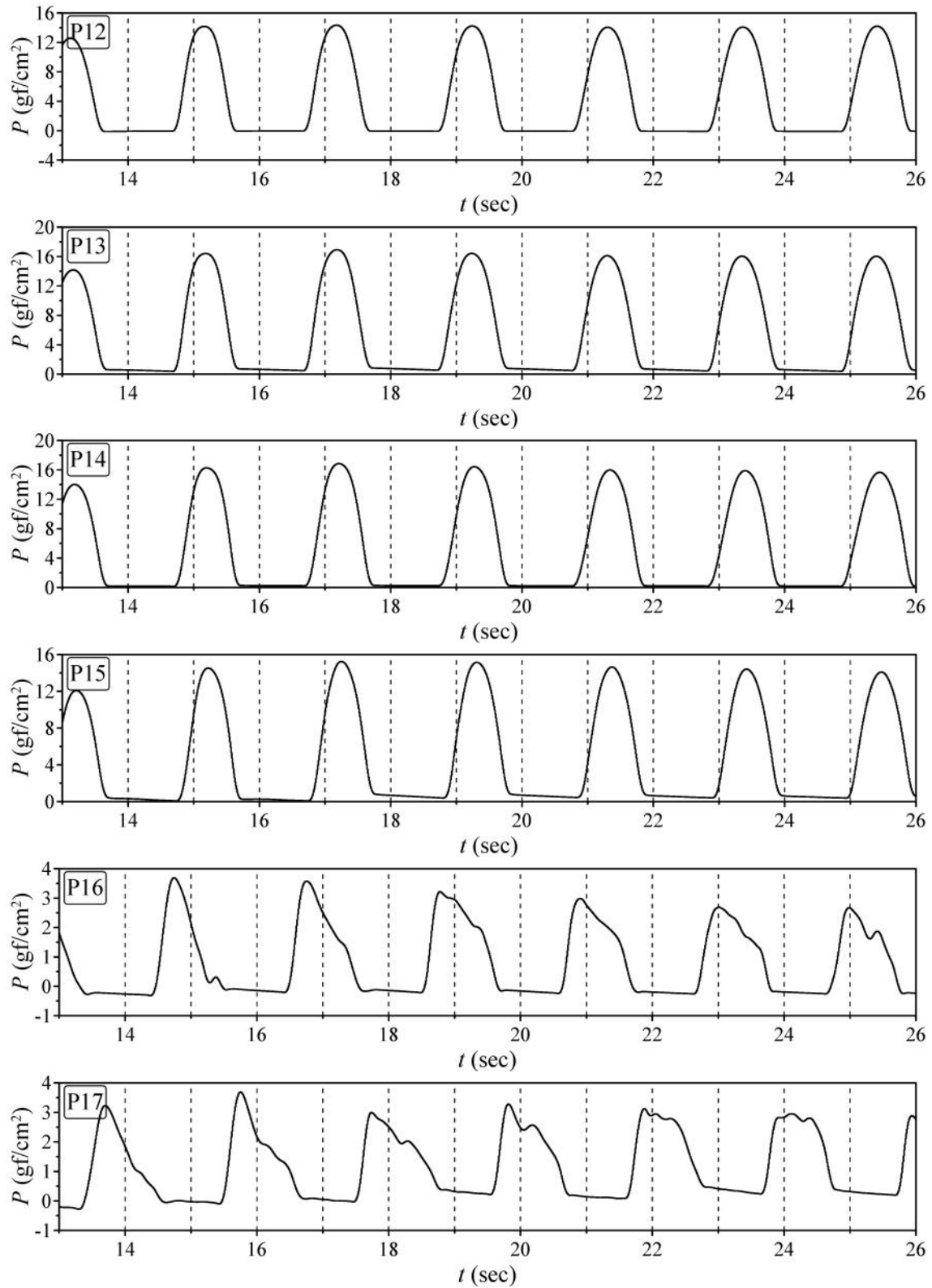
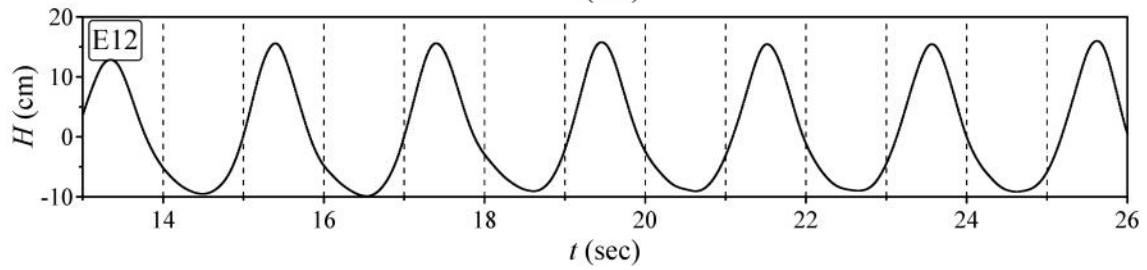
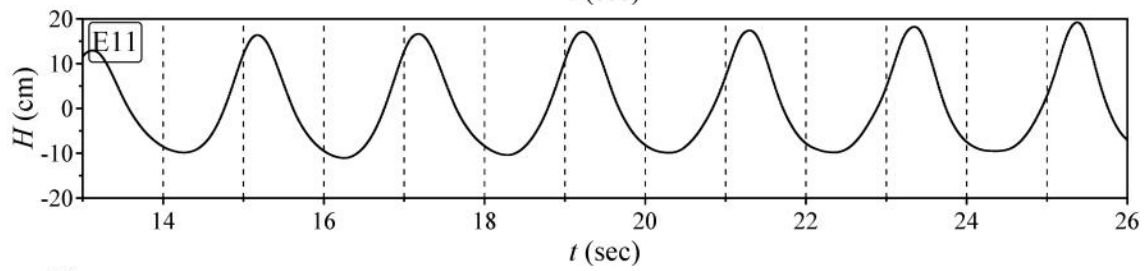
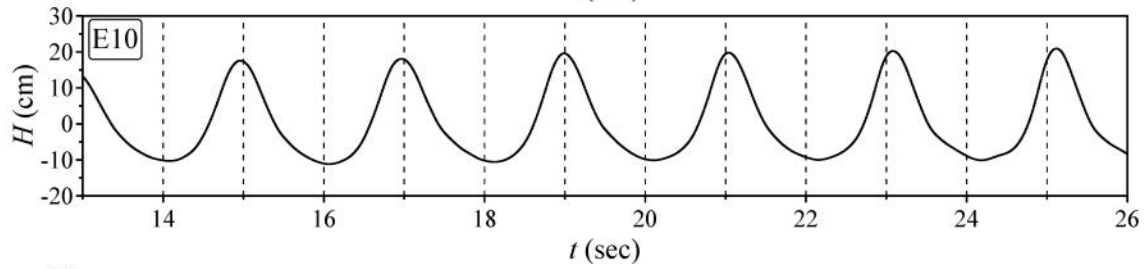
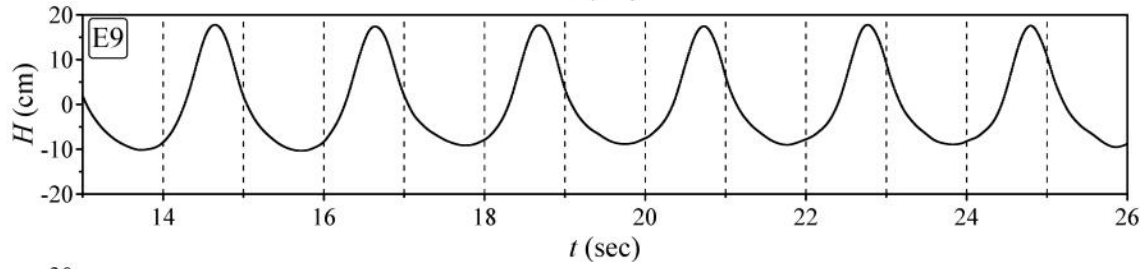
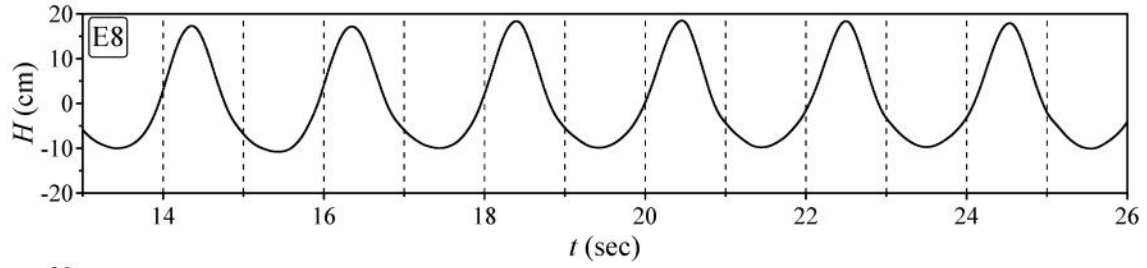
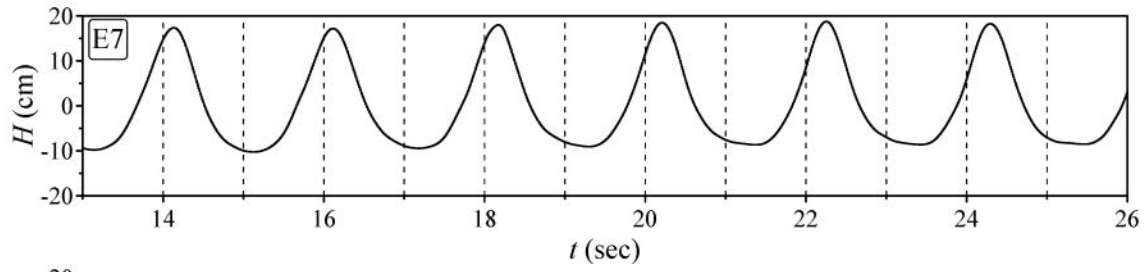
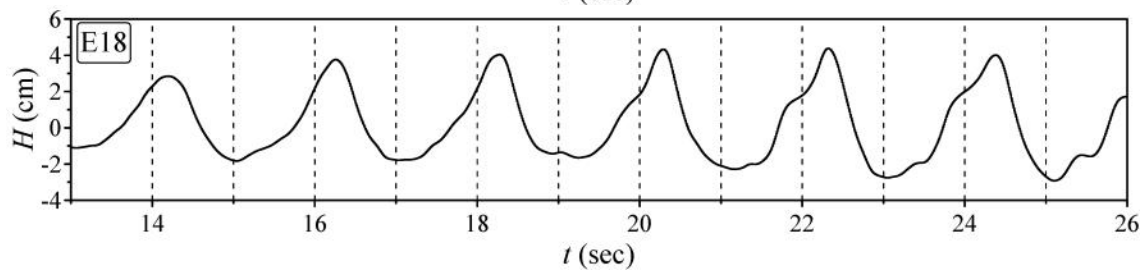
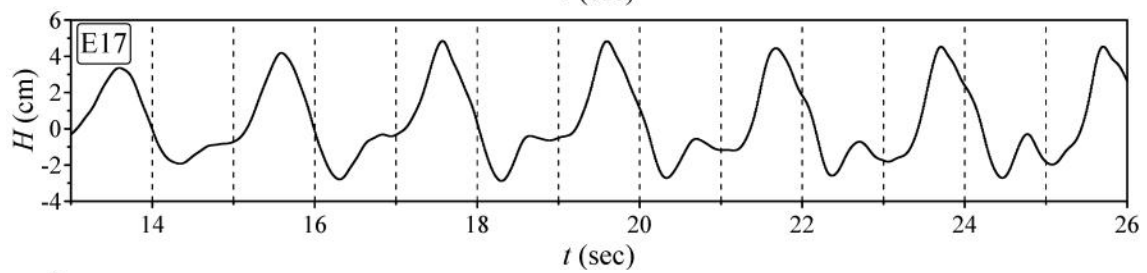
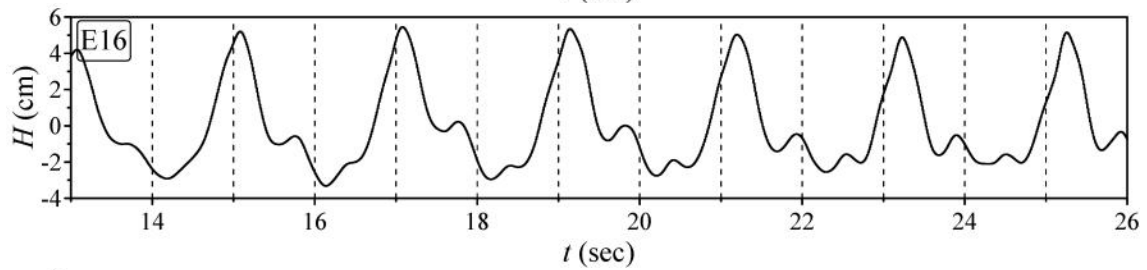
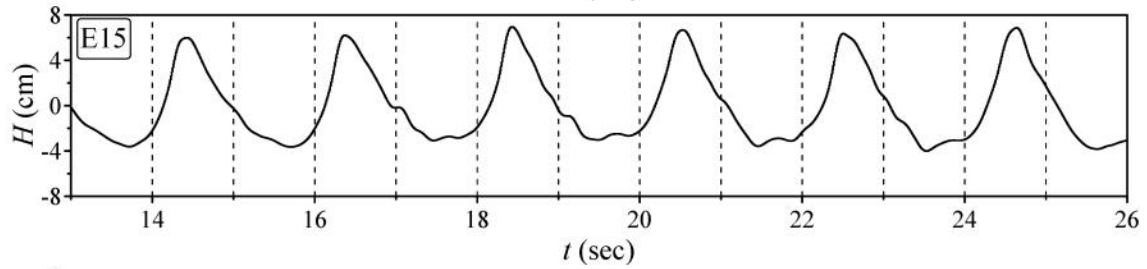
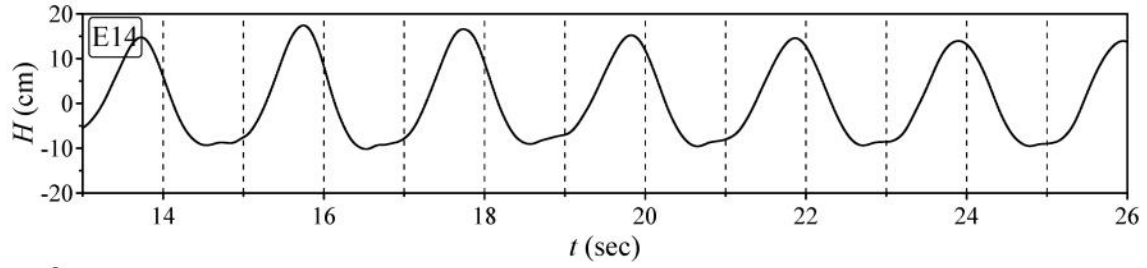
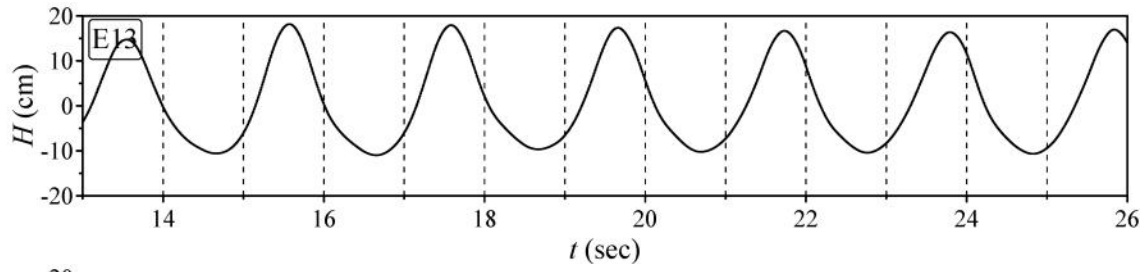


그림 A.38 파압의 시계열 자료: 파향 15°







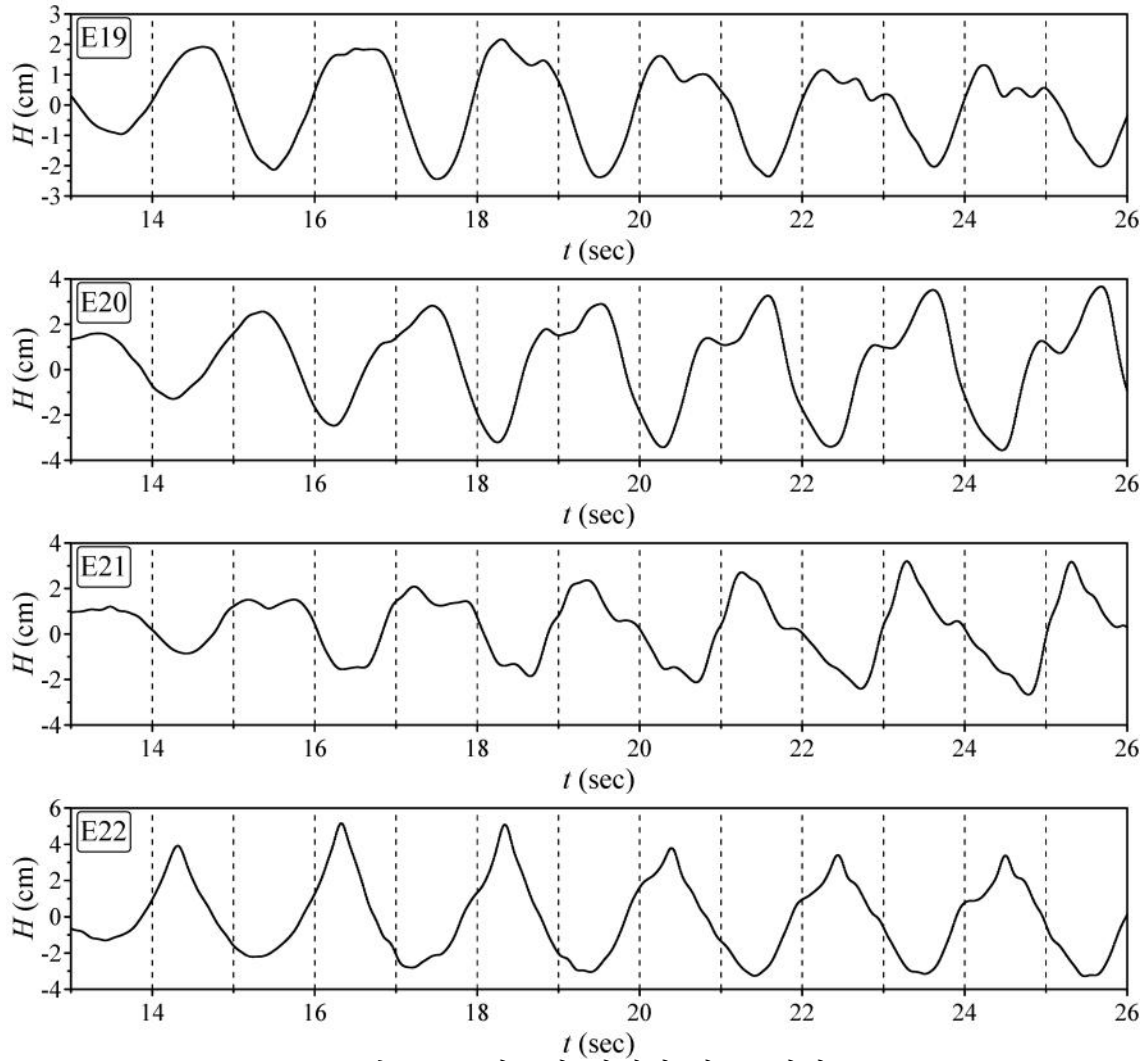
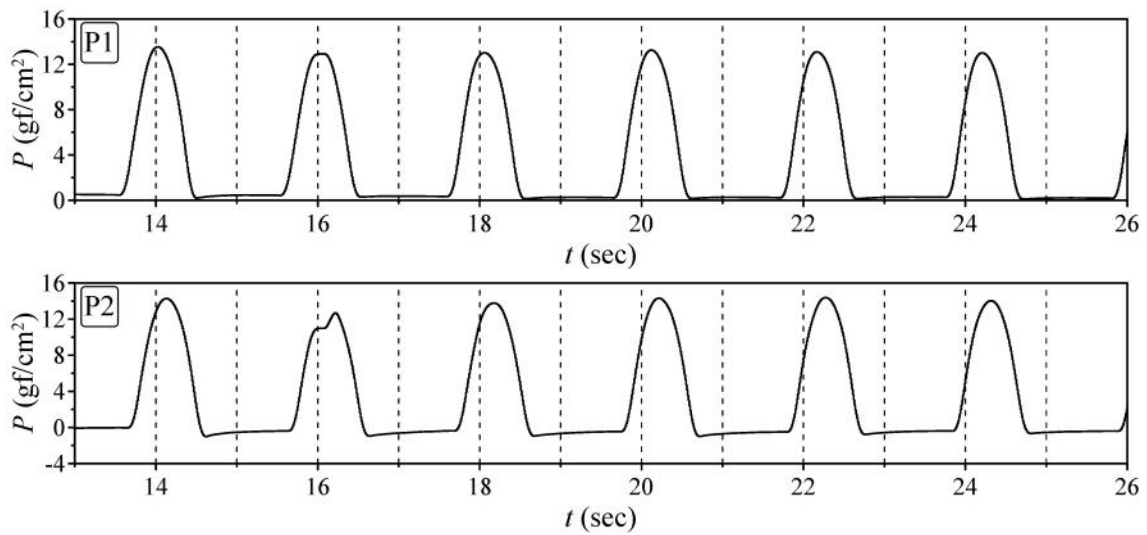
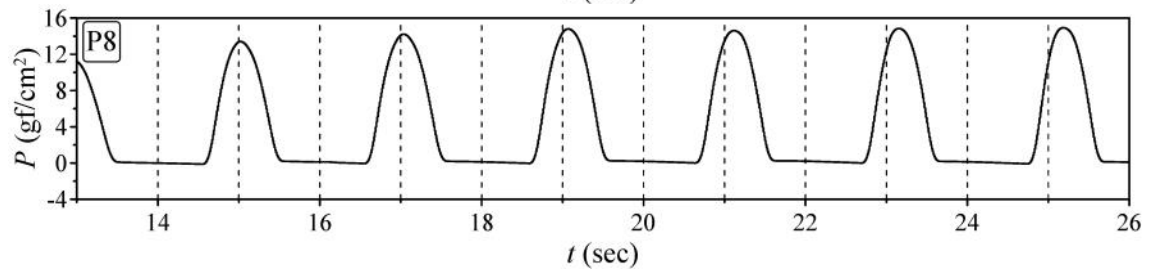
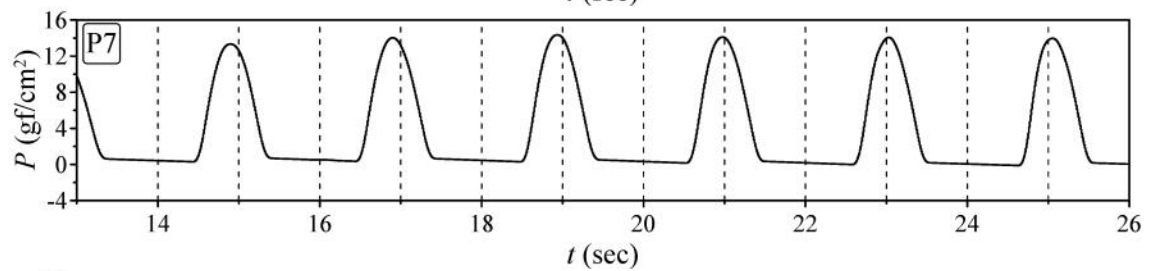
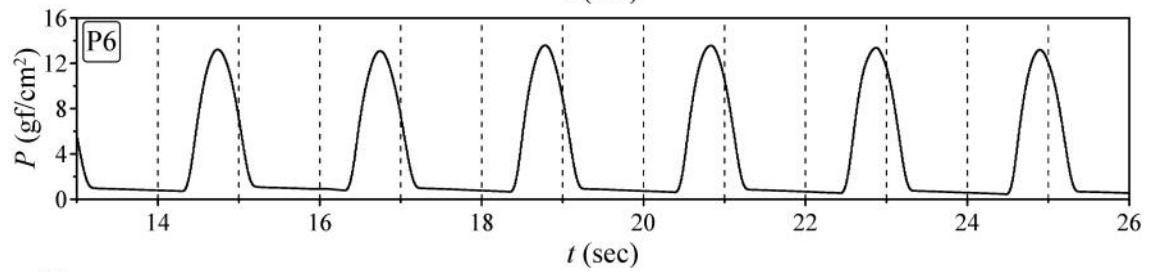
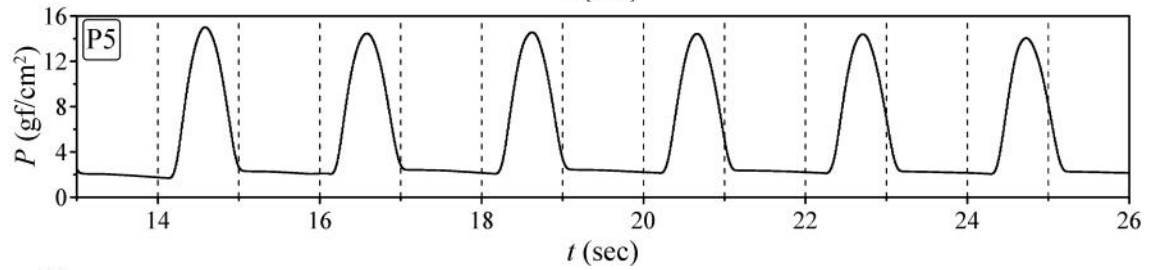
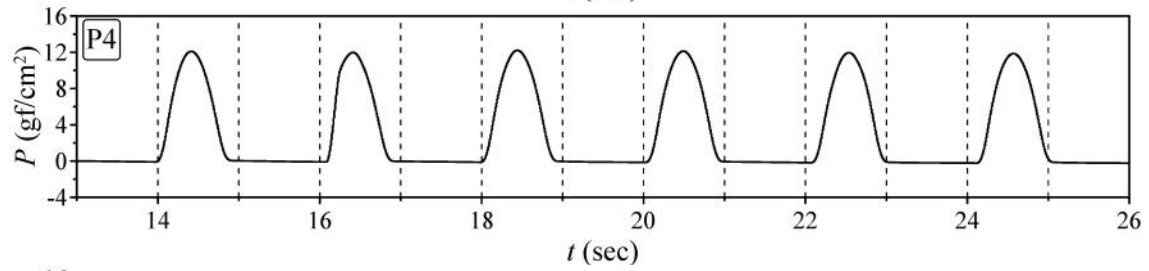
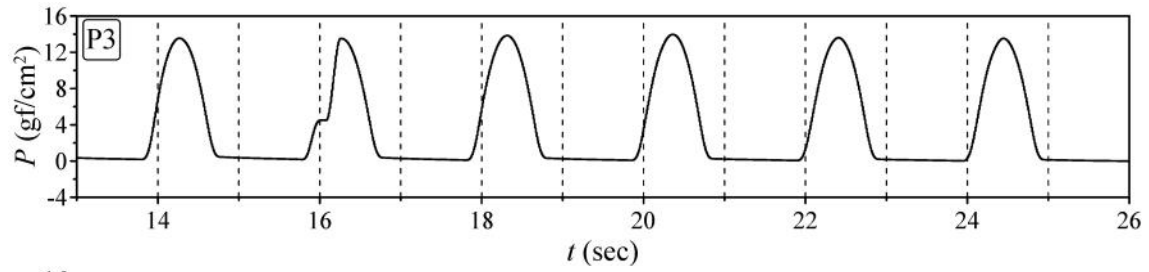
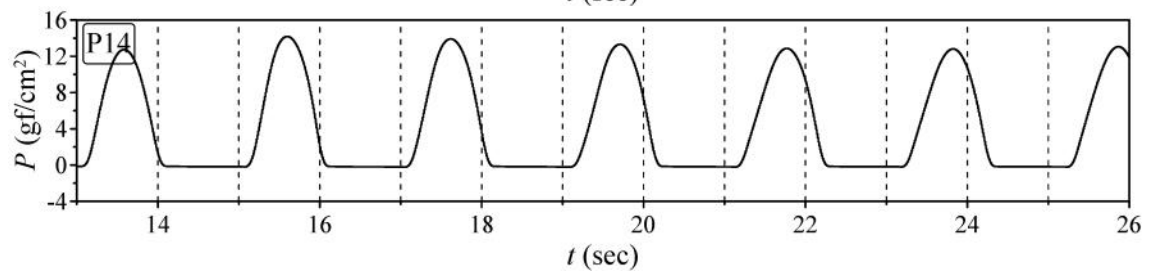
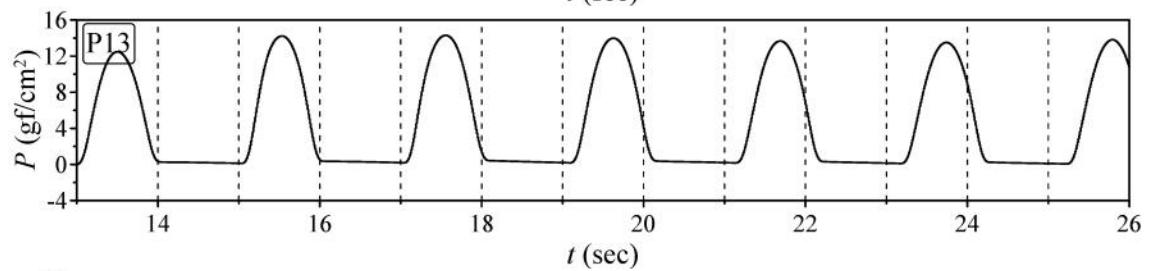
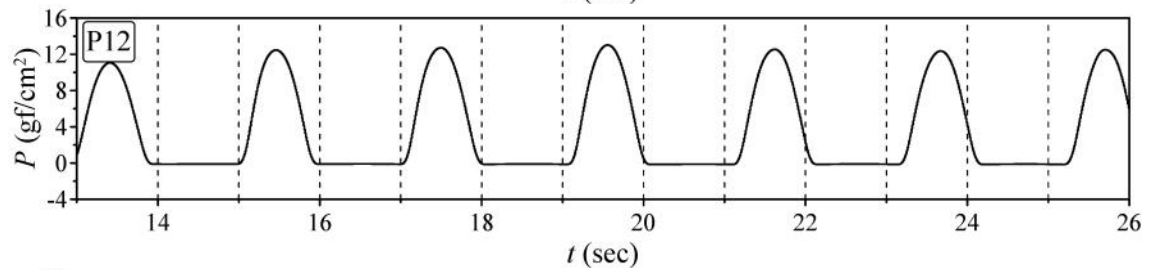
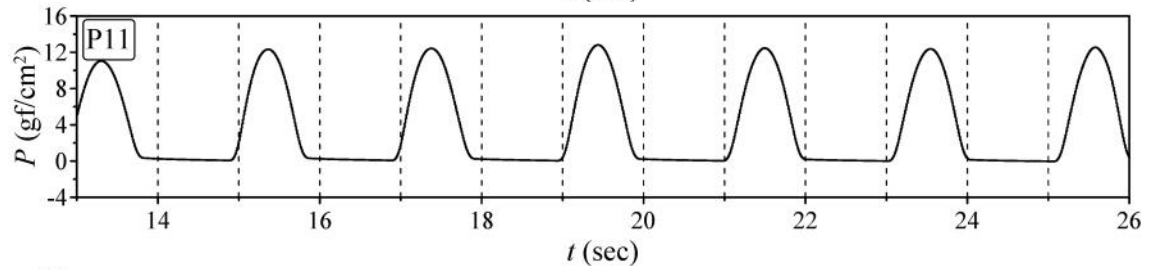
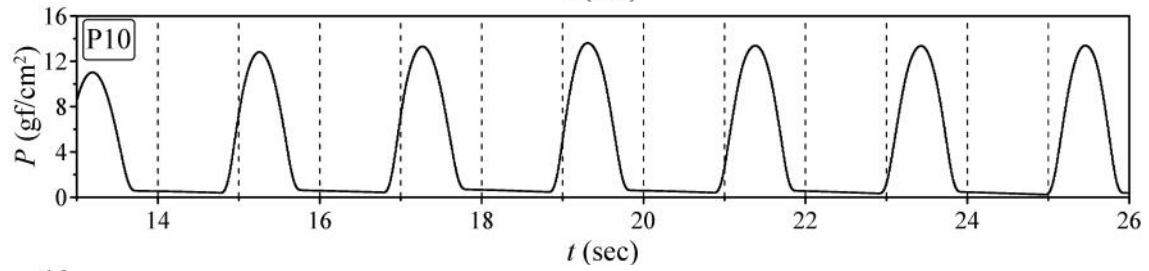
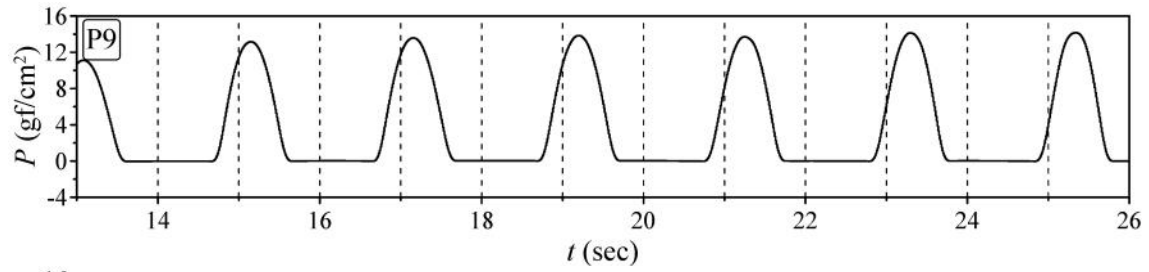


그림 A.39 파고의 시계열 자료: 파향 30°







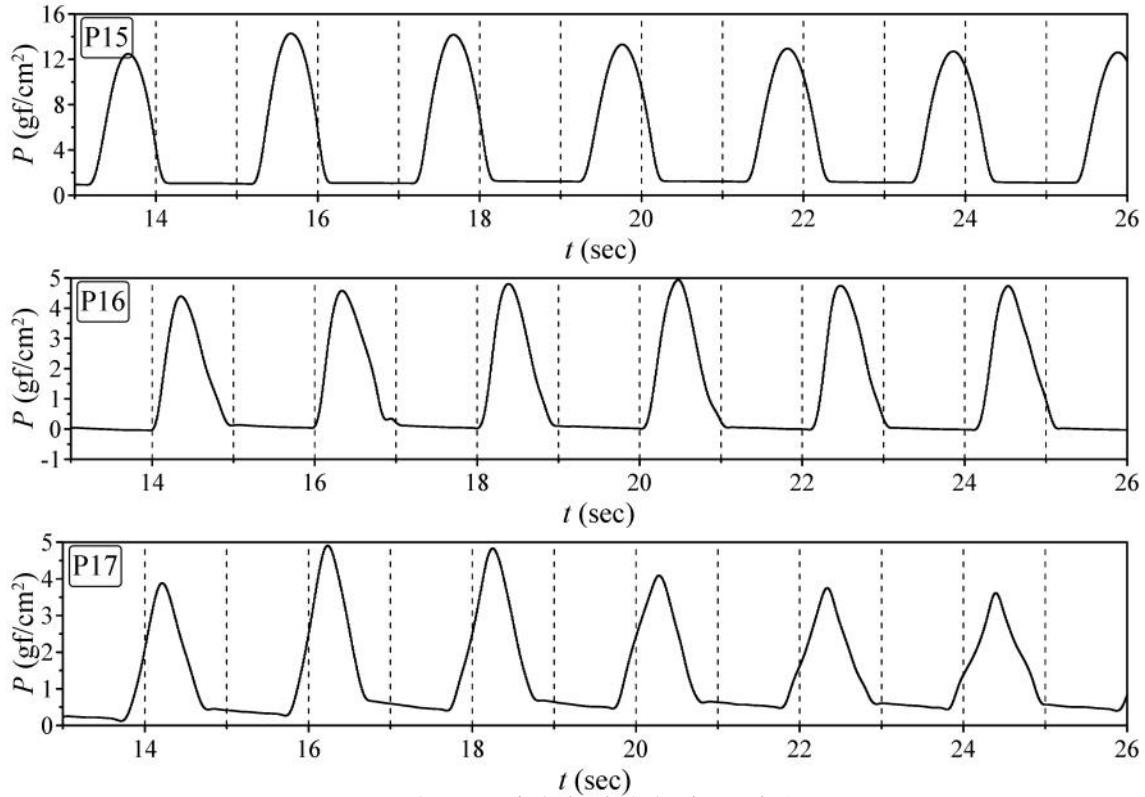


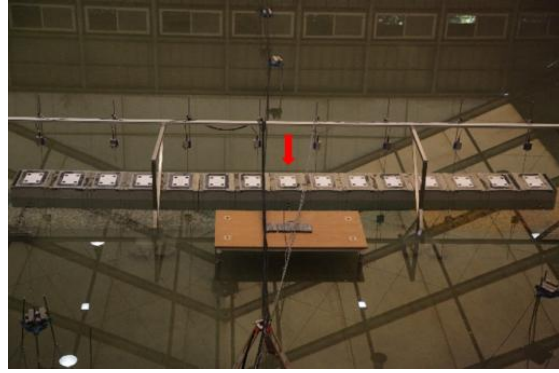
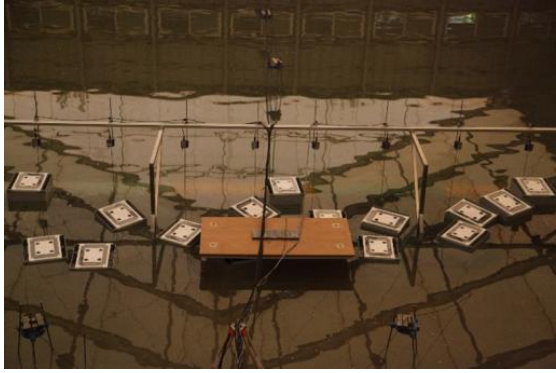
그림 A.40 파압의 시계열 자료: 파향  $30^\circ$

○ 오픈 셸 케이슨과 일반 케이슨의 안정성 비교 (CASE 1 VS CASE 2 )

- 계측한 파고와 파압을 기존 설계법에 적용하여 케이슨에 작용하는 전면부의 파압 산정
- 변위계에 계측되는 변위가 크게 발생하는 경우를 파괴로 판단하여 안정성 비교

● 파향  $0^\circ$

- a) 일반 케이슨의 경우 W06파력의 1.21배의 파력에서 파괴 발생
- b) 오픈 셸 케이슨의 경우 W06파력의 1.32배의 파압에서 변위가 크게 발생
- c) 오픈 셸 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 16.76mm
- d) 오픈 셸 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 1.18mm
- e) 오픈 셸 케이슨은 일반 케이슨보다 10%이상의 파력까지 버텨



[일반 케이슨: W11(W06파력의 1.21배)]

[오픈 셀 케이슨: W10(W06파력의 1.32배)]

$$\theta = 0^\circ$$

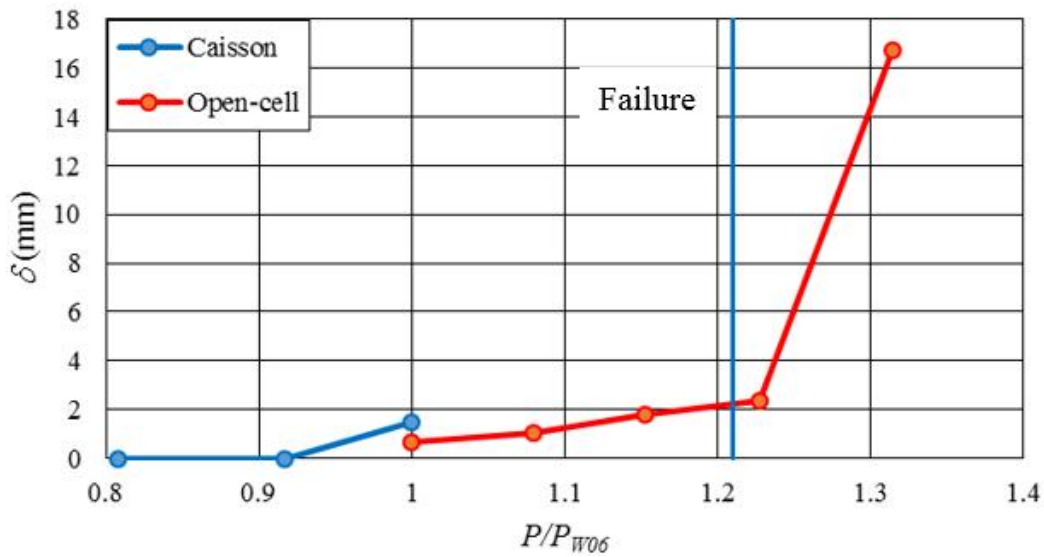
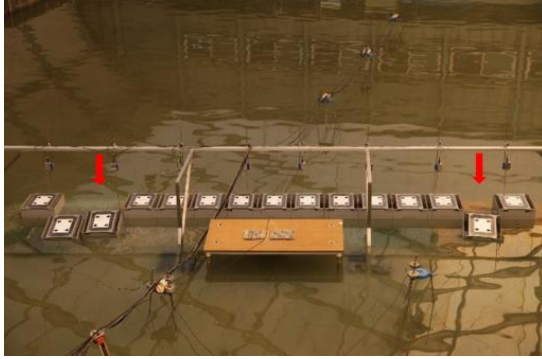


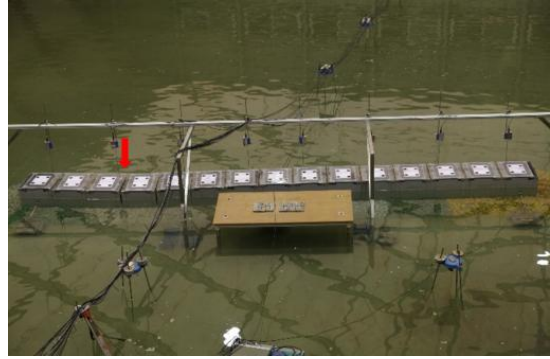
그림 A.41 파향 0°일 경우 작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위

• 파향 15°

- a) 일반 케이슨의 경우 W06파력에서 두부 근처의 제간부에서 파괴 발생
- b) 오픈 셀 케이슨의 경우 W06파력의 1.27배의 파력에서 변위가 크게 발생
- c) 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 25.6mm
- d) 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 15.5mm
- e) 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 25%이상의 파력까지 버텨



[일반 케이슨: W06]



[오픈 셀 케이슨: W17(W06파력의 1.27배)]

$\theta = 15^\circ$

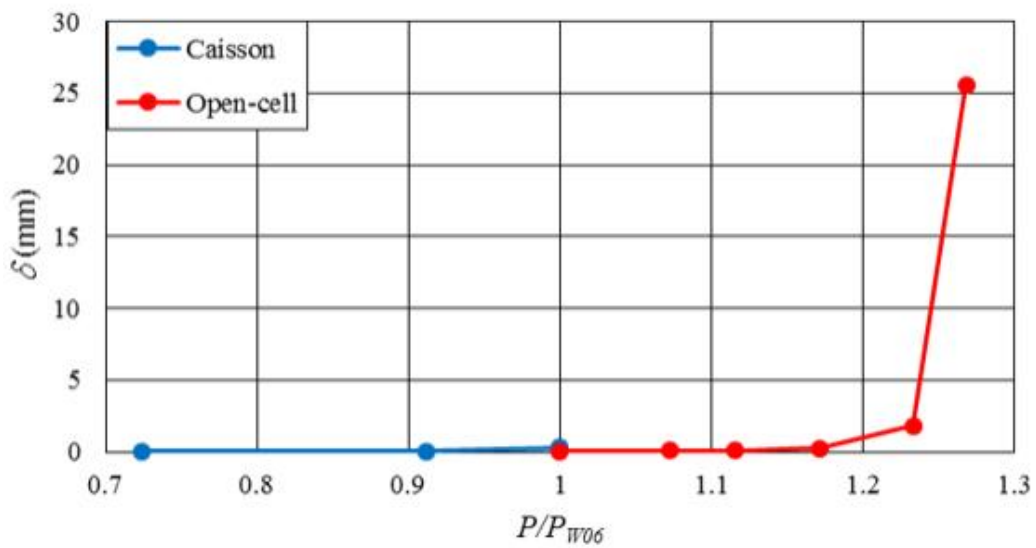
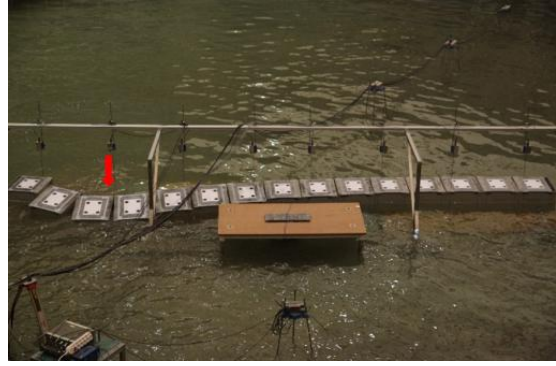


그림 A.42 파향  $15^\circ$ 일 경우 작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위

- 파향  $30^\circ$ 
  - a) 일반 케이슨의 경우 W06파력의 1.2배의 파력에서 파괴 발생
  - b) 오픈 셀 케이슨의 경우 W06파력의 1.62배의 파력에서 변위가 크게 발생
  - c) 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 12.9mm
  - d) 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 29.5mm
  - e) 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 40%이상의 파력까지 버텨



[일반 케이슨: W08(W06 파력의 1.2배)]



[오픈 셀 케이슨: W13(W06파력의 1.62배)]

$\theta = 30^\circ$

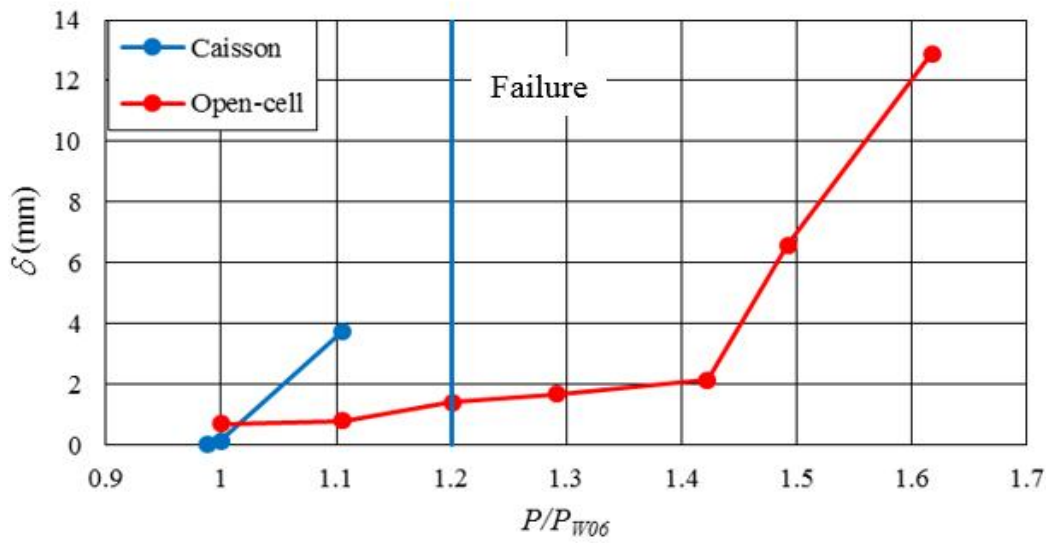


그림 A.43 파향 30°일 경우작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위





## **부록 B. 오픈 셀 케이스 이용 안벽 설계지침(안)**



## B-1. 총설

### (1) 일반

오픈 셀 케이슨 안벽의 설계는 자연조건, 시공조건, 경제성 등을 고려해서 적절한 구조형식을 선정하고 채움사석에 의한 케이슨간 인터로킹 효과를 고려하여 검토하는 것이 좋다.

해설)

오픈 셀 케이슨 안벽은 특정 케이슨에 하중이 집중될 때 대응성이 매우 뛰어나다. 인접케이슨이 연대하여 저항하게 되므로 안정성이 매우 뛰어나다. 오픈 셀 케이슨 안벽은 다음의 특징을 갖는다.

- ① 오픈 셀 케이슨 안벽은 일반 케이슨에서 방파제 기준선 방향의 양측 셀의 1/2 정도를 제거하고, 저판, 내부 격벽 일부를 제거한 형태의 오픈 셀 케이슨(그림 B.1 참조)으로 구성된다.
- ② 인접하는 오픈 셀 케이슨에 의하여 형성되는 인터셀(오픈 셀이 만나서 형성되는 셀)에 사석마운드의 기초사석( $0.015\text{m}^3 \sim 0.03\text{m}^3$ )을 채워 넣어 케이슨의 범선방향 움직임에 대하여 서로 인터로킹되도록 한 구조를 갖는다.
- ③ 케이슨을 인터로킹시켜 장대화하면, 특정 케이슨에 하중이 집중될 때 연대하여 저항하므로 일반 케이슨과 동등한 자중을 갖는 경우 안정성이 대폭 강화되는 특징을 지닌다.



그림 B.1 일반 케이슨과 오픈 셀 케이슨 비교

## (2) 적용기준

본 매뉴얼에 표시하지 않는 사항에 대해서는 다음 기준을 따른다.

- ① 항만 및 어항 설계기준 (해양수산부), (이하 설계기준이라 함)
- ② 콘크리트 표준시방서 (건설교통부), (이하 콘크리트시방서라 함)

해설)

본 매뉴얼에서 특별히 지정하지 않는 경우에는 ①~②기준을 따른다. 예를 들면 본 매뉴얼에서는 기술하지 않는 해상조건, 재료조건 및 구조해석방법 등에 대해서는 ①~② 기준의 해당규정을 적용한다.

## (3) 용어의 정의

본 매뉴얼에서 사용하는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

- 오픈 셀 : 오픈 셀 케이슨의 양측의 기준선 방향으로 열린 셀을 의미한다. 오픈 셀 내측에는 전달력의 분산을 위해 전단벽이 설치되며, 외측벽체가 셀로 된 경우도 포함된다.
- 인터 셀 : 마주하는 오픈 셀에 의해서 형성된 공간을 의미한다. 인터셀은 사석마운드 기초사석으로 채워지게 된다.

해설)

오픈 셀 케이슨 방파제의 각 부분의 명칭은 그림 B.2와 같다.

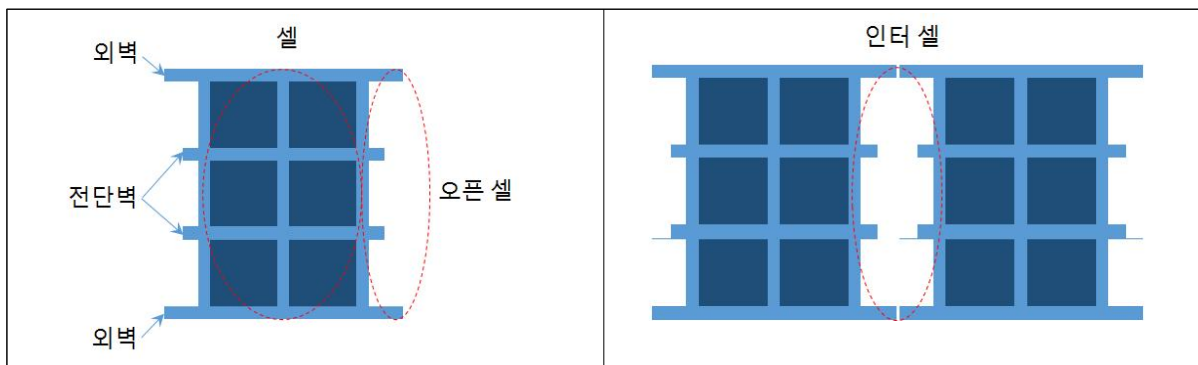


그림 B.2 오픈 셀 케이슨 안벽의 각 부분 명칭

## B-2. 설계의 조건

오픈 셀 케이스 안벽의 설계는 설계기준 제8편 계류시설 제1장 부두 및 제2장 안벽시설의 제원 및 구조형식에 의거해서 기능 및 현상을 검토하고 소요 구조제원을 적절히 설정하는 것으로 한다.

해설)

오픈 셀 케이스 안벽의 설계는 일반적으로 그림 B.3에 나타난 중력식 안벽의 설계순서에 의해서 행하는 것이 좋다. 설계순서는 통상의 케이스 안벽의 경우와 같지만 오픈 셀 구조의 형상, 크기 등은 안벽 안정성 및 구조 안전성을 고려하여 적절히 결정한다.

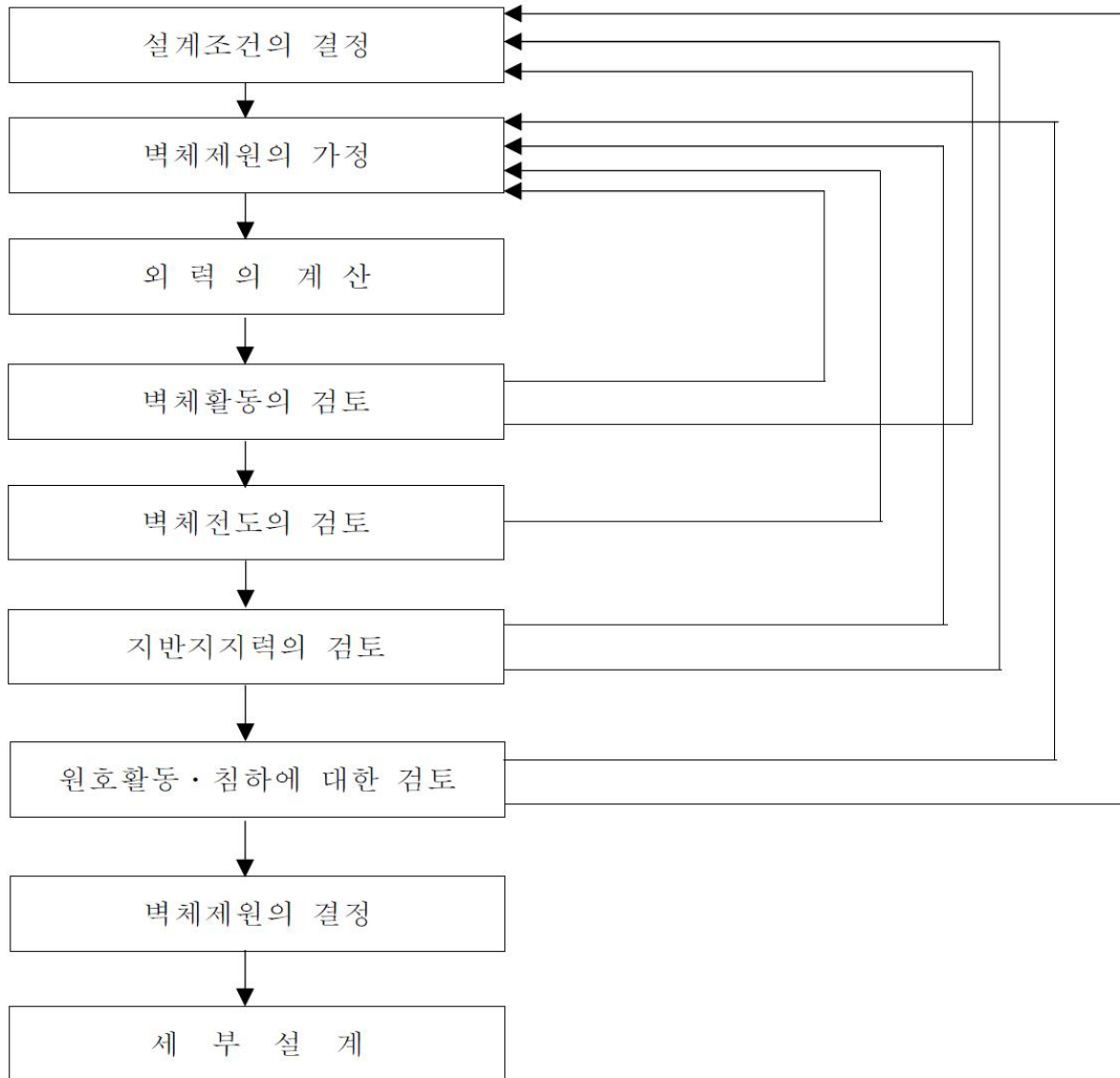


그림 B.3 중력식 안벽의 설계순서

### B-3. 벽체에 작용하는 외력과 하중

오픈 셸 케이스 안벽에 작용하는 외력과 하중은 설계기준 제8편 계류시설 제3장 중력식 안벽 3-2 벽체에 작용하는 외력과 하중에 의해서 결정한다.

### B-4. 안정계산

#### (1) 안정계산에 고려할 사항

오픈 셸 케이스 안벽의 안정계산은 설계기준 제8편 계류시설 제3장 중력식 안벽 3-3-1 안정계산에 고려할 사항에 의거한다.

#### (2) 벽체의 활동 검토

오픈 셸 케이스 안벽은 일반 중력식 안벽 활동과 같이 식(3-1)을 만족해야 한다.

$$F \leq \frac{fW}{P} \quad (B-1)$$

여기서,

$W$  : 벽체에 작용하는 전연직력 (kN/m)

$P$  : 벽체에 작용하는 전수평력 (kN/m)

$f$  : 벽체 저면과 기초와의 마찰계수

$F$  : 안전율

#### [참고]

(1)~(7)은 설계기준 제8편 계류시설 제3장 중력식 안벽 3-3-2 벽체의 활동 검토의 참고 사항을 준용한다.

(8) 인접 벽체와 인터로킹시킨 경우에는 인터로킹된 전체 벽체를 하나의 벽체로 보고 안정성을 평가하고, 특정 벽체에 작용하는 선박의 견인력, 크레인의 수평력 등을 포함하는 하중조합에 대해서는 인접 벽체와의 인터로킹 효과를 고려하여 개별 벽체 별로 안정성 평가를 추가 실시할 필요가 있다. 인접 벽체와 인터로킹 효과를 고려하기 어려운 경우에는 독립 벽체로 보고 안정성을 평가해도 좋다. 단, 이 경우에는 안전율 1.0 이상 확보하는 것으로 한다.

### (3) 벽체의 전도 검토

오픈 셸 케이슨 안벽은 일반 중력식 안벽 활동과 같이 식(3-1)을 만족해야 한다.

$$F \leq \frac{W \cdot t + M_f}{P \cdot h} \quad (\text{B-2})$$

여기서,

$W$  : 오픈 셸 구간의 채움사석의 중량을 제외한 벽체에 작용하는 전연직력 (kN/m)

$P$  : 벽체에 작용하는 전수평력 (kN/m)

$M_f$  : 오픈 셸 채움사석의 벽면마찰력에 의해서 발생하는 저항모멘트 (kN · m/m)

$t$  : 벽체 전면하단으로부터 벽체에 작용하는 전연직력,  $W$ 의 작용점까지의 수평거리 (m)

$h$  : 벽체 저면에서 전수평력의 작용점까지의 높이 (m)

$F$  : 안전율

#### [참고]

- (1) 안전율은 평상시 1.2 이상, 이상시 1.1 이상을 표준으로 한다.
- (2) 인접 벽체와 인터로킹시킨 경우에는 인터로킹된 전체 벽체를 하나의 벽체로 보고 안정성을 평가하고, 특정 벽체에 작용하는 선박의 견인력, 크레인의 수평력 등을 포함하는 하중조합에 대해서는 인접 벽체와의 인터로킹 효과를 고려하여 개별 벽체 별로 안정성 평가를 추가 실시할 필요가 있다. 인접 벽체와 인터로킹 효과를 고려하기 어려운 경우에는 독립 벽체로 보고 안정성을 평가해도 좋다. 단, 이 경우에는 안전율 1.0 이상 확보하는 것으로 한다.

### (4) 기초의 지지력 검토

오픈 셸 케이슨 안벽의 기초지지력 검토는 설계기준 제8편 계류시설 제3장 중력식 안벽 3-3-4 기초의 지지력 검토에 의거한다.

### (5) 연약지반인 경우의 검토

오픈 셸 케이슨 안벽의 기초지지력 검토는 설계기준 제8편 계류시설 제3장 중력식 안벽 3-3-5 연약지반인 경우의 검토에 의거한다.

## B-5. 뒷채움의 효과

오픈 셀 케이슨 안벽의 뒷채움 효과는 설계기준 제8편 계류시설 제3장 중력식 안벽 3-4 뒷채움의 효과에 의거한다.

## B-6. 세부설계

오픈 셀 케이슨 안벽의 세부설계는 설계기준 제8편 계류시설 제3장 중력식 안벽 3-5 세부설계에 의거한다.

## B-7. 부재계산

오픈 셀 케이슨 안벽의 부재계산은 설계기준 제4편 프리캐스트 철근 콘크리트부재 및 콘크리트시방서에 따른다.



## A-8. 참고자료

### 1. 오픈 셀 케이슨 구조물 성능평가 실험결과

#### 가. 구조실험의 목적

- 1/10 규모의 대축척 구조실험을 통하여 오픈 셀 케이슨으로 축조된 인터로킹 항만구조물의 구조거동특성 평가
- 채움재, 인터 셀 구조형상 등 주요 설계변수 영향 고려
  - 인터 셀내 채움재 전단저항성능 평가
  - 인터 셀내 채움재 전단 저항력계수 평가
  - 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수 평가

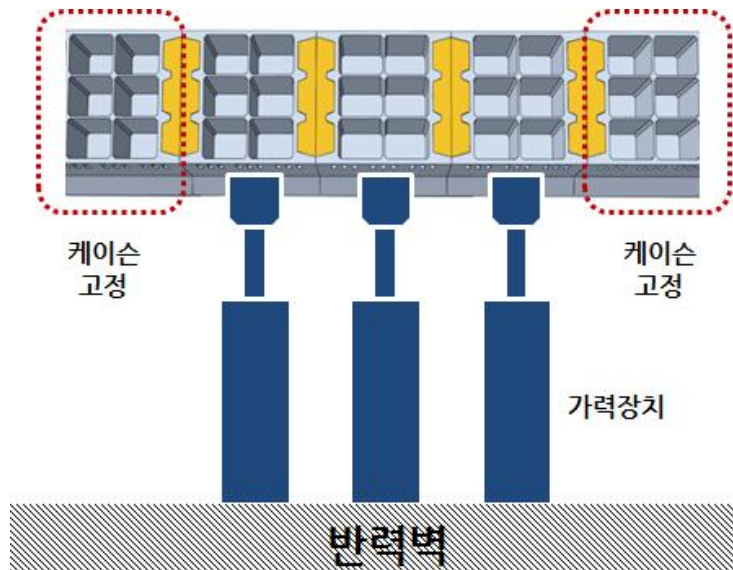


그림 B.4 구조실험 계획

#### 나. 구조실험 개요

- 구조실험 모형
  - 구조거동특성 평가실험을 위하여 축척 1/10의 두부 케이슨 2함을 포함한 총 5함의 오픈 셀 케이슨 모형을 제작
  - 사석마운드를 축조하고 오픈 셀 케이슨을 설치
  - 각 케이슨 셀을 속채움하고, 마주하는 오픈 셀로 구성되는 인터 셀에는 인접케이슨과 인터로킹을 위한 사석 등 채움재를 투입하여 실험 모형 구성(채움사석의 전단저항특성을 평가하기 위해 양측 두부 케이슨은 바닥에 고정)
  - 케이슨 무게 = 38.65 KN
  - 오픈 셀 내 채움재 무게 = 5.80 KN

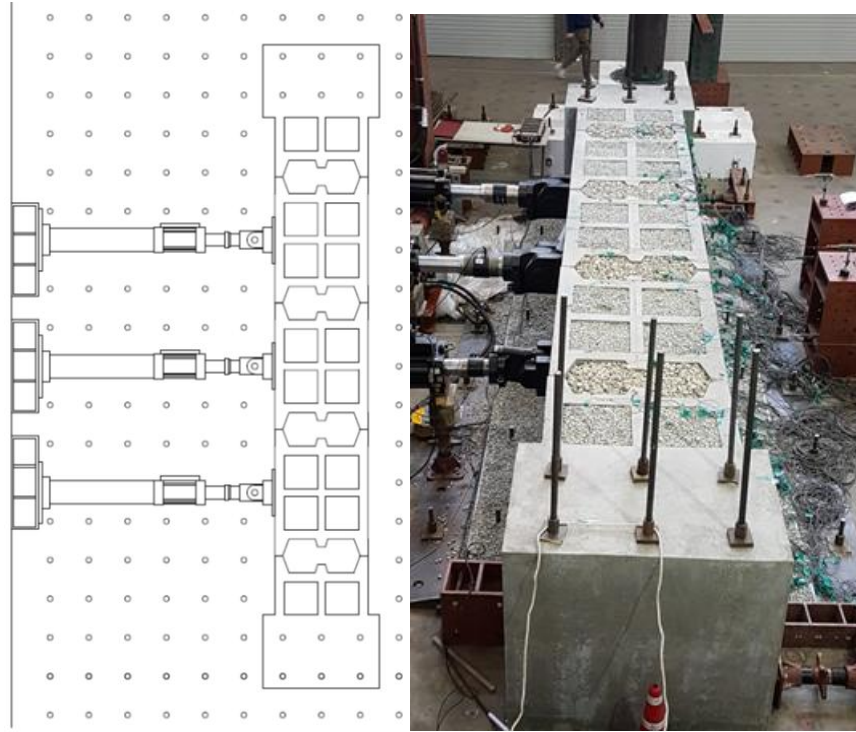


그림 B.5 구조실험 모형 설치도

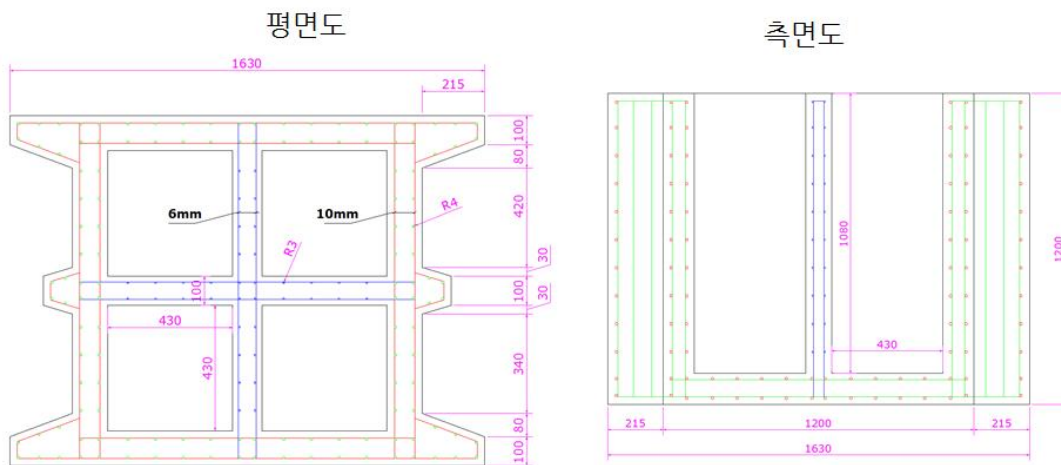
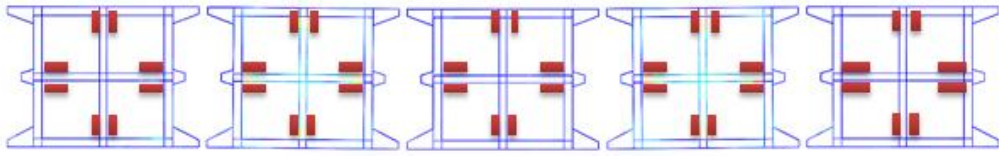
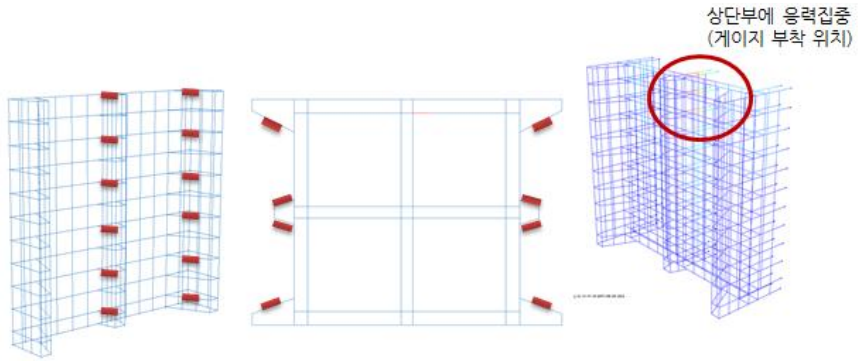


그림 B.6 구조실험체 단면

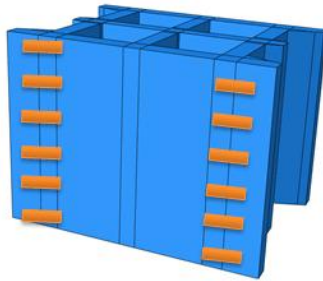
- 구조응답 계측센서 설치
  - 케이슨 구조응답을 계측하기 위하여 구조체에 스트레인게이지 부착
  - 콘크리트 게이지의 경우 인터셀 부분에 설치할 경우 사석에 의한 손상 가능성이 있어 내측 벽면에 부착함.



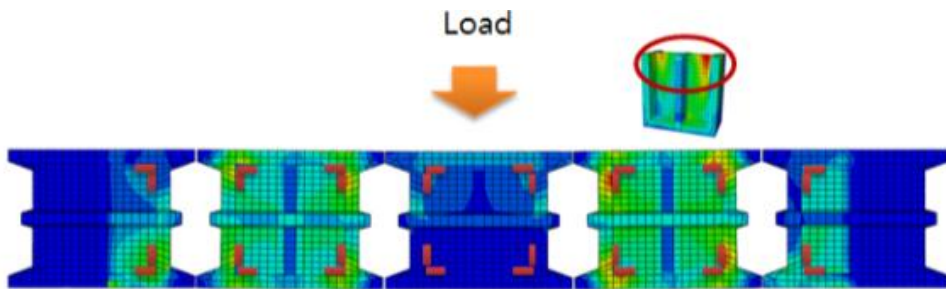
(a) 내부 격벽 강재 스트레인 게이지



(b) 인터 셀 강재 스트레인 게이지



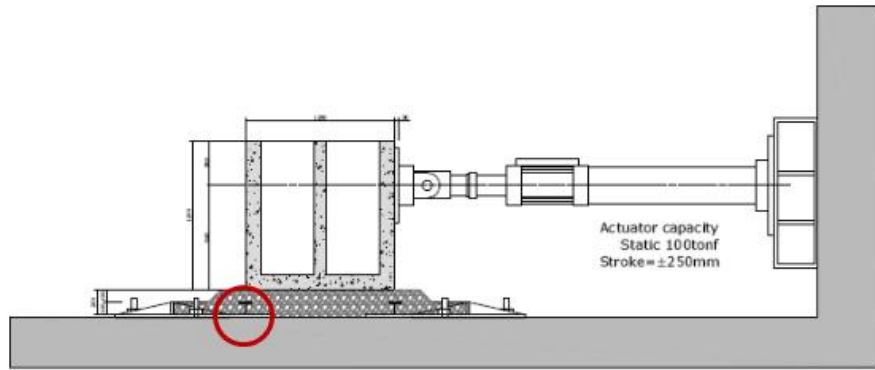
(c) 외벽 콘크리트 스트레인 게이지



(d) 내부격벽 콘크리트 스트레인 게이지

그림 B.7 구조실험체 게이지 부착위치

- 지반 반력의 상대적 비교를 위하여 중앙 3개 케이스 사석 마운드 내에 H형강을 설치하고 웹에 스트레인 게이지 3개씩 총 9개 설치



Strain gages : 수직 변형률 측정

그림 B.8 반력측정용 스트레인 게이지

- 중앙 3개 케이슨의 움직임을 계측하기 위하여 각 함당 2개씩 총 6개의 변위계 설치

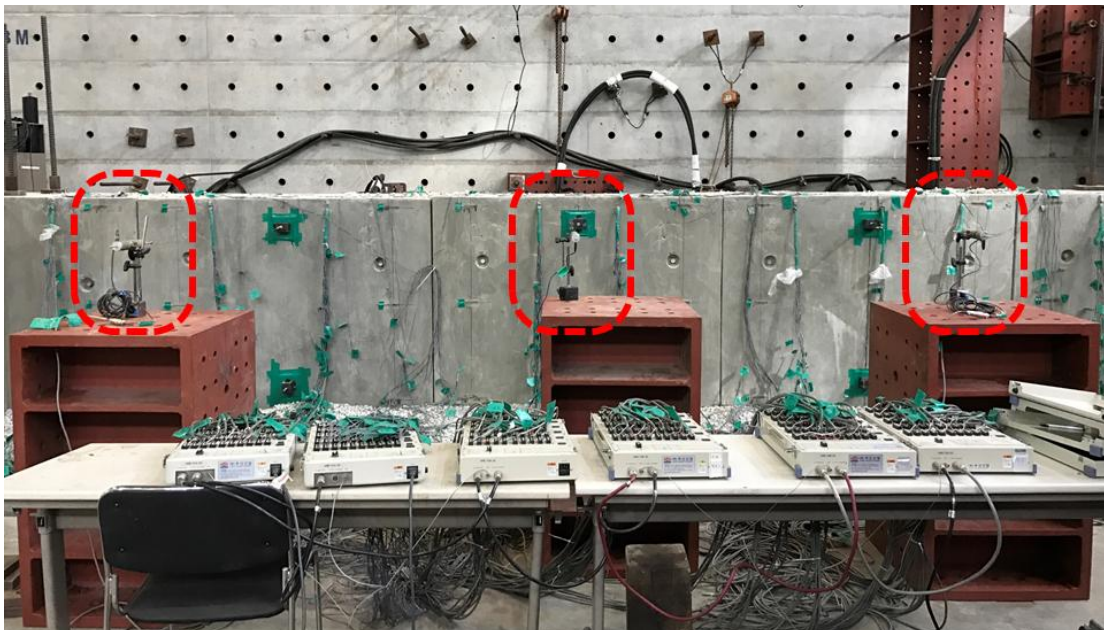
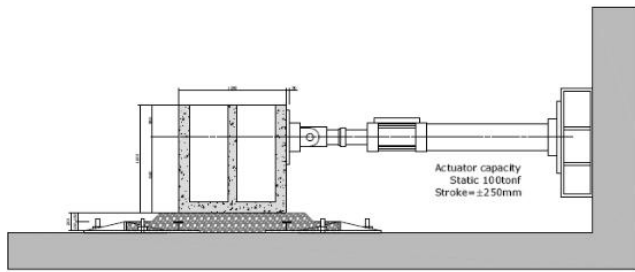


그림 B.9 케이슨 움직임 측정 변위계

○ 가력장치의 구성

- 방파제의 작용하는 파력을 모의하기 위하여, 중앙 3개 케이슨에 대하여 케이슨 당 1개, 총 3개의 가력장치 설치
- 각 케이슨 가력장치를 하중 컨트롤 적용





(a) 측면도



(a) 평면도

그림 B.10 가력장치 설치도

○ 실험케이스

- 채움재가 없는 경우 (비교군)
- 인터 셀 채움재로 활용 가능한 기초사석을 채운 경우

○ 가력조건

▶ 케이슨별 최대 하중, 총 6가지 고려

- F1 : 케이슨 자중의 46% (설계하중의 0.77)
- F2 : 케이슨 자중의 57% (설계하중의 0.95)
- F3 : 케이슨 자중의 69% (설계하중의 1.15)
- F4 : 케이슨 자중의 80% (설계하중의 1.33)
- F5 : 케이슨 자중의 92% (설계하중의 1.53)
- F6 : 케이슨 자중의 103% (설계하중의 1.72)

※ 케이슨 자중은 인터셀의 채움재 자중은 제외한 것임

▶ 하중조건

■ 3개 입사각 고려

- A1 : 입사각이 15도인 경우
- A2 : 입사각이 30도인 경우
- A3 : 입사각이 45도인 경우

■ 5개 위상 고려

- P1 : 1번 케이슨에 최대외력이 작용되는 경우
- P2 : 2번 케이슨에 최대외력이 작용되는 경우
- P3 : 3번 케이슨에 최대외력이 작용되는 경우
- P4 : 1번 케이슨에 최소외력이 가해지는 경우
- P5 : 3번 케이슨에 최소외력이 가해지는 경우

다. 구조실험 결과

○ 케이슨의 마찰계수

- A3(입사각 45도), P2(2번 케이슨 최대외력)인 경우, F3(설계하중의 1.2배) 하중을 가할 때의 미끄럼 계측
- 마찰계수는 0.58~0.59로 평가됨

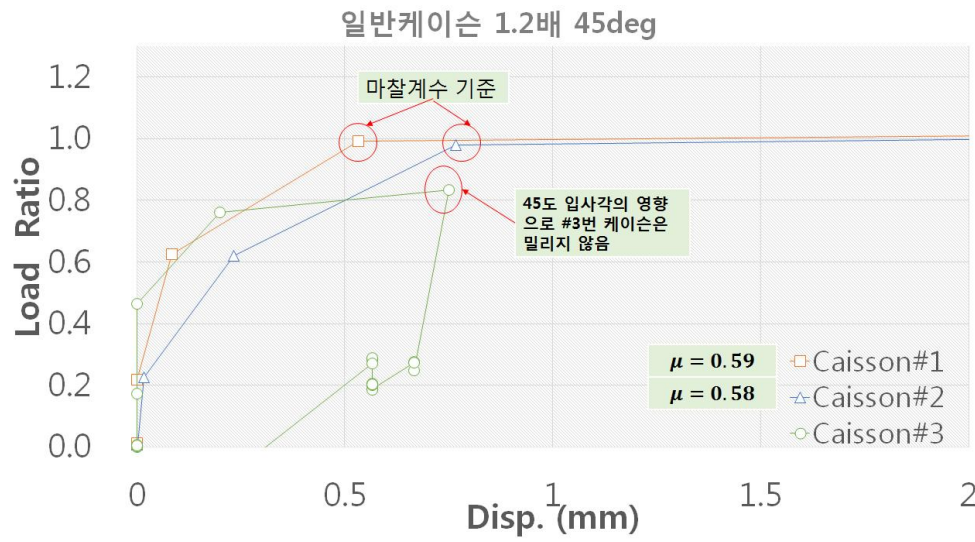


그림 B.11 마찰계수 실험결과

▶ 인터 셀내 채움재 전단저항성능

- 채움재의 전단저항력( $V_f$ )은 구속압이 없는 경우(케이슨 움직임이 없는 경우) 채움재 토압에 의한 전단저항응력( $\sigma$ )으로 나타낼 수 있음

$$(V_f = \tau \times A; \tau = c + \sigma \times \tan\phi)$$

- 가력되어 케이슨이 변형되는 경우, 케이슨 움직임에 의한 구속압이 발현되어 전단저항력이 크게 증대됨
- 작용하중이 증대됨에 따라 변위가 선형적으로 증가하고, 설계하중이 1.4배 되는 조건에서는 약 10cm(현장치), 1.6배에서는 17cm, 1.8배에서는 약 26cm 변위가 발생. 채움재에 작용된 전단력을 보면 각각 4,638kN, 9,276kN, 16,233kN 정도로 채움재의 전단저항성능은 구속압이 없는 경우에 비해 3배, 6배, 11배 이상 상승됨

※ 구속압이 없는 경우(자중만에 의한 구속) : 설계하중 1.0배

- 설계하중 1.0배 : 1,400kN 이상 (=10.1kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.4배 : 4,638kN 이상 (=33.5kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.6배 : 9,276kN 이상 (=66.9kN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.8배 : 16,233kN 이상 (=117.1kN/m<sup>2</sup>)

⇒ 변위에 의한 파괴(30cm)를 고려하면, 실험 채움재의 최대 전단저항력은 16,233kN (=117.1kN/m<sup>2</sup>)로 평가됨

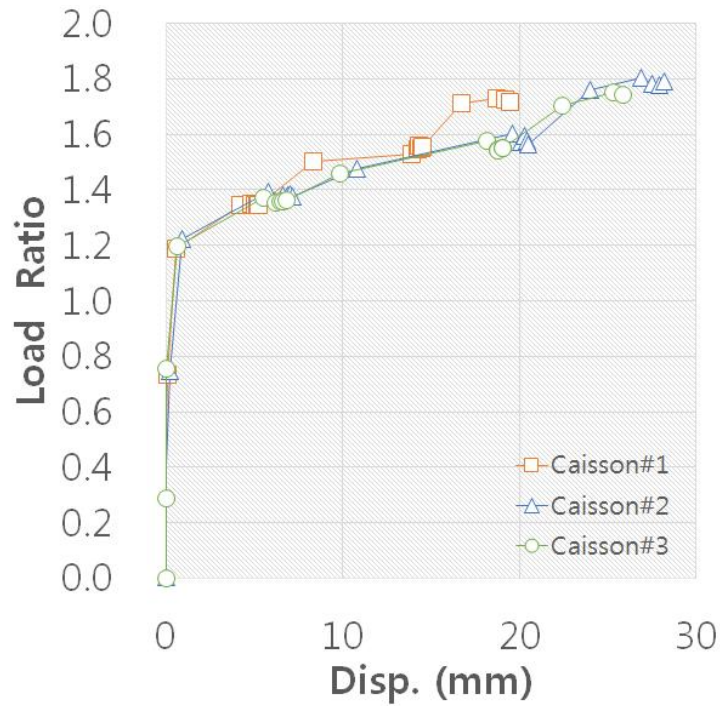


그림 B.12 하중-변위 상관도

▶ 인터 셀 내 채움재 전단 저항력계수,  $k_f$

- 인터 셀 내 채움재 전단 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끄럼이 발생한 이후 하중-변위 곡선의 기울기( $k_f$ )로 정의할 수 있음. 그림 3.1.8로부터, 약  $k_f = 54,110 \text{ kN/m}$  (현장치)로 평가됨.

