

BSPE99685-12000-2

오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 및 사업화
기술지원

Upgrading Open-cell Caisson Technologies and Technical
Supports for Commercialization

-최종보고서-

2018. 12. 31.

한 국 해 양 과 학 기 술 원

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “오픈 셀 케이스 공법 업그레이드 및 사업화 기술지원” 연구개발
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12. 31.

연구책임자 : 박우선

참여연구원 : 원덕희

” : 장세철

” : 이병욱

” : 서지혜

” : 변현진

” : 이재성

보고서 초록

과제고유 번호		연구기간	2018. 07. 19. ~ 2018. 12. 31. (6개월)		
연구사업명	중사업명	국가사회현안대응과제			
	세부사업명	기업수요 맞춤형 실용화 기술개발 지원사업			
연구과제명	중과제명	창의연구사업			
	세부과제명	오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 및 사업화 기술지원			
연구책임자	박우선	총연구기간 참여연구원수	총 : 7 명 내부: 3 명 외부: 4 명	총 연구비	60,000천원 (직접비 기준 : 60,000 천원)
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 연안개발·에너지연구센터		수요담당 기업명	(주)코이도	
국제공동연구	-				
위탁연구	-				
요 약				보고서 면수	p.115
<p>○ 마찰력 증대를 위한 안정성 제고기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 모형실험을 통한 성능 평가 : 전도 및 지반 안정성 - 오픈 셀 내부 벽면에 요철 구조를 도입하여 구조실험을 수행 - ABAQUS를 이용한 구조 성능 평가 : 전도 및 지반 안정성 <p>○ 오픈 셀 케이슨용 상치콘크리트 구조 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 모형실험을 통한 구조 성능 평가 - 상치콘크리트에 의한 하중효과를 고려한 구조실험을 수행 <p>○ 현장적용 개념설계 실시</p> <p>○ 시공 컨소시엄 참여</p> <p>○ 해양수산 신기술 현장 실증 사업 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 오픈 셀 케이슨 기술 관련 신기술 실증사업 추진 (해양수산부 지원) 					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	항만, 케이슨, 설계, 수치해석, 구조실험			
	영 어	Port, Caisson. Design, Numerical Experiment, Structural Test			



I. 제 목

오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 및 사업화 기술 지원

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 기후변화로 이상고파랑 발생 확률이 급속히 증대되고 있으며, 이로 인해 설계 파보다 파고가 높은 이상 파랑의 내습이 예상되고 있어 이러한 변화에 적절히 대응하지 않으면 대형사고로 이어질 가능성이 높음
- 안정성과 경제성이 높은 기술임에도 불구하고, 진입장벽이 높아 사업화에 이르지 못하고 있음. 따라서, 실제 적용지를 대상으로 기술적 적용성을 평가하여 수요자를 설득할 필요가 있음
- 오픈 셀 케이슨 공법의 경우, 일반 케이슨에 비하여 지반반력 측면에서 불리하다는 의견이 있어 상용화에 걸림돌이 되고 있음
- 오픈 셀 케이슨 공법의 상용화를 위해서는 지반반력 측면에서의 성능을 평가하여 제시하고, 이 성능을 제고할 수 있는 방안의 마련을 통하여 사업화를 추진할 필요가 있음

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 마찰력 증대를 통한 안정성 제고기술
 - 요철 구조 도입을 통한 사석과의 마찰 계수 증대 방안 도출
 - 오픈 셀 내부 벽면에 요철 구조 도입
 - 모형실험 및 수치해석에 의한 성능 평가
- 오픈 셀 케이슨용 상치콘크리트 구조 개발
 - 상치콘크리트도 오픈 셀 케이슨과 같은 평면을 갖도록 고안
 - 빈 공간을 사석으로 채우고 월파에 의한 이동을 방지하기 위한 블록 설치

- 현장 적용을 위한 기술지원
 - 부산신항 서컨테이너부두에의 적용을 위한 기술지원
 - 일반 케이슨 및 오픈 셀 케이슨 적용 개념 설계 실시
 - 시공 컨소시엄 참여를 위한 기술 제안 실시
 - 항만 설계 및 시공 전문가를 대상으로 기술 홍보/교육 실시
 - 한국해안·해양공학회 등의 교육프로그램과 연계를 통한 교육 실시

IV. 연구개발결과

- 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이슨 미끌림 마찰 저항력 평가
 - 케이슨 바닥면 형상을 요철유무에 따라 정지마찰계수 실험을 수행
 - 요철형 바닥면의 경우 0.7~0.8 정도로 마찰계수가 상승
- 오픈 셀 채움사석의 특성에 따른 지반반력특성 평가
 - 오픈 셀 케이슨 상부에 케이블을 설치하여 회전력을 작용하여 실험 수행
 - 오픈 셀 벽면에 요철유무에 따라서 바닥면의 하중을 계측
 - 오픈 셀 내의 채움사석에 의한 마찰저항력이 지반반력이 20이상 감소함을 확인
- 상치 콘크리트에 의한 하중변화에 따른 지반반력특성 평가
 - 상치 콘크리트에 의한 하중변화를 재현하기 위하여 오픈 셀의 상부에 상재하중을 작용
 - 오픈 셀의 채움사석은 다짐이 없는 조건에서 실험을 수행
 - 오픈 셀의 벽면이 요철형상인 경우에 대하여 실험을 수행
 - 오픈 셀 케이슨 전용 상치콘크리트 형상이 지반반력 저감에 포지티브한 영향을 줄 수 있음을 확인
- ABAQUS를 이용한 구조성능평가 수행
 - 모형실험 조건에 대한 수치시뮬레이션 수행
 - 채움사석의 다짐 정도가 높을수록 할수록 지반반력이 감소함
 - 일반케이슨에 비하여 요철형 오픈 셀 케이슨의 지반반력은 약 20% 감소함
- 현장적용 개념설계 실시
 - 부산 신항 서컨테이너 부두 조건에 대한 안벽 개념 설계 실시
 - 인터로킹 사석의 전단저항력을 고려할 경우 활동안전율은 최대 6.7%이상 증가
 - 공사비는 오픈 셀 케이슨 안벽이 일반안벽에 비하여 2.2% 절감

- 시공 컨소시엄 참여
 - (주)SK건설 컨소시엄 설계에 오픈 셀 케이스 공법 적용
 - 부산신항 서컨테이너부두 적용, 기술료 5억

- 오픈 셀 케이스 공법 적용을 위한 기술지원
 - 해양수산부 신기술 시험시공지원 제안
 - 삼척방파제(포스파워)
 - 안인화력 방파제(남동발전)

V. 연구개발결과의 활용계획

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

- 타 건설분야
 - 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

Upgrading Open-cell Caisson Technologies and Technical Supports for Commercialization

II. Purpose and necessity

- The probability of occurrence of abnormal waves due to the climate change is rapidly increasing. Therefore, it is expected that an abnormal wave with wave height higher than design wave height
- Despite the development of highly stable and economical technologies, the barriers to entry are so high that commercialization has not been achieved. Therefore, it is necessary to persuade the consumer by evaluating the technical applicability to the actual application site
- In case of the open-cell caisson, it is pointed out that it is disadvantageous in terms of the ground reaction force compared to the conventional caisson, which is a hindrance to commercialization
- To commercialize the open-cell caisson, it is necessary to evaluate the performance in terms of the ground reaction force, and to commercialize it by establishing measures to improve this performance

III. Contents and scope

- Stability enhancement technology by increasing the frictional force
 - Increasing the coefficient of friction with gravels by introducing the uneven shape
 - Introduction of the uneven shape on an inner wall of the open-cell
 - Performance evaluation by model experiment and numerical simulation

- Development of the cap concrete for the open-cell caisson
 - Designing the cap concrete by adapting the open cell caisson technologies
 - Fill empty spaces with gravels and install blocks on top side of gravels to prevent movement by the wave overtopping

- Technical support for the actual field application
 - Technical support for application to Western Container Pier of Busan New Port
 - Conducted the conceptual design of the conventional and open-cell caissons
 - Implementation of technical proposal to participate in the construction consortium
 - Technical promotion / training for port design and construction experts
 - Promoted the open-cell caisson on a special session of the Korea Society of Coastal and Ocean Engineers Conference

IV. Results

- Assessment of the friction resistance force for the open-cell caisson with uneven bottom
 - Conducted experiments of the coefficient of static friction for the uneven bottom and flat bottom of caisson
 - In the case of the uneven bottom surface, the coefficient of friction rises from 0.7 to 0.8.

- Subgrade reaction assessment with respect to characteristics of gravels in the open-cell
 - Installed the cable on the top of the open cell casing to perform the experiment by applying rotational force
 - Measured the load on the bottom for the uneven wall and flat wall of the open-cell
 - Confirmed that the friction resistance by the fillet gravels in the open cell reduces the soil reaction force by 20% or more

- Subgrade reaction assessment with respect to a load change by the cap concrete

- In order to reproduce the load change by the cap concrete, acts the overburden load to the top of the open-cell
 - Gravels in the open-cell are tested under no compaction
 - experiments is conducted for the uneven wall of the open-cell
- Confirmed that the shape of the cap concrete for the open cell caisson can positively affect the reduction of the ground reaction force

- Structural performance assessment using ABAQUS
 - Perform numerical simulation on model test conditions
 - The higher the degree of compaction of the fillet, the less the ground reaction force
 - The ground reaction force of the open cell caisson with an uneven wall is reduced by about 20% compared with the conventional caisson

- Conceptual design on site
 - Concept design for a container pier using open-cell caissons in Busan New port
 - Considering the shear resistance of interlocking gravels, the sliding safety is increased by at most 6.7%
 - The cost of construction for the open-cell caisson is 2.2% less than the conventional quay wall

- Participation in the construction consortium
 - Application of an open cell caisson technology to the basic design of SK E & C consortium
 - Western Container Pier of Busan New Port, royalty 500 million

- Technical support for open cell caisson technologies for the actual field application
 - Proposal to the test construction support of the new technology of the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries
 - Samcheok Breakwater (POSpower)
 - Breakwater to protect Anin thermal power plant (Korea South-East Power Co.Ltd.)

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 field

- 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
SUMMARY	ix
목차	xiii
제1장 서론	3
제1절 개발기술의 내용	3
1. 대상기술의 정의	3
2. 오픈 셀 케이슨의 특징	5
제2절 개발기술의 필요성 및 연구목표	6
1. 연구개발의 필요성	6
2. 연구개발의 목표	7
3. 세부목표	7
4. 연구개발의 내용 및 범위	8
제2장 국내외 기술개발 현황	11
제1절 국내 연구 및 기술 동향	11
1. 개요	11
2. 연구 및 기술 동향	11
제2절 국외 연구 및 기술 동향	16
1. 개요	16
2. 연구 및 기술 동향	17
제3절 기술의 특징(우수성)	21
제3장 연구개발수행 내용 및 결과	25
제1절 개요	25

제2절 모형실험	26
1. 실험개요	26
2. 사석의 입도분석	27
가. 시험 구성	27
나. 시험 결과	28
3. 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이슨 미끌림 마찰 저항력 평가	30
가. 실험 구성	30
나. 실험 결과	32
4. 오픈 셀 채움사석의 특성에 따른 지반반력특성 평가	33
가. 실험 구성	33
나. 실험 결과	38
5. 상치 콘크리트에 의한 하중변화에 따른 지반반력특성 평가	46
가. 실험 구성	46
나. 실험 결과	47
제3절 수치해석	48
1. 개요	48
2. 케이슨 모델	48
가. 유한요소 모델링	48
나. 인터락킹 케이슨 모델링	50
3. 해석 조건	51
4. 해석 결과	53
가. 일반케이슨(사석 없는 경우) 해석 결과	53
나. 비요철형 케이슨 해석 결과	55
다. 요철형 케이슨 해석 결과	60
5. 케이슨의 깊이 및 폭의 변화에 대한 해석	65
가. 케이슨의 깊이 변화에 대한 해석 결과	65
나. 사석의 폭 변화에 대한 해석 결과	66
6. 검토 결과	68
제4절 오픈 셀 케이슨의 제작 방법	69
1. 개요	69
2. 일반 오픈 셀 케이슨	69
3. 바닥판 마찰증대 오픈 셀 케이슨	80
4. 오픈 셀 내벽 마찰증대 오픈 셀 케이슨	88
제5절 현장 적용 개념설계	93

제4장 연구개발 성과의 우수성	99
1. 연구결과의 우수성	99
2. 연구결과의 혁신성	106
3. 연구결과의 차별성	106
제5장 연구개발결과의 활용계획	111
1. 연구결과의 활용성 및 실용성	111
2. 해당 기술의 기술적 파급효과 및 기대효과	111
3. 연구결과에 대한 기업 만족도 및 사업화 계획	112
참고문헌	114
부록 A. 자문활용보고서	
부록 B. 오픈 셀 케이스 공법의 안벽에의 적용 설계 용역 보고서	
부록 C. 시험시공 지원기술 신청서	
부록 D. 원가계산서(전자파일로 제출)	

표 목 차

표 1. 국내 연구 및 기술 동향	12
표 2. 국외 연구 및 기술 동향	16
표 3. 오픈 셀 케이슨 특허 출원 현황	22
표 4. 체가름 시험 결과	29
표 5. 다짐정도에 따른 건조단위중량(γ_d , 단위: kgf/m^3)	35
표 6. 설계하중 작용시 자중과 작용하중(=25.15kgf)에 의한 지반응력(P_B)의 분담비	46
표 7. 안정성 검토 결과	94
표 8. 안정성 검토 결과	95
표 9. 공사비 비교	95
표 10. 안벽 케이슨 형식별 비교 결과	96

그 립 목 차

그림 1. 오픈 셀 케이슨 형상도 및 현장 적용도	3
그림 2 오픈 셀 케이슨의 주요 특징	5
그림 3. 대형 태풍에 의한 방파제 피해상황	6
그림 4. 파력분산효과를 분석하기 위한 이론적 운동방정식 구성	15
그림 5. 입사각에 따른 파력분산(좌측) 및 케이블 장력(우측)	15
그림 6. 활동안전율과 회전안전율의 시계열 변화	18
그림 7. 회전을 고려한 파력저감률	18
그림 8. PC 철골형 장대형 케이슨의 개념도	19
그림 9. 수평 파력의 평활화계수	20
그림 10. 시험에 사용한 표준체	27
그림 11. 시험에 사용한 시료	28
그림 12. 각 시료의 입도분포	29
그림 13. 정지마찰계수 실험 사진	30
그림 14. 사각형 요철 바닥면(위)과 사다리꼴형 요철 바닥면(아래)	31
그림 15. 바닥면 모형 사진	31
그림 16. 요철의 폭에 따른 마찰계수 비교	32
그림 17. 지반반력특성 평가 실험 사진	34
그림 18. 요철을 고려한 오픈 셀 케이슨 모형	34
그림 19. 오픈 셀 케이슨 모형의 상세 제원(단위: cm)	35
그림 20. 오픈 셀 내측 요철형 벽면의 상세 제원(단위: cm)	36
그림 21. 오픈 셀 케이슨 전면의 미끌림 방지 가이드	37
그림 22. 오픈 셀 케이슨 바닥면의 로드셀과 가이드	37
그림 23. 계측부와 가이드의 상세 제원(단위: cm)	37
그림 24. 케이슨 단면에 작용하는 힘	38
그림 25. 누적하중작용에 따른 이론해와 실험결과의 지반반력	39
그림 26. 케이슨 단면에 작용하는 힘과 지반응력분포	40
그림 27. 다짐정도에 따른 케이슨의 전면부와 후면부의 지반응력	42
그림 28. 요철유무에 따른 케이슨의 전면부(항내)의 지반응력	43
그림 29. 요철유무에 따른 케이슨의 후면부(항외)의 지반응력	44
그림 30. 작용하중에 따른 케이슨 전면부(항내) 지반응력의 비교	45
그림 31. 상재하중의 변화에 따른 지반반력특성 평가 실험 사진	46
그림 32. 상재하중의 변화에 따른 케이슨 전면부와 후면부의 지반응력	47
그림 33. 모형 제원	48
그림 34 케이슨의 자유물체도	49
그림 35. 전면 날개벽(좌)과 후면 날개벽(우)	49
그림 36. 측면벽 마찰력	50
그림 37. 케이슨 모델링	50
그림 38. 케이슨 측면벽에 작용하는 수평 토압	52

그림 39. 케이스 전면벽과 후면벽에 작용하는 수평 토압	52
그림 40. 일반 케이스 해석 결과	53
그림 41. 해석 결과와 실험값의 비교	54
그림 42. $\gamma_{d,max}$ 해석 결과	55
그림 43. 해석 결과와 실험값의 비교	56
그림 44. $\gamma_{d,med}$ 해석 결과	57
그림 45. 해석 결과와 실험값의 비교	58
그림 46. $\gamma_{d,min}$ 해석 결과	58
그림 47. 해석 결과와 실험값의 비교	59
그림 48. $\gamma_{d,max}$ 해석 결과	60
그림 49. 해석 결과와 실험값의 비교	61
그림 50. $\gamma_{d,med}$ 해석 결과	62
그림 51. 해석 결과와 실험값의 비교	63
그림 52. $\gamma_{d,min}$ 해석 결과	63
그림 53. 해석 결과와 실험값의 비교	64
그림 54. 케이스의 폭 변화에 대한 해석 결과	65
그림 55. 사석의 폭 변화에 대한 해석 결과	66
그림 56. 모식도	69
그림 57. 일반케이스 표준단면도	93
그림 58. 케이스 일반도	93
그림 59. 오픈 셀 케이스 표준단면도	94
그림 60. 케이스 일반도	94
그림 61. ABAQUS 구조성능평가	99
그림 62. 특허출원서	100
그림 63. 상치 콘크리트 개념도	101
그림 64. 특허출원서	101
그림 65. 요철이 설치되는 오픈 셀 내측면	102
그림 66. 특허출원서	102
그림 67. 요철이 설치되는 케이스 바닥면	103
그림 68. 안벽설계에 적용한 케이스 평면도	103
그림 69. 신기술 등 시험시공 지원기술 신청서	104