·  $k_f = 54,110 \text{ kN/m}$

⇒ 인터 셀 내 채움사석을 전단저항 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

▶ 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수,  $k_b$

- 지반 수평 마찰 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끄럼이 발생하기 이전의 하중-변위 곡선의 기울기( $k_b$ )로 정의할 수 있음. 그림으로부터, 약  $k_b = 400,000 \text{ kN/m}$ 로 평가됨.

·  $k_b = 400,000 \text{ kN/m}$

⇒ 사석마운드를 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

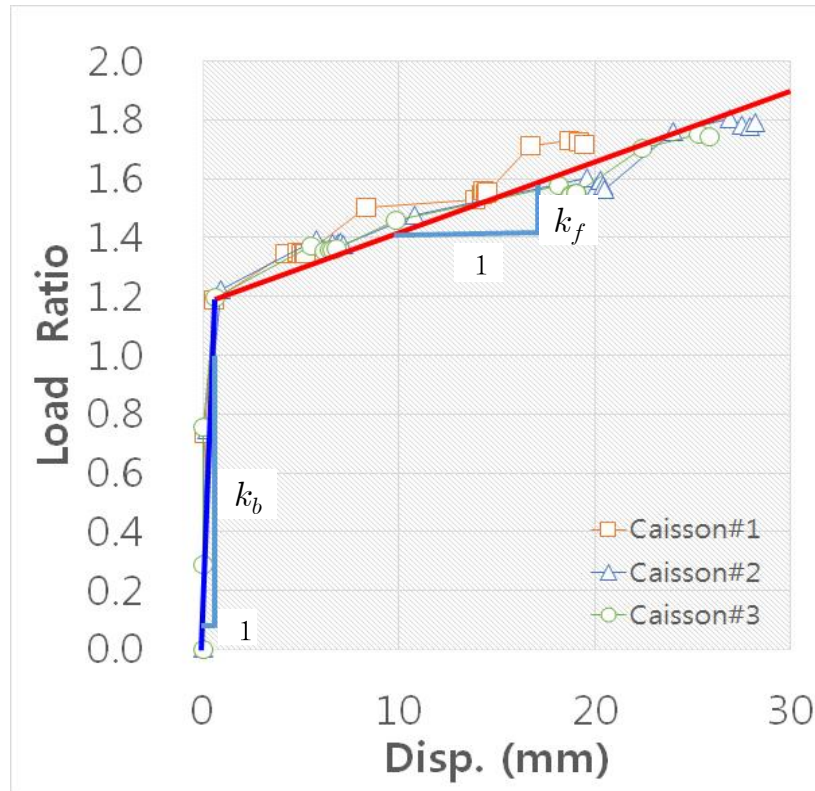


그림 B.13 하중-변위 상관도

▶ 케이슨 구조체 응답 및 지반반력 분석 특성

- 케이슨 구조체는 사석에 비하여 강성이 커 케이슨 구조체가 강체 거동을 보였으며, 지반 반력의 분산효과를 평가하기 위해 설치한 사석마운드 내 H형강의 강성이 커 목표한 성과는 얻지 못하였음.



## 2. 채움재 전단특성평가 실험결과

### 가. 대형직접전단시험의 목적

- 오픈 셀 케이스를 위한 채움재 전단 특성 평가

### 나. 대형직접전단시험 개요

- 채움재 종류
  - Case 1. 순환골재
  - Case 2. 기초사석
- 시험 케이스
  - ▶ 입도시험
    - 채움재별 최대입경, 균등계수 제시
  - ▶ 밀도분석
    - 최소, 최대, 상대밀도
  - ▶ 전단응력 분석
    - 수직응력(20, 40, 80kPa)에 따른 전단응력 분석

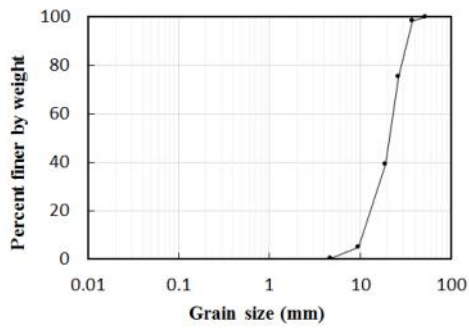
### 다. 대형직접전단시험 결과

- 입도분석 및 밀도 분석 시험 결과
  - ▶ Case 1. 순환골재

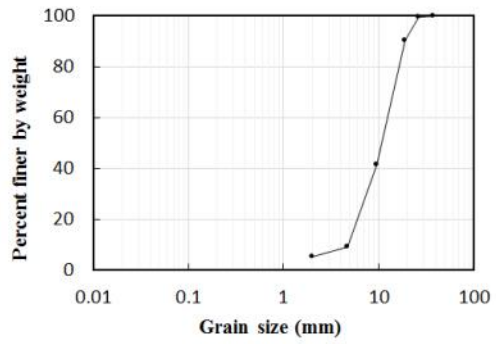
DATA	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
밀도								
최소밀도 ( $\gamma_{d,min}$ )	1230	23.53	17.18	11.83	0.36	2.13	3.8	38.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1347						8.9	44.4
최대밀도 ( $\gamma_{d,max}$ )	1403						X	

- ▶ Case 2. 기초사석

DATA	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
밀도								
최소밀도 ( $\gamma_{d,min}$ )	1436	12.68	8.27	4.94	2.57	1.09	3.9	34.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1561						11.3	38.3
최대밀도 ( $\gamma_{d,max}$ )	1620						X	



Case 1. 순환골재 입도분포곡선



Case 2. 기초사석 입도분포곡선

그림 A.17 입도분석곡선



순환골재

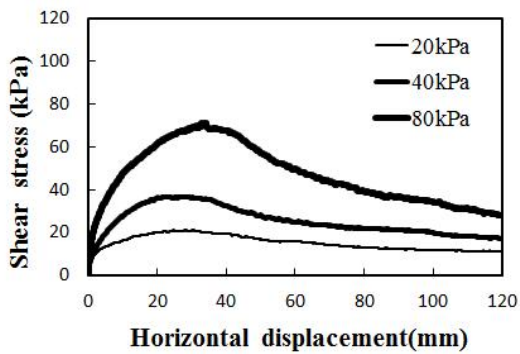


기초사석

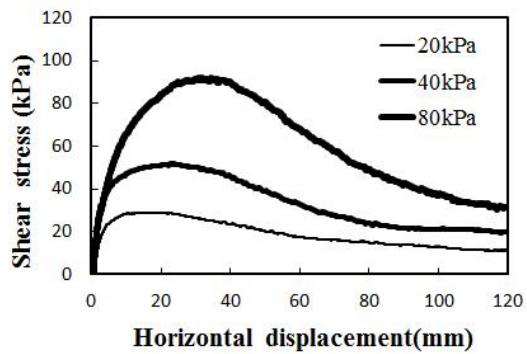
그림 B.14 채움재의 상대밀도 시험 사진

○ 전단응력 분석 결과

▶ Case 1. 순환골재

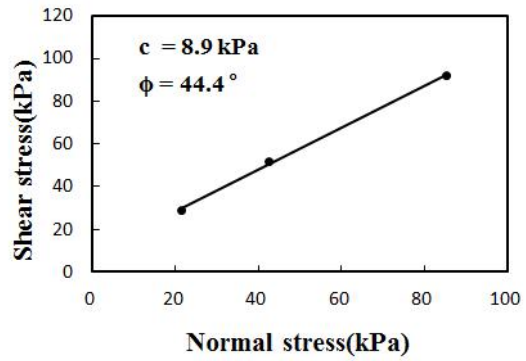
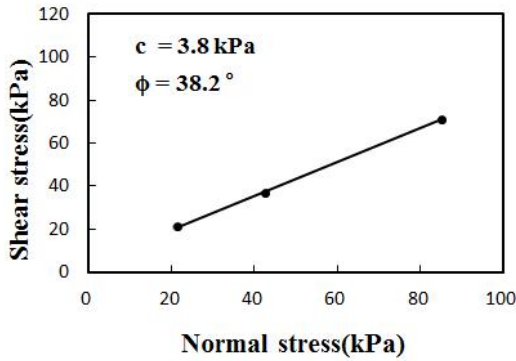


수평변위 - 전단응력 곡선 ( $v_{d,min}$ )



수평변위 - 전단응력 곡선 ( $v_d = 70\%$ )

그림 B.15 순환골재 변위-응력 곡선

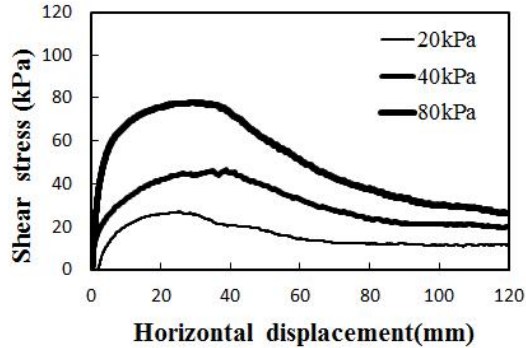
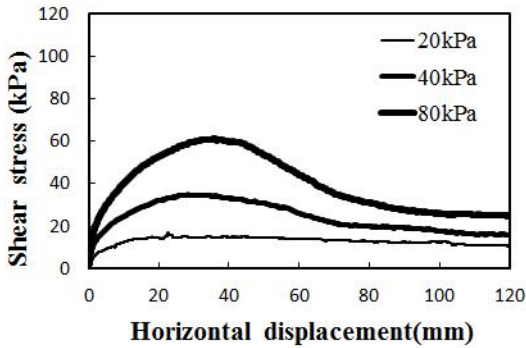


Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )

Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 B.16 순환골재 Mohr - Coulomb 파괴포락선

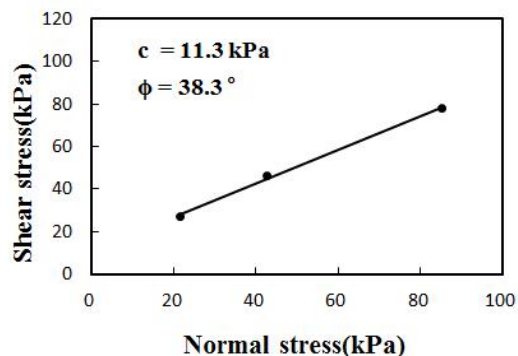
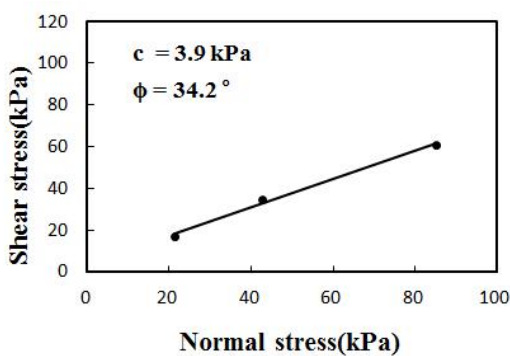
▶ Case 2. 기초사석



수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_{d,min}$ )

수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 B.17 기초사석 변위-응력 곡선



Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )

Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

그림 B.18 기초사석 Mohr - Coulomb 파괴포락선

○ 밀도와 수직응력(상재압)별 대형전단실험 사진

▶ 최소밀도 순환골재 ( $\gamma_{d,min}$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa



순환골재 상재압 80 kPa



그림 B.19 최소밀도 순환골재 실험 사진

▶ 상대밀도 순환골재 ( $\gamma_d=70\%$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa



순환골재 상재압 80 kPa



그림 B.20 상대밀도 순환골재 실험 사진

▶ 최소밀도 기초사석 ( $\gamma_{d,min}$ )



기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa



기초사석 상재압 80 kPa



그림 B.21 최소밀도 기초사석 실험 사진

▶ 상대밀도 기초사석 ( $\gamma_d=70\%$ )

기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa



기초사석 상재압 80 kPa



그림 B.22 상대밀도 순환골재 실험 사진



## **부록 C. 2017 해양수산신기술(NET) 인증신청서류**







# 해양수산신기술(인증) 신청서류

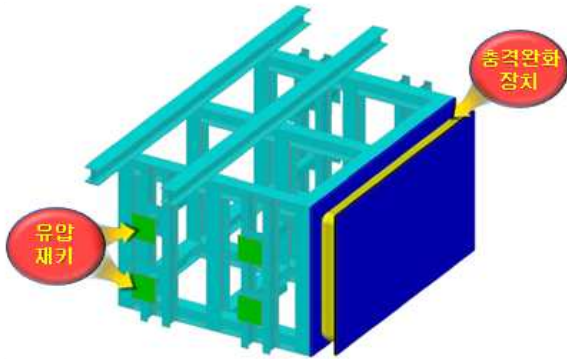
오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술

한국해양과학기술원  
이도건설(유)

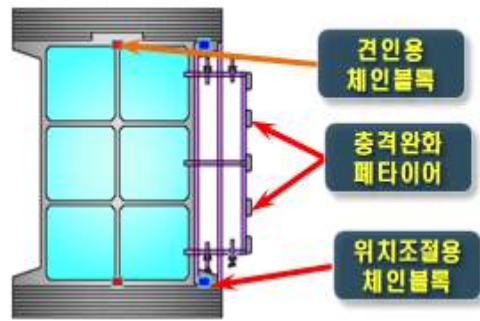
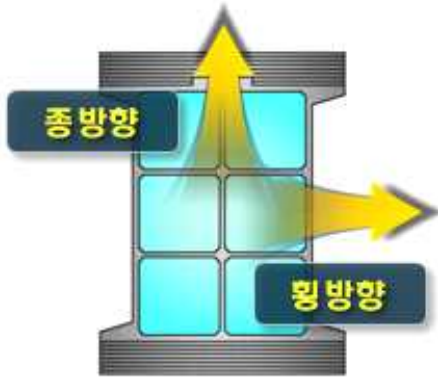
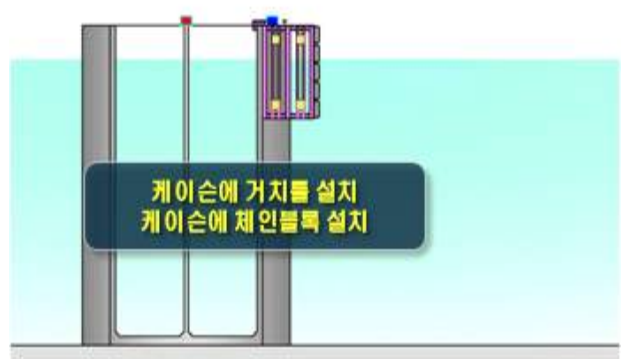


② 시공과정

1. 거치틀 제작



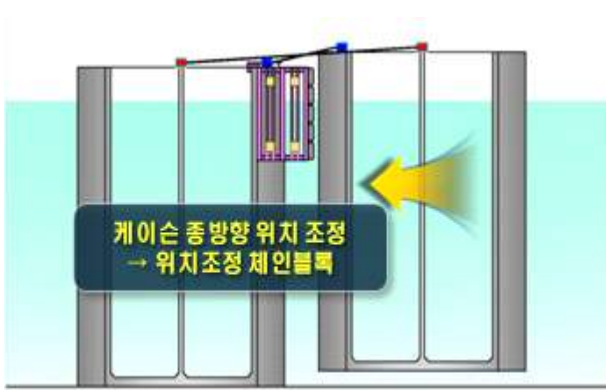
2. 케이슨 거치틀 설치



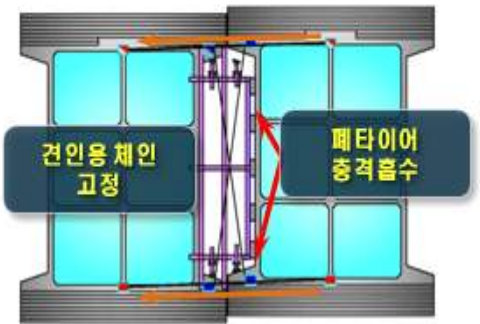
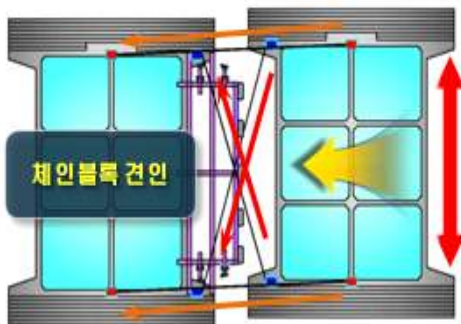
거치틀 제작 (H-Beam)

1. 정위치된 케이슨에 거치틀 설치
2. 케이슨에 체인블록 설치

5. 케이슨 견인



6. 횡방향 정위치 확보



1. 위치조정용 및 견인용 체인블록 견인
2. 거치틀 위치에 맞도록 케이슨 위치 조정

1. 케이슨 밀착 (페타이어 충격 흡수)
2. 견인용 체인 고정으로 횡방향 위치 확보

③ 제작 및 시공성 우수

경쟁기술로 판단되는 케이슨 측면 요철에 의한 인터로킹 기술(㉠)에 비하여, 케이슨이 대칭적이고, 단순하여 제작 및 시공성이 상대적으로 우수하다.

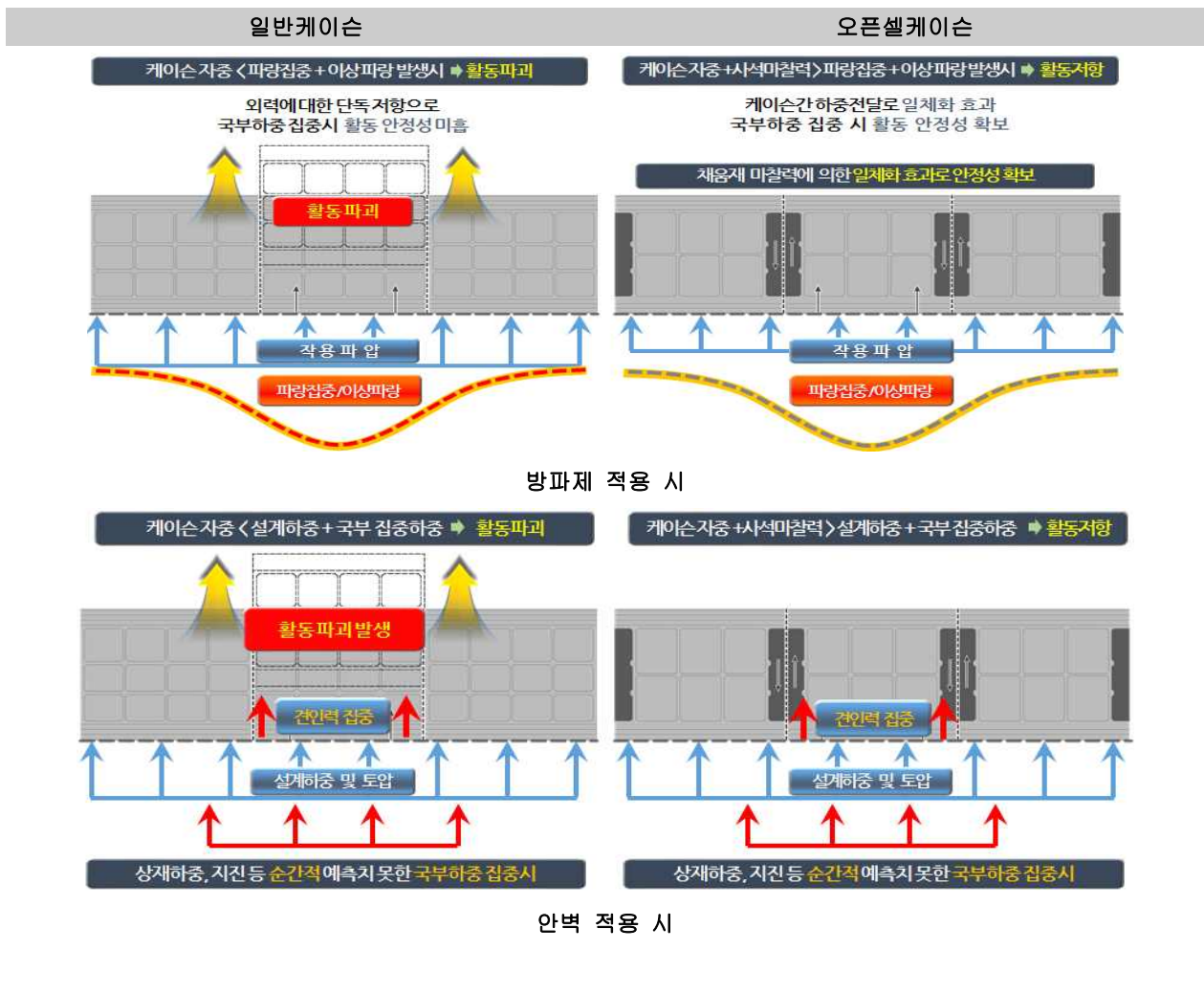
④ 지반 부등침하 대응성 우수

평가대상기술의 인터 셀의 채움사석의 효과로 일반 케이슨 또는 경쟁기술(㉠, ㉡, ㉢)에 비하여 지반의 부등침하에 대한 대응능력이 우수하다. 즉, 상대적으로 세굴가능성이 높은 케이슨 접합부 부근에서 세굴이 발생될 경우 채움사석이 세굴 부분을 자동적으로 채우게 되어 부등침하 발생이 미연에 방지되는 효과가 있다.



기초마운드 세굴 대응 성능실험

다. 적용제품 성능 및 기능 향상 내용

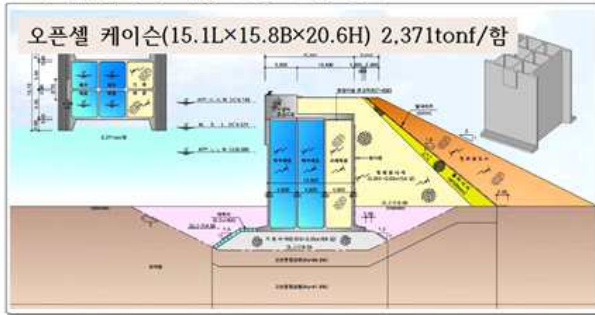




본 기술은 해양수산 분야 중 항만분야에 적용 가능하며, 특히, 안벽, 호안, 방파제 등에 직접적으로 활용 가능하다. 기존의 2차원적 중력식 항만구조물 기술을 3차원 기술로 확장한 점이 기술적으로 향상된 점이라 할 수 있으며, 케이슨 인터로킹을 통하여 구조물의 안정성을 획기적으로 높인 것이 성능 측면의 향상된 점이라 할 수 있다. 본 기술을 적용하여 구조물을 장대화하면 최대 외력을 감소시킬 수 있어 기존 구조물에 비하여 안정성을 대폭 높일 수 있으며, 재료비는 물론 시공비도 절감할 수 있어 경제성도 높일 수 있다.

▶ 기존 케이슨과의 공사비 비교

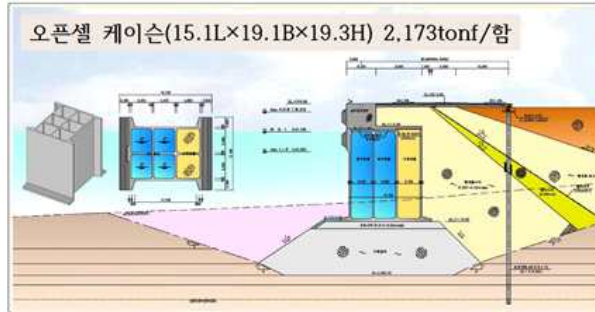
● 현대제철 투기장 호안 조성사업



발주처 : 현대제철

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
334m	DL(+10.50m)	DL(-)14.00m	
구분	안 전 울		비고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활동	1.68(1.18)	1.70(1.10)	
전도	3.29(2.80)	3.21(2.05)	
지지력	430(496)	486(648)	
공사비	191.90억원	208.95억원	제경비포함

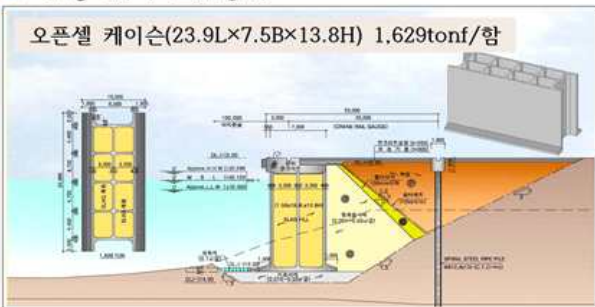
● 대산항 다목적부두 축조공사



발주처 : 대산지방해양수산청

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
250m	DL(+10.00m)	DL(-)14.00m	4,000TEU급
구분	안 전 울		비고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활동	1.744(1.260)	1.514(1.190)	
전도	3.223(2.870)	2.991(2.741)	
지지력	458(510)	466(513)	
공사비	6.516만원 / m	7.368만원 / m	제경비포함

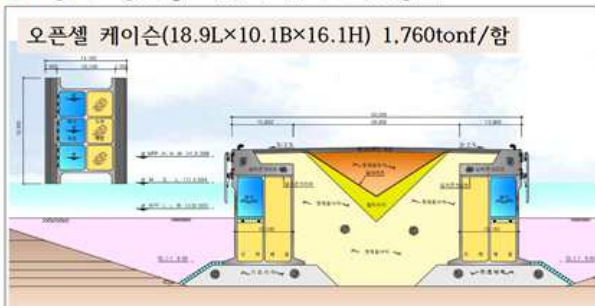
● 포항 4부두 축조공사



발주처 : 포항지방해양수산청

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
674m	DL(+3.20m)	DL(-)12.00m	3만 DWT
구분	안 전 울		비고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활동	2.11(1.96)	2.09	
전도	2.68(2.50)	2.72	
지지력	448(434)	454	
공사비	70.11억원	75.82억원	구체공

● 평택·당진항 국제여객부두 축조공사



발주처 : 평택지방해양수산청

안벽연장	마루높이	선석수심	비고
350m	DL(+10.50m)	DL(-)9.50m	둘제 형식
구분	안 전 울		비고
	오픈셀 케이슨	일반 케이슨	
활동	1.76(1.37)	1.45(1.13)	
전도	3.10(2.46)	2.80(2.31)	
지지력	470(557)	404(480)	
공사비	250.28억원	265.48억원	제경비포함

라. 관련 산업 파급효과

① 항만 케이스 구조물 관련 세계시장 선점

세계 최초로 시도되고 있는 최고의 기술로 관련 세계 시장으로 선점, 리드할 수 있어 우리나라 국가 기술 수준 및 건설사 대외 경쟁력을 높이며, KOICA 사업 등과 연계한 해외 거점항만 개발 시도를 통해 이에 따른 편익도 기대할 수 있다.

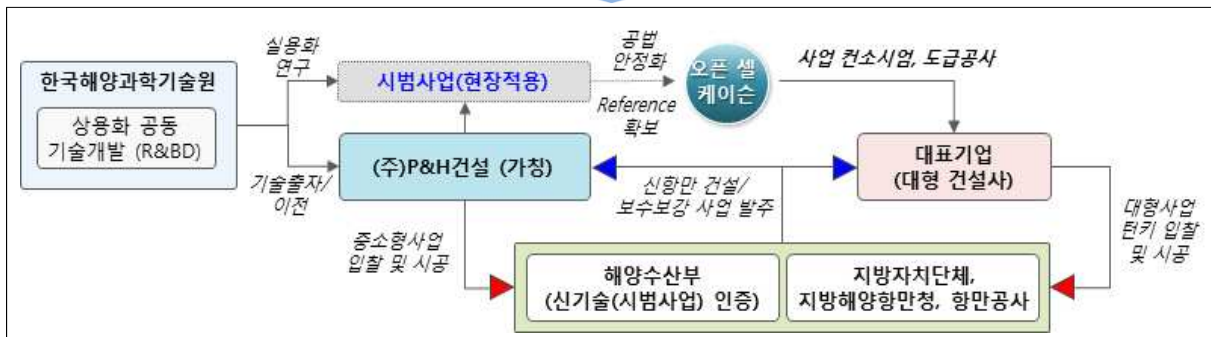
② 기후변화 영향으로 인한 이상파랑에 효율적으로 대응

기후변화로 인해 설계파보다 파고가 높은 이상 파랑의 내습이 예상되고 있어 관련 대응 기술 개발이 시급한 현 상황에 본 기술은 기존 케이스 기술에 비해 여유안정성을 확보하므로 이에 효율적인 대응이 가능하다. 특히, 태풍 등에 의한 방파제, 안벽 피해발생을 원천적 차단이 가능하여 관련 유지보수 예산의 대폭 절감 가능하며, 이는 사회 문화적인 편익으로도 연결된다.

③ 중력식 구조물의 설계 개념 변화

독립적인 저항 개념을 인터로킹에 의한 장대화에 의한 연대 저항 개념으로 변화시키는 기술로 중력식 구조물의 2차원적(단면) 설계 개념을 3차원적 설계 개념으로 전환시키는 결정적인 역할을 하게 될 것으로 기대된다.

오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 사업화



<p><b>[사업 확장 시나리오]</b></p> <p>① 상용화 시공기술 확보 (시공 reference 확보)</p> <p>↓</p> <p>② 국내 기술 범용화 (항만 신기술 인증사업)</p> <p>↓</p> <p>③ 해외 기술 보급 및 범용화 (국제 항만 사업 수주)</p>	<p><b>[경쟁자]</b></p> <p>- (주)한길, 동광건설(주) 등</p> <p><b>[협력자]</b></p> <p>- 대형건설사(현대, 대림, SK, GS, 대우 등)</p> <p><b>[법/규제/제도 등]</b></p> <p>- 그린포트 구축 종합계획(국토부) - 2015 해양수산발전시행계획 - 해양수산 신기술(NET) 인증제도 - 건설기술진흥법 제13조, 제14조</p>	<p><b>[시장규모]</b></p> <p>- 케이스: 1,153억원 ('2017) - 항만건설: 14,883억원 ('2017) - 해외 항만 건설 수주액 증가 - 항만 건설 투자비 증가 - 기후 환경 변화 및 선박 대형화</p>
<p>Revenue Model (2017년~2020년)</p>	<p>① 오픈 셀 케이스 모델 적용</p> <p>- 해양수산부 건설 신기술 시범사업 - 국내 시공 레퍼런스 확보</p>	<p>② 대형 항만구조물 수주</p> <p>- (내수) 1,050억원 - (수출) 2021년 이후</p>



## 3. 신청기술에 대한 지식재산권 및 인증실적 현황

## 가. 신청기술에 직접 해당되는 지식재산권 출원·등록 현황

구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	권리자
국내특허	10-2015-0121583 (10-1613886)	2015.08.28 (2016.04.14)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
국내특허	10-2016-0044855 (10-1727510)	2016.04.12 (2017.04.11)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
국내특허	10-2016-0109171 (10-1780982)	2016.08.26 (2017.09.18)	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
PCT	PCT/KR2016/ 09567	2016.08.29	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설

## 나. 신청기술에 직접 해당되는 공인기관의 시험실적·인증실적 현황

시험일자 (인증일자)	시험기관 (인증기관)	시험내용 (인증내용)	시험결과 (인증결과)
2017.9.~10.	한국해양과학기술원	수리모형시험	파랑에 대한 성능평가
2017.8.~9.	한국수자원공사	직접전단시험	인터로킹용 채움사석 전단특성 평가
2016.12.~2017.1.	한국해양과학기술원	구조시험	인터로킹 케이스 구조성능 평가
2016. 7. 6	한국발명진흥회	기술가치평가	국내시장에 대한 기술 가치평가
2015.3.~2016.6.	한국해양과학기술원	파력에 대한 저항성능 평가	일반 방파제에 비하여 우수한 저항성능을 보임을 확인
2016.5.	한국해양과학기술원	기초마운드 세굴에 대한 대응 성능평가	기초마운드 세굴에 대한 대응 성능이 매우 우수함을 확인

## 다. 타인의 지식재산권과의 관계

해당사항 없음

## 4. 국내외 유사·경쟁 기술과의 특징 비교

비교항목 ※ 정량적 비교가 가능한 항목으로 5개 내외 비교	자사 신청기술 (기술명: 오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술 (10-1613886))	국내 유사·경쟁기술 (기술명: 인터로킹에 의한 장대화 효과를 이용한 케이스 방파제 및 그 시공방법 (10-1013023))	선진국 유사·경쟁기술 (없음)
인터로킹 방법	인터 셀에 기초사석을 투입	케이스 측면을 굴곡시켜 체결	
연결부 응력집중	발생하지 않음	응력집중 발생 가능성이 높아 별도의 완화 방안 강구 필요	
케이스 사석 마운드 세굴	채움 사석이 자체 대응	별도의 대응 필요	
제작 및 시공성	케이스 형태가 단순하여 양호하고 거치틀 이용으로 신속한 시공가능	이형 케이스이어서 세심한 관리 필요	
파손시 복구	채움 사석을 제거하여 케이스 대체 용이	케이스를 위로 들어 올려야 하므로 대형 크레인 필요	
기술개발 완료시기	2016 년 4 월	2011 년 1 월	년 월
판매개시 예정일	2018 년 1 월	-	-



### 5. 개발기술 적용제품의 개요

가. 제품의 사진, 개략도 또는 구성도



나. 제품의 용도

- 항만의 방파제, 안벽 등에 적용

☞ 방파제 : 외해로부터 항내로 내습하는 파랑 차단 또는 항내의 침입파를 저감

☞ 안벽 : 선박을 접안시켜 화물을 적하역

다. 제품의 성능

- 기존 방파제에 비하여 안전율이 1.4배이상 높음
    - ☞ 대형 구조실험 및 수리실험 수행을 통하여 확인된 결과임
  - 기존 케이슨 방파제에 비하여 케이슨 재료비가 10% 이상 저렴
    - ☞ 실제 안벽 등에 대한 설계한 결과에 기초한 결과임
- \* 성능평가결과보고서 참조 (별첨자료)

라. 예상 시장규모

구 분	전년도	해당 연도	다음 연도
국내(단위: 억원)	1,099	1,153	1,210
해외(단위: 미화 백만달러)	해외 시장은 국내 시장규모의 10배로 추정됨		

\* 한국발명진흥원의 기술가치평가 보고서 참조 (별첨자료)



# 지식재산권

오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술

한국해양과학기술원  
이도건설(유)







# 특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허

Patent Number

제 10-1780982 호

출원번호

Application Number

제 10-2016-0109171 호

출원일

Filing Date

2016년 08월 26일

등록일

Registration Date

2017년 09월 18일

발명의 명칭 Title of the Invention

오픈 셀 케이스 구조물 및 시공 방법

특허권자 Patentee

등록사항란에 기재

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.  
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청

Korean Intellectual  
Property Office

2017년 09월 18일

특허청장

COMMISSIONER,  
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

성운보

# 특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허

Patent Number

제 10-1727510 호

출원번호

Application Number

제 10-2016-0044855 호

출원일

Filing Date

2016년 04월 12일

등록일

Registration Date

2017년 04월 11일

발명의 명칭 Title of the Invention

오픈 셀 케이스 구조물 및 시공 방법

특허권자 Patentee

등록사항란에 기재

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청

Korean Intellectual  
Property Office

2017년 04월 11일

특허청장

COMMISSIONER,

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최동규

# 등록사항

특허

등록제 10-1727510 호

Patent Number

특허권자 Patentees

한국해양과학기술원(131471-\*\*\*\*\*)  
경기도 안산시 상록구 해안로 787 (사동)

(유) 이도건설(210114-\*\*\*\*\*)  
전라북도 전주시 완산구 오공로 43-52, 401호(중동)

발명자 Inventors

박우선 [Redacted]  
[Redacted]

원덕희 [Redacted]  
[Redacted]

서지혜 [Redacted]  
[Redacted]

이요섭 [Redacted]  
[Redacted]

이오진 [Redacted]  
[Redacted]



# 등록사항

특허

등록제 10-1613886 호

Patent Number

특허권자 Patentees

한국해양과학기술원(131471-\*\*\*\*\*)  
경기도 안산시 상록구 해안로 787 (사동)

(유)이도건설(210114-\*\*\*\*\*)  
전라북도 전주시 덕진구 두간로 25(송천동1가)

발명자 Inventors

박우선

원덕희

서지혜

이요섭

이오진

특 허 협 력 조 약  
(PATENT COOPERATION TREATY)

발신:수리관청

수신:  
 특허법인 대아  
 대한민국 06243 서울시 강남구 역삼로 123 한양빌딩 3층

**PCT**

국제출원번호 및 국제출원일 통지서

(PCT 규칙 20.2(c))

발송일 (일/월/년) 2016년 08월 31일 (31.08.2016)

출원인 또는 대리인의 서류참조기호 COP160224PCT	중요통지사항
------------------------------------	--------

국제출원번호 <b>PCT/KR2016/009567</b>	국제출원일 (일/월/년) 2016년 08월 29일 (29.08.2016)	우선일 (일/월/년) 2015년 08월 28일 (28.08.2015)
------------------------------------	---	---

출원인  
한국해양과학기술원 등

발명의 명칭  
오픈 셀 케이스 구조물 및 시공 방법

1. 이 국제출원은 위에 기재된 바와 같이 국제출원번호와 국제출원일이 부여되었습니다.

2. 이 국제출원의 기록원본은:


\_\_\_\_\_ 자료 국제사무국에 송부되었습니다.


아래의 사유로 인하여 아직 국제사무국에 송부되지 않았으며,이 통지서의 사본은 국제사무국에 송부되었습니다\*:

국가안전보장에 필요한 허가를 얻지 못했음

기타 (이유를 상술):

\* 국제사무국은 수리관청에 의한 기록원본의 송달을 감시하고 그 접수사실을 출원인에게 통지합니다. (서식 PCT/IB/301). 국제사무국은 우선일부터 14월이 경과할 때까지 기록원본을 수령하지 않은 때에는 출원인에게 이를 통지합니다. (규칙 22.1(c)).

수리관청명칭 및 우편주소  

 대한민국 특허청  
 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189,  
 정부대전청사  
 팩스번호: +82 42 472 3473

특허청장  
  
 전화번호: 82-42-481-5762

## PCT 출원서

출력(전자적 형태가 원본)

<b>0</b>	수리관청 전용	
<b>0-1</b>	국제출원번호	
<b>0-2</b>	국제출원일자	
<b>0-3</b>	수리관청 명칭 및 "PCT 국제출원"	
<b>0-4</b>	서식 PCT/RO/101 - PCT 출원서	<b>PCT-SAFE</b> <b>버전 3.51.074.250 MT/FOP 20160701/0.20.5.24</b>
0-4-1	우측에 기재된 바와 같이 작성되었다.	
<b>0-5</b>	신청 아래 서명인은 본 국제 출원서가 특허협력조약에 의해 처리될 것을 청구합니다.	
<b>0-6</b>	출원인이 지정한 수리관청	<b>대한민국 특허청 (RO/KR)</b>
<b>0-7</b>	출원인 또는 대리인의 서류참조기호	<b>COP160224PCT</b>
<b>I</b>	발명의 명칭	<b>오픈 셀 케이스 구조물 및 시공 방법</b>
<b>II</b>	출원인	<b>오직 출원인 (applicant only)</b> <b>모든 지정국 (all designated States)</b> <b>한국해양과학기술원</b> <b>KOREA INSTITUTE OF OCEAN SIENCE &amp; TECHNOLOGY</b> <b>대한민국</b> <b>34103</b> <b>대전시 유성구 유성대로 1312번길 32(장동)</b> <b>32, Yuseong-daero 1312beon-gil</b> <b>Yuseong-gu Daejeon 34103</b> <b>Republic of Korea</b> <b>대한민국 KR</b> <b>대한민국 KR</b> <b>1-2012-034461-6</b>
II-1	이 사람은	
II-2	우측 지정국에 관한 출원인	
II-4ko	성명	
II-4en	Name:	
II-5ko	주소	
II-5en	Address:	
II-6	국적	
II-7	거주국	
II-11	출원인 코드	

PCT 출원서

출력(전자적 형태가 원본)

<p><b>III-4</b> III-4-1 III-4-3 III-4-4ko III-4-4en III-4-5ko</p>	<p>출원인 및/또는 발명자 이 사람은 우측 지정국에 관한 발명자 성명 Name (LAST, First): 주소</p>	<p>오직 발명자 (inventor only) 모든 지정국 (all designated States) 서지혜 <b>Hye</b></p>
<p><b>III-5</b> III-5-1 III-5-3 III-5-4ko III-5-4en III-5-5ko</p>	<p>출원인 및/또는 발명자 이 사람은 우측 지정국에 관한 발명자 성명 Name (LAST, First): 주소</p>	<p>오직 발명자 (inventor only) 모든 지정국 (all designated States) 이요섭 <b>Sub</b></p>
<p><b>III-6</b> III-6-1 III-6-3 III-6-4ko III-6-4en III-6-5ko</p>	<p>출원인 및/또는 발명자 이 사람은 우측 지정국에 관한 발명자 성명 Name (LAST, First): 주소</p>	<p>오직 발명자 (inventor only) 모든 지정국 (all designated States) 이오진 <b>Jin</b></p>

## PCT 출원서

출력(전자적 형태가 원본)

IV-1	대리인 또는 대표자 아래에 기재된 자는 관할 국제기관에 대하여 우측에 표시된 자격으로 출원인을 대리하는 것으로 선임되었다.	대리인
IV-1-1ko	성명	특허법인 대아
IV-1-1en	Name:	<b>DAE-A INTELLECTUAL PROPERTY CONSULTING</b>
IV-1-2ko	주소	대한민국 <b>06243</b> 서울시 강남구 역삼로 123 한양빌딩 3층
IV-1-2en	Address:	<b>3F, Hanyang Bldg., 123 Yeoksam-ro Gangnam-gu Seoul 06243 Republic of Korea</b>
IV-1-3	전화번호	<b>82-2-565-2500</b>
IV-1-4	팩스번호	<b>82-2-565-2511</b>
IV-1-5	이메일 주소	<b>ipdraju@ipdraju.com</b>
IV-1-5(a)	이메일 사용동의 수리관청, 국제조사기관, 국제사무국, 국제예비심사기관이 필요 시 이 이메일 주소를 사용하여 이 국제 출원과 관련하여 발행된 통지서를 송부할 것에 동의한다.	서면 통지서에 앞서 선람용 사본 송부
IV-1-6	대리인 코드	<b>9-2009-100101-8</b>
V	지정국	
V-1	본 출원서의 제출로, 규칙 4.9(a)에 따라, 부여될 수 있는 모든 종류의 권리 보호를 위하여, 그리고 해당하는 경우 지역특허 및 국내특허 모두를 위하여 당해 국제출원일에 PCT에 기속되는 모든 계약국이 지정된다.	
V-2	V-2관은 출원서 제출시 또는 규칙 26의2.1에 의해 그 이후 출원서 제6기제란에 위 특정 관련 계약국의 국내 선출원에 대한 우선권주장이 포함되어 있을 경우 당해 계약국의 국내법에 의해 해당 국내 선출원의 효력이 상실되는 것을 방지하기 위한 목적으로 당해 계약국의 지정을 제외하는 데에만 사용될 수 있다 (지정 제외시 이의 취소 불가능).	<b>KR</b>
VI-1	선국내출원에 대한 우선권 주장	
VI-1-1	출원일	<b>2015년 08월 28일 (28.08.2015)</b>
VI-1-2	출원번호	<b>10-2015-0121583</b>
VI-1-3	파리협약 당사국명 또는 WTO 회원국명	<b>KR</b>
VI-2	선국내출원에 대한 우선권 주장	
VI-2-1	출원일	<b>2016년 04월 12일 (12.04.2016)</b>
VI-2-2	출원번호	<b>10-2016-0044855</b>
VI-2-3	파리협약 당사국명 또는 WTO 회원국명	<b>KR</b>
VI-3	우선권서류 신청 수리관청에 대하여 위에 명시된 선출원의 인증등본을 준비하여 국제사무국에 송부하여 출 것을 신청한다.	<b>VI-1 VI-2</b>

PCT 출원서

출력(전자적 형태가 원본)

VI-4	인용에 의한 보완 조약 제11조(1)(iii)(d) 또는 (e)에서 규정하는 국제출원의 요소, 또는 규칙 20.5(a)에서 규정하는 명세서, 청구 범위 또는 도면의 일부가 본 국제출원에는 포함되어 있지 않지만 조약 제11조(1)(iii) 규정의 요소 중 하나 이상이 수리관청에 최초로 접수된 날에 우선권주장의 기초가 된 선출원에 완전히 포함되어 있는 경우, 그 요소 또는 부분은 규칙 20.6 규정에 의한 확인을 조건으로, 규칙 20.6의 규정과 관련하여 본 국제출원에 있어서 인용에 의해 보완된다.		
VII-1	국제조사기관(ISA) 선택	대한민국 특허청 (ISA/KR)	
VIII	선언서	선언서 개수	
VIII-1	발명자의 신원에 관한 선언	-	
VIII-2	국제출원일에 특허출원 및 특허를 받을 수 있는 출원인의 자격에 관한 선언	-	
VIII-3	국제출원일에 선출원의 우선권을 주장할 수 있는 출원인의 자격에 관한 선언	-	
VIII-4	발명자 선언(미국에 대한 지정의 경우에 한함)	-	
VIII-5	신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언	-	
IX	체크 리스트	용지 수	전자적 파일 첨부
IX-1	출원서(선언서 포함)	6	✓
IX-2	명세서	15	✓
IX-3	청구범위	3	✓
IX-4	요약서	1	✓
IX-5	도면	12	✓
IX-7	용지매수 소계	37	
	첨부 항목	서면 첨부	전자적 파일 첨부
IX-8	수수료 계산 용지	-	✓
IX-9	개별위임장 원본	-	✓
IX-20	요약서에 수반되어야 할 도면 번호	8	
IX-21	국제출원의 출원 언어	한국어	
X-1	출원인, 대리인 또는 대표자의 서명 또는 날인		
X-1-1	성명	특허법인 대아	
X-1-2	서명인의 성명	특허법인 대아	
X-1-3	권한 (출원서를 통해 서명자의 자격이 명백하지 않은 경우에는 그 자격도 표시)	특허법인 대아	

## PCT 출원서

출력(전자적 형태가 원본)

## 수리관청 전용

10-1	국제출원으로 제출된 서류의 실제 접수일	
10-2	도면	
10-2-1	접수	
10-2-2	미접수	
10-3	국제출원으로 제출된 서류를 완성하는 서류 또는 도면의 추후 기간내 제출에 따른 정정된 실제 접수일	
10-4	PCT 제11조(2)에 따라 제출이 요구된 보완서로서 기간내 제출된 보완서의 접수일	
10-5	국제조사기관(ISA)	ISA/KR
10-6	조사료 납부시까지 지연된 조사용 사본의 송부	

## 국제 사무국 전용

11-1	국제 사무국의 기록원본 접수일	
------	------------------	--

PCT(부속문서 - 수수료 계산용지)


출력(전자적 형태가 원본)  
 이 페이지는 국제 출원서의 일부가 아니며 페이지수에 포함되지 않는다

<b>0</b>	수리관청 전용			
0-1	국제출원번호			
<b>0-2</b>	수리관청의 우편 소인 일자			
<b>0-4</b>	<b>Form PCT/RO/101 (부속문서)</b>			
0-4-1	PCT 수수료 계산 용지 우측에 기재된 바와 같이 작성되었다.	<b>PCT-SAFE</b> <b>버전 3.51.074.250 MT/FOP 20160701/0.20.5.24</b>		
<b>0-9</b>	출원인 또는 대리인의 서류참조기호	<b>COP160224PCT</b>		
<b>2</b>	출원인	<b>한국해양과학기술원</b>		
<b>12</b>	규정 수수료 계산	수수료 금액/개수	총 금액 (CHF)	총 금액 (KRW)
12-1	송달료 <b>T</b>	⇔		<b>45000</b>
12-2-1	조사료 <b>S</b>	⇔		<b>450000</b>
12-2-2	국제조사기관	<b>KR</b>		
12-3	국제 출원 수수료 최초 30장 <b>i1</b>	<b>1330 CHF</b>		
12-4	최초 30장 초과 장수	<b>7</b>		
12-5	최초 30장 초과 1장당 추가 수수료 <b>(X)</b>	<b>15 CHF</b>		
12-6	총 추가금액 <b>i2</b>	<b>105 CHF</b>		
12-7	$i1 + i2 =$ <b>i</b>	<b>1435 CHF</b>		
12-12	XML 전자출원 감면 <b>R</b>	<b>CHF-300</b>		
12-13	총 국제출원 수수료(i-R) <b>I</b>	⇔	<b>1135</b>	
12-14	우선권 서류에 대한 수수료 우선권 서류를 요청한 개수 <b>2</b>			
12-15	문서별 수수료 <b>(X)</b>	<b>0 KRW</b>		
12-16	총 우선권 서류 수수료 <b>P</b>	⇔		
12-17	우선권 주장 회복에 대한 수수료 <b>RP</b> 우선권 주장 회복에 대한 요청 개수 <b>0</b>			
	우선권 회복에 대한 수수료 총 금액			
<b>12-19</b>	총 금액 (T+S+I+P+RP)	⇔	<b>1135</b>	<b>495000</b>
<b>12-21</b>	결제 방법	<b>현금</b>		



**PCT 위임장**

출력(전자적 형태가 원본)  
 이 페이지는 국제 출원서의 일부가 아니며 페이지수에 포함되지 않는다

0-1	PCT 위임장 (특허 협력 조약에 의거하여 제출된 국제 출원) (PCT 규칙 제90.4조)	
0-1-1	우측에 기재된 바와 같이 작성되었다.	<b>PCT-SAFE</b> <b>버전 3.51.074.250 MT/FOP 20160701/0.20.5.24</b>
1	아래에 서명한 출원인	한국해양과학기술원; (유)이도건설
1-1-1	우측에 기재된 사람을 아래의 자격으로 선임한다.	<b>특허법인 대아</b> <b>DAE-A INTELLECTUAL PROPERTY CONSULTING</b>  대한민국 <b>06243</b> 서울시 강남구 역삼로 123 한양빌딩 3층 <b>3F, Hanyang Bldg., 123 Yeoksam-ro</b> <b>Gangnam-gu Seoul 06243</b> <b>Republic of Korea</b>
1-2	자격	대리인
1-3	우측 기관에 대하여	모든 관할 국제 기관
1-4	아래의 국제 출원에 관한 서명의 출원인을 대리함	
1-4-1	발명의 명칭	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공 방법
1-4-2	출원인 또는 대리인의 서류참조기호	<b>COP160224PCT</b>
1-4-3	국제출원번호(이용 가능한 경우)	
1-4-4	수리관청	대한민국 특허청 (RO/KR)
1-5	그리고 아래 서명인을 대신하여 지불하거나 지불받았다.	
2-1	출원인 서명	
2-1-1	성명	한국해양과학기술원
2-1-2	서명인의 성명	한국해양과학기술원
2-1-3	권한 (출원서를 통해 서명자의 자격이 명백하지 않은 경우에는 그 자격도 표시)	한국해양과학기술원

## PCT 위임장

출력(전자적 형태가 원본)  
이 페이지는 국제 출원서의 일부가 아니며 페이지수에 포함되지 않는다

2-2	출원인 서명	
2-2-1	성명	(유)이도건설
2-2-2	서명인의 성명	(유)이도건설
2-2-3	권한 (출원서를 통해 서명자의 자격이 명백하지 않은 경우에는 그 자격도 표시)	(유)이도건설
3	일자	2016년 08월 26일 (26.08.2016)



# 성능평가 성적서 및 결과보고서

오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술

한국해양과학기술원

2017.10.19



## ■ 목 차 ■

◎ 파력에 대한 저항 성능평가 .....	1
1. 오픈 셀 케이스의 인터로킹 효과 분석	
2. 인터 셀의 전단거동 특성 분석	
3. 오픈 셀 케이스 방파제의 지반반력 특성 분석	
4. 오픈 셀 케이스 방파제의 시공 중 안정성 평가	
◎ 기초마운드 세굴에 대한 대응 성능평가 .....	21
◎ 대축척 구조실험평가 .....	27
◎ 대형 직접전단시험 성적서 .....	37
◎ 수리모형 실험평가 .....	47
◎ 기술가치평가 .....	별첨



## 파력에 대한 저항 성능평가

### 1. 오픈 셀 케이슨의 인터로킹 효과 분석

#### ○ 해석목적

- 수평 파력에 대한 오픈 셀 케이슨의 저항 능력 및 응력집중부 분석

#### ○ 해석제원

##### ▶ 해석대상

- 케이슨의 제원은 아래와 같이 폭은 16.5m, 길이 13.3m, 높이 12.6m로 하였으며, 총 5개의 케이슨을 고려하였음.

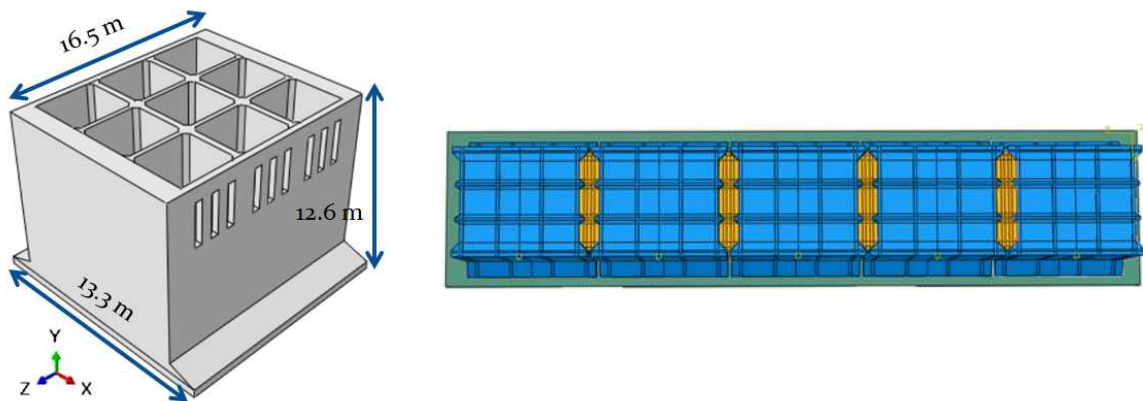


그림 1.1 케이슨 제원 및 배치도

##### ▶ 해석조건

- 입사각은 15도
- 설계파고 6m, 주기 10s
- 외력의 크기는 자중의 60%로 케이슨이 활동파괴가 발생하도록 외력을 가하였음.
- 각 케이슨에 작용하는 파력 분포는 다음과 같음.

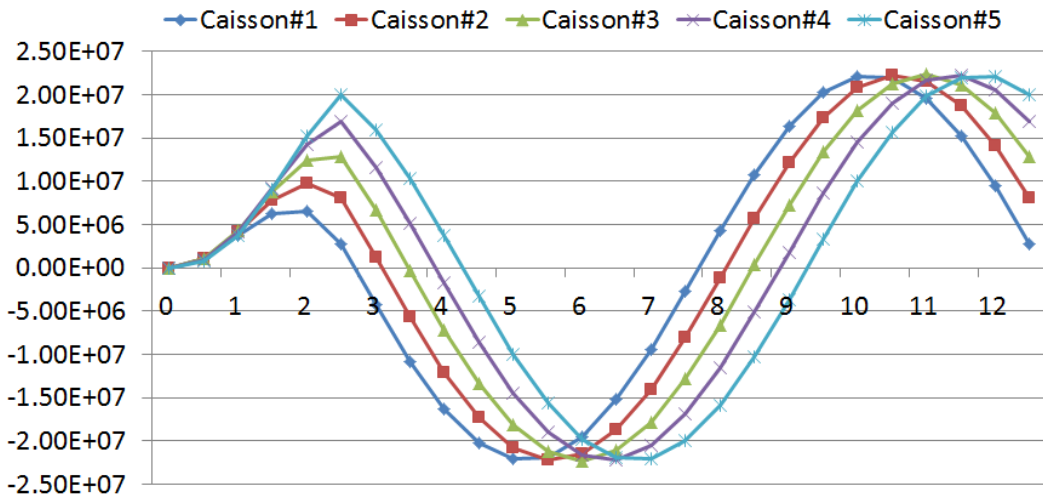


그림 1.2 케이슨 작용하중

- 해석 물성치는 아래와 같음.

표 1.1 케이슨의 재료 물성치

Property	Concrete	Riprap
Mass density (kN/m <sup>3</sup> )	2.4	1.765
Elastic modulus (GPa)	28	24
Poisson's ratio	0.18	0.3

### ○ 해석결과

- 오픈 셀 케이슨의 응력 집중도 및 거동에 대하여 분석하였음.
- 케이슨에 발생하는 인장 주응력이 그림 3과 같이 발생하였음. 인장 주응력이 인터 셀 내부의 내벽 및 외력에서 큰 것으로 나타났음. 최대 14.83 MPa가 발생하는 것으로 나타났으나 철근을 배근할 경우에는 파괴를 방지할 수 있을 것으로 판단 됨.
- 인터 셀 채움재인 사석에는 5.73MPa가 발생하였음.
- 케이슨은 전체적으로 그림 4와 같이 변형을 보이는데 인터로킹이 되었을 경우에는 변형이 거의 나타나지 않는 반면, 인터로킹되어 있지 않는 케이슨의 경우 2번 케이슨에서 60 cm 이상의 큰 변형이 발생하는 것으로 나타났음.



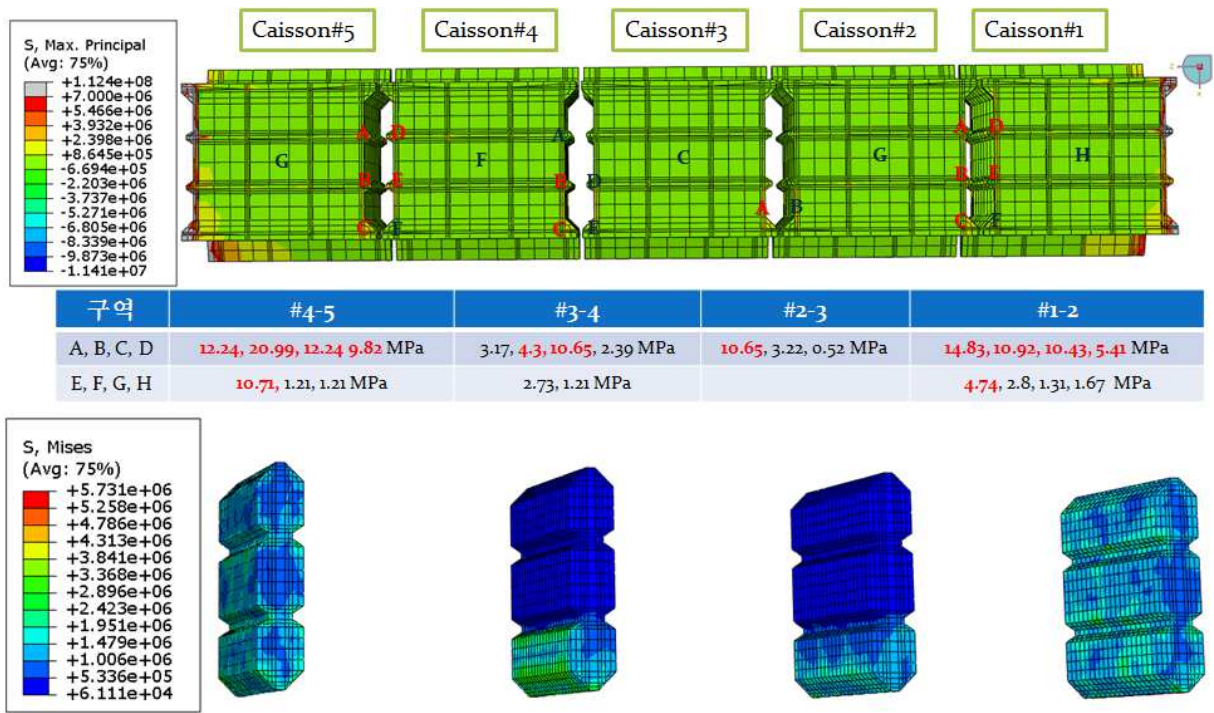


그림 1.3 케이슨 및 채움재의 응력 분포

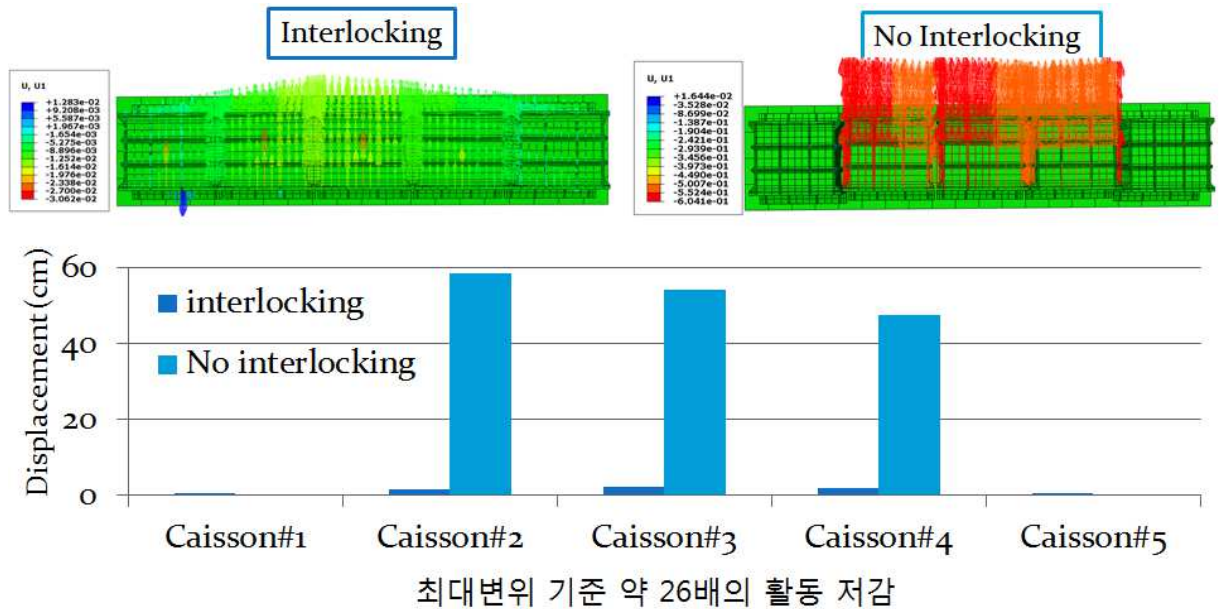


그림 1.4 케이슨의 거동

## ○ 결론

- ▷ 사석에 의한 인터로킹 효과 발생하며, 최대변위 기준 약 26배의 활동 저감되며, 일체화된 보의 거동과 유사한 형태를 가짐(인터로킹 효과 우수)
- ▷ 폭풍파 작용 시 응력집중으로 인터로킹 부재 (사석) 파괴 우려 없음
  - 인터로킹부재(사석)에 발생하는 최대응력이 5.73 MPa로, 파괴가 발생하지 않음
  - 가력부와 제두부를 제외한 케이스 벽체에 가해지는 응력집중은 21 MPa로 허용강도에 미치지 못함
  - 현재 무근콘크리트로 설계되었으며, 철근 보강 및 단면 보강으로 안정성 확보 가능

## 2. 인터 셀의 전단거동 특성 분석

### ○ 해석목적

- 오픈 셀 케이슨의 파력에 대한 저항성능 평가
- 오픈 셀 케이슨 인터 셀 내부의 전단블록(외벽/내벽)의 제원에 따른 전단력 분담률 분석을 통하여 설계 기초 기반 구축

### ○ 해석제원

#### ▶ 해석대상

- 대상케이슨의 선정 : 포항영일만 북방파제
- 총 16함의 오픈 셀 케이슨 방파제로 가정
- H: 19.5 m L: 25.5 m B: 8.7 m
- 오픈 셀 외벽 길이 : 1.9 m (셀의 50%)
- 오픈 셀 내벽 길이 : 1.0 m

#### ▶ 설계조건

- 설치평균 수심: DL(-) 23.10m
- 선석 수심: DL(-) 18 m
- 파고 7.7 m, 주기 12.55 sec

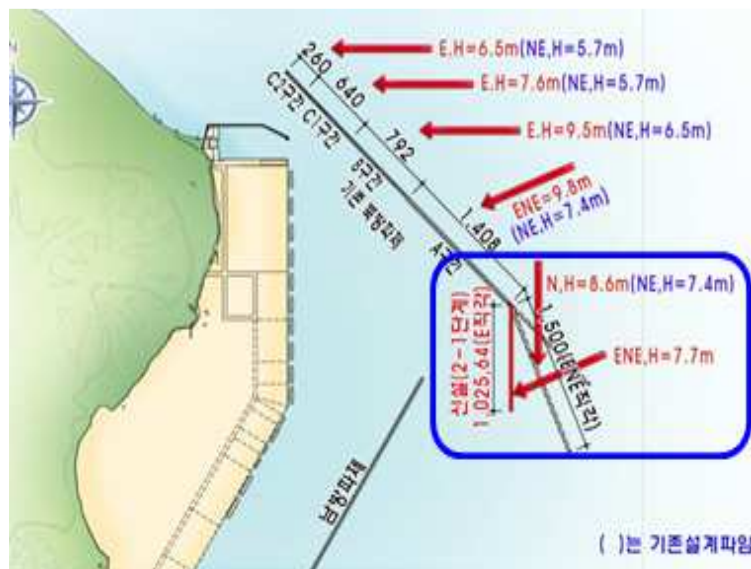


그림 2.1 포항영일만 북방파제 설계조건

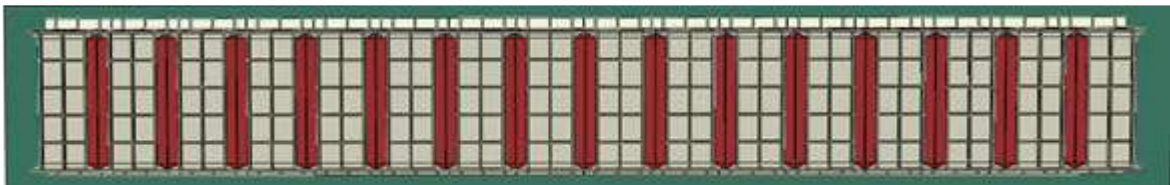
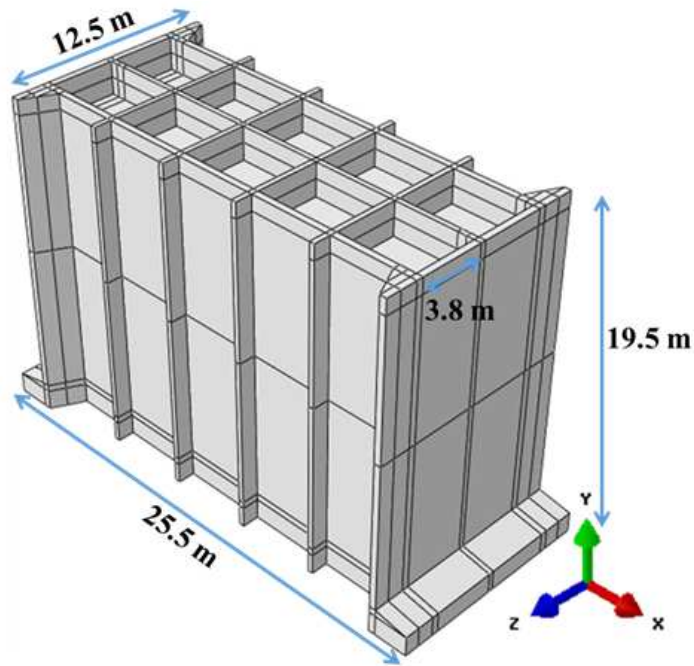


그림 2.2 해석모델

○ 해석방법

▶ 물성치

Property	Concrete	Riprap
Mass density (kN/m <sup>3</sup> )	2.4	1.765
Elastic modulus (GPa)	28	24
Poisson's ratio	0.18	0.3

▶ 해석방법

- 해석 종류 : Dynamic analysis
- 해석 프로그램 : ABAQUS 2015
- 입사각 : 10도, 20도, 30도
- 유효자중 = (설계파력/0.6)\*1.2(안전율)으로 설정  
(활동파괴 한계 조건)
- 무근콘크리트 케이스로 가정
- 사석이 오픈 셀에 균일하게 분포하여 하중에 저항하였을 때를 가정

▶ 하중조건

- 케이스별 시계열 수평파력

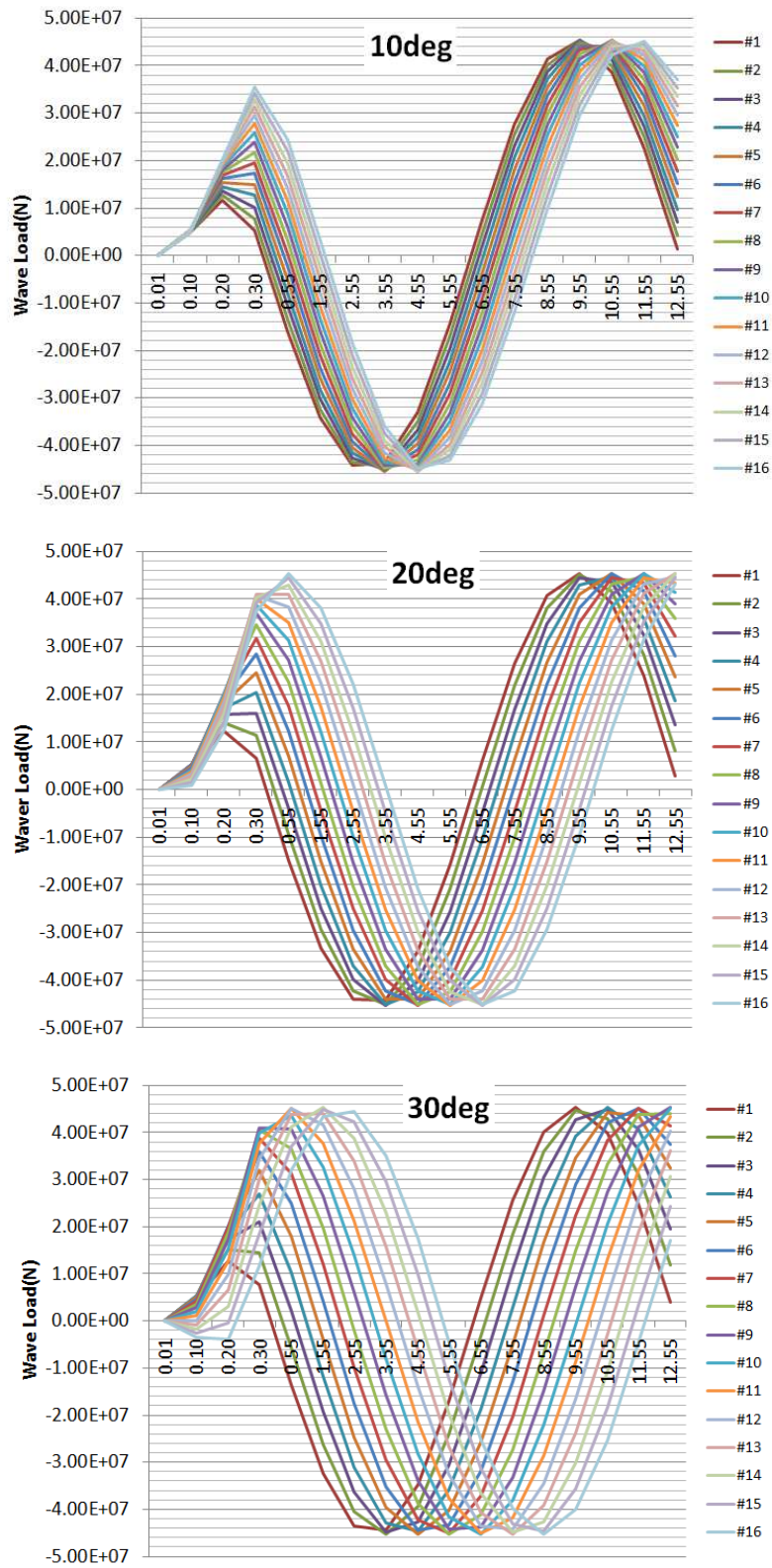


그림 2.3 케이스별 시계열 수평파력



- 연결부에 작용하는 전단력 산정

- 전단력을 산정하기 위하여 오픈 셀 케이스이 전체가 인터로킹으로 연결되어 있다고 가정하였으며, 인터로킹 부분은 힌지로 가정하여 모멘트에 저항하지 않도록 가정함. 양단은 제두부가 있는 것으로 가정하여 hinge로 가정하였음.
- 케이스는 마찰력에 따라서 일정하중까지는 자중으로 저항하고 그 이상의 하중이 작용하였을 때만 인터로킹효과가 발휘가 됨. 일반적으로 사석-콘크리트의 마찰계수는 0.6으로 마찰력의 60%의 수평력에 대하여 자중으로 저항함. 자중의 60%까지만 자중으로 저항하고 그 이상의 수평 파력이 작용하였을 경우에 인터로킹 효과로 저항한다고 가정하였음. 수평 파력에서 자중의 60%를 제외한 하중만을 보에 작용시킬 경우 연결부에 작용하는 전단력 산정함.

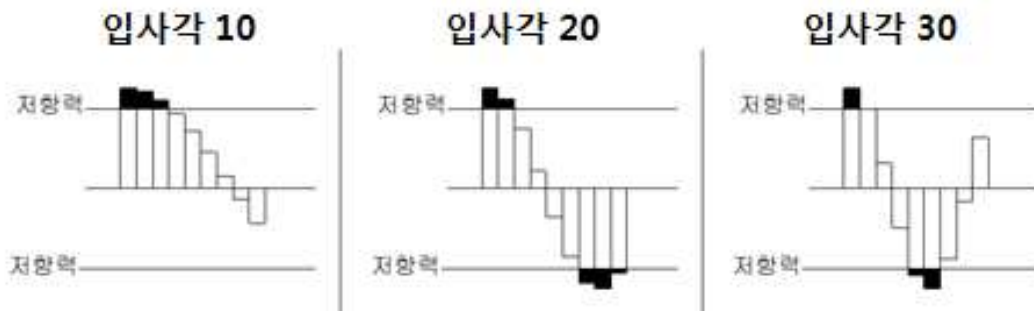
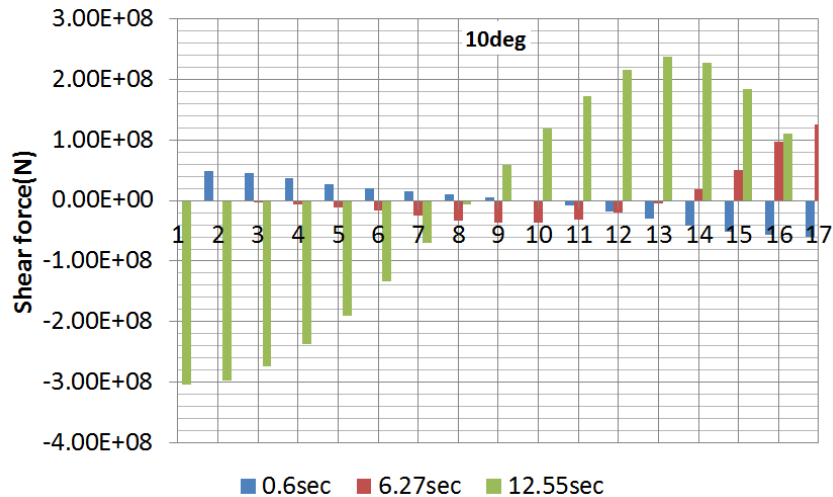


그림 2.4 전단력 산정방법



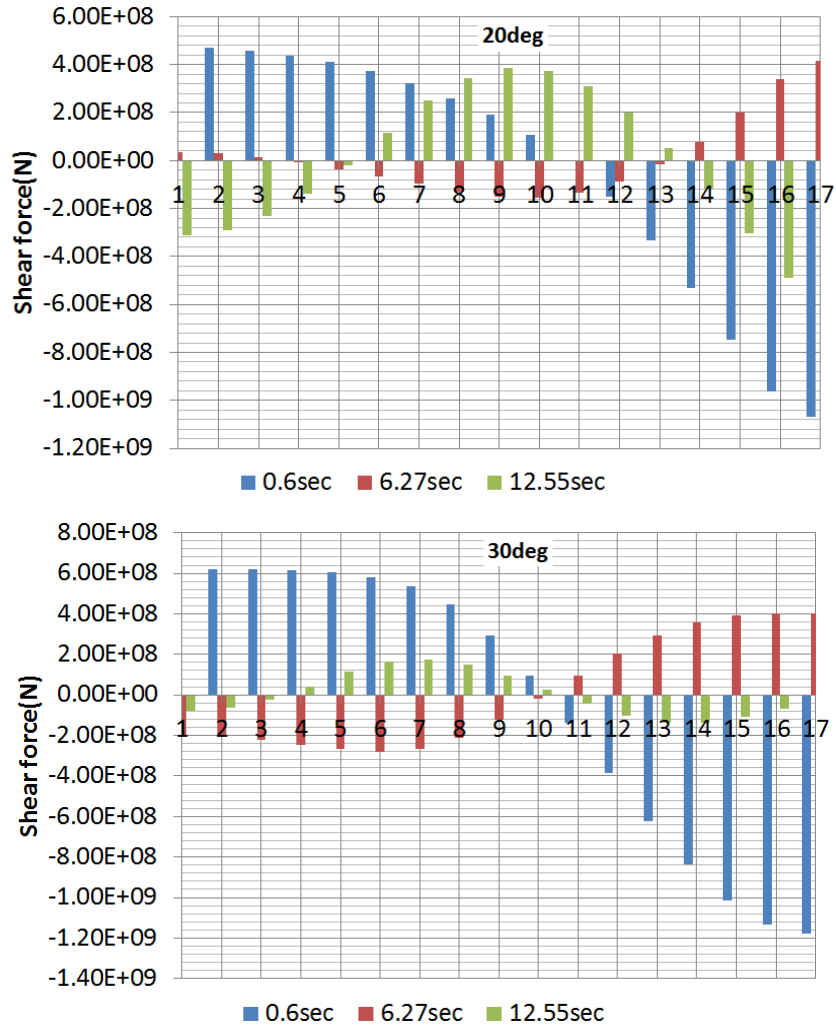


그림 2.5 입사각별 전단력선도

▶ 해석 변수

- 해석의 변수로는 인터 셀의 제원이 전단력 작용에 대하여 어떤 영향을 미치는지에 대하여 분석하였음.
- 인터 셀의 내벽과의 문힘길이 및 개수
- 인터 셀의 외벽의 길이

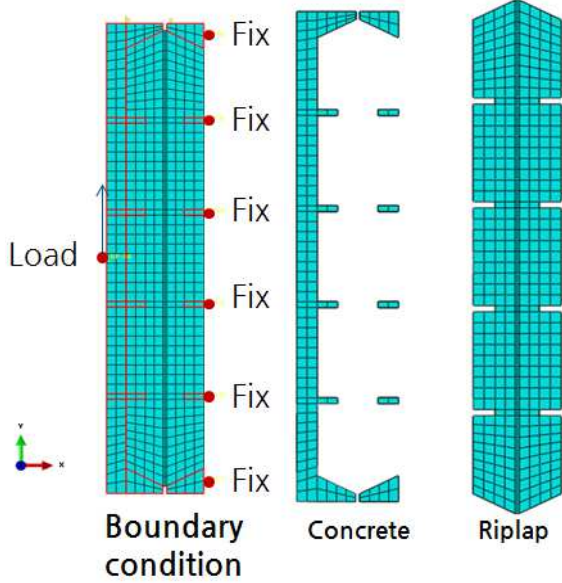


그림 2.5 경계조건

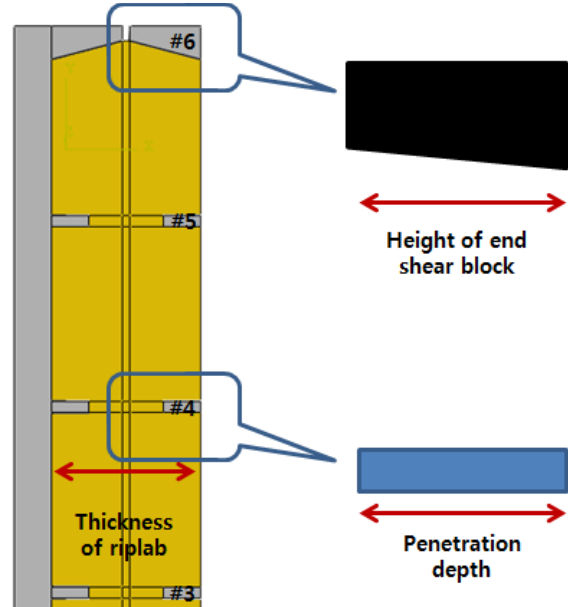


그림 2.6 해석변수 명명

표 2.1 해석변수

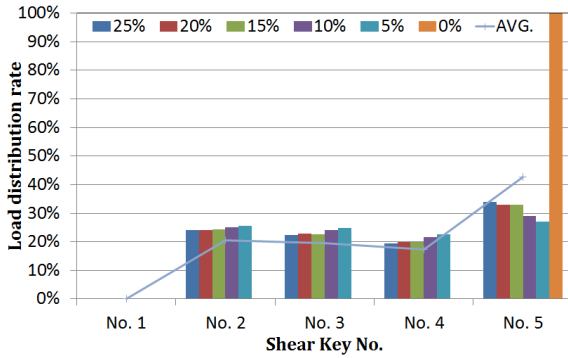
Penetration depth of mid shear block				End shear block		
Number of mid shear block(EA)	thickness of riplot(m)	penetration depth(m)	Rate	Breadth of cell(m)	Height of end shear block(m)	Rate
3	4	1	25%	3.8	1.9	50%
		0.8	20%		1.7	45%
		0.6	15%		1.5	39%
		0.4	10%		1.3	34%
		0.2	5%			
4	4	1	25%			
		0.8	20%			
		0.6	15%			
		0.4	10%			
		0.2	5%			
5	4	1	25%			
		0.8	20%			
		0.6	15%			
		0.4	10%			
		0.2	5%			

○ 실험결과

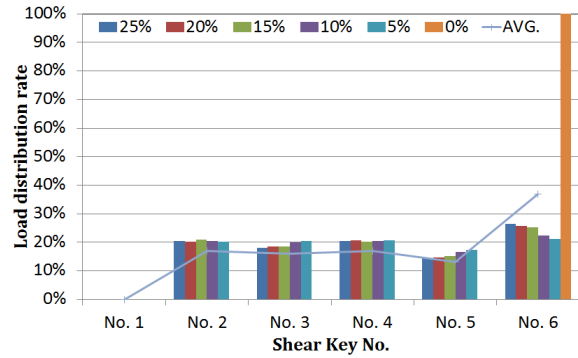
- ▶ 전단블록의 개수 및 길이에 따른 저항력 분포 분석
  - 중간전단키가 없었을 때는 양끝단의 전단키가 모두 저항하는 것으로 나타났으며, 전단키의 문힘길이를 25%에서 5%까지 변경하였을 때에는 하중 분담 비율이 거의 유사한 것으로 나타남.
  - 블록의 개수가 증가할수록 각 블록이 저항하는 분담률이 감소



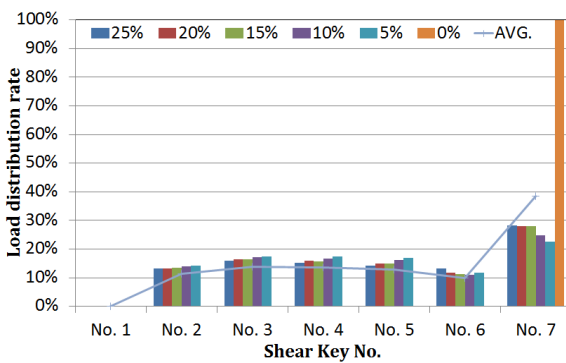
- 양단부의 전단블록이 전체 전단력의 30%이상을 저항해 주는 것으로 나타났고 나머지 중간 블록들은 거의 유사하게 분담
- 양단부의 전단블록 비율별 결과(그림 7(d))에서도 알 수 있듯이 큰 영향을 미치지 않음



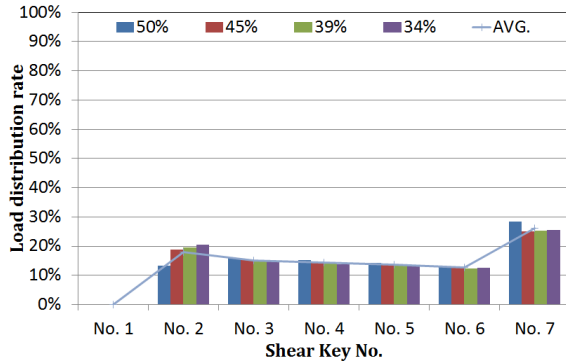
(a) 중간전단키 3ea



(b) 중간전단키 4ea



(c) 중간전단키 5ea



(d) 중간전단키 5ea / 양단 전단키 비율별

그림 2.7 전단블록의 개수 및 길이에 따른 저항력 분포 분석

○ 결론

- ▷ 본 연구에서는 인터 셀의 설계를 위하여 외벽과 내벽의 전단력 분담 특성에 대하여 분석하였음.
- ▷ 해석 결과 거의 외벽이 가장 큰 비율로 저항하는 것으로 나타났음. 이 하중 분담율을 이용할 경우 전단블록의 설계가 가능할 것으로 판단됨
- ▷ 인터 셀 외벽이 가장 많은 하중을 분담하는 것으로 나타났으며, 내벽이 약 60~70%의 하중을 분담함

### 3. 오픈 셀 케이슨 방파제의 지반반력 특성 분석

#### ○ 해석목적

- 오픈 셀 케이슨의 지반반력 특성 분석을 통하여 설계 기반 구축

#### ○ 해석제원

- 총 16함 오픈 셀 케이슨
- H: 19.5 m L: 25.5 m B: 8.7 m
- 설치평균 수심: DL(-) 23.10m
- 선석 수심: DL(-) 18m
- 파고 7.7m, 주기 12.55sec

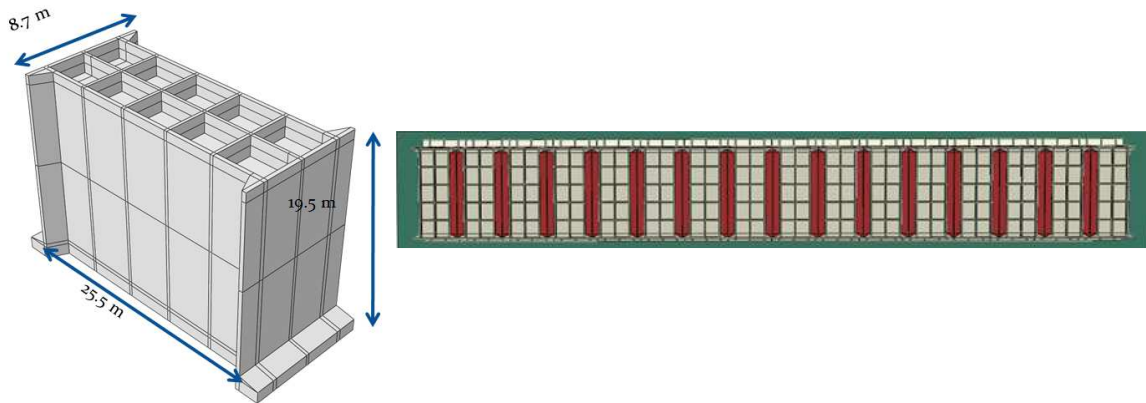


그림 3.1 오픈 셀 케이슨의 제원 및 배치

#### ○ 하중조건

- 입사각 : 10, 20, 30도
- 설계파고/주기 : 7.7m / 12.55s
- 유효자중 = (설계파력/0.6)\*1.2(안전율)으로 설정(활동파괴 한계 조건)

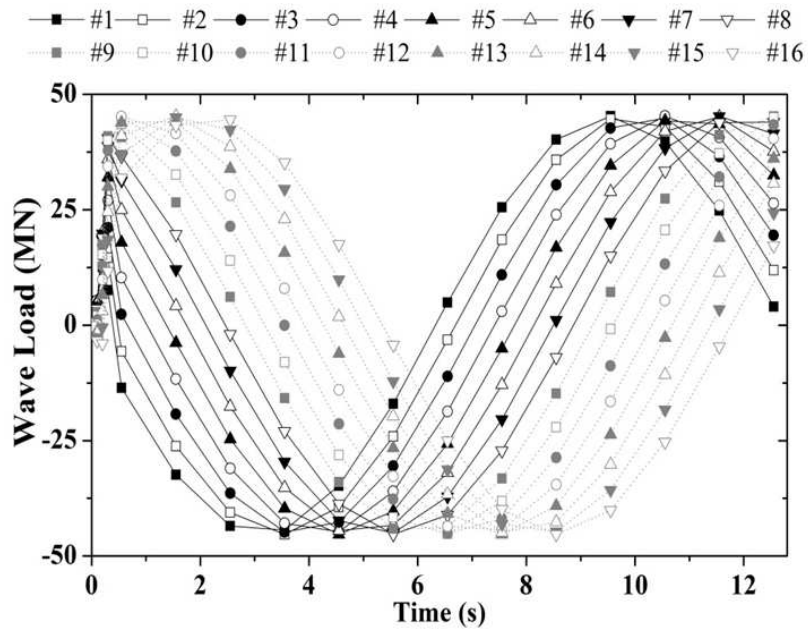


그림 3.2 하중 조건

### ○ 해석결과

- 아래 그림은 일반케이슨과 오픈 셀 케이슨의 하중작용 시 변형형상과 지반반력 분포를 나타낸 것임
- 각 하중 조건에 따라 일반 케이슨의 경우에는 하중이 작용한 대로 변형과 지반 반력 분포가 나타나는 것으로 나타났으나, 오픈 셀 케이슨의 경우 채움재(사석)으로 인터로킹되어 있기 때문에 방파제 전체가 일체 거동하는 것으로 나타남.
- 0.627sec일 때 변형 특성을 나타낸 것으로 일반 케이슨의 경우 변형된 상태와 같이 14번과 15번 케이슨에서 가장 큰 반력특성이 나타나는 것으로 나타났으나, 오픈 셀 케이슨의 경우 9~15번 케이슨에 고르게 지반반력이 나타나는 것으로 나타났으며, 1,2번 케이슨에서 일반케이슨에 비해서 더 큰 지반반력값을 보임. 이는 케이슨이 일체화 되어 있어 하중이 (+)에서 (-)변하는 4~5번 케이슨를 중심으로 회전 변형이 발생하기 때문에 하중의 반대방향의 지반반력이 일반 케이슨에 비해서 더 크게 나타남.

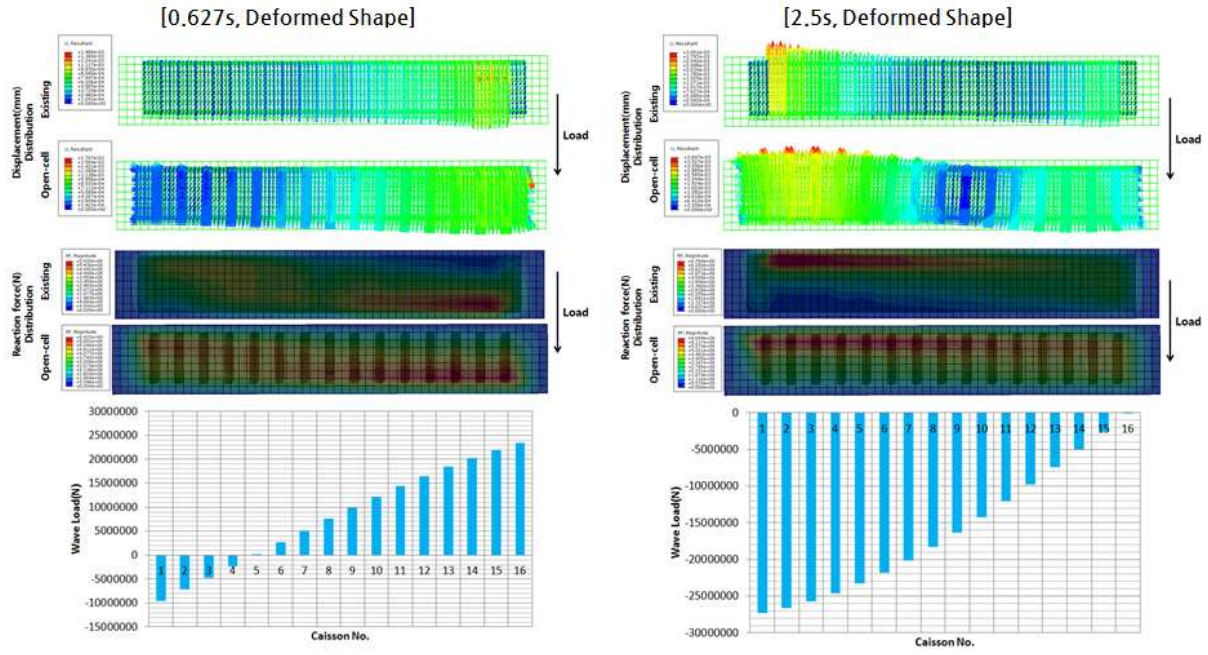


그림 3.3 하중 및 변형형상 1

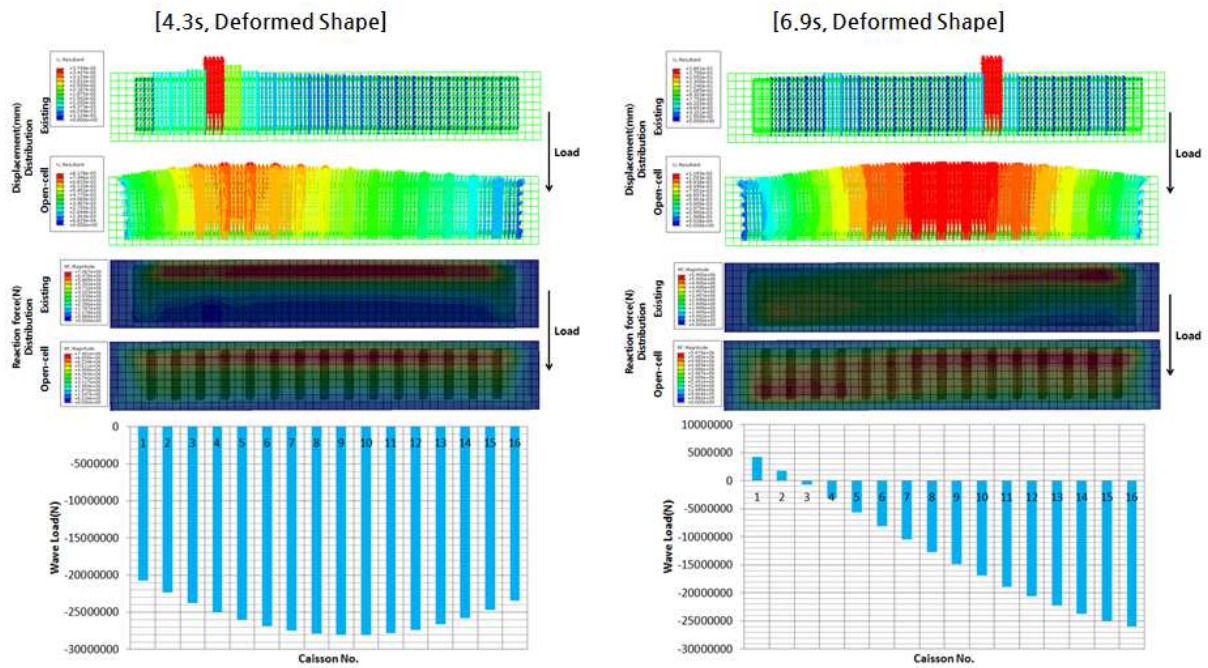


그림 3.4 하중 및 변형형상 2



- 주기 2.5sec에서 케이슨들의 변형형상을 나타낸 것으로 하중이 전반적으로 (-)방향으로 작용하는 것으로 나타났으며, 마운드의 지반 반력분포가 일반케이슨보다 오픈 셀케이슨이 더 넓게 분포하나 그 최대 지반반력이 일반케이슨의 경우 2~5번 케이슨에서 가장 큰 반면, 1~7번 케이슨에 넓게 분포하는 것을 볼 수 있음. 이때 지반반력은 최대 파력의 24%가 발생하였음.
- Fig. 3.4는 주기 6.9sec에서 케이슨들의 변형형상을 나타낸 것으로 Fig.6(a)의 반대조건임. 1~2번 케이슨에는 (+)방향의 하중이 작용하고 3~16번 케이슨에 (-)의 하중이 작용하는 조건이다. 일반케이슨의 경우 11번케이슨에서 활동이 발생하는 것으로 나타났으며 지반반력은 하중 작용 조건대로 14~16번 케이슨에서 가장 큰 반력이 나타났음. 오픈 셀 케이슨은 반력분포가 7~16번 케이슨에서 고르게 큰 것을 볼 수 있다. 또한 오픈 셀 케이슨은 연결부에 전단력이 가장 크게 발생하기 때문에 케이슨 위치보다는 사석 채움 위치인 접합부에서 더 큰 지반 반력이 발생하는 것으로 나타났음.

- 지반반력비교(입사각 20도)

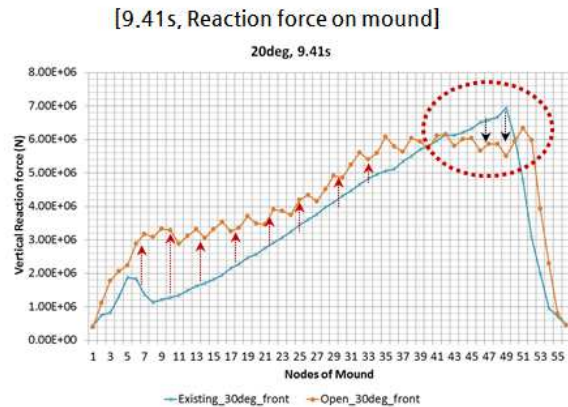
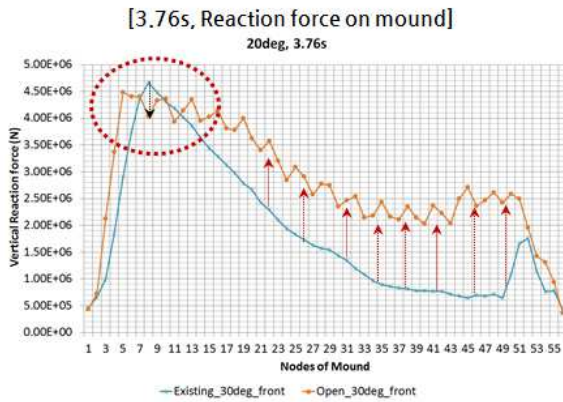
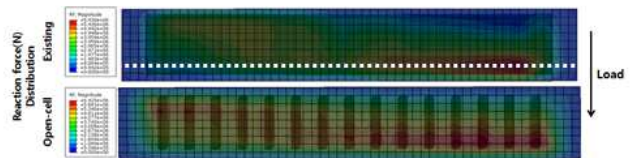


그림 3.5 지반 반력 비교(입사각 20도)

- 지반반력비교(입사각 30도)

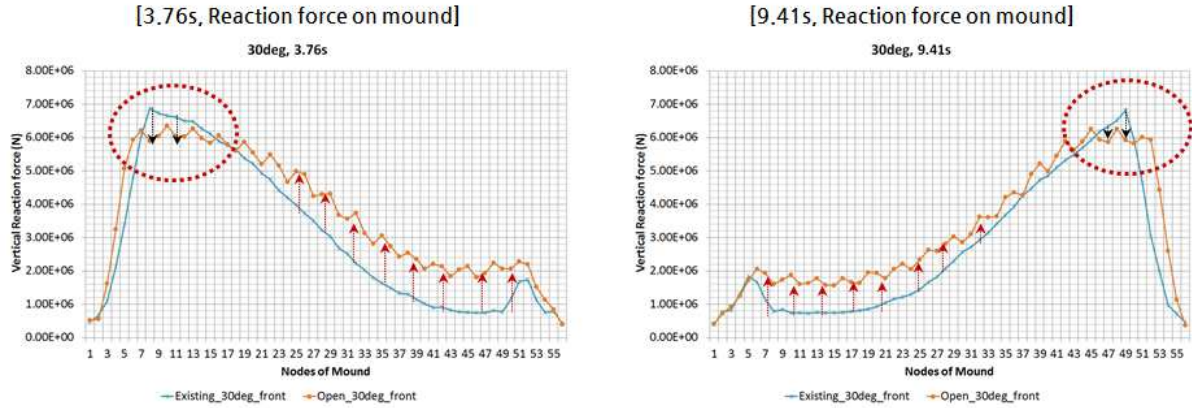


그림 3.6 지반 반력 비교(입사각 30도)

- 최대하중 대비 수직반력 비율 비교

※ 각 노드별 최대 지반 반력

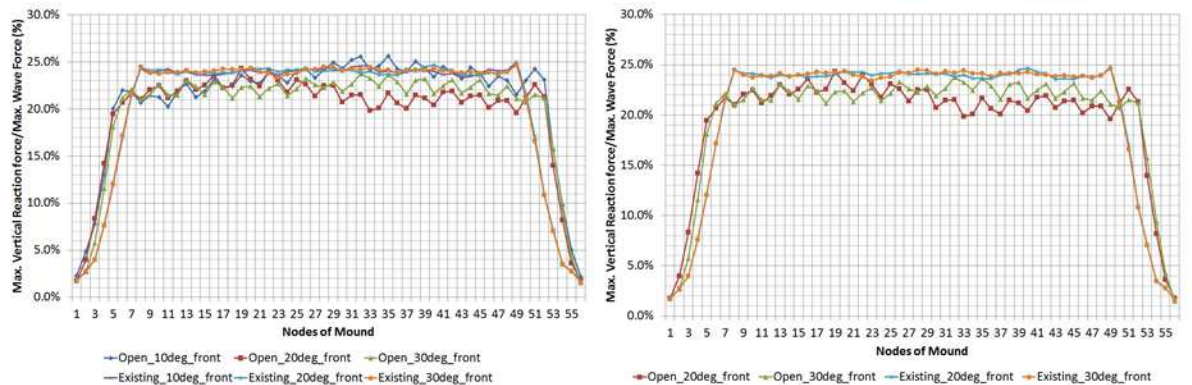


그림 3.7 최대 하중 대비 수직 반력 비율 비교

○ 결론

- ▷ 오픈 셀 케이슨의 경우 기존의 일반 케이슨에 비해서 인터로킹효과에 의하여 최대 지반반력이 감소함.
- ▷ 입사각이 작을수록 오픈 셀 케이슨과 기존 일반 케이슨과의 최대지반반력차이는 감소함.
- ▷ 입사각 20도와 30도에서 오픈 셀 케이슨의 경우 최대지반반력이 기존 일반 케이슨에 비하여 평균 2%~3%가 감소함.

#### 4. 오픈 셀 케이슨 방파제의 시공 중 안정성 평가

##### ○ 목적

- 인터로킹 방파제의 한 형태인 오픈 셀 케이슨을 대상으로 이러한 시공 중 안정성에 대해 평가함.

##### ○ 시공방법

- 케이슨을 제작한 후, 진수 → 운반(예인) → 거치 → 속채움 → 상치콘크리트 타설 순으로 진행됨
- 해양이라는 환경을 고려하여 거치장소가 인접해있더라도 파랑에 의한 케이슨 침수를 방지하기 위해 덮개(차수판)를 사용하여 케이슨을 운반(예인)하고 케이슨의 거치가 시작됨.
- 케이슨의 크기에 따라 주수공 또는 밸브시설을 이용하여 케이슨 내에 해수를 투입하여 케이슨을 기초마운드에 서서히 침강시켜 거치하게 됨. 거치가 끝나면 속채움 작업을 연속적으로 시행하여 파랑에 의해 활동이 없도록 제어함.



그림 4.1 케이슨 시공 방법





그림 4.2 케이슨 피해 사례

- 일시적으로 저중량인 가거치 상태에서 해황이 불량해질 경우
- 기초마운드의 세굴 등으로 인해 케이슨 구조가 불안정해진 상태
- 시공과정에서 공법 혹은 스케줄이 조정된 경우 등
- 다양한 시나리오를 감안하여, 보다 안전하고 경제적인 해상시공 방법 강구 필요

○ 해석제원

- H: 19.5 m B: 25.5 m L: 8.7m
- 오픈 셀 외벽 길이 : 1.9 m(셀의 50%)
- 오픈 셀 내벽 길이 : 1.0 m
- 설치평균 수심: DL(-) 23.10 m
- 선석 수심: DL(-) 18 m

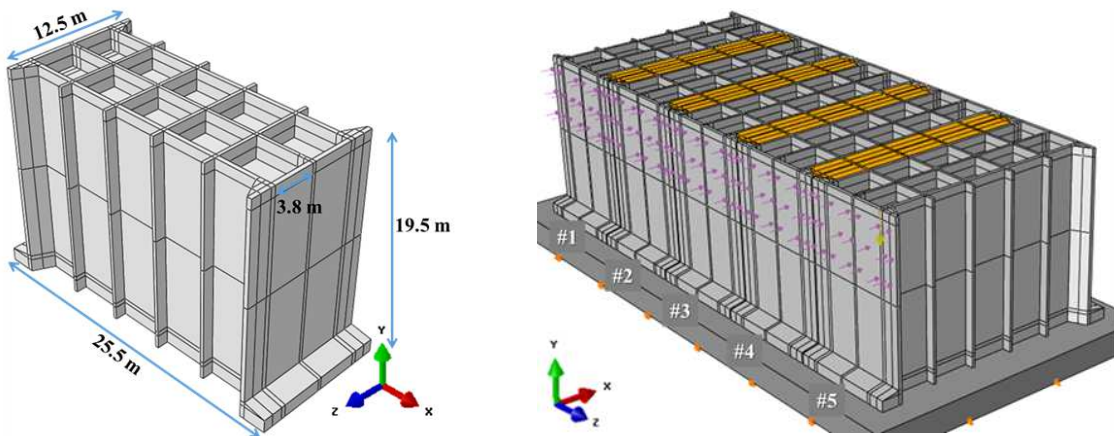


그림 4.3 케이슨 제원 및 배치



### ○ 하중조건

- 해석 종류 : Dynamic analysis
- 입사각 : 10도, 20도, 30도
- 자 중 : 약 9,532 tonf (6,896 tonf)
- 속채움 전 단계인, 주수로 인한 해수채움상태 모의

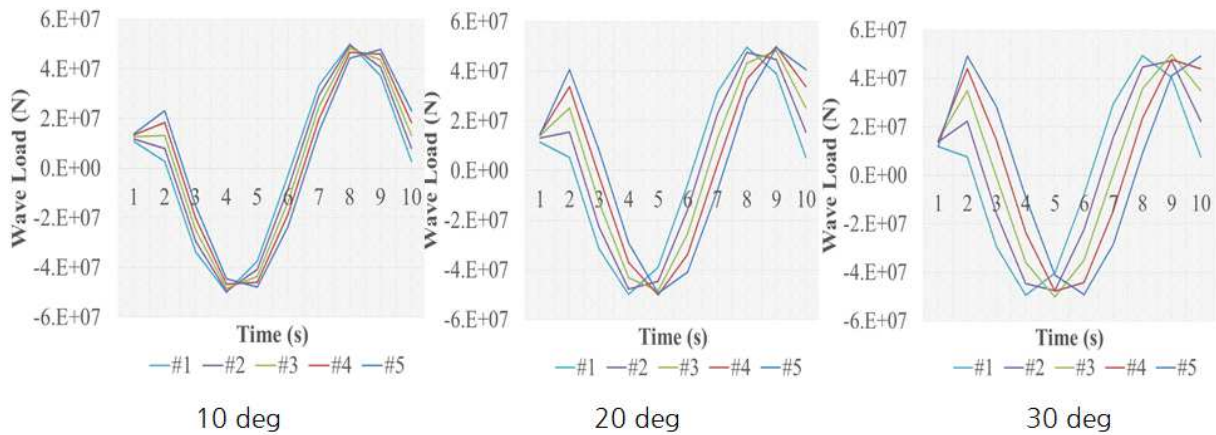


그림 4.4 하중 조건

### ○ 해석결과

- 입사각별로 케이스 너비방향(X-방향)의 변위를 살펴본 결과, 그림 4.6에 나타난 것과 같이 일반케이스의 경우 5 m 이상의 활동피해가 발생한 반면, 오픈 셀 케이스의 경우 인터 셀 내 채움재의 인터로킹 효과로 인해 최대 4 mm 정도의 변위 내에서 거동하며 안정성을 확보함을 알 수 있음

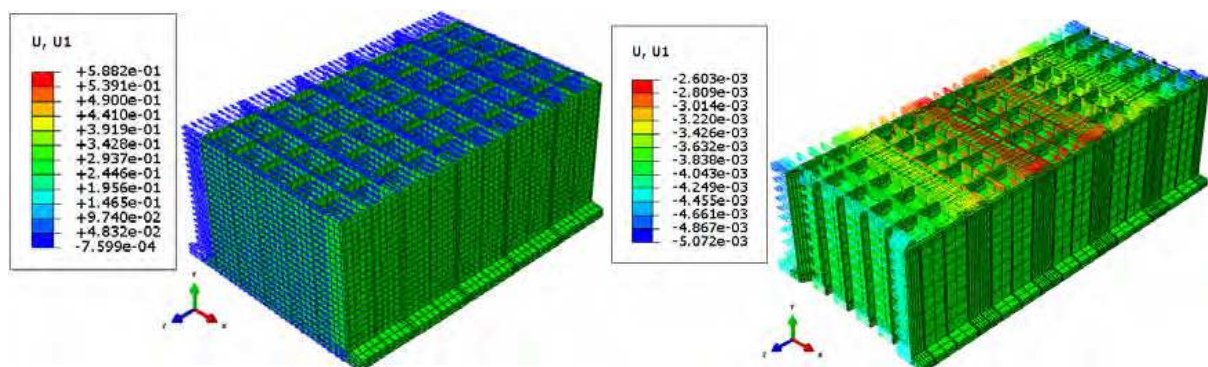


그림 4.5 케이스 변형

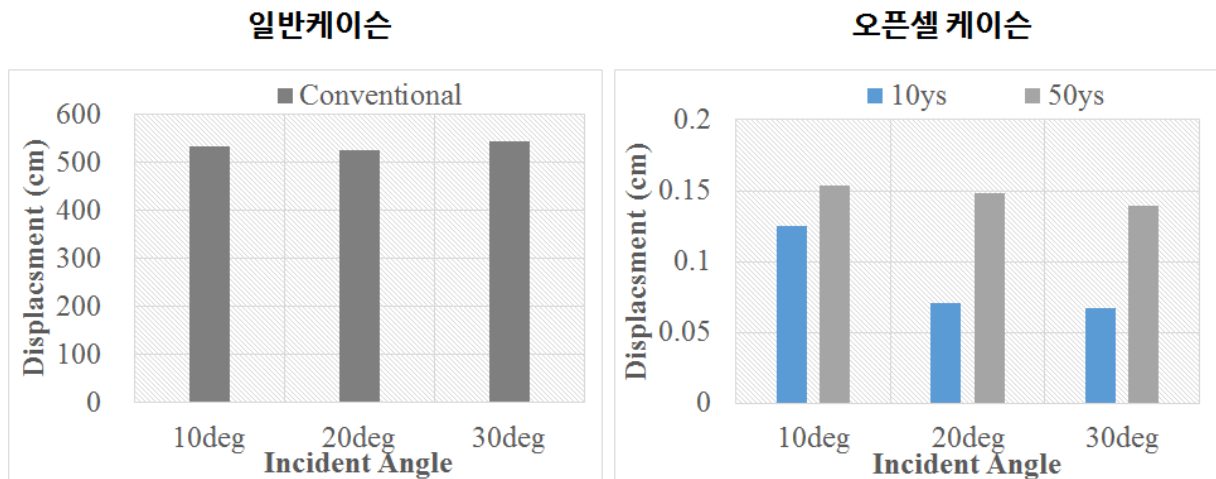


그림 4.5 케이스 수평 변위 결과

○ 결론

- ▷ 인터로킹 방파제의 한 형태인 오픈 셀 케이스를 대상으로 이러한 시공 중 시나리오에 따른 안정성에 대해 살펴보았음.
- ▷ 속채움 시공 이전 단계인 주수상태의 케이스에 10년 빈도의 설계파 하중을 가하여 비교한 결과, 일반 케이스는 5 m 이상의 변위를 보이며 활동파괴가 발생한 반면 오픈 셀 케이스는 4 mm 이내의 활동을 보여 안정함을 확인할 수 있었음.
- ▷ 시공 중 설계조건보다 해황이 불량일 경우, 작업일수가 제한되어 공사기간이 연장되며 이는 곧 공사비 증가로 인한 경제적 손실을 야기하는데, 오픈 셀 케이스 방식의 시공도입으로 인해 보다 안전하고 경제적인 해상시공을 도모할 수 있을 것이라고 판단됨.

## 기초마운드 세굴에 대한 성능평가

### ○ 실험개요

- 일자 : 2016년 5월 3일 화요일 오후 1:00 ~ 3:00
- 장소 : 한국해양과학기술원 해양환경실험동
- 목적 : 오픈 셀 케이슨 운용 시 기초마운드 세굴에 대한 대응 성능평가

### ○ 실험제원

- 총 5함 케이슨 기초부 세굴 모의
- H: 52 cm B: 56 cm L: 48 cm
- 케이슨 모형 무게 : 200~210kg (속채움 완료)
- 상세
  - A) 케이슨을 그림 1과 같이 설치하였으며, 케이슨 내부에는 케이슨의 무게를 맞추기 위해서 사석을 이용하여 채움.
  - B) 기초 마운드를 10cm 높이로 설정하여 실제 케이슨과 유사하게 모의 설치함.
  - C) 오픈 셀 부분에 사석을 채움



그림 1 실험케이슨모형

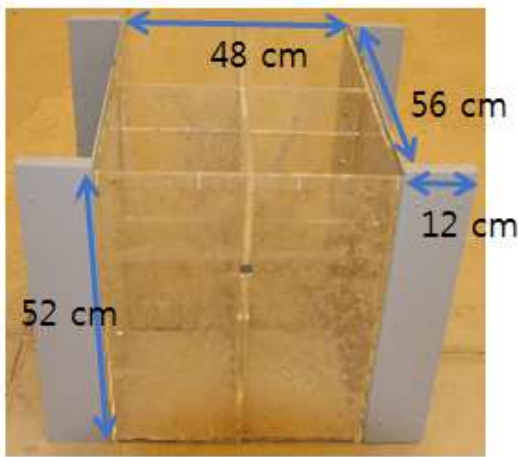
### ○ 실험방법

#### ▶ 변수

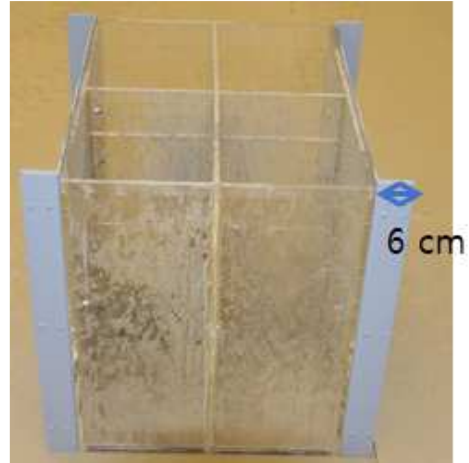
- 오픈 셀 외벽길이 : 셀 길이의 50%, 25%
- 세굴위치
  - A) 인터 셀 부분만 세굴 : 인터 셀부분의 기초 마운드 사석 부분제거
  - B) 인터 셀 + 케이슨 부분 모두 세굴 : 인터 셀과 케이슨 기초 마운드 사석 부분 제거
  - C) 제두부 부분 세굴 : 제두부 케이슨 기초 마운드 사석 부분 제거

▶ 실험케이스

변수	CASE 1	CASE 2
외벽길이	50% (12 cm)	25% (6 cm)
세굴위치	CASE 1-A	CASE 2-A
	CASE 1-B	CASE 2-B
	-	CASE 2-C



CASE 1



CASE 2

그림 2 실험 변수

- 각 케이스의 인터 셀 외부전단벽은 내부 셀의 50%인 12 cm과 25%인 6 cm로 설정함.
- 앞서 언급한대로 세굴의 위치를 각 실험체 케이스 마다 수행하였으며, 제두부의 세굴은 CASE 2만 수행하였음

▶ 실험계측

- 세굴모의 반대측에 케이스의 변형을 측정하기 위하여 LVDT 변위계 설치
- 동영상 및 사진 촬영



그림 3 변위계 설치



## ○ 실험결과

### ▶ CASE 1 결과

- CASE 1-A : 인터 셀 부분만 세굴된 경우를 모의하였으며, 이 때 케이슨의 최대변위는 0.01 mm로 거의 미동하지 않음. 세굴된 부분을 인터 셀 내부에 있는 사석이 채워주어 변형이 발생하지 않음.
- CASE B-1 : 본 실험케이스는 케이슨 전체에 세굴이 발생하는 것을 가정한 것으로 현장에서는 거의 발생하지 않는 최악의 조건임. 아래의 그림과 같이 인터 셀과 케이슨 부분 모두 세굴된 경우를 모의하였으며, 세굴의 정도는 케이슨 모형 폭(B)의 약 64%에 해당하는 36 cm임. 이 때 케이슨의 최대변위는 케이슨 길이방향으로 4.91 mm로 케이슨 길이의 약 8%의 변형이 발생함. 수직방향 변형은 10 mm, 13 mm로서 케이슨의 높이의 19%의 변형이 발생함.
- 본 세굴 실험은 최악의 세굴 조건을 고려하여 실험을 수행하였음. 공통적으로, 세굴을 모의하는 동안, 인터 셀 내 사석이 세굴된 마운드 부분으로 침하되어 케이슨의 안정성이 확보되는 것으로 나타났음. 이는 부분적으로 세굴이 발생하여도 오픈 셀의 인터로킹 효과로 인하여 그 성능이 유지되는 것으로 나타남. 인터 셀에 채워진 사석이 세굴에 의한 구조물 안정성 확보에 좋은 것으로 나타남.
- 실험초기에는 사석이 부분 제거 되었을 때는 인터 셀 부분의 사석이 채워서 변형을 방지하였으나 케이슨 중간부분의 사석에 많이 제거 될수록 변형이 크게 발생한 것으로 나타남.



기본세팅



CASE 1-A



CASE 1-B



CASE 1-A



CASE 1-B

그림 4 CASE 1 결과

▶ CASE 2 결과

- CASE A-2 : 인터 셀 부분만 세굴된 경우를 모의하였으며, 이 때 케이슨의 최대 변위는 0.00mm로 미동하지 않음. CASE 1의 실험모델과 동일하게 인터 셀 부분 세굴이 발생할 경우 인터 셀 내부의 채움재가 채워주는 것으로 나타남.
- CASE B-2 : 인터 셀과 케이슨 부분 모두 세굴된 경우를 모의하였으며, 세굴의 정도는 케이슨 모형 폭(B)의 약 63%에 해당하는 35.2 cm임. 이 때 케이슨의 수평 최대변위는 5.35 mm로 케이슨 길이의 9%의 변형이 발생함. 실험초기에는 사석이 부분 제거 되었을때는 인터 셀 부분의 사석이 채워서 변형을 방지하였으나 케이슨 중간부분의 사석에 많이 제거 될수록 변형이 크게 발생한 것으로 나타남.
- CASE C-2 : 본 실험케이스는 제두부에 집중적으로 세굴이 발생하였을 경우를 모의 한 경우로서 순차적으로 세굴의 정도를 증가 시켰음. 세굴의 정도는 케이슨 모형 길이(L)의 약 50%에 해당하는 22 cm까지 증가 시켰음. 실험초기에는 변형이 발생하지 않았으나 세굴이 깊이가 점점 깊어질수록 케이슨이 지지할 수가 없어지기 때문에 그림 5와 같이 변형이 발생한 것으로 나타남.





기본세팅



CASE 2-A



CASE 2-B



CASE 2-C



CASE 2-B

그림 5 CASE 2 결과

○ 결론

- ▷ 본 실험은 오픈 셀 케이스 운용 시 기초마운드 세굴에 대한 대응 성능평가를 목적으로 모의 실험을 수행하였음.
- ▷ 인터 셀에 집중적으로 세굴이 발생되었을 경우에는 셀 내부의 사석이 세굴된 부분에 채워지기 때문에 케이스 전체계의 안정성 확보에 큰 효과를 발휘하는 것으

로 나타남.

- ▷ 한 케이스 전체에 세굴이 발생될 경우에 기존의 케이스들의 경우에는 세굴이 발생된 위치에서 수평 변형이 크게 발생할 것이나 본 오픈 셀 케이스의 경우에는 케이스들이 인터로킹되어 있어 과도한 수평 변형이 발생하지 않는 것으로 나타났음.
- ▷ 오픈 셀 케이스가 운용중 세굴이 발생하였을 경우에 인터 셀 내부의 사석 및 인터로킹 효과로 인하여 세굴에 대한 안정성 확보가 되는 것으로 나타났음.



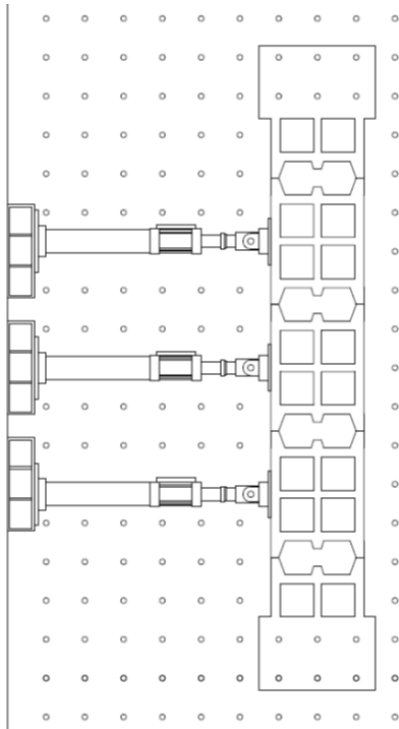
## 대축척 구조실험

### ○ 구조실험의 목적

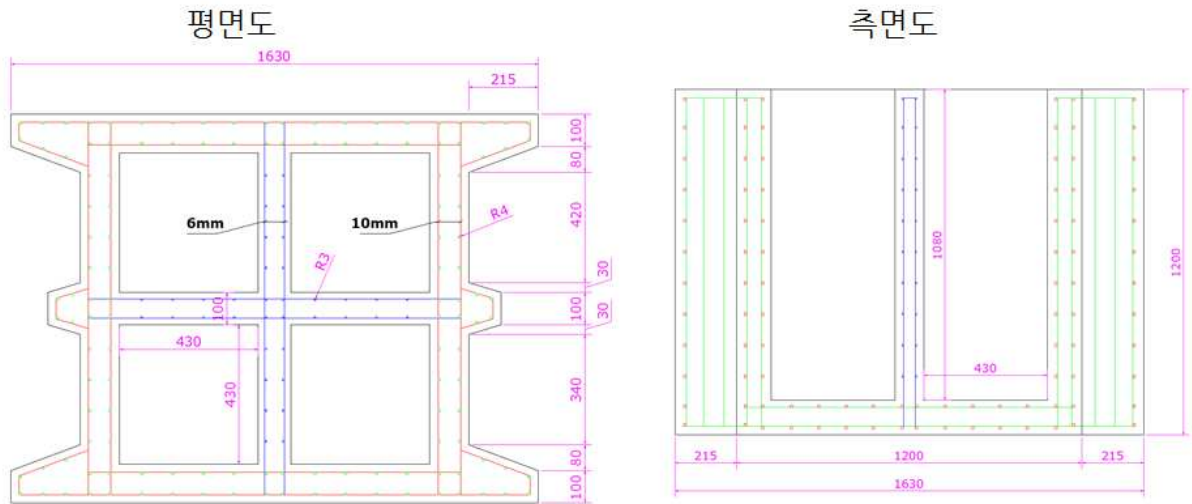
- ▶ 대축척 구조실험을 통하여 오픈 셀 케이슨으로 축조된 인터로킹 방파제의 구조거동특성 평가
  - 인터 셀내 채움재 전단저항성능 평가
  - 인터 셀내 채움재 전단 저항력계수 평가
  - 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수 평가

### ○ 구조실험 모형

- ▶ 방파제 구조거동특성 평가실험을 위하여 축척 1/10의 두부 케이슨 2함을 포함한 총 5함의 오픈 셀 케이슨 모형을 제작
- ▶ 사석마운드를 축조하고 오픈 셀 케이슨을 설치
- ▶ 각 케이슨 셀을 속채움하고, 마주하는 오픈 셀로 구성되는 인터 셀에는 인접케이슨과 인터로킹을 위한 사석 등 채움재를 투입하여 실험 방파제 모형 구성(채움사석의 전단저항특성을 평가하기 위해 양측 두부 케이슨은 바닥에 고정)



<구조실험 방파제 설치도>



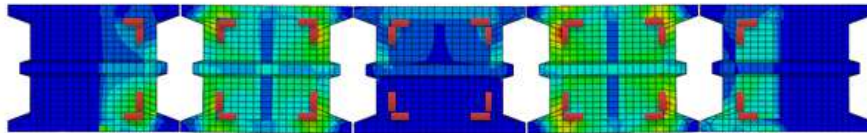
<오픈 셀 케이슨 실험체>

- 케이슨 무게 = 38.65 KN
- 오픈셀 내 채움재 무게 = 5.80 KN

○ 구조응답 계측센서 설치

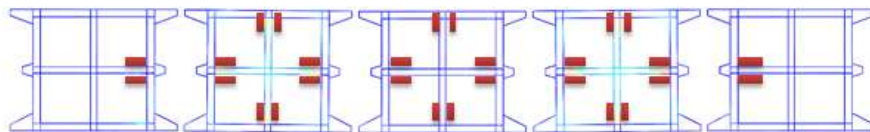
- ▶ 케이슨 구조응답을 계측하기 위하여 구조체에 스트레인게이지 부착

콘크리트 게이지

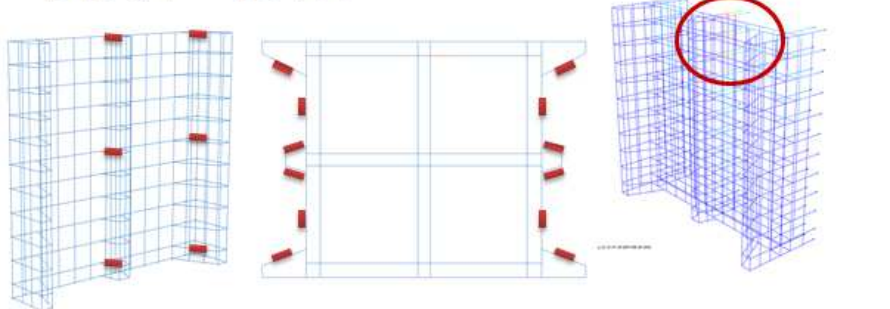


※ 내측벽면에 콘크리트 게이지 부착 : 인터셀 부분은 사석에 의해 손상 가능

내부 격벽 강재 스트레인 게이지

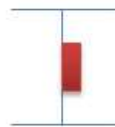
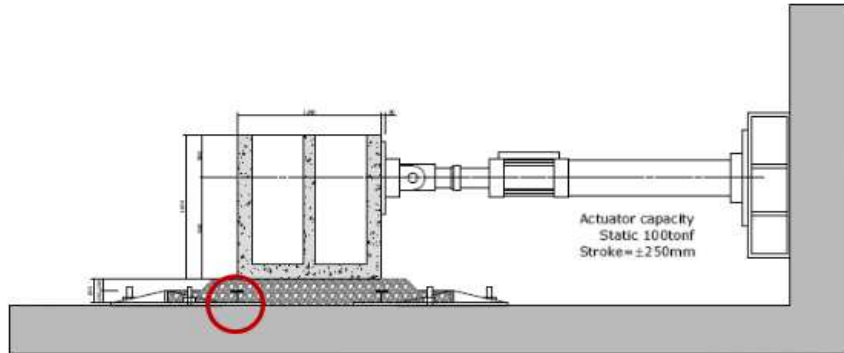


인터셀 강재 스트레인 게이지



<부재응답 계측용 스트레인 게이지>

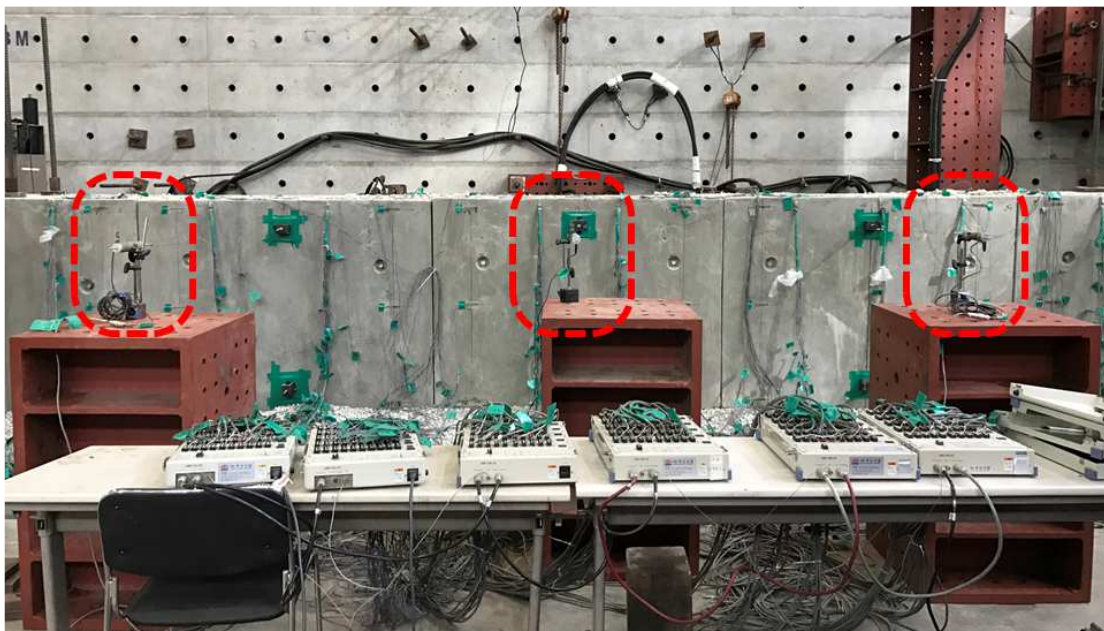
- ▶ 지반 반력의 상대적 비교를 위하여 중앙 3개 케이스 사석 마운드 내에 H형강을 설치하고 웹에 스트레인 게이지 3개씩 총 9개 설치



Strain gages : 수직 변형률 측정

<반력측정용 스트레인 게이지>

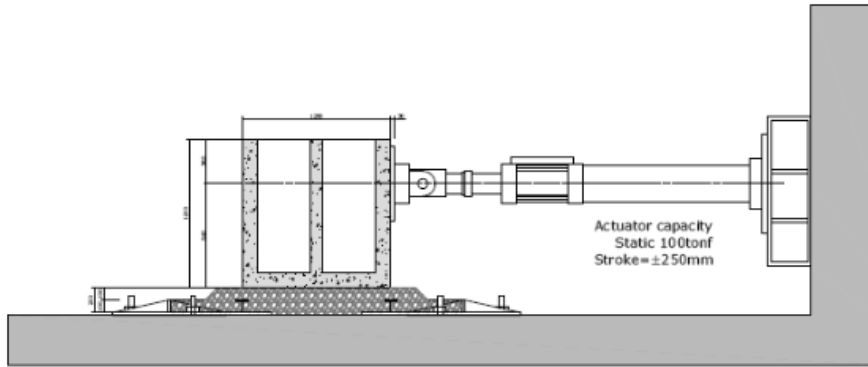
- ▶ 중앙 3개 케이스의 움직임을 계측하기 위하여 각 함당 2개씩 총 6개의 변위계 설치



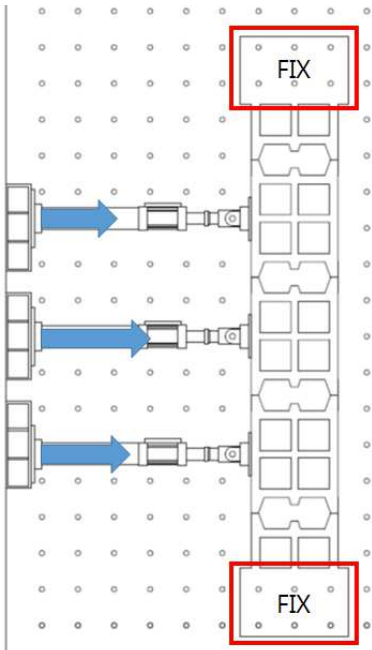
<케이스 움직임 측정 변위계>

### ○ 가력장치

- ▶ 방파제의 작용하는 파력을 모의하기 위하여, 중앙 3개 케이스에 대하여 케이스 당 1개, 총 3개의 가력장치 설치
- ▶ 경사입사에 따른 파력의 위상차를 고려하기 위하여 각 케이스 가력장치를 하중 컨트롤 적용



측면도



평면도

<가력장치 설치도>



## ○ 실험 케이스

- ▶ 채움재 종류에 따른 총 4가지 케이스 고려
  - CASE1 : 기초사석을 채움재로 쓴 경우
  - CASE2 : 재생골재를 채움재로 쓴 경우
  - CASE3 : 재생골재를 섬유망태에 넣어 채움재로 쓴 경우
  - CASE4 : 채움재를 쓰지 않은 경우 (일반 케이스)

## ○ 가력조건

- ▶ 케이스별 최대 하중, 총 6가지 고려
  - F1 : 케이스 자중의 46% (설계하중의 0.77)
  - F2 : 케이스 자중의 57% (설계하중의 0.95)
  - F3 : 케이스 자중의 69% (설계하중의 1.15)
  - F4 : 케이스 자중의 80% (설계하중의 1.33)
  - F5 : 케이스 자중의 92% (설계하중의 1.53)
  - F6 : 케이스 자중의 103% (설계하중의 1.72)

※ 케이스 자중은 인터셀의 채움재 자중은 제외한 것임

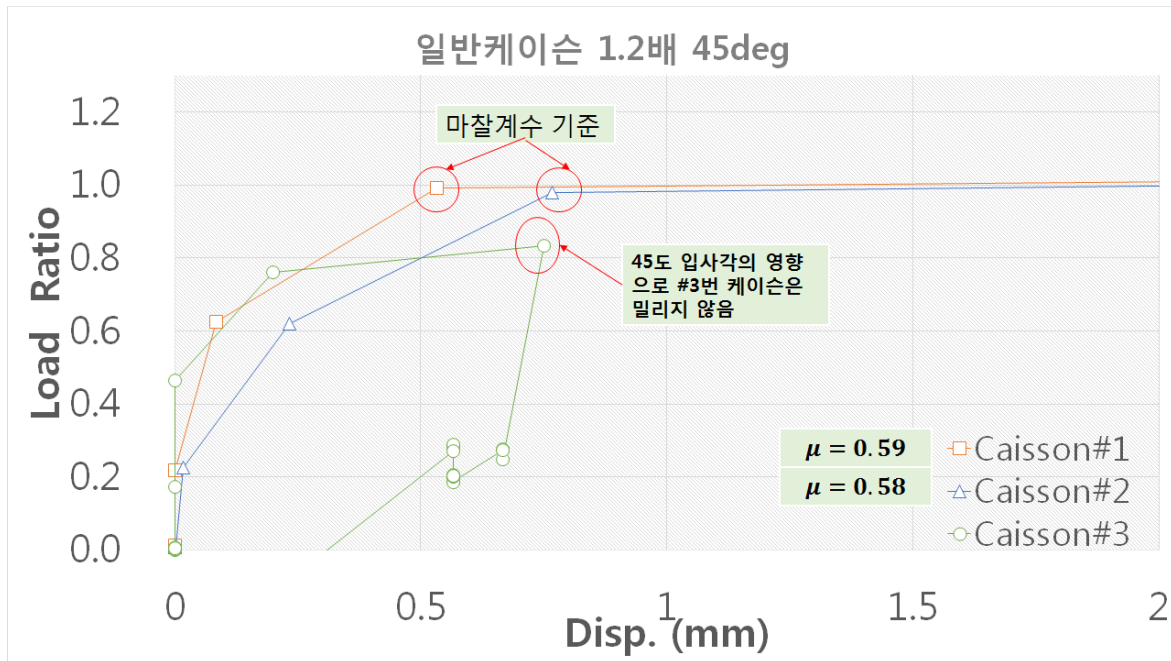
### ▶ 하중조건

- 3개 입사각 고려
  - A1 : 입사각이 15도인 경우
  - A2 : 입사각이 30도인 경우
  - A3 : 입사각이 45도인 경우
- 5개 위상 고려
  - P1 : 1번 케이스에 최대파력이 작용되는 경우
  - P2 : 2번 케이스에 최대파력이 작용되는 경우
  - P3 : 3번 케이스에 최대파력이 작용되는 경우
  - P4 : 1번 케이스에 최소파력이 가해지는 경우 (부압 제외)
  - P5 : 3번 케이스에 최소파력이 가해지는 경우 (부압 제외)

○ 구조실험결과

▶ 케이슨 마찰계수

- A3(입사각 45도), P2(2번 케이슨 최대파력)인 경우, F3(설계하중의 1.2배) 하중을 가할 때의 미끄럼 계측
- 마찰계수는 0.58~0.59로 평가됨

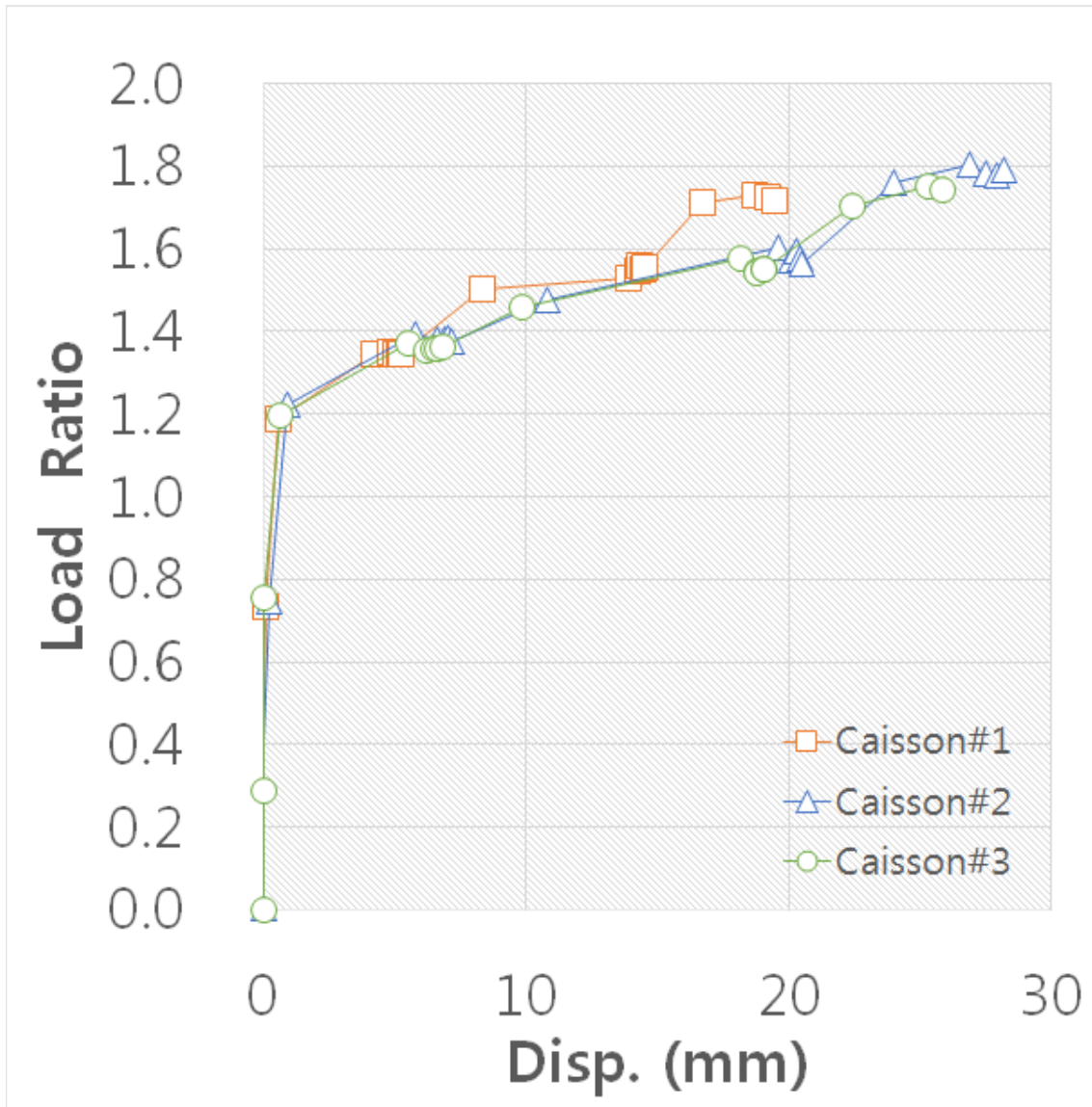


<마찰계수 실험결과>

▶ 채움재의 전단저항성능

- 채움재의 전단저항력( $V_f$ )은 구속압이 없는 경우(케이슨 움직임이 없는 경우) 채움재 토압에 의한 전단저항응력( $\sigma$ )으로 나타낼 수 있음  

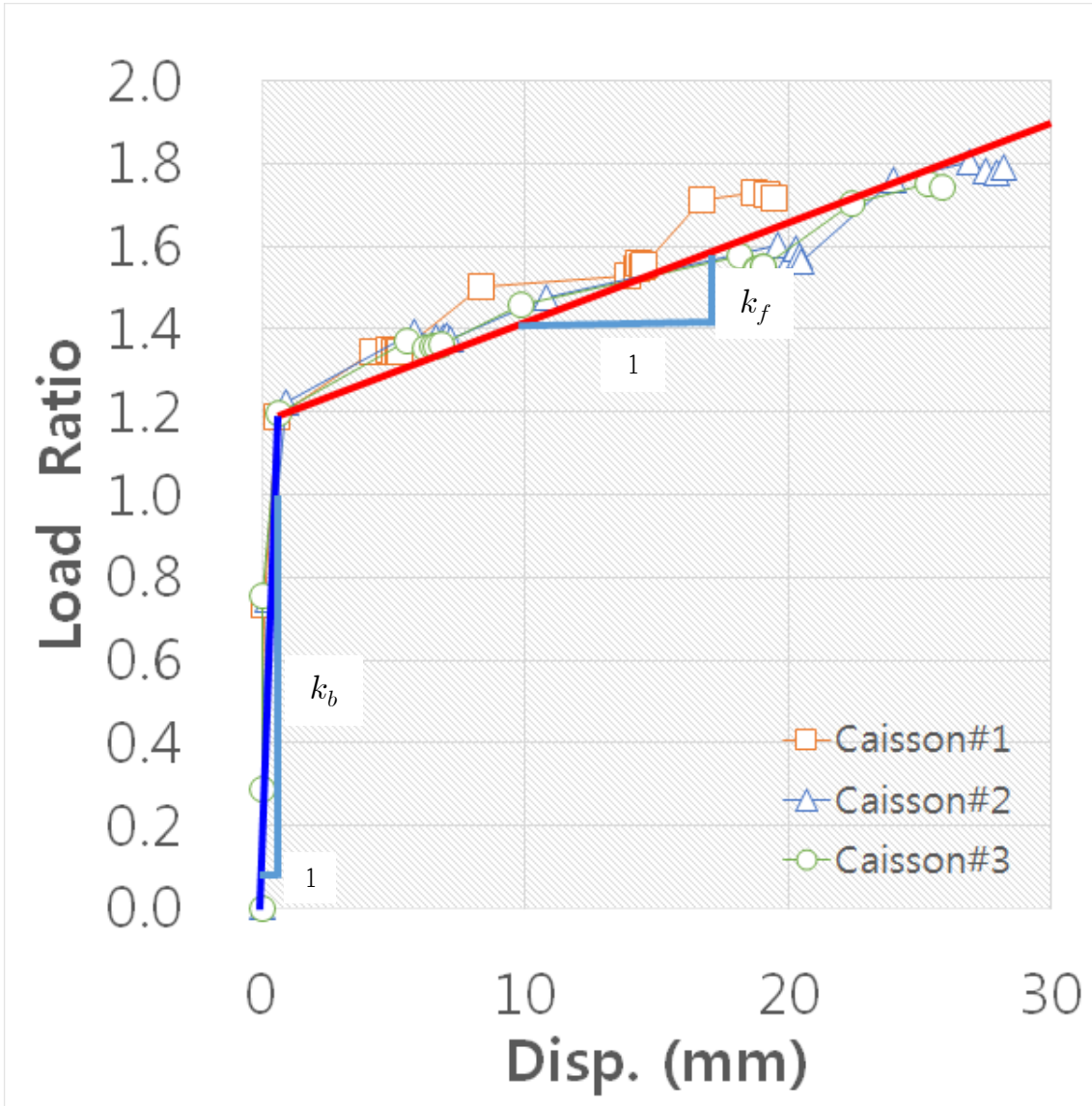
$$(V_f = \tau \times A; \tau = c + \sigma \times \tan \phi)$$
- 가력되어 케이슨이 변형되는 경우, 케이슨 움직임에 의한 구속압이 발현되어 전단저항력이 크게 증대됨
  - 작용하중이 증대됨에 따라 변위가 선형적으로 증가하고, 설계하중이 1.4배 되는 조건에서는 약 10cm(현장치), 1.6배에서는 17cm, 1.8배에서는 약 26cm 변위가 발생. 채움재에 작용된 전단력을 보면 각각 4,638kN, 9,276kN, 16,233kN 정도로 채움재의 전단저항성능은 구속압이 없는 경우에 비해 3배, 6배, 11배 이상 상승됨
    - ※ 구속압이 없는 경우(자중만에 의한 구속), 약 1,400kN



<하중-변위 상관도>

▶ 채움재 및 지반 마찰 저항력계수

- 인터 셀내 채움재 전단 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끄럼이 발생한 이후 하중-변위 곡선의 기울기( $k_f$ )로 정의할 수 있음. 그림으로부터, 약  $k_f=54,110\text{KN/m}$ (현장치)로 평가됨.
- 지반 수평 마찰 저항력계수는 하중-변위 상관도에서 바닥 미끄럼이 발생하기 이전의 하중-변위 곡선의 기울기( $k_b$ )로 정의할 수 있음. 그림으로부터, 약  $k_b=400,000\text{kN/m}$ 로 평가됨.



<하중-변위 상관도>



## ○ 결과 요약

## ▶ 인터 셀내 채움재 전단저항력

- 설계하중 1.0배 : 1,400KN 이상 (=10.1KN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.4배 : 4,638KN 이상 (=33.5KN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.6배 : 9,276KN 이상 (=66.9KN/m<sup>2</sup>)
- 설계하중 1.8배 : 16,233KN 이상 (=117.1KN/m<sup>2</sup>)

⇒ 변위에 의한 파괴(30cm)를 고려하면, 실험 채움재의 최대 전단저항력은 16,233KN (=117.1KN/m<sup>2</sup>)로 평가됨

▶ 인터 셀내 채움재 전단 저항력계수,  $k_f$ 

- $k_f=54,110\text{kN/m}$

⇒ 인터셀 내 채움사석을 전단저항 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

▶ 사석 마운드의 수평 마찰 저항력계수,  $k_b$ 

- $k_b=400,000\text{kN/m}$

⇒ 사석마운드를 스프링으로 모델링할 때 사용 가능

## ▶ 케이슨 구조체 응답 및 지반반력 분석 특성

- 케이슨 구조체는 사석에 비하여 강성이 커 케이슨 구조체가 강체 거동을 보였으며, 지반 반력의 분산효과를 평가하기 위해 설치한 사석마운드 내 H형강의 강성이 커 목표한 성과는 얻지 못하였음.

대형직접전단시험 성적서

○ 시험의 목적

- ▶ 인터로킹 케이슨을 위한 채움재 성능평가

○ 채움재 종류

- ▶ Case 1. 순환골재
- ▶ Case 2. 기초사석

○ 시험 케이스

- ▶ 입도시험 : 채움재별 최대입경, 균등계수 제시
- ▶ 밀도분석 : 최소, 최대, 상대밀도
- ▶ 전단응력 분석 : 수직응력(20, 40, 80kPa)에 따른 전단응력 분석

○ 시험 결과

<Case 1. 순환골재>

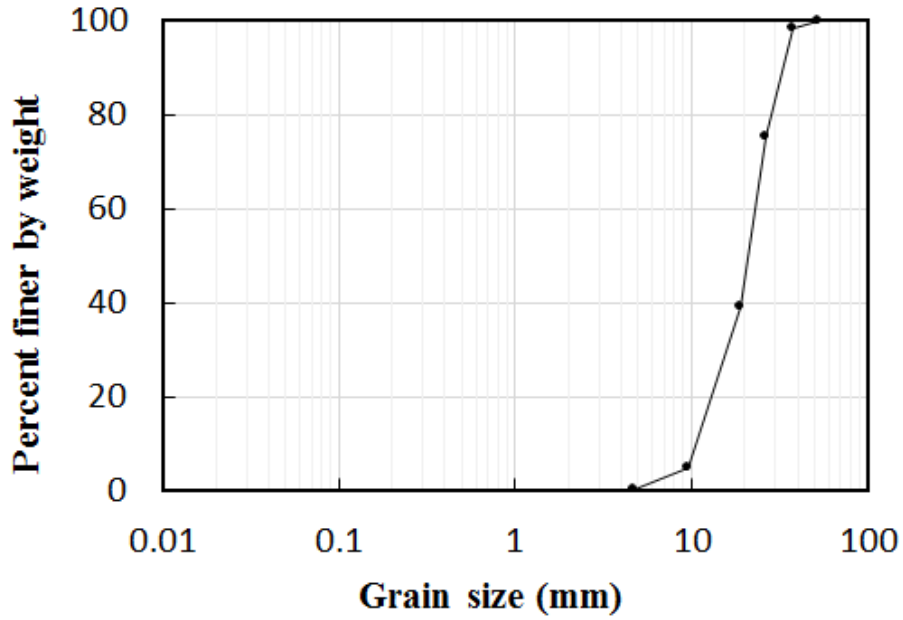
DATA 밀도	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
최소밀도( $\gamma_{d,min}$ )	1230	23.53	17.18	11.83	0.36	2.13	3.8	38.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1347						8.9	44.4
최대밀도( $\gamma_{d,max}$ )	1403						X	

<Case 2. 쇄석골재>

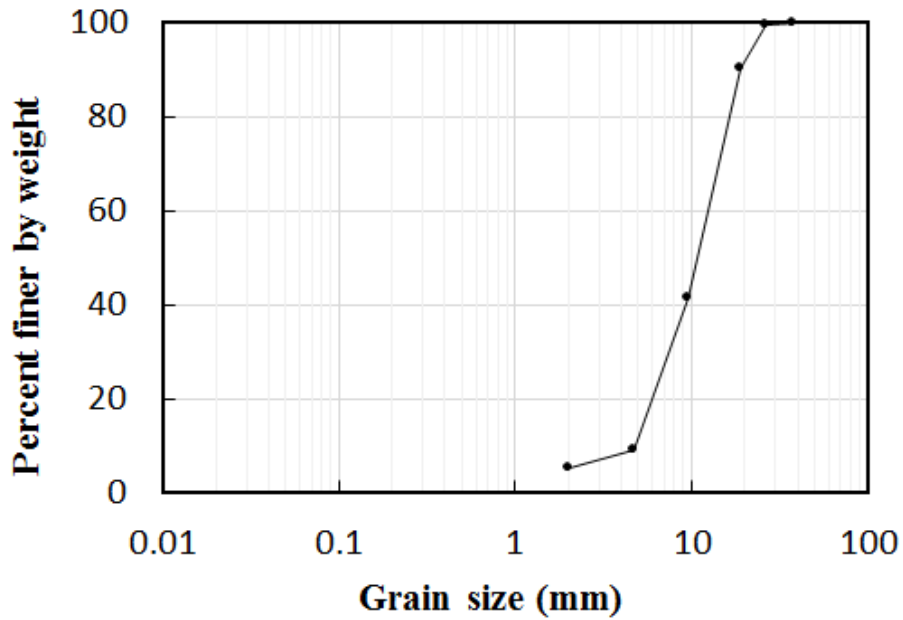
DATA 밀도	$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	D <sub>60</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	C <sub>g</sub>	c (kPa)	$\phi$ (deg)
최소밀도( $\gamma_{d,min}$ )	1436	12.68	8.27	4.94	2.57	1.09	3.9	34.2
상대밀도 ( $\gamma_d=70\%$ )	1561						11.3	38.3
최대밀도( $\gamma_{d,max}$ )	1620						X	

<하중-변위 상관도>

▶ 입도 시험 (KS F 2302)

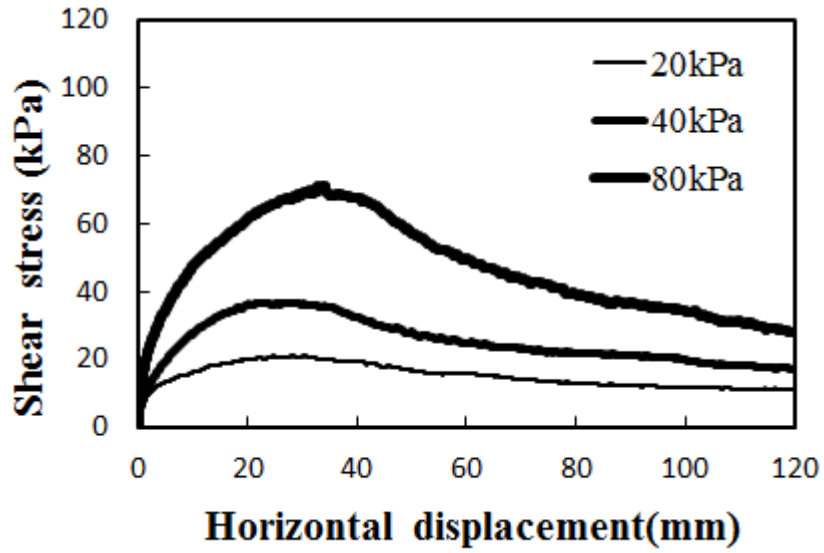


Case 1. 순환골재 입도분포곡선

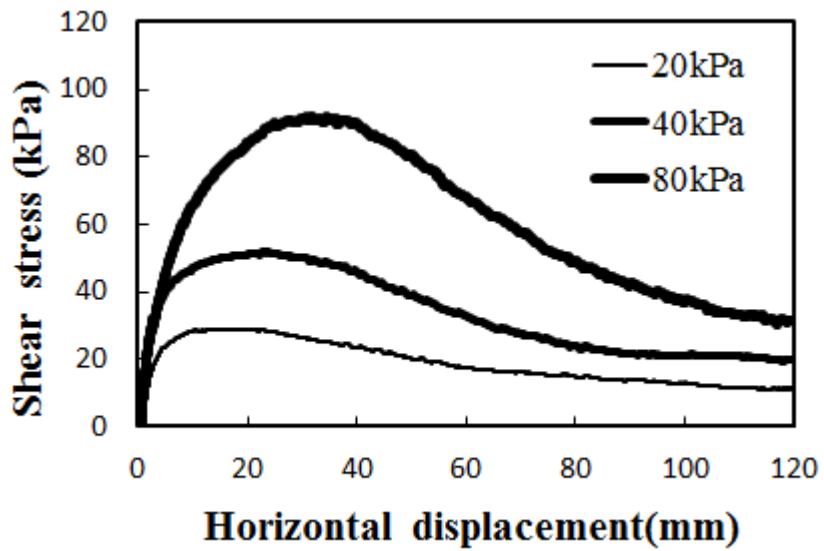


Case 2. 기초사석 입도분포곡선

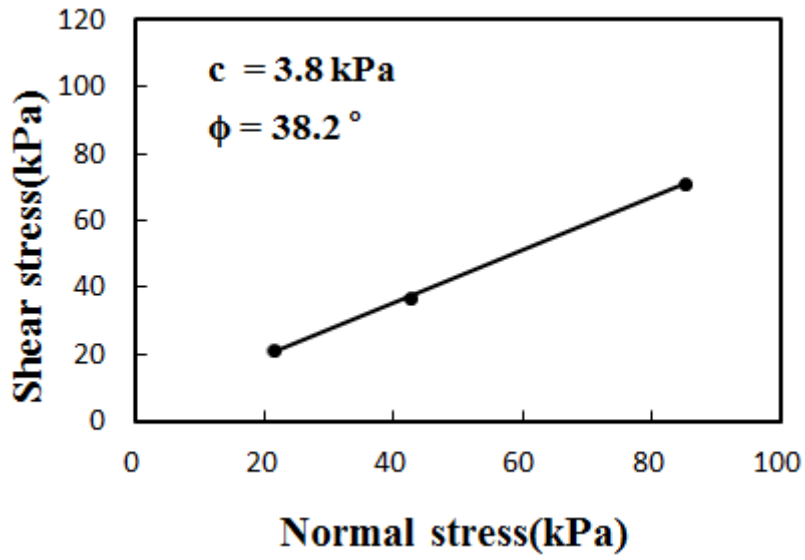
▶ 대형직접전단 시험  
 <Case 1. 순환골재>



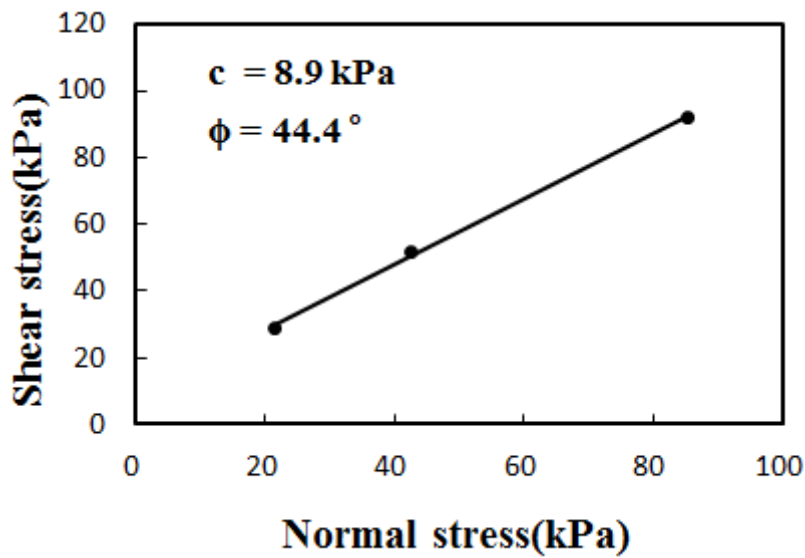
수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_{d,min}$ )



수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

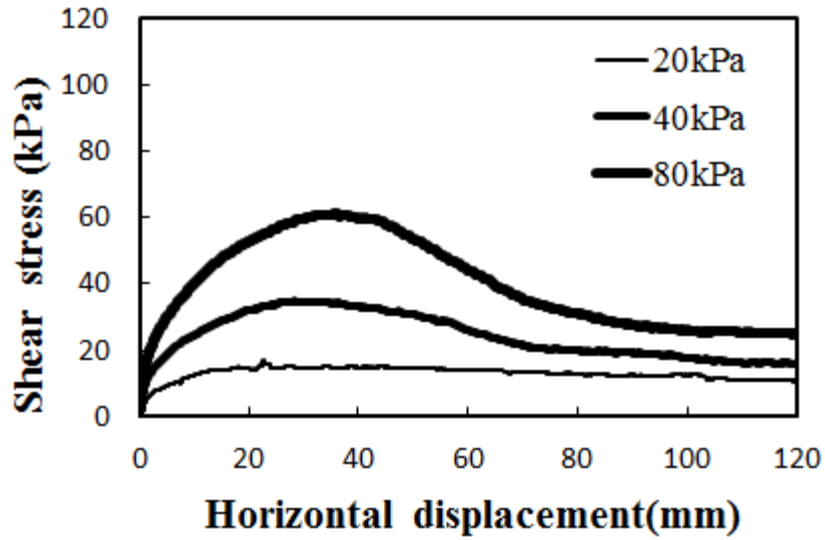


Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )

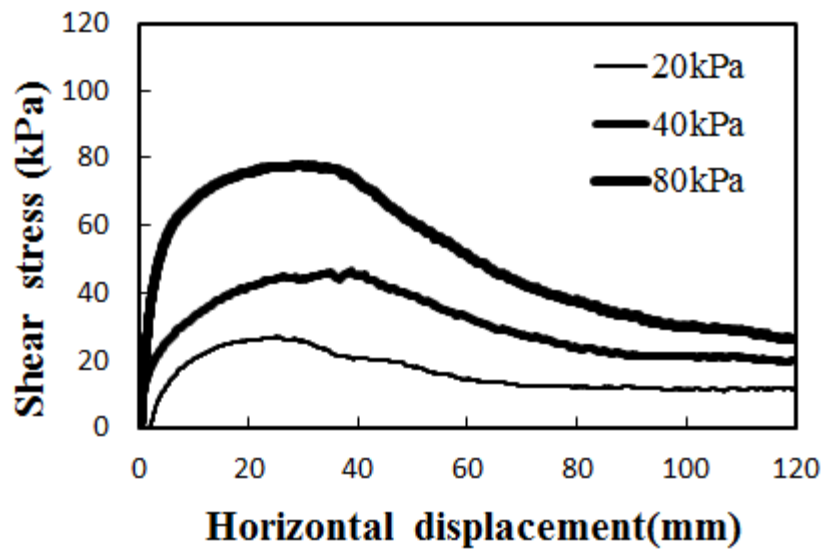


Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )