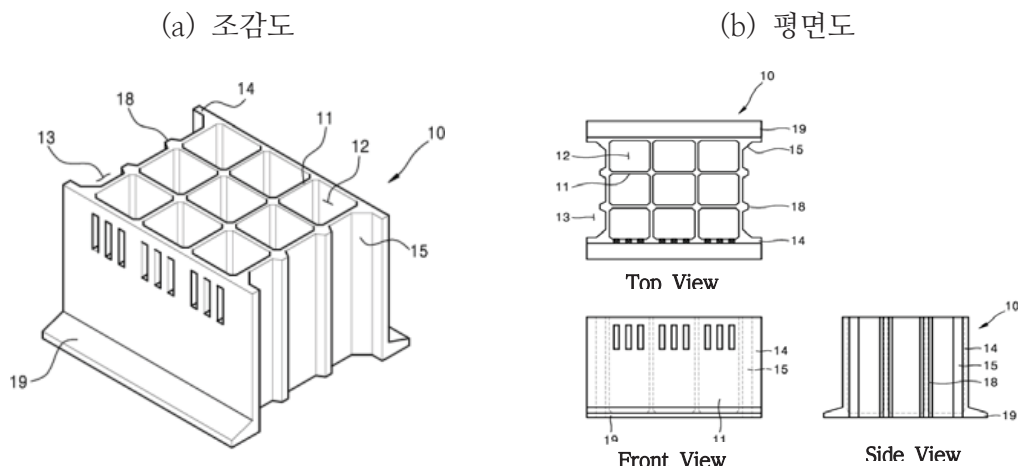
제1장 서론

제1장 서론

제1절 개발기술의 내용

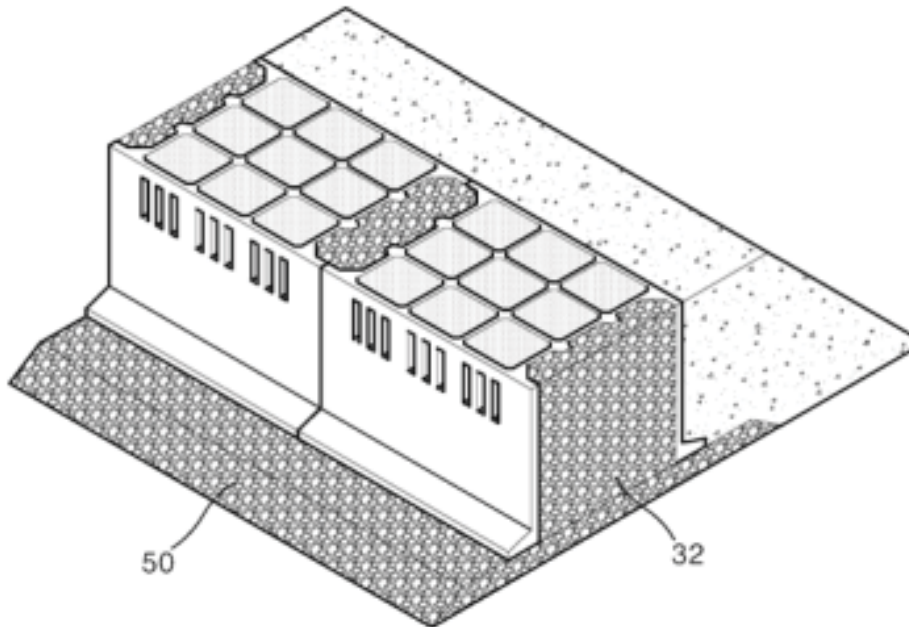
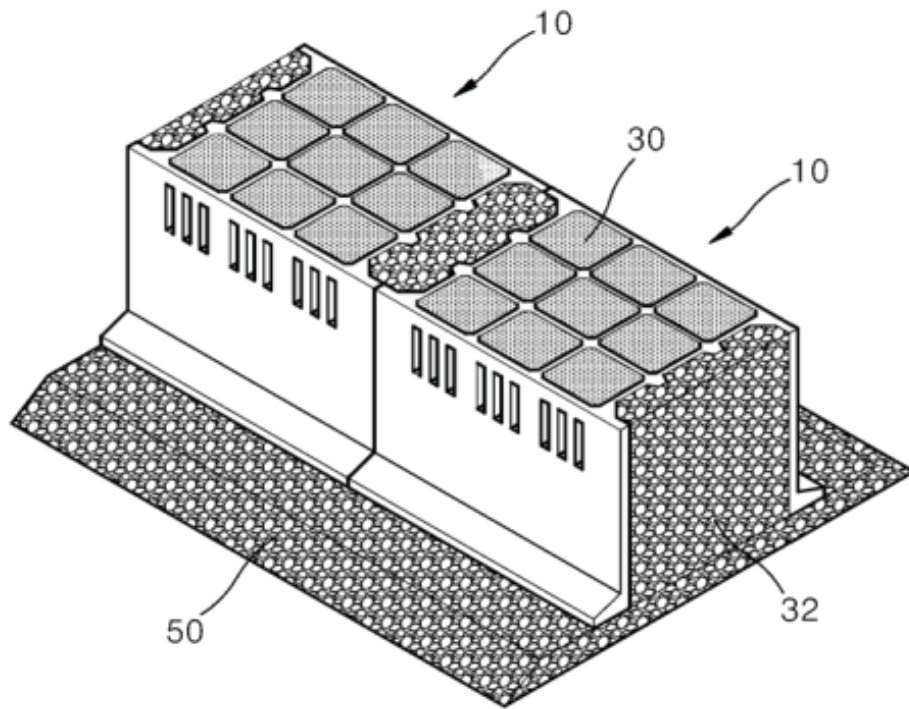
1. 대상기술의 정의

- 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 인터록킹하는 기술
- 종래의 개별식 케이슨 구조물에 비해 벽체의 개수를 줄여 제작비를 절감하면서도 시공방법에 거의 차이가 없고, 이웃하는 케이슨을 플렉시블한 사석으로 인터록킹시켜 외력에 대하여 연대하여 저항하면서도 지반의 부등침하에 각 케이슨이 독립적으로 대응할 수 있는 특징을 지닌 기술



〈그림 1〉 오픈 셀 케이슨 형상도 및 현장 적용도.

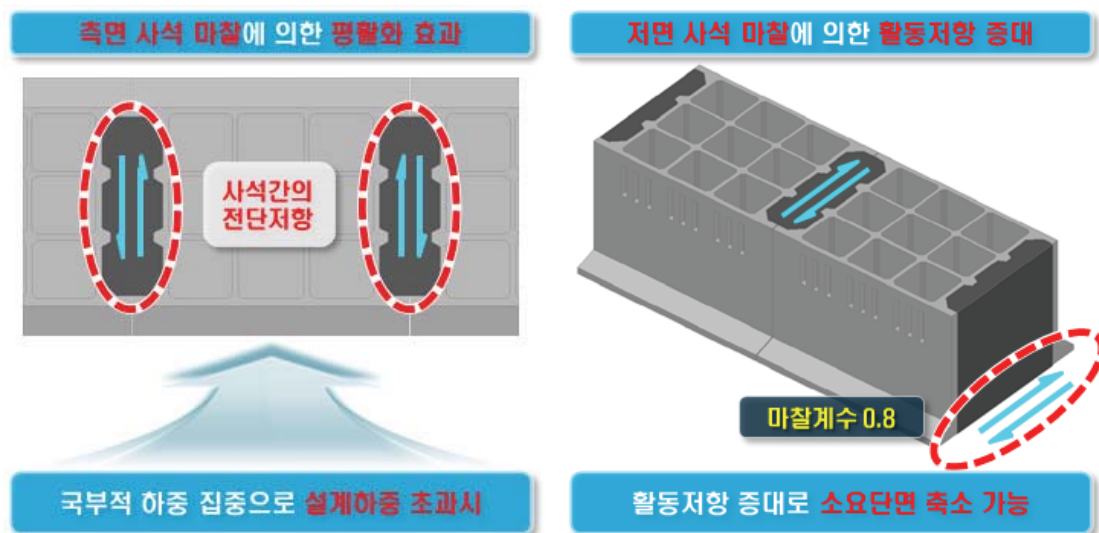
(c) 현장 적용도: 방파제(위), 안벽(아래)



<그림 1> (continued).

2. 오픈 셀 케이슨의 특징

- 오픈 셀 케이슨은 같은 길이의 일반 케이슨에 비하여 콘크리트, 철근 등의 재료가 적게 소요되어 경제적이고, 가벼워 시공이 용이한 특징이 있음
- 오픈 셀 케이슨은 기존 케이슨에 비하여 양측 벽체를 슬림화할 수 있는 특징이 있음
- 오픈 셀 케이슨은 같은 중량의 일반 케이슨에 비하여 길이를 길게 할 수 있어 방파제 등 축조시 총 제작함수를 적게 할 수 있어 공사비 절감이 가능한 특징이 있음
- 오픈 셀 케이슨은 채움 사석(32)에 의한 인터로킹 효과로 인한 최대 작용력 저감으로 구조물 안정성이 높아지는 특징이 있음
- 오픈 셀 케이슨은 케이슨 거치 후 채움사석(32) 일부를 채움으로써 시공중 구조물 안정성을 높일 수 있는 특징이 있음
- 오픈 셀의 채움사석(32)이 직접 사석마운드와 접하게 되어 구조물 활동저항력이 증대되는 특징이 있음
- 오픈 셀 케이슨의 채움사석(32)은 유연하여 콘크리트 블록 등으로 인터로킹시키는 경우와는 달리 구조부재에 응력집중이 거의 발생하지 않는 특징이 있음
- 오픈 셀 케이슨은 제작, 시공, 파손시 교체 등에 있어서 기존 케이슨의 경우와 같은 수준을 보이는 특징이 있음



〈그림 2〉 오픈 셀 케이슨의 주요 특징.

제2절 개발기술의 필요성 및 연구목표

1. 연구개발의 필요성

□ 기술적 측면

- 기후변화로 이상고파랑 발생 확률이 급속히 증대되고 있으며, 이로 인해 설계 파보다 파고가 높은 이상 파랑의 내습이 예상되고 있어 이러한 변화에 적절히 대응하지 않으면 대형사고로 이어질 가능성이 농후함
- 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
- 안정성과 경제성이 높은 기술이 개발되었음에도 불구하고, 진입장벽이 높아 사업화에 이르지 못하고 있음. 따라서, 실제 적용지를 대상으로 기술적 적용성을 평가하여 수요자를 설득할 필요가 있음

□ 사회문화적 측면

- 중력식 안벽 및 방파제는 국가 중요 기반시설인 항만을 파랑으로부터 보호하고 수출입 화물을 적하역 하기 위한 시설물임.

(a)서귀포항 남방파제

(b)가거도 방파제



<그림 3> 대형 태풍에 의한 방파제 피해상황.

- 최근 이상고파랑 발생으로 인하여 방파제 피해가 대형화되고 있으며, 관련 유지보수 예산도 급속히 증가되고 있음 (해수부 「기후변화에 따른 항만구역 내 재해취약지구 중장기 정비계획」을 수립하여 방파제 보강 시행 중).

※ 태풍 블라벤에 의한 서귀포항 방파제 피해, 태풍 무이파에 의한 가거도 방파제 피해 등

□ 기술 업그레이드의 필요성

- 오픈 셀 케이슨의 경우, 일반 케이슨에 비하여 지반반력 측면에서 불리하다는 지적이 있어 상용화에 걸림돌이 되고 있음
- 오픈 셀 케이슨을 상용화하기 위해서는 지반반력 측면에서의 성능을 평가하여 제시하고, 이 성능을 제고할 수 있는 방안의 마련을 통하여 사업화를 추진할 필요가 있음

2. 연구개발의 목표

- 오픈 셀 케이슨을 이용한 항만구조물 장대화 공법의 업그레이드 및 실제 현장 적용을 위한 기술 지원
 - 마찰력 증대를 통한 안정성 제고
 - 오픈 셀 케이슨 용 상치콘크리트 구조 개발
 - 부산신항 서컨테이너부두 등 적용을 위한 기술 지원
 - 모형실험에 의한 적용성 평가
 - 보완 특허 도출

3. 세부목표

- 정성적 목표
 - 마찰력 증대를 통한 안정성 제고
 - 모형실험을 통한 성능 평가 : 전도
 - ABAQUS를 이용한 구조 성능 평가 : 전도 및 지반 안정성
 - 오픈 셀 케이슨용 상치콘크리트 구조 개발
 - 모형실험을 통한 구조 성능 평가
 - 부산신항 서컨테이너부두적용을 위한 기술 지원

- 시공 컨소시엄 참여를 위한 기술 설명 실시(시공 참여 회사 대상)

□ 정량적 목표

성과지표	구체적 내용	목표	평가(검증) 방법
기술스펙 (구체적 물성)	오픈 셀 내측 마찰계수	> 0.7	실험평가
기술이전(건)	수요기업: (유)코이도 이전특허 : 오픈 셀 케이스 관련 국제특허(5개국) 기술이전시기 : 2018년도	1	기술이전 협약서
기술료수입(백만원)	관련 특허 실시권(선급 기술료)	20	기술이전 협약서
특허(건)	오픈 셀 케이스 관련 특허	2	특허출원서
기업성과(건)	현장 적용 개념설계 실시	1	개념설계서
시제품제작(건)	모형 제작	1	모형실험서

4. 연구개발의 내용 및 범위

□ 마찰력 증대를 통한 안정성 제고기술

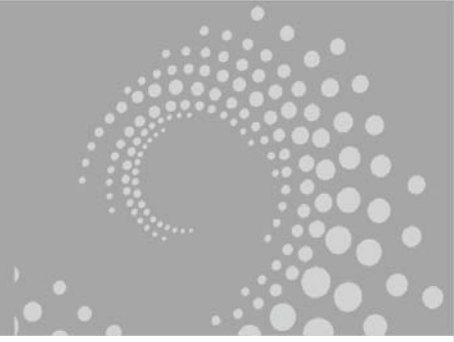
- 요철 구조 도입을 통한 사석과의 마찰 계수 증대 방안 도출
 - 오픈 셀 내부 벽면에 요철 구조 도입
 - 모형실험 및 수치해석으로 통한 성능 평가

□ 오픈 셀 케이스용 상치콘크리트 구조 개발

- 상치콘크리트도 오픈 셀 케이스와 같은 단면을 갖도록 고안
 - 빈 공간을 사석으로 채우고 월파에 의한 이동을 방지하기 위한 블록 설치

□ 실제 현장 적용을 위한 기술지원

- 부산신항 서컨테이너부두에의 적용을 위한 기술지원
 - 일반 케이스 및 오픈 셀 케이스 적용 개념 설계 실시
 - 시공 컨소시엄 참여를 위한 기술 제안 실시
- 항만 설계 및 시공 전문가를 대상으로 기술 홍보/교육 실시
 - 한국해안·해양공학회 등의 교육프로그램과 연계를 통한 교육 실시
 - 학술지 게재 등을 통한 기술 홍보 실시



제2장 국내외 기술개발 현황

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 연구 및 기술 동향

1. 개요

- 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 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(박우선 등, 2013)
- 최근 “홍도항 동방파제 축조공사” 턴키에서는 현대산업개발이 길이 77m의 케이슨을 설계하여 장대형 효과를 가질 수 있도록 제안한 바 있음

2. 연구 및 기술 동향

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 펜타로킹 방파제를 소개
- 일반적인 혼성제 케이슨 방파제는 활동저항력을 높이기 위해 케이슨의 폭을 크게 하여 자중을 증가시키거나 저면의 마찰력을 증대시키는데 이와 같은 방법은 비효율적임을 지적하고, 케이슨의 폭을 증대시키지 않으면서 방파제 전체로 저항하여 활동저항력을 높일 수 있는 새로운 개념의 방파제인 인터로킹 방파제를 제안함
- 단일케이슨을 장대화 하거나 케이슨을 강제 체결하는 방법은 길이를 100 m 이상 확보하기 어려우나 제안된 인터로킹에 의한 방법은 케이슨 측면을 일정 각도로 꺾어 자중저항의 한계를 넘는 이상파랑 작용 시 인접 케이슨간의 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 인터로킹 효과로 일체 저항하도록 하여 안전성을 강화한 새로운 방파제의 제두부 형식으로 소개함
- 제두부 구간은 파랑이 다방향에서 내습하고 회절과 등에 의해 일반적인 중복과보다 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