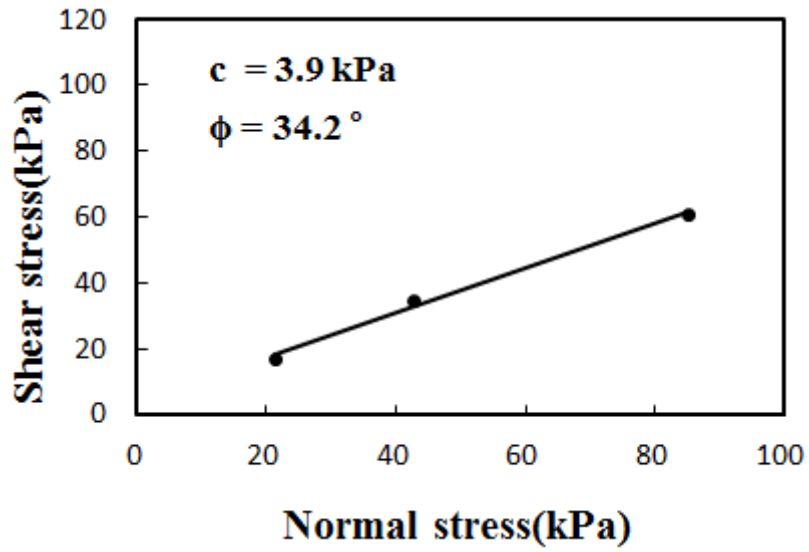
<Case 2. 기초사석>



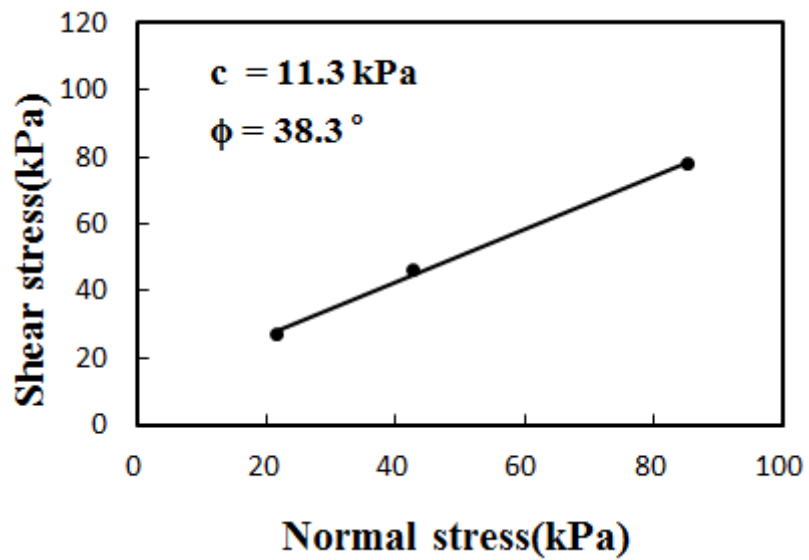
수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_{d,min}$ )



수평변위 - 전단응력 곡선 ( $\gamma_d = 70\%$ )



Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_{d,min}$ )



Mohr - Coulomb 파괴포락선 ( $\gamma_d = 70\%$ )



○ 시험 사진

▶ 채움재의 상대밀도 시험



순환골재



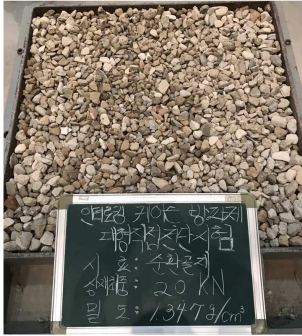
기초사석



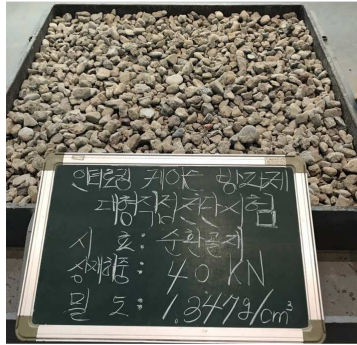
▶ 밀도와 수직응력(상재압)별 대형전단시험

- 최소밀도 순환골재 ( $\gamma_{d,min}$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa

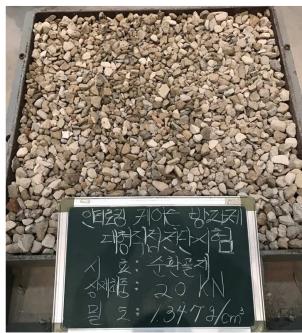


순환골재 상재압 80 kPa

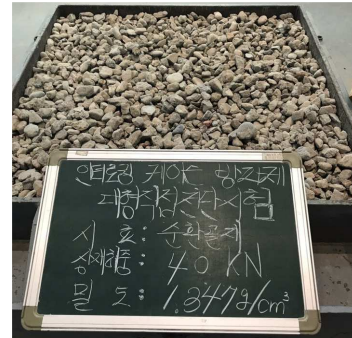


- 상대밀도 순환골재 ( $\gamma_d=70\%$ )

순환골재 상재압 20 kPa



순환골재 상재압 40 kPa

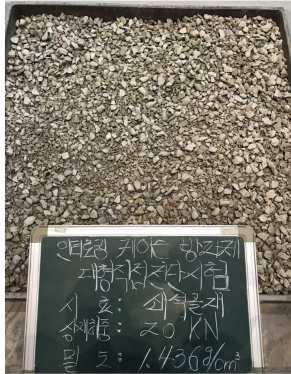


순환골재 상재압 80 kPa

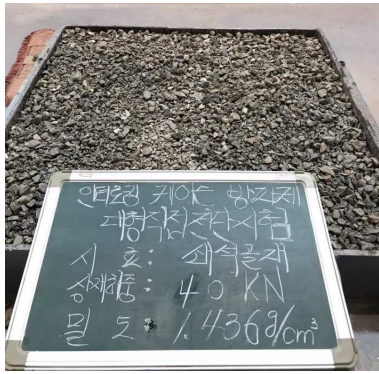


- 최소밀도 기초사석 ( $\gamma_{d,min}$ )

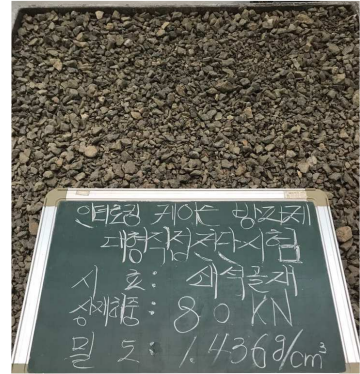
기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa

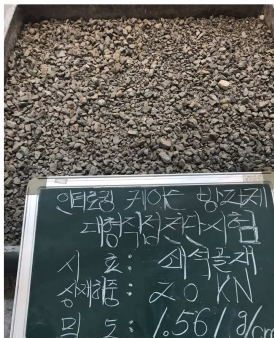


기초사석 상재압 80 kPa

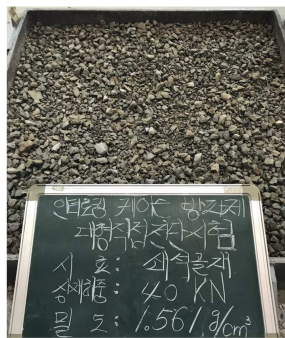


- 상대밀도 기초사석 ( $\gamma_d=70\%$ )

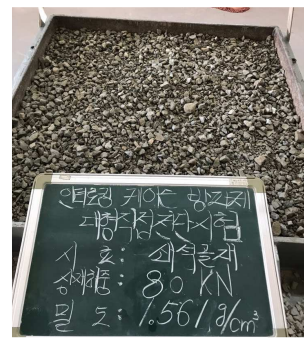
기초사석 상재압 20 kPa



기초사석 상재압 40 kPa



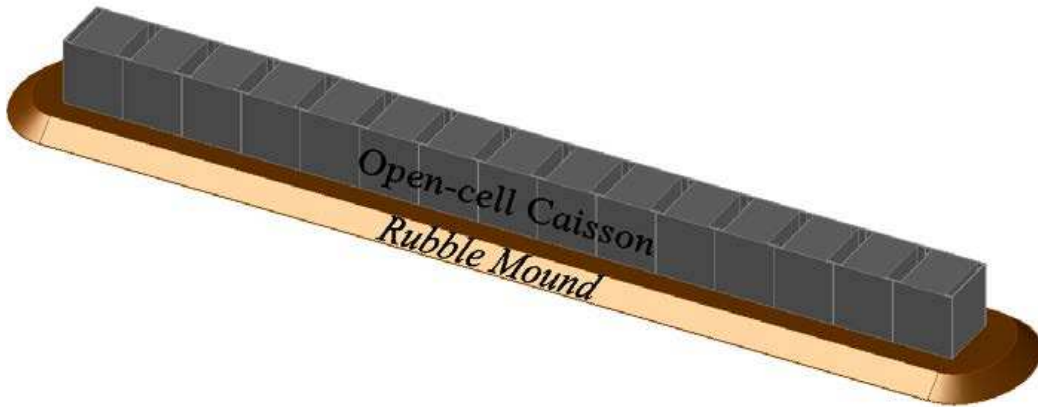
기초사석 상재압 80 kPa



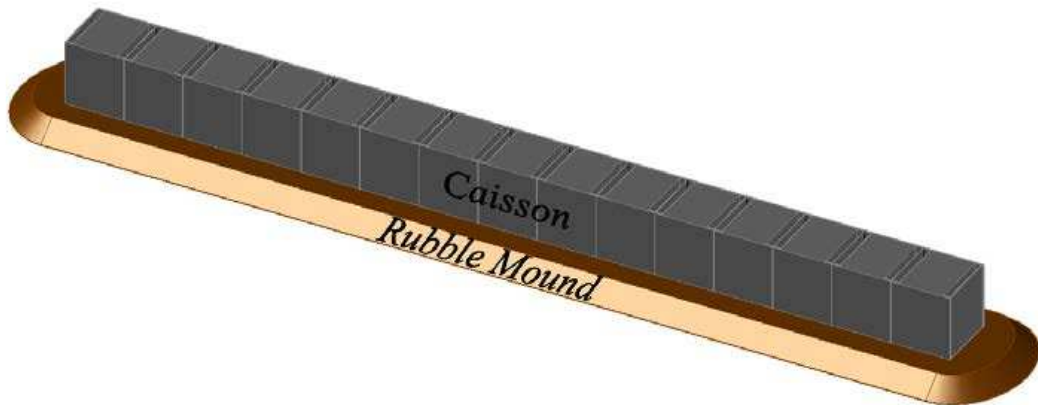
## 평면수리모형실험 결과보고서

### ○ 실험 목적

- ▶ 오픈 셀 케이슨 방파제 수리 안정성 평가
- ▶ 오픈 셀 케이슨과 일반케이슨 방파제의 안정성 비교



<오픈 셀 케이슨>

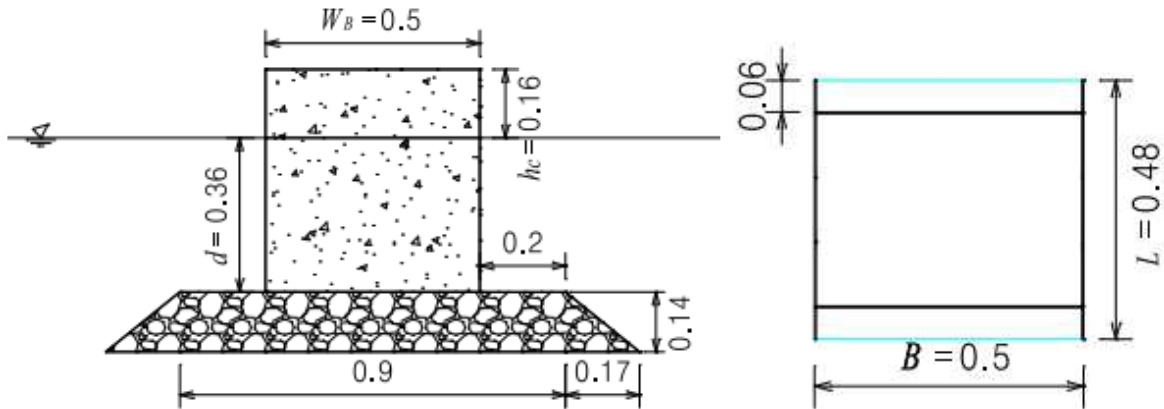


<일반 케이슨>

### ○ 실험모형 제원

- ▶ 제원: 1/40 scale, 셀길이 12.5 cm, 12 cm 기준
- ▶ 제간부: 48 cm (L, 방파제 길이방향) × 50 cm (B) × 52 cm (H)
- ▶ 함수
  - 제간부: 13함 (#1~#13)
  - 두 부: 2함 (A, B)
- ▶ 재질
  - 케이슨 및 측면 덮개 : 강재 (thickness 3.2T) 후 방수페인트 고려
  - 상판 덮개 : 투명 아크릴





<오픈 셀 케이슨 측면도 및 평면도>

○ 실험 조건

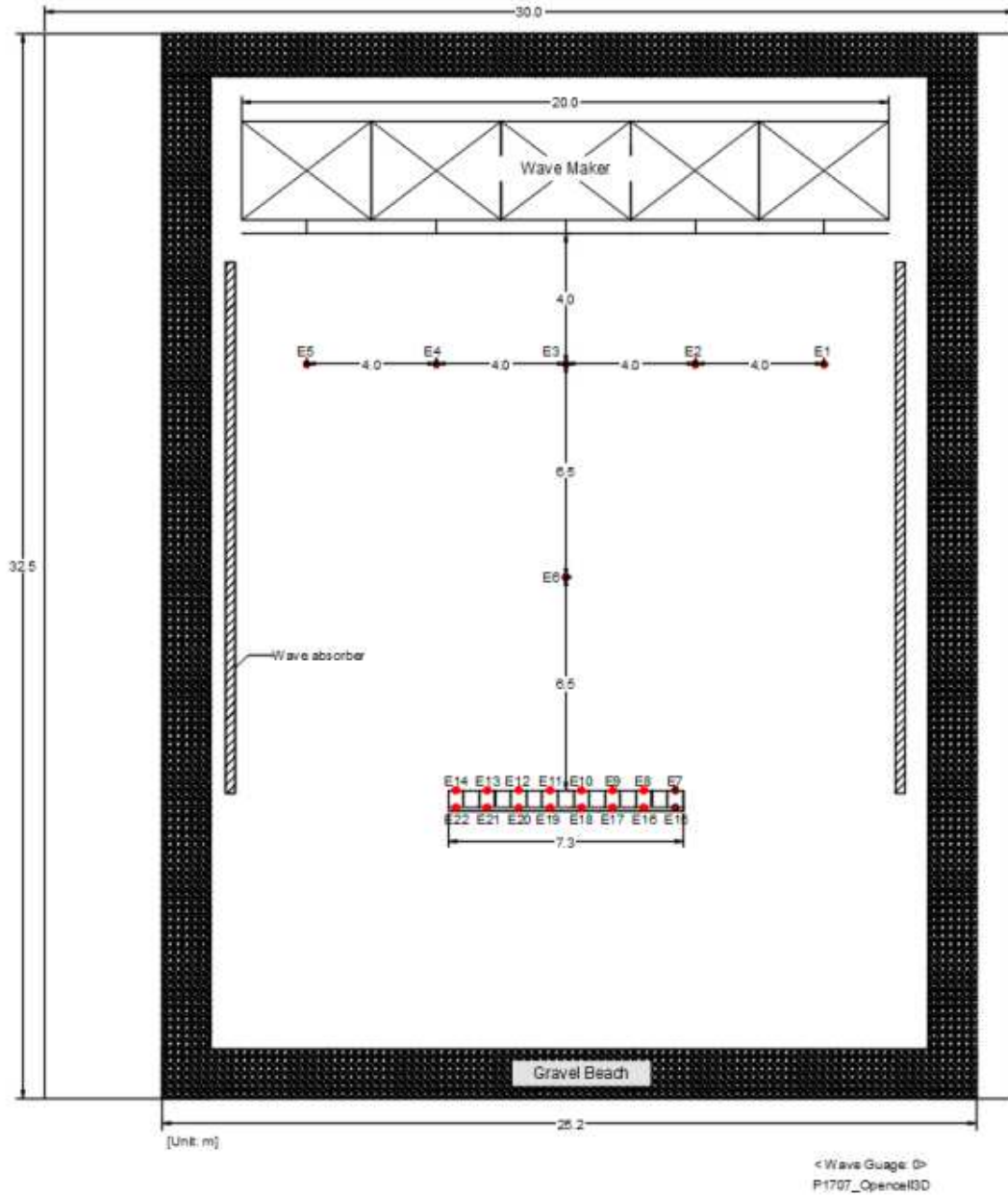
- ▶ 수심 : 50 cm (마운드 높이 : 14 cm)
- ▶ 케이슨방파제 총 길이 : 7.27 m (케이슨 간 이격 0.5 cm로 가정)
- ▶ 파향: 0°, 15°, 30°, 설계파고: 0.16m, 주기: 2.0sec, 규칙파 조파
- ▶ 자중(케이슨+속채움+상판 덮개) : 151 kgf
- 기존 설계법으로 설계파에 대한 각 함체의 중량산정 후 실험수행
  - 활동안전율: 1.0 (파고 16cm, 주기 2s, 입사각 0도 기준)
  - 오픈 셀 채움재 및 경사제 사석: 6~10mm
  - 사석의 공극률: 43%(공극률 시험 측정 결과)
  - 제간부의 자중(오픈 셀 케이슨+속채움+상판 덮개): 134.8 kgf
  - 제간부의 자중(일반케이슨+상판 덮개): 122.5kgf
  - 두부의 자중은 제간부 자중의 1.5배 적용
  - 유효자중( $W_e = W - B$ ): 57.7kgf

○ 실험 구성

- ▶ 실험 파 : 20개 파로 구성, 설계파: W06 (파향: 0°)

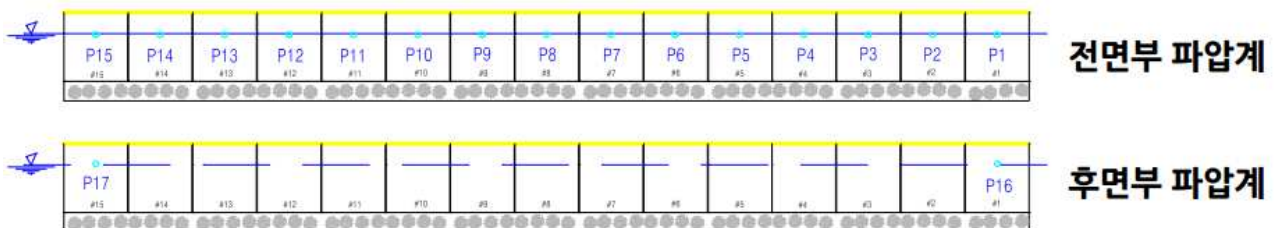
H (m) \ T (sec)	0.16	0.176	0.192	0.208	0.224
1.5	W01	W02	-	-	-
1.75	W03	W04	W05	-	-
2.0	W06	W07	W08	W09	W10
2.25	W11	W12	W13	W14	W15
2.5	W16	W17	W18	W19	W20

▶ 파고계: 22개 사용(E1~E22, 파향 0°, 15°, 30° 동일)



<파고계 배치도: 파향 0°>

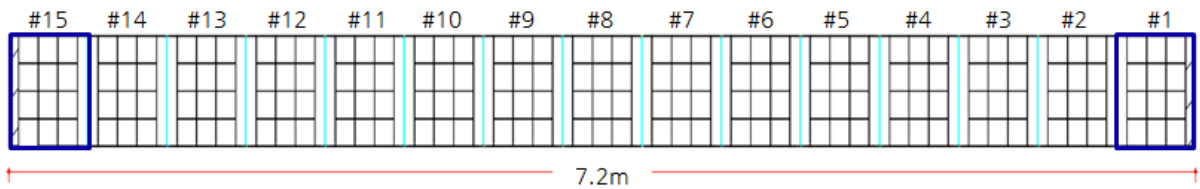
▶ 파압계: 17개 사용 (파향 0°, 15°, 30° 동일)



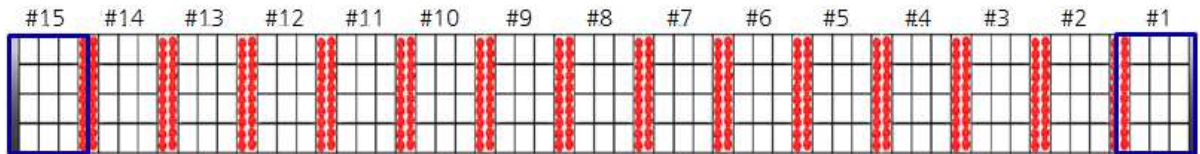
- ▶ 변위계: 수중변위계 3개 사용
  - 케이스 번호 #1, 8, 15의 후면에 설치

○ 실험 케이스

- ▶ CASE 1: 일반 케이스 + 두부 케이스(제간부 케이스 자중의 1.5배)
- ▶ CASE 2: 오픈 셀 케이스 + 사석 + 두부 케이스(제간부 케이스 자중의 1.5배)
  - 변형이 발생하지 않게 케이스의 자중을 증가시켜서 파고(22개)와 파압(17개) 계측
  - 설계파에 대한 케이스의 자중을 각 함체에 적용하여 케이스 후면부의 파고계를 제외한 파고(14개)와 후면의 변위(3개) 계측



<일반 케이스 모형 평면도>



<오픈 셀 케이스 모형 평면도>

▶ 파향별 모형설치사진



[파향 0°]

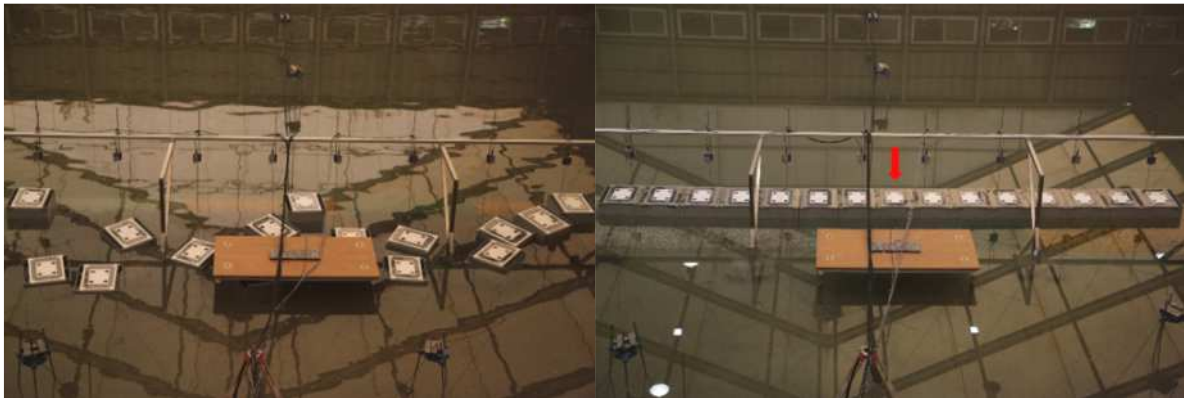
[파향 15°]

[파향 30°]

○ 수리모형 실험 결과

▶ 오픈 셀 케이슨과 일반 케이슨의 안정성 비교 (CASE 1 VS CASE 2 )

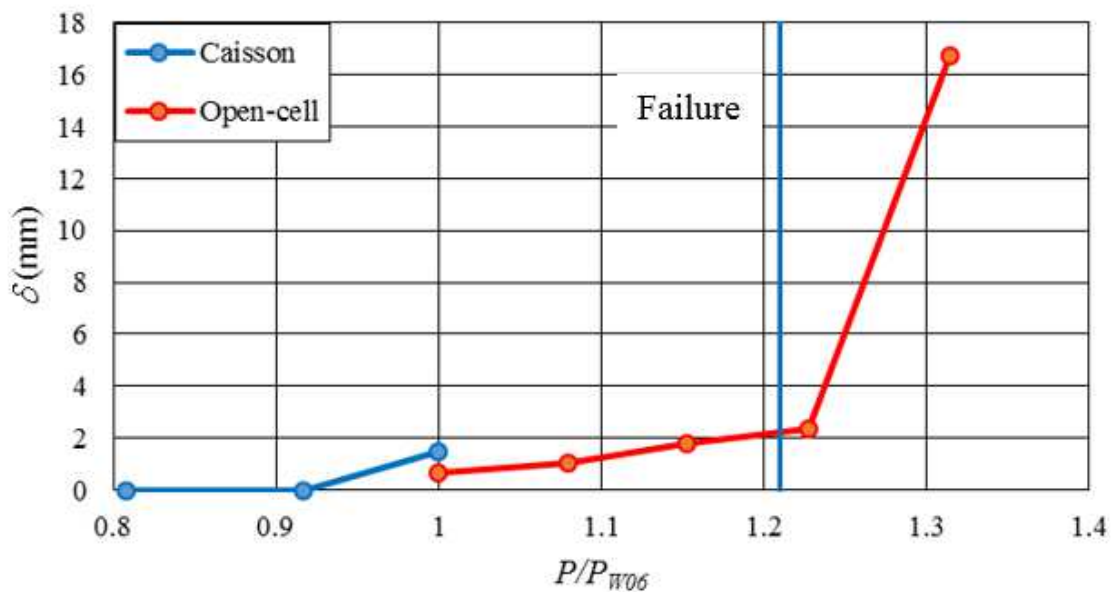
- 계측한 파고와 파압을 기존 설계법에 적용하여 케이슨에 작용하는 전면부의 파압 산정
- 변위계에 계측되는 변위가 크게 발생하는 경우를 파괴로 판단하여 안정성 비교
  - 파향 0°
    - a) 일반 케이슨의 경우 기준파력(W06파압)의 1.21배의 파력에서 파괴 발생
    - b) 오픈 셀 케이슨의 경우 기준파력의 1.32배의 파력에서 변위가 크게 발생
    - c) 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 16.76mm
    - d) 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 1.18mm
    - e) 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 10% 이상의 파력까지 버팀



[일반 케이슨: W11(기준파력의 1.21배)]

[오픈 셀 케이슨: W10(기준파력의 1.32배)]

$\theta = 0^\circ$



<작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위>



• 파향 15°

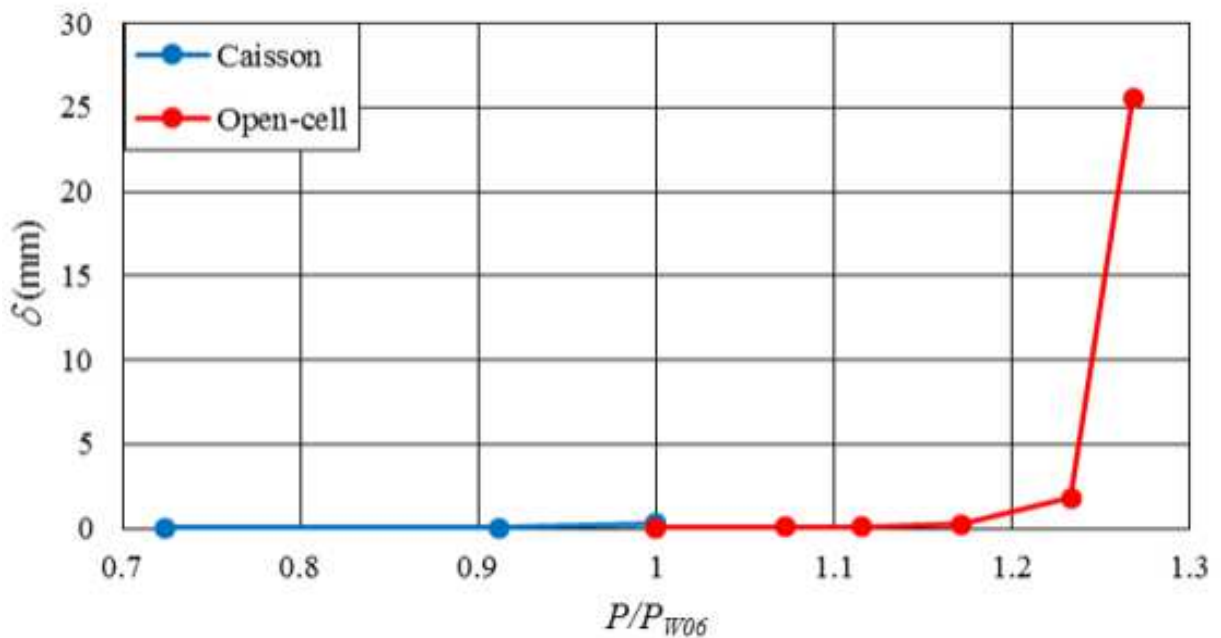
- a) 일반 케이슨의 경우 기준파력에서 두부 근처의 제간부 파괴 발생
- b) 오픈 셀 케이슨의 경우 기준파력의 1.27배의 파력에서 변위가 크게 발생
- c) 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 25.6mm
- d) 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 15.5mm
- e) 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 25% 이상의 파력까지 버팀



[일반 케이슨: W06]

[오픈 셀 케이슨: W17(기준파력의 1.27배)]

$\theta = 15^\circ$



<작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위>

• 파향 30°

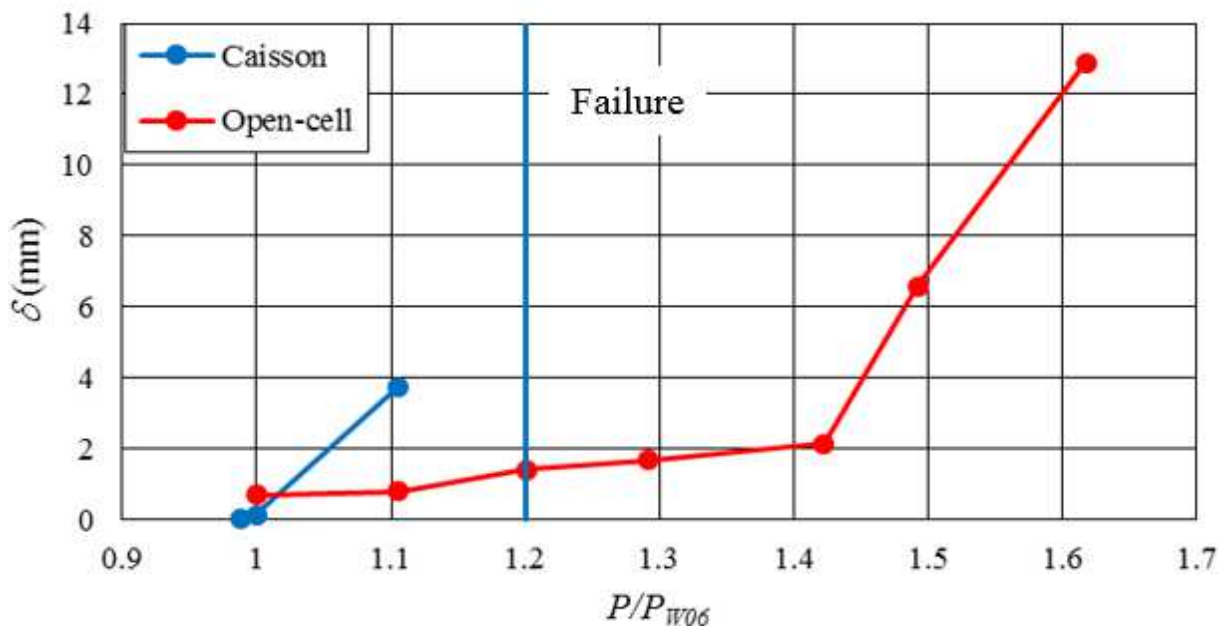
- a) 일반 케이슨의 경우 기준파력의 1.2배의 파압에서 파괴 발생
- b) 오픈 셀 케이슨의 경우 기준파력의 1.62배의 파압에서 변위가 크게 발생
- c) 오픈 셀 케이슨의 #8함(가운데)의 변위는 12.9mm
- d) 오픈 셀 케이슨의 #15함(좌측)의 변위는 29.5mm
- e) 오픈 셀 케이슨은 일반 케이슨보다 40% 이상의 파력까지 버팀



[일반 케이슨: W08(기준파력의 1.2배)]

[오픈 셀 케이슨: W13(기준파력의 1.62배)]

$\theta = 30^\circ$



<작용 파압에 따른 #8함(가운데)의 변위>



정부공인 기술평가전문기관

# 특허기술 가치평가서

기술명	오픈 셀 케이슨, 그 구조물 및 시공 방법 (특허등록 제10-1613886호)외 2건
신청인	한국해양과학기술원
평가용도	기술이전용



2016년 7월 6일



# 제 출 문

한국해양과학기술원 귀중

본 기술평가전문기관은 귀사가 의뢰한 “오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법(특허등록 제10-1613886호)외 2건”에 대해 평가를 완료하고 본 평가서를 제출합니다.

2016년 7월 6일

한국발명진흥회장





평가번호	2016-01-087	평가용도 외 사용금지
------	-------------	-------------

## 특허기술 가치평가서

**특허기술명 :** 오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법  
(특허등록 제10-1613886호)외 2건

평가기준일 : 2016. 6. 30.

특허권자 : 한국해양과학기술원

평가용도 : 기술이전용

신청인 : 한국해양과학기술원

평가자 : 조 경 선 (경영학박사) (인)

박 재 원 (변리사) (인)

최 익 창 (공학박사) (인)

오 욱 (변리사) (인)


백 금 희 (경영학박사) (인)

구 본 순 (공인회계사) (인)

**한국발명진흥회장 (인)**

※주의사항

- ① 본 평가서는 지정된 평가용도의 사용할 수 없으며, 당 기관은 본 평가서를 근거로 한 행위 결과에 대하여 어떠한 책임도 부담하지 아니합니다.
- ② 본 평가서의 내용에 대해 이의가 있는 경우에는 작성일로부터 2개월 이내에 객관적인 입증 자료를 첨부하여 이의신청을 할 수 있습니다.
- ③ 본 기술의 평가결과금액은 경기변동 및 경영환경 등 외부환경변화, 평가기준일 및 평가상의 가정이 상이할 경우 다른 결과가 나타날 수 있습니다.

작성일	2016년 7월 6일		
주소	서울특별시 강남구 테헤란로 131 한국지식재산센터 18층		02-3459-2886



# 목 차

<b>I. 평가결과 요약</b> .....	<b>1</b>
1. 평가개요 .....	1
2. 평가대상특허 및 기술사업의 개요 .....	1
3. 평가방법 및 절차 .....	2
4. 평가결과 요약 .....	3
4.1 기술성 분석 .....	3
4.2 권리성 분석 .....	4
4.3 시장성 분석 .....	5
4.4 기술가치 산정 .....	7
<b>II. 기술성 분석</b> .....	<b>8</b>
1. 기술제품 및 기술 개요 .....	8
2. 기술 동향 .....	11
2.1 해외 기술동향 .....	11
2.2 국내 기술동향 .....	15
2.3 정책적 환경 요소 .....	20
3. 평가대상기술 .....	25
3.1 평가대상기술의 구성 및 특성 .....	25
3.2 경쟁기술(제품)과의 비교 분석 .....	27
4. 기술성 분석 .....	30
4.1 기술의 유용성 .....	30
4.2 기술의 경쟁성 .....	32
5. 기술성 종합의견 .....	35

<b>III. 권리성 분석</b>	<b>37</b>
1. 평가대상특허 일반	37
1.1 주요 서지사항 요약	37
1.2 평가대상특허의 개요 및 특징	38
2. 권리범위	42
3. 선행기술조사	50
3.1 조사범위	50
3.2 조사내용 및 조사 결과	50
4. 권리분석 및 의견	56
4.1 권리의 안정성	56
4.2 권리범위의 광협	56
4.3 권리의 경쟁성	57
4.4 사업관련성 및 제품적용여부	57
5. 권리성 종합의견	60
<b>IV. 시장성 분석</b>	<b>61</b>
1. 평가대상 기술제품 및 시장	61
1.1 기술제품 개요	61
1.2 시장 개요	62
2. 산업 동향	62
2.1 산업의 개요	62
2.2 산업의 특성	66
2.3 산업의 성장성	66
3. 시장 동향	68
3.1 항만 건설 시장 현황	68
3.2 오픈 셀 케이스 시장 현황	70

3.3 오픈 셀 케이스 시장 전망	71
4. 유사사업 분석	72
5. 시장성 종합분석	76

## V. 특허기술 가치산정 78

1. 평가대상 기술사업	78
1.1 평가대상 특허기술	78
1.2 평가대상 기술사업	79
2. 특허기술 가치산정	80
2.1 가치산정의 개요	80
2.2 평가방법 및 절차	80
3. 가치산정 평가결과	81
3.1 가치산정 평가결과	81
3.2 매출 추정	82
[부록 1] 선행기술 요지리스트	94
[부록 2] 평가위원 및 담당분야	100



# I. 평가결과 요약

## 1 평가개요

본 가치산정의 목적은 한국해양과학기술원이 자체개발에 성공한 ‘오픈 셀 케이스 공법’의 적정 가치를 제시하여 기술이전을 원활하게 하고 특허기술의 사업화를 촉진하는 데 있으며, 본 목적 이외의 용도로 사용하실 수 없습니다. 본 평가에서 특허권은 특허 받은 기술로 특허 기술과 동일한 의미를 가집니다. 평가기준일은 2016년 6월 30일로 하였습니다.

본 평가기관은 「기술이전 및 사업화촉진에 관한 법률 제35조», 「발명진흥법 제28조」 및 「상속세 및 증여세법 시행령 제59조 제5항」 등 법률로부터 기술 및 특허권 등 산업재산권에 관한 기술평가전문기관(감정기관)으로 지정을 받아 기술의 가치평가를 수행하고 있습니다.

## 2 평가대상특허 및 기술사업의 개요

본 평가대상 기술사업은 한국해양과학기술원이 자체개발에 성공한 ‘오픈 셀 케이스 시공법’에 의한 구조물의 설계·시공에 관한 것입니다. 본 평가대상 기술제품인 ‘오픈 셀 케이스’ 기술은 항만 분야에 적용되는 기술로서, 안벽, 방파제, 호안의 축조에 사용되는 케이스를 대체하는 기술입니다.

평가대상특허는 오픈 셀 케이스를 이용하여 항만 구조물의 안정성 및 경제성을 제고한 케이스 구조물 및 그 시공방법과 관련된 것으로, 평가대상특허의 주요 서지사항은 아래 표에 나타난 바와 같습니다.

[표 1-1] 제1평가대상특허의 서지사항

명 칭	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법
특 허 권 자	한국해양과학기술원, (유)이도건설
출원 번호(출원일)	10-2015-0121583 (2015.08.28.)
등록 번호(등록일)	10-1613886(2016.04.12.)
심 사 경 과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2015.08.28. : 특허출원</li> <li>• 2015.10.19 : 1차 의견제출통지(신규성, 진보성)</li> <li>• 2015.11.05 : 1차 의견서 제출</li> <li>• 2015.12.18 : 1차 의견서 및 보정서 제출</li> <li>• 2016.01.13 : 등록결정</li> </ul>
청 구 항	청구항 14개(독립항 2)
해 외 출 원	없음.
존 속 기 간 ( 예 정 )	2035.08.28



[표 1-2] 제2평가대상특허의 서지사항

명 칭	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법
특 허 권 자	한국해양과학기술원, (유)이도건설
출원번호(출원일)	10-2015-0181590 (2015.12.18)
등록번호(등록일)	-
심사경과	*2015.12.18. : 특허출원(제1평가대상특허의 분할출원)
청구항	청구항 19개(독립항 2)
해외출원	없음
존속기간(예정)	2035.08.28.(예정)

[표 1-3] 제3평가대상특허의 서지사항

명 칭	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법
특 허 권 자	한국해양과학기술원, (유)이도건설
출원번호(출원일)	10-2016-0044855 (2016.04.12)
등록번호(등록일)	-
심사경과	*2016.04.12. : 특허출원
청구항	청구항 17개(독립항 2)
해외출원	없음
존속기간(예정)	2036.04.12.(예정)

### 3 / 평가방법 및 절차

본 평가에서는 로열티 접근법(relief from royalty)을 적용하여 평가대상 특허기술의 가치추정을 실시하였습니다. 로열티접근법은 특허권자가 특허권을 소유하지 않음으로서 부담하게 되는 합리적 로열티를 추정하여 특허권의 가치를 추정하는 방법입니다. 추정된 로열티 현금흐름은 특허권을 보유 했기 때문에 지불하지 않아도 되는 것을 의미합니다. 기회비용 관점에서 특허권의 가치를 추정하는 접근법입니다.

특허권의 가치산정은 일정기간 동안 평가대상 특허로부터 로열티의 현금흐름을 추정하고 할인율 적용을 통해 자본화한 금액입니다. 로열티 접근법을 적용하기 위해서는 평가대상 특허가 경제적 이익을 창출하거나 할 수 있다는 충분한 근거를 제시하여야 합니다. 본 평가에서는 평가대상 특허의 경제적 이익창출 능력이 있는지를 파악하기 위해 평가대상 특허의 권리성 분석, 특허적용 기술제품에 대한 기술성 분석, 시장성 분석 및 사업성 분석에 대한 타당성 분석을 실시하였고, 그 결과를 토대로 본 특허기술의 적정 가치를 산정하였습니다. 본 평가방법을 적용하기 위해 다음과 같은 절차를 수행하였습니다. 먼저, 평가대상 특허기술이 경제적 가치가 있는 지를 분석하였습니다. 기술성 및 시장성 분석을 통하여 기술적 및 상업적 우위성이 있는지 여부, 유사기술의 상업적 성공사례가 다수 있는지 여부 등을 분석하였습니다.

둘째, 평가대상 특허기술과 유사한 기술 라이선스 계약을 조사하였습니다. 유사기술 거래사례 조사 결과, 평가대상 특허기술과 유사한 사례가 있는 경우에는 로열티율 산정에 참고하였으며, 사례를 찾을 수 없는 경우 합리적인 로열티율 산정방식에 따랐습니다.

셋째, 평가대상 특허의 로열티(현금흐름)를 추정하기 위해 대상 특허가 적용된 기술제품 또는 서비스 매출액을 추정하였습니다. 매출추정 시 평가대상 특허의 권리분석, 기술성 분석, 시장성 분석 및 유사사업 분석 등을 근거로 합리적인 추정이 되도록 하였습니다.

넷째, 평가대상 특허의 경제적 내용연수는 권리성, 존속 기한, 기술성 및 시장성 측면을 고려하여 추정하였습니다.

다섯째, 사업위험 분석을 실시하여 적절한 할인율(자본화율)을 추정하였습니다.

여섯째, 합리적으로 추정한 로열티 수입수수료(경제적 이익)에 추정한 자본화율을 적용하여 최종적으로 평가대상 특허기술의 가치금액을 산정하였습니다. 이와 같은 평가절차를 요약하면 다음과 같습니다.



[그림 1-1] 평가수행절차

## 4 / 평가결과 요약

### 4 / 1 기술성 분석

평가대상기술은 항만 분야에 적용되는 기술로서, 안벽, 방파제, 호안의 축조에 사용되는 케이스를 대체하는 기술입니다. 기존 케이스의 셀 일부(측벽 또는 저판)를 오픈시킨 셀을 도입한 “오픈 셀 케이스”를 이용하고 이웃 케이스 사이에 사석 채움재를 사용하여, 오픈 셀과 사석의 인터로킹을 통한 케이스식 항만구조물을 장대화하는 것이 특징입니다.

평가대상기술의 유용성은 다음과 같이 3가지로 볼 수 있습니다. 첫째, 인접 케이스 간의 인터로킹 효과에 의해 항만 구조물에 작용하는 최대하중이 분산되어 구조물의 안정성을 높일 수 있으며, 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있어 응력집중이 발생하지 않아 구조적 안전성이 기존 인터로킹 케이스에 비하여 높습니다.

둘째, 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있기 때문에, 지반이 부등 침하하는 경우에도 침하된 지반 상에 거치되어 있는 케이스가 이웃하는 케이스에 대해 플렉시블하고 독립적으로 움직일 수 있어 지반과 함께 침하됨으로써 케이스를 보호할 수 있습니다.

셋째, 케이스의 시공 과정의 취역 시기에도 인터로킹에 의한 파랑의 최대 수평력을 평활화하여

수평력에 대한 저항력을 높일 수 있습니다.

넷째, 기존 케이스를 적용한 경우에 비하여 각 케이스 별로 측벽 하나씩을 줄일 수 있어 자재비용을 크게 절약하는 것이 가능함은 물론, 기존의 인터로킹 방법에 비해 시공이 매우 단순하여 인터로킹을 위해 수중 작업을 하거나 별도의 장비를 더 동원할 필요가 없어 시공이 더욱 용이하고, 유지관리도 용이합니다.

기술의 개척성의 개척성 측면에서 기술의 상당 부분이 직면한 난문제의 타개책을 제시하고 있기 때문에 주요 개량기술 수준에 속한다고 판단됩니다. 해당 분야의 연구지원 측면에서는 해당 분야 연구에 대한 지원은 계속될 것이며 관련 연구가 활발하게 진행될 것으로 판단됩니다. 타 제품에 미치는 영향 측면에서, 평가대상기술이 기술도입자의 타 제품생산라인과 그의 고객 모두에게 영향을 미칠 가능성은 없다고 판단됩니다. 타인의 활용성 측면에서 기술이 산업내 다른 회사들에게 사용가능성이 있다고 보입니다. 회피비용 또는 회피설계 측면에서, 평가대상기술과 동일 또는 유사하게 회피설계 하는 것은 다소 어려움이 있다고 볼 수 있습니다.

기술의 차별성 측면에서 기술이 기술도입자에게 가격 프리미엄과 상업적인 이익을 줄 것으로 판단됩니다. 기술의 복잡성 측면에서 제작 공정이 단순하고 시공난이도도 높지 않은 편이어서 경쟁자가 모방하기에 어렵지는 않을 것이지만 경쟁력을 갖추기 위해서는 충분한 기술적 노하우와 경험이 뒷받침되어야 할 것으로 판단됩니다. 대체기술이 다소 존재하나, 건설업계의 특성상 현장에 적용을 위해서는 충분한 실증적 분석과 더불어 시공 노하우 등이 필요하므로 단기간 내에는 실질적으로 대체 가능한 기술이 출현할 가능성은 적을 것으로 판단됩니다. 평가대상기술의 기술수명주기는 5~10년 수준으로 예상됩니다.

### 4 / 2 권리성 분석

제1평가대상특허(제10-1613886호), 제2평가대상특허(한국특허출원 제10-2015-0181590) 및 제3평가대상특허(한국특허출원 제10-2016-0044855호)는 모두 케이스 구조물 및 시공 방법과 관련된 것으로, 서로 마주보는 오픈 셀을 이용하여 인터셀을 형성하고, 인터셀에 규격석 또는 사석 형태의 채움재를 채우는 것을 기술적 특징으로 합니다.

권리범위 안정성과 관련하여 제1평가대상특허는 등록 후 유효하게 존속 중인 특허로서, 선행기술조사 결과 신규성이나 진보성에 문제가 될 만한 선행기술은 발견되지 않았으므로, 권리의 안정성이 높은 편에 속한다고 판단됩니다. 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 현재 출원 계속 중인 특허로 등록 가능성 높고, 청구항의 개수가 풍부하게 기재되어 있으므로 등록된 이후에도 권리 안정성은 높을 것으로 판단됩니다.

권리범위의 광범함과 관련해서는 제1평가대상특허는 불필요한 한정사항이 있어서 제3자의 회피설계가 비교적 용이하므로 좁다고 판단되며, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 상대적으로 권리범위가 넓은 것으로 판단됩니다.

또한 권리범위의 충실성은 제1평가대상특허, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허 모두 충실한

것으로 판단됩니다.

한편 제1평가대상특허 내지 제3평가대상특허는 케이스 구조물과 관련된 것으로, 잠재적인 기술수요자(항만구조물 시공업체)의 기술사업과 관련성이 높은 것으로 파악되며, 제품적용여부와 관련하여서는 향후 시공과정에서 적용 가능성이 높은 것으로 파악되었습니다.

#### 4.3 시장성 분석

본 평가대상 기술제품의 기술적 및 상업적 우위성을 토대로 시장 SWOT 분석결과를 요약하면 다음과 같습니다.

[표 1-4] 시장 SWOT 분석

SWOT	Analysis
Strengths	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한국해양과학기술원의 우수한 기술개발 역량               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수한 기술개발 인력 보유</li> <li>- 평가대상 기술 외에 다양한 방파제 관련 기술 보유</li> <li>- 유사 및 보완 기술에 대한 다수의 특허 출원 및 등록으로 권리의 안정성 우수</li> </ul> </li> <li>• 사업화 예정기업의 기술사업화 성공 경험 다수</li> <li>• 사업화 예정기업의 항만구조물 시공 경험 축적</li> <li>• 기존 케이스 기술 대비 시공기간 단축 및 제조원가 절감</li> <li>• 기존 케이스 대비 안정성 우수</li> </ul>
Weaknesses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상용화를 위한 기술이전 및 추가 연구개발 필요</li> <li>• 사업화 예정기업의 낮은 브랜드 인지도</li> </ul>
Opportunities	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부의 항만 인프라 확충 정책 추진</li> <li>• 사회간접자본시설로서 안정적인 수요 발생</li> <li>• 정부의 항만 건설 분야 예산 증가</li> <li>• 국민 생활수준 향상에 따른 해양레저 수요 증가</li> <li>• 지구온난화와 태풍 발생 증가 등에 따른 안전한 항만구조물에 대한 수요 증가</li> </ul>
Threats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경쟁 및 대체 기술 출현 가능성</li> <li>• 항만건설 분야의 보수성으로 인한 신공법 채택의 어려움</li> </ul>

항만 건설비용의 7.75%가 케이스 시장규모로 추정되므로 항만 건설비용에 7.75%를 적용하여 오픈 셀 케이스 시장규모를 추정한 결과 오픈 셀 케이스 국내 시장규모는 2013년 952억원에서 연평균 4.91% 성장률로 2016년에 1,099억원 규모로 추정됩니다.

[표 1-5] 오픈 셀 케이스 국내 시장 규모

(단위: 억원)

구 분	2013	2014	2015	2016	CAGR(%)
항만 건설비용	12,287	12,125	13,640	14,186	4.91
케이스 제작 및 설치비용	952	940	1,057	1,099	4.91

※ 근거: 케이스 제작 및 설치비용은 항만건설비용의 7.75% 적용

국내 오픈 셀 케이스 시장은 향후 2013~2016년 동안의 항만 건설 예산 연평균 성장률 4.91%로 성장할 것으로 예상되므로 2016년 1,099억원에서 연평균 4.91%로 성장하여 2021년 1,397억원으로 증가할 것으로 전망됩니다.

[표 1-6] 국내 오픈 셀 케이스 시장 전망

(단위 : 억원)

2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR ('16~'21)
1,099	1,153	1,210	1,269	1,331	1,397	4.91%

※ 근거 : 2016년 시장규모에 2013~2016년 동안의 항만 건설 예산 연평균 성장률 4.91% 적용 추정

#### 4 / 4 기술가치 산정

본 평가에서 적용한 로열티접근법에 따라 평가대상 특허기술의 가치평가표는 다음과 같으며, 평가 기준일(2016년 7월 1일) 현재 본 특허기술의 가치는 1,616백만원으로 추정됩니다.

[표 1-3] 평가대상 특허기술의 가치평가표

(단위: 백만원)

구 분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
매 출	3,934	6,223	9,858	15,639	24,844	39,520	41,460	43,496	45,631	47,872
로열티율	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%
로열티수입	87	138	219	347	552	877	920	966	1,013	1,063
법인세	10	15	26	54	99	171	180	190	201	212
세후이익	78	123	193	293	452	706	740	775	812	851
자본화율	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
현재가치요소 (‘16.07.01)	0.6532	0.5780	0.5115	0.4527	0.4006	0.3545	0.3137	0.2776	0.2457	0.2174
현재가치 (‘16.07.01)	51	71	99	133	181	250	232	215	200	185
특허가치 (‘16.07.01)	1,616									

## II. 기술성 분석

### 1 기술제품 및 기술 개요

▶ 기술(제품)의 개요

본 기술은 기존의 케이슨에 케이슨의 셀 일부 (측벽 또는 저판)를 오픈시킨 셀을 도입한 “오픈 셀 케이슨”을 이용하여 케이슨식 항만구조물을 장대화하는 기술로, 케이슨으로서 구조물 시공 비용의 절감이 가능하고, 마주한 오픈 셀로 인해 생기는 인터셀에 사석을 채움으로써 인접 케이슨과의 인터로킹이 가능하여 구조물 안정성을 높일 수 있음

▶ 기술의 특징 및 장점

- ① 케이슨 부재(또는 수량) 감소에 의한 **경제성** 제고
- ② 저면(일부) 및 측면 사석마찰에 의한 **활동 저항력** 증대
- ③ 수직방향으로 형태가 일정하므로 **시공성** 양호

▶ 기술혁신의 정도<sup>1)</sup>

- 보통 개량기술     주요 개량기술     혁신기술

▶ 기술의 상용화 단계

- 개발중(시제품 없음)     개발중(시제품 있음)     제품화 완료(생산직전)     제조·판매중

▶ 기술(제품)의 적용분야

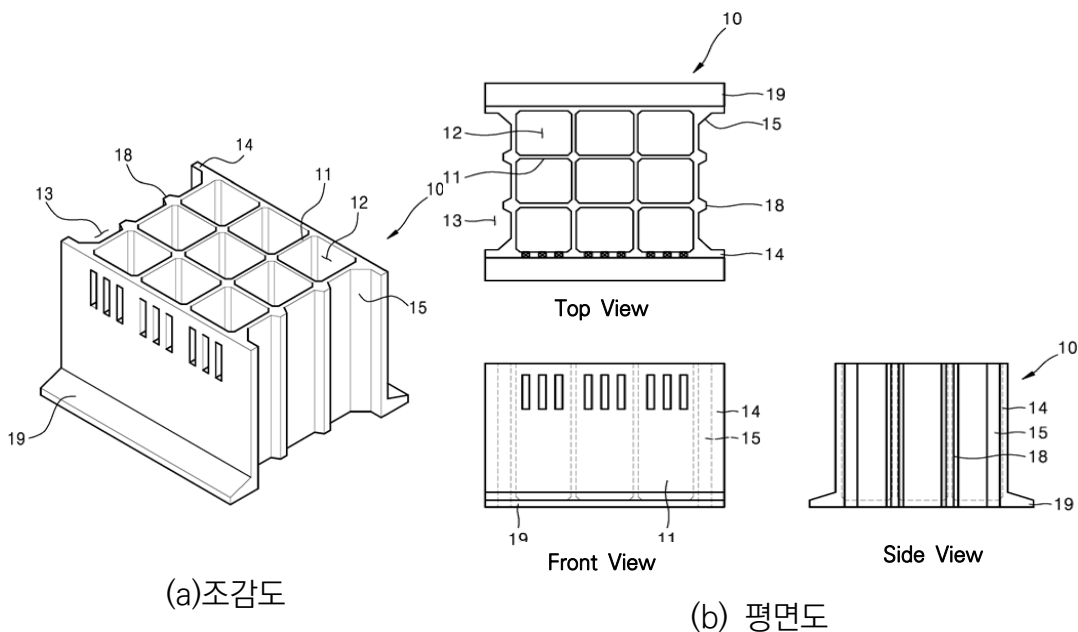
- ① 1차(주요) 적용분야: 안벽 및 호안
- ② 2차(응용) 적용분야: 방파제

항만구조물	기초구조물	기초 사석
		기초 콘크리트
	소파구조물	TPP 등
	방파제 및 안벽 구조물	오픈 셀 케이슨
	상부구조물 및 뒤펀	캡콘크리트
뒤펀 사석		
필터 매트		

1) \*보통 개량기술(minor improvement technology): 현존하는 제품/공정/서비스에 점진적인 향상을 가져옴.  
 \*주요 개량기술(major improvement technology): 현존하는 제품/공정/서비스에 제품의 우수성을 상당한 수준 높임.  
 \*혁신기술(revolutionary technology): 오랫동안 느껴온 필요를 충족시키거나 완전히 새로운 산업을 창조함.



본 평가대상 기술은 오픈 셀 케이슨이다. 이웃하는 두 케이슨의 마주하는 벽체에 오픈 셀을 두어, 마주하는 오픈 셀에 의해 형성되는 인터 셀에 사석 형태의 채움재를 채워 이웃하는 케이슨을 플렉시블하게 인터로킹하는 기술로, 종래의 개별식 케이슨 구조물에 비해 벽체의 개수를 줄여 제작비를 절감하면서도 시공방법에 거의 차이가 없고, 이웃하는 케이슨을 플렉시블한 사석으로 인터로킹시켜 외력에 대하여 연대하여 저항하면서도 지반의 부등침하에 각 케이슨이 독립적으로 대응할 수 있는 특징을 지닌 기술이다.



(a) 조감도

(b) 평면도

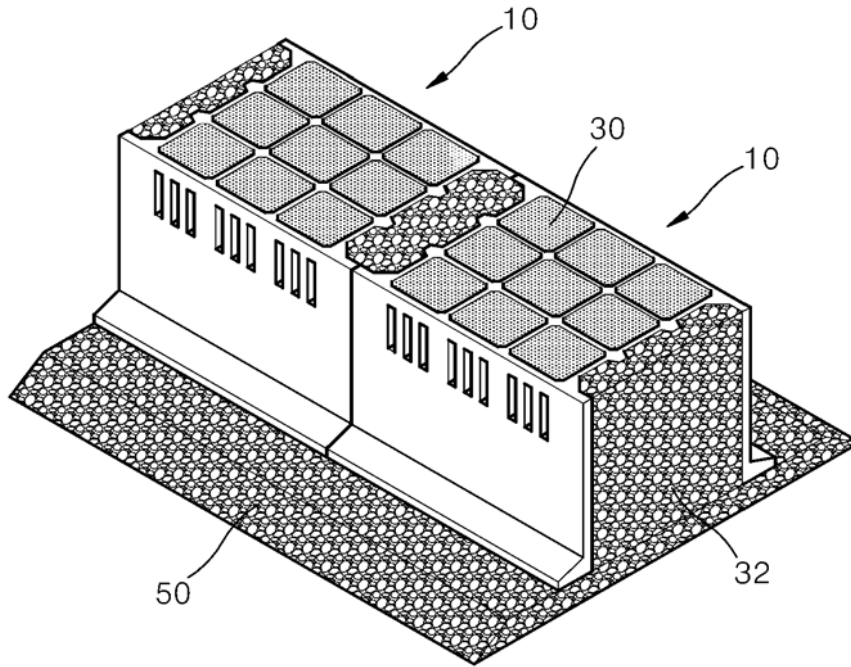
[그림 2-1] 평가대상 기술제품인 오픈 셀 케이슨 개념도

오픈 셀 케이슨은 **같은 길이의 일반 케이슨에 비하여** 콘크리트, 철근 등의 재료가 적게 소요되어 경제적이고, 기존 케이슨에 비하여 양측 벽체를 슬림화할 수 있기에 상대적으로 가벼워 시공이 용이한 특징이 있다. 또한, 오픈 셀 케이슨은 **같은 중량의 일반 케이슨에 비하여** 길이를 길게 할 수 있어 방파제 등 축조 시 총 제작함수를 적게 할 수 있어 공사비 절감이 가능한 특징이 있다. 이는 시공 시 설치장비 선택의 폭이 넓으며, 시공 제어도 용이함을 의미한다.

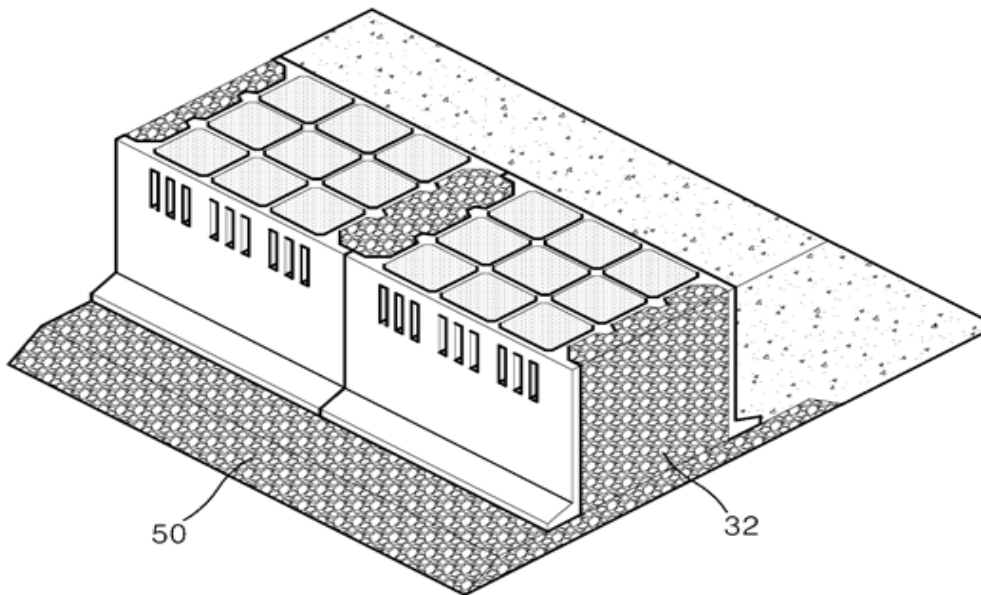
오픈 셀 케이슨은 채움 사석에 의한 **인터로킹 효과**로 인한 최대 작용력 저감으로 **구조물 안정성**이 높아지는 특징이 있다. 시공 순서 상, 케이슨 거치 후 채움사석 일부를 채움으로써 **시공중 구조물 안정성**을 높일 수 있는 특징이 있다. 또한, 오픈 셀의 채움사석이 **직접 사석마운드와 접하게 되어 구조물 활동저항력이 증대**되는 특징이 있다. 이 채움사석은 구조적으로 유연하여 콘크리트 블록 등으로 인터로킹시키는 경우와는 달리 **구조부재에 응력집중이 거의 발생하지 않는** 특징이 있다. 더불어 제작, 시공, 파손시 교체 등에 있어서 기존 케이슨의 경우와 같은 수준을 보이는 특징이 있다.

본 기술제품의 적용분야는 다음과 같다. 일반적으로, 항만분야에 적용 가능하기에 안벽, 방파제, 호안 등의 축조에 사용되는 케이슨을 대체할 수 있는 기술이다. 특히, 추가 특허기술을 확보하고,

연구개발결과를 활용하여 현장에 관련 구조물을 시공하고 이를 바탕으로 관련 신기술을 획득한 후, 실제 적용을 확대해 나가고, 또한 외해 방파제로 활용되는 케이스에 적용될 수 있다. 본 기술의 핵심 개념은 중력식 구조물 건설 분야에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 방파제



(b) 안벽

[그림 2-2] 본 기술제품의 적용분야

## 2 기술 동향

### 2-1 해외 기술동향

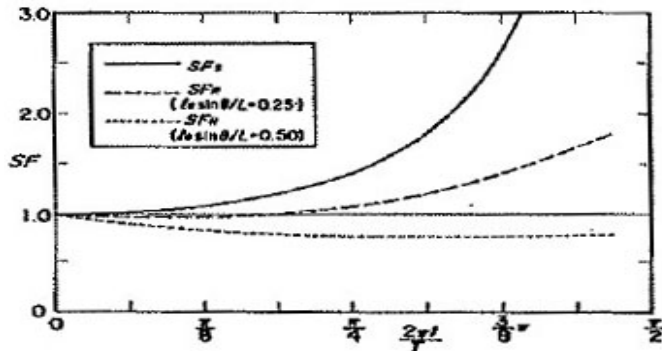
오픈 셀 케이스는 인터로킹을 통해 케이스 식 구조물을 장대화시키기 위한 발명으로 이에 관련한 해외의 주요 기술(제품)동향은 일본, 유럽 등 외국에서는 재해에 강한 장대형 케이스 방파제의 파력 평활효과와 내파 안정성 등에 관한 연구를 통해 장대형 케이스의 효과를 증명한 바 있으며, 국외에서 수행된 주요 관련 연구 및 기술동향은 다음과 같다.

[표 2-1] 해외 연구 및 기술동향

제 목	출처	저자	년도
재해에 강한 방파제 구조에 관한 고찰	하코다테 항만연구소	森信幸, 尾田克人	-
항만기술연구소 자료 - 장대케이스의 파력 평활효과와 내파안정성 - 비틀어지는 장대케이스의 역학 특성 - 장대형 파랑제어 구조물의 현지 실증시험	항만기술연구소 고서	-	1990년
The effect of wave crests on wave forces	Coastal Engineering Proceedings	A. Tratteberg	1968년
파력의 평활화 (C.E.M)	-	-	2006년
나가사키(코노우라)항 방파제 피해사례	-	-	-
방파제의 피해특성에 관한 통계분석	해양개발논문집	高山知同 등	2002년
케이스식 혼성제의 주요 피해의 패턴	해안공학논문집	高橋重雄 등	1999년
Effects of short-crestedness on wave loads on long structures	Applied Ocean Research	JURJEN A. BATTJES	1982년
Wave impacts on caisson breakwaters situated in multi-directionally breaking seas	Coastal Engineering Proceedings	Frigaard, P., Burcharth, H. F., Kofoed, J. P.	1998년
Observations of the directional spectrums of ocean waves using a cloverleaf buoy	Journal of Physical Oceanography	Hisashi Mitsuyasu, Fukuzo Tasai, Toshiro Suhara, Shinjiro Mizuno, Makoto Ohkusu, Tadao Honda, Kunio Rikiishi	1975년

## 1) 장대형 케이슨의 파력 평활효과와 내파 안정성 (高橋重雄· 下迫健一郎)

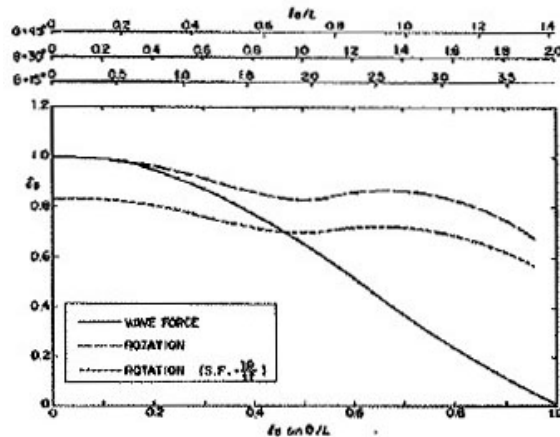
- 장대형 케이슨에 의한 파력 평활효과와 회전의 영향을 검토하고, 실제 설계에서 사용되는 파력의 평활화계수의 산정법과 회전 안정성의 검토법을 제안
- 장대형 케이슨은 통상의 케이슨에 비해 공기를 단축할 수 있을 뿐만 아니라 작용하는 케이슨의 기준선방향의 파력의 위상차로 파력을 저감하는 효과, 즉 파력의 평활화 효과가 있음. 파향 방향에 대한 케이슨의 투영길이가 파장의 비가 클수록 파력의 평활효과는 크게 나타나고, 작용하는 파의 상태에 따라서도 다르며 쇄파와 같이 피크 부분의 작용시간이 짧고 가파르게 솟은 파형의 파일수록 평활효과가 큼.
- 일반적으로 케이슨에 작용하는 파력에는 기준선방향에 위상차가 있기 때문에 평면적인 회전력이 발생하며, 장대형 케이슨의 경우 이로 인해 케이슨이 실제 회전할 위험성이 있기 때문에 회전에 대한 안전성을 검토할 필요가 있음을 제시
- 케이슨의 상대길이가 큰 경우에는 작용하는 파력에 대해 통상의 활동이 일어나지 않도록 제체의 중량을 설정해도 회전으로 인해 케이슨의 변위가 일어날 가능성이 있음. 케이슨에 작용하는 수평파력의 합력 크기를  $F_H$ , 중심에서 작용위치가 벗어난 것을  $l$ 로 하고 작용위치의 불일치가  $l$ 일 때에 회전이 생기는 한계하중  $F_{He}$ 와 실제 작용하는 수평파력  $F_H$ 비율, 케이슨의 회전에 대한 안전율  $SF_R$ 로 정의할 때, 이 안전율이 1.0 이하가 되면 회전 발생
- 회전력은 파력의 합력이 피크가 될 때가 아니라 약간 벗어난 위상에서 최대가 되며 그 때의 회전력에 대해 안전율을 계산해야 함을 제시. 아래의 그림은 활동안전율  $SF_S$ 와 회전안전율  $SF_R$ 의 시계열 변화 예를 나타낸 것으로,  $SF_S$ 는 케이슨의 상대길이에 관계없이 시간과 함께 커지는데  $SF_R$ 은 시간과 함께 감소해 상대길이가 클수록 감소비율이 큼. 이 그림의 상대길이가 0.25에서는  $SF_R$ 이 1.0을 아주 약간 밑돌 때가 있는데, 상대길이가 0.5에서는 상당히 긴 시간  $SF_R$ 이 1.0을 밑돌고 있고,  $t/T=1/4$ 일 때는  $F_H=0$ 이 되기 때문에  $SF_R$ 은 무한대가 됨을 제시. 이와 같이 회전에 대한 안전성을 고려하면 설계에 이용하는 파력을 평활화계수를 사용하여 크게 줄일 수 없음을 강조함.



[그림 2-3] 활동안전율과 회전안전율의 시계열 변화

- 아래의 그림은 통상의 평활화계수(실선)와 회전의 안정성도 고려한 경우의 평활화계수(파선)

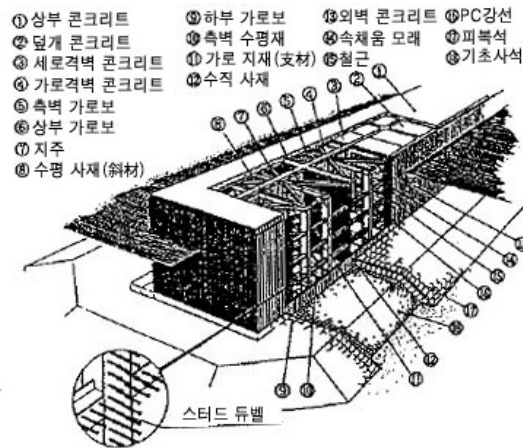
를 나타낸 것으로, 양자를 비교하면 항상 회전을 고려한 경우가  $\delta_B$ (평활화계수)가 크고 안정성이 회전으로 정해져 평활화계수가 크게 감소하지 않음을 알 수 있음. 그러나 회전으로 인한 변위가 발생하기 어려운 사실을 감안하여 회전 안전율을 1.0으로 고려하는 경우, 케이슨의 상대길이가 0.45까지는 통상의 활동으로, 그보다 긴 경우는 회전으로 정해지며  $\delta_B$ 의 하한은 0.7 정도로 생각할 수 있음을 강조함.



[그림 2-4] 회전을 고려한 파력저감률

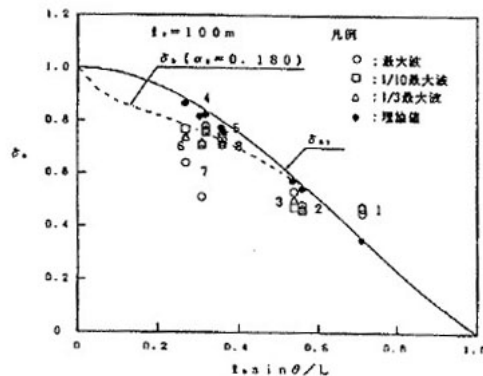
## 2) 장대형 파랑제어 구조물(장대형 케이슨)의 현지 실증시험 (小島朗史 외 4인)

- 본 연구에서는 장대형 케이슨에 대해 예인 시와 거치 시의 제체의 동요 안정성, 예항 시의 단면력 계산법, 파력 평활화 효과, 파력에 대한 부재의 안전성에 대한 실증시험 실시한 내용을 소개
- 기존 고치항이 화물량 증대 및 선박의 대형화에 따라 항만 성능을 개선하기 위하여 고치신항을 조기에 건설하기로 결정하고, 이를 실행하기 위한 방법으로 운수성 제3항만 건설국에서는 미사토 지구 서측 안벽에 연장 300m의 임시 방파제를 건설하고, 그 일부를 아래와 같이 제체길이 100m로 연장한 장대형 케이슨을 적용하기로 결정함.
- 장대형 케이슨은 제체가 갖는 파력 평활화 효과를 고려해 제체의 폭을 축소할 수 있는 케이슨으로 경제적인 구조로, 1989년부터 검토하기 시작하여, 1991년까지 제작, 예인, 거치를 완료함. 파력 평활화 효과에 따른 파력의 저감률은 수리모형실험에서 그 타당성을 확인한 후 설계에 도입하였으나, 실행역 실증의 필요성이 있었으며, 또한 제체를 길게 함에 따라 발생하는 설계, 시공 상의 문제에 대해서도 검증하기 위해 예항 시점에서부터 현지 관측을 실시한 바 있음.



[그림 2-5] PC 철골형 장대형 케이슨의 개념도

- 1989년도에 실시한 개략 설계에서는 예인 및 거치 시 케이슨의 동요 안정성에 대해 수치 시뮬레이션을 통해 평가한 바 있으며, 그 결과 동요의 6성분(서징, 스웨이, 히빙, 롤링, 피칭, 요잉)에 대해, 예항 시에는 대략 주기 10초 이하의 경우, 거치 시에는 주기 9초 이하의 경우 급격한 동적 증폭이 없음을 확인하였음.
- 예항 및 거치 시 작업한계 등을 감안해 예항한계파랑( $H_{1/3} = 2.0m$ ,  $T_{1/3} = 10s$ ), 거치한계 파랑( $H_{1/3} = 0.5m$ ,  $T_{1/3} = 9s$ )을 설정한 바 있음.
- 부체의 동요를 고려한 단면력 계산법의 적용성 검증을 위하여 측정한 파랑 조건 등을 이용한 계산 결과로 구한 부재응력과 별도로 측정한 부재응력을 비교한 결과 콘크리트 압축응력에 대해서는 계산치와 실측치가 비교적 일치하였으나, 전단응력의 경우 차이가 있었음을 제시
- 파력 평활화 계수의 실제 관측치와 파장 및 파향의 대표치에서 계산한 계산치를 비교하여 아래의 그림과 같이 정리함. 이때, 실선은  $H_{max}$ 에 대한 이론값으로서의 평활화계수를 나타내며, 곡선은 위상차를 이용하여 이론적으로 구한 평활화계수  $\delta_{B_1}$ 임.



[그림 2-6] 수평 파력의 평활화계수



## 2/2 국내 기술동향

국내에서는 장대형 케이슨 방파제에 작용하는 다방향 불규칙파랑의 파력감소계수 산정(2010), 인터로킹 방파제 설계사례(2010), 장대형 이안제에 작용하는 불규칙파의 힘 등에 대한 연구가 수행된 바 있으며, 이들 연구에서는 장대형 케이슨 방파제에 작용하는 파력감소계수를 산정하여 장대형 케이슨 방파제의 효과에 대한 검증 수행한 적이 있다. 또한, 장대 케이슨 방파제의 효과를 나타내기 위해 방파제 인터로킹을 통해 장대 케이슨 방파제와 같은 효과를 나타내는 방파제 단면을 제안한 바 있으며(김범형 등, 2010), 구조실험을 통하여 요철에 의한 인터로킹 방파제의 저항능력에 대한 평가(박우선 등, 2011)와 수치실험을 통한 인터로킹 방파제의 파력분산 특성에 대한 연구가 수행된 바 있다(박 등, 2013). 또한, 최근 “홍도항 동방파제 축조공사”터키에서는 현대산업개발이 길이 77m의 케이슨을 설계하여 장대형 효과를 가질 수 있도록 제안한 바 있다.

[표 2-2] 국내 연구 및 기술동향

제 목	출처	저자	년도
장대 케이슨 방파제에 작용하는 다방향 불규칙파랑의 파력감소계수 산정	한국수자원학회 논문집	정재상, 김범형, 김형준, 조용식	2010년
인터로킹 시스템을 이용한 장대 케이슨 방파제 구현	토목학회지	김범형, 이정욱, 정재상, 박우선	
3D 인터로킹 방파제 설계사례	한국해양과학기술협의회 공동학술대회 발표논문집	김범형, 김종석, 이정욱, 정재상	2011년
Effects of diffraction and directional asymmetry of random wave loads on a long structure	Asian and Pacific Coasts	정재상, 이창훈, 조용식	
케이슨 연속구조에 의한 내파 성능 향상 기술에 관한 연구	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	김범형, 김흥진, 김종석, 김동철, 최진후	
인터락킹방파제의구조적거동평가	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박성현, 박우선, 김범형	
파랑하중에 대한 인터락킹 방파제 동적 해석모델	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 박성현, 장세철	
구조실험에 의한 인터락킹 방파제 저항능력 평가	대한조선학회 학술대회	박우선, 한상훈, 오상호, 장세철, 김범형	
Structural Damage Monitoring of Harbor Caissons with Interlocking Condition	한국비파괴검사학회	Thanh-Canh Huynh, 이소영, Khac-Duy Nguyen, 김정태	
공간적인 위상차를 고려하여 장대이안제에 작용하는 파력예측	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	이창훈, 정재상, 박우선, 조용식	
장대형 이안제에 작용하는 불규칙파의 힘	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	정재상, 이창훈, 조용식, 박우선	
Simplified planar model for damage	Smart Structures and	Thanh-Canh	



estimation of interlocked caisson system	Systems	Huynh, 이소영, 김정태, 박우선, 한상훈	
인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성	한국연안방재학회 추계학술대회	박우선, 이진학, 원덕희, 서지혜	
Dispersion of Wave Forces on Caisson Breakwaters Using Interlocking System	ASEA-SEC2	서지혜, 이진학, 원덕희, 박우선	
RANDOM WAVE LOADS ON A LONG DETACHED BREAKWATER CONSIDERING DIFFRACTION	APAC	이창훈, 정재상, 박우선	
Evaluation of Enhanced Performance for Caisson-type Breakwaters Using Interlocking System	ISOPE PACOMS	이진학, 박우선, 서지혜, 원덕희	2014년
인터로킹 케이슨방파제의 설계파력 분포	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 오상호	
이상파랑 작용 시 케이블로 연결된 인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 원덕희	
이상파랑 작용 시 인터로킹 케이슨 방파제 거동의 수치모의	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	서지혜, 박우선, 원덕희, 이진학, 오상호	
키블록을 이용한 인터로킹케이슨의 구조거동분석	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	원덕희, 서지혜, 박우선, 오상호, 이진학	2015년
오픈셀케이슨의 전단블록 거동분석	한국해양과학기술협의회 추계학술대회 초록집	원덕희, 서지혜, 박우선	
인터로킹케이슨 방파제의 설계파력 분포식 적용성 평가	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	박우선, 서지혜, 오상호, 원덕희	
오픈셀케이슨의 전단횡격벽 거동분석	한국산학기술학회 추계학술대회	서지혜, 박우선, 원덕희	
오픈셀케이슨 방파제의 시공중 안정성평가	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 원덕희	
파랑하중에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 동적거동해석모델	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 원덕희	2016년
오픈셀케이슨 방파제의 지반반력특성분석	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	원덕희, 서지혜, 박우선	
키블록을 이용한 상치콘크리트 인터로킹기술	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	서지혜, 박우선, 원덕희	

### 1) 인터로킹 방파제 설계사례(김범형 외 3인, 2010년)

- 입사파에 대해 방파제 전체가 저항하도록 방파제 전 구간을 일체거동하게 함으로써 방파제를 더욱 안전하고 경제적으로 설계할 수 있는 새로운 개념의 인터로킹 방파제 및 펜타록

### 킹 방파제를 소개

- 일반적인 혼성제 케이스 방파제는 활동저항력을 높이기 위해 케이스의 폭을 크게 하여 자중을 증가시키거나 저면의 마찰력을 증대시키는데 이와 같은 방법은 비효율적임을 지적하고, 케이스의 폭을 증대시키지 않으면서 방파제 전체로 저항하여 활동저항력을 높일 수 있는 새로운 개념의 방파제인 인터로킹 방파제를 제안함.
- 단일케이스를 장대화 하거나 케이스를 강제 체결하는 방법은 길이를 100m 이상 확보하기 어려우나 제안된 인터로킹에 의한 방법은 케이스 측면을 일정 각도로 꺾어 자중저항의 한계를 넘는 이상파랑 작용 시 인접 케이스간의 엇물림 효과로 방파제 전 구간을 일체거동하게 할 수 있고, 결국 장대화 효과에 의한 파력분산효과를 기대할 수 있음.
- 펜타로킹 시스템은 Arching효과에서 착안한 형식으로, 다 방향에서 작용하는 파력이 인접 케이스에 압축력으로 전달되어 제두부 전체가 일체 거동하게 한 구조로, 사다리꼴 형태의 케이스 5함을 폐합 배치하여 외력에 대해 케이스 상호간의 인터로킹 효과로 일체 저항하도록 하여 안전성을 강화한 새로운 방파제의 제두부 형식으로 소개함.
- 제두부 구간은 파랑이 다방향에서 내습하고 회절파 등에 의해 일반적인 중복파보다 큰 파가 내습하는 방파제에 있어 가장 취약한 구간으로, 통상 제두부 구간 케이스는 이러한 취약점을 보완하기 위해 케이스를 제간부보다 크게 제작 및 설치하는데, 본 사례에서는 시공성과 경제성을 고려 제두부 구간의 케이스를 단순히 크게 하지 않고 효율적으로 입사파에 저항할 수 있는 시스템으로 제안

## 2) 인터로킹 시스템을 이용한 장대 케이스 방파제 구현(김범형 외 3인, 2010년)

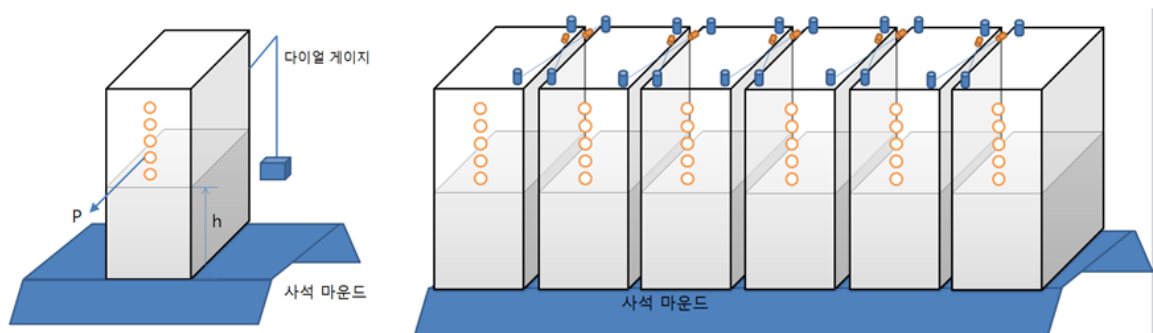
- 인접케이스와의 맞물림 효과를 통해 방파제 전구간이 일체 거동하여 장대 케이스 방파제를 구현하는 인터로킹 방파제에 대해 소개
- 케이스를 장대화 할 수 있는 방안으로는 단순히 단일 케이스를 길게 만드는 방안과 통상의 케이스를 제작하여 해상에서 강제 체결하는 방안과 케이스간의 인터로킹에 의해 장대화하는 방안을 들 수 있으며, 앞의 두 방법은 일본에서 시도되었고, 세 번째 방안은 포항 영일만항 외곽시설 2-1단계 축조공사 대안설계에서 제안된 바 있음.
- 영일만항은 호미곶 등 지형적인 영향으로 대부분의 파랑이 북동쪽에서 경사지게 입사하며 대수심·고파랑 해역으로 장대 케이스의 효과가 잘 나타날 수 있는 해역으로 소개
- 제안된 인터로킹 케이스 방파제는 방파제 기준선방향 길이가 28.5 m인 약 8,000 톤급 케이스 33함으로 구성되어 있으며, 케이스 측면은 20°꺾어 인접 케이스와 엇물리게 함으로써 방파제 전구간이 일체화 되도록 계획하였음. 또한 인터로킹 케이스 방파제의 안정성 제고 효과를 검증하기 위하여 수리모형실험을 일반 독립 케이스와 비교하여 수행하였으며, 내진안정성 검토를 위하여 수행한 진동대 실험 결과를 소개함.
- 독립 케이스는 활동피해가 발생한 반면 인터로킹 케이스는 활동이 발생하지 않았으며, 수리와 진동대 실험을 통하여 파에 대한 저항뿐만 아니라 내진성능면에서도 우수함을 확인
- 인접케이스에 작용하는 하중 대부분은 케이스 하부 마찰로 지반에 전달되고 일부분이 인접 케이스으로 케이스 간의 접촉부를 통하여 전달되게 되며, 이러한 전달하중에 의한 접촉부

의 구조적 안전성을 평가한 결과, 격벽 접촉부에 걸리는 응력이 콘크리트의 허용압축응력의 20% 이내로 충분한 안전율을 보임을 확인

- 인터로킹에 의해 케이스를 장대화하면, 파력 평활화라는 장대 케이스의 장점을 그대로 유지할 수 있으며, 장비용량, 제작장 등에 제약을 받지 않으면서 파와 지진에 대해서도 우수한 성능을 보임이 확인. 또한, 케이스가 비대칭이기는 하지만 제작 및 시공적인 측면에서도 특별히 어려운 점은 없는 것으로 검토되었다고 소개함.

### 3) 구조실험에 의한 인터로킹 방파제 저항능력 평가 (박우선 외 4인, 2011년)

- 본 연구에서는 포항영일만 남방파제 1단계 1공구의 방파제 형식으로 제안된 인터로킹 방파제를 대상으로, 수평파력에 대한 인터로킹 방파제의 저항 메카니즘과 저항능력을 정량적으로 평가하기 위하여 구조실험을 실시하였음.
- 제안된 인터로킹 방파제의 수평파력에 대한 저항특성을 평가하기 위하여 입사파고가 상대적으로 높은 접속부로부터 400m 구간을 선택하고 1/40 축척을 적용하여 구조실험을 실시. 케이스 모형은 유색 아크릴을 이용하여 제작하였으며, 실험의 편의를 위하여 상치 구조물은 제외하였음. 케이스 모형의 바닥면 및 양측면에는 콘크리트 분말을 혼합한 용제를 도포하고, 방파제 사석마운드는 현장 기준 0.015~0.03m<sup>3</sup>/ea 사석에 해당하는 1~2g/ea의 사석을 12mm 두께로 설치
- 케이스 모형에 작용하는 수평파력은 케이스에 합력 작용점에 집중하여 작용하는 것으로 가정하여 향내측에 설치된 도르래와 하중 추를 이용하여 모의하였으며, 하중재하에 따른 케이스의 수평변위 변화를 측정하기 위하여 재하측 반대면(외해측)에 케이스 하단으로부터 150mm 위치에 다이얼 게이지를 설치함.



케이스 1함에 대한 실험  
(마찰계수 평가 및 일반 케이스 경우)

케이스 6함에 대한 실험 (인터로킹 효과 고려)  
(파력 분산 특성 및 케이블 하중 분산 효과 실험)

[그림 2-7] 구조실험 개요

- 포항 영일만항 남방파제(1단계 1공구) 방파제로 설계된 인터로킹 방파 시스템의 안정성 평가결과, 200년 재현주기 파랑에 대해서도 안정한 것으로 확인되었으며, 8번 인터로킹 케이스를 50년 빈도 파랑에 대하여 안전율 1.2가 되도록 설계하였음에도 불구하고 안정한 것은 상대적으로 높은 안전율을 갖도록 설계한 Key 케이스와 광장 케이스가 인터로킹 케

이슨의 하중을 분담했기 때문에 분석함.

4) 인터로킹 케이스 방파제의 파력분산특성 평가 (박우선 외 3인, 2013년)

- 본 연구에서는 케이스 상부를 케이블을 이용하여 방파제 기준선방향으로 인터로킹 시켰을 때의 파력분산특성을 이론적으로 분석함.
- 이론적 해를 구하기 위하여 케이스는 강제운동을 하는 것으로 고려하고, 사석 마운드를 포함하는 지반은 연직방향 스프링과 수평방향 스프링으로 모형화함. 또한 케이스를 연결하는 케이블 역시 스프링으로 단순화함.
- 케이스에 작용하는 파력은 무한 직립벽에 작용하는 중복파의 파압을 적분한 값으로 사용하였음. 입사각이 0도에서 180도까지 변화할 때 케이스를 통하여 직접 지반으로 전달되는 파력과 케이블을 통하여 인접 케이스으로 전달되는 파력을 비를 분석함. 그 결과 입사각이 커질수록 케이블을 통하여 전달되는 파력의 비가 높아졌으며, 인터로킹 케이블의 강성이 클수록 전달되는 파력의 비가 높아지는 결과를 얻음.

$$2k_H^I k_H^S \zeta_i - 2k_H^I H_C \theta_i - k_H^I (\zeta_{i-1} + \zeta_{i+1} - H_C \theta_{i-1} - H_C \theta_{i+1}) = F_H^W \quad (1)$$

$$k_V^S B_C \zeta_i + k_V^S \frac{B_C^2}{2} \theta_i = -W + F_V^W \quad (2)$$

$$2k_H^I H_C \zeta_i - k_V^S \frac{B_C^2}{2} \zeta_i - \left( 2k_H^I H_C^2 + k_V^S \frac{B_C^3}{3} \right) \theta_i - k_H^I H_C (\zeta_{i-1} + \zeta_{i+1} - H_C \theta_{i-1} - H_C \theta_{i+1}) = -F_H^W d + Wb - F_V^W l \quad (3)$$

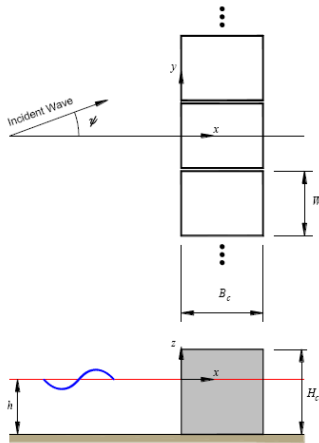


Figure 1. Definition sketch.

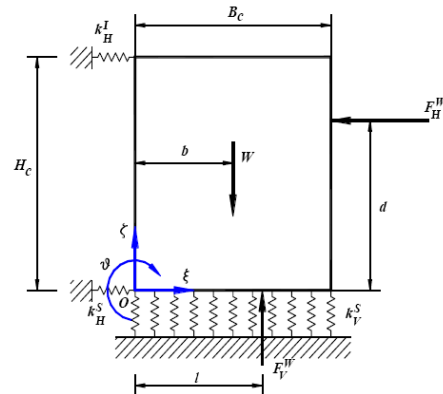
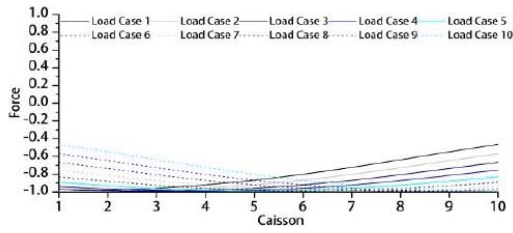
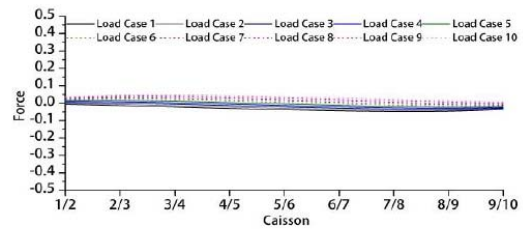


Figure 2. Definition sketch.

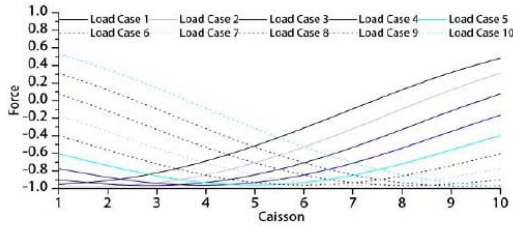
[그림 2-8] 파력분산효과를 분석하기 위한 이론적 운동방정식 구성



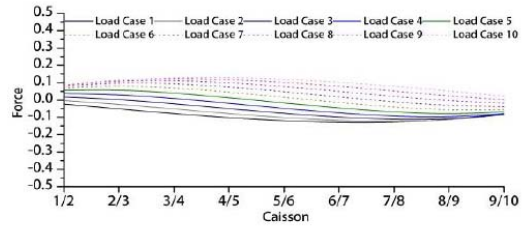
(a)  $\psi = 10^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$



(a)  $\psi = 10^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$



(b)  $\psi = 20^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$



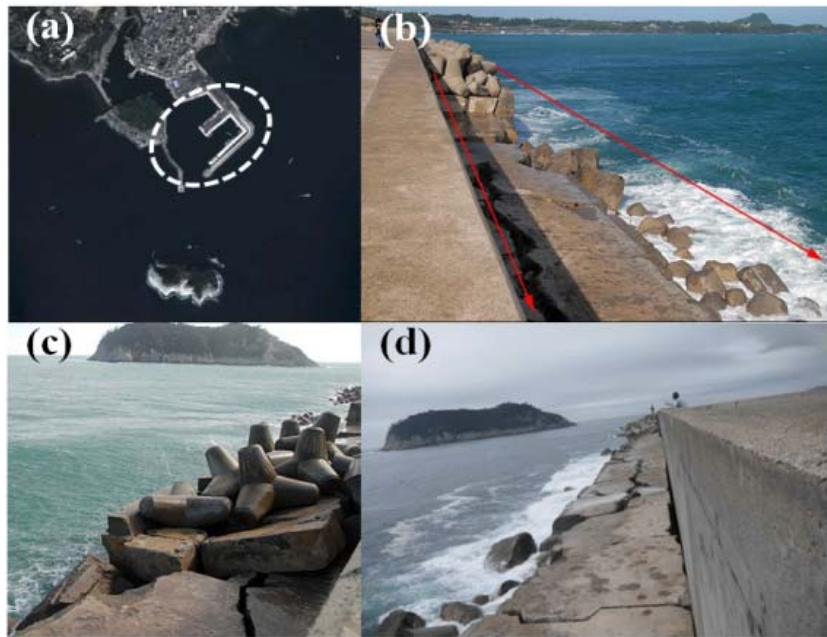
(b)  $\psi = 20^\circ$ ,  $k_H^I / k_H^S = 0.1$

[그림 2-9] 입사각에 따른 파력분산(좌측) 및 케이블 장력(우측)

## 2/3 정책적 환경 요소

### 1) 정책적 배경

최근 이상 고파랑 발생으로 인하여 방파제 피해가 대형화되고 있으며, 관련 유지보수 예산도 급속히 증가되고 있으며 국가가 자연 재해로부터 항만을 안전하게 지키려고 노력하고 있다는 점을 국민에게 보여 줄 필요가 있다.(※ 태풍 블라벤에 의한 서귀포항 방파제 피해, 태풍 무이파에 의한 가거도 방파제 피해 등)



(a)서귀포항 남방파제



(b)가거도 방파제

[그림 2-10] 대형 태풍에 의한 방파제 피해상황

방파제 및 안벽의 경우 파손 시 막대한 항만 피해가 예상되므로 기후변화에 따른 설계파 증가, 선박 대형화 등 항만 물류 조건 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안, 즉, 수평력 증대에 대해 안정성 확보를 위한 대처 방안 마련이 절실히 요구되고 있다. 이에, 현재 설계파에 대한 검토를 통하여 지역별 설계파를 재설정하여 지역별로 이러한 내용이 발표된 바 있으며 이에 따라 방파제 및 어항 시설에 대한 보강 방안이 마련되고 있다.

2003년 5월 해양수산부에서는 8년간 총 9,815억원을 투입하여 설계파 증가에 따른 어항시설을



보강을 실시하였으며(「기후변화에 따른 항만구역 내 재해취약지구 중장기 정비계획」), 앞으로 슈퍼태풍에 의한 방파제 등 항만시설 피해가 예상되고 있어 오픈 셀 케이스와 같이 인터로킹 케이스 방파제 기술이 적용된다면 국가 예산 절감에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2) 그린포트 구축 종합계획 (국토해양부, 2010)

온실가스 저감을 위한 항만차원의 국제 기조에 더해 국내 여건을 반영, 다음과 같은 5개의 세부항목을 도출하였다. 첫째, 온실가스 배출을 저감하는 탄소 저감형 항만 구축, 둘째, 에너지효율성 제고 및 신재생에너지 도입하는 에너지자립형 항만 구축, 셋째, 지구온난화에 따른 대규모 재난을 방재하는 재난안전형 항만 구축, 넷째, 녹색친수공간 조성을 통하여 항만주변 주민들의 삶의 질을 개선해주는 친환경·친수형 항만 구축, 항만유지관리 및 다섯째, 개발차원에서 발생하는 준설토 및 폐기물을 재활용하는 자원순환형 항만구축이 그것이다.

세 번째 지구온난화에 따른 대규모 재난을 방재하는 재난안전형 항만 구축에 본 기술이 직접적으로 관련되어 크게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 3) 기후변화에 따른 항만구역 내 재해취약지구 정비계획 수립용역 (국토해양부, 2011)

기후변화에 따른 재해 발생이 증가하고 있는 상황에서 저탄소 녹색성장 기본법에 의한 “국가 기후변화 적응 종합계획”수립과 관련하여, 항만구역 내 재해 발생에 대한 선제적 대응 필요성이 대두되었다. 이에 따라 기존 항만시설물에 대한 항구적인 보수·보강 방안을 마련하고, 장기적이고, 체계적인 정비계획 수립하고자 “기후변화에 따른 항만구역 내 재해취약지구 정비계획 수립용역(국토해양부, 2011)”을 실시하였다.

기후변화로 인한 해수면 상승, 지진, 태풍, 해일 등의 대규모 재해에 취약한 항만구역 또는 가능지역(기후변화에 따른 항만구역 내 재해 취약지구 정비계획(아라미르 프로젝트))으로, 「항만시설물의 안정성 평가 및 보수·보강방안 수립용역(무역항, 연안항)」에서 보수·보강이 필요하다고 제시된 항만시설 (항만시설물 보수·보강 정비계획)을 대상으로 하였다.

## 4) 해양수산부 항만 및 어항 보수보강 투자계획 (해양수산부 2014 용역보고서)

	연차별 투자계획(백만원)								
	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	8차년	9차년
무역항	14,625	143,288	197,293	162,310	157,762	157,789	120,452	53,505	39,399
연안항	10,322	49,484	49,607	46,301	21,363	44,098	37,930	25,233	21,253
국가어항	111,200	103,300	102,100	102,100	99,400	94,300	98,900	97,800	

무역항의 보수보강을 위해서는 1차년에 146억원, 2차년에 1,433억원 등 총 9차년에 걸쳐서 17개 항에 대해 10,464억원이 필요할 것으로 조사되었다. 연안항의 보수보강을 위해서는 1차년에 103억원, 2차년에 495억원 등 총 9차년에 걸쳐서 21개 항에 대해 3,056억원이 필요한 것으로 조사되었



다. 투자비용은 1차년도에 1,112억원, 2차년도에 1,033억원, 3차년도에 1,021억원 등 총 8년에 8,091억원으로 계획되었다.

#### 5) 2015 해양수산물발전시행계획

제2차 해양수산물발전계획(2011~2020)에 의거하여 2015년 시행계획 수립되었으며(※ 5개 추진전략, 17개 중점추진과제 계획), 네 번째 추진전략인 “동아시아 경제부상에 따른 해운·항만산업의 선진화” 부문에서 ① 녹색 해운·항만의 실현, ② 초일류 허브항만 구축, ③ 친환경 레저도시형 부가가치 항만 개발 등 세 개의 중점추진과제가 본 기술과 관련이 있어 사업화 촉진에 긍정적인 면으로 작용할 것으로 판단된다.

#### 6) 장대형 케이스에 발생하는 파력 평활화 효과가 항만 및 어항설계기준·해설 부록 7편 수록 (제2016-317호 해양수산부 공고)

항만 및 어항 설계기준은 방파제와 같은 항만 시설물 설계 시 가장 중심이 되는 기준으로 장대형 케이스에 관한 내용을 설계기준에 반영하는 것이 가장 중요한 요인이 될 것으로 사료되지만, 현재로서는 관련 기술이 충분히 실해역에서 검증되지 않았기 때문에 항만 및 어항 설계기준에 바로 반영되는 것은 어려우며 바람직하지 않을 것으로 판단되었다. 따라서 장대형 케이스와 관련된 평활화 효과, 파력저감계수, 회전 안정성 검토, 부등침하 대응 및 부재 보강 등의 기술 보급을 위해서는 현재 신뢰성 설계와 같이 해설편에 먼저 수록될 수 있도록 하는 것이 중요할 것으로 사료되었다.

이에, 장대형 항만 케이스구조물 기술개발 연구용역 (한국해양과학기술원, 해양수산부, 2014.6~2015.4)을 통해 구축된 E형 케이스 및 장대형 케이스 방파제의 구조성능 평가, 설계하중 및 안정성 평가기법 등을 토대로, 항만 및 어항설계기준·해설 부록 7편에 장대형 케이스에 발생하는 파력 평활화 효과가 수록된 바 있다. 추가적으로 항만 및 어항 설계기준을 개정한다면, 현재 장봉파 위주의 설계에서 다방향 단봉파를 고려할 수 있도록 개선하는 것도 장대형 케이스 방파제의 장점을 부각시키는데 필요하며, 동시에 신뢰성 설계 개념을 고려할 수 있다면 더욱 효과적인 장대형 케이스 방파제 설계가 가능할 것으로 사료되었다.

#### 7) 2016 해양수산물 신기술(NET) 인증제도 시행 (해양수산부 미래전략팀, 2016.06)

해양수산부에서는 해양수산물 분야 우수 신기술의 발굴·보급·확산을 촉진하고 기술의 사업화에 기여하기 위하여 해양자원, 해양환경, 수산업 등 5개 분야에 대하여 「해양수산물 신기술 인증제도」를 시행하여 우수 신기술의 조기 발굴하고 기술사업화·제품화에 노력하고자 한다.

이 5개 분야 중에 항만·연안·해안의 개발·이용·보호를 위한 설계·건설과 항만을 이용한 화물의 하역·운송·정보시스템의 개발·운영과 관련한 제반기술 분야가 속해있으며, 2016년 해양수산물 신기술(NET)인증 시범사업 등은 본 오픈셀 케이스 기술사업화에 있어 기회이자 촉진요인으로 작용할 것으로 판단된다.

### 8) 『건설기술진흥법』[법률 제13430호]의 제13조, 제14조

『건설기술진흥법』 규정에서 성능이 우수하다고 인정되는 건설기술을 우선 활용하도록 권고하고, 신기술의 지정 및 활용에 관해 규정되어 있다. 특히 제14조 ④에서 “국토교통부장관은 우수하면 신기술의 활용·촉진을 위하여 발주청이 시행하는 건설공사에 신기술을 우선 적용하게 할 수 있다.”라고 규정하고 있다.

또한 『건설신기술 기술사용료 적용 등에 관한 기준』(2014.12.10., 국토교통부장관)은 『건설기술진흥법 제14조』의 규정에 의하여 지정·고시된 건설신기술의 현장적용 활성화 및 기술사용료의 적용에 관한 기준을 정하기 위해 “훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정”에 따라 다음과 같이 제정하여 발령하였다.

『건설신기술 기술사용료 적용 등에 관한 기준』에서는 『건설기술진흥법』 제14조에 의거 지정·고시된 신기술의 현장적용 활성화를 위하여 필요한 사항과 같은 법 시행령 제34조제1항에 의거 신기술사용자인 발주자가 기술개발자에게 지급할 기술사용료의 적용에 관한 기준을 정하고 있다.

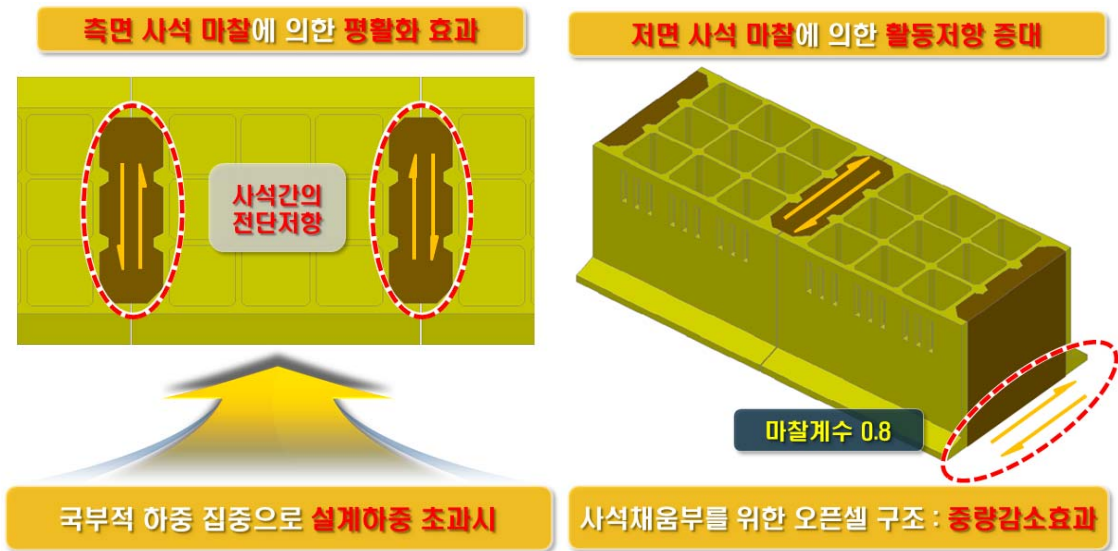
이에 따라, 공공건설의 턴키(T/K) 입찰에서 신기술과 특허 사항을 적용한 설계에 대해 기술 심사에서 가점을 주어 우대 하고 있다.

### 3 평가대상기술

#### 3.1 평가대상기술의 구성 및 특성

본 평가대상기술은 종래 제품의 문제점을 개선하여, 구조적 안전성과 소파 능력 향상, 작업공정 단축과 제조 간소화로 경제성을 확보한 것이 핵심적인 특징 및 장점이다.

- 구조적 안전성 : ① 오픈 셀 케이스는 채움 사석에 의한 인터로킹 효과를 이용하여 하나의 케이스에 작용하는 최대 작용력을 옆의 케이스에 작용력을 분담하게 하여 구조물 안정성을 향상시켰다. 즉, 기존의 케이스에서는 각각의 케이스가 일체화되지 않고 독립적으로 되어 있어 하나의 케이스에 작용된 최대 작용력을 그 하나의 케이스가 저항해야 했으나, 본 오픈 셀 케이스는 각각의 케이스의 연결부에 사석을 채움으로써 전단기 역할을 하여 각각의 케이스를 일체화하여, 하나의 케이스에 작용한 최대작용력을 옆의 케이스에 작용력을 분산시켜 구조적 안정성을 향상시켰다([그림 2-11] 좌측 그림 참조).
  - ② 오픈 셀의 채움사석이 기초부의 사석마운드와 직접 접하게 하여 구조물 활동저항력(마찰계수)을 향상시켰다([그림 2-11] 우측 그림 참조). 기존의 제품은 하면이 모두 콘크리트로 구성되어, 하면의 콘크리트와 기초부의 사석마운드가 접촉되어 마찰계수가 저하되어 활동 저항에 약했다.
  - ③ 시공중에 작용하는 파력에 의해 발생하는 구조물의 파손을 방지하기 위해 케이스 거치 후 채움사석 일부를 채움으로써 시공중 구조물 안정성을 높일 수 있다.
  - ④ 기초부의 부등 침하에 대해서 오픈 셀 케이스의 채움사석은 유연하여 콘크리트 블록 등으로 인터로킹시키는 경우와는 달리 구조부재에 응력집중이 거의 발생하지 않는다. 오픈 셀 케이스는 기존 인터로킹 케이스에 비하여 안전성이 우수하다.
- 경제성 : 오픈 셀 케이스는 기존 케이스에 비하여 양측 벽체를 슬림화할 수 있어, 같은 길이의 일반 케이스에 비하여 콘크리트, 철근 등의 재료가 적게 소요되어 경제적이다. 또한, 오픈 셀 케이스는 같은 중량의 일반 케이스에 비하여 길이를 길게 할 수 있어 방파제 등 축조 시 총 제작함수를 적게 할 수 있어 공사비 절감이 가능하다.
  - 시공성 : 오픈 셀 케이스는 같은 길이의 일반 케이스에 비하여 콘크리트, 철근 등의 재료가 적게 소요되어 중량이 가벼워 시공이 용이하다. 따라서, 오픈 셀 케이스는 제작, 시공, 파손시 교체 등에 있어서 기존 케이스의 경우와 같은 수준을 보여 이형 단면을 보이는 타 인터로킹 케이스에 비하여 시공성이 우수하다.



[그림 2-11] 평가대상기술의 특성

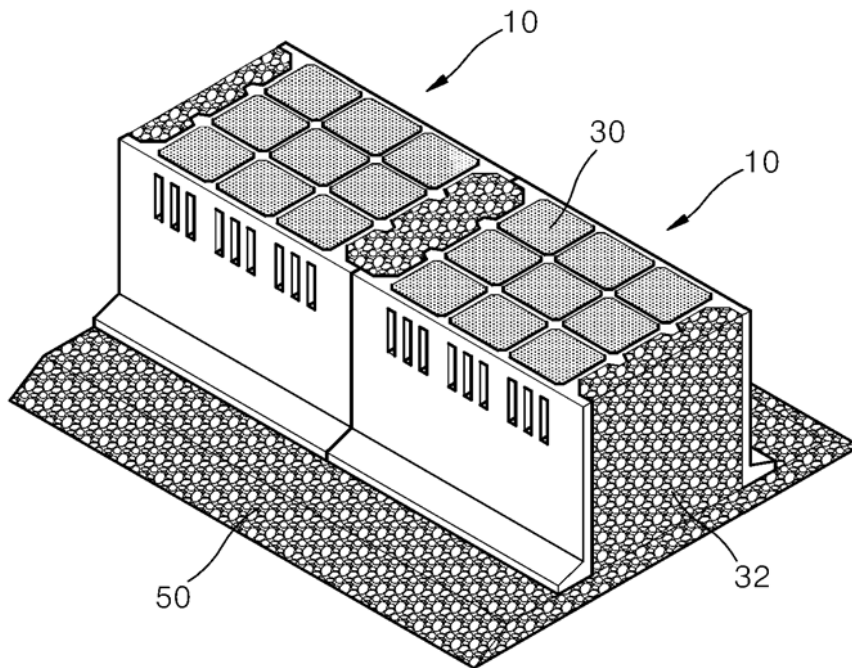
본 평가대상 제품의 구성은 [그림 2-12]에 나타난 것처럼, 상방으로 개방되며 벽체에 의해 구분되는 복수 개의 폐쇄형 셀이 형성된 케이슨(10)으로서, 폐쇄형 셀은 상기 케이슨(10)의 중앙부에 형성되고, 케이슨의 양 측면에는 측방을 향해 외측으로 개방된 형태의 오픈 셀이 형성되어 있다. 오픈 셀은 케이슨의 전면 양단과 후면 양단으로부터 케이슨의 양측면 방향으로 각각 돌출 연장 형성된 전후면부재가 있으며, 전후면 부재 사이의 케이슨 측벽에는 하중 분산과 마찰력 발생을 위한 전단키가 형성된 것을 특징으로 한다.

전후면부재와 케이슨 측벽 사이에는 전후면부재에 걸리는 하중을 지탱하는 보강부로서 헨치가 형성될 수 있다.

또한 본 제품은 케이슨을 사용한 구조물로서, 오픈 셀이 서로마주하도록 복수 개의 상기 케이슨(10)이 일렬로 설치되고, 각각의 셀에 채움재(30)가 채워지며, 개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀에 의해 형성되는 인터 셀 공간에 사석 형태의 채움재(30)가 채워져 인터셀 내부의 채움재가 플렉시블한 상태를 유지하도록 한 것을 특징으로 하는 구조물이다.

이웃하는 케이슨 사이에 서로 마주하는 전후면부재의 내면에는, 두 전후면부재의 내면에 접하며 두 전후면부재 사이의 간극을 차폐함으로써 채움재(30)가 두 전후면부재 사이의 간극을 통해 유출되는 것을 방지하는 덧댐부재가 더 설치될 수 있다.

덧댐부재는 플렉시블한 러버(rubber) 또는 강체(rigid body) 형태의 패널일 수 있다. 인터셀(22)에 채워지는 사석 형태의 채움재(30)는 플렉시블한 망 내부에 채워진 상태로 상기 인터셀(22)에 채워질 수 있다.



[그림 2-12] 제품의 구성

### 3 / 2 경쟁기술(제품)과의 비교 분석

장대형 케이스 방파제는 다방향 불규칙파랑의 작용에 대한 파력감소계수에 수치해석 및 모형 실험 결과, 파력 감소 효과가 검증되었으며, 케이스의 장대화 방안으로 인터로킹을 통해 장대 케이스 방파제에 대한 여러 가지 특허들이 출원되었다. 인터로킹 방법으로 [표2-3]에 나타난 것처럼 블록형, 케이블형, 요철형 등이 있다.

평가대상기술의 유사기술로는 기존의 타 인터로킹 케이스 기술이 될 수 있으며, 경쟁기술로는 턴기에 적용된 바 있는 현대산업개발의 특허기술은 표2-3에 기술한 “인터로킹에 의한 장대화 효과를 이용한 케이스 방파제 및 그 시공방법”을 고려할 수 있다. 평가대상기술의 경쟁기술 및 유사기술과의 비교 분석 시 특징은 다음과 같다.

#### ● 구조부재 안전성 우수

기존 인터로킹 케이스 방법으로 제시된 방법으로 케이스 측면 요철에 의한 인터로킹 기술, 블록 및 케이블을 이용한 인터로킹 기술이 있으며, 이 제품들은 요철, 블록 및 케이블 등의 인터로킹이 부분에 응력집중 문제가 발생하지만, 평가기술은 사석에 의한 인터로킹으로 힘이 분산되어 응력집중이 발생하지 않아 구조부재 안전성이 우수하다고 할 수 있다.

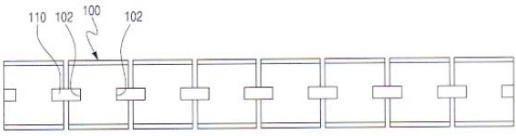
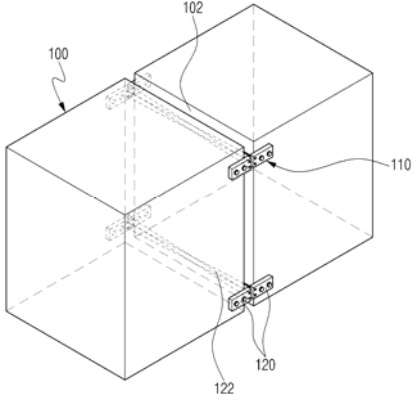
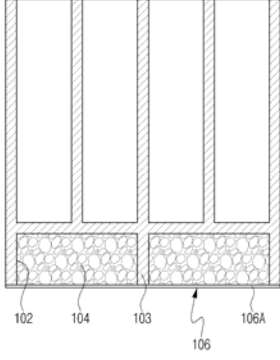
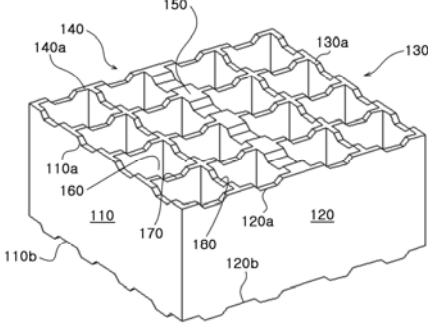
#### ● 제작 및 시공성 우수

경쟁기술로 판단되는 케이스 측면 요철에 의한 인터로킹 기술에 비하여 케이스가 단순하고, 대칭적이어서 제작 및 시공성이 우수하다.

●지반 부등침하 대응성이 우수

평가대상기술의 인터셀의 채움사석의 효과로 일반 케이슨 또는 경쟁기술에 비하여 지반의 부등침하에 대한 대응능력이 우수하다.

[표 2-3] 경쟁기술 및 유사기술

특허명	등록/출원번호	개념도	비고
중력식 케이슨의 결합방법	10-1096094		블록형
방파제 케이슨 결합방법	10-1220537		케이블형
마찰력을 증대시킨 케이슨과 그 제작방법 및 그 케이슨	10-1234042		요철형
요철을 구비한 케이슨 블록 및 이를 이용한 시공 방법	10-1475443		요철형

<p>인터로킹케이스구조물</p>	<p>10-2015-0019371</p>		<p>요철형</p>
<p>안전성을 높인 케이스 시공 방법</p>	<p>10-2015-0086477</p>		<p>케이블형</p>
<p>인터로킹에 의한 장대화 효과를 이용한 케이스 방파제 및 그 시공방법</p>	<p>10-1013023</p>		<p>경쟁특허</p>



## 4 | 기술성 분석

### 4.1 | 기술의 유용성

#### 가. 기술의 혁신성/개척성/활용성

기술의 혁신성 관점에서, 평가대상기술은 인터로킹을 통하여 장대형 방파제 실현한 것이며, 특히 인터로킹 방법으로 케이슨과 케이슨간의 채움재를 사석을 이용한 것이 특징이다. 이웃하는 두 케이슨의 마주하는 부위에 형성된 오픈 셀이 서로 마주하며 형성되는 인터 셀에 사석 형태의 채움재를 채워 이웃하는 케이슨을 플렉시블하게 인터로킹함으로써 파랑이나 지반의 부등침하에도 불구하고 인터로킹 부위의 파손을 방지하고 할 수 있다.

이와 같은 장점 때문에 케이슨의 양측 단부의 벽체를 생략하여 벽체 개수를 줄이고 벽체를 더 얇게 구성할 수 있어 전체적인 시공비용을 절감하면서도 시공성이 좋고, 아울러 시공 후에 뿐만 아니라 시공 과정에서도 이웃하는 케이슨을 서로 인터로킹함으로써 시공과정에서도 항만구조물의 안정성을 확보할 수 있을 것으로 판단되며 주요 개량기술에 해당하는 것으로 사료된다.

기술의 개척성 관점에서, 평가대상 기술제품은 기존의 방파제의 다음과 같은 문제점을 해결하였다.

① 자중식 케이슨의 경우, 어느 하나의 케이슨에 파랑의 수평력이 집중되고, 이 수평력을 상정하여 설계하면 자중이 너무 크게 되어 재료비 및 시공비가 크게 된다.

② 콘크리트 타설에 의해 인터로킹하여 케이슨의 경우, 파랑의 수평력을 평준화함으로써 케이슨의 필요 하중을 낮출 수 있으나 케이슨 거치 후에 콘크리트 타설이 매우 번거롭고, 시공 후에는 두 케이슨이 마주하는 공간에 타설된 콘크리트에 의해 케이슨들이 완전히 일체화되었기 때문에, 지반의 부등침하가 일어날 때 부등침하가 일어난 지반 위에 있는 케이슨이 자연스럽게 같이 침하하지 못하게 되고, 이러한 초고하중의 케이슨이 침하하지 못함으로 인해 발생하는 응력이 특정 부위에 집중되어 케이슨이 파괴되는 현상이 발생할 우려가 매우 높다.

③ 기존 인터로킹 케이슨 방법으로 제시된 방법으로 케이슨 측면 요철에 의한 인터로킹 기술, 블록 및 케이블을 이용한 인터로킹 기술이 있으며, 이 제품들은 요철, 블록 및 케이블 등의 인터로킹이 부분에 응력집중 문제가 발생하는 문제점을 갖고 있다.

④케이슨을 해저에 정거치한 후 케이슨 내부에 채움재가 다 채워지기 전에는 케이슨이 설계 하중을 발휘하지 못하여 파랑에 취약하다. 이러한 케이슨에 채움재를 채우는 작업이 완료되기 전에 예상치 못한 파랑이 발생하면 케이슨이 파도에 밀려 멀리 떠내려 가버리는 일이 발생한다.

본 평가기술은 상기의 문제점을 해결하기 위해 다음과 같은 기술 개발을 한 것으로 사료된다,

① 인접 케이슨 간의 인터로킹 효과에 의해 항만 구조물에 작용하는 최대하중이 분산되어 구조물의 안정성을 높일 수 있으며, 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있어 응력집중이 발생하지 않아 구조적 안전성이 기존 인터로킹 케이슨에 비하여 높다.

② 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있기 때문에, 지반이 부등 침하하는 경우에도 침하된 지반 상에 거치되어 있는 케이슨이 이웃하는 케이슨에 대해 플렉시블하고 독립적으

로 움직일 수 있어 지반과 함께 침하됨으로써, 케이스를 보호할 수 있다.

③ 케이스의 시공 과정의 취약 시기에도 인터로킹에 의한 파랑의 최대 수평력을 평활화하여 수평력에 대한 저항력을 높일 수 있다.

기술의 활용성 관점에서, 케이스는 항만 건설시 필수적으로 사용되는 구조체이며, 예를들면 중력식 안벽, 방파제 등 항만의 중요 시설에 적용되고 있다.

최근 지구온난화에 의해서 해수면이 상승되고, 이로 인해 설계파보다 파고가 높은 이상 파랑의 내습이 예상되고 있어 이러한 변화에 적절히 대응하지 않으면 대형사고로 이어질 가능성이 점차 높아 가고 있다. 방파제의 경우는 설계파고 증가에 따라 대형화되고 있으나 50년 설계파 또는 그 이상의 파가 언제 내습하지 몰라 대안 마련에 부심하고 있는 것이 현실이며, 육측의 중력식 안벽의 경우는 선박의 대형화에 따른 추가적인 안정성 확보에 고민하고 있다.

방파제의 경우, 케이스는 자중으로 파랑의 수평력을 견뎌야 한다. 그런데 파랑은 항상 일정한 것이 아니며, 어느 하나의 케이스에 파랑의 수평력이 집중되는 경우가 빈번하다. 하지만 이렇게 수평력이 집중되는 것을 상정하여 케이스를 설계한다면 케이스의 자중을 크게 할 수밖에 없고, 이는 비용의 증가와 시공성의 악화로 이어진다. 가령 케이스의 하중이 커질수록 재료비는 물론이거니와, 이를 핸들링 할 수 있는 크레인 등의 중장비 규모도 더욱 커지게 되는 것이다.

본 평가기술제품인 오픈 셸 케이스는 기존 케이스를 적용한 경우에 비하여 각 케이스 별로 측벽 하나씩을 줄일 수 있어 자재비용을 크게 절약하는 것이 가능함은 물론, 기존의 인터로킹 방법에 비해 시공이 매우 단순하여 인터로킹을 위해 수중 작업을 하거나 별도의 장비를 더 동원할 필요가 없어 시공이 더욱 용이하고, 유지관리도 용이하기 때문에 본 기술제품의 시장은 지속적으로 확대될 것으로 판단된다.

#### 나. 진행중인 기술전망

상기한 것처럼, 최근 기후변화에 따른 설계파 증가, 선박 대형화 등 항만 물류 조건 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안, 즉, 수평력 증대에 대한 대처 방안 마련이 절실히 요구되고 있다. 이에 따른 최근 방파제의 장대화에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며, 방파제의 장대화 방안으로 인터로킹에 의한 방법이 주목을 받고 있다.

이웃하는 케이스를 인터로킹하는 다양한 방법이 제시되어 수치해석과 모형 실험이 진행되고 있으며, 앞으로 현장 적용 등과 다양한 인터로킹 방법에 대한 많은 연구가 활발히 진행될 것으로 판단된다.

#### 다. 기술의 적용력 및 타제품에 미치는 영향

기술의 적용력 관점에서, 본 평가기술인 오픈 셸 케이스 및 시공기술은 기존의 케이스의 제작 방법보다 제작 공정이 단순하고 인터로킹에 사석을 사용함으로써 원자재 조달 용이성은 매우 우수하며, 케이스 제작과 시공기술의 난이도가 매우 간단한 것으로 판단된다.

한편 타 제품에 미치는 영향을 살펴보면, 본 평가기술인 오픈 셀 케이스 및 시공기술은 기술도입자의 타 제품 생산라인과 그 고객에게 영향을 미치지 않을 것으로 보인다.

### 라. 타인의 활용성

본 평가기술인 오픈 셀 케이스 및 시공기술은 사석을 이용한 인터로킹을 함으로써 시공이 간편하고, 구조적 안전성, 경제성이 있기 때문에 협력업체 또는 경쟁사에서 기술료를 지불하고 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

특히 건설업의 특성상 대규모 프로젝트인 사회인프라 구축 사업에는 많은 전문 업체의 기술과 대형 건설사와 협력하여 프로젝트를 수행하기 때문에 협력 업체로서 매력적인 기술로 판단된다. 다만, 건설업의 특성상 아이디어나 모형실험 결과만으로 대형 프로젝트에 적용하기 다소 무리가 있기 때문에 시험시공 등을 통한 현장 적용 등을 통한 실적을 쌓는 것이 필요할 것으로 사료된다.

### 마. 회피비용 또는 회피설계

본 평가기술의 특징은 이웃한 케이스에 사석을 이용한 채움재를 이용한 인터로킹을 통하여 방파제의 장대화한 것으로, 인터로킹에 사석을 이용하였기 때문에 플렉시블하여 구조물을 만들었다. 인터로킹을 사석을 이용하였기 때문에 시공이 간편하고 경제적이며, 구조물이 플렉시블하기 구조적인 안정성을 확보한 것이 특징이다.

최근 인터로킹에 의한 방파제의 장대화에 대한 연구가 주목을 받고 있어, 언젠가는 대체한 기술이 출현할 것으로 판단되지만, 건설업의 특성상 기술 개발과 시공기술의 축적, 실적 등이 뒷받침되어야 하기 때문에 대체 기술의 개발에는 상당한 시간과 비용이 필요할 것으로 사료된다.

### 바. 유사기술의 성공사례

본 평가기술인 오픈 셀 케이스 및 시공기술과 유사한 기술로 본 평가기술과 개발자가 동일한 특허(등록특허 10-1359000) 기술인 “소파블록 및 이를 이용한 항만 구조물”은 시험 시공을 거쳐 꾸준히 매출을 올리고 있다. 2007년부터 현재까지 국내에 19곳의 현장에 적용 되어 440억 정도의 실적을 올린 것으로 파악된다.

## 4 / 2 기술의 경쟁성

### 가. 기술의 차별성

본 평가기술의 기술적 관점에서 우위성은 앞서 분석한 것처럼, ① 인접 케이스 간의 인터로킹 효과에 의해 항만 구조물에 작용하는 최대하중이 분산되어 구조물의 안정성을 높일 수 있으며, 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있어 응력집중이 발생하지 않아 구조적 안전성이 기존 인터로킹 케이스에 비하여 높다.

② 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있기 때문에, 지반이 부등 침하하는

경우에도 침하된 지반 상에 거치되어 있는 케이스이 이웃하는 케이스에 대해 플렉시블하고 독립적으로 움직일 수 있어 지반과 함께 침하됨으로써, 케이스를 보호할 수 있다.

③ 케이스의 시공 과정의 취약 시기에도 인터로킹에 의한 파랑의 최대 수평력을 평활화하여 수평력에 대한 저항력을 높일 수 있다.

④ 기존 케이스를 적용한 경우에 비하여 각 케이스 별로 측벽 하나씩을 줄일 수 있어 자재비용을 크게 절약하는 것이 가능함은 물론, 기존의 인터로킹 방법에 비해 시공이 매우 단순하여 인터로킹을 위해 수중 작업을 하거나 별도의 장비를 더 동원할 필요가 없어 시공이 더욱 용이하고, 유지관리도 용이하다.

상기와 같은 장점 때문에 본 기술제품의 시장은 지속적으로 확대될 것으로 사료된다.

#### 나. 기술의 복잡성

본 평가대상기술은 매우 단순한 것이 특징이다. 공장에서 제품을 제조하는 제조업과는 다르게 건설현장의 특성은 각 현장마다의 조건에 부합하는 구조물의 설계를 실시하여 현장에 구조물(제품) 직접 제작하고, 그 구조물은 많은 장비와 인부에 의해 제작된다. 그래서 구조물이 너무 복잡하거나 시공이 어려우면 구조물이 상대적으로 부실하게 될 확률이 높게 되고 공사비도 증가하게 된다. 그래서 건설기술은 가능하면 시공과정이 간단한 기술을 더 높이 평가한다.

모방 가능성에 대해서도 건설 시장의 특성상, 현장에서 시공중에 많은 시행착오와 경험을 토대로 관련분야의 충분한 기술적 노하우와 경험이 뒷받침 되어야 한다. 모방은 어렵지 않을 것으로 판단되지만, 건설현장에서 제품의 시공기술은 많은 경험을 바탕으로 한 노하우가 매우 중요하다. 이러한 점을 고려하며, 타 사업자의 모방은 어렵지 않을 것으로 판단되나 경쟁력을 갖추기에는 쉽지 않을 것으로 판단된다.

#### 다. 대체 기술 및 대체 가능성

현재의 기술제품시장 관점에서 대체기술 살펴보면, 현재 평가대상기술과 유사한 제품은 블록형, 케이블형, 요철형의 인터로킹을 이용한 장대형 케이스 방파제 기술이 있으며, 경쟁 기술들이다. 본 평가기술 제품은 이러한 제품의 문제점을 개선한 제품으로 충분한 경쟁력을 확보한 것으로 사료된다.

미래의 대체 가능성의 관점에서 살펴보면, 본 기술제품은 제조공정이 복잡하지 않아 이를 대체하는 기술은 개발할 가능성이 높을 것으로 판단된다. 다만 건설업계의 특성상 현장에 적용을 위해서는 충분한 실증적 결과와 더불어 시공 노하우 등이 필요하므로 단기간 내에는 대체 가능한 기술이 출현할 가능성은 적을 것으로 판단된다.

#### 라. 진부화 가능성

지구온난화에 의한 해수면 상승과 기후 변화 등에 의해 기존의 방파제가 파손 등의 피해를 입고 있으며, 이러한 상황에 대응하기 위해 더 큰 규모의 방파제가 요구되고 있다, 이러한 요구에 부응하

여, 현재 인터로킹을 이용한 장대화 방파제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 본 평가대상기술의 사석 채움재를 통한 인터로킹에 의해 장대화한 방파제 기술이다. 현재 제시된 다양한 인터로킹에 의한 장대화 방파제 기술 중에는 본 평가 기술이 장점 등이 많이 있으나, 장래에는 보다 나은 기술이 개발될 것으로 판단되지만, 건설 기술의 특성상 새로운 기술이 건설 현장에 적용되는데는 많은 검증이 필요하므로 상당한 시간이 필요할 것으로 사료된다.

### 마. 독창적인 상업적 우위성

기술 활용자 입장에서 본 평가대상기술제품은 구조적안정성과 시공이 간편하다는 경제적인 면에서 이점이 있다. 특히 가장 저렴하며 보편적인 사석 채움재를 이용하여 인터로킹을 통한 장대화한 방파제를 구현한 것이 장점이며, 독창적이다. 즉 타 기술은 복잡한 케이블이나 요철에 의해 인터로킹을 구현하기 때문에 케이스 제작 과정과 시공이 복잡하고, 구조물에 응력집중이 발생하여 구조물의 안정성에 취약할 것으로 생각된다.

그래서 사회기반시설에서 발주처(고객)인 국가나 지자체와 건설시공사에게는 본 기술제품이 기능적인 우수성과 더불어 시공이 간편하여 시공비 즉 건설비를 절감할 수 있어 기능적인 면과 경제적인 면에서 이점을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

### 바. 경제적 내용수명

최근 이상고파랑 발생으로 인하여 방파제 피해가 대형화되고 있으며, 관련 유지보수 예산도 급속히 증가되고 있으며 국가가 자연 재해로부터 항만을 안전하게 지키려고 노력하고 있으며, 방파제 및 안벽의 경우 파손 시 막대한 항만 피해가 예상되므로 기후변화에 따른 설계파 증가, 선박 대형화 등 항만 물류 조건 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 방안, 즉, 수평력 증대에 대해 안정성 확보를 위한 대처 방안 마련이 절실히 요구되고 있다. 이에, 현재 설계파에 대한 검토를 통하여 지역별 설계파를 재설정하여 지역별로 이러한 내용이 발표된 바 있으며 이에 따라 방파제 및 어항시설에 대한 보강 방안이 마련되고 있다.

2003년 5월 해양수산부에서는 8년간 총 9,815억원을 투입하여 설계파 증가에 따른 어항시설을 보강을 실시하였으며, 앞으로 슈퍼태풍에 의한 방파제 등 항만시설 피해가 예상되고 있어 인터로킹 케이스 방파제 기술이 활발히 연구를 진행하고 있어, 수명주기로는 도입기에 해당하는 것으로 사료된다.

항만구조물과 같은 사회기반시설은 건설비가 많이 들고, 한번 건설되면 수 십년에서 수 백년 동안을 유지 보수 하여 사용하고, 보강이나 교체 등에는 막대한 예산이 소요되기 때문에 실증적으로 입증된 기술이나 제품을 선호하기 때문에 일반적으로 기술진화 속도가 느린 편이다.

이러한 점을 고려한다면, 본 평가대상기술은 수리 모형 실험과 현장 시험 시공 등의 검증 과정 등을 진행해야 할 것으로 판단되며, 실제 적용에는 1~2년 정도 소요될 것으로 판단된다.

기술이 모든 연구개발비용과 최소 필수자본수익율을 보장할 정도의 경제적 내용수명은 기술 개발에

비용이 들지만, 제품 생산을 위한 설비는 불요하기 때문에 5~10년 정도일 것으로 판단된다.

## 5 기술성 종합의견

본 평가기술은 기존의 케이슨에 케이슨의 셀 일부 (측벽 또는 저판)를 오픈시킨 셀을 도입한 “오픈 셀 케이슨”을 이용하고 이웃 케이슨 사이에 사석 채움재를 사용하여, 오픈 셀과 사석의 인터로킹을 통한 케이슨식 항만구조물을 장대화하는 기술이다.

본 평가기술의 유용성은 앞서 서술한 것처럼, ① 인접 케이슨 간의 인터로킹 효과에 의해 항만 구조물에 작용하는 최대하중이 분산되어 구조물의 안정성을 높일 수 있으며, 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있어 응력집중이 발생하지 않아 구조적 안전성이 기존 인터로킹 케이슨에 비하여 높다.

② 인터로킹부가 플렉시블한 사석 형태의 채움재로 채워져 있기 때문에, 지반이 부등 침하하는 경우에도 침하된 지반 상에 거치되어 있는 케이슨이 이웃하는 케이슨에 대해 플렉시블하고 독립적으로 움직일 수 있어 지반과 함께 침하됨으로써, 케이슨을 보호할 수 있다.

③ 케이슨의 시공 과정의 취약 시기에도 인터로킹에 의한 파랑의 최대 수평력을 평활화하여 수평력에 대한 저항력을 높일 수 있다.

④ 기존 케이슨을 적용한 경우에 비하여 각 케이슨 별로 측벽 하나씩을 줄일 수 있어 자재비용을 크게 절약하는 것이 가능함은 물론, 기존의 인터로킹 방법에 비해 시공이 매우 단순하여 인터로킹을 위해 수중 작업을 하거나 별도의 장비를 더 동원할 필요가 없어 시공이 더욱 용이하고, 유지관리도 용이하다.

### [참고문헌]

- [1] 인터로킹 시스템을 이용한 장대케이슨 방파제 구현, 토목학회지, 2010
- [2] 장대 케이슨 방파제에 작용하는 다방향 불규칙파랑의 파력감소계수 산정, 한국수자원학회 논문집, 2010
- [3] 3D 인터로킹 방파제 설계사례, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 발표논문집, 2011
- [4] Effects of diffraction and directional asymmetry of random wave loads on a long structure, Asian and Pacific Coasts, 2011
- [5] 인터로킹방파제의 구조적거동평가, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2011
- [6] 파랑하중에 대한 인터로킹 방파제 동적 해석모델, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2011
- [7] 구조실험에 의한 인터로킹 방파제 저항능력 평가, 대한조선학회 학술대회, 2011
- [8] Structural Damage Monitoring of Harbor Caissons with Interlocking Condition, 한국비파괴검사학회, 2013

- [9] 공간적인 위상차를 고려하여 장대이안제에 작용하는 파력에측, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2013
- [10] 장대형 이안제에 작용하는 불규칙파의 힘, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2013
- [11] Simplified planar model for damage estimation of interlocked caisson system, Smart Structures and Systems, 2013
- [12] 인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성, 국연안방재학회 추계 학술대회, 2013
- [13] Dispersion of Wave Forces on Caisson Breakwaters Using Interlocking System, ASEA-SEC2, 2013
- [14] RANDOM WAVE LOADS ON A LONG DETACHED BREAKWATER CONSIDERING DIFFRACTION, APAC, 2013
- [15] Evaluation of Enhanced Performance for Caisson-type Breakwaters Using Interlocking System, SOPE PACOMS, 2014
- [16] 인터로킹 케이슨방파제의 설계파력 분포, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2015
- [17] 이상파랑 작용 시 케이블로 연결된 인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2015
- [18] 키블록을이용한인터로킹케이슨의구조거동분석, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2015
- [19] 오픈셀케이슨의 전단블록 거동분석, 한국해안해양공학회 추계 학술대회 초록집, 2015
- [20] 인터로킹케이슨 방파제의 설계파력 분포식 적용성 평가, 한국해안해양공학회 추계 학술대회, 2015
- [21] 오픈셀케이슨의 전단횡격벽 거동분석, 한국산학기술학회 추계 학술대회, 2015
- [22] 오픈셀케이슨 방파제의 시공중 안정성평가, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2016
- [23] 파랑하중에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 동적거동해석모델, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2016
- [24] 오픈셀케이슨 방파제의 지반반력특성분석, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2016
- [25] 키블록을 이용한 상치콘크리트 인터로킹기술, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2016



### III. 권리성 분석

#### 1 평가대상특허 일반

##### 1/1 주요 서지사항 요약

평가대상기술은 오픈 셀 케이스를 이용하여 항만 구조물의 안정성 및 경제성을 제고한 케이스 구조물 및 그 시공방법과 관련된 기술로, 본 기술과 관련된 평가대상특허는 등록번호 제10-1613886호인 국내등록특허 1건, 출원번호 제10-2015-0181590호 및 출원번호 제10-2016-0044855호인 국내 특허출원 2건이다. 평가대상특허의 주요 서지사항은 아래 표에 나타난 바와 같다.

[표 3-1] 제1평가대상특허의 서지사항

명 칭	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법
특 허 권 자	한국해양과학기술원, (유)이도건설
출원번호(출원일)	10-2015-0121583 (2015.08.28.)
등록번호(등록일)	10-1613886(2016.04.12.)
심 사 경 과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2015.08.28. : 특허출원</li> <li>• 2015.10.19 : 1차 의견제출통지(신규성, 진보성)</li> <li>• 2015.11.05 : 1차 의견서 제출</li> <li>• 2015.12.18 : 1차 의견서 및 보정서 제출</li> <li>• 2016.01.13 : 등록결정</li> </ul>
청 구 항	청구항 14개(독립항 2)
해 외 출 원	없음.
존 속 기 간 ( 예 정 )	2035.08.28

[표 3-2] 제2평가대상특허의 서지사항

명 칭	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법
특 허 권 자	한국해양과학기술원, (유)이도건설
출원번호(출원일)	10-2015-0181590 (2015.12.18)
등록번호(등록일)	-
심 사 경 과	• 2015.12.18. : 특허출원(제1평가대상특허의 분할출원)
청 구 항	청구항 19개(독립항 2)
해 외 출 원	없음
존 속 기 간 ( 예 정 )	2035.08.28.(예정)

[표 3-3] 제3평가대상특허의 서지사항

명 칭	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법
특 허 권 자	한국해양과학기술원, (유)이도건설
출원번호(출원일)	10-2016-0044855 (2016.04.12)
등록번호(등록일)	-
심사경과	• 2016.04.12. : 특허출원
청구항	청구항 17개(독립항 2)
해외출원	없음
존속기간(예정)	2036.04.12.(예정)

## 1/2 평가대상특허의 개요 및 특징

### 가. 평가대상특허의 개요

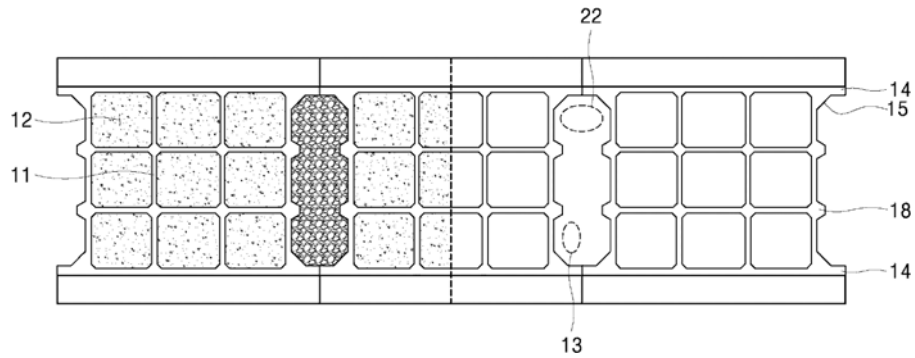
제1평가대상특허는 오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법, 제2평가대상특허는 오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법, 제3평가대상특허는 오픈 셀 케이스 구조물 및 시공 방법에 관한 것으로, 케이스에 오픈 셀과 인터셀의 개념을 새로이 도입함으로써, 종래의 개별식 케이스 구조물에 비해 벽체의 개수를 줄여 제작비를 절감하면서도 시공방법에 거의 차이가 없고, 이웃하는 구조물이 이웃하는 케이스를 인터록킹 하면서도 지반의 부등침하에 각 케이스가 개별적으로 대응할 수 있는 유연함을 가진 케이스 구조물과 그 시공 방법에 관한 것이다.

제2평가대상특허는 2015.08.28.에 출원되어 2016.04.14.에 등록된 제1평가대상특허의 분할출원이다.

### 나. 평가대상특허의 특징

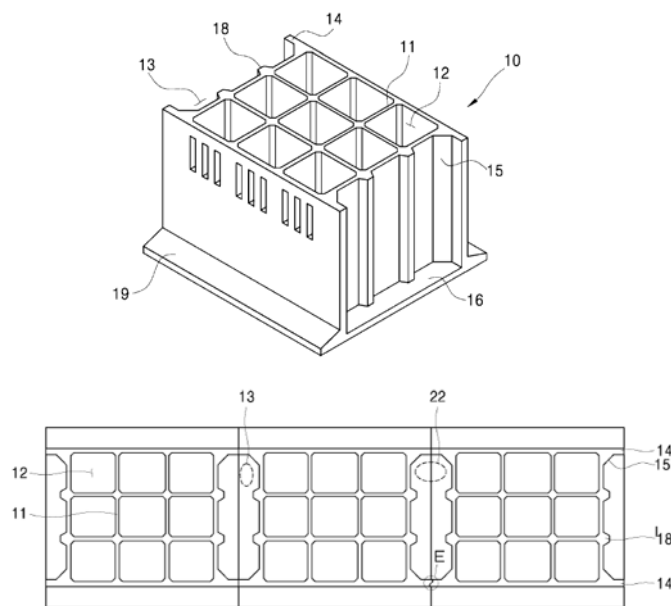
평가대상특허는 1은 케이스 구조물에 관한 독립항인 청구항 1과, 청구항 1을 한정, 부가, 구체화한 종속항에 해당하는 청구항 2 내지 청구항 7 및 케이스 시공 방법에 관한 독립항에 해당하는 청구항 8과, 청구항 8을 한정, 부가, 구체화한 종속항에 해당하는 청구항 9 내지 청구항 14로 구성된다.

아래 <그림 3-1>에서와 같이 제1평가대상특허의 기본적 특징은, ① 중앙부에는 폐쇄형 셀(12), 케이스의 측벽에서 외측 방향으로 돌출 연장된 전후면부재(14)에 의해 규정되는 오픈 셀(13)을 구비하고, ② 전후면부재의 한 변의 길이는 셀(12)의 한 변의 길이에 대해 35 ~ 60 % 인 케이스를 사용하되, ③서로 마주보는 두 오픈 셀에 의해 규정된 인터셀(22)이 형성되며, 인터셀에는 0.015 m<sup>3</sup>/EA ~ 0.03 m<sup>3</sup>/EA 의 규격을 가지는 규격석 형태의 채움재(30)가 플렉시블한 상태로 유지되는 것을 기술적 특징으로 한다.



[그림 3-1] 제1평가대상특허의 대표도

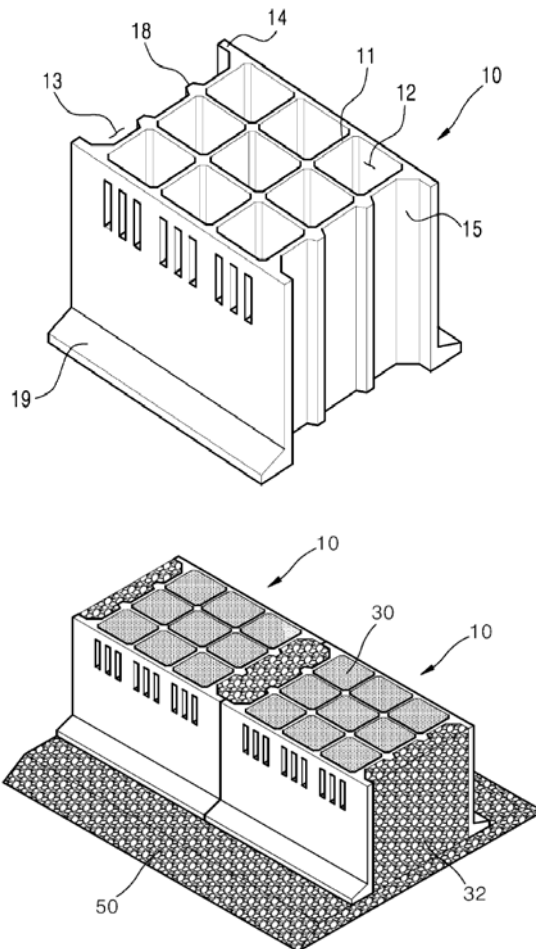
평가대상특허는 2는 케이스 구조물에 관한 독립항인 청구항 1과, 청구항 1을 한정, 부가, 구체화한 종속항에 해당하는 청구항 2 내지 청구항 11 및 케이스 시공 방법에 관한 독립항에 해당하는 청구항 12와, 청구항 12를 한정, 부가, 구체화한 종속항에 해당하는 청구항 13 내지 청구항 19로 구성되었다. 제2평가대상특허의 기술적 특징을 정리하면 아래와 같다.



[그림 3-2] 제2평가대상특허의 대표도

위 <그림 3-2>에서와 같이 제2평가대상특허의 기본적 특징은, ① 중앙부에는 폐쇄형 셀(12), 케이스의 측면에서 외측 방향으로 돌출 연장된 전후면부재(14)에 의해 규정되는 오픈 셀(13)을 구비하고, ② 서로 마주보는 두 오픈 셀에 의해 규정된 인터셀(22)이 형성되며, ③ 인터셀에는 사석 형태의 채움재가 플렉시블한 상태로 유지되는 것을 기술적 특징으로 한다.

제3평가대상특허는 케이스 구조물에 관한 독립항인 청구항 1과, 청구항 1을 한정, 부가, 구체화한 종속항에 해당하는 청구항 2 내지 청구항 12 및 케이스 시공 방법에 관한 독립항에 해당하는 청구항 13과, 청구항 13을 한정, 부가, 구체화한 종속항에 해당하는 청구항 14 내지 청구항 17로 구성된다. 제2평가대상특허의 기술적 특징을 정리하면 아래와 같다.



[그림 3-3] 제3평가대상특허의 대표도

위 <그림 3-3>에서와 같이 제3평가대상특허의 기본적 특징은, ① 중앙부에는 폐쇄형 셀(12), 케이스 측면에 형성되되 바깥쪽 측방이 개방된 오픈 셀(13)을 구비하고, ② 오픈 셀이 마주보도록 복수 개의 케이스가 마운드(50) 상부에 일렬로 설치되고, ③ 서로 마주보는 두 오픈 셀에 의해 규정된

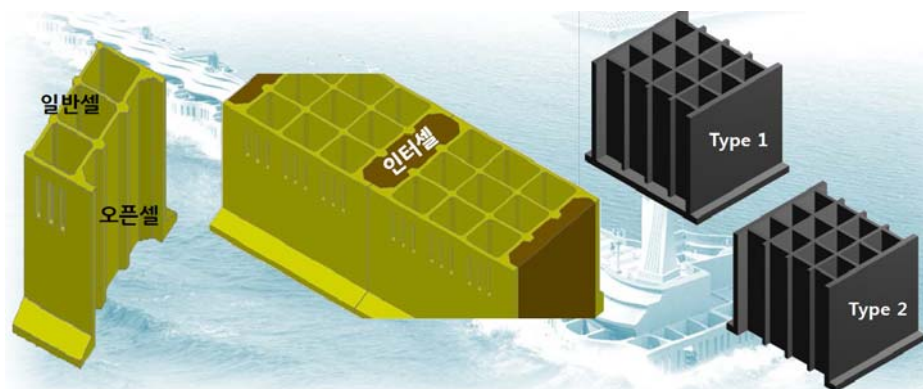
인터셀(22)에는 사석이 채워져 서로 이웃하는 두 케이스를 인터록킹하는 것을 기술적 특징으로 한다.

#### 다. 평가대상특허의 적용분야

외해로부터 내습하는 파랑을 막아 항내를 보호하는 구조물을 방파제라 하는데, 이러한 방파제 주변의 파랑은 다방향으로 불규칙하게 작용하고, 방파제로부터 반사, 회절하면서 방파제를 구성하는 케이스에 피해를 준다.

제1평가대상특허, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 케이스의 셀 일부를 오픈시킨 셀로 구성된 케이스로서 구조물 시공 비용을 절감하고, 마주한 오픈셀에 의해 형성되는 인터셀을 규격석 또는 사석으로 채움으로써 인접 케이스를 인터로킹하여 구조물의 안정성을 개선한 것이다.

이러한 오픈 셀 케이스는 사석 마찰력에 의해 인접 케이스와의 평활화 효과를 실현하고, 사석에 의한 저면 마찰력 증대로 활동 저항을 증가시키는 이점을 갖는바, 케이스 수량 감소에 의한 경제성 개선, 저면 및 측면 사석 마찰력에 의한 활동 저항력 증대, 수직 방향으로 형태가 일정하므로 시공성이 개선되는 효과를 갖는다.



[그림 3-4] 평가대상특허들의 적용분야

## 2 권리범위

제1평가대상특허는 2015년 08월 28일자로 출원되어 현재 적법하게 등록 중인 특허로서, 케이스 구조물 및 그 시공방법과 관련된 2개의 카테고리 총 14개의 청구항으로 이루어져 있다.

본 특허는 심사과정에서 거절이유가 발견되어 의견제출통지를 받았고, 보정서와 함께 의견서를 제출함으로써 거절이유를 극복하여 2016년 01월 13일자로 등록되었다.

청구항은 2개의 독립항(청구항 1, 청구항 8)과 나머지 독립항을 한정하는 12개의 종속항으로 구성되어 있다.

시공 방법과 관련된 독립항인 청구항 8항은 케이스 구조물에 대한 청구항 1과 실질적으로 발명의 내용이 동일하므로, 이하에서는 본 권리범위 분석은 가장 넓은 청구범위를 가지는 독립항인 청구항 1을 중심으로 살펴보겠다. 독립항인 청구항 1의 구성을 살펴보면 아래 [표 3-2]와 같다.

[표 3-2] 제1평가대상특허의 권리범위

구성요소	내 용
케이스 구조물	기초사석에 의해 해저에 형성된 마운드 상부에 거치되는 케이스 구조물로서
케이스	상방으로 개방된 셀을 구비
셀	상기 케이스의 중앙부에는 벽체에 의해 구분되는 폐쇄형 셀이 구비되고, 상기 케이스의 측면에는 옆면과 하면이 개방된 형태의 오픈 셀이 구비
오픈셀	상기 오픈 셀은 상기 케이스의 측벽에서 외측 방향으로 각각 돌출 연장 형성되는 전후면부재에 의해 규정
전후면부재	상기 전후면부재의 한 변의 길이는 셀의 한 변의 길이에 대해 35 ~ 60 % 인 케이스를 사용
인터셀	개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀에 의해 형성되는 인터셀
채움재	오픈 셀이 서로 마주하도록 복수 개의 상기 케이스가 일렬로 설치되고, 각각의 셀에 채움재가 채워지며, 인터셀 공간에 0.015 m <sup>3</sup> /EA ~ 0.03 m <sup>3</sup> /EA 의 규격을 가지는 규격석 형태의 채움재가 채워져 인터셀 내부의 채움재가 플렉시블한 상태를 유지

청구항 1항은 케이스 구조물, 케이스, 셀, 오픈셀, 전후면부재, 인터셀, 채움재를 포함하는 것으로 기재되어 있다. 또한, 폐쇄형 셀은 케이스의 중앙부에 형성되고, 벽체에 의해 구분되며, 오픈 셀은 전후면부재에 의해 규정되며, 전후면부재의 한 변의 길이는 폐쇄형 셀의 한 변의 길이의 35~60%인 것으로 기재되어 있다.

또한, 인터셀 공간에는 0.015 m<sup>3</sup>/EA ~ 0.03 m<sup>3</sup>/EA 의 규격을 가지는 규격석 형태의 채움재가 플렉시블한 상태를 유지하면서 채워져 있는 것으로 기재되어 있다.

폐쇄형 셀이 중앙부에 형성된다는 기재, 오픈 셀이 케이스의 측벽에 형성된다는 기재, 서로 마주하

는 두 오픈 셀에 의해 인터셀이 형성된다는 기재는 제1평가대상특허의 발명의 기술사상을 나타내기 위한 필수적인 한정 사항이라 판단된다.

다만, 오픈 셀이 전후면부재에 의해 규정된다는 기재, 전후면부재의 한 변의 길이를 오픈 셀의 한 변의 길이에 대한 퍼센티지로 수치 한정된 기재, 인터셀 공간에 채워지는 채움재의 양을 수치 한정된 기재는 제1평가대상특허를 구성함에 있어서 필수적인 사항이라 보이지 않으므로, 불필요한 한정 사항이라 판단된다.

특히, 수치 한정과 관련된 기재는 제1평가대상특허에 의견제출통지에 대하여 한정 보정한 것으로, 물론 심사 과정에서 이러한 한정 보정 사항이 반영되어 등록결정되었지만, 이러한 수치와 관련된 기술적 의의, 임계적 의의를 뒷받침할 만한 충분한 실험 데이터가 기재되어 있지 않은 것에 비추어볼 때, 과연 특허성에 영향을 미칠 수 있는 수치 한정인 것인지는 의문이 든다.

결론적으로 제1평가대상특허의 핵심적인 기술사상의 내용에 비하여 청구항에 불필요한 한정 사항이 기재된 것으로 판단된다. 즉, 필수적 구성에 해당하지 않는 나머지 구성요소 및 수치 한정은 종속항에 기재했다면 권리범위가 더욱 넓게 형성될 수 있었을 것으로 보이는데, 제1평가대상특허의 권리범위는 다소 좁게 형성된 것으로 판단된다.

독립항인 청구항1과 관련하여 나머지 종속항들의 구성요소 및 시공 방법과 관련된 독립항(청구항 8), 청구항 8을 인용하는 종속항들의 구성요소는 아래와 같다.

[표 3-3] 제1평가대상특허 청구항 1, 청구항 8 및 종속항 구성

청구항	내용
제1항	[표 3-2] 참조
제2항	청구항 1에 있어서, 상기 전후면부재(14) 사이의 케이스 측벽에는, 상기 벽체(11)와 대응하는 위치 중 적어도 일 개소 이상의 위치에, 오픈 셀 영역에 사석이 플렉시블하게 채워졌을 때 하중 분산과 마찰력 발생을 위한 전단키(18)가 형성된 케이스 구조물.
제3항	청구항 1에 있어서, 상기 전후면부재(14)와 케이스 측벽 사이에는 전후면부재(14)에 걸리는 하중을 지탱하는 보강부로서 헌치(15)가 형성되는 케이스 구조물.
제4항	청구항 1 또는 청구항 2 또는 청구항 3에 있어서, 상기 전후면부재의 단부에는 마주하는 전후면부재가 서로 맞대응하도록 오목한 부분과 볼록한 부분이 형성된 케이스 구조물.
제5항	청구항 1 또는 청구항 2 또는 청구항 3에 있어서, 이웃하는 케이스 사이에 서로 마주하는 전후면부재(14)의 내면에는, 두 전후면부재(14)의 내면에 접하며 두 전후면부재(14) 사이의 간극을 차폐함으로써 채움재(30)가 두 전후면부재 사이의 간극을 통해 유출되는 것을 방지하는 덧멤부재(24)가 더 설치되는 케이스 구조물.
제6항	청구항 5에 있어서, 상기 덧멤부재(24)는 플렉시블한 러버(rubber) 또는 강체(rigid body) 형태의 패널인 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제7항	청구항 1 또는 청구항 2 또는 청구항 3에 있어서,



	상기 인터셀(22)에 채워지는 사석 형태의 채움재(30)는 플렉시블한 망 내부에 채워진 상태로 상기 인터셀(22)에 채워지는 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제8항	청구항 1 또는 청구항 2 또는 청구항 3의 케이스 구조물을 시공하는 방법으로서, 해지면 상면에 기초사석을 포설하여 마운드를 형성하는 단계; 마운드 상면을 평평하게 고르기하는 단계; 고르기한 마운드 상면에, 상기 오픈 셀(13)이 서로 마주하도록 복수 개의 케이스(10)를 측방으로 배열하며 정거치하여 인터셀(22)을 형성하는 단계; 및 정거치된 상기 케이스(10)의 셀(12)에 채움재를 채우고, 상기 인터셀(22)에는 상기 사석 형태의 채움재(30)를 채워 인터셀(22) 내부의 채움재(30)가 플렉시블하게 유지되도록 하는 단계;를 포함하는 케이스 시공 방법.
제9항	청구항 8에 있어서, 상기 케이스(10)를 정거치한 후 상기 인터셀(22)에 채움재를 채우기 전에, 이웃하는 케이스(10) 사이에 서로 마주하는 전후면부재(14)의 내측면에 덧댐부재(24)를 설치하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제10항	청구항 8에 있어서, 상기 사석 형태의 채움재(30)를 인터셀(22)에 채울 때, 상기 채움재(30)를 플렉시블한 망 내부에 채운 상태로 인터셀(22)에 채우는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제11항	청구항 8에 있어서, 상기 인터셀(22)에 사석 형태의 채움재(30)를 채우면서 채워진 사석 형태의 채움재(30)를 다지는 작업을 더 수행하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제12항	청구항 8에 있어서, 상기 상기 셀(12)과 인터셀(22)에 채움재를 채우는 단계는, 상기 셀(12)에 부분적으로 채움재를 채우는 제1단계; 제1단계 후 상기 인터셀(22)에 사석 형태의 채움재(30)를 모두 채우는 제2단계; 및 제2단계 후 상기 셀(12)에 채움재를 모두 채우는 제3단계;를 포함하는 인터록킹 구조물 시공 방법.
제13항	청구항 8에 있어서, 상기 셀(12)과 인터셀(22)을 채움재로 채운 후 상치블록을 설치하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제14항	청구항 8에 있어서, 상기 셀(12)과 인터셀(22)을 채움재로 채운 후 뒷채움사석을 포설하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.

제2평가대상특허는 2015년 12월 18일자로 출원되어 현재 출원 계속 중에 있는 특허로서, 케이스 구조물 및 그 시공방법과 관련된 2개의 카테고리로 총 19개의 청구항으로 이루어져 있으며, 본 특허는 제1평가대상특허의 분할출원에 해당된다.

청구항은 2개의 독립항(청구항 1, 청구항 12)과 나머지 독립항을 한정하는 17개의 종속항으로 구성되어 있다.

시공 방법과 관련된 독립항인 청구항 12항은 케이스 구조물에 대한 청구항 1과 실질적으로 발명의 내용이 동일하므로, 이하에서는 본 권리범위 분석은 가장 넓은 청구범위를 가지는 독립항인 청구항 1을 중심으로 살펴보겠다. 독립항인 청구항 1의 구성을 살펴보면 아래 [표 3-4]와 같다.

[표 3-4] 제2평가대상특허의 권리범위

구성요소	내 용
케이스 구조물	상방으로 개방된 복수 개의 셀을 구비하는 케이스를 기초사석에 의해 해저에 형성된 마운드 상부에 정거치한 케이스 구조물로서,
케이스	상기 케이스는 상방으로 개방된 셀을 구비
셀	상기 케이스의 중앙부에는 벽체에 의해 구분되는 폐쇄형 셀이 구비되고, 상기 케이스의 측면에는 옆면이 개방된 형태의 오픈 셀이 구비
오픈셀	상기 오픈 셀은 상기 케이스의 측벽에서 외측 방향으로 각각 돌출 연장 형성되는 전후면부재에 의해 규정
전후면부재	케이스의 측벽에서 외측 방향으로 각각 돌출 연장 형성
인터셀	오픈 셀이 서로 마주하도록 복수 개의 상기 케이스가 일렬로 설치되어 개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀에 의해 인터셀이 형성
채움재	각각의 셀에 채움재가 채워지고, 개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀에 의해 형성되는 인터셀 공간에 사석 형태의 채움재가 채워지되 마주하는 전후면 부재 사이의 틈으로 상기 채움재가 유출되지 않도록 하며 인터셀 내부의 채움재가 플렉시블한 상태를 유지

청구항 1항은 케이스 구조물, 케이스, 셀, 오픈셀, 전후면부재, 인터셀 및 채움재를 포함하는 것으로 기재되어 있다. 또한, 폐쇄형 셀은 케이스의 중앙부에 형성되고, 벽체에 의해 구분되며, 오픈 셀은 전후면부재에 의해 규정되며, 인터셀 공간에는 사석 형태의 채움재가 플렉시블한 상태를 유지하면서 채워져 있는 것으로 기재되어 있다.

폐쇄형 셀이 중앙부에 형성된다는 기재, 오픈 셀이 케이스의 측벽에 형성된다는 기재, 서로 마주하는 두 오픈 셀에 의해 인터셀이 형성된다는 기재는 제2평가대상특허의 발명의 기술사상을 나타내기 위한 필수적인 한정 사항이라 판단된다.

다만, 오픈 셀과 관련하여 “케이스의 측면에는 옆면이 개방된 형태의 오픈 셀”이라는 기재만으로 충분히 그 구조 파악이 가능함에도 불구하고, 전후면부재에 의해 규정된다고 부가 한정하여 기재한 것은 권리범위 측면에서 다소 아쉽게 느껴지지만, 제2제2평가대상특허는 전반적으로 권리범위가 넓게 기재된 것으로 판단된다. 독립항인 청구항1과 관련하여 나머지 종속항들의 구성요소 및 시공 방법

과 관련된 독립항(청구항 12), 청구항 12를 인용하는 종속항들의 구성요소는 아래와 같다.