<표 1> 국내 연구 및 기술 동향

계 목	출처	저자	년도
장대 케이스 방파제에 작용하는 다방향 불규칙파랑의 파력감소계수 산정	한국수자원학회 논문집	정재상, 김범형, 김형준, 조용식	2010
인터로킹 방파제 설계사례	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	김범형, 김종석, 이정욱, 정재상	2010
인터로킹 시스템을 이용한 장대 케이스 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 케이스 방파제의 파력분산특성	한국연안방재학회 추계학술대회	박우선, 이진학, 원덕희, 서지혜	2013
오픈셀케이스의 전단블록 거동 분석	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	원덕희, 서지혜, 박우선	2015
오픈셀케이스의 항만부두 구조물에의 적용	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	이요섭, 이오진, 박우선	2015
오픈셀케이스의 전단횡격벽 거동분석	한국산학기술학회 추계학술대회	서지혜, 원덕희, 박우선	2015
회절을 고려한 반무한방파제 형식의 장대구조물에 작용하는 파력 예측	한국해양과학기술협의회 논문집	정재상, 이창훈, 조용식	2015
오픈셀케이스 방파제의 시공중 안정성 평가	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 원덕희	2016
파랑하중에 대한 인터로킹 케이스 방파제의 동적 거동 해석 모델	한국해양과학기술협의회 공동학술대회	박우선, 서지혜, 원덕희	2016
오픈셀케이스 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 케이스의 전단 벽체 거동 분석	한국해양과학기술협의회 논문집	서지혜, 원덕희, 박우선	2017
파랑하중에 대한 인터로킹 케이스 방파제의 미끌림 안정성 평가식 제안	한국해양과학기술협의회 논문집	박우선, 원덕희, 서지혜	2017
오픈 셀 케이스 구조실험용 채움재 직접전단 실험 분석	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	원덕희, 박우선, 서지혜	2017
실험을 통한 오픈 셀 케이스의 구조성능 분석	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	원덕희, 박우선, 서지혜	2017
오픈 셀 케이스 방파제의 안정성 평가를 위한 수리실험	한국해양과학기술협의회 추계학술대회	이병욱, 박우선, 오상호, 원덕희, 장세철, 서지혜	2017

㉒ 인터로킹 시스템을 이용한 장대 케이슨 방파제 구현(김범형 외 3인, 2010년)

- 인접케이슨과의 맞물림 효과를 통해 방파제 전구간이 일체 거동하여 장대 케이슨 방파제를 구현하는 인터로킹 방파제에 대해 소개
- 케이슨을 장대화 할 수 있는 방안으로는 단순히 단일 케이슨을 길게 만드는 방안과 통상의 케이슨을 제작하여 해상에서 강제 체결하는 방안과 케이슨간의 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 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, 수평과력에 대한 인터로킹 방파제의 저항 메카니즘과 저항능력을 정량적으로 평가하기 위하여 구조실험을 실시하였음
 - 제안된 인터로킹 방파제의 수평과력에 대한 저항특성을 평가하기 위하여 입사파고가 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 양측면에는 콘크리트 분말을 혼합한 용제를 도포하고, 방파제 사석마운드는 현장 기준 0.015~0.03m³/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
 - 이론적 해를 구하기 위하여 케이슨은 강제운동을 하는 것으로 고려하고, 사석마운드를 포함하는 지반은 연직방향 스프링과 수평방향 스프링으로 모형화함. 또한 케이슨을 연결하는 케이블 역시 스프링으로 단순화함
 - 케이슨에 작용하는 파력은 무한 직립벽에 작용하는 중복파의 과압을 적분한 값으로 사용하였음. 입사각이 0도에서 180도까지 변화할 때 케이슨을 통하여 직접 지반으로 전달되는 파력과 케이블을 통하여 인접 케이슨으로 전달되는 파력을 비를 분석함. 그 결과 입사각이 커질수록 케이블을 통하여 전달되는 파력의 비가 높아졌으며, 인터로킹 케이블의 강성이 클수록 전달되는 파력의 비가 높아지는 결과를 얻음

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

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

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

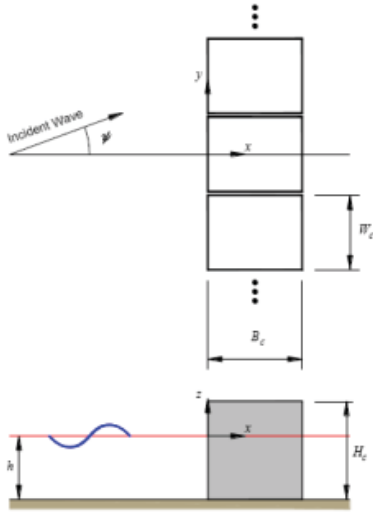


Figure 1. Definition sketch.

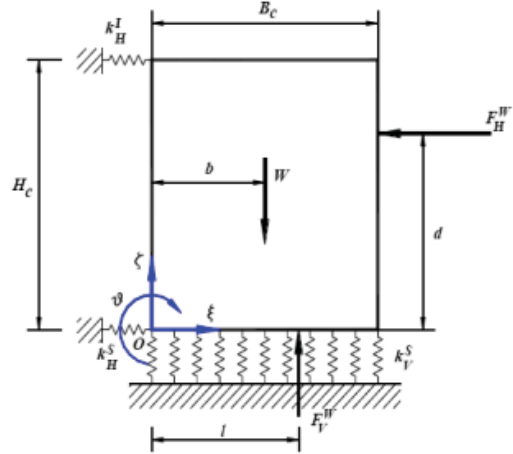
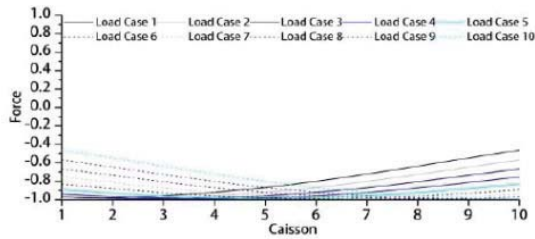
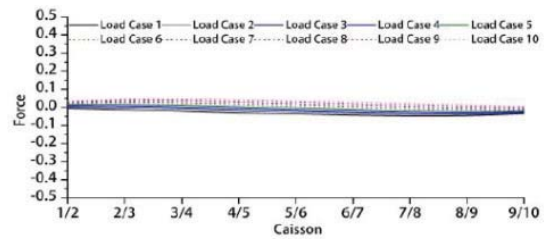


Figure 2. Definition sketch.

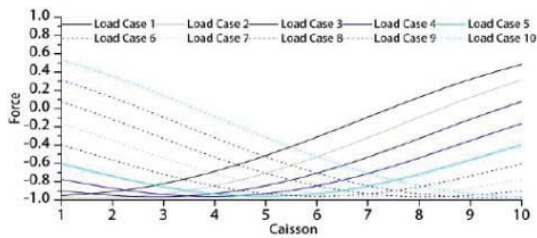
<그림 4> 파력분산효과를 분석하기 위한 이론적 운동방정식 구성.



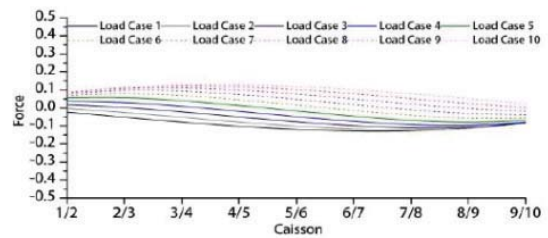
(a) $\psi = 10^\circ, k_H^I / k_H^S = 0.1$



(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 5> 입사각에 따른 파력분산(좌측) 및 케이블 장력(우측).

제2절 국외 연구 및 기술 동향

1. 개요

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

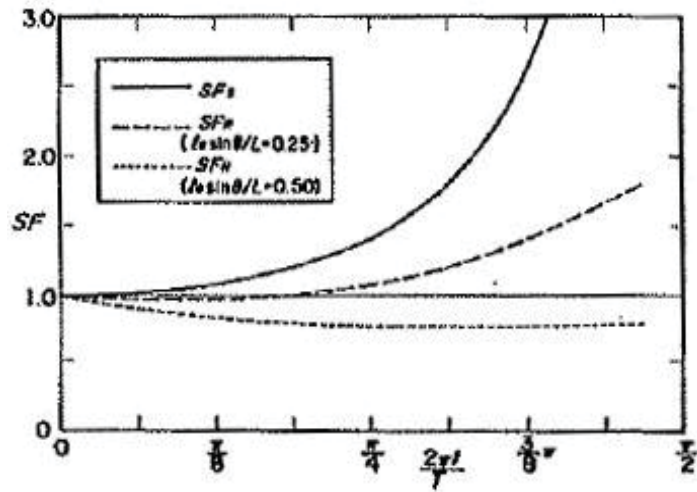
<표 2> 국외 연구 및 기술 동향

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	항만기술연구보고서	-	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

2. 연구 및 기술 동향

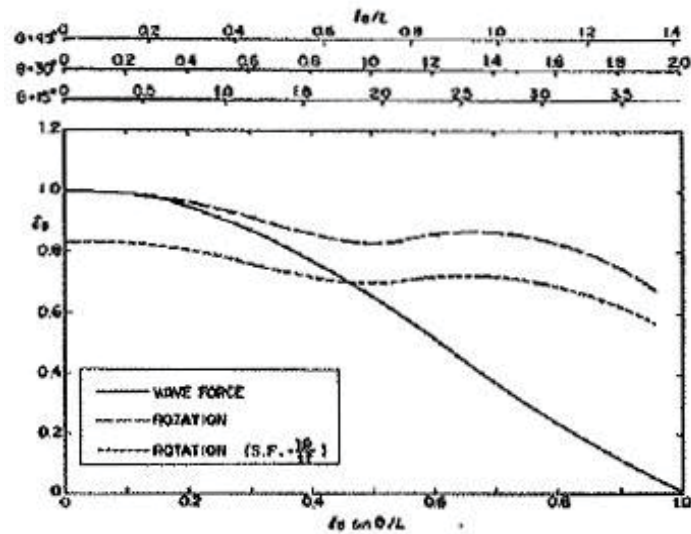
① 장대형 케이슨의 파력 평활효과와 내파 안정성 (高橋重雄 · 下迫健一郎)

- 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 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 안정성을 고려하면 설계에 이용하는 파력을 평활화계수를 사용하여 크게 줄일 수 없음을 강조함



<그림 6> 활동안전율과 회전안전율의 시계열 변화.

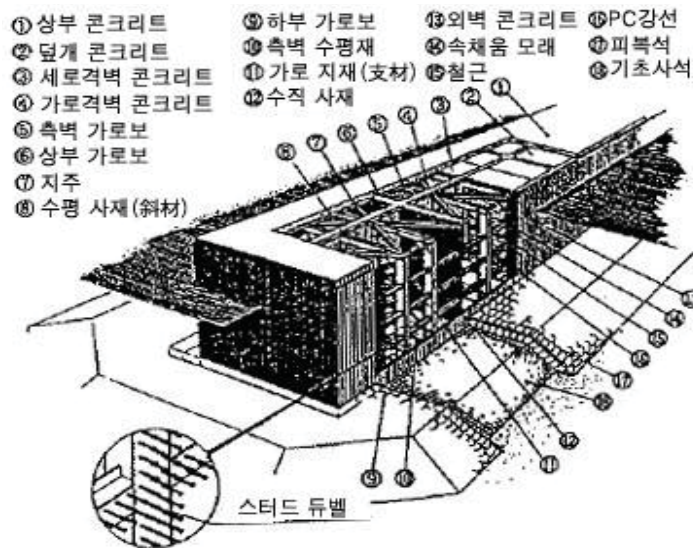
○ 아래의 그림은 통상의 평활화계수(실선)와 회전의 안정성도 고려한 경우의 평활화계수(파선)를 나타낸 것으로, 양자를 비교하면 항상 회전을 고려한 경우가 δ_B (평활화계수)가 크고 안정성이 회전으로 정해져 평활화계수가 크게 감소하지 않음을 알 수 있음. 그러나 회전으로 인한 변위가 발생하기 어려운 사실을 감안하여 회전 안전율을 1.0으로 고려하는 경우, 케이슨의 상대길이가 0.45까지는 통상의 활동으로, 그보다 긴 경우는 회전으로 정해지며 δ_B 의 하한은 0.7 정도로 생각할 수 있음을 강조함



<그림 7> 회전을 고려한 파력저감률.

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

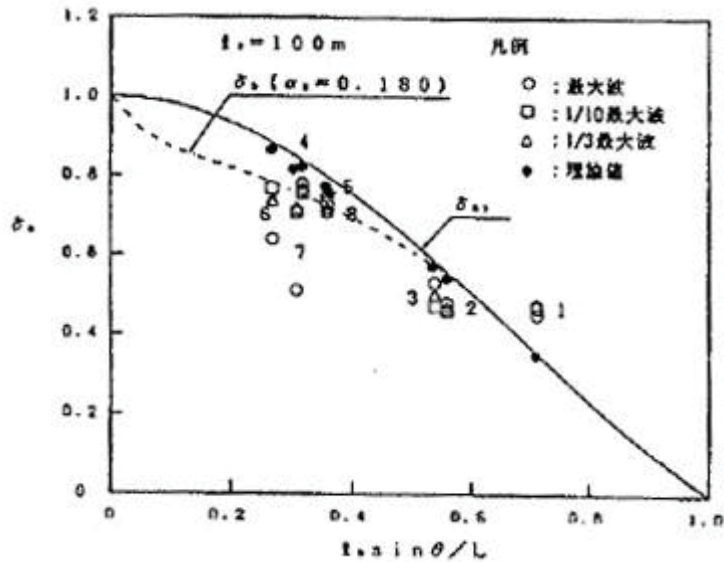
- 본 연구에서는 장대형 케이슨에 대해 예인 시와 거치 시의 제체의 동요 안정성, 예항 시의 단면력 계산법, 파력 평활화 효과, 파력에 대한 부재의 안전성에 대한 실증시험 실시한 내용을 소개
- 기존 고치항이 화물량 증대 및 선박의 대형화에 따라 항만 성능을 개선하기 위하여 고치신항을 조기에 건설하기로 결정하고, 이를 실행하기 위한 방법으로 운수성 제3항만 건설국에서는 미사토 지구 서측 안벽에 연장 300m의 임시 방파제를 건설하고, 그 일부를 아래와 같이 제체길이 100m로 연장한 장대형 케이슨을 적용하기로 결정함



<그림 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 문제에 대해서도 검증하기 위해 예항 시점에서부터 현지 관측을 실시한 바 있음
- 1989년도에 실시한 개략 설계에서는 예인 및 거치 시 케이슨의 동요 안정성에 대해 수치시물레이션을 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 측정된 파랑 조건 등을 이용한 계산 결과로 구한 부재응력과 별도로 측정된 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 δ_{B1} 임



<그림 9> 수평 파력의 평활화계수.

제3절 기술의 특징(우수성)

□ 경제성 우수

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

□ 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 시공중 구조물 안정성을 높일 수 있음
- 오픈 셀의 채움사석이 직접 사석마운드와 접하게 되어 구조물 활동저항력이 증대됨

□ 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

□ 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, 파손시 교체 등에 있어서 기존 케이슨의 경우와 같은 수준을 보여 이형 단면을 보이는 타 인터로킹 케이슨에 비하여 시공성이 우수함

□ 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

□ 지식재산권 보유현황

- 3건의 특허 등록완료되었음. PCT 출원이 완료되었고, 중국, 일본, 동남아 국가 등을 대상으로 국제특허 출원중

<표 3> 오픈 셀 케이스 특허 출원 현황

구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	권리자
국내특허	0121583 (1613886)	2015.08.28 (2016.04.14)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
국내특허	0044855 (1727510)	2016.04.12 (2017.04.11)	오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)이도건설
국내특허	0109171 (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

- 기후변화로 이상고파랑 발생 확률이 급속히 증대되고 있으며, 이로 인해 설계 파보다 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



제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 개요

- 모형실험을 수행하여 오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 기술의 성능 평가
 - 사석의 입도분석
 - 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이슨 미끌림 마찰 저항력 평가
 - 오픈 셀 채움사석의 특성에 따른 지반반력특성 평가
 - 상치 콘크리트에 의한 하중변화에 따른 지반반력특성 평가

- ABAQUS를 사용하여 오픈 셀 케이슨의 수치해석
 - ABAQUS를 사용하여 인터락킹 케이슨 수치해석 수행
 - 케이슨의 전도파괴시 채움사석의 마찰로 인한 전도 억제효과를 해석적으로 검증
 - 케이슨 전도 모형 실험의 바닥판 반력계측 결과를 수치적으로 검증

- 오픈 셀 케이슨을 현장시공을 위한 제작 방법 검토
 - 오픈 셀 케이슨의 시공시 제작 방법에 대하여 검토
 - 오픈 셀 케이슨, 바닥판 마찰증대 오픈 셀 케이슨, 오픈 셀 내벽 마찰증대 오픈 셀 케이슨의 제작 방법에 대하여 검토

- 현장 적용을 위한 개념 설계 수행
 - 오픈 셀 케이슨 공법을 안벽에 적용한 표준설계서 작성
 - 일반케이슨과 오픈 셀 케이슨 공법을 안벽에 적용하여 안정성과 공사비 비교

제2절 모형실험

1. 실험 개요

- 사석의 입도분석
 - 체가름 시험을 수행하여 입도분포를 분석
 - 시료(사석)의 크기별로 세 가지 경우에 대하여 물성시험 수행
 - 통일분류법(Unified Soil Classification System, USCS)에 의하여 시료를 분류

- 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이슨 미끌림 마찰 저항력 평가
 - 케이슨 바닥면 형상을 요철유무에 따라 정지마찰계수 실험을 수행
 - 케이슨의 바닥면과 마운드 사석과의 마찰계수 산정
 - 마운드 사석은 입도분포 분석에서 사용한 세 가지 시료를 사용

- 오픈 셀 채움사석의 특성에 따른 지반반력특성 평가
 - 오픈 셀 케이슨이 일반케이슨에 비하여 지반지지력이 약할 것이라는 의견이 있어 실험을 수행
 - 오픈 셀의 채움사석의 마찰저항력을 높여서 지반지지력의 저감여부를 확인
 - 오픈 셀 벽면에 요철유무에 따라서 바닥면의 하중을 계측
 - 오픈 셀 케이슨 전면부 상부에 케이블을 설치하여 회전력을 작용하여 실험 수행

- 상치 콘크리트에 의한 하중변화에 따른 지반반력특성 평가
 - 상치 콘크리트에 의한 하중변화를 재현하기 위하여 오픈 셀의 상부에 상재하중을 작용
 - 오픈 셀의 채움사석은 다짐이 없는 조건에서 실험을 수행
 - 오픈 셀의 벽면이 요철형상인 경우에 대하여 실험을 수행