[표 3-5] 제2평가대상특허 청구항 1, 청구항 12 및 종속항 구성

청구항	내용
제1항	[표 3-4] 참조
제2항	청구항 1에 있어서, 상기 전후면부재의 길이는 상기 인터셀(22)이 폐쇄형 셀(12)과 대응할 정도의 폭을 가지도록 설정된, 케이스 구조물.
제3항	청구항 1에 있어서, 상기 오픈 셀(13)의 하면은 개방된 형태인, 케이스 구조물.
제4항	청구항 1에 있어서, 상기 전후면부재(14)에 의해 규정되는 오픈 셀의 바닥부에는 상기 전후면부재(14) 및 케이스의 측벽과 일체로 형성된 저면부재(16)가 형성된, 케이스 구조물.
제5항	청구항 1에 있어서, 상기 전후면부재(14) 사이의 케이스 측벽에는, 상기 벽체(11)와 대응하는 위치 중 적어도 일 개소 이상의 위치에, 오픈 셀 영역에 사석이 플렉시블하게 채워졌을 때 하중 분산과 마찰력 발생을 위한 전단키(18)가 형성된, 케이스 구조물.
제6항	청구항 1에 있어서, 상기 전후면부재(14)와 케이스 측벽 사이에는 전후면부재(14)에 걸리는 하중을 지탱하는 보강부로서 현치(15)가 형성된, 케이스 구조물.
제7항	청구항 1에 있어서, 상기 전후면부재의 단부에는 마주하는 전후면부재가 서로 맞대응하도록 오목한 부분과 볼록한 부분이 형성된, 케이스 구조물.
제8항	청구항 1에 있어서, 상기 인터셀(22) 공간에 채워지는 사석 형태의 채움재는 0.015 m <sup>3</sup> /EA ~ 0.03m <sup>3</sup> /EA 의 규격을 가지는, 케이스 구조물.
제9항	청구항 1에 있어서, 이웃하는 케이스 사이에 서로 마주하는 전후면부재(14)의 내면에는, 두 전후면부재(14)의 내면에 접하며 두 전후면부재(14) 사이의 간극을 차폐함으로써 채움재(30)가 두 전후면부재 사이의 간극을 통해 유출되는 것을 방지하는 덧댐부재(24)가 더 설치되는, 케이스 구조물.
제10항	청구항 9에 있어서, 상기 덧댐부재(24)는 플렉시블한 러버(rubber) 또는 강체(rigid body) 형태의 패널인, 케이스 구조물.
제11항	청구항 1에 있어서, 상기 인터셀(22)에 채워지는 사석 형태의 채움재(30)는 플렉시블한 망 내부에 채워진 상태로 상기 인터셀(22)에 채워지는, 케이스 구조물.
제12항	청구항 1 내지 청구항 11 중 어느 한 항의 케이스 구조물을 시공하는 방법으로서, 해저면 상면에 기초사석을 포설하여 마운드를 형성하는 단계; 마운드 상면을 평평하게 고르기하는 단계; 고르기한 마운드 상면에, 상기 오픈 셀(13)이 서로 마주하도록 복수 개의 케이스(10)를 측방으로 배열하며 정거치하여 인터셀(22)을 형성하는 단계; 및 정거치된 상기 케이스(10)의 셀(12)에 채움재를 채우고, 상기 인터셀(22)에는 상기 사석 형태의 채움재(30)를 채워 인터셀(22) 내부의 채움재(30)가 플렉시

	블하게 유지되도록 하는 단계;를 포함하는 케이스 시공 방법.
제13항	청구항 12에 있어서, 상기 인터셀(22)에 채워지는 사석 형태의 채움재(30)는 0.015 m <sup>3</sup> /EA ~ 0.03m <sup>3</sup> /EA 의 규격을 가지는 규격석 형태인 케이스 시공 방법.
제14항	청구항 12에 있어서, 상기 사석 형태의 채움재(30)를 인터셀(22)에 채울 때, 상기 채움재(30)를 플렉시블한 망 내부에 채운 상태로 인터셀(22)에 채우는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제15항	청구항 12에 있어서, 상기 사석 형태의 채움재(30)를 인터셀(22)에 채울 때, 상기 채움재(30)를 플렉시블한 망 내부에 채운 상태로 인터셀(22)에 채우는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제16항	청구항 12에 있어서, 상기 인터셀(22)에 사석 형태의 채움재(30)를 채우면서 채워진 사석 형태의 채움재(30)를 다지는 작업을 더 수행하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제17항	청구항 12에 있어서, 상기 상기 셀(12)과 인터셀(22)에 채움재를 채우는 단계는, 상기 셀(12)에 부분적으로 채움재를 채우는 제1단계; 제1단계 후 상기 인터셀(22)에 사석 형태의 채움재(30)를 모두 채우는 제2단계; 및 제2단계 후 상기 셀(12)에 채움재를 모두 채우는 제3단계;를 포함하는 인터록킹 구조물 시공 방법.
제18항	청구항 12에 있어서, 상기 셀(12)과 인터셀(22)을 채움재로 채운 후 상치블록을 설치하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제19항	청구항 12에 있어서, 상기 셀(12)과 인터셀(22)을 채움재로 채운 후 뒷채움사석을 포설하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.

제3평가대상특허는 2016년 04월 12일자로 출원되어 현재 출원 계속 중에 있는 특허로서, 케이스 구조물 및 그 시공방법과 관련된 2개의 카테고리 총 17개의 청구항으로 이루어져 있다.

청구항은 2개의 독립항(청구항 1, 청구항 13)과 나머지 독립항을 한정하는 15개의 종속항으로 구성되어 있다.

시공 방법과 관련된 독립항인 청구항 13항은 케이스 구조물에 대한 청구항 1과 실질적으로 발명의 내용이 동일하므로, 이하에서는 본 권리범위 분석은 가장 넓은 청구범위를 가지는 독립항인 청구항 1을 중심으로 살펴보겠다. 독립항인 청구항 1의 구성을 살펴보면 아래 [표 3-6]과 같다.

[표 3-6] 제3평가대상특허의 권리범위

구성요소	내 용
케이슨 구조물	기초사석에 의해 해저에 형성된 마운드 상부에 거치되는 케이슨 구조물로서
케이슨	상방으로는 개방되고 측면은 벽체에 의해 규정되는 폐쇄형 셀과, 상기 케이슨의 측면에 형성되되, 바깥쪽 측방은 개방된 형태의 오픈 셀을 구비되며,
오픈셀	상기 오픈 셀이 서로 마주하도록 복수 개의 상기 케이슨이 상기 마운드 상부에 일렬로 설치되고,
채움재	각각의 셀에 채움재가 채워지며,
인터셀	개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀에 의해 형성되는 인터셀
사석	인터셀 공간에 사석이 채워져서, 상기 인터셀 내부의 사석이 이웃하는 두 케이슨을 인터록킹하도록 한 것

청구항 1항은 케이슨 구조물, 케이슨, 오픈셀, 채움재, 인터셀, 사석을 포함하는 것으로 기재되어 있다. 또한, 폐쇄형 셀은 상방으로는 개방되고 측면은 벽체에 의해 규정되며, 오픈 셀은 케이슨의 측면에 형성되되, 바깥쪽 측방은 개방된 형태라고 기재되어 있다.

앞서 검토한 제1평가대상특허 및 제2평가대상특허와는 달리 폐쇄형 셀 및 오픈 셀에 대한 불필요한 한정 사항을 생략하고, 최소한의 한정만으로 권리범위를 최대화한 것으로 판단된다.

제3평가대상특허의 청구항 1항은 앞선 제1평가대상특허 및 제2평가대상특허와는 달리 케이슨이 마운드 상부에 설치된 것을 전제로 하고 있는바, 권리범위에 영향을 줄 만한 불필요한 한정 사항은 눈에 띄지 않는다.

결론적으로 제3평가대상특허는 권리범위가 넓게 기재된 것으로 판단된다. 독립항인 청구항1과 관련하여 나머지 종속항들의 구성요소 및 시공 방법과 관련된 독립항(청구항 13), 청구항 13을 인용하는 종속항들의 구성요소는 아래와 같다.

[표 3-7] 제3평가대상특허 청구항 1, 청구항 13 및 종속항 구성

청구항	내용
제1항	[표 3-6] 참조
제2항	청구항 1에 있어서, 상기 오픈 셀(13)을 규정하는 안쪽 측면에는, 오픈 셀 영역에 사석이 플렉시블하게 채워졌을 때 하중 분산과 마찰력 발생을 위한 전단키(18)가 형성된 것을 특징으로 하는 케이슨 구조물.
제3항	청구항 1에 있어서, 서로 이웃하는 케이슨의 인터셀(22)의 전면과 후면에는, 두 케이슨 사이의 간극을 차폐함으로써 사석이 상기 간극을 통해 유출되는 것을 방지하는 덧댐부재(24)가 더 설치된 것을 특징으로 하는 케이슨 구조물.
제4항	청구항 1에 있어서, 상기 케이슨의 중앙부에 위치하는 상기 폐쇄형 셀(12)의 적어도 일부는 바닥부재가 삭제된 형태인 것을 특징으로 하는 케이슨 구조물.
제5항	청구항 1에 있어서, 적어도 상기 오픈 셀(13)의 전면의 전방과 후면의 후방에 폐쇄형 셀(12)이 배

	치되는 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제6항	청구항 1에 있어서, 상기 케이스 상부에 상치콘크리트가 설치되는 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제7항	청구항 1에 있어서, 상기 케이스의 후방에 뒷채움사석이 포설되는 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제8항	청구항 1에 있어서, 상기 오픈 셀(13)은, 안쪽 측면과 전면과 후면은 막히고 상부와 하부와 바깥쪽 측방은 개방된 형태인 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제9항	청구항 8에 있어서, 상기 오픈 셀(13)의 하부는 일부 또는 전부 개방된 형태인 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제10항	청구항 1에 있어서, 상기 인터셀(22) 내부의 사석은 지속적으로 플렉시블한 상태를 유지하는 케이스 구조물.
제11항	청구항 8 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 인터셀(22) 공간에 채워지는 사석은 상기 마운드의 사석과 대응하는 규격인 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제12항	청구항 11에 있어서, 상기 인터셀(22) 공간에 채워지는 사석은 인터셀(22)의 개방된 하부를 통해 상기 마운드와 연결되는 것을 특징으로 하는 케이스 구조물.
제13항	청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항의 케이스 구조물을 시공하는 방법으로서, 해저면 상면에 기초사석을 포설하여 마운드를 형성하는 단계; 마운드 상면을 평평하게 고르기하는 단계; 고르기한 마운드 상면에, 상기 오픈 셀(13)이 서로 마주하도록 복수 개의 케이스(10)를 측방으로 배열하며 정거치하여 인터셀(22)을 형성하는 단계; 및 정거치된 상기 케이스(10)의 셀(12)에 채움재를 채우고, 상기 인터셀(22)에는 상기 기초사석과 대응하는 규격의 사석을 채워 인터셀(22) 내부의 사석이 마운드의 기초사석과 연결된 상태로 플렉시블하게 유지되도록 하는 단계;를 포함하는 케이스 시공 방법.
제14항	청구항 13에 있어서, 상기 케이스(10)를 정거치한 후 상기 인터셀(22)에 사석을 채우기 전에, 이웃하는 인터셀(22)의 전면과 후면의 간극 부분을 차폐하도록 전면과 후면에 각각 덧댐부재(24)를 설치하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제15항	청구항 13에 있어서, 상기 상기 셀(12)과 인터셀(22)에 채움재와 사석을 채우는 단계는, 상기 셀(12)에 부분적으로 채움재를 채우는 제1단계; 제1단계 후 상기 인터셀(22)에 사석을 모두 채우는 제2단계; 및 제2단계 후 상기 셀(12)에 채움재를 모두 채우는 제3단계;를 포함하는 인터록킹 구조물 시공 방법.
제16항	청구항 13에 있어서, 상기 셀(12)과 인터셀(22)을 채움재로 채운 후 상치블록을 설치하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.
제17항	청구항 13에 있어서, 상기 셀(12)과 인터셀(22)을 채움재로 채운 후 뒷채움사석을 포설하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 케이스 시공 방법.

## 3 | 선행기술조사

### 3.1 | 조사범위

특허정보 데이터베이스를 이용하여 본 기술 핵심특허와 관련하여 어느 정도의 유사성을 지니는 국내외 선행 관련특허기술조사를 실시하였다. 특허정보 데이터베이스로는 WIPS(www.wips.co.kr) 및 KIPRIS(www.kipris.or.kr)를 이용하였고, 한국, 일본, 미국, 유럽 및 국제출원의 선행기술을 대상으로 조사하였다.

[표 3-8] 검색 데이터베이스

국 가	사용 DB	사 용 문 헌	검 색 기 간
한 국	WIPS /KIPRIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>특허공개, 특허등록</li> <li>명칭 + 요약 + 청구항</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공개일/등록일</li> </ul>
미 국	WIPS /KIPRIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>공개(Applications), 등록(Granted)</li> <li>프론트 페이지 + 대표청구항</li> </ul>	
일본, 유럽	WIPS /KIPRIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>특허공개, 특허등록</li> <li>프론트 페이지 + 대표청구항</li> </ul>	

### 3.2 | 조사내용 및 조사 결과

본 특허에 대한 관련 선행기술 조사결과, 본 특허기술과 관련된 유관특허가 다수 검색되었으며, 이 중 동 특허기술과 관련성이 높은 유관특허를 우선적으로 선별하였다.

조사결과 본 평가대상특허들의 신규성 또는 진보성과 관련하여 문제가 될 만한 선행기술은 검색되지 않았다.



[표 3-9] 관련 선행기술 조사결과

No	관련 특허	국가	특허번호 (공개/등록일자)	발명의 명칭	출원인	관련도
1	제1평가대상특허	한국	2014-0049535 (2014.04.25.)	소파구조물의 케이스 및 이를 이용한 안벽, 방파제, 호안	삼성물산 주식회사	A
2		한국	10-0622804 (2006.09.04.)	저판강재를 이용한 세미-하이브리드 케이스	현대건설 주식회사	A
3	제2평가대상특허	일본	2007-2554 (2007.01.11.)	매립지 칸막이 호안	WORLD ENGINEERING KK	A
4		일본	1995-216903 (1995.08.15)	호안용 케이스 및 호안의 구축방법	TAISEI CORP	A
5	제3평가대상특허	일본	2003-193476 (2003.07.09.)	제벽의 구축방법, 케이스 및 케이스의 설치 구조	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	A
6		일본	2012-241481 (2012.12.10.)	충전재를 저장하는 유바닥 밀폐 구조의 벽체 구조물	WAKO CONCRETE KOGYO KK	A

X: 평가대상특허와 매우 유사한 기술(신규성 판단)

Y: 평가대상특허와 유사한 기술(진보성 판단)

A: 평가대상특허와 같은 기술 분야에 속하는 기술

E: 출원일 이후 발행 자료

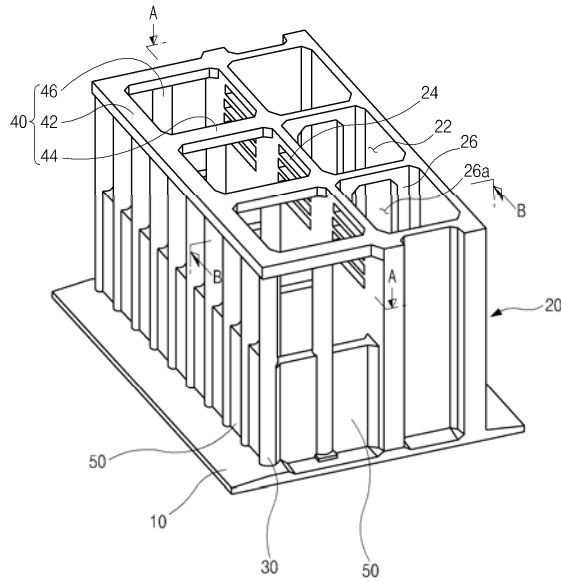
※ 자세한 사항은 [부록] 선행기술요지리스트 참조

이하 본 특허와 선행기술들을 비교하도록 하겠다.

### 가. 선행기술 1

선행기술 1(한국공개특허 제2014-0049535)과 제1평가대상특허는 폐쇄형 셀이 형성되고, 전후면부재에 의해서 규정되는 오픈 셀이 형성되어 있다는 점에서 유사한 점이 존재한다. 다만, 제1평가대상특허에서는 오픈 셀에 의해서 인터셀이 형성되고, 이러한 인터셀에 채움재가 채워지는바, 선행기술 1에는 인터셀 및 이러한 인터셀에 채워지는 채움재에 대하여 명시하고 있지 않다는 점에서 제1평가대상특허와는 차이점이 존재한다.

또한, 제1평가대상특허에는 전후면부재의 한 변의 길이를 폐쇄형 셀의 한 변의 길이에 대하여 수치 한정하고 있고, 채움재의 규격을 수치 한정하고 있으나, 선행기술 1에는 이와 관련된 수치 한정 요소가 개시되어 있지 않다는 점에서 제1평가대상특허와 차이점이 존재한다.

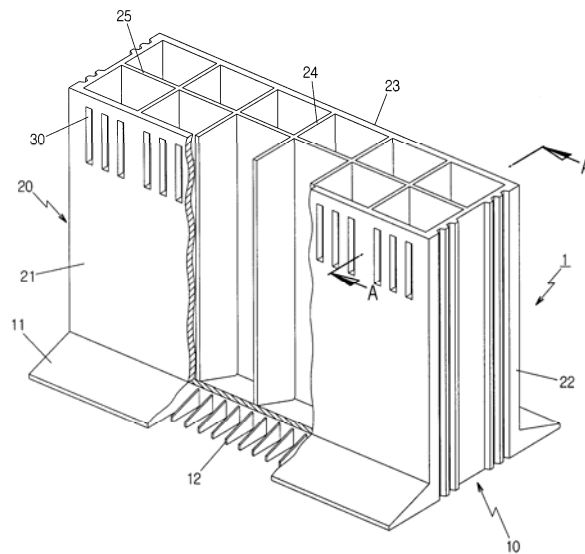


[그림 3-5] 선행기술 1

### 나. 선행기술 2

선행기술 2(한국등록특허 제0622804)는 벽체의 내부 공간이 종격벽과 중간벽에 의해 격자 형태로 구획되어 있어서 제1평가대상특허의 폐쇄형 셀에 대응되는 구성이 형성되어 있다는 점에서 제1평가대상특허의 구성과 유사하나, 오픈 셀 및 인터셀과 대응되는 구성이 개시되어 있지 않다는 점에서 차이점이 존재한다.

또한, 제1평가대상특허에는 전후면부재의 한 변의 길이를 폐쇄형 셀의 한 변의 길이에 대하여 수치 한정하고 있고, 채움재의 규격을 수치 한정하고 있으나, 선행기술 2에는 이와 관련된 수치 한정 요소가 개시되어 있지 않다는 점에서 제1평가대상특허와 차이점이 존재한다.

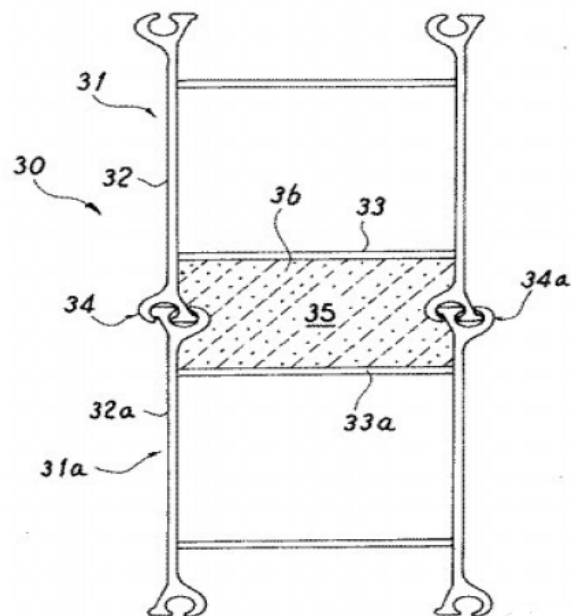


[그림 3-6] 선행기술 2

### 다. 선행기술 3

선행기술 3(일본특허공개 제2007-2554)는 케이스에 대해서 소정의 간격을 두고 설치되는 차수벽에 관한 것으로, 서로 인접하는 시트 파일 사이에 차수재를 충전하는 것을 기술적 특징으로 한다. 선행기술 3의 시트 파일에는 제2평가대상특허의 폐쇄형 셀 및 오픈셀에 대응되는 구성이 존재하고, 서로 인접하는 오픈 셀에 의해 제2평가대상특허의 인터셀에 대응되는 공간이 형성되며, 시트 파일 내부에 충전되는 차수재는 제2평가대상특허의 채움재와 대응된다는 점에서 유사한 점이 존재한다.

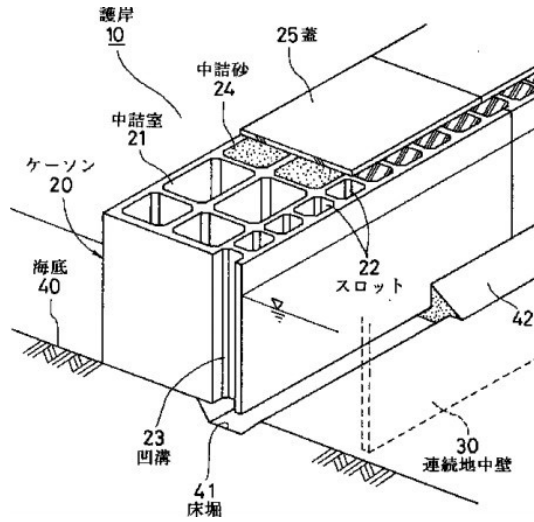
그러나, 선행기술 3은 제2평가대상특허와는 달리 케이스 구조에 관한 것은 아니어서 기술분야가 상이하고, 시트 파일에 후크 구조가 형성되어 인접하는 시트 파일이 결합되므로, 차수재가 시트 파일을 인터록킹시킬 수 없다는 점에서 제2평가대상특허와는 차이점이 존재한다.



[그림 3-7] 선행기술 3

### 라. 선행기술 4

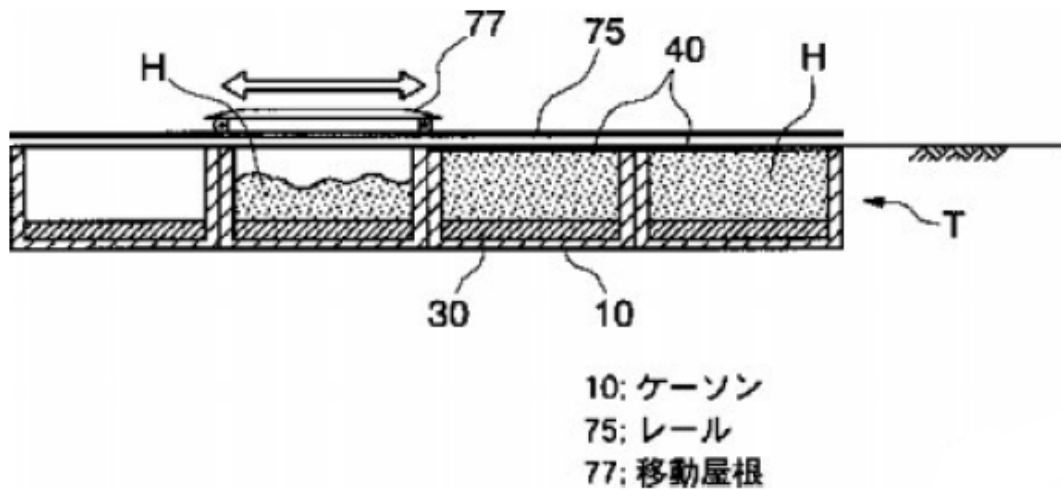
선행기술 4(일본공개 1995-216903)는 중앙부에 제2평가대상특허의 폐쇄형 셀과 대응되는 격자 구조가 형성되어 있다는 점, 케이스가 마운드 상부에 설치된다는 점에서 공통점을 갖지만, 제2평가대상특허의 오픈 셀, 인터셀, 사석과 대응되는 구성이 개시되어 있지 않다는 점에서 차이점을 갖는다.



[그림 3-8] 선행기술 4

마. 선행기술 5

선행기술 5(일본공개특허 2003-193476)는 제3평가대상특허의 폐쇄형 셀, 사석 및 케이슨이 그라운드 상에 배치된다는 점에서 공통점을 가지지만, 제3평가대상특허의 오픈 셀, 인터셀과 대응되는 구성이 존재하지 않는다는 점에서 차이점을 갖는다.

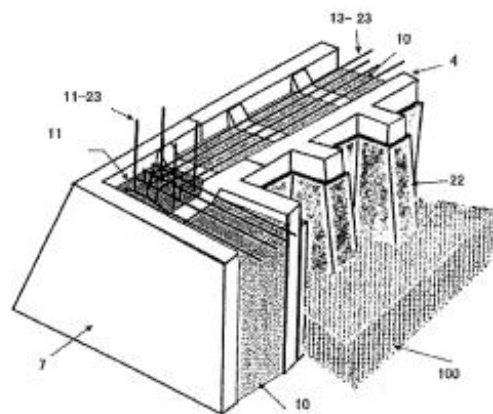


[그림 3-9] 선행기술 5

## 바. 선행기술 6

선행기술 6(일본공개특허 2012-241481)은 제2평가대상특허의 폐쇄형 셀, 오픈 셀 및 사석과 대응되는 구성을 갖는다는 점에서 공통점을 갖는다.

다만, 오픈 셀이 서로 인접하여 형성되는 인터셀에 대해서는 명시적으로 개시하지 않고 있으며, 케이스이 마운드 상에 일렬로 배치되는 구성 역시 명시적으로 개시되어 있지 않다는 점에서 제3평가대상특허와는 차이점이 존재한다.



[그림 3-10] 선행기술 6

## 4 권리분석 및 의견

권리분석 및 평가의견에서는 본 기술을 사업화함에 있어 권리적 측면에 있어서 고려해야할 요소들에 대해 살펴보겠다.

기술의 사업화에 있어 권리와 관련하여 살펴보아야 할 점은 크게 2가지 관점이다. 첫째는 본 기술과 관련하여 제3자의 모방으로부터 안전하게 보호받음으로써 시장에서의 경쟁력 및 지배력을 유지시킬 수 있느냐에 대한 것이다. 그리고 두 번째는 본 기술을 사업화함에 있어 타인의 선 등록 특허로 인해 본 기술 적용 제품의 사업에 있어 권리적 Risk 요인이 있는지 없는지를 살펴 그에 대한 대응 방안을 마련하는 것이다.

### 4 / 1 권리의 안정성

제1평가대상특허는 독립항에서 케이스 구조물이 폐쇄형 셀, 오픈 셀, 전후면부재, 인터셀 채움재를 포함하되, 오픈 셀은 전후면부재에 의해 규정되고, 전후면부재 한 변의 길이가 폐쇄형 셀 한 변의 길이의 특정 %로 한정되며, 인터셀 공간에는 특정 규격을 갖는 규격석 형태의 채움재가 채워지는 것으로 기재하고 있다.

제1평가대상특허는 심사과정에서 신규성 및 진보성을 이유로 거절이유를 통지받자, 전후면부재의 한 변의 길이 및 채움재를 수치 한정하면서 보정하여 등록받은 것으로 판단된다. 이러한 제1평가대상특허에 대하여는 선행기술에서도 특허성을 의심할만한 자료는 검색되지 않았다.

특히 독립항에 기재된 필수적 구성요소들은 구체적으로 한정되어 있으므로, 제1평가대상특허는 무효 가능성이 매우 낮으며 권리 안정성은 높은 편이라 판단된다.

제2평가대상특허는 제1평가대상특허의 분할출원에 해당되며, 현재 심사 진행 중에 있고, 제3평가대상특허는 역시 현재 심사 진행 중에 있으며, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허와 관련하여 선행기술에서도 특허성을 의심할만한 자료는 검색되지 않았다.

제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 특허 가능성이 높고, 다수의 종속항으로 구성요소를 한정, 부가, 구체화하고 있으므로, 등록 이후에도 무효 가능성은 매우 낮으므로, 권리 안정성은 높은 편이라 판단된다.

### 4 / 2 권리범위의 광협

앞서 '권리범위 분석' 목차에서 살핀 바와 같이, 제1평가대상특허는 권리범위에 몇 가지 불필요한 한정사항이 있는 것으로 판단된다. 다시 말해, '케이스의 측면에서 외측 방향으로 돌출 연장된 전후면부재(14)에 의해 규정되는 오픈 셀(13)', '전후면부재의 한 변의 길이는 셀(12)의 한 변의 길이에 대해 35 ~ 60 % 인 케이스를 사용', '인터셀에는 0.015 m<sup>3</sup>/EA ~ 0.03 m<sup>3</sup>/EA 의 규격을 가지는 규격석 형태의 채움재'라는 기재는 권리범위를 협소하게 만드는 기재이다.

심사과정에서 심사관이 제시한 거절이유를 해소를 위한 방안이었다 하더라도, 수치 한정 부분이 아닌 케이스 구조와 관련된 다른 구성을 이용하여 보정하였다면 하는 아쉬움이 있다. 제1평가대상 특허는 위에서 언급한 수치 한정사항으로 인하여 제3자의 회피설계가 비교적 용이하고 침해성립의 주장이 쉽지 않을 것으로 판단되는바, 권리범위가 다소 좁은 편이다.

제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 필수적 구성요소 및 기능적인 표현을 이용하여 권리범위를 넓게 기재하였으며, 현재 출원 상태로 등록되는 경우 제3자에 대한 침해성립 주장은 제1평가대상특허에 비하여 상대적으로 용이할 것으로 판단되는바, 권리범위가 다소 넓은 것으로 판단된다. 다만, 심사과정에서 거절이유통지가 된다면, 제1평가대상특허와는 달리 권리범위 협소화를 최소화하는 선에서 보정하고, 의견제출을 통하여 등록받는 것이 바람직할 것이다.

#### 4 / 3 권리의 경쟁성

평가대상특허는 케이스 구조물 및 그 시공방법에 관련된 것으로, 케이스의 측벽에 오픈 셀을 형성하고, 이러한 오픈 셀이 서로 마주보도록 케이스를 배치하여 인터셀을 형성한 후, 인터셀에 사석 또는 규격석 형태의 채움재를 채워 넣음으로써 항만 구조물의 안정성 및 경제성을 제고한 기술이다.

파력 등 외력에 대해 연대하여 저항할 수 있어서 구조물의 안정성이 개선되고, 오픈 셀 도입으로 10% 이상의 케이스 제작 재료비 절감이 가능하며, 태풍 등에 의한 방파제, 안벽 피해 발생 시 원천적 차단으로 관련 유지보수 예산 대폭 절감 가능한 것은 물론, 기후 변화 영향으로 이상 현상 대응에 활용이 가능한 기술로, 외력에 대한 저항 가능한 구조물을 필요로 하는데 적용 가능할 것으로 판단된다.

다만, 제1평가대상특허는 권리범위가 다소 좁고 제3자의 회피 가능성도 존재하므로 권리 경쟁성은 평균 수준으로 판단되고, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 현재 심사 중에 있으므로 등록 시의 권리범위에 따라 권리 경쟁성이 달리 판단될 수도 있지만, 현재 단계에서는 권리 경쟁성이 다소 높은 편이라 판단된다.

#### 4 / 4 사업관련성 및 제품적용여부

사업관련성은 독립적 사업단위를 전제로 사업화를 추진하거나 수행하고 있을 때 평가대상특허들이 실질적으로 사업을 어느 정도 보호할 수 있는지 또는 얼마나 권리행사를 통해 경쟁자의 시장진입을 억제할 수 있는지를 판단하기 위한 것이다.

해양과학기술원은 고급 생물자원, 광물 자원에 대한 연구는 물론, 항만, 항도 인프라 구축과 관련된 연구 사업을 진행하고 있고, 잠재적인 기술수요자(항만시설물 시공업체)의 사업분야와도 관련성이 높다고 판단된다. 아래에서 제1평가대상특허의 독립항 1항을 중심으로 청구항의 구성요소와 생산제품을 비교 검토하였다. 검토한 결과, 아래 표에서 보는 바와 같이 일부 구성요소(수치 한정 사항)를 제외하고는 전반적으로 제1평가대상특허의 각 구성요소가 실제 실험체에 적용되고 있으며 향후 시공 현장에 적용 가능성이 높은 것으로 파악되었다.



[표 3-10] 제1평가대상특허 청구항 1의 제품적용여부

구성요소	적용여부
① 기초사석에 의해 해저에 형성된 마운드 상부에 거치되는 케이스 구조물로서, 상기 케이스는:	○
② 상방으로 개방된 셀(12, 13)을 구비하되,	○
③ 상기 케이스(10)의 중앙부에는 벽체(11)에 의해 구분되는 폐쇄형 셀(12)이 구비되고, 상기 케이스의 측면에는 옆면과 하면이 개방된 형태의 오픈 셀(13)이 구비되며,	○
④ 상기 오픈 셀은 상기 케이스의 측벽에서 외측 방향으로 각각 돌출 연장 형성되는 전후면부재(14)에 의해 규정되고,	○
⑤ 상기 전후면부재의 한 변의 길이는 셀(12)의 한 변의 길이에 대해 35 ~ 60 % 인 케이스를 사용하되,	△
⑥ 오픈 셀(13)이 서로 마주하도록 복수 개의 상기 케이스(10)이 일렬로 설치되고, 각각의 셀(12)에 채움재(30)가 채워지며,	○
⑦ 개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀(13)에 의해 형성되는 인터셀(22) 공간에 0.015 m <sup>3</sup> /EA~0.03 m <sup>3</sup> /EA 의 규격을 가지는 규격석 형태의 채움재(30)가 채워져 인터셀(22) 내부의 채움재가 플렉시블한 상태를 유지	△
검토결과	
검토 결과 각 구성요소가 실제 현장에 적용되고 있는 것으로 판단되며, 전후면부재의 한 변의 길이 및 채움재 규격 역시 적용되고 있을 것으로 추정됨.	

아래에서 제2평가대상특허의 독립항 1항을 중심으로 청구항의 구성요소와 생산제품을 비교 검토하였다. 검토한 결과, 아래 표에서 보는 바와 같이 각 구성요소가 실제 실험체에 적용되고 있으며 향후 시공현장에 적용 가능성이 높은 것으로 파악되었다.

[표 3-11] 제2평가대상특허 청구항 1의 제품적용여부

구성요소	적용여부
① 상방으로 개방된 복수 개의 셀(12, 13)을 구비하는 케이스(10)를 기초사석에 의해 해저에 형성된 마운드 상부에 정거치한 케이스 구조물로서,	○
② 상기 케이스는 상방으로 개방된 셀(12, 13)을 구비하되,	○
③ 상기 케이스(10)의 중앙부에는 벽체(11)에 의해 구분되는 폐쇄형 셀(12)이 구비되고, 상기 케이스의 측면에는 옆면이 개방된 형태의 오픈 셀(13)이 구비되며,	○

④ 상기 오픈 셀은 상기 케이스의 측벽에서 외측 방향으로 각각 돌출 연장 형성되는 전후면부재(14)에 의해 규정되고,	○
⑤ 오픈 셀(13)이 서로 마주하도록 복수 개의 상기 케이스(10)이 일렬로 설치되어 개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀(13)에 의해 인터셀(22)이 형성되며,	○
⑥ 각각의 셀(12)에 채움재(30)가 채워지고,	○
⑦ 개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀(13)에 의해 형성되는 인터셀(22) 공간에 사석 형태의 채움재(30)가 채워지되 마주하는 전후면 부재 사이의 틈으로 상기 채움재가 유출되지 않도록 하며 인터셀(22) 내부의 채움재가 플렉시블한 상태를 유지	○
<b>검토결과</b>	
제공된 자료를 검토한 결과, 실험체에 각 구성요소가 적용되고 있으며, 향후 실제 시공현장에서 적용 가능성이 높은 것으로 판단됨	

아래에서 제3평가대상특허의 독립항 1항을 중심으로 청구항의 구성요소와 생산제품을 비교 검토하였다. 검토한 결과, 아래 표에서 보는 바와 같이 각 구성요소가 실제 실험체에 적용되고 있으며 향후 시공현장에 적용 가능성이 높은 것으로 파악되었다.

[표 3-12] 제3평가대상특허 청구항 1의 제품적용여부

구성요소	적용 여부
① 기초사석에 의해 해저에 형성된 마운드 상부에 거치되는 케이스 구조물로서, 상기 구조물에 사용되는 케이스는:	○
② 상방으로는 개방되고 측면은 벽체(11)에 의해 규정되는 폐쇄형 셀(12)과, 상기 케이스의 측면에 형성되되, 바깥쪽 측방은 개방된 형태의 오픈 셀(13)을 구비하되,	○
③ 상기 케이스(10)의 중앙부에는 벽체(11)에 의해 구분되는 폐쇄형 셀(12)이 구비되고, 상기 케이스의 측면에는 옆면이 개방된 형태의 오픈 셀(13)이 구비되며,	○
④ 상기 오픈 셀(13)이 서로 마주하도록 복수 개의 상기 케이스(10)이 상기 마운드 상부에 일렬로 설치되고,	○
⑤ 각각의 셀(12)에 채움재(30)가 채워지며,	○
⑥ 개방부가 서로 마주하는 두 오픈 셀(13)에 의해 형성되는 인터셀(22) 공간에 사석이 채워져서, 상기 인터셀(22) 내부의 사석이 이웃하는 두 케이스를 인터록킹 하도록 한 것	○
<b>검토결과</b>	
제공된 자료를 검토한 결과, 실험체에 각 구성요소가 적용되고 있으며, 향후 실제 시공현장에서 적용 가능성이 높은 것으로 판단됨	

## 5 권리성 종합의견

제1평가대상특허(제10-1613886호), 제2평가대상특허(한국특허출원 제10-2015-0181590) 및 제3평가대상특허(한국특허출원 제10-2016-0044855호)은 모두 케이스 구조물 및 시공 방법과 관련된 것으로, 서로 마주보는 오픈 셀을 이용하여 인터셀을 형성하고, 인터셀에 규격석 또는 사석 형태의 채움재를 채우는 것을 기술적 특징으로 한다.

권리범위 안정성과 관련하여 제1평가대상특허는 등록 후 유효하게 존속 중인 특허로서, 선행기술조사 결과 신규성이나 진보성에 문제가 될 만한 선행기술은 발견되지 않았으므로, 권리의 안정성이 높은 편에 속한다고 판단된다. 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 현재 출원 계속 중인 특허로 등록 가능성 높고, 청구항의 개수가 풍부하게 기재되어 있으므로 등록된 이후에도 권리 안정성은 높을 것으로 판단된다.

권리범위의 광협과 관련해서는 제1평가대상특허는 불필요한 한정사항이 있어서 제3자의 회피설계가 비교적 용이하므로 좁다고 판단되며, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 상대적으로 권리범위가 넓은 것으로 판단된다.

또한 권리범위의 충실성은 제1평가대상특허, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허 모두 충실한 것으로 판단된다.

한편 제1평가대상특허 내지 제3평가대상특허는 케이스 구조물과 관련된 것으로, 잠재적인 기술수요자(항만구조물 시공업체)의 기술사업과 관련성이 높은 것으로 파악되며, 제품적용여부와 관련하여서는 향후 시공과정에서 적용 가능성이 높은 것으로 파악되었다.

## IV. 시장성 분석

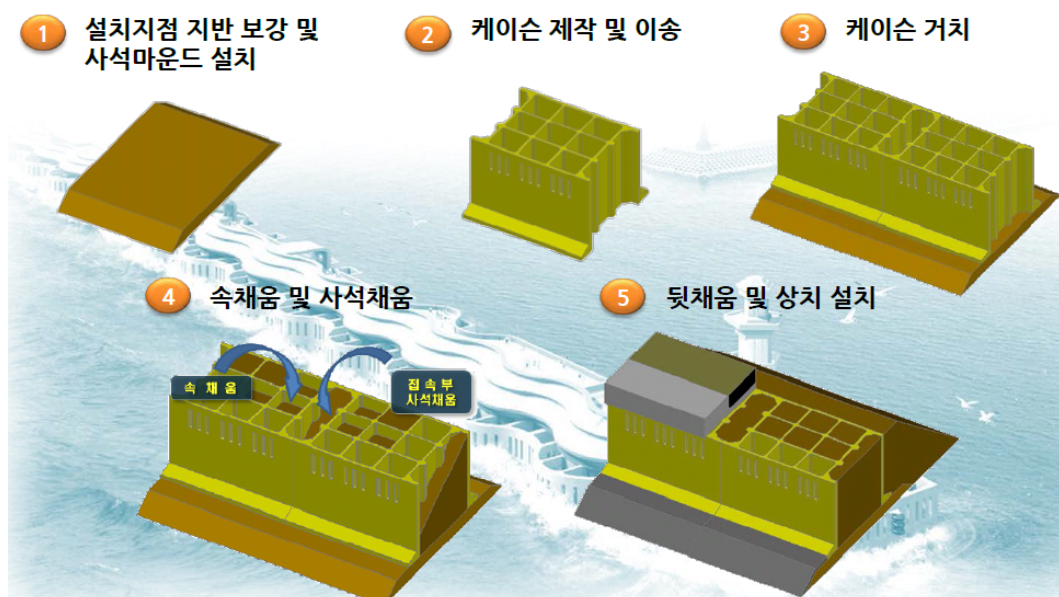
### 1 평가대상 기술제품 및 시장

#### 1/1 기술제품 개요

본 평가대상 기술제품은 기존의 케이슨에 케이슨의 셀 일부를 오픈시킨 셀을 도입하여 케이슨식 항만구조물을 장대화함으로써 구조물 시공비용의 절감이 가능하고, 마주한 오픈 셀로 인해 생기는 인터셀에 사석을 채움으로써 인접 케이슨과의 인터로킹이 가능하여 구조물 안정성을 높일 수 있는 오픈 셀 케이슨이다.

케이슨은 항만 건설시 필수적으로 사용되는 구조체로서 방파제, 안벽 등 항만의 중요 시설에 적용되고 있다. 한국해양과학기술원의 오픈 셀 케이슨은 종래의 개별식 케이슨 구조물에 비해 벽체의 개수를 줄여 제작비를 절감하면서도 시공방법에 거의 차이가 없고, 이웃하는 케이슨을 플렉시블한 사석으로 인터로킹시켜 외력에 대하여 연대하여 저항하면서도 지반의 부등침하에 각 케이슨이 독립적으로 대응할 수 있는 특징을 지닌다.

오픈 셀 케이슨은 기존 케이슨을 적용한 경우에 비하여 각 케이슨별로 측벽 하나씩을 줄일 수 있어 자재비용을 크게 절약하는 것이 가능함은 물론, 기존의 인터로킹 방법에 비해 시공이 매우 단순하여 인터로킹을 위해 수중 작업을 하거나 별도의 장비를 더 동원할 필요가 없다.



[그림 4-1] 한국해양과학기술원에서 개발한 오픈 셀 케이슨의 시공도

## 1 / 2 시장 개요

본 평가대상 기술제품인 한국해양과학기술원의 오픈 셀 케이스는 표준산업분류(KSIC)상 기타 토목 시설물 건설업(F41229)으로 분류할 수 있다.

오픈 셀 케이스를 제조·설치하는 해당산업의 후방 산업은 원재료인 콘크리트, 철근 등을 제조 판매 하는 관련 제조업이며, 전방산업은 오픈 셀 케이스가 사용되는 항만 등의 토목 건설업이다.

[표 4-1] 평가대상기술제품 관련 산업 구조도

후방산업	해당산업	전방산업
철근 및 콘크리트 제조업	기타 토목시설물 건설업	토목 건설업
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철근 제조/판매</li> <li>• 콘크리트 제조/판매</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이스 제조/시공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항만 건설</li> </ul>

본 기술제품의 목표시장은 오픈 셀 케이스 시장이며, 전방산업인 항만 건설 시장의 영향을 받는 시장으로 볼 수 있다.

이에 따라 본 분석에서는 항만 건설 시장 분석을 기반으로 오픈 셀 케이스 산업 및 시장 현황을 분석하고 향후 시장 규모를 전망하고자 한다.

다만, 평가대상 기술제품은 향후 당분간 국내의 항만 건설에 제한되는 것으로 사료되는 바, 본 시장성 분석은 국내시장만을 대상으로 하기로 한다.

## 2 / 산업 동향

### 2 / 1 산업의 개요

방파제는 구조 형식에 따라 기본적으로 경사제, 직립제, 혼성제 등으로 구분된다. 경사제는 사석 또는 콘크리트 블록을 해중에 투입하여 양면이 자연경사가 되도록 하는 구조이고, 직립제는 전면이 연직인 벽체를 수중에 설치하는 구조이며, 혼성제는 사석 마운드 위에 직립부를 설치하는 구조이다. 또한 이러한 방파제의 항외측 전면에 소파블록을 설치한 방파제를 소파블록 피복제로 분류하기도 한다.

[표 4-2] 방파제의 종류

구분	내용
경사제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사석 또는 콘크리트 블록을 해중에 투입하여 양면이 자연경사가 되도록 하는 구조</li> <li>• 사면상의 쇄파 및 투수성과 조도에 의하여 파랑의 에너지를 소산시키거나 반사시켜 파랑의 진입을 차단</li> </ul>
직립제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전면이 연직인 벽체를 수중에 설치하는 구조</li> <li>• 파랑의 에너지를 반사시켜 파랑의 항내 진입을 차단</li> </ul>
혼성제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사석 마운드 위에 직립부를 설치하는 구조</li> <li>• 파고에 비하여 사석부 마루가 높은 경우에는 경사제에 가깝고 낮은 경우에는 직립제에 가까운 형태를 보임</li> </ul>
소파블록 피복제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직립제 또는 혼성제의 전면에 소파블록을 설치한 구조</li> <li>• 소파블록으로 파랑의 에너지를 소산시키며, 직립부는 파랑의 투과를 억제하는 기능을 가짐</li> </ul>

※ 출처 : 한국항만협회([www.koreaports.or.kr](http://www.koreaports.or.kr))

통계청의 “항만시설현황”에 따르면 국내의 방파제 규모(총 길이)는 2009년 73,117m, 2011년 78,234m, 2014년 79,761m로 조사되었다.

[표 4-3] 국내 방파제 규모 현황

		(단위 : m)					
항만별	항구별	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
총계	총계	73,117	75,427	78,234	79,264	81,071	79,761
무역항	무역항 소계	54,001	54,658	57,813	57,903	58,556	58,308
	경인	0	0	0	0	0	0
	인천	2,233	2,233	2,113	2,113	2,113	2,423
	서울	0	0	0	0	0	
	평택·당진	240	240	605	605	605	1,006
	대산	660	660	870	870	870	870
	태안	0	0	0	0	0	0
	보령	0	0	0	0	0	0
	장항	3,993	3,993	0	0	0	0
	군산	0	0	3,993	3,993	3,993	4,323
	목포	0	0	0	0	0	0
	완도	550	550	550	550	550	915

항만별	항구별	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
	여수	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176	2,573
	광양	0	0	0	0	0	0
	하동	0	0	0	0	0	0
	삼천포	2,377.6	2,337.6	2,337.6	2,338	2,338	2,376
	통영	1,477	1,477	1,477	1,477	1,608	1,528
	장승포	226	226	226	226	248	248
	옥포	1,495	1,555	1,555	1,555	1,555	1,579
	고현	0	0	0	0	0	0
	마산	650	650	650	650	650	650
	진해	372	372	372	372	372	497
	부산	6,069	6,069	6,069	4,626	4,626	5,216
	울산	7,078	7,548	7,588	7,588	7,588	7,813
	포항	12,052	12,052	12,052	13,085	13,585	9,856
	호산	0	0	0	500	500	3,210
	삼척	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030
	동해.묵호	1,030	1,030	3,280	3,280	3,280	3,410
	옥계	2,003	2,003	2,003	2,003	2,003	1,305
	속초	1,664	1,831	1,851	1,851	1,851	1,394
	제주	4,794	4,794	5,184	5,184	5,184	4,255
	서귀포	1,831	1,831	1,831	1,831	1,831	1,831
연안항	연안항 소계	19,116	20,769	20,421	21,361	22,515	21,453
	용기포	170	170	550	550	550	550
	연평도	991	991	991	1,121	1,121	1,121
	대천	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,230
	비인	879	879	880	880	1,310	1,310
	송공	0	0	0	0	0	0
	흥도	200	102	100	200	200	100
	대흑산도	1,438	1,438	1,438	1,438	1,438	-
	흑산도	-	-	-	-	-	1,438
	진도	0	0	0	194	194	194
	팽목	0	0	0	0	0	-
	땅끝	-	-	-	-	-	240
	갈두	0	240	240	240	240	-
	화흥포	84	84	111	111	111	111
	신마	0	0	0	0	0	0
	녹동신	0	350	350	350	350	350
	거문도	805	1,915	805	805	805	805
	나로도	704	704	704	704	704	704



항만별	항구별	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
	중화	0	0	0	0	0	0
	부산남	558	558	684	558	1,412	558
	구룡포	1,090	1,090	1,090	1,090	1,090	1,090
	강구	0	0	0	641	641	641
	후포	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919	1,919
	울릉	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	935
	주문진	1,079	1,130	1,130	1,130	1,130	1,130
	추자	505	505	635	635	505	635
	애월	740	740	740	740	740	740
	한림	2,247	2,247	2,247	2,248	2,248	2,248
	화순	995	995	1,095	1,095	1,095	1,095
	성산포	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144
	가거항리항	-	-	-	-	-	0

※ 출처 : “항만시설현황”, 통계청(kosis.kr), 2015.11

최근 선박의 대형화 추세에 따라 항만구조물도 점차 대형화되고 있다. 케이슨은 대형안벽 및 방파제의 직립구조로 선호되어 그 수요가 점차 늘고 있는데, 이는 해상공사가 자연환경의 영향을 크게 받고 시공 및 품질관리가 육상공사보다 더 까다롭기 때문에 가능한 한 해상에서의 시공기간 및 시공분량을 줄여 대형구조물로 하는 것이 공정 및 품질관리에 효율적이기 때문이다.

케이슨 관련 KS 표준으로는 케이슨 채움재용 슬래그에 대한 표준이 제정되어 있으며 케이슨 채움재용 슬래그는 KS F 2579로 건설 - 재료·부재 부문으로 표준이 구분되어 있다.

[표 4-4] 케이슨 관련 KS표준

표준번호	KS F 2579
표준명	케이슨 채움재용 슬래그 (Slag for caisson filler)
부문	F-건설 ] 재료·부재
적용범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양 공사용 케이슨의 속채움재로 사용되는 철강 슬래그</li> <li>• 해양 공사용 케이슨의 속채움재로 사용되는 동 슬래그</li> </ul>

## 2/2 | 산업의 특성

케이슨은 항만 건설에 필수적으로 사용되는 구조체로서 방파제, 안벽 등 항만의 중요 시설에 적용되는 제품으로 항만 건설업과 밀접한 관련을 가지고 있으며 케이슨 산업의 특징을 요약해보면 다음과 같다.

- 공공재적 특성
  - 케이슨은 항만에 설치하는 사회간접자본의 성격이 강해 공공재적 특성을 지니고 있으며, 수요는 정부의 해양정책 등 시장 외적인 요소에 의해 주로 발생
- 주문생산 방식
  - 케이슨은 수요처의 발주에 따른 제품생산을 하게 되므로 주문생산 방식의 산업 특성을 가짐
- 정부 SOC예산과 밀접
  - 케이슨의 주요 적용분야가 항만시설 등 사회기반시설이므로 오픈 셀 케이슨은 정부 SOC 예산의 영향을 받음
- 경기 변동의 영향이 적음
  - 케이슨이 적용되는 항만 건설은 국가나 지자체의 중장기 계획에 의해 예산이 편성되는 경우가 많아 경기 변동의 영향을 적게 받음
- 전후방 산업에 대한 파급효과가 높음
  - 케이슨은 항만 건설에 사용되는 제품으로 항만 건설은 철강, 조선, 물류 등 전후방 산업에 대한 경제적 파급 효과가 큰 산업임
- 공공 주도 시장 형성
  - 케이슨의 주요 수요처는 항만청, 지방자치단체 등 공공기관으로서 공공 발주 형태의 시장이 형성되어 있음

## 2/3 | 산업의 성장성

국토해양부는 제3차 전국 항만기본계획(2011~2020)을 수립하여 추진 중에 있으며, 동 계획에 따라 '20년까지 화물부두 232선석, 여객부두 56선석 등을 확보하여 항만 처리능력을 53% 제고시키고, 우리나라 항만이 만들어내는 부가가치를 현재 연간 약 20조원 규모에서 '20년에는 연간 약 40조원 규모로 증대시킬 계획이며, 이를 위해 '20년까지 항만인프라 확충에 약 41조원을 투입할 계획이다.

### 미래 항만 비전

물류와 레저, 문화가 함께하는 고부가가치 항만

### 국가 항만정책 목표

2020년까지 항만이 만들어내는 부가가치를 2배로 증대

※ 물류, 제조, 상업, 친수, 재해방지 등 항만 기능 다양화를 통해 국가 기반 인프라로서의 항만공간 재창조

- 총항만물동량 : 12.1억톤('10) → 18.1억톤('20)
- 항만부가가치 : 20조원('09) → 40조원('20)
- 항만산업 종사자 : 48만명('09) → 100만명('20)

### 추진 과제

- ① 우리나라 항만의 고부가가치 물류허브화
- ② 권역별 거점 항만의 국가경제성장 동력화
- ③ 항만공간의 해양관광산업 발전 거점화
- ④ 항만 관리·운영체계 선진화를 통한 경쟁력 강화
- ⑤ 그린포트 구축 및 재해대응 시스템 마련
- ⑥ 낙후지역 생활 개선 및 해양영토수호 지원기능 강화
- ⑦ 우리나라 항만산업의 해외진출 다각화

※ 출처 : 국토해양부, “제3차 전국 항만기본계획(2011-2020)”, 2011.07

[그림 4-2] 제3차 전국 항만기본계획 비전 및 목표

## 3 | 시장 동향

### 3-1 | 항만 건설 시장 현황

우리나라는 21C 동북아 물류중심기지의 역할을 수행하기 위해 지속적으로 항만 시설물을 개선 및 확장해 나가고 있다.

정부의 제3차 전국 항만기본계획에 따른 항만 인프라 확충계획을 구체적으로 살펴보면 접안시설의 경우 전국 항만에 대해 화물 및 여객, 유류 등을 포함하여 '20년까지 총 288선석의 접안시설을 추가로 확보할 계획이다.

[표 4-5] 항만 인프라 확충계획

(단위: 선석, 만톤/년)

구분	현재시설		2011~2020 확충계획		2020년 목표	
	선석	능력	선석	능력	선석	능력
총합	869	91,543	288	52,885	1,076	140,071
부산	144	25,992	40	15,023	148	38,335
광양	86	17,734	23	8,092	106	26,404
울산	101	5,674	32	3,208	132	8,882
인천	107	9,682	28	4,066	134	12,076
평택당진	47	6,938	32	3,064	79	10,103
포항	52	8,665	13	1,275	60	9,909
군산	30	2,012	9	1,039	36	2,912
목포	28	1,562	6	879	28	2,441
동해묵호	15	2,170	7	1,895	23	4,065
마산	33	1,673	4	553	26	2,294
그 외 무역항	122	8,762	67	13,476	178	21,659
연안항	104	679	27	315	126	991

※ 출처 : 국토해양부, "제3차 전국항만기본계획(2011-2020)", 2011.07

제3차 전국 항만기본계획에 따른 화물부두 확충계획을 보면 '20년까지 총 232선석의 화물부두를 추가로 확보하여 우리 항만의 처리능력을 53% 제고할 계획이다.

[표 4-6] 화물부두 확충계획

(단위: 선석, 만톤/년)

구분	현재시설		2011~2020 확충계획		2020년 목표	
	선석	능력	선석	능력	선석	능력
총합	761	91,543	232	52,885	912	140,071
부산	129	25,992	30	15,023	127	38,335
광양	86	17,734	22	8,092	105	26,404
울산	101	5,674	32	3,208	132	8,882
인천	101	9,682	18	4,066	120	12,076
평택당진	45	6,938	26	3,064	71	10,103
포항	49	8,665	12	1,275	56	9,909
군산	28	2,012	9	1,039	34	2,912
목포	26	1,562	5	879	25	2,441
동해묵호	14	2,170	7	1,895	23	4,065
마산	33	1,673	4	553	26	2,294
그 외 무역항	105	8,762	56	13,476	141	21,659
연안항	44	679	11	315	52	991

※ 출처 : 국토해양부, “제3차 전국항만기본계획(2011-2020)”, 2011.07

여객부두의 경우 '20년까지 총 56선석의 여객부두를 추가로 확보하여, 국제 및 연안여객 서비스를 제고하고 해양관광활성화를 지원할 예정이다.

[표 4-7] 여객부두 확충계획

(단위: 선석)

구분	현재시설	2011~2020 확충계획	2020년 목표
총합	108	56	164
경인	-	7	7
인천	6	10	14
평택당진	2	6	8
부산	15	10	21
포항	3	1	4
그 외 무역항	22	6	36
연안항	60	16	74

※ 출처 : 국토해양부, “제3차 전국항만기본계획(2011-2020)”, 2011.07

정부는 항만경쟁력 강화 및 지역경제 활성화 등을 위해 항만인프라 확충을 지속 추진하고 있어, 2016~2018년 동안 울산신항 등 15건에 약 9,000억원의 오픈 셀 케이스 적용 가능 항만 건설 사업이 예정되어 있다.

[표 4-8] 오픈 셀 케이스 적용 가능 항만 건설 사업(2016~2018)

예정사업명	공사비 (억원)	착공시기
평택현대제철소부지매립	84	2016 하반기
평택현대제철철광석부두	168	2018 상반기
평택GS글로벌잡화부두	192	2016 하반기
군산풍력지원항만	84	2016 하반기
포스파워(화력발전소)	1,440	2016 상반기
강릉안인화력(화력발전소)	1,400	2016 상반기
울릉사동항	538	2016 하반기
울산신항북방파호안	114	2016 하반기
동해항3단계방파제1,2공구	1,360	2016 상반기
포항신항스웰방지시설	350	2017 상반기
제주외항3단계	228	2018 상반기
울산신항남방파제2-2공구	1,540	2018 상반기
동해항3단계방파제1,2공구	496	2018 상반기
기사문항	100	2016 하반기
부산신항서컨테이너부두2-6단계	420	2018 하반기
기타발주사업	500	수시
합계	9,014	

※ 출처 : 한국해양과학기술원

### 3/2 오픈 셀 케이스 시장 현황

선박의 대형화 추세와 석재원의 부족으로 인한 사석경사제 적용의 한계, 품질확보와 공기단축 등을 이유로 최근 대형케이스를 이용한 안벽 및 방파제의 시공이 증가하고 있다.

오픈 셀 케이스가 적용되는 항만구조물의 경우 주로 정부 주도로 예산이 편성되고 집행되는 경우가 대부분으로 케이스 시장 현황은 정부의 항만건설 예산 편성 현황을 살펴봄으로써 파악이 가능하다.

정부의 항만건설 예산은 2013년 1조 2,287억원에서 연평균 4.91% 성장률로 2016년 1조 4,186억원으로 증가하였다.

[표 4-9] 해양수산부 항만건설 예산 편성 현황

(단위: 억원)

구 분	2013	2014	2015	2016	CAGR(%)
신항만 건설	4,890	5,053	5,404	6,332	9.00
주요항 및 일반항 건설	7,397	7,072	8,236	7,854	2.02
합계	12,287	12,125	13,640	14,186	4.91

※ 출처 : 예산 및 기금 운용계획, 해양수산부(각 연도)

한국해양과학기술원이 해양수산부의 용역발주 자료를 근거로 분석한 자료에 따르면 항만 건설비용의 7.75%가 케이스 시장규모로 추정된다. 따라서 항만 건설비용에 7.75%를 적용하여 오픈 셀 케이스 시장규모를 추정한 결과 오픈 셀 케이스 국내 시장규모는 2013년 952억원에서 연평균 4.91% 성장률로 2016년에 1,099억원 규모로 추정된다.

[표 4-10] 오픈 셀 케이스 국내 시장 규모

(단위: 억원)

구 분	2013	2014	2015	2016	CAGR(%)
항만 건설비용	12,287	12,125	13,640	14,186	4.91
케이스 제작 및 설치비용	952	940	1,057	1,099	4.91

※ 근거: 케이스 제작 및 설치비용은 항만건설비용의 7.75% 적용

### 3/3 오픈 셀 케이스 시장 전망

방파제 제조를 위한 케이스는 내부가 비어 있는 철근콘크리트 구조물로 일반적으로 설치 후 모래와 사석을 채워 고정시킨다. 기존 방파제의 케이스와 케이스 사이는 10~20cm의 간극이 형성돼 파랑에 대해 각 케이스가 독립적으로 저항하는 구조로 초대형 태풍에 의한 이상 파랑이나 지진·해일 등으로 인한 활동파괴 등의 위험에 노출돼 있다. 이에 기존 방파제가 갖고 있는 문제점들을 보완하고 안정성을 높이기 위해 인접한 케이스를 연결하는 다양한 인터로킹 기술이 연구되고 있다. 그 중 한국해양과학기술원이 개발한 오픈 셀 케이스는 안정성과 경제성을 겸비한 기술이다.

최근 들어 지구 온난화와 함께 초대형 태풍 및 쓰나미 등의 영향으로 국내뿐 아니라 세계적으로 피해가 증가하고 있다. 특히 태풍의 경우 규모가 대형화되면서 방파제 등 항만시설의 피해 규모도 갈수록 커지고 있어, 인접 케이스를 서로 연결하여 수평파력에 대하여 연대하여 저항하도록 설계함으로써 안정성 및 경제성을 제고한 오픈 셀 케이스의 필요성이 커지고 있다.

국내 오픈 셀 케이스 시장은 향후 2013~2016년 동안의 항만 건설 예산 연평균 성장률 4.91%로



성장할 것으로 예상되므로 2016년 1,099억원에서 연평균 4.91%로 성장하여 2021년 1,397억원으로 증가할 것으로 전망된다.

[표 4-11] 국내 오픈 셀 케이스 시장 전망

(단위 : 억원)

2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR ('16~'21)
1,099	1,153	1,210	1,269	1,331	1,397	4.91%

※ 근거 : 2016년 시장규모에 2013~2016년 동안의 항만 건설 예산 연평균 성장률 4.91% 적용 추정

## 4 유사업 분석

본 분석은 평가대상 기술사업과 유사업(콘크리트 저류 블록 제조업/기타 토목건설업)을 수행하고 있는 중견·중소기업의 현황과 영업실적 분석을 통해 평가대상 기술사업의 성장성, 경쟁현황, 사업환경 등을 파악하는 데 의의가 있다.

### 가. (유)이도건설

〈기업체 개요〉

(유)이도건설(이하 '동사')은 2004년 02월 설립된 법인으로 토목공사를 주력제품(사업)으로 하는 기타 토목시설물 건설업을 영위중이며, 2014년 12월말 현재 총자산 4,149백만원, 자기자본 2,725백만원 (납입자본금 1,247백만원), 조사기준일 현재 상시종업원 12명 규모의 중소기업임.

〈영업상황〉 동사는 전북 전주시 덕진구 소재에 본점(임차)을 두고 있음. 회사개요 및 최근 영업실적은 다음과 같음.

[표 4-12] (유)이도건설의 회사개요 및 영업실적

기업체명	(유한)이도건설	영문기업명	LEEDO CONSTRUCTION CO., LTD.
사업자번호	402-81-58221	법인(주민)번호	210114-0046421
대표자명	이오진	종업원수	12명
설립형태	신규설립(개업)	설립일자	2004-02-28
기업형태	일반법인	기업규모	소기업
결산월	12월	기업공개일자	-
업종	(F41229)기타 토목시설물 건설업		
주요제품(상품)	토목공사		

## 〈영업실적〉

(단위: 백만원)

구 분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
매 출	97	-	211	2,010	4,309	4,722	6,260	7,089	8,416	12,475
영업이익	-89	-54	16	105	308	144	121	76	59	187
-이익률	-91.8%		7.6%	5.2%	7.1%	3.0%	1.9%	1.1%	0.7%	1.5%

※ (유)이도건설은 2004년 설립된 이후 2006~2015년 동안 매출의 연평균복합성장률(CAGR) 71.5%의 지속적인 높은 성장률을 보이고 있으며 최근 2011~2015년 연평균복합성장률 27.5%의 지속적인 성장률을 유지하고 있음.

자료: 한국기업데이터

## 나. (주)한길

〈기업체 개요〉 (주)한길은 1994.5월 콘크리트 저류 블록 등의 제조업 영위를 목적으로 서울 서초구 소재에 설립 [상호:(주)한길콘크리트/납입자본금:50백만원]되어, 1994.12월 본점을 충남 부여군 소재로 이전 및 상호를 (주)한길로 변경하여 사업영위중인, 2014년 말 총자산 6,489백만원, 납입자본금 400백만원, 조사일 현재 상시종업원수 33명 규모의 중소제조업체임.

〈영업상황〉 동사는 충남 부여군 초촌면 소재 본점(자가) 및 충남 부여군 초촌면 사업장(자가), 대전 동구 소재 지점(임차/사용하지않음) 소재에서 기계장치 설비를 갖추고 콘크리트 저류 블록 등을 제조하여 한국전력공사, 각 자치단체 등에 납품하여 매출 시현중인 바, 회사개요 및 최근년도 영업실적은 다음과 같음.

[표 4-13] (주)한길의 회사개요 및 영업실적

기업체명	(주)한길	영문기업명	HAN GIL CO.,LTD.
사업자번호	308-81-06101	법인(주민)번호	110111-1040130
대표자명	김영민	종업원수	33명
설립형태	신규설립(개업)	설립일자	1994-05-25
기업형태	일반법인	기업규모	소기업
결산월	12월	기업공개일자	
업종	(C23326)콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업		
주요제품(상품)	콘크리트 저류 블록 등		

## 〈영업실적〉

(단위: 백만원)

구 분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
매 출	4,245	6,500	7,877	6,852	7,787	6,964	6,243	6,892	7,740	9,163
영업이익	191	208	264	250	542	113	238	225	344	332
-이익률	4.5%	3.2%	3.4%	3.6%	7.0%	1.6%	3.8%	3.3%	4.4%	3.6%

※ (주)한길은 1994년 설립된 이후 2006~2015년 동안 매출의 연평균복합성장률(CAGR) 8.9%의 성장률을 보이고 있으며 최근 2011~2015년 연평균복합성장률 7.1%의 지속적인 성장률을 유지하고 있음.  
 자료: 한국기업데이터

## 다. 동광건설(주)

〈기업체 개요〉 동광건설(주)[이하 동사]는 1958년 8월 토목건축공사업 등을 목적으로 설립(납입자본금: 5백만원)된 후, 2003년 6월 매석건설(주)를 합병하였으며, 수 차례의 변동을 거쳐 2003년 6월 자본금을 10,300백만원으로 증자하고 사업 영위 중인, 2015년 12월말 현재 총자산 83,656백만원, 자기자본 29,866백만원 (납입자본금 10,300백만원), 조사기준일 현재 상시종업원 192명 규모의 중견기업임.

〈영업상황〉 동사는 전남 함평군 소재의 본점(임차) 및 광주 서구 소재의 광주지점(자가), 서울 강남구 소재의 서울지사(임차)에서 토목건축공사업, 산업·환경설비공사업, 조경공사업 등 다수의 면허를 보유하고 한국토지주택공사부산울산, 나주혁신산단(주), 한국토지주택공사대전충남, 국민건강보험공단 등으로부터 관련 공사를 수주하여 시공하고 있는 바, 회사개요 및 최근년도 영업실적은 다음과 같음.

[표 4-14] 동광건설(주)의 회사개요 및 영업실적

기업체명	동광건설(주)	영문기업명	DONG KWANG CONSTRUCTION CO.,LTD.
사업자번호	412-81-07995	법인(주민)번호	200111-0000318
대표자명	황철재	종업원수	192명
설립형태	신규설립(개업)	설립일자	1958-08-28
기업형태	외감	기업규모	중견기업
결산월	12월	기업공개일자	-
업종	(F41229)기타 토목시설물 건설업		
주요제품(상품)	토목건축공사, 산업·환경설비공사, 조경공사 외		

## 〈영업실적〉

(단위: 백만원)

구 분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
매 출	154,404	194,499	122,471	114,278	116,803	146,307	140,217	116,012	135,053	207,292
영업이익	6,426	8,191	6,201	4,836	4,058	3,124	2,471	1,408	2,449	1,428
-이익률	4.2%	4.2%	5.1%	4.2%	3.5%	2.1%	1.8%	1.2%	1.8%	0.7%

※ 동광건설(주)은 1958년 설립되었으며 2006~2015년 동안 매출의 연평균복합성장률(CAGR) 3.3%의 성장률을 보이고 있으며 최근 2011~2015년 연평균복합성장률 9.1%의 지속적인 성장률을 유지하고 있음.

자료: 한국기업데이터

## 5 | 시장성 종합분석

본 평가대상 기술제품의 기술적 및 상업적 우위성을 토대로 시장 SWOT 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

[표 4-15] 시장 SWOT 분석

SWOT	Analysis
Strengths	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한국해양과학기술원의 우수한 기술개발 역량                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수한 기술개발 인력 보유</li> <li>- 평가대상 기술 외에 다양한 방파제 관련 기술 보유</li> <li>- 유사 및 보완 기술에 대한 다수의 특허 출원 및 등록으로 권리의 안정성 우수</li> </ul> </li> <li>• 사업화 예정기업의 기술사업화 성공 경험 다수</li> <li>• 사업화 예정기업의 항만구조물 시공 경험 축적</li> <li>• 기존 케이스 기술 대비 시공기간 단축 및 제조원가 절감</li> <li>• 기존 케이스 대비 안정성 우수</li> </ul>
Weaknesses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상용화를 위한 기술이전 및 추가 연구개발 필요</li> <li>• 사업화 예정기업의 낮은 브랜드 인지도</li> </ul>
Opportunities	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부의 항만 인프라 확충 정책 추진</li> <li>• 사회간접자본시설로서 안정적인 수요 발생</li> <li>• 정부의 항만 건설 분야 예산 증가</li> <li>• 국민 생활수준 향상에 따른 해양레저 수요 증가</li> <li>• 지구온난화와 태풍 발생 증가 등에 따른 안전한 항만구조물에 대한 수요 증가</li> </ul>
Threats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경쟁 및 대체 기술 출현 가능성</li> <li>• 항만건설 분야의 보수성으로 인한 신공법 채택의 어려움</li> </ul>

### [참고문헌]

- [1] 예산 및 기금 운용계획, 해양수산부, 2015, 2016
- [2] 제3차 전국항만기본계획(2011-2020), 국토해양부, 2011
- [3] 국가표준인증통합정보시스템(<https://standard.go.kr/KSCI/portalindex.do>)

- [4] 항만법, 해양수산부, 2015
- [5] 항만시설 확보율 제고에 따른 경제적 사회적 영향 평가 보고서, 국토해양부, 2010
- [6] 항만시설현황, 통계청(kosis.kr)
- [7] 2012 항만업무편람, 국토해양부, 2012

## V. 특허기술 가치산정

### 1 평가대상 기술사업

#### 1-1 평가대상 특허기술

평가대상 특허기술(이하 '본 기술'이라 한다)은 기존의 케이스에 케이스의 셀 일부 (측벽 또는 저판)를 오픈시킨 셀을 도입한 "오픈 셀 케이스"를 이용하여 케이스식 항만구조물을 장대화하는 기술이다. 본 기술은 케이스으로서 구조물 시공비용의 절감이 가능하고, 마주한 오픈 셀로 인해 생기는 인터셀에 사석을 채움으로써 인접 케이스와의 인터로킹이 가능하여 구조물 안정성을 높일 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 기술관련 평가대상 특허기술은 아래 <표 5-1>에 제시한 것이다.

[표 5-1] 평가대상 특허기술 요약

구 분	평가대상특허 1	평가대상특허 2	평가대상특허 3
명 칭	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법
특 허 권 자	한국해양과학기술원, (유)이도건설	한국해양과학기술원, (유)이도건설	한국해양과학기술원, (유)이도건설
출원번호(출원일)	10-2015-0121583 (2015.08.28.)	10-2015-0181590 (2015.12.18)	10-2016-0044855 (2016.04.12)
등록번호(등록일)	10-1613886 (2016.04.12.)	-	-
청 구 항	청구항 14개(독립항 2)	청구항 19개(독립항 2)	청구항 17개(독립항 2)
해 외 출 원	없음.	없음	없음
존속기간(예정)	2035.08.28	2035.08.28.(예정)	2036.04.12.(예정)



## 1/2 평가대상 기술사업

항만구조물을 건설하는데 기초구조물, 소파구조물, 방파제(또는 안벽), 상부구조물 및 뒤택움재로 구분할 수 있으며, 본 기술제품은 항만구조물의 주요 구조물인 방파제에 해당한다.

본 기술사업은 본 기술이 적용된 '오픈 셀 케이스식 항만구조물(방파제)'을 제작하여 항만 건설시 필수적으로 사용되는 방파제, 안벽 등 항만의 중요 시설에 적용하는 것이다. 적용분야는 다음과 같고 본 적용분야를 대상으로 기술사업 추진을 가정한다.

- ① 1차(주요) 적용분야: 안벽 및 호안
- ② 2차(응용) 적용분야: 방파제

현재 본 기술의 사업화 단계는 기술개발중 시제품 테스트 중에 있으며 본 기술을 공동개발하고 있는 (유)이도건설이 본 기술을 이전받아 기술사업을 추진할 예정이다.

사업을 위해 본 기술제품을 제작하여 판매하기까지는 현 기술개발단계에서 수리 모형 실험과 현장 시험 시공 등의 검증 과정 등을 진행해야 할 것으로 판단되며, 실제 적용에는 1~2년 정도 소요될 것으로 예상되는 바, 2018년까지 본 기술제품 제작을 위한 모든 검증을 완료하고 2019년부터 기술 사업을 수행한다고 가정한다. 이에 따라 본 기술의 가치산정을 위한 본 기술제품의 매출발생 시기는 2019년부터로 가정한다.

## 2 특허기술 가치산정

### 2.1 가치산정의 개요

본 가치산정의 목적은 특허권자(한국해양과학기술원, 유한회사 이도건설)가 소유하고 있는 평가대상의 특허기술의 적정가치를 제시하여 기술이전을 원활하게 하고 특허기술의 사업화를 촉진하는 데 있다.

### 2.2 평가방법 및 절차

본 평가에서는 로열티 접근법(relief from royalty)을 적용하여 평가대상 특허기술의 가치추정을 실시하였습니다. 로열티접근법은 특허권자가 특허권을 소유하지 않음으로서 부담하게 되는 합리적 로열티를 추정하여 특허권의 가치를 추정하는 방법입니다. 추정된 로열티 현금흐름은 특허권을 보유했기 때문에 지불하지 않아도 되는 것을 의미합니다. 기회비용 관점에서 특허권의 가치를 추정하는 접근법입니다.

특허권의 가치산정은 일정기간 동안 평가대상 특허로부터 로열티의 현금흐름을 추정하고 할인율 적용을 통해 자본화한 금액입니다. 로열티 접근법을 적용하기 위해서는 평가대상 특허가 경제적 이익을 창출하거나 할 수 있다는 충분한 근거를 제시하여야 합니다. 본 평가에서는 평가대상 특허의 경제적 이익창출 능력이 있는지를 파악하기 위해 평가대상 특허의 권리성 분석, 특허적용 기술제품에 대한 기술성 분석, 시장성 분석 및 사업성 분석에 대한 타당성 분석을 실시하였고, 그 결과를 토대로 본 특허기술의 적정 가치를 산정하였습니다. 본 평가방법을 적용하기 위해 다음과 같은 절차를 수행하였습니다. 먼저, 평가대상 특허기술이 경제적 가치가 있는 지를 분석하였습니다. 기술성 및 시장성 분석을 통하여 기술적 및 상업적 우위성이 있는지 여부, 유사기술의 상업적 성공사례가 다수 있는지 여부 등을 분석하였습니다.

둘째, 평가대상 특허기술과 유사한 기술 라이선스 계약을 조사하였습니다. 유사기술 거래사례 조사 결과, 평가대상 특허기술과 유사한 사례가 있는 경우에는 로열티율 산정에 참고하였으며, 사례를 찾을 수 없는 경우 합리적인 로열티율 산정방식에 따랐습니다.

셋째, 평가대상 특허의 로열티(현금흐름)를 추정하기 위해 대상 특허가 적용된 기술제품 또는 서비스 매출액을 추정하였습니다. 매출추정 시 평가대상 특허의 권리분석, 기술성 분석, 시장성 분석 및 유사사업 분석 등을 근거로 합리적인 추정이 되도록 하였습니다.

넷째, 평가대상 특허의 경제적 내용연수는 권리성, 존속 기한, 기술성 및 시장성 측면을 고려하여 추정하였습니다.

다섯째, 사업위험 분석을 실시하여 적절한 할인율(자본화율)을 추정하였습니다.

여섯째, 합리적으로 추정한 로열티 수입수수료(경제적 이익)에 추정한 자본화율을 적용하여 최종적으로 평가대상 특허기술의 가치금액을 산정하였습니다. 이와 같은 평가절차를 요약하면 다음과 같습니다.



[그림 5-1] 평가수행절차

### 3 가치산정 평가결과

#### 3.1 가치산정 평가결과

본 평가에서 적용한 로열티접근법에 따라 평가대상 특허기술의 가치의 산정표는 다음과 같으며, 평가기준일(2016년 7월 1일) 현재 본 특허기술의 가치는 1,616백만원으로 추정된다.

[표 5-2] 평가대상 특허기술의 가치평가표

(단위: 백만원)

구 분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
매 출	3,934	6,223	9,858	15,639	24,844	39,520	41,460	43,496	45,631	47,872
로열티율	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%
로열티수입	87	138	219	347	552	877	920	966	1,013	1,063
법인세	10	15	26	54	99	171	180	190	201	212
세후이익	78	123	193	293	452	706	740	775	812	851
자본화율	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
현재가치요소 (‘16.07.01)	0.6532	0.5780	0.5115	0.4527	0.4006	0.3545	0.3137	0.2776	0.2457	0.2174
현재가치 (‘16.07.01)	51	71	99	133	181	250	232	215	200	185
특허가치 (‘16.07.01)	1,616									

## 3 / 2 매출 추정

주요 가치변수는 본 기술사업의 가치분석을 수행하는 데 있어 가치에 영향을 미치는 주요 변수에 대한 추정치이며, 평가대상 기술사업의 판매계획·수주가능성 분석·생산계획·투자계획과 기술성 분석·시장성 분석·유사사업 분석을 종합적으로 반영한 것이다.

### 가. 매출추정

#### 〈추정상 가정〉

본 기술은 한국해양과학기술원과 (유)이도건설이 공동으로 기술개발을 수행하고 있으며 개발중인 본 기술을 (유)이도건설이 이전을 받아 사업화를 추진할 예정인 바, 이를 가정하여 가치산정을 수행한 것임. (유)이도건설의 회사개요 및 최근 영업실적은 다음과 같음.

#### 〈기업체 개요〉

(유)이도건설(이하 '동사')은 2004년 02월 설립된 법인으로 토목공사를 주력제품(사업)으로 하는 기타 토목시설물 건설업을 영위중이며, 2014년 12월말 현재 총자산 4,149백만원, 자기자본 2,725백만원 (납입자본금 1,247백만원), 조사기준일 현재 상시종업원 12명 규모의 중소기업임.

#### 〈영업상황〉

동사는 전북 전주시 덕진구 소재에 본점(임차)을 두고 있음. 회사개요 및 최근 영업실적은 다음과 같음.

[표 5-3] (유)이도건설의 회사개요 및 영업실적

기업체명	(유)이도건설	영문기업명	LEEDO CONSTRUCTION CO., LTD.
사업자번호	402-81-58221	법인(주민)번호	210114-0046421
대표자명	이오진	종업원수	12명
설립형태	신규설립(개업)	설립일자	2004-02-28
기업형태	일반법인	기업규모	소기업
결산월	12월	기업공개일자	-
업종	(F41229)기타 토목시설물 건설업		
주요제품(상품)	토목공사		

## 〈영업실적〉

(단위: 백만원)

구 분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
매 출	97	-	211	2,010	4,309	4,722	6,260	7,089	8,416	12,475
영업이익	-89	-54	16	105	308	144	121	76	59	187
-이익률	-91.8%		7.6%	5.2%	7.1%	3.0%	1.9%	1.1%	0.7%	1.5%

※ (유)이도건설은 2004년 설립된 이후 2006~2015년 동안 매출의 연평균복합성장률(CAGR) 71.5%의 지속적인 높은 성장률을 보이고 있으며 최근 2011~2015년 연평균복합성장률 27.5%의 지속적인 성장률을 유지하고 있음.