2. 사석의 입도분석

가. 시험 구성

□ 체가름 시험(Sieve analysis test)

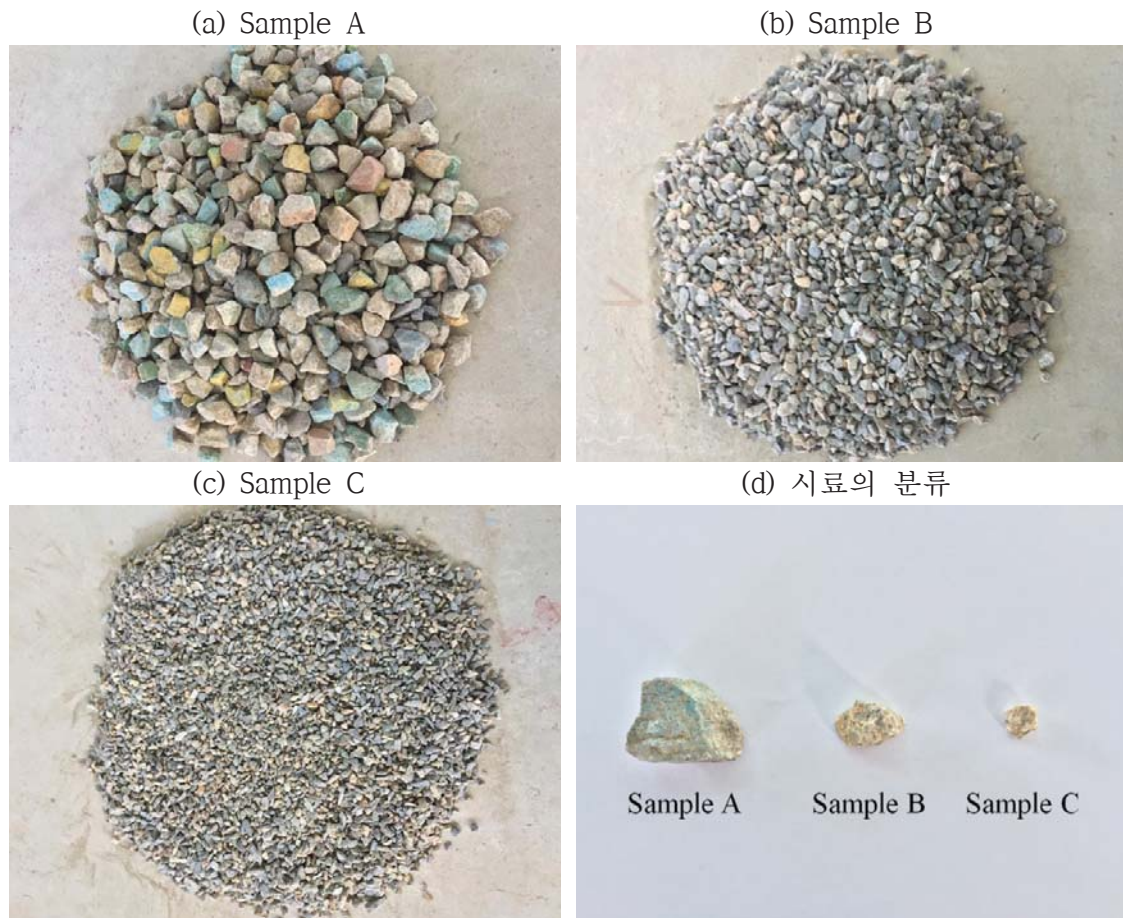
- 입자들의 크기 정도를 결정하기 위하여 입도분석을 수행
- 시료의 직경이 0.075mm보다 큰 사석이므로 체가름 시험을 수행
- 시험은 각 시료별로 5번씩 수행하여 입도를 분석
- 체가름 시험에 사용한 표준체는 10가지를 사용
 - 25, 19, 9.5mm, #4, #10, #20, #40, #60, #100, #200



<그림 10> 시험에 사용한 표준체.

□ 시료

- 시료의 크기별로 A, B, C로 구분
- 시료는 충분히 건조시켜서 시험을 수행하였으며, 시험시 각 시료의 무게는 1000g을 사용함
- 체가름 시험은 입자를 구형이라 가정하고 있어서 일반적으로 불규칙적인 입자의 모양 때문에 오차가 발생할 수 있음
- 입도분석을 하여 통일분류법(USCS)에 의하여 각 시료를 분류

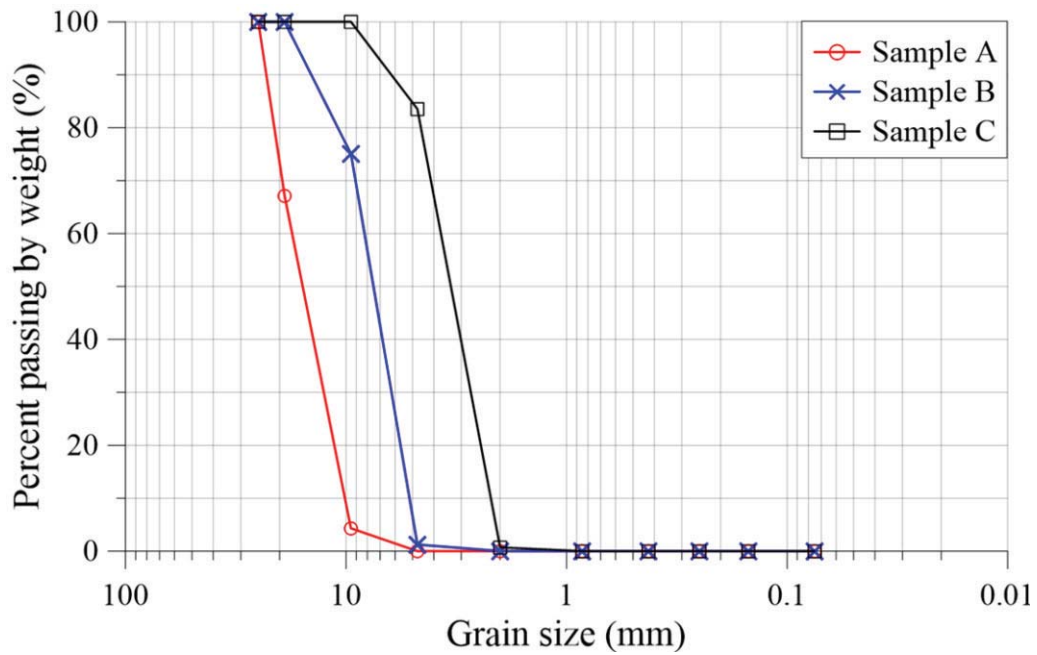


<그림 11> 시험에 사용한 시료.

나. 시험 결과

- 아래 그림은 5번의 체가름 시험을 수행하여 평균값을 도출하였음
- x축은 입경, y축은 중량통과율(%)을 의미함
- 각 시료의 입도는 균등한 것을 알 수 있고, 각 시료의 입자크기는 Sample A>B>C임을 알 수 있음

- 체가름 시험의 결과를 아래 표에 정리하였음
- D_{10} 은 중량통과율 10%에 해당하는 입자의 직경으로 유효입경(D_e)이라고도 함
- C_u 와 C_g 는 균등계수와 곡률계수로 입도분포의 양호성을 판별함
- 시료를 통일분류법(USCS)으로 분류한 결과, 빈입도의 자갈(GP)과 빈입도의 모래(SP)로 분류됨
- 오픈 셀 케이슨 실험에 사용되는 사석은 입도가 균등하게 잘 분류되어 있음



<그림 12> 각 시료의 입도분포.

<표 4> 체가름 시험 결과

Sample No.	D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	C_u	C_g	USCS
A	10.120	12.612	17.571	1.736	0.895	GP
B	5.157	6.223	8.249	1.600	0.910	GP
C	2.206	2.714	3.715	1.684	0.899	SP

3. 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이스 미끌림 마찰 저항력 평가

가. 실험 구성

□ 정지마찰계수 실험

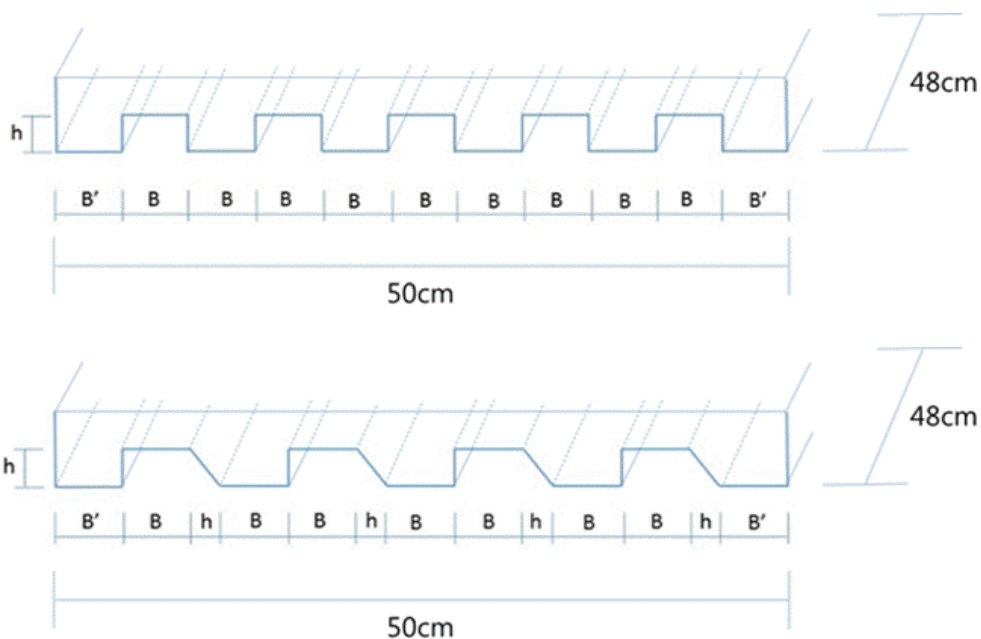
- 케이스 바닥면의 마찰을 증대하여 항만구조물의 미끄러짐에 대한 안정성 평가를 수행
- 오픈 셀 케이스와 일반케이스의 미끄러짐에 대한 안정성 확보 가능
- 케이스 바닥면의 형상을 다르게 하여 정지마찰계수 실험 수행
- 아래 그림과 같이 실험을 수행하였으며, 케이스 바닥면을 요철이 있는 경우와 요철이 없는 경우에 대하여 비교 실험 수행
- 미끄러짐외의 변위가 발생하지 않도록 케이스의 전면부 아래쪽에 케이블을 연결하여 하중을 가함
- 케이스의 후면에 변위계를 설치하여 변위 발생시의 마찰계수 산정
- 모형의 축척은 1/40, 작용하중은 변위 발생시의 하중을 합산하였고 케이스의 중량은 45.8kgf임
- 마운드의 사석은 입도분석에 사용한 세 가지로 사석의 크기별로 구분하여 실험을 수행함
 - 작은 사석($D_{10}=2.206\text{mm}$), 중간 사석($D_{10}=5.157\text{mm}$), 큰 사석($D_{10}=10.120\text{mm}$)



<그림 13> 정지마찰계수 실험 사진.

□ 제작한 모형의 제원

- 케이스 바닥면의 형상은 세 가지로 분류함
 - 사각형 요철 바닥면, 사다리꼴형 요철 바닥면, 비요철형 바닥면
- 요철형 바닥면의 제원: 요철의 폭(B)는 3, 6, 12mm, 요철의 깊이(h)는 3mm
- 6개의 요철형 바닥면과 1개의 비요철형 바닥면에 대하여 사석의 크기를 바꿔가면서 실험 수행
- 정지마찰계수 실험은 각 케이스별로 5번의 실험을 수행하여 변위가 발생하는 시점의 하중을 사용하여 마찰계수를 산정



<그림 14> 사각형 요철 바닥면(위)과 사다리꼴형 요철 바닥면(아래).

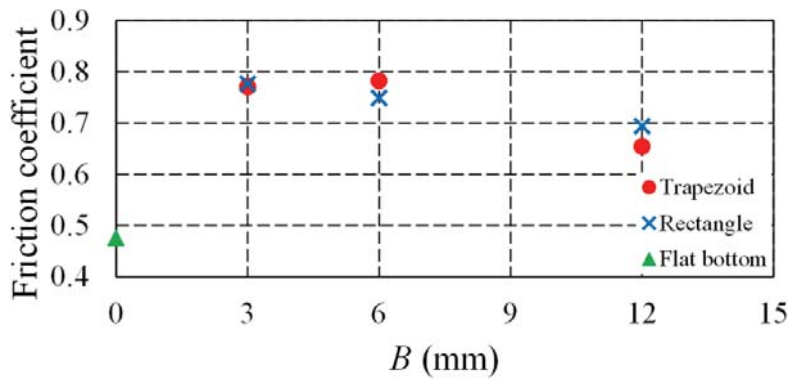


<그림 15> 바닥면 모형 사진.

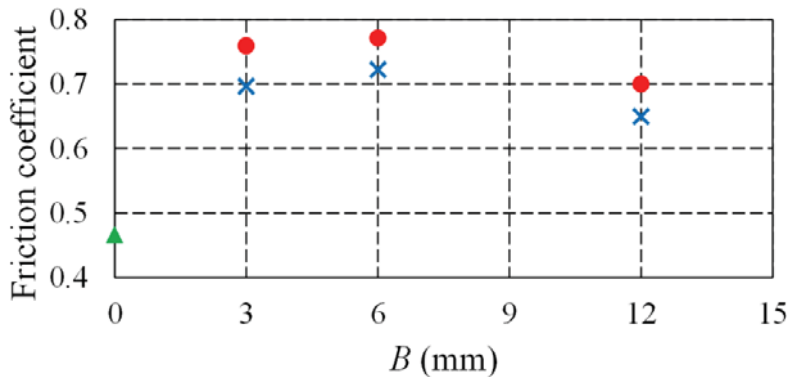
나. 실험 결과

- 사석의 크기별로 결과를 도시
- 아래 그림의 가로축은 요철의 폭(B)이고 세로축은 마찰계수
- 비요철형 바닥면(초록색 삼각형)의 마찰계수는 작은 사석은 0.473, 중간 사석은 0.465, 큰 사석은 0.432임
- 결과로부터 비요철형 바닥면(초록색 삼각형)보다 요철형 바닥면의 마찰계수가 약 1.3배 이상 큼

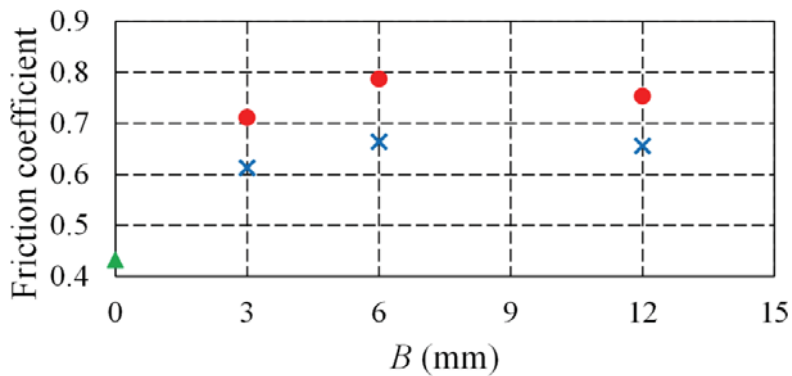
(a) $D_{10}=2.206\text{mm}$



(b) $D_{10}=5.157\text{mm}$



(c) $D_{10}=10.120\text{mm}$



<그림 16> 요철의 폭에 따른 마찰계수 비교.