자료: 한국기업데이터

- 매출은 세 가지 관점에서 시나리오를 설정하여 달성가능한 상황을 설정하여 추정하였음. 상황 설정은 앞서 분석한 기술성 평가, 권리성 평가 및 시장성 평가 내용을 근거로 추정하였음.
- 사업을 위해 본 기술제품을 제작하여 판매하기까지는 현 기술개발단계에서 수리 모형 실험과 현장 시험 시공 등의 검증 과정 등을 진행해야 할 것으로 판단되며, 실제 적용에는 1~2년 정도 소요될 것으로 예상되는 바, 2018년까지 본 기술제품 제작을 위한 모든 검증을 완료하고 2019년부터 기술사업을 수행한다고 가정함. 이에 따라 본 기술의 가치산정을 위한 본 기술제품의 매출발생 시기는 2019년부터로 가정하였음. 현재 본 기술의 사업화 단계는 기술개발중 시제품 테스트 중에 있음.
- 평가대상 특허기술은 현재 국내 등록되어 있는 바, 국내시장을 대상으로 하였음.
- 최종매출은 각각의 시나리오가 발생할 확률이 시나리오 1(낙관적)인 경우 20%, 시나리오 2(중간적) 50%, 시나리오 3(보수적) 30%이라고 가정함.

[표 5-4] 평가대상 기술제품의 시나리오별 매출추정

(단위: 백만원)

구 분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
시나리오 1	6,345	9,526	14,301	21,470	32,233	48,391	50,767	53,260	55,875	58,619
시나리오 2	3,807	6,104	9,786	15,689	25,153	40,326	42,306	44,383	46,563	48,849
시나리오 3	2,538	4,220	7,017	11,668	19,402	32,261	33,845	35,507	37,250	39,079
최종매출	3,934	6,223	9,858	15,639	24,844	39,520	41,460	43,496	45,631	47,872

- 시나리오 1은 '초기매출(2019년)은 달성가능한 시장점유율 5%, 시장진입이후 5년('24년)내 30% 시장점유율, '24년 이후 4.91% 시장성장율(CAGR) 가정

[표 5-5] 시나리오 1의 매출추정

(단위: 백만원)

구 분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
매 출	6,345	9,526	14,301	21,470	32,233	48,391	50,767	53,260	55,875	58,619

[참고] 국내 본 기술제품(오픈 셀 케이스) 국내시장규모

(단위 : 억원)

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR ('16~'21)
시장규모	1,099	1,153	1,210	1,269	1,331	1,397	4.91%

자료: 시장성 분석

- 시나리오 2는 '초기매출(2019년)은 달성가능한 시장점유율 3%, 시장진입이후 5년('24년)내 25% 시장점유율, '24년 이후 4.91% 시장성장율(CAGR) 가정

[표 5-6] 시나리오 2의 매출추정

(단위: 백만원)

구 분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
매 출	3,807	6,104	9,786	15,689	25,153	40,326	42,306	44,383	46,563	48,849

- 시나리오 3은 '초기매출(2019년)은 달성가능한 시장점유율 2%, 시장진입이후 5년('24년)내 20% 시장점유율, '24년 이후 4.91% 시장성장율(CAGR) 가정

[표 5-7] 시나리오 3의 매출추정

(단위: 백만원)

구 분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
매 출	2,538	4,220	7,017	11,668	19,402	32,261	33,845	35,507	37,250	39,079

## 나. 특허의 경제적 내용연수

본 특허기술은 기술성, 권리성 및 시장성 분석결과를 종합적으로 고려 평가대상 특허기술의 경제적 내용연수를 다음과 같은 내용을 근거로 본 특허의 경제적 내용연수는 2028년까지로 결정하였습니다.

- 해당 자산의 제품수명주기 및 유사사업을 수행하고 있는 기업의 매출추이분석
- 기술적, 공학적 또는 기타 유형의 진부화(5~10년\_기술의 경제적 수명)
- 산업의 안정성 및 제품시장의 수요변화 및 기존 또는 잠재적인 경쟁자의 예상 전략
- 평가대상 등록특허(1건)의 권리존속기한(2035.08.28.), 출원중 특허 2건 등임.

### <기술성 및 권리성 분석요약>

- 본 평가기술은 기존의 케이스에 케이스의 셸 일부(측벽 또는 저판)를 오픈시킨 셸을 도입한 “오픈 셸 케이스”을 이용하고 이웃 케이스 사이에 사석 채움재를 사용하여, 오픈 셸과 사석의 인터로킹을 통한 케이스식 항만구조물을 장대화하는 기술임.
- 기존 케이스를 적용한 경우에 비하여 각 케이스 별로 측벽 하나씩을 줄일 수 있어 자재비용을 크게 절약하는 것이 가능함은 물론, 기존의 인터로킹 방법에 비해 시공이 매우 단순하여 인터로킹을 위해 수중 작업을 하거나 별도의 장비를 더 동원할 필요가 없어 시공이 더욱 용이하고, 유지관리도 용이함.
- 본 평가대상기술제품은 구조적안정성과 시공이 간편하다는 경제적인 면에서 이점이 있음. 특히 가장 저렴하며 보편적인 사석 채움재를 이용하여 인터로킹을 통한 장대화된 방파제를 구현한 것이 장점이며, 독창적임. 즉 타 기술은 복잡한 케이블이나 요철에 의해 인터로킹을 구현하기 때문에 케이스 제작 과정과 시공이 복잡하고, 구조물에 응력집중이 발생하여 구조물의 안정성에 취약할 것으로 사료됨.
- 사회기반시설에서 발주처(고객)인 국가나 지자체와 건설시공사에게는 본 기술제품이 기능적인 우수성과 더불어 시공이 간편하여 시공비 즉 건설비를 절감할 수 있어 기능적인 면과 경제적인 면에서 이점을 제공할 수 있을 것으로 사료됨. 상기와 같은 장점 때문에 본 기술제품의 시장은 지속적으로 확대될 것으로 사료됨.
- 본 평가대상기술은 수리 모형 실험과 현장 시험 시공 등의 검증 과정 등을 진행해야 할 것으로 판단되며, 실제 적용에는 1~2년 정도 소요될 것으로 판단됨.
- 본 기술이 모든 연구개발비용과 최소 필수자본수익율을 보장할 정도의 경제적 내용수명은 기술 개발에 비용이 들지만, 제품 생산을 위한 설비는 불요하기 때문에 5~10년 정도일 것으로 판단됨.



- 슈퍼태풍에 의한 방파제 등 항만시설 피해가 예상되고 있어 인터로킹 케이스 방파제 기술이 활발히 연구를 진행하고 있어, 수명주기로는 도입기에 해당하는 것으로 사료됨.
- 권리범위 안정성과 관련하여 제1평가대상특허는 등록 후 유효하게 존속 중인 특허로서, 선행기술 조사 결과 신규성이나 진보성에 문제가 될 만한 선행기술은 발견되지 않았으므로, 권리의 안정성이 높은 편에 속한다고 판단됨. 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 현재 출원 계속 중인 특허로 등록 가능성 높고, 청구항의 개수가 풍부하게 기재되어 있으므로 등록된 이후에도 권리 안정성은 높을 것으로 판단됨.
- 권리범위의 광협과 관련해서는 제1평가대상특허는 불필요한 한정사항이 있어서 제3자의 회피설계가 비교적 용이하므로 좁다고 판단되며, 제2평가대상특허 및 제3평가대상특허는 상대적으로 권리범위가 넓은 것으로 판단됨.
- 제1평가대상특허 내지 제3평가대상특허는 케이스 구조물과 관련된 것으로, 잠재적인 기술수요자(항만구조물 시공업체)의 기술사업과 관련성이 높은 것으로 파악되며, 제품적용여부와 관련하여서는 향후 시공과정에서 적용 가능성이 높은 것으로 파악되었음.

### 다. 로열티율 추정

본 평가에서 적용한 합리적인 로열티 접근법(relief from royalty)은 평가대상 특허기술의 로열티 수입을 추정하는 것이 핵심이다. 합리적인 로열티 추정을 위해서, 기술성, 권리성, 시장성 등의 분석 내용과 유사기술거래사례, 산업업종별 평균 로열티율, 평가대상 특허의 제품 이용률 등을 종합적으로 고려하였다. 구체적인 로열티율 결정시 고려사항은 다음과 같다.

- 권리성 분석결과, 권리의 안정성 확보
- 기술성, 권리성 및 시장/사업성 분석결과에 따른 증감률
- 평가대상 특허기술제품이 속하는 업종의 평균 로열티율
- 평가대상 특허기술의 제품 이용률 등

위와 같은 내용을 토대로 본 특허기술의 로열티율은 매출액 기준으로 2.22%가 적정하다고 결정하였다. 구체적인 로열티율 결정시 고려사항은 다음과 같다.

[표 5-8] 로열티율 산정식 및 추정치

▶ 로열티율 산정식

로열티율 = 기준율 × 이용률 × 증감률 × 개척률

- 기준율 : 매출액기준의 업종평균 로열티율
- 이용률 : 해당 특허가 제품(공법) 가격에서 차지하는 기여도(0~100%)
- 증감률 : 라이선스의 상황 등 특수요인을 고려한 것(기본은 100%)
- 개척률 : 제품화에 거액의 비용이 필요한 경우의 고려요인(0~100%)

▶ 로열티율 추정

추정 로열티율 = 2.88% × 50% × 154% × 100% = 2.22%

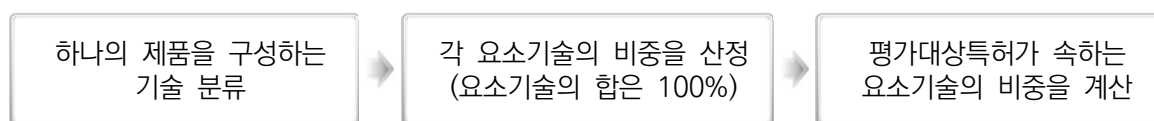
[표 5-9] 산업업종별 로열티율(민간기업간 기술거래)

산업분야	로열티율			
	평균	중앙값	최고	최저
중략				
기타 기계 및 장비 제조업	2.97%	3%	7%	0.2%
비금속광물제품 제조업	2.88%	2.5%	5.25%	2%
전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	3.41%	3%	12.5%	0.1%
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	5.13%	5%	9%	3%
중략				

출처: 한국기술거래소(2005), 기술거래사례구축을 통한 시장접근법 연구

〈표 5-9〉에 본 특허기술 제품(소파블럭\_항만구조물)은 표준산업분류(SIC) 상 콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업(C23326)에 해당되고 위의 산업업종에서 ‘비금속광물제품 제조업’과 가장 유사하다고 판단되는 바, 위 로열티율 추정식에서 본 산업의 평균로열티율 2.88%를 기준율로 적용하였다.

이용율이란 평가대상 특허기술이 평가대상 특허기술 제품에서 차지하는 비중을 의미합니다. 이용률은 0~100% 사이에서 결정되고 특허 자체로 하나의 제품을 구성하는 경우 이용률은 100%가 됩니다. 이용률의 산정방법은 아래와 같습니다.



[그림 5-2] 이용률 산정 순서

본 특허기술이 적용된 기술인 “오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법”은 오픈 셀 케이스와 이웃한 케이스를 사석 채움재를 이용하여 인테로킹을 통한 케이스의 장대화 한 것이며, 본 평가대상 특허기술의 이용률은 아래 표에서 제시한 것처럼 50%로 산정되었다.

[표 5-10] 본 특허기술의 이용률 산정표

제품기술 분류				대상특허	A×B
주요 기술	비중(A)	세부 기술	비중(B)		
기초구조물	20%	기초 굴착 및 정지작업	40%	-	-
		피복석	20%	-	-
		기초 사석	20%	-	-
		기초 콘크리트	20%	-	-
① 소 계					-
소파구조물	10%	TPP 등 소파구조물	100%	-	-
② 소 계					-
방파제	50%	오픈 셀 케이스	100%	10-1613886 10-2015-0181590 10-2016-0044855	50%
③ 소 계					50%
상부구조물 및 뒤채움재	20%	뒤채움 사석	20%	-	-
		필터 매트	20%	-	-
		배후지 매립	50%	-	-
④ 소 계					-
총 계(①+②+③+④)					50%

증감률은 로열티 기준율을 증가하게 하거나 감소하게 하는 조정율을 의미하며, 로열티율을 산정하기 위하여 특허기술제품의 업종별 로열티 통계의 평균값을 기준으로 하였기 때문에 조정하는 것이다. 본 특허기술의 증감률은 다음과 같은 평점평가모형을 통해 산정되었다.

[표 5-11] 증감률 산정표

구 분	평 가 항 목	점 수									
		-2	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	
기술성 (12개)	기술의 유용성	1.기술의 개척성							✓		
		2.진행중인 기술전망								✓	
		3.타제품에 미치는 영향							✓		
		4.타인의 활용성								✓	
		5.회피비용 또는 회피설계						✓			
	기술의 경쟁성	6.기술의 차별성								✓	
		7.기술의 복잡성						✓			
		8.대체 기술							✓		
		9.대체 가능성							✓		
		10.진부화 가능성							✓		
		11.독창적인 상업적 우위성									✓
		12.경제적 내용수명							✓		
권리성 (10개)	권리의 안정성	13.출원경과								✓	
		14.유사특허의 정도							✓		
		15.권리의 제한성					✓				
	권리범위 의 광협	16.권리의 구성요소							✓		
		17.권리의 추상성								✓	
		18.회피가능성							✓		
	권리의 총실성	19.권리의 실시예					✓				
		20.권리의 망라성								✓	
		21.침해발견용이성					✓				
		22.권리의 광역성								✓	
시장성/사업성 (8개)	23.고객의 지불의지							✓			
	24.고객에 미치는 영향							✓			
	25.경쟁자의 영향						✓				
	26.경쟁적 반응							✓			
	27.기술사용자의 활용성								✓		
	28.특별한 인정							✓			
	29.기술구현에 필요한 자본								✓		
	30.예상매출							✓			
합 계	소 계 (항목)	0	0	0	0	3	3	14	6	4	
	소 계 (점수)	32.5									

### 라. 자본화율(할인율) 결정

자본화율은 예상되는 경제적 이익(미래의 현금흐름)을 현재가치로 전환하는 과정에서 적용하는 할인율을 의미하며, 평가대상 기술의 사업화에 따른 사업위험을 분석하여 그 위험을 정량화한 것이라 할 수 있다. 자본화율은 여러 가지로 불리기도 하는 데, 경제적 이익의 대상이 현금흐름이면 현재가치 할인율이라고 하며, 순이익 등이면 이익자본화율이라고도 한다. 자본화율을 결정하는 방법은 다양하게 존재하나 기술가치를 평가할 때 신기술이 가지는 사업위험과 시장진입에 따른 시장위험을 동시에 고려하여야 한다.

본 평가에서의 할인율 추정은 기술가치평가 실무가이드(산업통상자원부, 2014.12)에 제시된 방법을 따른 것이다. 할인율의 산정식 및 추정치는 다음과 같으며, 추정된 할인율은 13%(사사오입)이다.

[표 5-12] 할인율 산정식 및 추정치

▶ 할인율 산정식

- 중소기업 할인율 WACC  
= 자기자본비용 × 자기자본비율 + 타인자본비용 × 타인자본비율 × (1 - 법인세율)
- 중소기업 자기자본비용( $K_e$ ) = 상장기업 CAPM + 기술사업화 위험프리미엄 + 규모 위험프리미엄
- 중소기업 타인자본비용( $K_d$ ) = 상장기업 타인자본비용 + 추가위험 스프레드

▶ 할인율 추정

$K_e$	CAPM	기술사업화 위험프리미엄	규모 위험프리미엄	합계
	10.8%	2.71%	2.5%	16.0%
$K_d$	8.7%			
자기자본비율	70.4%			
WACC	13% = 16.0% × 70.4% + 8.7% × (1-0.22) × 29.6%			

본 기술은 (유)이도건설이 이전을 받아 사업화를 추진할 예정인 바, 자기자본과 부채 구성비율은 (유)이도건설의 최근 3년('12~'15년) 평균비율을 적용하였음.

[참고] 산업별 할인율 산출표

(단위: %)

산업	자기자본비용						자기 자본 비율	세전 타인자본비용					
	상장 CAPM	기술 사업화	비상장기업 규모프리미엄					비상장	상장	대	중	소	창업
			대	중	소	창업							
C23	10.82		1.21	2.51	4.03	6.14	71.05	3.83	7.36	8.72	10.16	13.96	
C24	12.55		0.09	1.87	3.00	4.57	72.16	3.59	7.12	8.48	9.93	13.73	
C25	13.18		1.22	2.52	4.04	6.16	67.15	3.14	6.67	8.03	9.48	13.28	
중 략													

※ 평가대상 기술제품(케이슨식 방파제\_항만구조물)은 표준산업분류(SIC) 상 콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업(C23326)에 해당함. 본 기술은 중소기업 (유)이도건설이 이전을 받아 사업화를 추진할 예정인 바, 이를 가정하여 할인율을 산정한 것임.

※ 출처: 기술가치평가 실무가이드, 산업통상자원부, 2014.12

[표 5-13] 평가대상사업의 기술사업화 위험프리미엄 추정

구 분	평가항목	평 점				
		매우 미흡	미흡	보통	우수	매우 우수
		1~1.5	2~2.5	3~3.5	4~4.5	5
기 술 위 험	기술 우수성	.	.	.	4	.
	기술 경쟁성	.	.	.	4.5	.
	기술 모방 용이성	.	.	.	4	.
	기술 사업화 환경	.	.	.	4	.
	권리의 안정성	.	.	.	4	.
시 장/사 업 위 험	시장 성장성	.	.	.	4	.
	시장 경쟁성	.	.	.	4	.
	시장진입 가능성	.	.	.	4	.
	생산 용이성	.	.	3	.	.
	수익성 및 안정성	.	2.5	.	.	.
총 합 평 점	38					
위험프리미엄	2.71%					

[참고] 기술사업화 평점과 위험프리미엄

평 점	50	49	48	47	46	45	44	43
위험프리미엄	0.18%	0.36%	0.54%	0.73%	0.93%	1.13%	1.33%	1.55%
평 점	42	41	40	39	38	37	36	35
위험프리미엄	1.76%	1.99%	2.22%	2.46%	2.71%	2.97%	3.24%	3.51%
평 점	34	33	32	31	30	29	28	27
위험프리미엄	3.80%	4.10%	4.42%	4.75%	5.10%	5.46%	5.84%	6.25%
평 점	26	25	24	23	22	21	20	20미만
위험프리미엄	6.68%	7.14%	7.62%	8.15%	8.72%	9.33%	10.01%	N/R

※ 출처: 기술가치평가 실무가이드, 산업통상자원부, 2014.12

## 마. 법인세 비용

법인세 비용은 다음과 같은 법인세법상 세율에 주민세를 포함한 세율을 적용하였다. 법인세 등은 세무조정 시 발생하는 여러 가지 조정사항 등을 반영하여 계산하여야 하나, 본 평가에서는 계산의 단순화를 위하여 영업이익을 과세표준으로 보고 아래에 제시된 과세표준 구간별 세율을 곱하여 계산하였다.

## [참고] 법인세 등의 세율

과 세 표 준	세 율 (주민세 포함)
2억원 이하	11%
2억원 초과 200억원 이하	22백만원 + 2억원 초과금액의 22%
200억원 초과	4,378백만원 + 200억원 초과금액의 24.2%



## [부록 1] 선행기술 요지리스트

### 【선행기술 1】

발명의 명칭	소파구조물의 케이스 및 이를 이용한 안벽, 방파제, 호안		
출 원 인	삼성물산 주식회사	출 원 국 가	한국
출 원 번 호 / 공 개 번 호	10-2014-0035902 / 10-2014-0049535	출 원 일	2014.03.27.
법 적 상 태	공개(○),등록( ),거절( ),소멸( )	공 개 일	2014.04.25
기 술 요 약	<p>본 발명은 항만 기술분야에 관한 것으로서, 상세하게는 소파구조물의 케이스 구조에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 바닥판(10); 상기 바닥판(10)의 후방 상측에 설치되는 후방 블록(20); 및 상기 바닥판(10)의 전방 상측에 설치되는 복수의 기둥(30)을 포함하는 것을 특징으로 하는 소파구조물의 케이스, 그리고 이를 이용한 안벽, 방파제, 호안을 제공할 수 있다.</p>		
대 표 도 면			
대 표 청구 항	<p>바닥판(10);          상기 바닥판(10)의 후방 상측에 설치되는 후방 블록(20); 상기 바닥판(10)의 전방 상측에 설치되는 복수의 기둥(30)을 구비한 소파구조물의 케이스에 있어서,          상기 후방 블록(20)은 내부공간(22)을 형성하여 상기 내부공간(22)에 파랑이 통과할 수 있도록 수평방향으로 전면 슬릿(24)을 형성하고, 상기 후방 블록(2)의 내부공간(22)에는 상기 내부공간(22)의 좌우방향을 따라 복수의 소파공간으로 구획하는 구획벽(26)이 설치되며, 상기 복수의 기둥(30)은 상기 후방 블록(20)의 전방에 좌우방향을 따라 상호 일렬로 구비되고, 상기 기둥(30)과 상기 후방 블록(20)을 연결하는 연결부(40)를 포함하되, 상기 연결부(40)는 상기 복수의 기둥(30)을 하나로 결속도록 상기 각 기둥(30)의 상단에 연결되며 상면 일부가 개구 형성된 기둥 결속부(42) 및 상기 기둥 결속부(42)와 상기 후방 블록(20) 사이에 좌우방향을 따라 복수 형성된 연결 다리(44)를 구비하고, 상기 복수의 기둥(30)과 상기 후방 블록(20) 사이에서 상기 연결 다리(44)를 받치도록 상기 바닥판(10) 위에 형성된 받침 기둥(46)이 설치되며, 상기 복수의 기둥(30), 받침 기둥(46) 및 후방 블록(20) 사이의 이격 공간 하측부에는 하부판(50)을 설치하고, 상기 구획벽(26)의 상부에는 수평방향으로 형성된 전면 슬릿(24)으로 유입된 파랑이 통과할 수 있도록 수직방향으로 내부 슬릿(26a)이 하부판(50)의 상단보다 높게 형성되는 것을 특징으로 하는 소파구조물의 케이스.</p>		

【선행기술 2】

발명의 명칭	저판강재를 이용한 세미-하이브리드 케이스		
출 원 인	현대건설주식회사	출 원 국 가	한국
출 원 번 호 / 등록 번 호	10-2005-0025437/ 10-0622804	출 원 일	2005.03.28
법 적 상 태	공개( ),등록(○),거절( ),소멸( )	등 록 일	2006.09.04
기 술 요 약	<p>본 발명은 케이스의 저판에 강재판을 매립 설치하여 강재판과 철근 콘크리트가 일체화된 합성구조를 가짐으로써 케이스 저판 폭을 확대할 수 있으며, 그에 따라 지반 반력 등을 감소시킬 수 있는 새로운 구조의 세미-하이브리드 케이스에 관한 것이다.</p>		
대 표 도 면			
대 표 청구 항	<p>저판(10)과, 상기 저판(10)에 수직하게 설치되며 전면벽(21)과 측벽(22)과 후면벽(23)으로 이루어진 벽체(20)로 이루어지며, 상기 벽체(20)의 내부 공간은 종격벽(24) 및 중간벽(25)에 의하여 격자형태로 구획되어 있고, 상기 저판(10)은, 상기 벽체(20)의 폭 이상으로 돌출된 토우(toe)(11) 부분을 가진 푸팅 형태로 이루어진 콘크리트 케이스에 있어서, 상기 저판(10)은 콘크리트로 제작되고, 상기 저판(10)의 내부에는 강재판으로 이루어진 다 수개의 저판강재(12)가 상기 저판(10)과 토우(11)의 형상에 맞추어 저판면에 수직하게 상기 콘크리트 내에 소정 간격으로 배치되어 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 세미-하이브리드 케이스.</p>		

【선행기술 3】

발명의 명칭	매립지 칸막이 호안		
출 원 인	WORLD ENGINEERING KK	출 원 국 가	일본
출 원 번 호 / 등 록 번 호	2005-184508/ 2007-2554	출 원 일	2005.06.24
법 적 상 태	공개(○),등록(),거절(),소멸()	공 개 일	2007.01.11
기 술 요 약	<p>【과제】 폐기물 매립지의 칸막이 호안에 있어서 줄지어 설치한 케이슨에 대해서 소정의 간격을 두고 차수벽을 구축할 때, 그 차수벽에서의 차수 처리를 양호하게 할 수 있고, 불투수층으로서의 처리를 확실한 것으로 한다.</p> <p>【해결 수단】 케이슨 11을 설치한 열의 내면측에 차수벽을 구축하고, 해양구조물 1을 구축할 때, 널말뚝 부재 등을 이용한 차수벽 15에서의 차수 처리부에서 조인트부의 공간 내부에 대해서 관찰용 창부나 열전대 20을 배치해, 차수재의 충전을 검지함과 동시에, 관찰용 창부 25의 개구 26에서 내부의 물 등을 배제시키면서, 충전 물을 시공함으로써, 내부에 틈새 등이 발생하지 않는 차수층을 구축할 수 있도록 한다.</p>		
대 표 도 면			
대 표 청구 항	<p>【청구항 1】 예정된 폐기물 매립해 처분장을 구획하기 위해, 해안을 따라 또는 임의의 해역에 구축하는 매립지 칸막이 호안이며, 외해와 상기 처분장을 구획해, 외해로부터의 파랑을 받는 측에 케이슨과 같은 구조체를 열모양에 배열해 구축하는 호안 본체와 상기 호안 본체에 대해서 소정의 간격을 두고 처분장 측에 구축하는 차수벽을 일체로 조합해 구분해 호안을 구축해, 상기 차수벽은 상기 호안 본체의 처분장 측에 소정의 간격을 통해 해서 지반의 불투수성 지층까지 널말뚝의 선단부를 뿌리 넣어 입설하고, 널말뚝을 열모양에 구축하는 널말뚝벽이며, 상기 널말뚝벽에 있어서는 열모양에 입설하는 널말뚝 간 조인트부의 세로에 길게 형성되어 있는 내부 공간에 차수재로서의 아스팔트 혼합물을 충전하고, 상기 조인트부에서의 차수성을 발휘시키도록 구축해, 상기 널말뚝벽과 외해 측에 구축하는 호안 본체를 편성해 일체로 하고, 외해에서 매립지를 구획해 보호 가능하게 하기 위해, 상기 차수벽의 상기 널말뚝의 조인트부에서 세로에 긴 공간으로서 설치한 차수재를 충전하는 부분에서는 널말뚝벽의 매립지 측의 벽에 상당하는 부분에 복수개의 창부를 적당 높이를 바꾸어 설치하고 상기 창부를 이용해 상기 차수재의 충전 상태를 육안 확인하는 수단으로 이용할 수 있어, 상기 널말뚝 조인트부의 세로에 긴 공간에 상기 차수재를 충전할 때, 상기 충전한 차수재가 블록형의 것되고 상기 세로의 구멍 안에 모여 있는 물 등이 상기 차수재의 하부에서 압압되어 있었다 하더라도, 가압된 물 등을 대응하는 상기 창부를 통해 배출시키는 수단으로 이용할 수 있고, 상기 창부를 필요로 하지 않는 상태가 되었을 때 캡을 장착하고 상기 창부를 닫을 수 있는 것으로 해, 상기 널말뚝벽과 널말뚝벽의 외해 측에 위치하고 있는 호안 본체를 일체로 서 외해에서 매립지를 보호해 구분하는 것을 특징으로 하는 매립지 칸막이 호안 .</p>		

【선행기술 4】

발명의 명칭	호안용 케이슨 및 호안의 구축 방법		
출 원 인	TAISEI CORP	출 원 국 가	일본
출 원 번 호 / 공 개 번 호	1994-31865/ 1995-216903	출 원 일	1994.02.03
법 적 상 태	공개(○), 등록( ), 거절( ), 소멸( )	공 개 일	1995.08.15
기 술 요 약	<p>【목적】 시공성과 차수 성능이 우수함과 동시에 공사기간의 단축과 공비의 감소를 도모할 수 있는 호안용 케이슨 및 호안의 구축 방법을 제공하는 것.</p> <p>【구성】 중 힘실 21을 가지는 함체의 일 측면에 지중벽구축용 슬롯 22를 설치한 호안용 케이슨 20을 호안 구축 예정의 해저 40에 착저해, 슬롯 22의 내공을 이용해 케이슨 20과 일체의 연속 지중벽 30을 구축한다.</p>		
대 표 도 면			
대 표 청구 항	<p>【청구항 1】 중 힘실을 가지는 케이슨의 일측에 지중벽구축용 슬롯을 설치한, 호안용 케이슨.</p>		

【선행기술 5】

발명의 명칭	제벽의 구축 방법, 케이슨 및 케이슨의 설치 구조		
출 원 인	MITSUBISHI HEAVY IND LTD	출 원 국 가	일본
출 원 번호 / 공개 번호	2001-393549/ 2003-193476	출 원 일	2001.12.26
법 적 상 태	공개(○),등록(○),거절(○),소멸(○)	공 개 일	2003.07.09
기술 요약	<p>【과제】 공사의 빠른 단계에서 폐기물의 수용이 가능하도록 한다.          【해결 수단】 폐기물 매립 처분장의 건설 예정지 경계를 따라 케이슨을 심설함으로써 제 벽 ( 호 안 ) 을 구 축 하 는 방 법 에 있어서 차수 구조의 케이슨 10을 구축 예정 선상에 옮겨, 그 케이슨 10의 내부에 해수 20을 도입함으로써 상기 케이슨 10을 해저 지반 2 상의 사석 마운드 4에 착저시킨 후 착저의 안정을 유지하도록 해수 20을 각 구획 14 마다 뽑아 내면서 케이슨 10의 내부에 폐기물 H를 투입해, 폐기물 H의 투입이 완료된 상태에서 케이슨의 상부 개구를 뚜껑으로 막는다.</p>		
대표 도면	<p>10: 케이슨 75: 레일 77: 移動屋根</p>		
대표 청구항	<p>【청구항 1】 구축 예정선을 따라 케이슨을 심설함으로써 제벽을 구축하는 방법에 있어서 차수 구조의 케이슨을 구축예정 선상에 옮겨, 그 케이슨의 내부에 해수를 도입함으로써 상기 케이슨을 해저 지반 상에 착저시킨 후 착저의 안정을 유지하도록 해수를 부분적으로 뽑아내면서 케이슨의 내부에 폐기물을 투입해, 폐기물의 투입이 완료된 상태에서 케이슨의 상부 개구를 뚜껑으로 막는 것을 특징으로 하는 제벽의 구축 방법 .</p>		

【선행기술 6】

발명의 명칭	충전재를 저장하는 유바닥 밀폐 구조의 벽체 구조물		
출 원 인	WAKO CONCRETE KOGYO KK	출 원 국 가	일본
출 원 번 호 / 공개 번 호	2011-115369/ 2012-241481	출 원 일	2011.05.24
법 적 상 태	공개(○),등록(),거절(),소멸()	공 개 일	2012.12.10
기 술 요 약	<p>【과제】 용도나 설치 환경에 따라 유연한 설계가 가능하며 저렴한 비용으로 구축할 수 있는 벽체 구조물을 제공하는 것.</p> <p>【해결 수단】 1 또는 2 이상의 공간을 구비한 자립 가능한 측벽 콘크리트 세그먼트를 단층 또는 2층 이상으로 조적해, 당해 공간의 적어도 하나에 중힐재가 충전된 구성으로 했다.</p>		
대 표 도 면			
대 표 청구 항	<p>【청구항 1】 1 또는 2 이상의 공간을 가지는 자립 가능한 측벽 콘크리트 세그먼트를 단층 또는 2층 이상으로 조적해 형성되고 당해 공간의 적어도 하나에 중힐재가 충전되어서 이루어지는 바닥이 있는 밀폐 구조의 벽체 구조물.</p>		

## [부록 2] 평가위원 및 담당분야

- 평가대상 특허기술 : 오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법(특허등록 제10-1613886호)외 2건
- 평가용도 : 기술이전용
- 평가위원 및 담당분야

성 명	소 속	담 당
조 경 선	내부 전문위원 경영학 박사, 미국공인회계사	평가 책임
박 재 원	내부 전문위원 변리사	실무 책임
최 익 창	외부 전문위원 공학박사, 목포해양대학교	기술성 분석
오 욱	외부 전문위원 변리사, 아이피젠 특허법률사무소	권리성 분석
백 금 희	외부 전문위원 경영학박사, PSMB	시장성 분석
구 본 순	외부 전문위원 공인회계사, 정진회계법인	동업종 및 유사사업 조사·분석 사업성 분석 및 가치산정

[별지 1]

## 신기술 신청 동의서

□ 발명 특허 :

구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	권리자
국내특허	10-2015-0121583 (10-1613886)	2015.08.28 (2016.04.14)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
국내특허	10-2016-0044855 (10-1727510)	2016.04.12 (2017.04.11)	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
국내특허	10-2016-0109171 (10-1780982)	2016.08.26 (2017.09.18)	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
PCT	PCT/KR2016/ 09567	2016.08.29	오픈 셀 케이스 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설

□ 기여 지분 :

구 분	한국해양과학기술원	(유)이도건설	비 고
기여내용	- 구조형식 고안 및 개선 - 수치 및 모형실험을 통한 성능평가 - 설계법 개발	- 구조형식 고안 및 개선 - 현장 적용 설계를 통한 성능 평가 - 시공법 개발	
기여지분	50%	50%	

상기 내용으로 해양수산 신기술[NET] 인증 시범 사업에 신청함에 동의합니다.

2 0 1 7. 10. 12

권리자

[소 속] 한국해양과학기술원

[소 속] (유)이도건설

[성 명] 홍 기 훈



[성 명] 이 오 진









# 학술성과

오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술

한국해양과학기술원  
이도건설(유)



## ■ 목 차 ■

1. 오픈셀케이슨의 전단블록 거동 분석  
(2015 한국해안해양공학회 추계학술대회)
2. 오픈셀케이슨의 항만부두 구조물예의 적용  
(2015 한국해안해양공학회 추계학술대회)
3. 오픈셀케이슨의 전단횡격벽 거동분석  
(2015 한국산학기술학회 추계학술대회)
4. 오픈셀케이슨 방파제의 시공중 안정성 평가  
(2016 한국해양과학기술협의회 공동학술대회)
5. 파랑하중에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 동적 거동 해석 모델  
(2016 한국해양과학기술협의회 공동학술대회)
6. 오픈셀케이슨 방파제의 지반반력특성 분석  
(2016 한국해양과학기술협의회 공동학술대회)
7. Shear Behaviors of Inter-Cells in Open-Cell Caisson Breakwaters  
(2016 PACOMS)
8. 고파랑 대비 채움재를 이용한 오픈 셀 케이슨의 전단 벽체 거동 분석  
(2017 한국해안·해양공학회논문집)
9. 파랑하중에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 미끌림 안정성 평가식 제안  
(2017 한국해안·해양공학회논문집)
10. 오픈 셀 케이슨 구조실험용 채움재 직접전단 실험 분석  
(2017 한국해안·해양공학회 추계학술대회)
11. 실험을 통한 오픈 셀 케이슨의 구조성능 분석  
(2017 한국해안·해양공학회 추계학술대회)
12. 오픈 셀 케이슨 방파제의 안정성 평가를 위한 수리실험  
(2017 한국해안·해양공학회 추계학술대회)



## 오픈셀케이슨의 전단블록 거동 분석 Structural Behavior of Shear Block for Open Cell Caisson

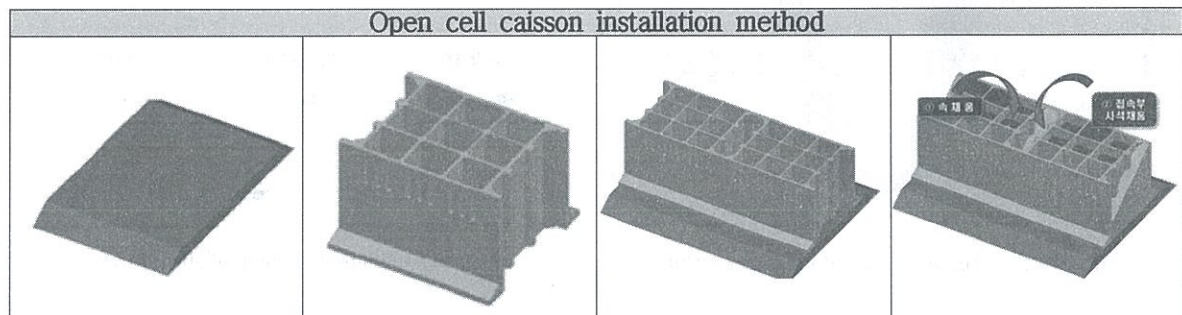
원덕희<sup>1</sup>, 서지혜<sup>2</sup>, 박우선<sup>3</sup>,  
Deokhee Won<sup>1</sup>, Jihye Seo<sup>2</sup>, Woo-Sun Park<sup>3</sup>

### 1. 서론

지구온난화 등에 따른 대형 태풍 내습 시 설계과 이상의 고파랑에 의해 케이슨 등 연안구조물에 대한 피해가 발생하고 있다. 이에 현재는 케이슨 규모의 증대로 안정성을 확보하는 기술이 널리 사용되고 있다. 이러한 안정성 확보 방안 중 케이슨의 길이를 장대화시켜 효율적으로 안정성을 확보하는 기술을 인터로킹 케이슨이라 한다. 장대형 방파제는 파력 평활화에 의해 외력이 감소하게 되어 파력저감에 큰 효과를 발휘하게 된다. 이렇듯 케이슨을 장대화시키기 위해서는 각각의 케이슨을 연결하는 인터로킹 기술이 필요하다. Table 1은 오픈셀케이슨의 시공순서를 나타낸 것으로 일반 케이슨 양단에 전단블록이 설치되고 그 블록 내부에 사석이 채워지는 형식이다. 이는 인접케이슨과의 인터로킹이 가능하여 사석 전단저항에 의한 작용하중 평활화 효과 및 저면(일부) 및 측면 사석마찰에 의한 활동저항력 증대로 기존 케이슨 구조 대비 공용 중 안정성이 높으며, 시공 중에 마주 본 오픈셀에 사석을 미리 채우게 되면 시공 중 안정성도 높일 수 있다. 또한 케이슨 측벽과 저판부 일부를 제거할 수 있어 재료비 절감이 가능하고, 동일 폭의 케이슨의 자중이 작아 설치장비 선택의 폭이 넓으며, 시공 제어도 용이하다.

Table 1에 나타낸 오픈셀케이슨의 경우 케이슨 양단에 설치되어 있는 전단블록들이 전체 케이슨 시스템거동에 매우 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 오픈셀케이슨 연결부에 작용하는 전단력을 산정하고, 이 하중이 작용하였을 경우에 오픈셀케이슨의 전단 블록의 거동을 분석하였다.

**Table 1.** Concept design of open cell caisson



### 2. 케이슨 모델 및 하중 조건

케이슨의 총길이는 203m로 하였으며, 설치평균 수심은 DL(-) 23.10m, 선석 수심은 DL(-) 18m로 가정하였다. 케이슨의 제원은 Fig 1과 같이 폭 8.7m이며, 25.5m의 너비를 가지고 있으며, 높이는 19.5m이다.

- 1 발표자: 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / thekeyone@kiost.ac
- 2 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kiost.ac
- 3 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kiost.ac



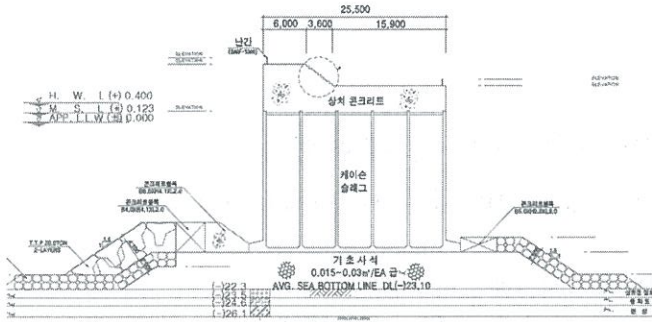


Fig. 1. Cross-section drawing of caisson model.

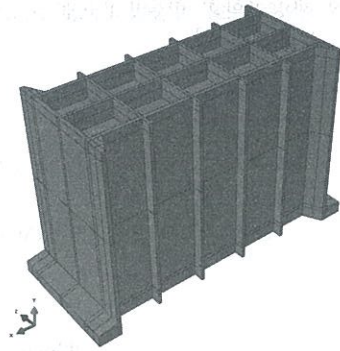


Fig. 2. Open cell caisson.

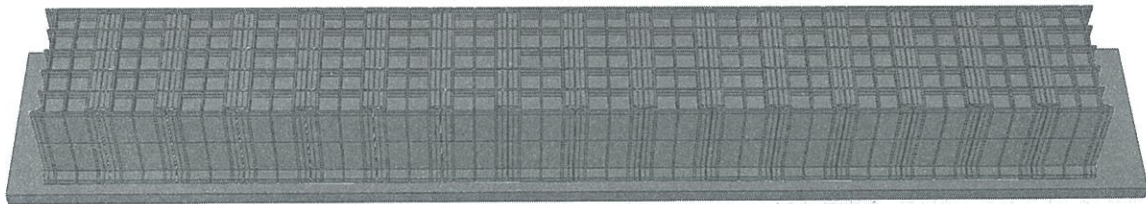


Fig. 3. Installation of open cell caisson.

케이슨은 Fig. 3와 같이 모두 16개를 배치하였으며, 가력하중은 Fig 4와 같이 Goda파압에 따라 수평파력을 계산하였으며, 하중의 파고는 7.7m, 주기는 12.55sec로 가정하였다. 수치해석을 위해서 동적해석을 수행하였으며, 하중의 최대크기는 케이슨 자중의 약 69%의 크기를 가지며, 각각의 케이슨에 시간에 따라서 하중을 가하였다. 콘크리트와 사석은 Solid 요소를 사용하여 적용하였다. Table 1에서 제안한 기본모델을 바탕으로 구조적 성능을 극대화시키기 위하여 Fig 2~3과 같이 오픈셀케이슨을 설계하였다.

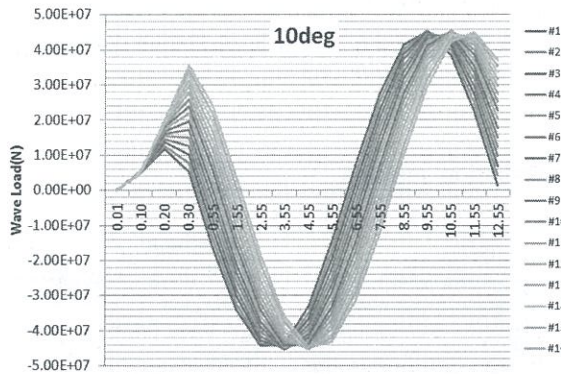


Fig. 4(a). load case 1 (angle of incidence : 10deg)

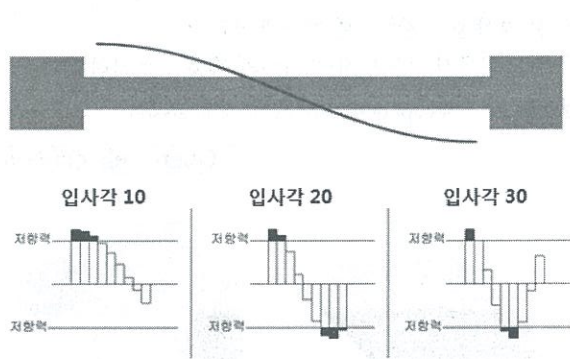


Fig. 5. Calculation method of shear force.

오픈셀케이슨을 적용한 방파제는 인터로킹 효과로 인하여 Fig. 5와 같이 빔모델로 가정을 할 수가 있으며, 양단에 제두부가 있을 경우에는 양단을 고정할 수가 있다. 사석과 케이슨과의 마찰력이 약 0.6이기 때문에 자중의 60%의 수평 파력이 작용하기까지는 방파제는 자중으로 저항가능하고, 그 이상의 수평 파력이 작용할 때 인터로킹 효과가 발휘되어 사석과 전단블록으로 연결된 부분이 저항을 시작하게 된다. 이러한 이유로 연결부는 자중 60%이상의 하중에만 저항을 하면 되기 때문에 연결부에 발생하는 전단력을 산정하기 위해서 수평 파력에서 자중의 60%를 제외한 하중만을 보에 작용시킬 경우 연결부에 작용하는 전단력을 산정할 수 있다. 이와 같은 방법으로 전단력을 산정할 경우 Fig. 6과 같이 나타낼 수 있다. 입사각이 10도일 때의 지점부 제의 최대 전단력은 1417.55MN, 입사각이 20도일 때에는 1760MN, 30도일 경우에는 1464.65MN으로 산정된다. 이를 이용하여 오픈셀케이슨의 연결부 전단블록을 설계 가능하다.

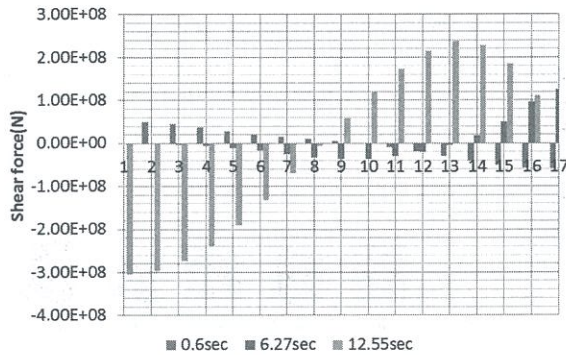


Fig. 6(a). Shear force diagram(10deg).

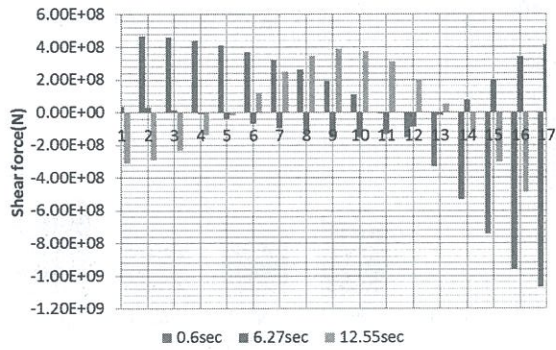


Fig. 6(b). Shear force diagram(20deg).

### 3. 오픈셀케이스 전단블록 거동 분석

오픈셀케이스는 Fig. 2와 같이 양단 끝과 중간에 전단키가 배치되어 있다. 이러한 전단블록들이 전단력에 대하여 적절하게 저항할 수 있어야 오픈셀케이스의 안정성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 이에 본 장에서는 양끝단 단블록 및 중간전단블록의 제원, 중간전단블록의 배치 개수 등을 변수로 삼아 전단블록들의 하중 분담능력을 분석하였다.

Table 2. Parameter of shear block

Penetration depth of mid shear block				End shear block		
Number of mid shear block(EA)	thickness of riplab(m)	penetration depth(m)	Rate	Breadth of cell(m)	Height of end shear block(m)	Rate
3	4	1	25%	3.8	1.9	50%
		0.8	20%		1.7	45%
		0.6	15%		1.5	39%
		0.4	10%		1.3	34%
		0.2	5%			
4	4	1	25%			
		0.8	20%			
		0.6	15%			
		0.4	10%			
		0.2	5%			
5	4	1	25%			
		0.8	20%			
		0.6	15%			
		0.4	10%			
		0.2	5%			

Table 2와 같이 중간전단블록과 양끝단의 전단블록의 제원에 따라 블록이 분담하는 비율을 분석하였다. Fig. 7(a)~(c)는 중간전단블록의 개수와 전단블록의 사석에의 문힘길이가 하중분담에 미치는 영향성을 분석한 것이다. 중간전단키가 없었을 때는 양끝단의 전단키가 모두 저항하는 것으로 나타났으며, 전단키의 문힘길이를 25%에서 5%까지 변경하였을 때에는 하중 분담 비율이 거의 유사한 것으로 나타났다. 블록의 개수가 증가할수록 각 블록이 저항하는 분담률이 감소하는 것으로 나타났다. 양끝단의 전단블록이 전체 전단력의 30% 이상을 저항해 주는 것으로 나타났고 나머지 중간 블록들은 거의 유사하게 분담하는 것으로 나타났다. 끝단 전단키의 높이를 변경한 결과를 보면 Fig. 8과 같으며 변경하여도 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.



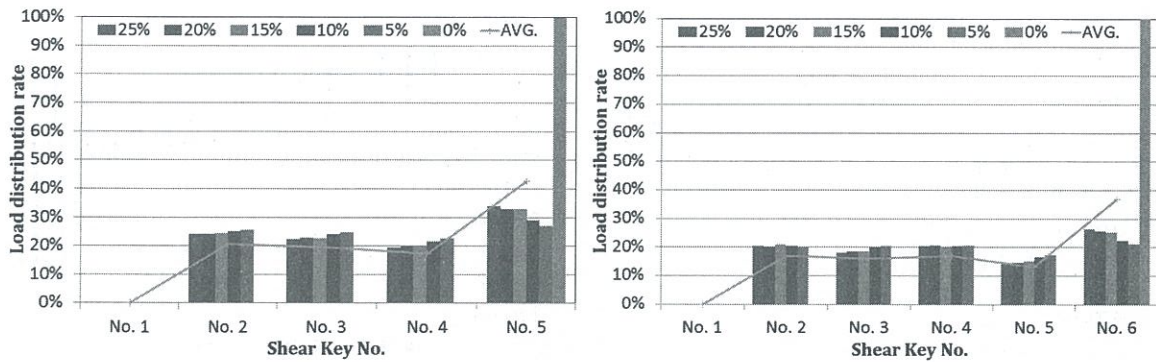


Fig. 7(a). load distribution rate by number of mid shear block(3EA) Fig. 7(b). load distribution rate by number of mid shear block(4EA)

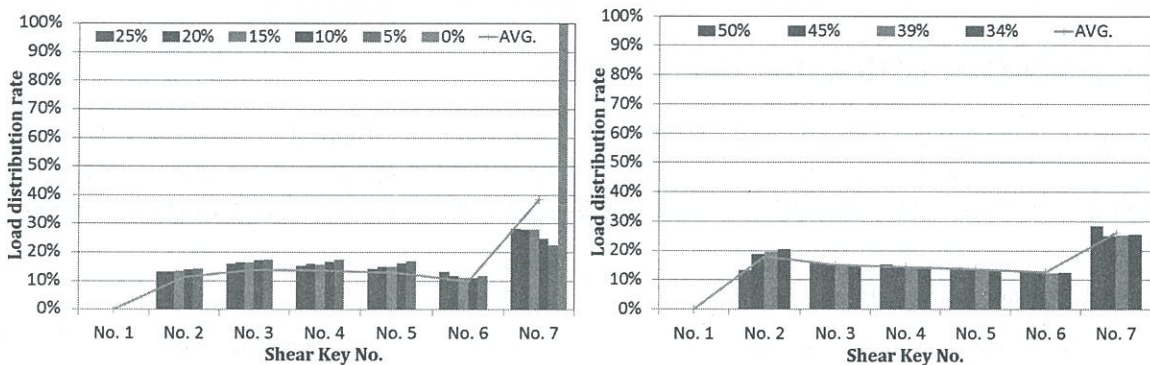


Fig. 7(c). load distribution rate by number of mid shear block(5EA) Fig. 8. load distribution rate by height of end shear block

#### 4. 결론

본 연구에서는 오픈셀케이스의 전단블록 설계를 위한 하중 산정 방법과 전단블록의 전단력 분담률에 대해서 연구를 수행하였다. 분석결과 끝단의 블록전단블록이 가장 많은 하중을 분담하는 것으로 나타났으며, 중간전단블록이 약 60~70%의 하중을 분담해 주는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과는 사석이 오픈셀에 균일하게 분포하여 하중에 저항하였을 때를 가정한 것으로 만약 케이스간의 간격이 균등하게 유지되지 않았을 경우에는 끝단 전단블록의 하중 분담률이 증가할 것으로 판단된다. 이를 위에서 발생할 수 있는 조건들에 대해서 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 도출된 하중 분담률을 적용하여 합리적인 전단블록 설계가 가능할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 “관리형 해상저분장 건설기술 개발(PE99324)” 의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### References

- Kim, B.H., Lee, J.W., Park, W.S. and Jung, J.S. (2010). Making Long Caisson Breakwater Using interlocking System, KSCE J. Civil Engrg., 58(12), 65-71.
- Park, W.S., Yi, J.H., Won, D.H., and Seo, J. H. (2013). Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters, Proc. KSCDP '13 Conf., 70.

## 오픈 셀 케이슨의 항만 부두 구조물에의 적용 Application of an Open Cell Caisson to Harbor Wharfs

이요섭<sup>1</sup>, 이오진<sup>2</sup>, 박우선<sup>3</sup>  
 Yo-Sub LEE<sup>1</sup>, Oh-Jin LEE<sup>2</sup> and Woo-Sun PARK<sup>3</sup>

### 1. 서론

케이슨은 대표적인 항만 구조물로서, 안벽이나 방파제 등에 널리 사용되고 있다. 최근 지구 온난화에 따른 해수면 상승 및 엘리뇨 현상 등에 따른 대형 태풍 등의 내습으로 피해가 늘어나고 있어 대안 마련에 고심하고 있는 실정이다. 특히, 한반도 주변의 지구 온난화로 인한 해수면 상승고는 2060년에 평균 20cm가 증가하는 것으로 보고되어 있다(영국 Hadley Center 예측치, 2005 ; IPCC 4년차 평가보고서, 2007). 또한, 한국해양조사원의 조위관측 결과를 분석하여 보면, 대형태풍(프라피룬, 2000; 곤파스, 2010; 무이파, 2011; 블라벤, 2012)등의 내습시 평균 약 75cm의 폭풍해일 고가 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 기존 항만 및 외곽시설에 예측치보다 더 강한 파랑에너지가 작용함으로써, 구조물의 손상 및 파손을 야기시키는 원인이 될 수 있다.

항만 구조물의 피해 사례를 살펴보면, 피해원인별로는 태풍, 내습 파고별로는 설계파고 전·후에서 피해가 다수 발생하는 것으로 조사되었다. 일반적으로 케이슨의 구조물의 피해는 설계파고 전·후의 파랑에너지에 의해 케이슨의 활동이 발생하고, 사석마운드상의 정위치를 벗어난 케이슨이 전도되며 발생한다. Fig. 1에 제시된 것은 일본 하코다테항 방파제 피해사례로, 설계파를 초과한 파랑의 내습으로 케이슨의 활동에 이어 전도 및 케이슨 유실로 이어진 사례이다.

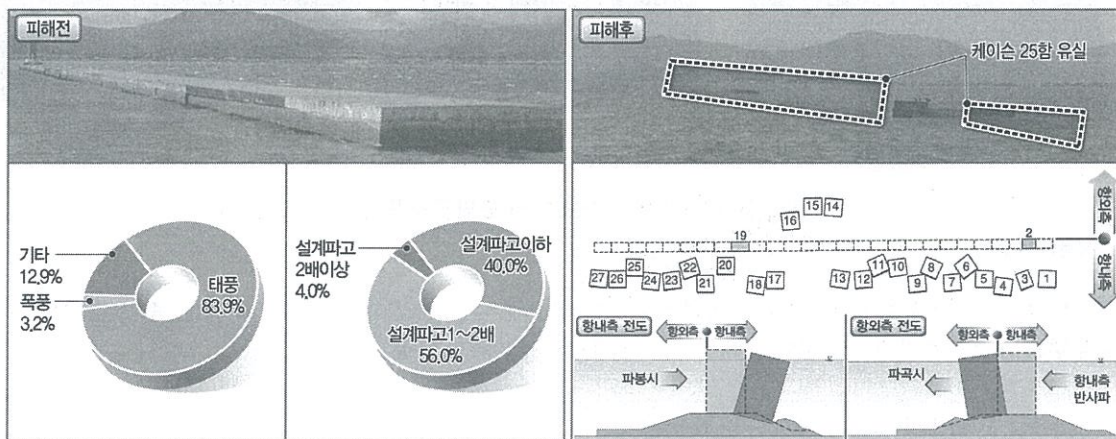


Fig. 1. 하코다테항 방파제 피해사례

1 발표자 : (유)이도건설 / 전무이사 / lkhan2000@naver.com  
 2 (유)이도건설 / 대표이사 / leedotop@daum.net  
 3 한국해양과학기술원 / 연안공학 연구본부 책임연구원 / wspark@kiost.ac.kr



## 2. 오픈 셀 케이슨

### 2.1 오픈 셀 케이슨의 도입 배경 및 특징

일반적인 케이슨 구조물은 외력에 대해 각 함이 단독 저항하는 것으로 보고 설계한다. 따라서, 모든 케이슨을 최대외력에 대해서 소정의 안전율을 갖도록 설계해야 한다. 어느 한 케이슨이 설계하중 이상의 파력을 받아 활동파괴를 일으켜도 아직 하중을 더 받을 여유가 있는 옆에 있는 케이슨이 아무 도움이 되지 못한다. 오픈 셀 케이슨은 이러한 경우에 서로 도움을 줄 수 있도록 고안된 케이슨이다. 즉, 인접케이슨과의 인터로킹을 쉽게 할 수 있는 구조로 된 케이슨이다. Fig. 2에 오픈 셀 케이슨의 개념도와 항만구조물에서의 적용도를 제시하였다.

오픈 셀 케이슨은 기존 사각형 셀로 구성된 케이슨의 양측 셀의 일부를 연직방향으로 절단해 내고, 절단된 셀의 저판을 도려 낸 형태를 갖는다(Fig. 2 참조). 이러한 오픈 셀을 이용하여 항만구조물한 항만구조물은 다음과 같은 특장점을 보이게 된다.

1. 같은 길이를 갖는 일반 케이슨에 비하여 재료가 적게 들어 경제적이며, 자중도 가벼워 시공도 용이하다. 같은 자중의 일반케이슨인 경우에 비교하면, 길이가 더 긴 케이슨을 제작할 수 있어 경제성이 높아진다.
2. 시공시 양측의 오픈 셀에 일정규모 이상의 사석을 채우면 인접케이슨과의 인터로킹이 가능해져 독립된 케이슨으로 구성된 항만구조물에 비하여 안정성이 대폭 상승하게 된다. 또한, 케이슨 거치 후 오픈 셀에 사석의 일부를 채워 넣으면 시공중 케이슨의 안정성을 높일 수 있는 장점이 있다.
3. 오픈 셀에 채워지는 사석과 마운드 사석간의 마찰저항력으로 구조물 수평활동에 대한 저항력이 커지게 되는 효과가 발생한다.
4. 오픈 셀 케이슨은 소형 장비로 시공을 해야 하는 경우에 적용하는 것이 보다 유리하다. 케이슨이 대형화 할수록 재료비 절감에 의한 경제적인 효과가 감소한다.

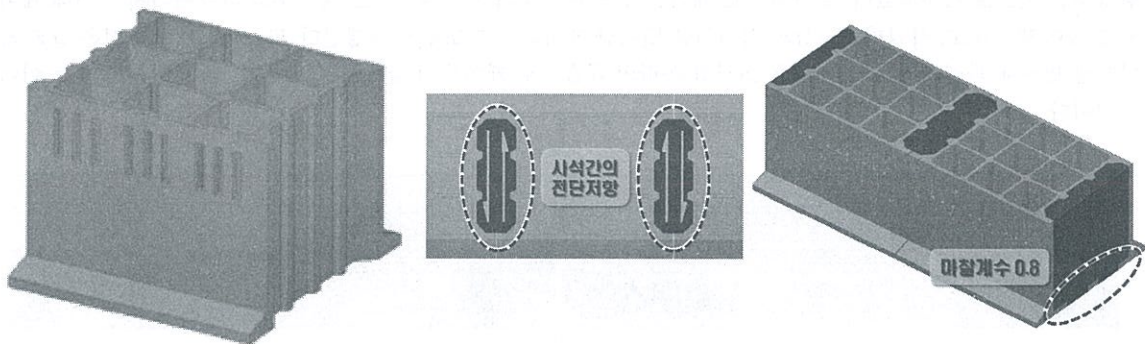


Fig. 2. 오픈 셀 케이슨과 이의 항만구조물 적용도

### 2.2 시공 과정

오픈 셀 케이슨을 이용한 항만구조물 시공과정은 일반적인 케이슨 구조물과 크게 다르지 않다. 즉, 오픈 셀에 사석을 채워 넣는 공정이 추가되는 것뿐이다. 따라서, 시공과정을 정리하면 다음과 같다.

1. 육상 또는 F/D에서 오픈 셀 케이슨을 제작한다.
2. 사석 마운드를 설치한다.
3. 제작한 오픈 셀 케이슨 이송하여 거치한다.
4. 오픈 셀에 사석을 1/3정도 채우고, 다른 셀에는 모래 등의 채움재를 1/3정도 채운다. 케이슨이 모두 제작 설치 되면 모든 셀에 채움재를 채우고, 각 셀에 콘크리트 캡을 설치한다.
5. 상치콘크리트를 설치한다.

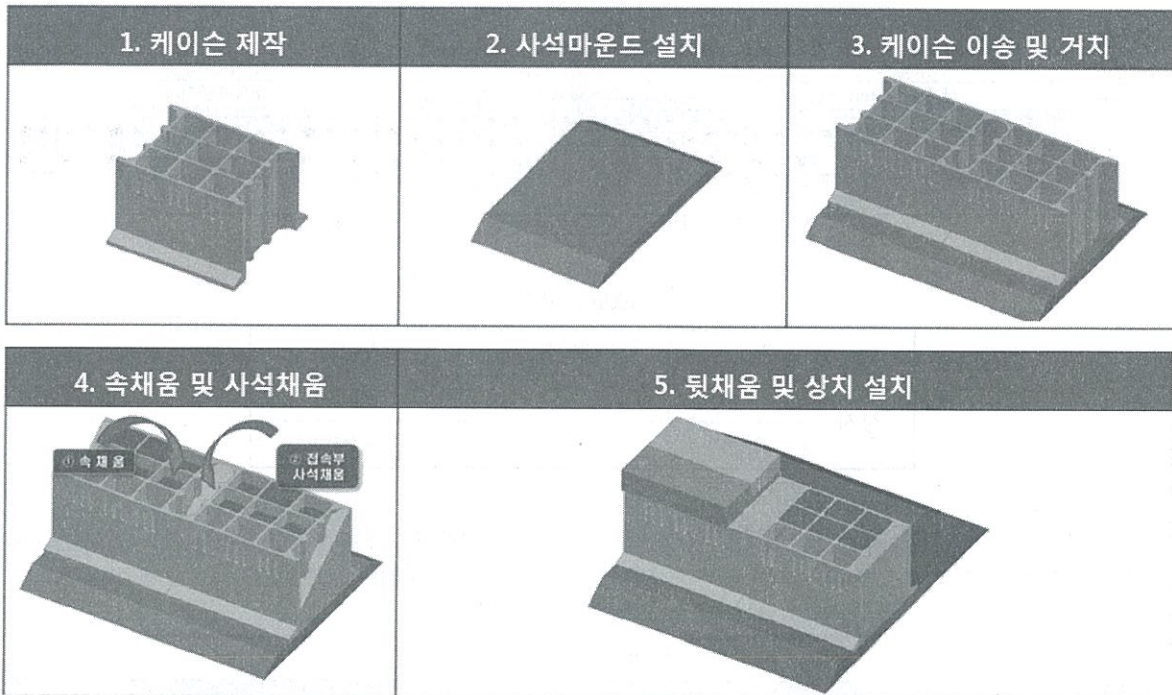


Fig. 3. 오픈 셀 케이슨을 이용한 항만구조물 시공과정

### 3. 오픈 셀 케이슨의 적용

#### 3.1 적용대상

오픈 셀 케이슨의 실제 적용성을 평가하기 위하여 실제 부두에 적용하였다. 군산 해상풍력발전 지원 부두를 대상으로 설계하여 기존 케이슨으로 설계한 경우와 비교하였다. Fig.4에 보인 것은 일반 케이슨으로 설계된 적용안이다. 길이 15m, 폭 15.3m 케이슨 10개(상재하중 5톤 구간)와 길이 15m, 폭 17.3m케이슨 4개(상재하중 15톤 구간)로 설계되었다.

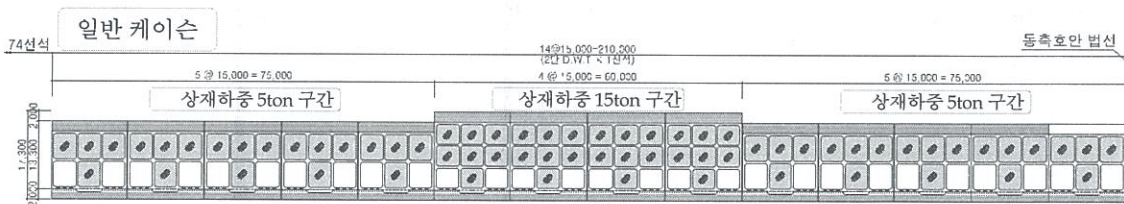


Fig. 4. 군산 해상풍력발전 지원부두 설계안

#### 3.2 오픈 셀 케이슨 적용

상재하중 5톤 구간의 150m 구간에 대하여 오픈 셀 케이슨을 적용하는 것으로 하여 설계하였다(Fig. 5 참조). 양측 각 5개 케이슨으로 구성된 것으로 4개의 오픈 셀 케이슨으로 설계하였다. 자중이 작은 오픈 셀 케이슨의 장점을 이용하여 가용한 3,000톤 급 기중기 인양능력을 고려하여 케이슨 길이를 적정하게 증가시킨 결과이다. 오픈 셀 케이슨의 안정성 평가 결과를 일반 케이슨을 적용한 경우와 비교하여 Table 1에 제시하였다.



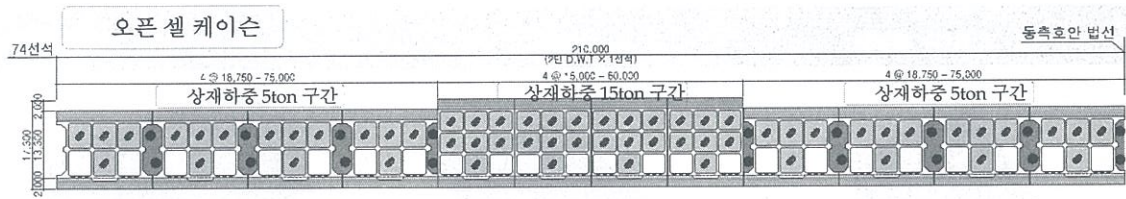


Fig. 5 군산 해상풍력발전 지원부두 오픈 셀 케이슨 적용설계안

Table 1. 안전율

구 분		활 동	전 도
상시	일 반	1.71	3.12
	오픈셀	1.76	3.21

오픈 셀 케이슨의 경제적 효과를 살펴보기 위하여 일반 케이슨을 적용한 경우와 공사비를 비교하여 보았다(Table 2 참조). 결과를 요약하면 오픈 셀 케이슨을 적용하면, 상재하중 5ton 구간(150m) 건설예산(기초공 제외)의 9.7%를 저감하는 효과를 얻을 수 있다고 할 수 있다.

Table 2. 공사비 비교

공 종	공 사 비 (천원)		증 감 (천원)
	일반 케이슨 11.3B×14.9L×17.6H	오픈 셀 케이슨 11.3B×18.6L×17.6H	
1.접안시설공	14,086,672	13,302,873	감 : 783,799
1.1 기초공	5,987,948	5,987,948	-
가.기초굴착공	184,794	184,794	-
나.기초처리공	3,594,323	3,594,323	-
다.사석 및 고르기공	2,208,831	2,208,831	-
1.2 구체공	6,854,159	6,167,085	감 : 687,074
가.케이슨 제작공	3,729,225	3,355,726	감 : 373,499
나.운반 및 거치공	3,048,054	2,747,943	감 : 300,111
다.블록제작 및 거치공	76,880	63,416	감 : 13,464
1.3 상부공	1,244,565	1,147,840	감 : 96,725
가.상치콘크리트공	718,681	689,739	감 : 28,942
나.상부 부속시설공	525,884	458,101	감 : 67,783
M당 공사비(150M)	93,911	88,686	감 : 5,225

## 오픈셀케이슨의 전단횡격벽 거동분석

서지혜\*, 원덕희\*, 박우선\*\*

\*한국해양과학기술원 연안공학연구본부

\*\*한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

e-mail: jhseo@kiost.ac.kr

### Behavior of Transverse Wall in Open-cell Caissons

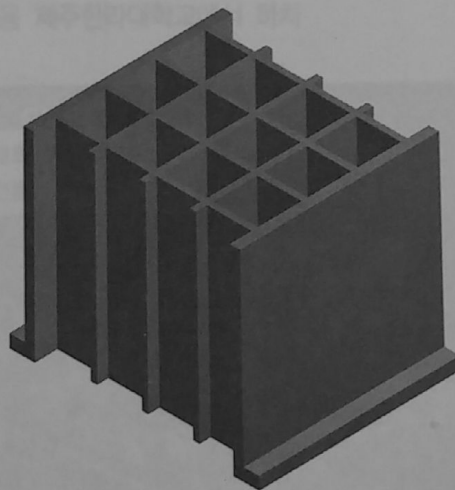
JjHye Seo\*, DeokHee Woe\*\*, Woo-Sun Park\*

\*Coastal Engineering Division, KIOST

\*\*Ocean Science & Technology School, KMOU

#### 요약

대형 태풍 내습 시 고파랑 대응을 위한 항만구조물의 안정성 향상 기술이 대두되면서 신형식 인터로킹 케이슨의 설계 및 시공기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 사석마찰에 의한 저면(일부) 및 인접케이슨과의 결속력을 증대시켜 평활화효과를 가져오는 오픈셀케이슨은 양단 횡격벽블록에 의한 사석 전단저항을 살피볼 필요가 있다. 시계열 수평파력에 대한 횡격벽블록에의 응력집중을 파악함으로써 부재 설계 시 안정성을 확보하기 위함이다. 이에 본 연구에서는 포항북방파제에 설치되었던 케이슨의 제원 및 설계조건을 바탕으로 실험대상을 선정하였으며, 오픈셀 케이슨 16함, 총 200m 길이인 케이슨방파제에 10도, 20도 및 30도의 입사각을 가지는 파력을 가정하여 오픈셀케이슨 연결부에 작용하는 전단력을 산정하고 양단 횡격벽 제원에 따른 시스템 거동을 살펴보았다. 횡격벽 배치 개수 및 연결부 사석두께 대비 양단 횡격벽블록의 길이를 변수로 삼아 전단블록들의 저항력을 분석하였다. 중간 횡격벽블록과 양끝단의 횡격벽블록의 제원에 따라 블록이 분담하는 비율을 분석한 결과, 외해측에 있는 횡격벽블록이 전체 전단력의 30% 이상을 저항하며 하중을 가장 많이 분담하였고, 중간블록들이 거의 유사하게 60~70% 하중을 분담하였다. 이는 오픈셀에 사석이 균일하게 분포하여 하중에 저항하였다고 가정할 결과로 발생할 수 있는 조건에 대한 추가적인 연구가 더 필요하다.



[그림 1] Concept design of open cell caisson

## 오픈 셀 케이슨 방파제의 시공중 안정성 평가

### Stability Evaluations of Open Cell Caisson Breakwaters in Installation on the Rubble Mound

박우선<sup>1</sup>, 서지혜<sup>2</sup>, 원덕희<sup>3</sup>  
**Park, Woo-Sun<sup>1</sup>, SEO, JiHye<sup>2</sup>, and Won, Deok Hee<sup>3</sup>**

#### 1. 서론

일반적으로, 케이슨은 토목 분야에서 이용되는 박스(Box)형 구조물로서, 방파제 등으로 사용하게 된다. 선박의 대형화 및 대형장비의 개발로 중력식 안벽구조와 방파제에서 대심도에 적합한 케이슨 구조가 널리 이용되고 있다. 이러한 케이슨의 일반적인 시공은 방파제에 활용될 경우 연약지반처리와 사석고르기를 통해 기초마운드가 완성되면 Fig. 1과 같이 먼저 케이슨을 제작한 후, 진수 → 운반(예인) → 거치 → 속채움 → 상치콘크리트 타설 순으로 진행된다. 해양이라는 환경을 고려하여 거치장소가 인접해있더라도 파랑에 의한 케이슨 침수를 방지하기 위해 덮개(차수판)를 사용하여 케이슨을 운반(예인)하고 케이슨의 거치가 시작된다. 케이슨의 크기에 따라 주수공 또는 밸브시설을 이용하여 케이슨 내에 해수를 투입하여 케이슨을 기초마운드에 서서히 침강시켜 거치하게 된다. 거치가 끝나면 속채움작업을 연속적으로 시행하여 파랑에 의해 활동이 없도록 제어한다.



**Fig. 1.** Procedure in construction of caisson-type breakwater (울산지방해양수산청, 2004)

- 1 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kiost.ac.kr
- 2 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kiost.ac.kr
- 3 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / thekeyone@kiost.ac.kr



이 때 파랑, 조석, 조류 등의 현장해상조건은 물론 기초사석의 높이, 케이슨의 홀수, 투입 가능한 기계설비 제원 등에 대한 제반사항이 모두 종합적으로 고려되어야한다. 특히, 거치 직후에는 케이슨의 자중이 작아 불안정한 상태가 되는데, 이러한 시공 중 케이슨의 안정성에 대해서는 현재, 10년 설계파에 대해서 안정성을 확보하도록 규정하고 있을 뿐 별도의 세부적인 프로세스가 개발되어있지 않으며 초고층 구조물 건설 시 시공 중 구조적 안정성 검토를 위한 시공단계 해석이 한정적으로 적용된바 있다(엄태성 등 2009). 실제로, 기존의 케이슨 방파제는 단위 케이슨이 각각 독립적으로 거동하기 때문에 파력의 최대값이 각각의 단위 케이슨에 대해 모두 작용하게 된다. 즉, 각각의 단위 케이슨에 대해 최대파압에 견딜 수 있도록 설계하게 된다. 시공 중, 10년 빈도 이상의 파랑 내습 시에는 설계 저항력 초과로 활동이 발생하는 문제점이 발생하게 된다. 지난 2012년 제주 해군기지 건설공사 시 태풍 '볼라벤'과 '텐빈'에 의해 논란이 되었던 부분도 이에 해당된다고 볼 수 있다.

케이슨 규모의 증대로 안정성을 확보하는 기술 중 인테로킹 케이슨에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 본 연구에서는 인테로킹 방파제의 한 형태인 오픈 셀 케이슨을 대상으로 이러한 시공중 안정성에 대해 평가하고자 한다.

## 2. 해석방법

### 2.1 해석모델

오픈 셀 케이슨의 인테로킹을 통해 시공 중시계열 수평파력에 대한 케이슨 방파제의 안정성이 확보되는지를 검토하기 위해 포항 북방파제에 시공되었던 모델을 대상으로 상용프로그램을 이용하여 수치해석을 실시하였다. 포항 북방파제의 설치평균 수심은 DL(-) 23.10 m, 선석 수심은 DL(-) 18 m로, 이를 수정하여 설계한 오픈 셀은 기존 셀 길이의 50%를 벽체 길이로 가지며, 이를 적용한 해석모형의 제원은 Fig. 2과 같이 너비 25.5 m, 길이 12.5m 높이 19.5 m이다. 오픈 셀 케이슨의 인테로킹 방법은 Fig. 3과 같이 인접한 오픈셀 케이슨 사이에 형성되는 인테셀 내에는 채움재를 이용하여 채우는 형태이다. 케이슨은 무근콘크리트케이슨으로 가정하였고, 채움재는 기초마운드에 사용되는 사석으로 설정하였으며 모두 솔리드 요소를 적용하였다. 이에 적용된 물성치는 Table 1에 나타내었다.

해석에 사용한 케이슨은 셀을 모래로 채우고 상치콘크리트를 설치했을 때 Table 2의 50년 설계파 조건에 대해서 소정의 안정성(안전계수 1.2)을 확보하도록 설계되어진 것이다.

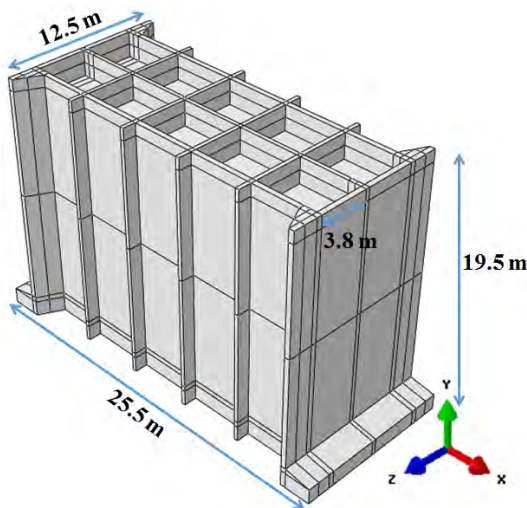


Fig. 2. Dimension of caisson

Table 1. Basic mechanical properties of applied materials

Property	Caisson, Mound	Riprap
Mass density (kN/m <sup>3</sup> )	2.4	1.765
Elastic modulus (GPa)	28	24
Poisson's ratio	0.18	0.3

### 2.2 하중조건

해석에 사용된 모델은 총 5합의 케이슨으로 구성하였으며, 10도, 20도, 30도 입사각일 때의 각 케이슨 별로 작용하는 10년빈도 시계열 파력을 Fig. 4에 나타내었다. 각각의 케이슨에 Fig. 3과 같이 하중을 가하였다(Seo et al., 2015).



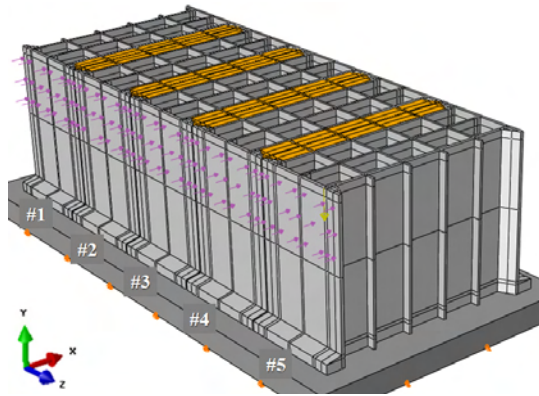


Fig. 3. Loading Condition

Table 2. Design wave condition

Frequency	Height (m)	Period (s)
10 years	4.54	10.7
50 years	7.7	12.55

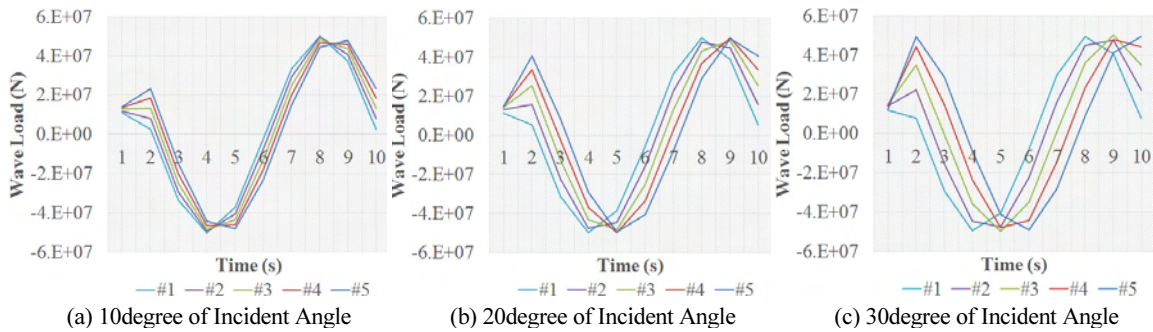


Fig. 4. Wave Forces of 10 years condition acting on the open-cell caisson

### 3. 해석결과

오픈 셀 케이슨의 시공 중 안정성 확보 수준을 파악하기 위하여 일반적인 기본 형태의 케이슨을 비교안으로 설정하여 안정성을 비교분석하였다(Fig. 5).

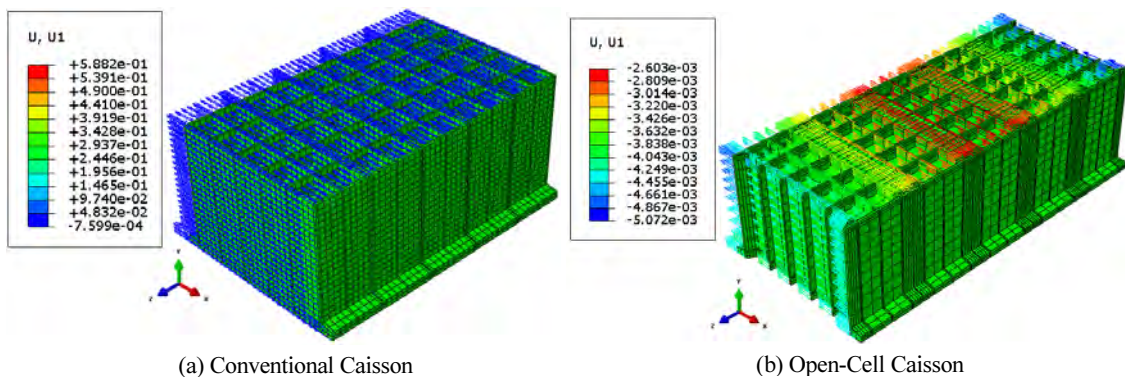


Fig. 5. X-direction displacement in 10 years condition with 10degree of Incident Angle

입사각별로 케이슨 너비방향(X-방향)의 변위를 살펴본 결과, Fig. 6에 나타난 것과 같이 일반케이슨의 경우 5 m 이상의 활동피해가 발생한 반면, 오픈 셀 케이슨의 경우 인터셀 내 채움재의 인터로킹 효과로 인해 최대 4 mm 정도의 변위 내에서 거동하며 안정성을 확보함을 알 수 있었다.

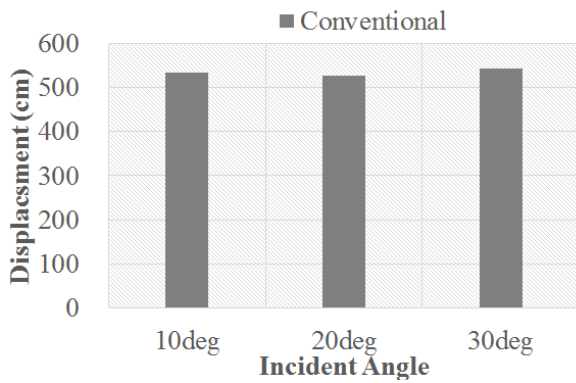


Fig. 6. X-direction displacement of conventional caisson in 10 years condition

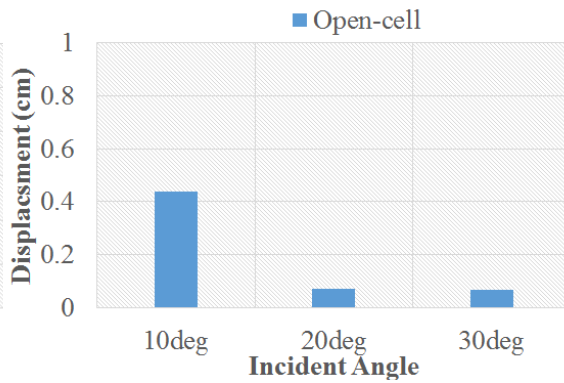


Fig. 6. X-direction displacement of open-cell caisson in 10 years condition

#### 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 인터로킹 방파제의 한 형태인 오픈셀 케이슨을 대상으로 이러한 시공중 시나리오에 따른 안정성에 대해 살펴보았다. 축채움을 하기 이전 단계인 주수상태의 케이슨에 10년 빈도의 설계파 하중을 가하여 비교한 결과, 일반 케이슨은 5m 이상의 변위를 보이며 활동과파가 발생한 반면 오픈 셀 케이슨은 4mm 이내의 활동을 보여 안정함을 확인할 수 있었다.

시공 중 설계조건보다 해황이 불량일 경우, 작업일수가 제한되어 공사기간이 연장되며 이는 곧 공사비 증가로 인한 경제적 손실을 야기한다. 해수 주입 전 상대적으로 저중량 상태인 경우, 혹은 기초마운드의 세굴 등으로 인해 케이슨 구조의 안정성이 불안정해진 상태 등의 시나리오를 감안해보면, 오픈 셀 케이슨 방식의 시공도입으로 인해 보다 안전하고 경제적인 해상시공을 도모할 수 있을 것이라고 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 “오픈 셀 케이슨 설계기술 개발(PE99444)”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### References

엄태성, & 김재요. (2009). 초고층 건물의 시공 중 구조적 안정성 검토를 위한 시공단계해석의 적용. 한국전산구조공학회 논문집, 22(3), 211-221.

울산지방 해양수산청, 2004, 울산신항 남방파제 및 기타공사(제1공구)축조공사 구조계산서 및 대안설계보고서.

Seo, J.H., Yi, J.H., Park, W.S. and Won, D.H. (2015). Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters by Cross Cables. Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, 27(5), 315-323.

## 파랑하중에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 동적 거동해석 모델 Simplified Model for Dynamic Response Analyses of Interlocking Caisson Breakwaters under Wave Loadings

박우선<sup>1</sup>, 서지혜<sup>2</sup>, 원덕희<sup>3</sup>

Woo Sun Park<sup>1</sup>, JiHye Seo<sup>2</sup>, and Deok Hee Won<sup>3</sup>

### 1. 서론

지구온난화에 기인한 초대형 태풍에 의한 50년 설계파고 이상의 이상파랑 발생이 우려되고 있어, 기존 방파제의 안정성 확보에 비상이 걸렸으며, 신설 방파제 역시 어느 정도의 파까지 안전하게 설계할 것인가를 놓고 고심하고 있다. 최근 방파제의 안정성을 제고하기 위한 방안의 하나로 독립적으로 파에 저항하도록 하였던 방파제 케이슨을 서로 인터로킹시키는 방안이 제시되었으며, 이의 현장 적용을 위한 노력들이 시도되고 있다(Hyundai, 2009, 2011; Fig. 1 참조).

방파제에 파가 비스듬하게 입사하게 되면 최대 파압이 순차적으로 작용하여 각 케이슨에 작용하는 최대 파력도 위상차를 갖고 순차적으로 작용하게 된다. 따라서, 케이슨을 인터로킹을 시키게 되면 특정 케이슨에 설계파력 이상의 외력이 작용하여도 인접케이슨이 함께 저항해 활동하지 않을 수 있게 된다. 결과적으로 방파제의 안정성이 높아지는 효과를 얻을 수 있게 된다. Seo et al(2015)이 단순화된 정적 선형모델을 이용하여 인터로킹 케이슨 방파제에 대한 파력분산특성에 대해서 연구한 바 있으며, 설계파고 보다 큰 이상파랑 작용시 비선형 거동에 대해서 Park et al(2015)이 해석한 바 있다.



Fig. 1 Interlocking caisson breakwaters proposed in the governmental projects(Hyundai, 2009, 2011).

1 발표자: 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kiost.ac.kr

2 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kiost.ac.kr

3 한국해양과학기술원 / 연수연구원 / thekeyone@kiost.ac.kr

본 연구에서는 설계파랑이 작용할 때 인터로킹 케이슨 방파제의 동적 응답에 대해서 살펴보았다. 케이슨의 동적 거동을 수치적으로 모의하기 위하여 각 케이슨은 수평, 수직 및 회전방향의 3자유도 강제운동을 하는 것으로 가정하였고, 지반은 선형 스프링, 부가질량 및 감쇠계수로 모형화하였다. 케이슨간 연결부는 선형 스프링으로 단순화하였다.

## 2. 해석모델

케이블로 연결된 인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성을 수치적으로 분석하기 위하여 Fig. 2에 보인 바와 같이 파고가  $A$ , 진동수가  $\omega$ 인 규칙파가 수심  $h$ 인 해역에 설치된 인터로킹 케이슨 방파제에 경사각  $\psi$ 로 입사하는 경우를 고려하였다. 여기서, 방파제 법선 방향을  $x$ , 방파제의 길이방향을  $y$ , 정수면으로부터 연직방향을  $z$ 로 가지는 직교좌표계  $(x, y, z)$ 를 사용하였다.

### 2.1 동적 평형방정식

파랑하중을 받는 인터로킹 케이슨 방파제를 효율적으로 해석하기 위하여, 케이슨은 강제운동을 하는 것으로 가정하고 사석마운드를 포함하는 지반은 Elastic Half Space Theory에 기초한 Winkler 모델로 연직방향과 수평방향의 선형 스프링과 부가질량 및 대시포트로 모형화하였으며 (Newmark and Rosenblueth, 1971), 인접 케이슨을 결속 효과는 선형 스프링으로 단순화하였다(Fig. 3).

수평, 연직 및 회전방향에 대한 힘의 평형조건으로부터,  $i$ -번째 케이슨에 대한 동적 평형방정식은 다음과 같이 구성할 수 있다.

$$\begin{aligned} \sum F_x = - \left( \frac{W}{g} + m_H^a \right) \ddot{\xi}_i &= c_H^S \dot{\xi}_i \\ &+ (2k_H^I + k_H^S) \xi_i + 2k_H^I H_I \theta_i \\ &- k_H^I (\xi_{i-1} + \xi_{i+1} + H_I \theta_{i-1} + H_I \theta_{i+1}) - F_H^W \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum F_z = - \left( \frac{W}{g} + m_V^a \right) \ddot{\zeta}_i &= c_V^S B_c \dot{\zeta}_i \\ &+ k_V^S B_c \zeta_i + k_V^S \frac{B_c^2}{2} \theta_i + W - F_V^W \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum M_O = - (I + I_\theta^a) \ddot{\theta}_i &= c_V^S \frac{B_c^2}{2} \dot{\zeta}_i + c_V^S \frac{B_c^3}{3} \dot{\theta}_i \\ &+ 2k_H^I H_I \xi_i + k_V^S \frac{B_c^2}{2} \zeta_i + \left( 2k_H^I H_c^2 + k_V^S \frac{B_c^3}{3} \right) \theta_i \\ &+ k_H^I H_I (\xi_{i-1} + \xi_{i+1} + H_I \theta_{i-1} + H_I \theta_{i+1}) - F_H^W d + Wb - F_V^W l \end{aligned} \quad (3)$$

여기서,  $\xi_i$ 와  $\zeta_i$ 는 각각  $i$ -번째 케이슨의  $x, z$ 방향의 변위이며,  $\theta_i$ 는  $y$ 축방향의 회전각이다.  $k_H^S$ 와  $k_V^S$ 는 지반의 수평, 연직방향 강성계수이며,  $k_H^I$ 는 케이슨을 연결하는 케이블의 강성계수이다.  $m_H^a$ ,  $m_V^a$ ,  $I_\theta^a$ 는 부가질량으로 유체와 관련된 성분과 지반에 관련된 성분의 합으로 구성된다.  $c_H^S$ 와  $c_V^S$ 는 지반의 수평, 연직방향 감쇠계수이다.  $F_H^W$ 와  $F_V^W$ 는 케이슨에 작용하는 수평, 연직방향의 파력을 의미하며,  $W$ 는 케이슨중량이다.

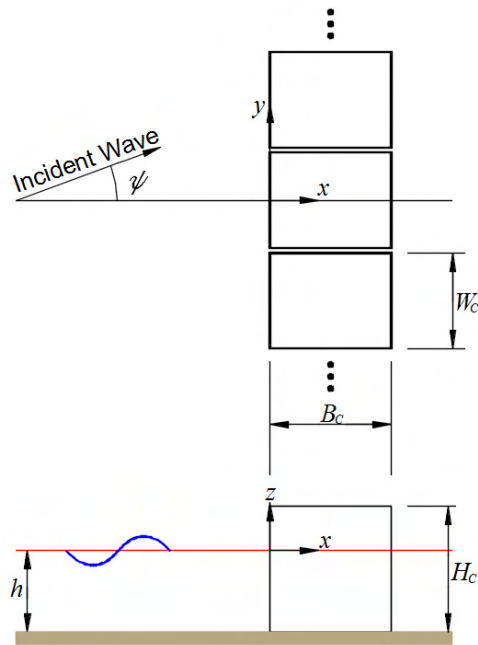


Fig. 2 Definition sketch of a breakwater with interlocking caissons

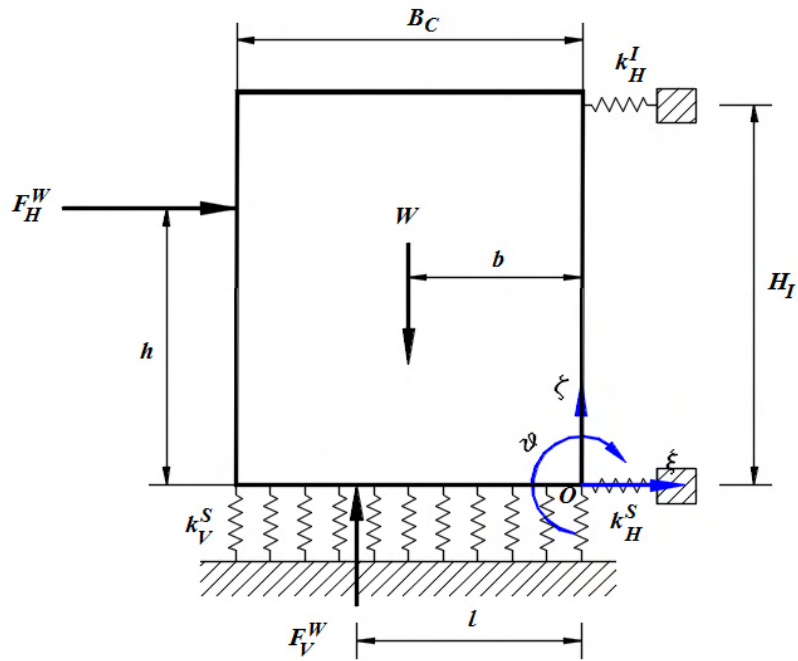


Fig. 3 Definition sketch of interlocking caissons

## 2.2 케이슨에 작용하는 파력

파가 방파제에 경사지게 입사하게 되면, 각 케이슨 별로 작용되는 최대파력은 위상차를 갖고 발생하게 된다. 본 연구에서는 인터로킹 케이슨에 작용파력을 이 위상차를 고려하여 다음과 같이 정의하였다.

$$F_H^W = F_H^G \times \gamma_d \times \cos(ky_i \sin \psi - \omega t) \quad (4)$$

$$F_V^W = F_V^G \times \gamma_d \times \cos(ky_i \sin \psi - \omega t) \quad (5)$$

여기서,  $F_H^W$ ,  $F_V^W$  = 수평 및 연직방향 설계파력;  $F_H^G$ ,  $F_V^G$  = Goda 파압(Goda, 2010)분포를 면적분한 수평 및 연직방향 파력;  $\gamma_d$  = 케이슨 내 파압 위상차를 고려한 저감계수를 의미한다. 저감계수  $\gamma_d$ 는 무한 방파제 경사로 입사하는 선형파에 대한 속도포텐셜을 이용하여 결정할 수 있다. 즉,

$$\gamma_d = \frac{\sin \frac{k W_c \sin \psi}{2}}{\frac{k W_c \sin \psi}{2}} \quad (6)$$

### 2.3 동적 응답

케이슨에 작용하는 파력을 식 (4)와 (5)와 같이 조화하중으로 표시하면 케이슨의 동적 응답은 다음과 같이 주파수 영역에서 구할 수 있다.

$$X_d = (-\omega^2 M - i\omega C + K)^{-1} F_W \quad (7)$$

여기서,  $X_d$  = 케이슨의 각 방향 복소변위 벡터이며,  $F_W$  = 케이슨에 작용하는 파력의 복소파력 벡터이고,  $M$ ,  $C$ ,  $K$ 는 식 (1)~(3)에서 전체 질량, 감쇠 및 강성 행렬을 나타낸다.

## 3. 결론

본 연구에서는 설계파랑이 작용할 때 인터로킹 케이슨 방파제의 동적 응답을 해석하기 위한 모델에 대해서 연구하였다. 케이슨의 동적 응답 해석 수치모델을 수립하기 위하여 각 케이슨은 수평, 수직 및 회전방향의 3자유도 강체 운동을 하는 것으로 가정하였고, 지반은 선형 스프링, 부가질량 및 감쇠계수로 모형화하였다. 케이슨간 연결부는 선형 스프링으로 단순화하였다. 수립된 동적 모델은 설계파 작용시 인터로킹 케이슨 방파제의 파력분산특성 분석에 적용이 가능하며, 동적 효과가 케이슨 응답, 지반반력 등에 미치는 영향에 대한 분석이 가능하다.

## 감사의 글

본 연구는 ‘오픈 셀 케이슨 설계기술 개발(PE99444)’의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Goda, Yoshimi. (2010). Random Seas and Design of Maritime Structures. World Scientific, pp.708.
- Hyundai Dvp. company. (2009). Report of Alternative-design of Counter Facilities Construction at Yeongil Bay Port in Pohang (Stage 2-1)
- Hyundai Dvp. company. (2011). Report of Basic Design of South-Breakwater at Yeongil Bay Port in Pohang (Stage 1 on Zone 1)
- Newmark, N.M. and Rosenblueth, E. (1971). Fundamentals of Earthquake Engineering. Petrice Hall, Inc.
- Park, W.S., Seo, J-H., and Won, D-H. (2015). Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters under Abnormally High Waves. Proc. of KAOSTS 2015 Conf., 79~82.
- Seo, J-H., Yi, J-H., Park, W-S., and Won, D-H. (2015). Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters by Cross Cables, J. of KSCOE, Vol. 27, No. 2.



## 오픈셀 케이슨 방파제의 지반반력특성 분석 Investigation of Subgrade Reaction on Open-Cell Caisson

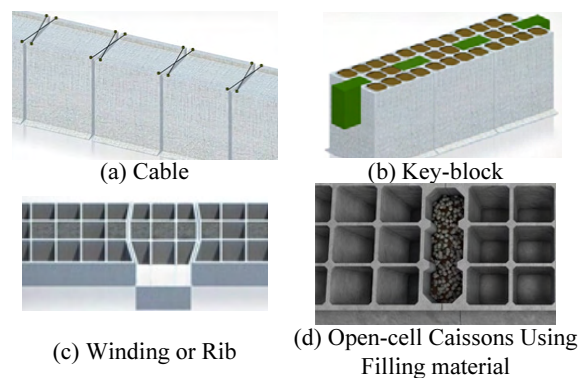
원덕희<sup>1</sup>, 서지혜<sup>2</sup>, 박우선<sup>3</sup>  
Won, Deokhee<sup>1</sup>, SEO, JiHye<sup>2</sup>, and Park, Woo-Sun<sup>3</sup>

### 1. 서론

최근 이상 고파랑으로 인하여 국가 기반시설인 항만을 파랑으로부터 보호하는 역할을 담당하고 있는 방파제의 피해가 다수 발생하였으며, 대부분의 피해는 활동피해(Takayama et al, 2002)가 활동 파괴인 것으로 나타났다. 이러한 활동파괴를 방지하기 위하여 새로운 개념의 장대형 방파제가 제안되기 시작하였다. 현재까지 연구된 인터로킹 방파제의 종류는 케이블, 키블록, 요철형, 오픈셀케이슨 등이다. 케이블형 인터로킹시스템(Fig. 2(a))은 인접한 케이슨을 각각 케이블을 이용하여 서로 체결하는 방식이며 이는 기존 제작된 케이슨에도 적용할 수 있다. 키블록형 인터로킹시스템(Fig. 2(b))은 연결블록을 위한 홈을 두고 블록으로 인접케이슨을 연결하여 수평파력에 저항할 수 있도록 설계하는 개념이다. 또한 굴곡 또는 요철형 인터로킹시스템(Fig. 2(c))은 기존의 직육면체형 케이슨과는 달리 케이슨 측면에 굴곡 또는 요철을 두어 연결하는 형태이다. 하지만 이러한 인터로킹 개념들은 실제 시공과 관련하여 개별 케이슨의 활동이 고려된 상치콘크리트와의 일체거동 및 유지보수 등 보다 더 다양한 연구가 필요한 실정이다. 이를 바탕으로 Fig. 2(a) ~ (c) 인터로킹 방식에서 나타난 응력집중현상에 대한 대안으로 채움재를 이용한 오픈셀케이슨(Fig. 2(d))에 관한 연구가 진행되고 있다



**Fig. 1** Failures of Toyama Port



**Fig. 2** Concept of Interlocking Caissons

오픈셀케이슨은 일반 케이슨 양 외벽에 전단 횡격벽을 설치한 형태로, 인접케이슨과의 인터셀(접속부 공간)이 형

1 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / thekeyone@kiost.ac.kr

2 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kiost.ac.kr

3 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / wspark@kiost.ac.kr

성되어 그 전단 횡격벽 내부에 채움재가 채워지는 형식이다. 이는 국부적으로 설계하중 초과 시 채움재의 전단저항에 의해 작용하중의 평활화 효과가 있고, 인터셀의 저면 및 측면에서 채움재 마찰에 의해 활동 저항력이 증대되어 기존 케이슨 구조 대비 공용 중 안정성이 높다. 또한 케이슨 측벽과 저판 일부를 제거할 수 있어 재료비 절감이 가능하고, 동일 폭 기준 기존케이슨 구조보다 자중이 작아 설치 시 장비 선택의 폭이 넓으며, 시공 제어도 용이하다.

오픈셀케이슨은 거동 분석 연구를 통하여 (Won et al 2015) 인터로킹 효과 및 응력집중효과가 다른 케이슨에 비해서 매우 우수한 성능을 발휘하는 것으로 나타났다. 케이슨을 설계 및 시공하기 위해서는 케이슨간 구조성능 뿐만 아니라 지반과의 상호 거동 특성도 매우 중요할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 오픈셀 케이슨과 일반 케이슨의 동적 해석을 통하여 구조물에 의한 지반반력특성을 분석하였다.

## 2. 해석방법

### 2.1 해석모델

오픈셀 케이슨의 인터로킹을 통해 시공 중시계열 수평과력에 대한 케이슨 방파제의 안정성이 확보되는지를 검토하기 위해 포항 북방파제에 시공되었던 모델을 대상으로 상용프로그램을 이용하여 수치해석을 실시하였다. 포항 북방파제의 설치평균 수심은 DL(-) 23.10 m, 선석 수심은 DL(-) 18 m로, 이를 수정하여 설계한 오픈셀은 기존 셀 길이의 50%을 벽체 길이로 가지며, 이를 적용한 해석모형의 체원은 Fig. 3과 같이 너비 25.5 m, 길이 12.5m 높이 19.5 m이다. 오픈셀 케이슨의 인터로킹 방법은 Fig. 3과 같이 인접한 오픈셀 케이슨 사이에 형성되는 인터셀 내에는 채움재를 이용하여 채우는 형태이다. 케이슨은 무근콘크리트케이슨으로 가정하였고, 채움재는 일반적으로 속채움 시 활용되는 사석으로 설정하였으며 모두 솔리드 요소를 적용하였다. 이에 적용된 물성치는 Table 1에 나타내었으며, Fig. 4와 같이 16개의 케이슨을 모델링하였다. 양단의 케이슨은 제두부로 가정하여 6방향 Fix를 설정하였다.

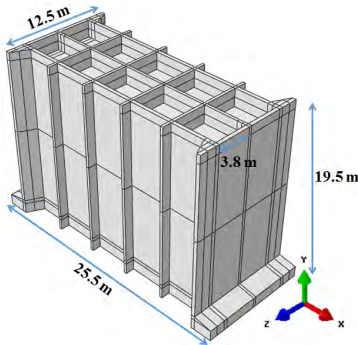


Fig. 3. Dimension of caisson

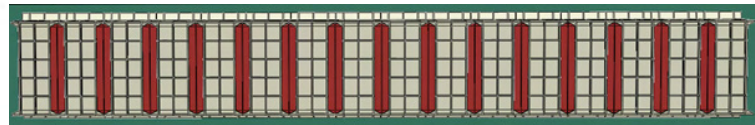


Fig. 4. Installation of Open-Cell Caisson

Table 1. Basic mechanical properties of applied materials

Property	Caisson	Riprap, Mound
Mass density (kN/m <sup>3</sup> )	2.4	1.765
Elastic modulus (GPa)	28	24
Poisson's ratio	0.18	0.3

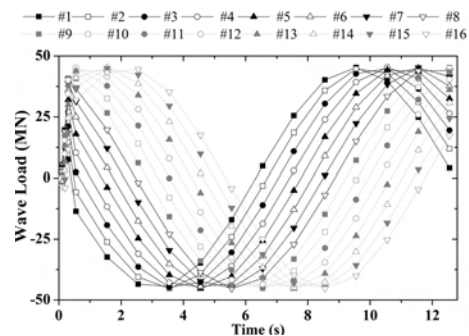


Fig. 5 Wave Load

본 연구에 사용된 모델의 인터로킹 효과를 평가하기 위하여 포항북방파제의 설계조건을 기준으로 하중의 설계파고는 7.7 m, 설계주기는 12.55 s로 가정하였다. 이에 적용된 인터로킹 부재에 의한 파력평활화 효과가 감안된 하중은



수치적으로 선행 연구가 수행된 바 있다 (Park et al., 2013; Seo et al., 2015). 방파제의 양단에 계두부가 설치되어있는 경우를 고려하여 고정된 경계조건을 적용하였으며, 케이슨과 마운드 모델 간의 마찰력은 구조 실험으로부터 습윤 상태의 바닥을 고려하여 0.6으로 설정하였다. 활동파괴 한계조건인 안전율을 1.2로 고려하여 제안된 인터로킹 시스템의 유효자중을 설정하였다. Goda 과압으로 산정된 수평파력과 중복파이론을 기진력으로 산정된 위상차를 이용하여 수평파력을 시간에 따라 가하였으며, 이 때 최대파력은 약 46 MN이다. 수심 조건을 고려하여 각각의 케이슨면에 외력을 가하였으며, 각각의 케이슨에 작용되는 한 주기 동안의 하중은 Fig 5에 나타내었다.

## 2.2 해석결과

입사파가 10도로 케이슨에 작용할 때 케이슨의 종류에 따라 지반 반력 특성을 다음 그림들과 같이 분석하였다. Fig 6은 일반케이슨과 오픈셀 케이슨의 하중작용 시 변형형상과 지반반력 분포를 나타낸 것이다. 각 하중 조건에 따라 일반케이슨의 경우에는 하중이 작용한 대로 변형과 지반 반력 분포가 나타나는 것으로 나타났으나, 오픈셀 케이슨의 경우 채움재(사석)으로 인터로킹되어 있기 때문에 방파제 전체가 일체 거동하는 것으로 나타났다. Fig. 6(a)는 0.627sec일 때 변형 특성을 나타낸 것으로 일반 케이슨의 경우 변형된 상태와 같이 14번과 15번 케이슨에서 가장 큰 반력특성이 나타나는 것으로 나타났으나, 오픈셀 케이슨의 경우 9~15번케이슨에 고르게 지반반력이 나타나는 것으로 나타났으며, 1,2번 케이슨에서 일반케이슨에 비해서 더 큰 지반반력값을 보인다. 이는 케이슨이 일체화 되어 있어 하중이 (+)에서 (-)변하는 4~5번 케이슨을 중심으로 회전 변형이 발생하기 때문에 하중의 반대방향의 지반반력이 일반 케이슨에 비해서 더 크게 나타났다.

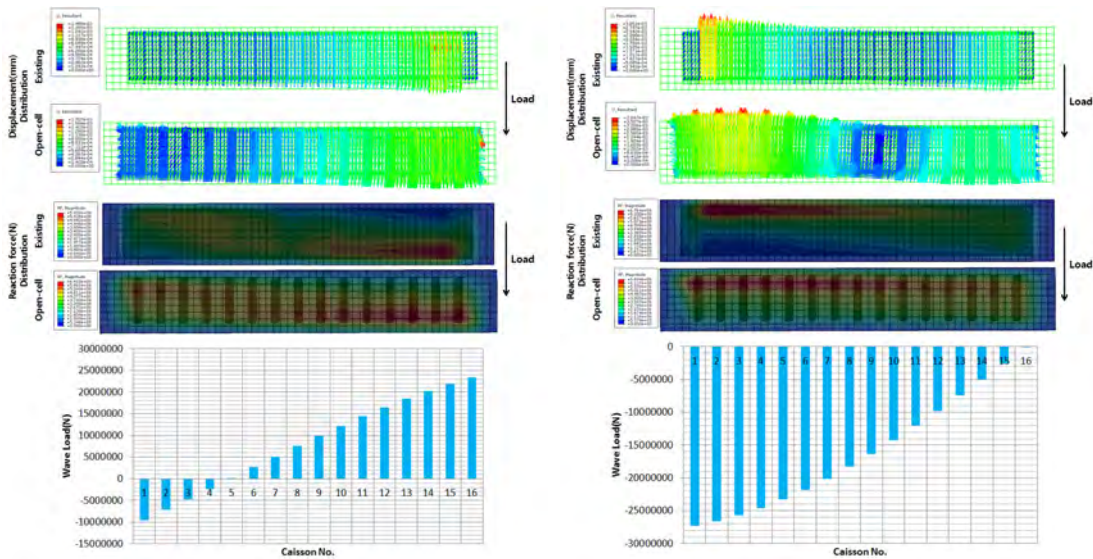


Fig. 6(a) Deformed shape of caisson at 0.627sec      Fig. 6(b) Deformed shape of caisson at 2.5sec

Fig. 6(b)는 주기 2.5sec에서 케이슨들의 변형형상을 나타낸 것으로 하중이 전반적으로 (-)방향으로 작용하는 것으로 나타났으며, 마운드의 지반 반력분포가 일반케이슨보다 오픈셀케이슨이 더 넓게 분포하나 그 최대 지반반력이 일반케이슨의 경우 2~5번 케이슨에서 가장 큰 반면, 1~7번 케이슨에 넓게 분포하는 것을 볼 수 있다. 이때 지반반력은 최대 파력의 24%가 발생하였다.

Fig. 6(c)는 주기 4.3sec에서 케이슨들의 변형형상을 나타낸 것이다. 하중분포는 주로 (-)방향으로 작용하며, 9번, 10번케이슨에서 최대값을 갖는다. 일반케이슨의 경우 이전의 하중과의 조합에 의하여 5번 케이슨이 활동을 한 것으로 나타났으며, 케이슨의 활동으로 인하여 그 위치의 지반 반력이 급격히 작아지는 것을 볼 수 있다. 이에 반하여 오픈셀 케이슨은 5,6번 케이슨 위치에서 가장 큰 변형이 발생하였으나 지반반력은 6~113번 케이슨에 고르게 분포 한다.

Fig. 6(d)는 주기 6.9sec에서 케이슨들의 변형형상을 나타낸 것으로 Fig.6(a)의 반대조건이다. 1~2번케이슨에는 (+)방

향의 하중이 작용하고 3~16번케이슨에 (-)의 하중이 작용하는 조건이다. 일반케이슨의 경우 11번케이슨에서 활동이 발생하는 것으로 나타났으며 지반반력은 하중 작용 조건대로 14~16번 케이슨에서 가장 큰 반력이 나타났다. 오픈셀 케이슨은 반력분포가 7~16번 케이슨에서 고르게 큰 것을 볼 수 있다. 또한 오픈셀 케이슨은 연결부에 전단력이 가장 크게 발생하기 때문에 케이슨 위치보다는 사석 채움위치인 접합부에서 더 큰 지반 반력이 발생하는 것으로 나타났다.

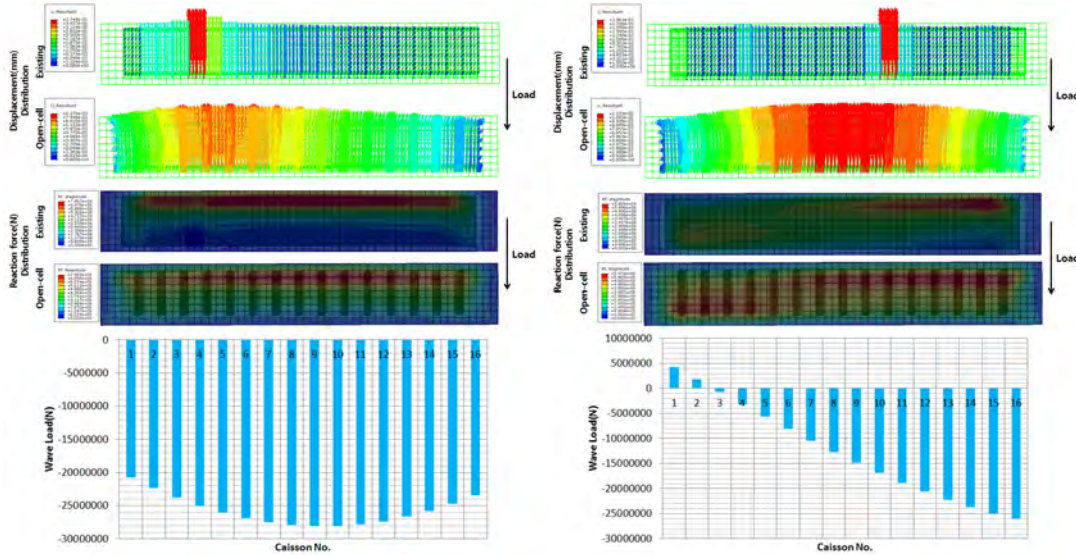


Fig. 6(c) Deformed shape of caisson at 4.3sec

Fig. 6(d) Deformed shape of caisson at 6.9sec

#### 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 오픈셀케이슨의 지반반력특성을 분석하기 위하여 수치해석을 수행하였으며, 기존의 일반케이슨과 비교 분석 하였다. 일반케이슨의 경우 하중이 작용한대로 지반반력이 크게 발생하는 반면에 오픈셀 케이슨은 작용하중도 중요하지만 일체화 되어 있기 때문에 이전에 작용하고 있던 하중과의 차이인 전단력의 크기에 영향을 받고 있는 것으로 판단된다. 또한 최대지반반력크기는 작용 최대 파력의 24%의 크기를 보이는 것으로 나타났다. 일반케이슨은 하중이 작용한 지점의 지반반력이 주로 크게 발생하는 반면 오픈셀 케이슨은 일체화되어 외력에 저항하기 때문에 최대 지반반력 지점이 더 넓게 분포하는 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 “오픈 셀 케이슨 설계기술 개발(PE99444)”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### References

- Takayama, T., & Higashira, K. (2002). “Statistical analysis on damage characteristics of breakwaters”. Proc. of Ocean Development Conf., 18, 263-268.
- Park, W.S., Yi, J.H., Won, D.H. and Seo, J.H. (2013). “Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters”, Proc. KSCDP '13 Conf., 70.
- Seo, J.H., Yi, J.H., Park, W.S. and Won, D.H. (2015c). Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters by Cross Cables. Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, 27(5), 315-323.
- Won, D.H., Seo, J.H., and Park, W.S. (2015). “Structural Behavior of Shear Block for Open Cell Caisson”, Proc. KSCOE '15 Conf., 265-268.

## Shear Behaviors of Inter-Cells in Open-Cell Caisson Breakwaters

*JiHye Seo, Deokhee Won, Woo-Sun Park*

Coastal Engineering Division, Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST)  
Ansan, KOREA

### ABSTRACT

Various methods have been proposed for interlocking adjacent caissons to enhance stability of harbor structures, i.e., breakwaters and quays. Among the methods, it was studied the method based on an open-cell caisson with rubble fills in an inter-cell formed by two facing open-cells which consist of external walls and internal walls. Using ABAQUS, shear behaviors of an inter-cell were investigated under oblique wave loadings. Numerical results show that 60~70% of the shear load is transmitted to adjacent caisson through the internal walls, 30~40% is through the external wall.

**KEY WORDS:** Caisson Breakwater, interlocking, Open-cell; riprap; shear forces.

### INTRODUCTION

Recently, the probability of occurrence of abnormally high waves has increased rapidly under the influence of global climate change. Abnormally high waves can lead to significant damages of breakwaters for protecting harbor facilities (see Fig. 1), since the wave height is greater than that of the design wave. Additionally, in the case of gravity-type quay, it has to consider ensuring the extra stability with upsizing ships. Due to these facts, upgrading stability of port structures to cope with super typhoon and the change of the port logistics conditions came to the fore as the considerable problems (Yi et al., 2014).

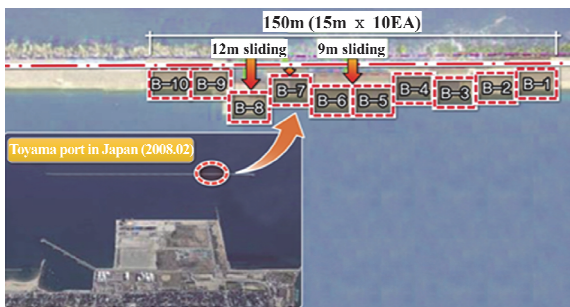
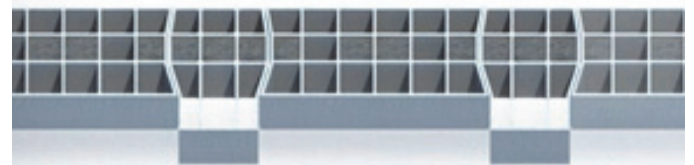


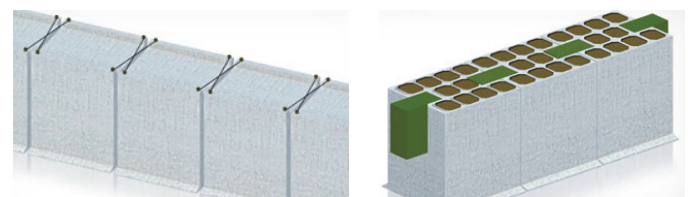
Fig. 1 Failures of Toyama port

Researches for the strong breakwater structure about correspond to the disaster have been led by Japan and Europe (Takayama et al, 2001; Frigaard et al, 1999). As the growing climate change impact, there has been raised the need for the development of the new concept breakwater in order to cope with climate change.

Caisson interlocking concept has been proposed as an alternative for enhancing the breakwater stability by reduction of maximum wave forces on the breakwater. This method has emerged as a reasonable alternative for a next-generation breakwater (Kim et al, 2010 and 2011; Park et al, 2011), since the structural stability may be improved significantly.



(a) Concavo-convex



(b) Cable

(c) Key-block



(d) Filling material

Fig. 2 Concept for interlocking caissons



Concepts for interlocking caissons hitherto known can be classified into four styles as shown in Fig. 2. First one is a concavo-convex type (Fig. 2(a)), second one is a cable type (Fig. 2(b)), third one is a key-block type (Fig. 2(c)), and last one is a filling material type targeted in this study (Fig. 2(d)). The first and second types have been considered as candidates to apply for main breakwaters in Korea ports (Hyundai Dvp, 2009 and 2011). However, it was failed to realize, since the defeat of the competition, unfortunately. Another cause of defeat is not enough to revive the benefits due to lack of design guidelines. Among these concepts, the filling material type based on an open-cell caisson (see Fig. 3) was adopted as a research target, considering the stability, economic feasibility, and structural safety (Lee et al., 2015; Seo et al., 2015b; Won et al., 2015).

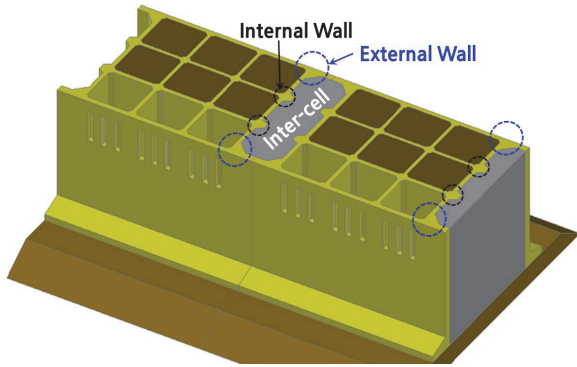


Fig. 3 Definition of Open-Cell Caisson

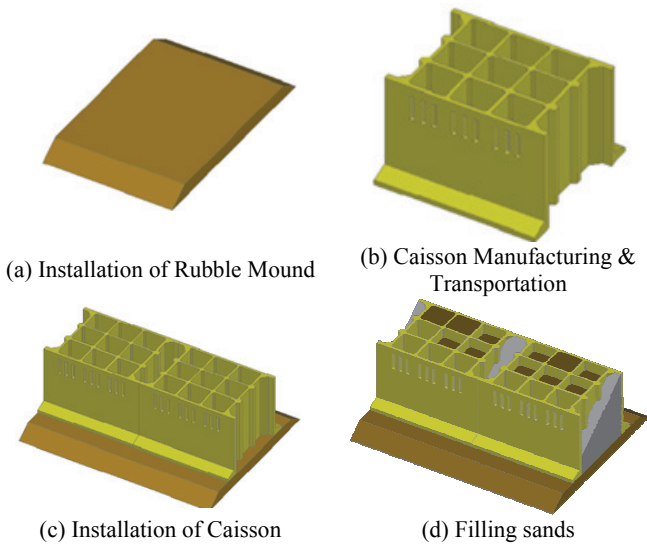


Fig. 4 Installation procedure of open cell caissons

As shown in Fig. 3, the open-cell caisson has a form installing shear walls (external and internal walls) on both outer side walls of the conventional caisson, and is internally filled with filling materials such as ripraps in an inter-cell forming as connecting space with an adjacent caisson. These external and internal walls are responsible for resistance to shear. When there are beyond design load locally, the open-cell caissons have a smoothing effect of the applied load by the shear resistance of the filling materials, and have a higher stability under loading than the conventional caisson structure because the sliding resistance was increased by the friction of filling materials in the

bottom and sides of the inter-cell. In addition, it is possible to remove a part of sidewall of the caisson, can help to reduce material costs considering in an equal length condition of caisson. Also this method has the wide width of the equipment of choice at the time of installation due to having own weight than the existing caisson structure at the same width, and construction control is simply done too. Fig. 4 shows the construction procedure of the open-cell caisson breakwater and entering filler materials in advance during construction, it is possible to improve the stability during construction.

These internal and external walls are very important for performance of the open-cell caisson. They give a dominant influence on behavior of whole caisson system behavior. At joint part of interlocking caissons including open-cell caisson, shear force is generated by external forces because each caisson is connected by interlocking method. To design the joint part of open-cell caisson, shear force is calculated rationally. In this study, calculation method of shear force is proposed. Load sharing ratio of each shear wall against total shear force is investigated by FEM analysis. This result is contributing to design of open-cell caisson joint part.

### ANALYSIS METHOD

It was carried out numerical analysis in order to comprehend the factors that influence in the member design using a commercial program (Simulia, 2013) through the sliding status open-cell caisson breakwater and the stress concentration on the time-series horizontal wave forces. The validity of the numerical analysis method used in this study have been verified by comparison with the hydraulic model tests (Seo et al, 2015a), by which, load calculation method was investigated for the design of shear wall of open-cell caisson.

### Analysis Model and Specifications

Model used in this analysis has a form changing the cross section that was used to Pohang northern breakwater to open-cell caisson, the average depth of the installation is DL(-) 23.1 m, water depth is assumed to DL(-) 18 m. The model caisson has specifications as shown in Fig. 5 as length of 8.7 m, width of 25.5 m, and height of 19.5 m. The separation distance between the caissons is 20 cm, and the breakwater having a length of 200 m was simulated by placing a total of 16 EA open-cell caissons (Fig. 6).

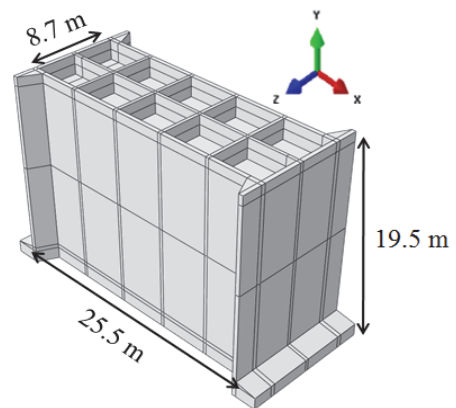


Fig. 5 Open-cell caisson model

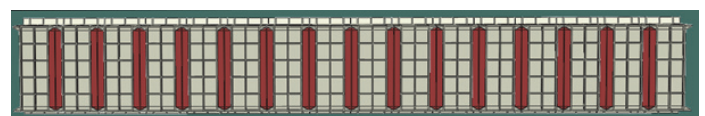


Fig. 6 Installation of open-cell caissons

Caissons and mound that were used in the analysis assumed that the plain concrete, the filling material in the inter-cell was set to riprap. Element properties of caisson and filling material for FE analysis applied the solid element, and the mechanical properties of materials are as Table 1.

Table 1. Basic mechanical properties of applied materials

Properties	Caisson, Mound	Riprap
Mass density (kN/m <sup>3</sup> )	2.4	1.765
Elastic modulus (GPa)	28	24
Poisson ratio	0.18	0.3
Here, $E_c = 8500\sqrt[3]{f_{ck}} + 8$ (MPa)		

**Loading Condition**

In order to evaluate the interlocking effect of the model used in this study, wave conditions were assumed 7.7 m of design height and 12.55 s of design period based on the design conditions of Pohang northern breakwater. This load considered reduction effect by the interlocking member has been conducted numerically through previous studies (Park et al, 2013; Seo et al, 2015c).

The head of breakwater has been installed at both ends of the breakwater, its boundary condition assumed a fixed condition because heads of breakwater are generally larger than other caissons. The frictional coefficient between the caissons and mound model was set to 0.6 considering wet condition of the bottom. Also, the effective self-weight of the proposed interlocking system was set in consideration of the safety factor as 1.2 that stands for the limit conditions of sliding.

The wave force acting on the target caisson was calculated by using Goda's pressure formula and the standing wave solution to consider phase differences. In this case, the maximum wave force is about 46 MN. The angles of incidence are considered to 10 degrees, 20 degrees and 30 degrees respectively. The calculated wave forces are applied to each of the caisson surface, the load during one period acting on each of the caisson shown in Fig. 7.

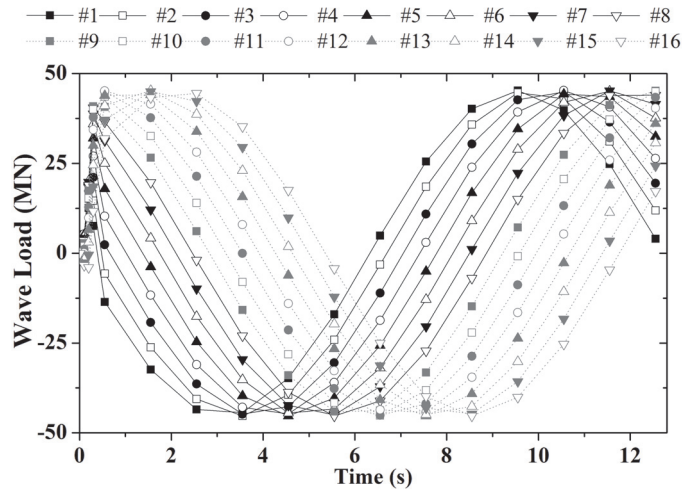


Fig. 7 Wave loads

To realize the dynamic behavior, explicit dynamic analysis method is performed. Wave loads as Fig 7 are applied front surface of caisson gradually. Open-cell caissons have interlocking effect as shown Fig. 8 by filling material as riprap. Fig. 8 shows the deformed shape of open-cell caisson by external wave force. Filling material as riprap resisted shear force effectively because it is confined by external wall.

Maximum tensile stress at external wall is 3 MPa, this means approach the failure of wall by shear force. So, it was analyzed the shear force sharing ratio corresponding to the specification of the shear wall by deriving a load calculation method for the design of joint part of open-cell caisson.

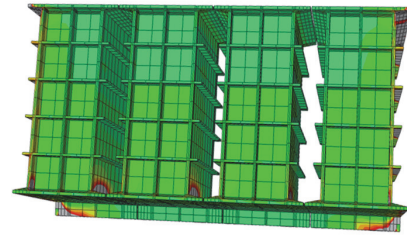


Fig. 8 Deformed shape of open-cell caisson (Von-mises stress)

**Determination of Shear Force**

Analysis model of open-cell caisson was assumed beam model in order to calculate the shear force acting on joint part. Both ends assumed the head of breakwater, they had fixed boundary conditions.

When lower than 60% wave force of dead load act on caisson, caissons only would resist their dead load because friction coefficient of caisson and mound is assumed 0.6. Sliding of caisson occurs at above 60% wave force of dead load. The load excluding 60% of the effective self-weight on the horizontal wave force as shown Fig. 9 would activate to the concrete beam, it is possible to calculate the shear force acting on joint part of open-cell caisson.

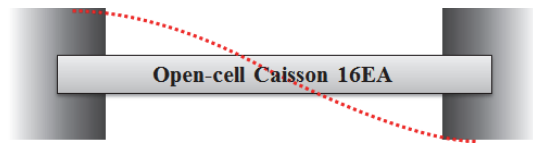
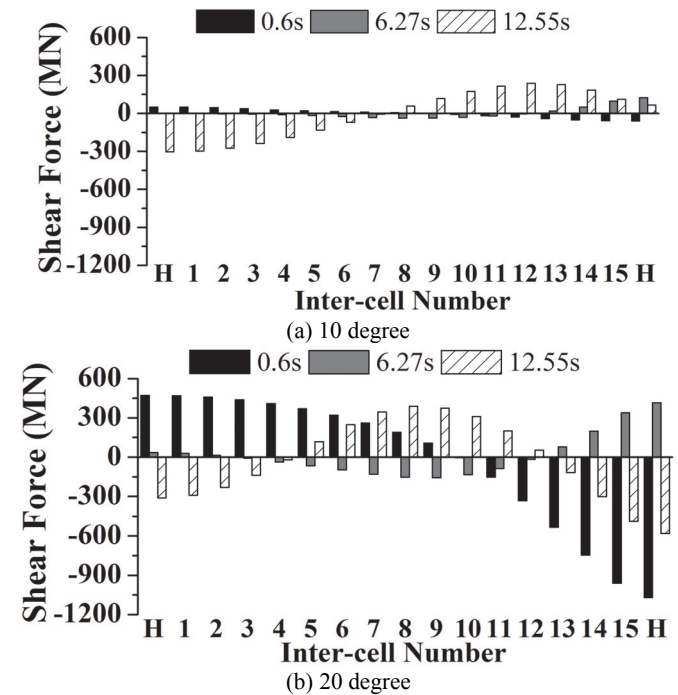
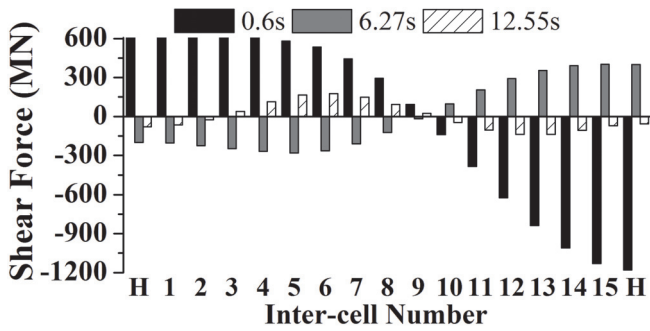


Fig. 9 Boundary condition





(c) 30 degree

Fig. 10 Computation of Shear Forces with Incident Angle

The maximum shear force except joint part at the head of breakwater is 1,417.55 MN, 1,760 MN, and 1,464.65 MN for each angle of incidence. The larger the incident angle, the larger the shear force acting on the inter-cell (Fig. 10 (a) ~ (c)).

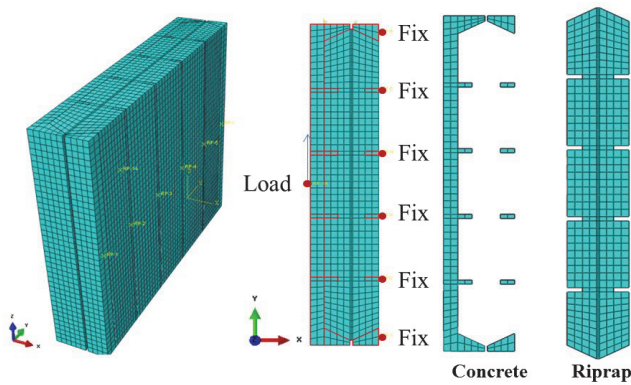


Fig. 11 Local model of joint part on open-cell caisson and boundary conditions

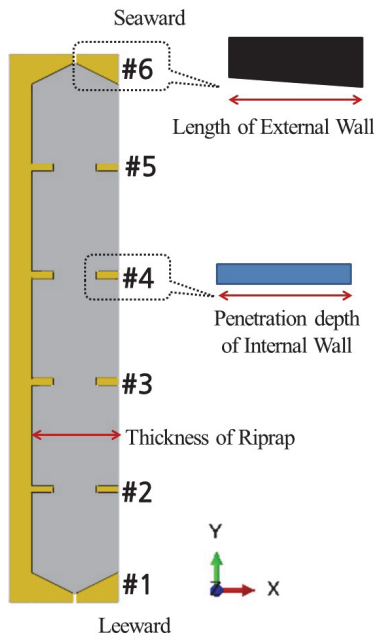


Fig. 12 Constitution of analysis model

To design the internal and external walls of inter-cell, share ratio of each shear wall against shear force is needed. Fig. 11 shows the local analysis model for detail evaluation. Local model of joint part on open-cell caisson consists of concrete internal and external walls and riprap. Right shear walls have fixed condition and shear forces as shown Fig. 10 act on left shear wall to investigate the share ratio of shear forces.

Analysis parameters are selected as shown Fig. 12 and Table 2 ~ 3. They are number of internal wall, penetration depth of internal wall on riprap, and length of external wall. Table 2 shows the parameters about internal wall. Number of internal wall change 3 ~ 5 EA. Ratio of penetration depth of internal wall on riprap selected 5% ~ 25% about each internal walls. Also, ratio of length of external wall to length of inter-cell is selected 34%~50% as shown Table 3.

Table 2 Parameters of internal wall

Number (EA) of internal wall	Thickness of Riprap (m)	Penetration depth (m)	Rate
3	4	1	25%
		0.8	20%
		0.6	15%
		0.4	10%
		0.2	5%
4	4	1	25%
		0.8	20%
		0.6	15%
		0.4	10%
		0.2	5%
5	4	1	25%
		0.8	20%
		0.6	15%
		0.4	10%
		0.2	5%

Table 3 Parameter of external wall

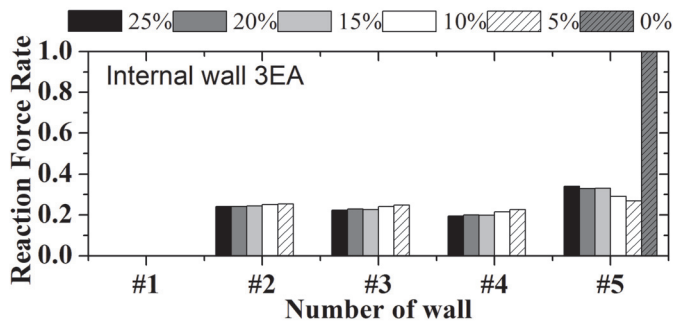
Length of inter-cell (m)	Length of external wall (m)	Rate
3.8	1.9	50%
	1.7	45%
	1.5	39%
	1.3	34%

### Behavior of Joint Part on Open-Cell Caisson

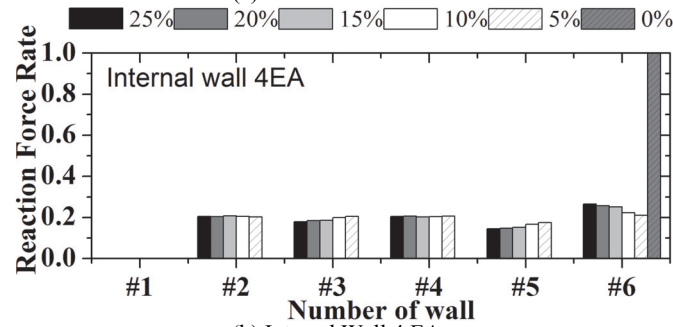
Fig. 13 shows results of analyzing the distribution of the resistant force with the arrangement number of internal wall and ratio of penetration depth to thickness of riprap. When internal walls don't installed, the seaward external walls would resisted against all shear force.

When three internal walls on inter-cell was installed, the seaward external wall has resist 40% ratio of shear force and internal wall shared remaining shear force (Fig 13(a)). In four and five number of internal walls, the seaward external wall has resisted 30% ratio of shear force (Fig 13(b) ~ (c)). According to increase of number of internal wall, load shear ratio of the seaward external wall was decreased as shown Fig. 13.

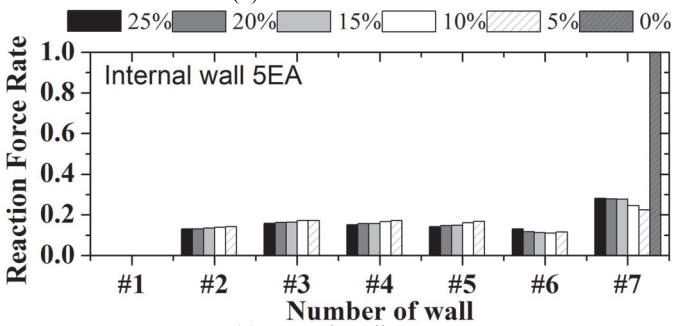
Fig 14 shows the shear force share ratio by length of external wall. Load share ratio was decreased by reduction of length of external wall. Because, the length of external wall reduced relatively comparing with length of internal wall. Design of external wall could be considered outflow of filling material as riprap.



(a) Internal Wall 3 EA



(b) Internal Wall 4 EA



(c) Internal Wall 5 EA

Fig. 13 Shear force share ratio by number of internal wall

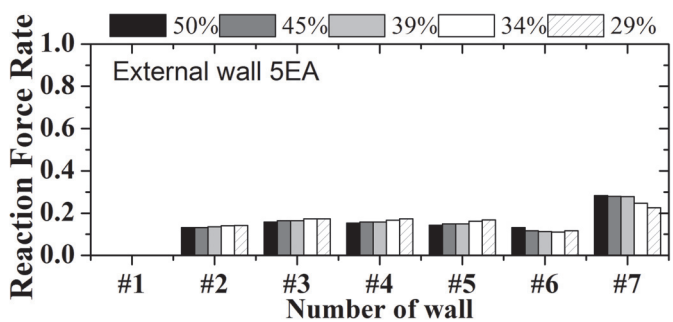


Fig. 14 Shear force share ratio by length of external wall

However, these results are relevant to a phenomenon assuming that the shear forces are uniformly distributed to the open-cell, and completely all-in integrated status under the resisting load. Fig. 15 shows the deformed shape of inter-cell by boundary condition. If the open-cell would be integrated partly on account of the unevenly maintained spacing between the caissons, the load sharing ratio of seaward external wall is increased. In partial integrated status of inter-cell, the internal walls did not resisted, and the seaward external wall mostly received shear force (Fig. 16).

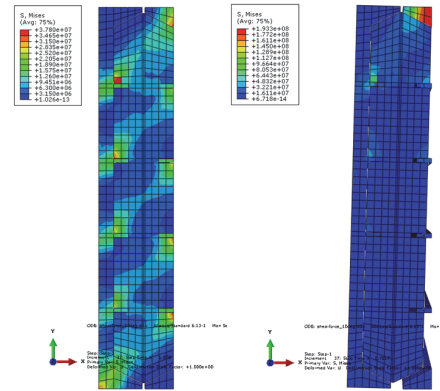


Fig. 15 Deformed shape of inter-cell by boundary condition

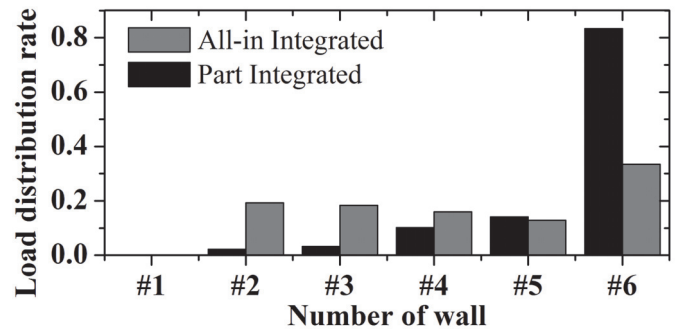


Fig. 16 Load share ratio with confined condition

## CONCLUSIONS

It was necessary to prepare design of port structures for ensuring strong stability on abnormally high waves due to climate change. To overcome shortcomings of hitherto known interlocking method, the filling material method using open-cell caisson was suggested in this paper as new type interlocking caisson. In order to evaluate the structural shear behavior of inter-cell for open-cell caisson having reduction effect increasing the cohesion with adjunction caissons by the friction of filling materials, it can be calculated shear forces on inter-cell.

It was analyzed the shear force share ratio with the length of internal and external wall and the number of internal walls. As a result of the allotment ratio with the specifications of the internal and external wall, the seaward external wall had more than 30% of the total shear force; the internal walls had been sharing almost the same as 60% to 70% of the load. It was applicable in the assumption that the riprap as filling materials was uniformly distributed in inter-cells, and further studies were worth consideration on other conditions under construction.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research work was supported by KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology) research programs (Project No. PE99422).

## REFERENCES

- Emanuel, K. A. (2013). "Downscaling CMIP5 climate models shows increased tropical cyclone activity over the 21st century", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(30), 12219-12224.
- Frigaard, P., Burcharth, H. F., and Kofoed, J. P. (1999). "Wave Impacts



- on Caisson Breakwaters Situated in Multidirectionally Breaking Seas”, *Coastal Engineering Conference*, 2, 1959-1971.
- Hyundai Dvp. company. (2009). Report of Alternative-design of Counter Facilities Construction at Yeongil Bay Port in Pohang (Stage 2-1)
- Hyundai Dvp. company. (2011). Report of Basic Design of South-Breakwater at Yeongil Bay Port in Pohang (Stage 1 on Zone 1)
- Kim, B.H., Lee, J.W., Park, W.S. and Jung, J.S. (2010). “Making Long Caisson Breakwater Using interlocking System”, *KSCE J. Civil Engrg.*, 58(12) 65-71.
- Kim, B.H., Kim, J.S., Park, S.Y. and Kim, J.W. (2011). “Design Case of the 3D Interlocking Breakwater”, *Proc. KAOSTS '11 Conf.*, 1903-1906.
- Lee, Y.S, Lee, O.J and Park, W.S. (2015). “Application of an Open Cell Caisson to Harbor Wharfs”, *Proc. KSCOPE '15 Conf.*, 257-260.
- Park, S.H., Park, W.S. and Kim, H.S. (2011). “Evaluation of Structural Behavior for Interlocking Breakwater”, *Proc. KAOSTS '11 Conf.*, 1915-1918.
- Park, W.S., Yi, J.H., Won, D.H. and Seo, J.H. (2013). “Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters”, *Proc. KSCDP '13 Conf.*, 70.
- Seo, J.H., Park, W.S., Won, D.H., Yi, J.H. and Oh, S.H. (2015a). “Numerical Simulation of Behaviors of Interlocking Caisson Breakwaters under Abnormally High Waves”, *Proc. KAOSTS '15 Conf.*, 167-170.
- Seo, J.H., Won, D.H. and Park, W.S. (2015b). “Behavior of Transverse Wall in Open-cell Caissons”, *Proc. KAIS '15 Conf.*, 581.
- Seo, J.H., Yi, J.H., Park, W.S. and Won, D.H. (2015c). Dispersion Characteristics of Wave Forces on Interlocking Caisson Breakwaters by Cross Cables. *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, 27(5), 315-323.
- Simulia (2013) ABAQUS
- Song, K.S. and Ha, M.B. (2007). “Disaster Measures for SUPER typhoon”, Technical note, *Korean Society of Road Engineers*, 9(3), 106-114.
- Takahashi, S., Shimosako, K. I., Kimura, K., & Suzuki, K. (2001). “Typical Failures of Composite Breakwaters in Japan”. *Coastal Engineering Conference*, 2, 1899-1910.
- Takayama, T., & Higashira, K. (2002). “Statistical analysis on damage characteristics of breakwaters”. *Proc. of Ocean Development Conf.*, 18, 263-268.
- Won, D.H., Seo, J.H., and Park, W.S. (2015). “Structural Behavior of Shear Block for Open Cell Caisson”, *Proc. KSCOPE '15 Conf.*, 265-268.
- Yi, J. H., Park, W. S., Seo, J., and Won, D. (2014). “Evaluation of Enhanced Performance for Caisson-type Breakwaters Using Interlocking System”. *11th ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium*. International Society of Offshore and Polar Engineers.

# 고파랑 대비 채움재를 이용한 오픈 셀 케이슨의 전단 벽체 거동 분석

## Behavior of Walls of Open-cell Caissons Using Filler under Abnormally High Waves

서지혜\* · 원덕희\* · 박우선\*  
Jihye Seo\*, Deokhee Won\* and Woo-Sun Park\*

**요지** : 이상기후에 따른 대형 태풍 내습 시 고파랑 대응을 위한 항만구조물의 안정성 향상 기술이 대두되면서 신형식 인터로킹 케이슨의 설계 및 시공기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 인터로킹 방식에서 응력집중현상에 대한 대안으로 채움재를 이용한 오픈 셀 케이슨은 채움재 마찰에 의한 저면(일부) 및 인접케이슨과의 결속력을 증대시켜 평활화효과를 가져온다. 이러한 오픈 셀 케이슨은 시계열 수평파력에 대한 전단 횡격벽의 응력집중을 파악함으로써 부재 설계 시 안정성을 확보하기 위해 오픈 셀 케이슨의 내·외부벽에 의한 사석 전단저항을 살펴볼 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 포항북방파제에 설치되었던 케이슨의 제원 및 설계조건을 바탕으로 해석대상을 선정하였으며, 채움재는 사석으로 가정하여 인터셀에 작용하는 전단력을 산정하고 내·외부벽 제원에 따른 전단거동을 수치해석을 통해 살펴보았다. 내·외부벽 배치 개수 및 연결부 사석두께 대비 외부벽의 길이를 변수로 저항력을 분석하였다. 제원에 따라 내·외부벽이 분담하는 비율을 분석한 결과, 외해 측에 있는 외부벽이 전체 전단력의 30% 이상을 저항하며 하중을 가장 많이 분담하였고, 내부벽이 거의 유사하게 60~70% 하중을 분담하였다.

**핵심용어** : 오픈 셀 케이슨, 인터로킹, 전단력, 수치해석

**Abstract** : In order to cope with the abnormally high waves during the storm surge due to climate change, various methods have been proposed for interlocking adjacent caissons to enhance stability of harbor structures. Among the methods, it was studied the method based on an open-cell caisson having reduction effect increasing the cohesion with adjunction caissons by filling materials such as crushed rocks in an inter-cell formed by two facing open-cells which consist of transverse walls. It is necessary to investigate the shear behaviors of an inter-cell to secure the stability using calculating shear forces on inter-cell under oblique wave loadings. It was analyzed the shear force share ratio with the length of internal and external wall and the number of internal walls. Numerical results show that 60~70% of the shear load is transmitted to adjacent caisson through the internal walls, more than 30% is through the external wall. It was applicable in the assumption that filling materials was uniformly distributed in inter-cells, and further studies were worth consideration on other conditions under construction.

**Keywords** : Open-cell Caisson, Interlocking, Shear Force, Numerical Analysis

### 1. 서 론

최근 전 지구적인 기후변화로 인하여 슈퍼태풍이 발생하면서 이상고파랑을 동반하여 연안 피해가 대규모화 되고 있다. 특히 우리나라 기상관측 이래 처음으로 순간최대풍속 60 m/s를 동반했던 태풍 매미(2003년)는 물론 최근 불라벤과 덴바(2012년) 등 설계 파고보다 높은 이상파랑이 내습하면서 항만시설물의 유실 및 파괴가 발생하여 피해를 가중시켰다. 한반도에 영향을 미칠 수 있는 북서태평양지역에서 이러한 강력한 에너지가 축적된 열대성저기압이 늘어나는 추세가 앞으로도 계속될 것이라고 전망되어(Emanuel, 2013), 향후 더욱 위협적인 슈퍼태풍이 내습할 것이라는 예측과 함께 우리나라 또한

슈퍼태풍의 안전지대가 아님을 시사하고 있다(Song et al., 2007).

국가 기반시설인 항만을 파랑으로부터 보호하는 방재역할을 담당하고 있는 중력식 안벽 및 방파제의 피해는 대부분이 활동피해로(Takayama et al., 2002), 초과 외력 발생 시 활동 파괴 발생하나 이는 부분적으로 발생하는 것을 알 수 있다(Fig. 1).

재해에 강한 방파제에 관한 연구는 일본, 유럽 등지에서 시작하여(Takayama et al., 2002; Frigaard et al., 1999), 기후변화에 대응하기 위해 새로운 개념의 방파제 개발의 필요성이 제기되었다. 인터로킹을 통한 장대형 방파제가 합리적인 대안으로 대두되고 있지만(Kim et al., 2010, 2011; Hyundai

\*한국해양과학기술원 연안공학연구본부(Corresponding author: Deok Hee Won, Coastal Engineering Division, Korea Institute of Ocean Science and Technology, 787, Haean-ro, Sangnok-gu, Ansan, 15627, Korea, Tel: +82-31-400-6339, Fax: +82-31-408-5823, thekeyone@kiost.ac.kr)

# 파랑하중에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 미끌림 안정성 평가식 제안 Proposal of Sliding Stability Assessment Formulas for an Interlocking Caisson Breakwater under Wave Forces

박우선\* · 원덕희\* · 서지혜\*  
Woo-Sun Park\*, Deokhee Won\* and Jihye Seo\*

**요지** : 기후변화에 따른 설계파고를 초과하는 이상파랑의 내습 가능성이 커지면서 항만구조물의 안정성 확보가 시급한 실정이다. 이러한 변화에 능동적으로 대응하기 위하여 기존 방파제에 대한 평가기준과 신설 장대형 방파제의 설계기준이 점차 강화되면서 인터로킹 케이슨 방파제에 대한 관심이 대두되고 있다. 하지만 현재까지는 항만 및 어항 설계기준·해설[부록] 개정안에 장대형 케이슨에 발생하는 파력 평활화 효과가 제시되어있을 뿐 인터로킹 케이슨 방파제의 안정성을 평가하기 위한 방법이 별도로 제시되어 있지 않다. 이에, 본 연구에서는 선형파 이론에 기초하여 경사 입사하는 파랑의 작용 위치별 위상차의 효과를 고려하고, 최대 파력분포는 설계기준의 Goda 파압식을 적용하여, 규칙파, 불규칙파 및 다방향 불규칙파에 대한 인터로킹 케이슨 방파제의 미끌림 안정성 평가식을 제안하였다.

**핵심용어** : 인터로킹, 케이슨방파제, 미끌림, 안정성, 다방향불규칙파

**Abstract** : Recently, the possibility of abnormal waves of which height is greater than design wave height have been increased due to the climate change, and therefore it has been urgent to secure the stability for harbor structures. As a countermeasure for improving the stability of conventional caisson breakwaters, a method has been proposed in which adjacent caissons are interlocked with each other to consecutively resist the abnormal wave forces. In order to reflect this research trend, the reduction effect of the maximum wave force resulted from introducing a long caisson has been presented in the revision to the design criteria for ports and fishing harbors and commentary. However, no method has been proposed to evaluate the stability of interlocking caisson breakwater. In this study, we consider the effect of the phase difference of the oblique incidence of the wave based on the linear wave theory and apply the Goda pressure formula for considering design wave pressure distribution in the vertical direction. Sliding stability assessment formula of an interlocking caisson breakwater is proposed for regular, irregular, and multi-directional irregular wave conditions.

**Keywords** : interlocking, caisson breakwater, sliding, stability, multi-directional irregular waves

## 1. 서 론

세계경제포럼에서 발표한 세계위험요소 인식조사결과(World Economic Forum, 2017), 극한 기후현상 및 자연재해가 발생 가능성 측면과 그 영향 측면에서 모두 높은 것으로 평가되었다(Fig. 1). 지난해 우리나라 지진관측 역사상 최대 규모의 경주지진 발생, 태풍 차바 내습도 이러한 평가결과와 무관하지 않다. 다행스러운 것은 경주지진 이후 재난안전에 대한 국민적 관심이 높아져, 유비무환의 지혜를 깨닫는 기회가 되었다는 점이다.

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 파랑으로부터 국가 기반시설인 항만 내 시설물을 보호하는 역할을 담당하고 있는 방파제에 대해 극한 기후변화에 대한 선제적 대응이 필요하

게 되었고, 그 일환으로 부산 감천항 방파제가 2013년에 보강되었으며, 포항 영일만 북방파제와 부산항 조도·오륙도 방파제 보강이 확정되어 추진되고 있다. 그러나, 이러한 보강은 2005년 심해 설계파에 기초하여 이루어지고 있어, 향후 심해 설계파가 개정이 되면(2018년 예상), 추진되고 있는 보강계획 및 기 보강된 방파제의 안정성에 대한 전면적인 재검토도 필요하게 될 것으로 판단된다.

최근 발생한 대형 태풍으로 인한 방파제 피해 사례를 보면, 2011년 8월 제9호 태풍 무이파(MUIFA)에 의해 가거도방파제가 큰 피해를 입었고, 2012년 8월 제15호 태풍 볼라벤(BOLAVEN)의 내습으로 서귀포항 외곽방파제에 상치 콘크리트가 파손되고 TTP가 대규모로 유실되는 등 막대한 피해가 발생하였다. 서귀포항의 경우에 2003년 9월 제14호 태풍

\*한국해양과학기술원 연안공학연구본부(Corresponding author: Woo-Sun Park, Coastal Engineering Division, Korea Institute of Ocean Science and Technology, 787, Haean-ro, Sangnok-gu, Ansan, 15627, Korea, Tel: +82-31-400-6325, Fax: +82-31-408-5823, wspark@kiost.ac.kr)

## 오픈 셀 케이슨 구조실험용 채움재 직접 전단 실험 분석

### Shear Behavior on filling materials for Open-cell Caisson in Direct Shear Test

원덕희<sup>1</sup>, 박우선<sup>2</sup>, 서지혜<sup>3</sup>

Deokhee Won<sup>1</sup>, Woo-sun Park<sup>2</sup> and Jihye Seo<sup>3</sup>

오픈셀 케이슨은 형상으로 인해 인접한 케이슨 사이에 인터셀 공간이 형성되며, 이 내부에 채워지는 채움재의 전단성능에 따라 시스템 전체 거동의 성능이 평가된다. 이러한 오픈셀 케이슨의 성능을 평가하기 위하여 실험을 통하여 구조거동 특성을 분석한 바 있다. 본 연구에서는 구조실험에서 사용된 마운드용 기초사석과 순환골재로 선정하였으며, 직접전단 실험을 통하여 채움재의 전단강도 특성을 평가하였다. 본 실험을 위하여 수자원 공사의 대형 직접전단실험 장비를 이용하였다. 재료 분석으로는 최대 입경과 균등계수를 제시하기 위하여 입도분석을 실시하였으며, 실제 인터셀 내 채움 시공을 자유낙하로 투하하였을 경우로 가정한 밀도분석을 수행하였다. 그리고 인터셀내의 채움재의 구속응력에 대한 성능 평가를 위하여 평강히 느슨한 상태의 사석과 상대밀도 70%수준에 수직응력 20 kPa, 40 kPa, 그리고 80kPa 3가지로 변화시켜서 전단성능 특성을 분석하였다.

분석결과 느슨한 상태일 때의 사석과 상대밀도가 70%일 때의 전단 강도가 다음 표와 같이 다른 것을 확인 할 수 있었다. 쇄석골재가 골재의 입도가 작아 상대밀도가 상대적으로 높은 것을 확인 할 수 있었다. 느슨한 상태일 때는 사석의 입도에 관계없이 점착력이 3.8~3.9kPa 인 것을 확인 할 수 있었다. 마찬가지로 순환골재가 쇄석 골재보다 더 크다. 다짐이 된 상태로 가정할 수 있는 상대밀도 70%일 때는 순환골재보다 쇄석골재가 큰 것을 볼 수 있다.

DATA		$\gamma_d$ (kg/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (deg)
순환 골재	최소밀도( $\gamma_{d,min}$ )	1230	3.8	38.2
	상대밀도( $\gamma_d=70\%$ )	1347	8.9	44.4
쇄석 골재	최소밀도( $\gamma_{d,min}$ )	1436	3.9	34.2
	상대밀도( $\gamma_d=70\%$ )	1561	11.3	38.3

또한 수직응력이 증가함에 따라 전단강도가 상승하는 것으로 나타났으며, 느슨한 지반상태에 수직응력이 20kPa가 작용할 때 전단강도는 18kPa, 25kPa로 쇄설 골재가 더 큰 것을 볼 수 있다. 이렇듯 실험을 통하여 분석된 데이터를 이용하여 해석 수행 시 이용하여도 될 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 해양수산부 미래해양산업기술개발사업(과제번호 : 20160147)에 의하여 이루어 졌습니다.

1 발표자: 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / thekeyone@kiost.ac.kr

2 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kiost.ac.kr

3 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kiost.ac.kr



## 실험을 통한 오픈셀 케이슨의 구조성능 분석

### Structural Behaviors of Open-cell Caisson through Experimental Study

원덕희<sup>1</sup>, 박우선<sup>2</sup>, 서지혜<sup>3</sup>

Deokhee Won<sup>1</sup>, Woo-sun Park<sup>2</sup> and Jihye Seo<sup>3</sup>

최근에 인터로킹 케이슨에 대한 관심이 증대되고 있다. 인터로킹 케이슨은 각각의 분리되어 있는 케이슨을 연결하는 방법을 통하여 고파랑에 대응하는 기술이 적용된 케이슨이다. 본 연구에서는 일반케이슨에 인터셀을 만들고 그 빈공간을 채워서 각 케이슨의 연결성능을 상승시킨 오픈셀 케이슨의 성능을 실험을 통하여 분석을 하였다. 실험체의 크기는 실제 스케일의 약 1/7~1/10로 시험체를 제작하여 정적거동 평가를 하였다. 케이슨의 크기는 전면폭이 1.6m, 케이슨의 길이 1.2m, 높이는 1.2m 이다.

실험변수로는 비교군으로 일반셀, 기초사석 종류(사석, 순환골재 섬유동망태)로 구성하여 실험을 수행하였다. 하중조건 파고는 7.7m, 주기 12.55s, 입사각 15도, 30도, 45도, 평균 케이슨 무게는 36.95kN으로 하였다. 자중은 사석이 채워진 케이슨의 무게를 측정하였으며, 세 개의 케이슨의 자중을 평균하여 산정하였다. 설계하중을 자중의 60%로 가정하였다. 실험 Case 1은 최대작용하중이 설계하중의 80%, Case 2는 설계하중의 100%, Case 3는 설계하중의 120%를 작용시켰으며, 극한 거동 실험을 하기 위하여 마지막 기초사석을 넣은 실험체의 경우 140%, 160%, 180% 로 최대하중을 증기시켰다. 위상차를 고려하기 위하여 위상별로 최대파력이 1번케이슨에 작용하는 경우, 2번케이슨에 작용하는 경우 3번케이슨에 작용하는 등으로 하중조건을 가정하여 위상차를 고려하였다.

입사각 15도와 30도 일때의 케이슨의 수평변형을 나타낸 것으로 하중을 설계하중의 1.2배까지 가한 것을 나타낸 것이다. 일반케이슨의 경우 설계하중 1.0배 즉 자중의 60%의 하중이 작용할 때 큰 변형이 발생한 것으로 나타났으며, 오픈셀 케이슨의 경우 설계하중 1.0에서 약간의 변곡점이 발생하지만 최대변형이 1.5mm이하로서 변형이 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 오픈셀 케이슨이 일반케이슨에 비하여 매우 큰 저항능력을 발휘하는 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 해양수산부 미래해양산업기술개발사업(과제번호: 20160147)에 의하여 이루어 졌습니다.

1 발표자 : 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / thekeyone@kiost.ac.kr

2 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kiost.ac.kr

3 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kiost.ac.kr

## 오픈 셀 케이슨 방파제의 안정성 평가를 위한 수리실험 Hydraulic Experiment for Stability Assessment of Open-Cell Caisson Breakwater

이병욱<sup>1</sup>, 박우선<sup>2</sup>, 오상호<sup>3</sup>, 원덕희<sup>4</sup>, 장세철<sup>5</sup>, 서지혜<sup>6</sup>

Byeong Wook Lee<sup>1</sup>, Woo-Sun Park<sup>2</sup>, Sang-Ho Oh<sup>3</sup>, Deokhee Won<sup>4</sup>, Se-Chul Jang<sup>5</sup>  
and Jihye Seo<sup>6</sup>

기후변화로 인하여 설계파보다 높은 고파랑 발생이 예상되고 있다. 실제로 최근 태풍으로 인한 고파랑 내습으로 보강이 완료된 항만구조물의 피해가 발생된 바 있다. 이러한 환경변화에 효율적으로 대응하기 위한 방안으로 항만구조물 장대화연구가 시도되고 있다. 구조물을 장대화하면 최대 작용외력이 감소되는 효과를 얻을 수 있어 구조물 안정성에 큰 도움이 될 수 있다. 최근에 방파제를 장대화하기 위한 방안으로 인접한 케이슨을 인터록킹 시키는 방법이 제안되었고, 요철형, 키블록형, 케이블형, 채움재형 등의 인터록킹 방법이 연구되고 있다.

본 연구에서는 채움재형 인터록킹 케이슨 방파제인 오픈 셀 케이슨 방파제의 안정성 평가를 위하여 평면 조파수조에서 규칙파 실험을 수행하였다. 내습파의 파향의 영향을 살펴보기 위하여 0°, 15°, 30°를 고려하였으며, 기존 설계법으로 활동 안전율이 1.0이 되는 파조건을 기본으로 하여, 파고 및 주기를 변화 시켜가며 활동 파괴가 발생할 때까지 실험을 실시하였다. 비교를 목적으로 일반 케이슨 방파제에 대한 실험도 병행하였다. 정량적인 분석을 위하여 파고, 파압, 활동변위를 계측하였다.

실험결과, 오픈 셀 케이슨 방파제는 실험한 모든 파향조건에서 일반 케이슨에 비하여 월등한 안정성을 보였으며, 특히 입사각이 커질수록 상대적 안정성이 증대됨을 확인하였다. 작용파압의 위상차가 발생하지 않는 방파제 법선방향으로의 입사파(파향 0°)에 대해서도 우수한 성능을 보이는 것은 케이슨 사이 채움 사석에 의한 마찰저항력 증대되었기 때문이다. 채움사석의 공극율을 줄이고, 두부 케이슨의 회전에 대한 안정성을 제고한다면 오픈 셀 케이슨 방파제의 안정성은 보다 높아질 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 "오픈 셀 케이슨 설계기술 개발(PE99562)"과 해양수산부 미래해양산업기술개발사업(과제번호 : 20160147)의 지원으로 수행되었습니다.

<sup>1</sup> 발표자: 한국해양과학기술원 / 연수연구원 / bwlee17@kiost.ac.kr

<sup>2</sup> 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kiost.ac.kr

<sup>3</sup> 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / ohsangho@kiost.ac.kr

<sup>4</sup> 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / thekeyone@kiost.ac.kr

<sup>5</sup> 한국해양과학기술원 / 선임기술원 / scjang@kiost.ac.kr

<sup>6</sup> 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kiost.ac.kr