- 전반적으로 사다리꼴형 요철 바닥면의 마찰계수가 큼
- 요철의 폭과 사석의 크기에 따라서 마찰계수가 다르며, 사다리꼴형 요철 바닥면(빨간색 점)의 결과중에서 요철의 폭이 6mm이고 사석이 중간 사석인 경우의 마찰계수가 0.787로 가장 우수함
- 요철형 바닥면의 형상에 따른 마찰계수 연구를 통해 케이슨 안정성 향상에 기여할 것이라 판단됨

4. 오픈 셀 채움사석의 특성에 따른 지반반력특성 평가

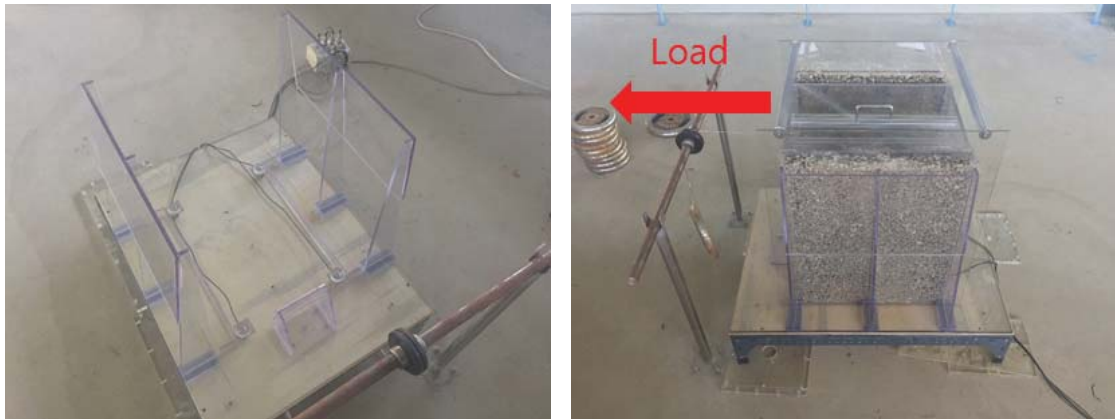
가. 실험 구성

- 회전력에 의한 지반반력특성 평가 실험
 - 오픈 셀 케이슨은 일반케이슨에 비하여 활동에 대한 안정성이 10%이상 확보됨
 - 안정성이 향상되므로 케이슨의 폭을 줄여 경제성을 확보할 수 있지만 폭이 줄게 되면 지반지지력이 감소하게 됨(허용지지력 60tf/m²)
 - 오픈 셀 케이슨은 채움사석에 의하여 인터로킹하는 공법으로 모형실험을 수행하여 채움사석으로 인한 지반반력특성을 평가하고, 오픈 셀의 내부의 마찰저항력을 증대시키는 업그레이드 기술을 적용하여 지반반력특성을 비교 분석함
 - 업그레이드 기술은 미끌림 마찰 저항력 평가에서 사용한 요철을 오픈 셀 내측 변면에 적용한 것임
 - 지반반력특성을 분석하기 위하여 케이슨의 상부(케이슨 높이의 7/8 지점)에 회전력을 작용하였고, 케이슨의 바닥면에 4개의 로드셀을 설치하여 하중변화를 계측함
 - 오픈 셀 내측 벽면에 요철의 유무에 따른 모형실험 수행
 - 오픈 셀 채움사석의 다짐 정도에 따른 모형실험 수행
 - 일반케이슨의 지반반력을 계측하여 실험결과 비교 분석
- 실험 제원
 - 요철은 미끌림 마찰 저항력 평가에서 마찰계수가 가장 우수한 사다리꼴형 요철을 사용하였고(마찰계수: 0.787), 요철의 폭(B)은 6mm, 사석의 입경(D₁₀)은 5.157mm임
 - 모형의 축척은 1/40, 오픈 셀의 채움사석은 중간 사석(D₁₀=5.157mm)을 사용
 - 작용하중은 5.05, 5.05, 5.15, 4.85, 5.05kgf의 순서로 5번을 누적하여 가하였고, 설계하중은 25.15kgf(5번째 하중작용시)임

- 일반케이슨과 오픈 셀 내측 변면이 요철이 없는 경우의 중량은 32.55kgf, 요철이 있는 경우의 중량은 31.5kgf임
- 본 실험에서 사용하는 모형의 마찰계수를 산정하기 위하여 사전실험(즉, 정지마찰계수 실험)을 수행

(a) 로드셀 설치 사진

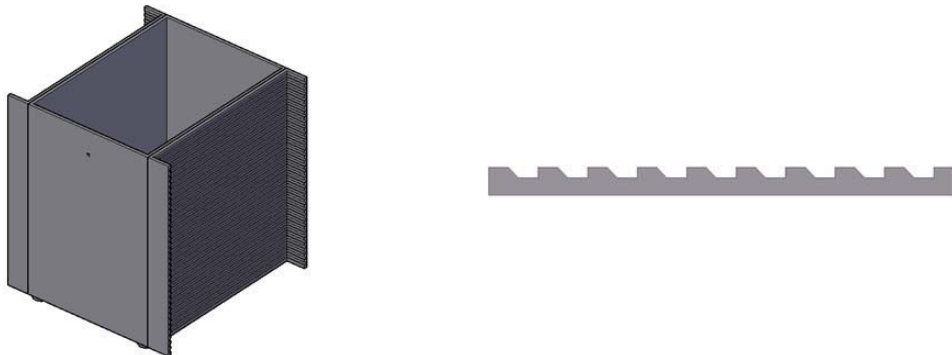
(b) 모형실험 사진



<그림 17> 지반반력특성 평가 실험 사진.

(a) 오픈 셀 케이슨 모형

(b) 오픈 셀 벽면의 사다리꼴형 요철



<그림 18> 요철을 고려한 오픈 셀 케이슨 모형.

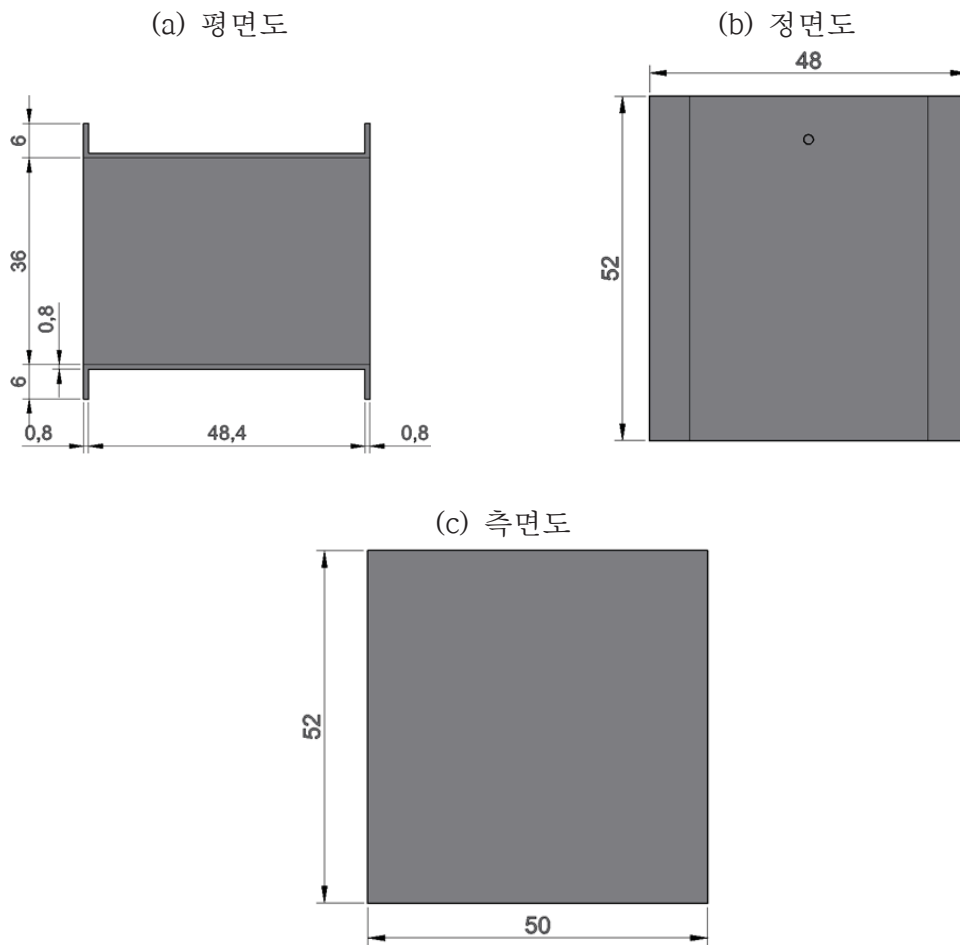
- 5번의 반복실험을 수행하였고, 요철이 없는 경우의 바닥면의 마찰계수는 0.47로 미끌림 저항력 평가에서 사용한 모형의 마찰계수와 유사함
- 실험은 요철유무와 다짐정도에 따라서 6개의 경우에 대하여 수행하였고, 일반 케이슨 실험까지 총 7개의 경우에 대하여 실험을 수행함
- 각 실험은 5번의 반복실험을 수행하여 결과를 비교하였음

〈표 5〉 다짐정도에 따른 건조단위중량(γ_d , 단위: kgf/m^3)

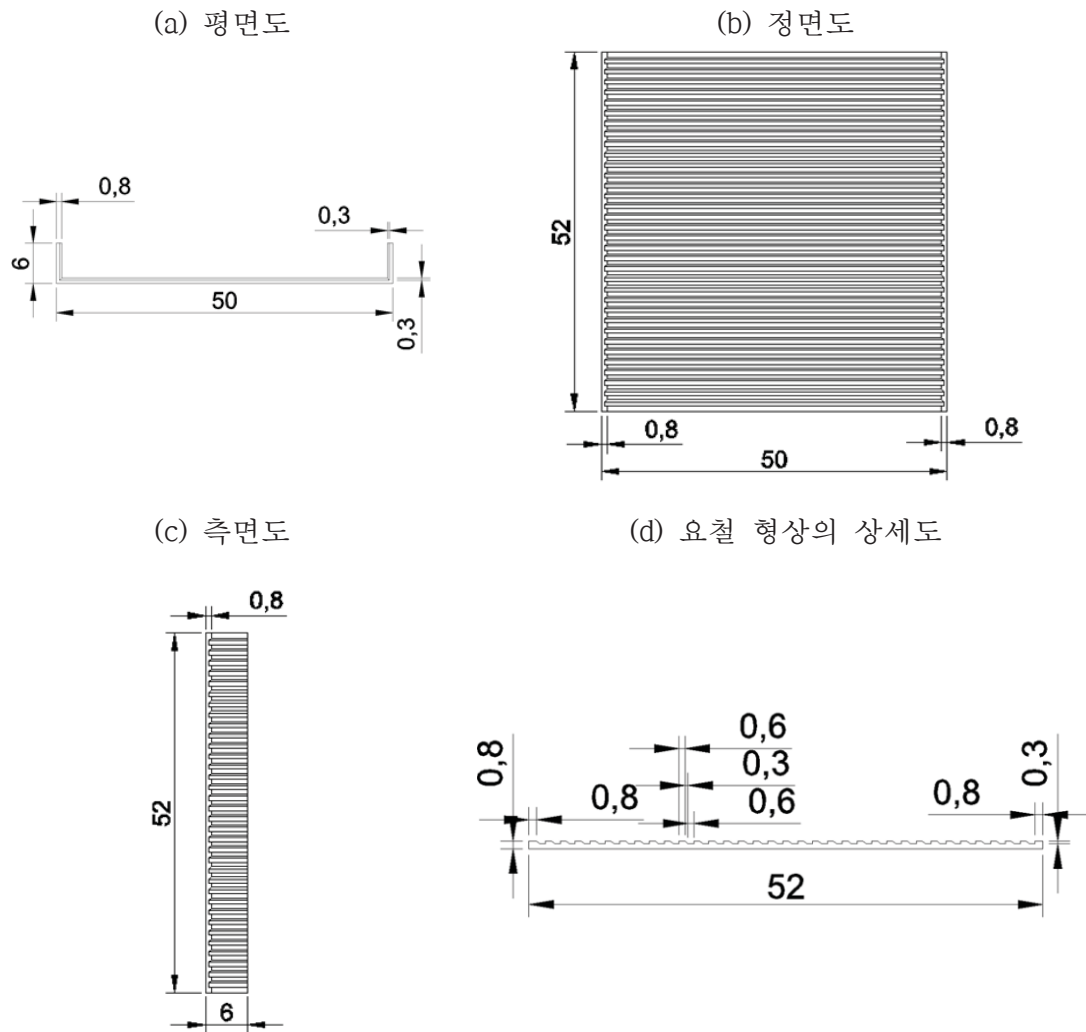
Case	$\gamma_{d,\min}$	$\gamma_{d,\text{med}}$	$\gamma_{d,\max}$
Flat wall	1383.56	1571.58	1624.80
Uneven wall	1372.14	1559.15	1618.16

□ 제작한 모형의 제원

○ 오픈 셀 케이슨과 요철형 벽면의 상세 제원



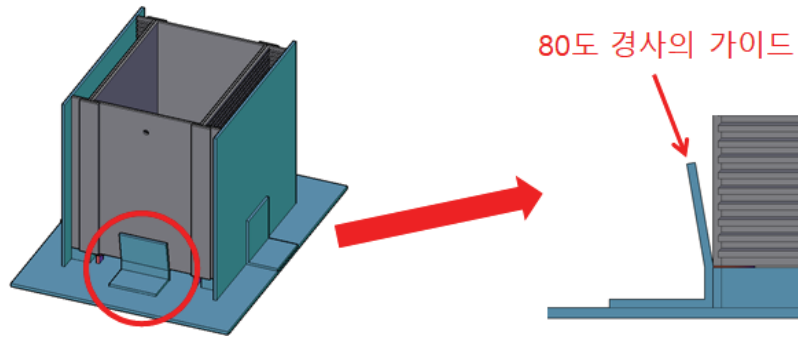
〈그림 19〉 오픈 셀 케이슨 모형의 상세 제원(단위: cm).



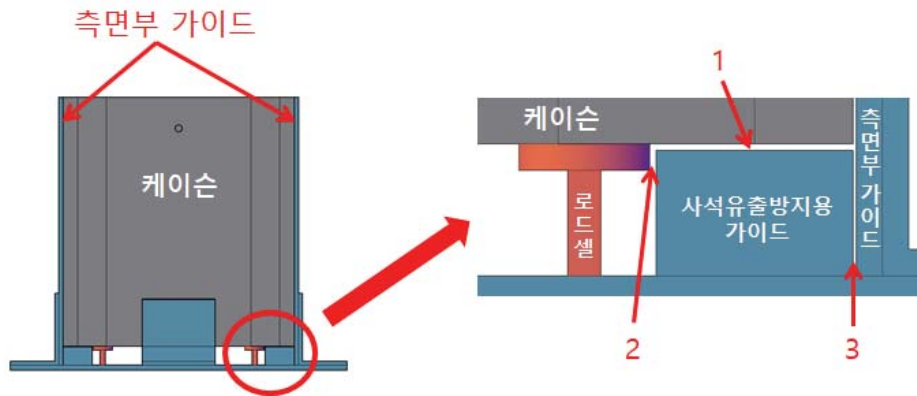
<그림 20> 오픈 셀 내측 요철형 벽면의 상세 제원(단위: cm).

○ 모형 제작시 고려한 경계조건

- 케이슨 전면부에 케이슨의 저면부터 80도 경사의 가이드를 두어 미끌림은 방지하고 회전력에 의한 지반반력을 계측하기 위한 가이드를 제작함
- 아래 그림의 1번은 사석유출방지용 가이드와 케이슨과의 간격을 2mm로 두어 가이드에 의한 저항을 방지함
- 아래 그림의 2번은 로드셀 위에 제작한 원판을 연결하여 하중을 계측할 때 하중계측을 용이하게 하기 위하여 2mm의 간격을 둠
- 아래 그림의 3번은 케이슨과 측면부 가이드와의 간격을 1mm로 두어 가이드에 의한 저항을 방지함



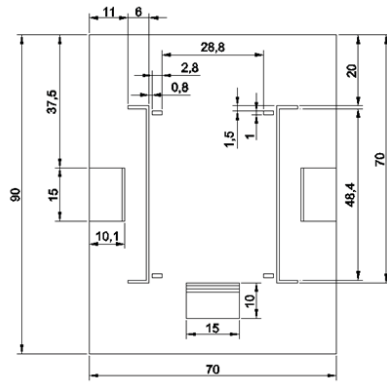
<그림 21> 오픈 셀 케이스 전면의 미끌림 방지 가이드.



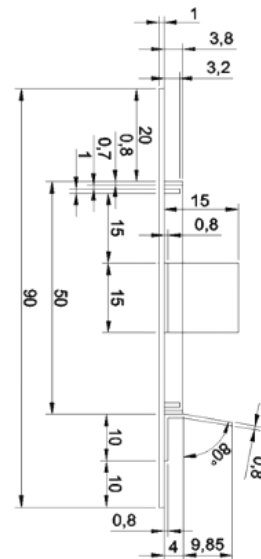
<그림 22> 오픈 셀 케이스 바닥면의 로드셀과 가이드.

○ 계측부와 가이드 부분의 상세 제원

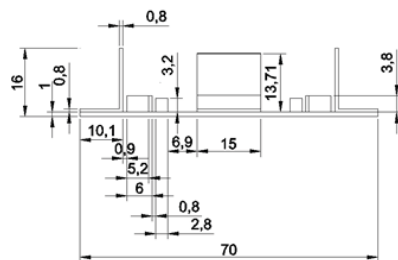
(a) 평면도



(b) 측면도



(c) 정면도



<그림 23> 계측부와 가이드의 상세 제원(단위: cm).

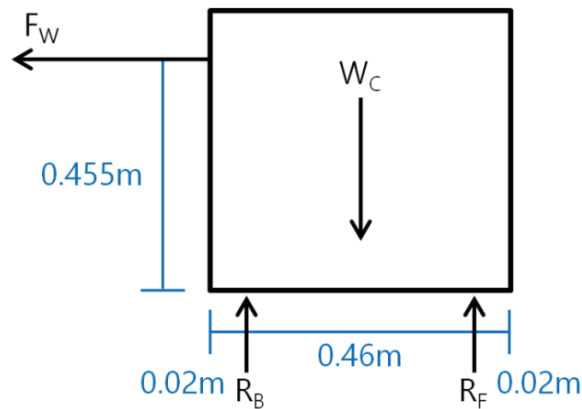
나. 실험 결과

□ 일반케이슨의 지반반력특성 평가

○ 일반케이슨에 하중을 작용하여 이론해와 모형실험결과를 비교하여 검증 수행

○ 이론해의 유도

- 아래 그림의 F_W 는 작용하중, W_C 는 케이슨의 자중, R_B 와 R_F 는 로드셀 위치에서의 지반반력임



<그림 24> 케이슨 단면에 작용하는 힘.

$$\begin{aligned} \sum F_V &= 0 \\ -W_C + R_B + R_F &= 0 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \sum M_O &= 0 \\ -0.455F_W + 0.25W_C - 0.02R_B - 0.48R_F &= 0 \end{aligned} \tag{2}$$

식 (1)을 정리하면,

$$R_F = W_C - R_B \tag{3}$$

식 (3)을 식 (2)에 대입하면 다음과 같은 지반반력식을 얻을 수 있음

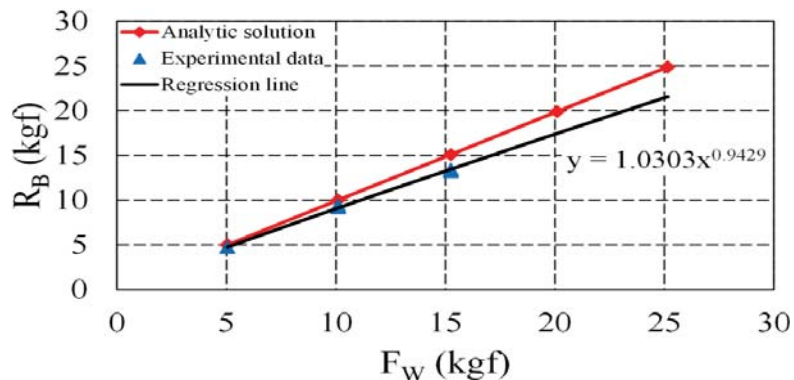
$$R_B = \frac{0.23W_C + 0.45F_W}{0.46} \tag{4}$$

$$R_F = \frac{0.23W_C - 0.45F_W}{0.46}$$

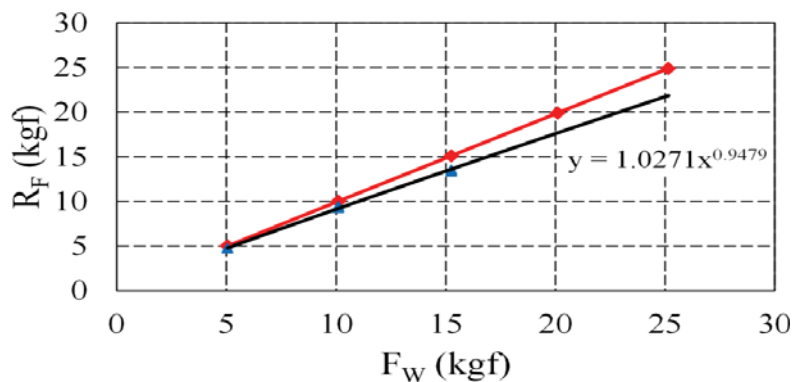
○ 이론해와 실험결과의 비교

- 식 (4)와 (5)로부터 이론해를 계산하였고, 모형실험시 로드셀에서 측정되는 하중(지반반력)과 비교하였음
- 아래 그림의 실험결과(파란색 삼각형)는 5번씩 실험을 수행한 결과로 15개의 데이터를 도시하였으나 오차(약 10-1kgf내외)가 작아서 구분하기가 어려움
- 실험시 네 번째 하중인 4.85kgf(누적하중은 20.1kgf)을 작용했을 때, 일반케이슨의 전도가 발생하여 지반반력을 측정하지 못하였음
- 4번째, 5번째 하중작용시 지반반력을 결과분석에 사용하기 위하여 최소자승법으로 실험결과를 회귀분석하여 아래 그림에 도시하였음(후면부는 절대값을 취한 결과임)
- 이론해와 실험결과가 유사한 경향을 보이고 있으며, 이론해에 비하여 실험결과가 작은 이유는 로드셀 위에 연결한 원판에 작용하는 하중의 평균값이 측정되었기 때문이라 판단됨

(a) 케이슨 전면부: 항내



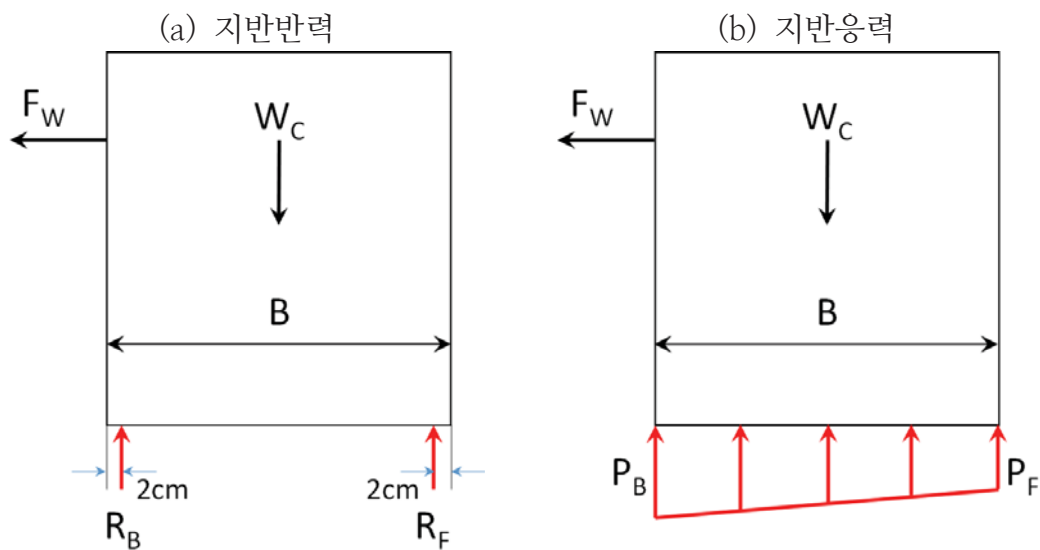
(b) 케이슨 후면부: 항외



〈그림 25〉 누적하중작용에 따른 이론해와 실험결과의 지반반력.

□ 오픈 셀 케이슨의 지반반력특성 평가

- 오픈 셀 내측 벽면의 요철유무와 채움사석의 다짐 정도에 따라서 실험 수행
- 로드셀에 측정되는 데이터(지반반력)로부터 지반응력을 계산하여 일반케이슨의 지반응력과 비교
- 측정되는 지반반력으로부터 지반응력을 계산하여 결과 비교
- 지반응력분포식 유도
 - 그림의 F_W 는 작용하중, W_C 는 케이슨의 자중, R_B 와 R_F 는 로드셀 위치에서의 지반반력, B 는 케이슨의 폭, P_B 와 P_F 는 지반응력이고 응력분포는 선형으로 가정



<그림 26> 케이슨 단면에 작용하는 힘과 지반응력분포.

$$\sum F_V = \text{동일}$$

$$R_B + R_F = \frac{P_B + P_F}{2} B \quad (6)$$

$$\sum M_O = \text{동일}$$

$$2R_B + (B - 2)R_F = P_F \frac{B^2}{2} + (P_B - P_F) \frac{B^2}{6} \quad (7)$$

식 (6)을 정리하면,

$$P_F = -P_B + 2 \frac{R_B + R_F}{B} \quad (8)$$

식 (8)을 식 (7)에 대입하면,

$$\begin{aligned} 2R_B + (B-2)R_F &= \frac{B^2}{3} \left(2\frac{R_B + R_F}{B} - P_B \right) + \frac{B^2}{6} P_B \\ &= \frac{B^2}{6} \left(4\frac{R_B + R_F}{B} - P_B \right) \end{aligned} \quad (9)$$

식 (9)를 정리하면 다음과 같이 케이슨 전면부의 지중응력식을 얻을 수 있음

$$\begin{aligned} P_B &= 4\frac{R_B + R_F}{B} - 6\frac{2R_B + (B-2)R_F}{B^2} \\ &= \frac{2}{B^2} [2B(R_B + R_F) - 6R_B - 3(B-2)R_F] \\ &= \frac{2}{B^2} [B(2R_B - R_F) - 6(R_B - R_F)] \\ &= \frac{2}{B^2} [2(B-3)(R_B - R_F) + BR_F] \end{aligned} \quad (10)$$

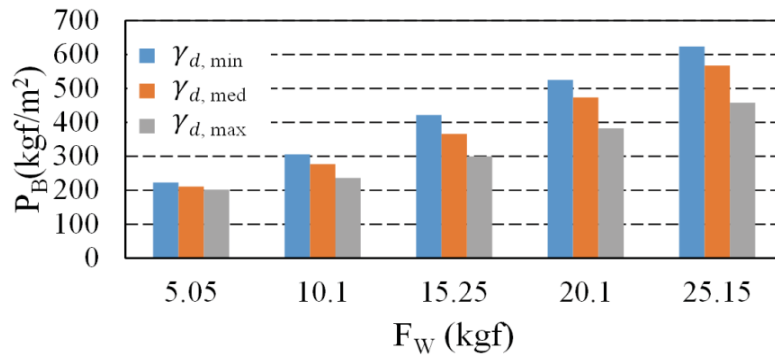
식 (10)을 (8)에 대입하면 케이슨 후면부의 지중응력식을 얻을 수 있음

$$\begin{aligned} P_F &= 2\frac{R_B + R_F}{B} - \frac{2}{B^2} [2(B-3)(R_B - R_F) + BR_F] \\ &= \frac{2}{B^2} [(6-B)(R_B - R_F) + BR_F] \end{aligned} \quad (11)$$

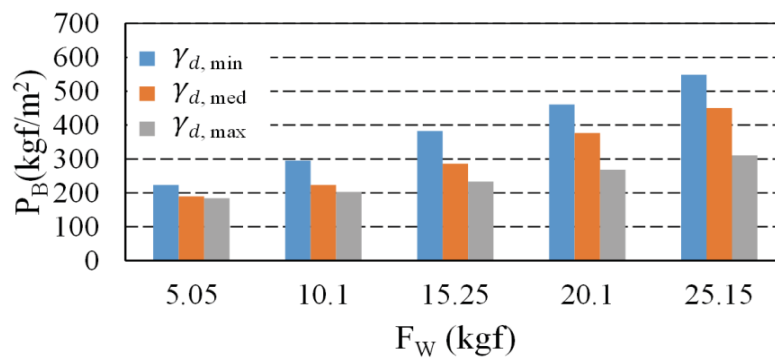
○ 다짐정도에 따른 지반응력비교

- 그림 27은 작용하중별로 다짐정도에 따라서 지반응력을 도시한 것임
- 케이슨 전면부의 지반응력은 채움사석을 다질수록 감소하여, 케이슨의 지반지력에 대한 안정성이 향상되는 것을 확인함
- 케이슨 후면부의 지반응력은 채움사석을 다질수록 증가하였고, 케이슨이 회전력에 저항하는 효과가 큰 것을 확인함

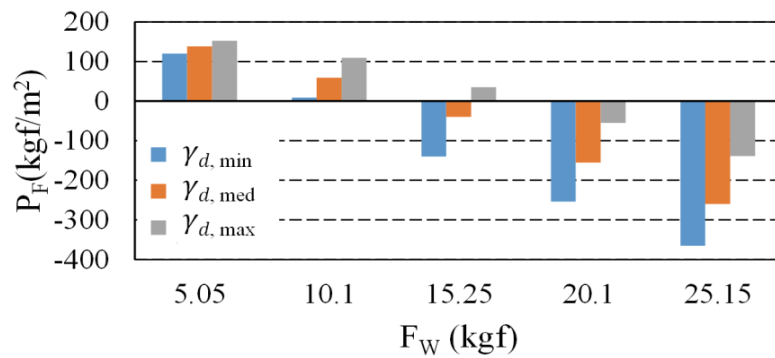
(a) 요철이 없는 경우: 전면부(항내)



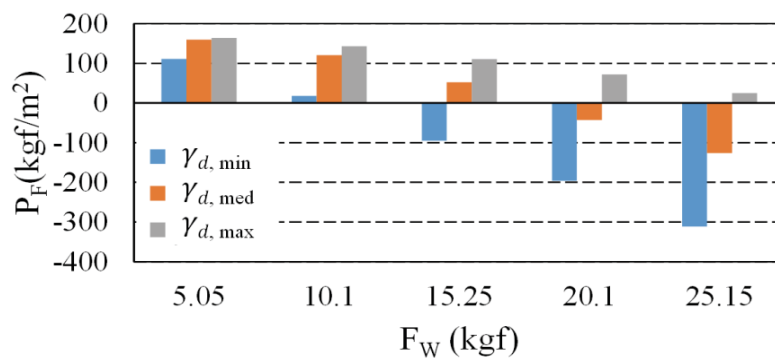
(b) 요철이 있는 경우: 전면부(항내)



(c) 요철이 없는 경우: 후면부(항외)



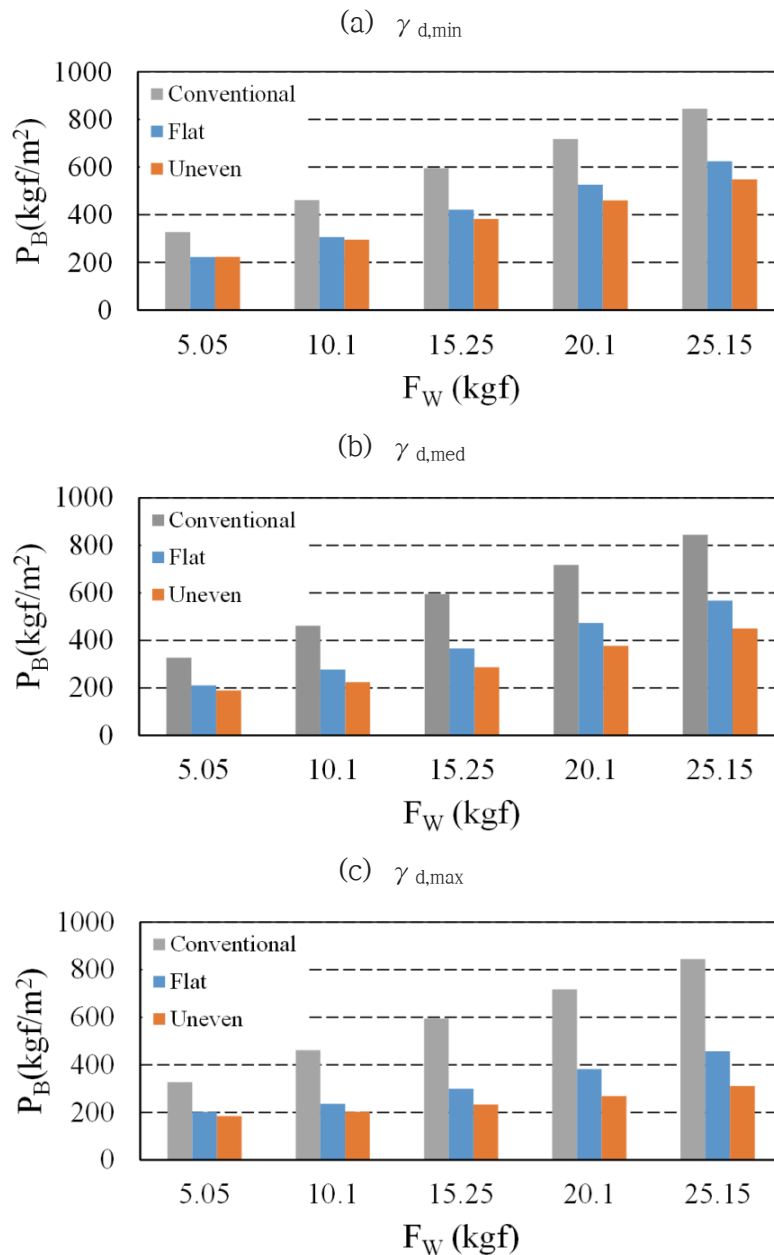
(d) 요철이 있는 경우: 후면부(항외)



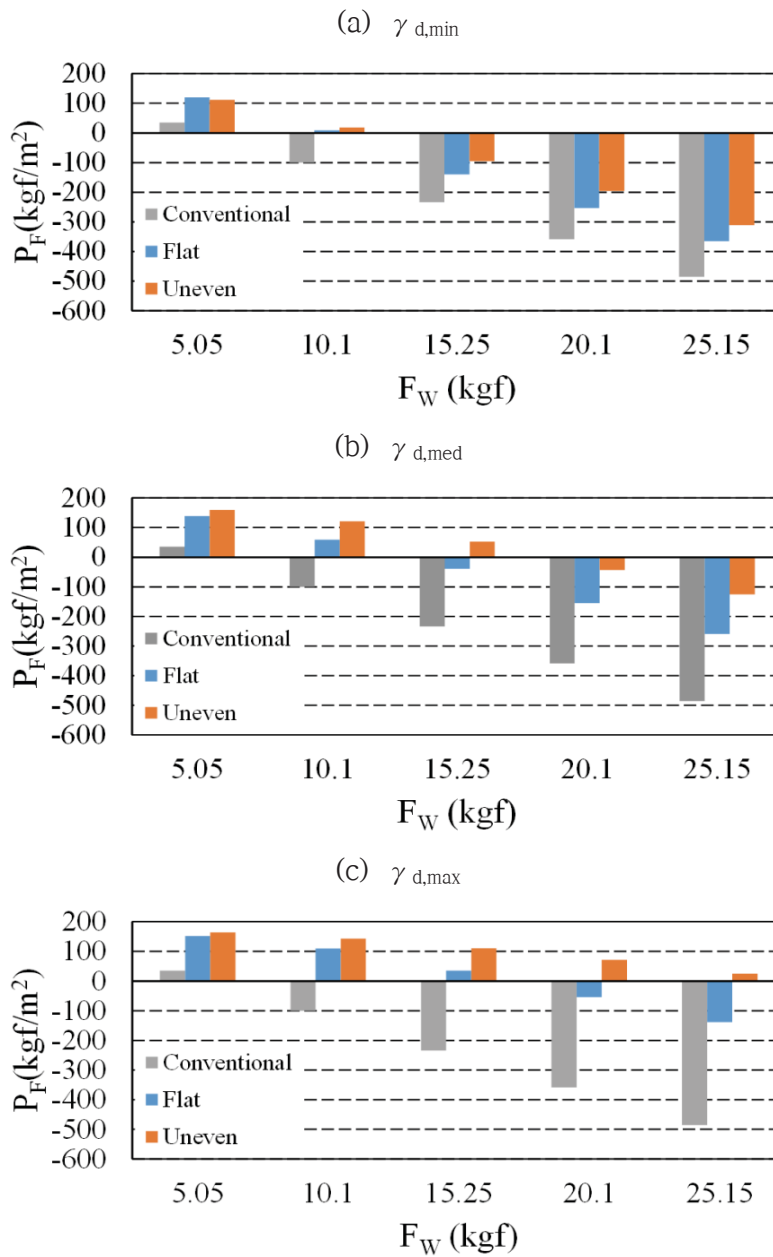
<그림 27> 다짐정도에 따른 케이스의 전면부와 후면부의 지반응력.

○ 요철유무에 따른 지반응력 비교

- 아래 그림은 다짐이 같은 경우에 일반케이슨(Conventional caisson), 비요철형(Flat) 오픈 셀 케이슨, 요철형(Uneven) 오픈 셀 케이슨의 지반응력의 비교한 것임
- 케이슨 전면부의 경우, 일반케이슨에 비하여 비요철형, 요철형 오픈 셀 케이슨의 지반응력이 20%이상 감소함
- 케이슨 후면부의 경우, 일반케이슨에 비하여 비요철형, 요철형 오픈 셀 케이슨이 회전력에 저항하는 효과가 큰 것을 확인함



<그림 28> 요철유무에 따른 케이슨의 전면부(항내)의 지반응력.

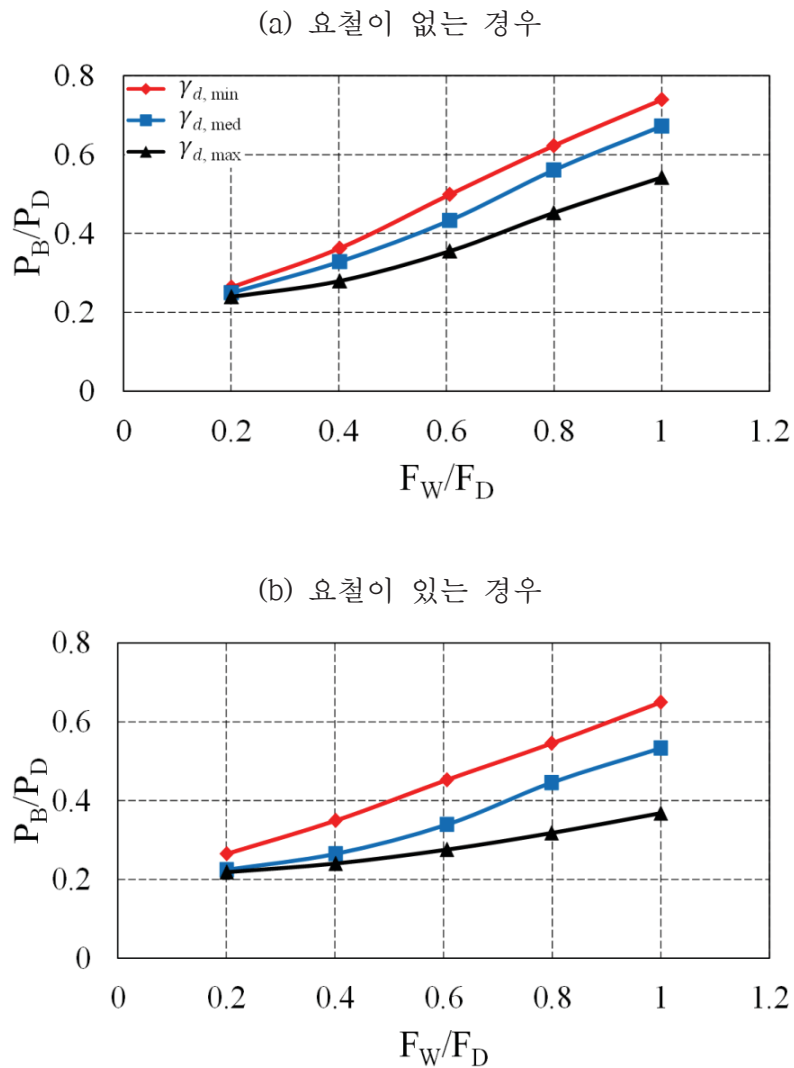


<그림 29> 요철유무에 따른 케이스의 후면부(항외)의 지반응력.

○ 작용하중별 지반응력 비교

- 아래 그림의 x축은 작용하중(F_W)을 설계하중($F_D=25.15\text{kgf}$)으로 무차원화하였고, y축은 지반응력을 설계하중 작용시 일반케이스의 지반응력(P_D)으로 무차원화한 것임
- 작용하중이 커질수록 케이스 전면부의 지반응력이 증가하였고, 설계하중이 작용하였을 때 일반케이스의 지반응력보다 비요철형 오픈 셀 케이스의 지반응력이 20%이상이 감소함

- 오픈 셀 케이슨 공법의 업그레이드 기술인 요철형 오픈 셀 케이슨의 경우는 30%이상이 감소함
- 오픈 셀의 채움사석으로 인하여 지반응력이 감소하는 효과가 우수하였고, 지반 지지력 측면에서 일반케이슨보다 뛰어남



<그림 30> 작용하중에 따른 케이슨 전면부(항내) 지반응력의 비교.

- 아래 표는 설계하중 작용시의 자중에 의한 지반응력과 작용하중에 의한 지반응력의 비를 나타낸 것임
- 다짐정도가 클수록 자중에 의한 지반응력 대비 수평하중에 의한 지반응력은 감소함
- 일반케이슨에 비하여 오픈 셀 케이슨의 지반응력 분담비가 작았으며, 이는 수평하중에 대하여 오픈 셀 채움사석이 저항한다는 것을 알 수 있음

<표 6> 설계하중 작용시 자중과 작용하중(=25.15kgf)에 의한 지반응력(P_B)의 분담비

Case	비요철형 오픈 셀 케이스			요철형 오픈 셀 케이스			일반케이스
	$\gamma_{d,min}$	$\gamma_{d,med}$	$\gamma_{d,max}$	$\gamma_{d,min}$	$\gamma_{d,med}$	$\gamma_{d,max}$	
수평하중에 의한 지반응력 /자중에 의한 지반응력	2.452	2.139	1.534	2.13	1.57	0.777	3.67

5. 상치 콘크리트에 의한 하중변화에 따른 지반반력특성 평가

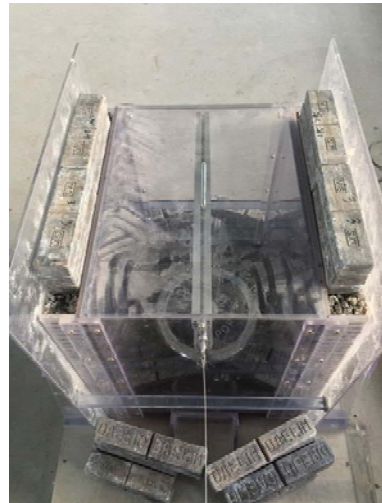
가. 실험 구성

- 4. 오픈 셀 채움사석의 특성에 따른 지반반력특성 평가에서 사용한 모형을 이용하여 실험 수행
- 오픈 셀 상부에 설치되는 상치콘크리트의 하중에 의한 지반반력특성을 평가
- 상치 콘크리트에 의한 하중변화를 재현하기 위하여 오픈 셀의 상부에 상재하중을 작용
- 오픈 셀의 채움사석은 다짐이 없는 조건($\gamma_{d,min}$)에서 실험을 수행
- 오픈 셀의 벽면이 요철형상인 경우에 대하여 실험을 수행하였고, 5번의 반복 실험을 수행하였음

(a) 상재하중이 6.1kgf인 경우



(b) 상재하중이 18.05kgf인 경우

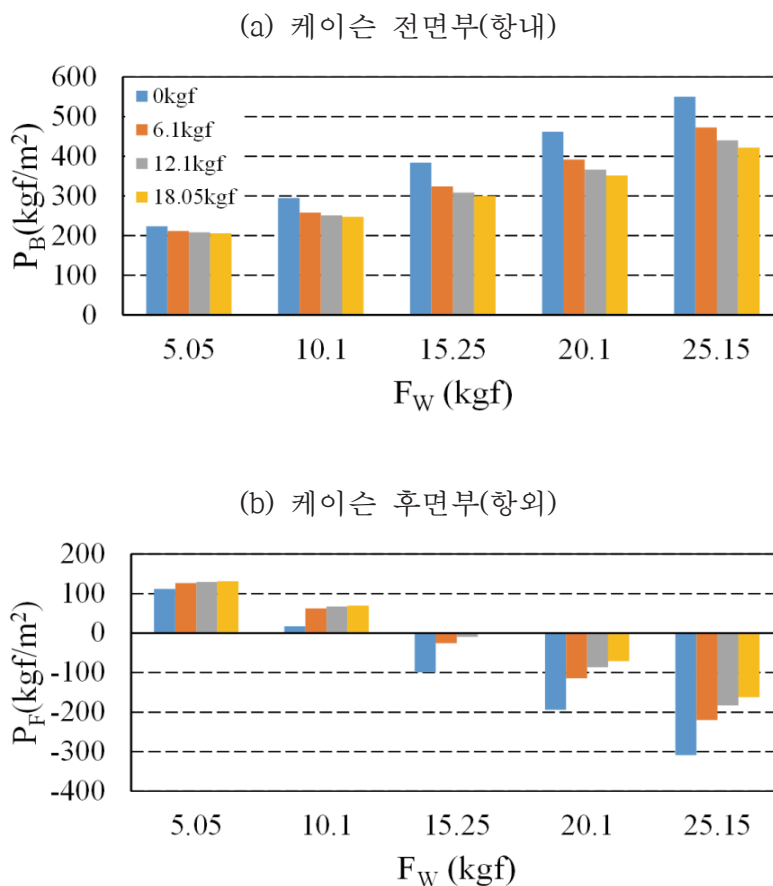


<그림 31> 상재하중의 변화에 따른 지반반력특성 평가 실험 사진.

- 상재하중은 양쪽 오픈 셀 상부에 각각 6.1, 12.1, 18.05kgf으로 다르게 수행함
- 실험에 사용한 모든 제원은 상재하중을 제외하고 이전 실험과 같음

나. 실험 결과

- 작용하중에 대한 저항효과가 가장 우수한 오픈 셀 내측 벽면에 요철이 있는 케이스에 대하여 실험 수행
- 지반응력분포식 (10), (11)을 사용하여 지반응력을 계산
- 상재하중의 변화에 따른 지반반력특성 비교
 - 아래 그림은 상재하중이 없는 경우, 6.1kgf, 12.1kgf, 18.05kgf 총 4가지 경우의 실험결과를 도시한 것임
 - 케이스 전면부의 경우, 작용하중이 증가하면 지반응력이 증가하고 상재하중이 증가하면 지반응력이 감소하는 것을 알 수 있음
 - 케이스 후면부의 경우, 상재하중이 증가할수록 회전력에 저항하는 효과가 큰 것을 알 수 있음



〈그림 32〉 상재하중의 변화에 따른 케이스 전면부와 후면부의 지반응력.

- 상재하중이 증가하여 지반응력이 감소하는 효과는 다짐을 많이 할수록 지반응력이 감소하는 효과와 같은 경향을 보임

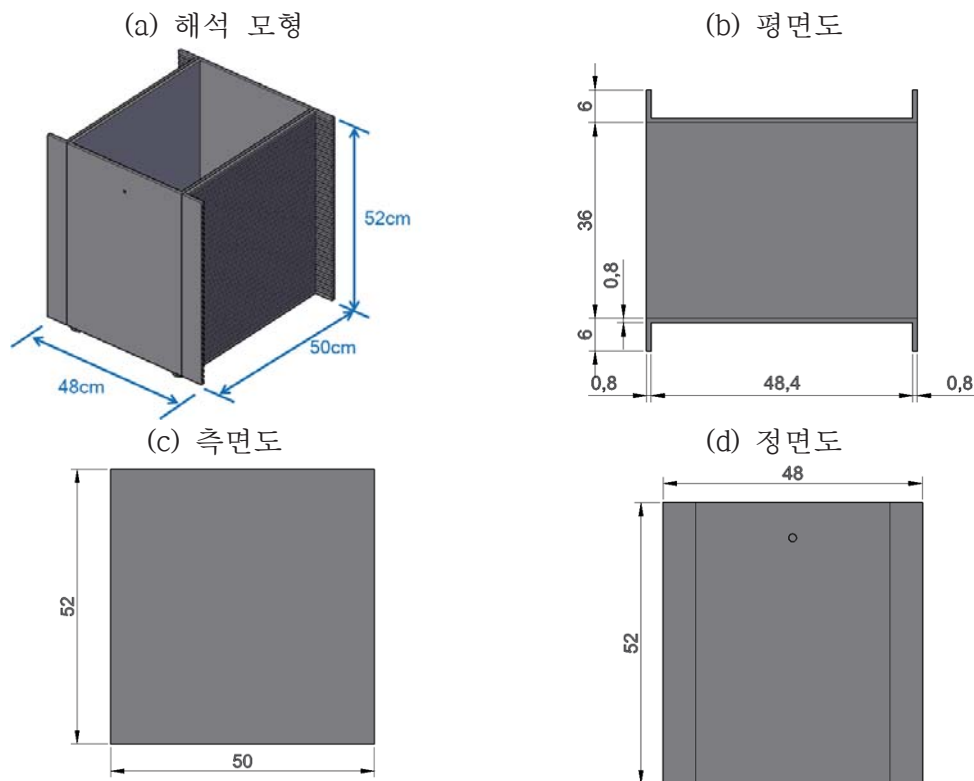
제3절 수치해석

1. 개요

- 군산대학교 김동현 교수팀이 ABAQUS를 사용하여 수치해석 수행
- 케이스의 전도파괴 시 채움사석의 마찰로 인한 전도 억제효과를 해석적으로 검증함
- 케이스 전도 모형 실험의 바닥판 반력계측 결과를 수치적으로 검증

2. 케이스 모델

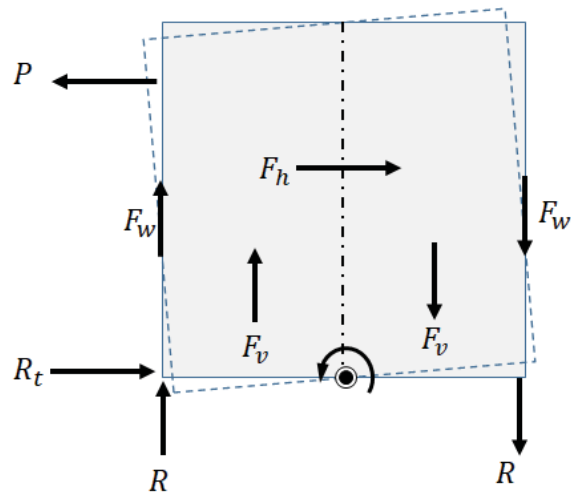
- 실험 결과와 유사한 조건을 적용하기 위하여 실험체와 동일한 조건으로 모델링함
- 단위 중량을 조절하여, 실험체와 동일한 중량을 같도록 모델링함



<그림 33> 모형 제원.

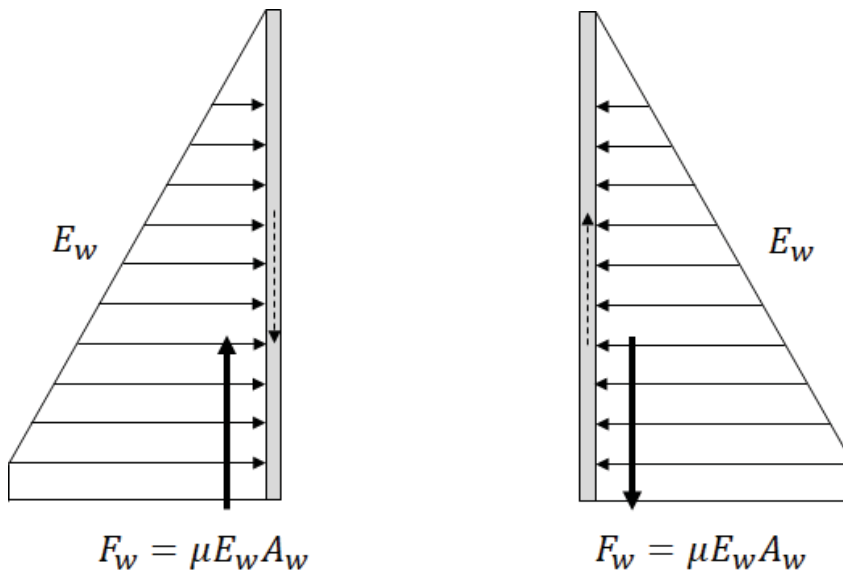
가. 유한요소 모델링

- 인터락킹 케이스 모델링
 - 케이스의 자유물체도



<그림 34> 케이슨의 자유물체도.

- 날개벽 마찰력(F_w)

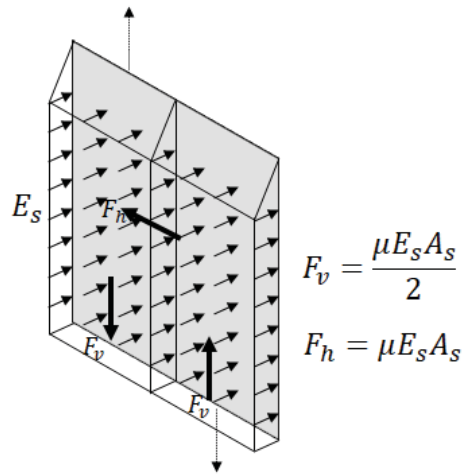


<그림 35> 전면 날개벽(좌)과 후면 날개벽(우).

(기호설명)

E_w : 날개벽 토압, A_w : 날개벽 면적, μ : 벽면 마찰계수

- 측벽 수평 및 수직마찰력(F_h, F_v)



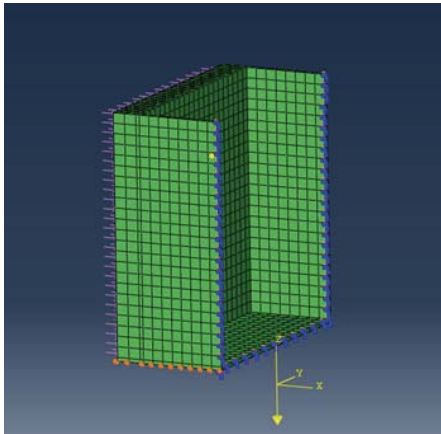
<그림 36> 측면벽 마찰력.

(기호설명)

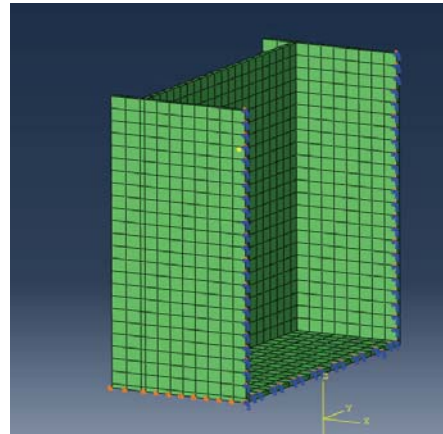
E_s : 측면벽 토압, A_s : 측면벽 면적, μ : 면벽 마찰계수

나. 인터락킹 케이스 모델링

(a) 비요철형 케이스 모델링



(b) 일반 케이스 모델링



<그림 37> 케이스 모델링.

- 해석 시간을 단축시키기 위하여 1/2 모델링 적용
- 사석과 케이스의 마찰은 접촉요소로 모델링
- 사석과 측면벽 사이의 경계는 연직토압과 표면 마찰력을 계산하여 하중으로 재하

3. 해석 조건

- 비요철형 케이스에 대한 해석을 진행함
- 채움사석 다짐에 따른 건조단위중량

(unit : kgf/m^3)

Case	$\gamma_{d,min}$	$\gamma_{d,med}$	$\gamma_{d,max}$
비요철형	1383.56	1571.58	1624.80
요철형	1372.14	1559.15	1618.16

- 채움사석 다짐에 따른 오픈 셀 한쪽 벽면 사석의 중량

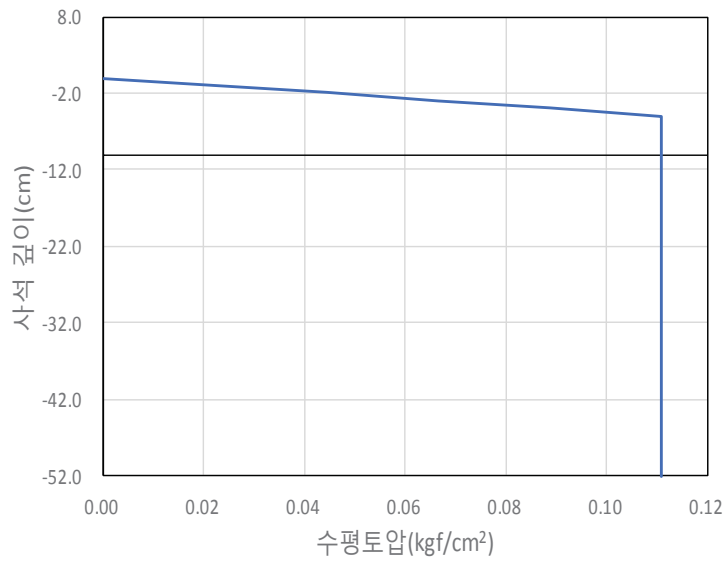
(unit : kgf/m^3)

Case	$\gamma_{d,min}$	$\gamma_{d,med}$	$\gamma_{d,max}$
비요철형	18.11	20.58	21.26
요철형	18.42	20.93	21.72

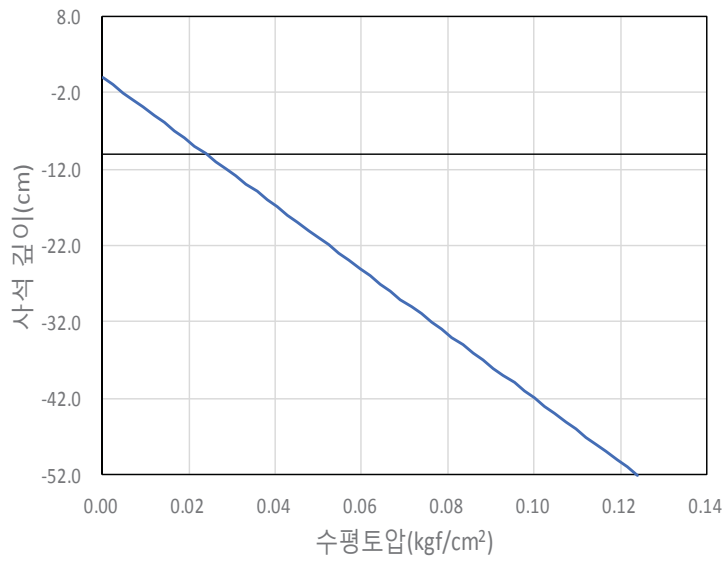
- 오픈 셀 내부 벽면의 마찰계수

	비요철형	요철형
마찰계수	0.47	0.70
	0.60	0.80
비 고	0.47 적용	0.70 적용

- 케이스 중량 : 32.55 kgf
- 하중조건 : 5.05 kgf , 5.05 kgf , 5.15 kgf , 4.85 kgf , 5.05 kgf 순으로 하중 재하
- 수평토압의 계산
 - 항만 및 어항 설계기준에서 제시하는 계산식을 이용하여 수평토압을 계산함
 - 케이스와 사석이 접촉하는 모든 벽면의 수평토압을 계산하여 케이스에 작용하는 마찰력을 계산
 - 채움사석 단위 중량은 각각의 단위 중량 값을 사용함
 - 채움 사석의 포아송비는 0.495를 적용하여 계산함



<그림 38> 케이스 측면벽에 작용하는 수평 토압.

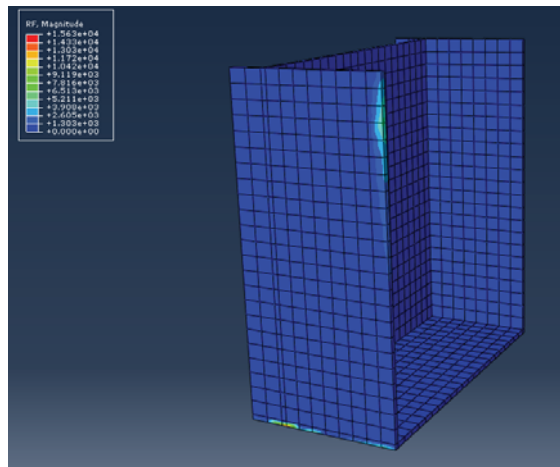


<그림 39> 케이스 전면벽과 후면벽에 작용하는 수평 토압.

4. 해석 결과

가. 일반 케이스(사석 없는 경우) 해석 결과

- 수치 해석 모델의 검증을 위해 일반 케이스에 대한 해석을 진행하여 검토함
- step을 나누어서 중력만 작용하는 경우와 각 하중이 누적된 경우에 대한 해석을 수행함
- 수치해석에 사용한 모델이 1/2 모델이기 때문에 하중을 1/2만 적용하여 해석을 수행함
- 해석 시간 단축을 위하여 사석과 케이스가 접촉하는 면의 수평토압을 계산하여 케이스에 작용하는 마찰력을 계산함
- 사석을 모델링하지 않고 계산한 마찰력을 케이스와 사석이 접촉하는 평면에 적용하여 해석



<그림 40> 일반 케이스 해석 결과.

- 유한요소 해석결과

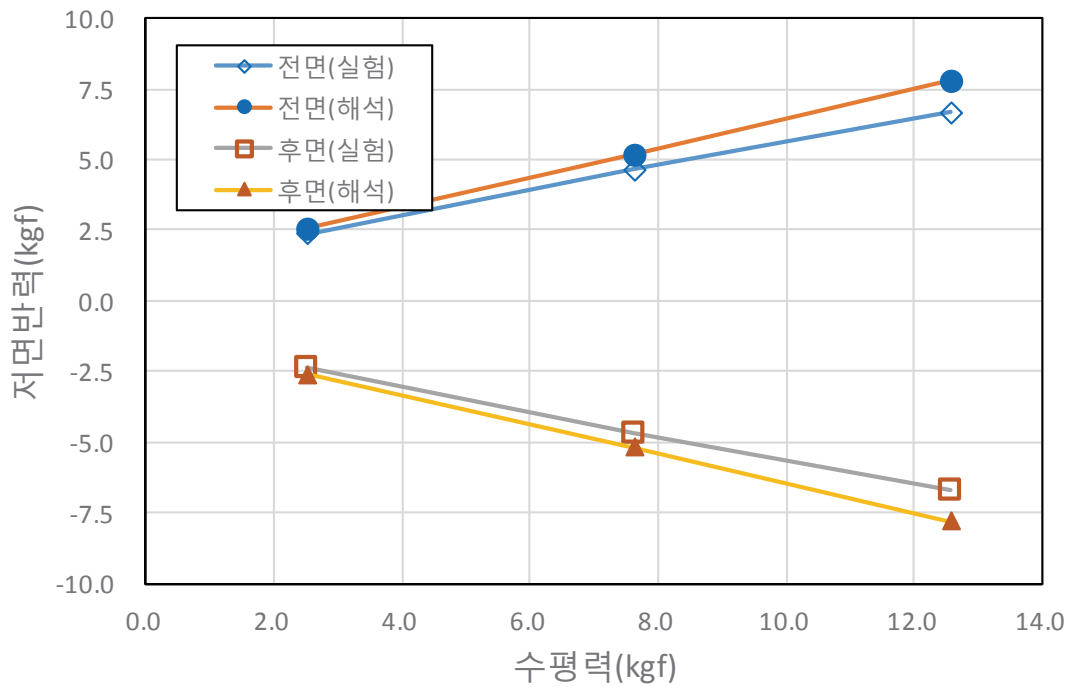
(unit : *kgf*)

수평력		총 반력		수평력에 의한 반력성분	
		전면부	후면부	전면부	후면부
step-1	(중력)	8.14	8.14	0.000	0.000
step-2	2.525	10.72	5.55	2.59	-2.59
step-3	5.05	13.31	2.96	5.18	-5.18
step-4	7.625	15.95	0.32	7.81	-7.81

○ 해석결과와 실험값의 비교

(unit : kgf)

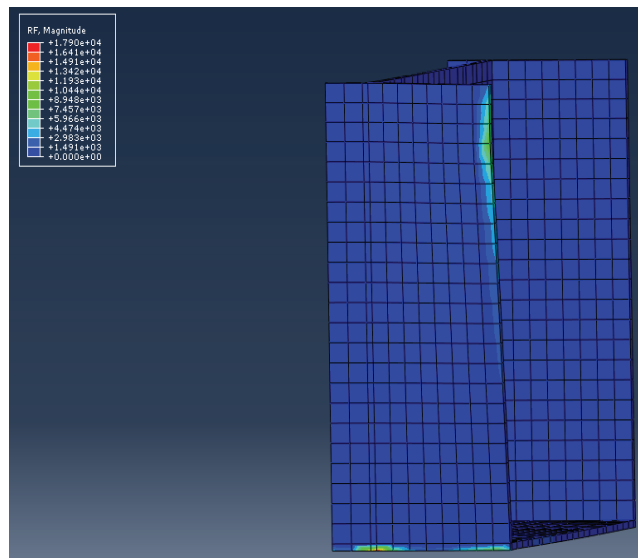
수평력	전면부 반력성분			후면부 반력성분		
	실험	해석	오차(%)	실험	해석	오차(%)
2.525	2.38	2.59	8.11	-2.37	-2.59	9.28
5.05	4.64	5.18	10.42	-4.68	-5.18	10.68
7.625	6.67	7.81	14.60	-6.73	-7.81	16.05



<그림 41> 해석 결과와 실험값의 비교.

나. 비요철형 케이슨 해석 결과

- 비요철형 케이슨에 대한 해석을 진행함
- 일반 케이슨과 같이 step을 나누어 중력만 작용하는 경우와 각 하중이 누적된 경우에 대한 해석을 수행함
- 수치해석에 사용한 모델이 1/2 모델이기 때문에 하중을 1/2만 적용하여 해석을 수행함
- 해석 시간 단축을 위하여 사석과 케이슨이 접촉하는 면의 수평토압을 계산하여 케이슨에 작용하는 마찰력을 계산함
- 사석을 모델링하지 않고 계산한 마찰력을 케이슨과 사석이 접촉하는 평면에 적용하여 해석
- $\gamma_{d,max}$ 해석 결과



<그림 42> $\gamma_{d,max}$ 해석 결과.

- 유한요소 해석결과

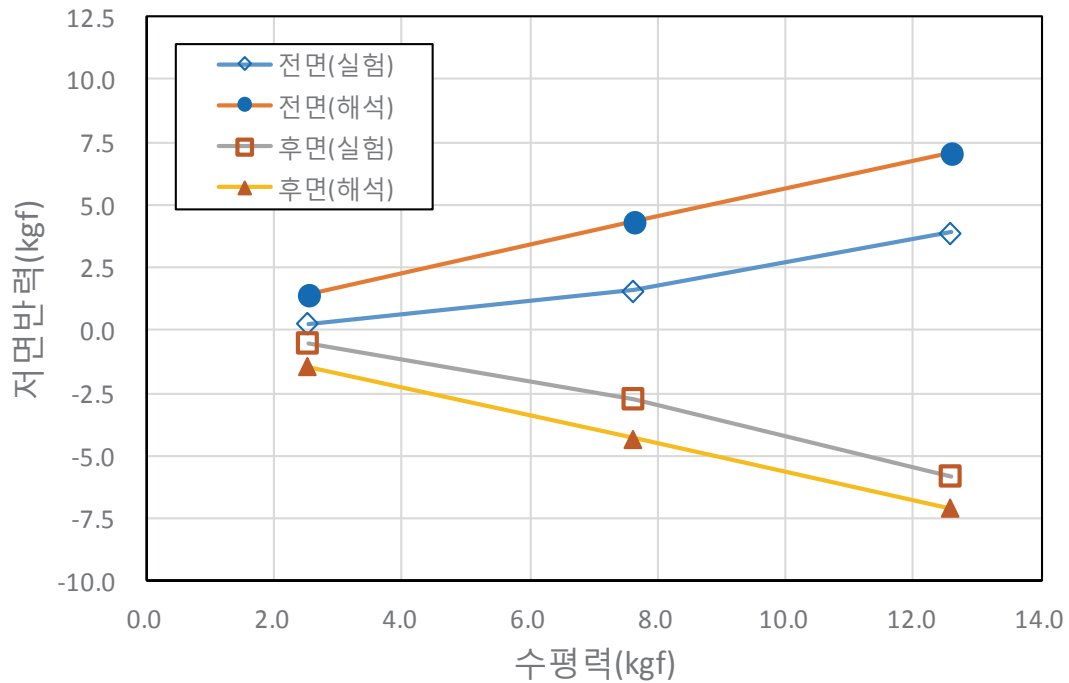
(unit : kgf)

수평력		총 반력		수평력에 의한 반력성분	
		전면부	후면부	전면부	후면부
step-1	(중력)	8.14	8.14	0.00	0.00
step-2	2.525	9.56	6.71	1.43	-1.43
step-3	7.625	12.44	3.83	4.31	-4.31
step-4	12.575	15.24	1.04	7.10	-7.10

○ 해석결과와 실험값의 비교

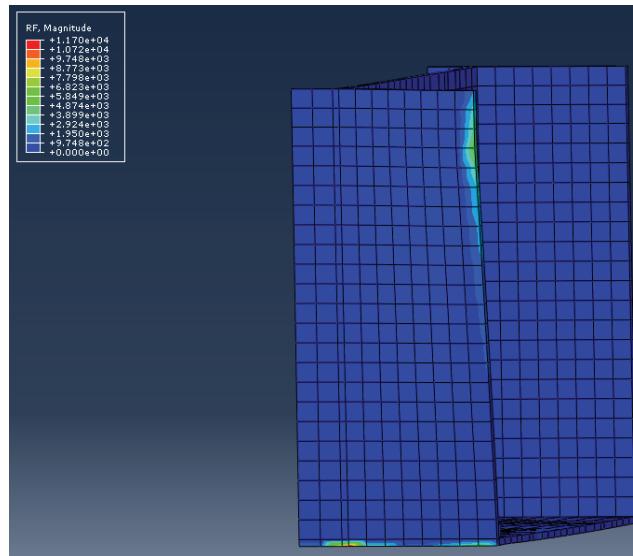
(unit : kgf)

수평력	전면부 반력성분			후면부 반력성분		
	실험	해석	오차(%)	실험	해석	오차(%)
2.525	0.25	1.43	85.52	-0.57	-1.43	60.14
7.625	1.57	4.31	63.57	-2.75	-4.31	36.19
12.575	3.90	7.10	45.07	-5.82	-7.10	18.03



<그림 43> 해석 결과와 실험값의 비교.

- 하중이 증가할수록 수평토크의 영향으로 전면부에서는 반력이 증가하고, 후면부에서는 반력이 감소함
- 실험값과는 같은 경향은 확인됐으나, 오차가 발생함

○ $\gamma_{d,med}$ 해석 결과〈그림 44〉 $\gamma_{d,med}$ 해석 결과.

○ 유한요소 해석결과

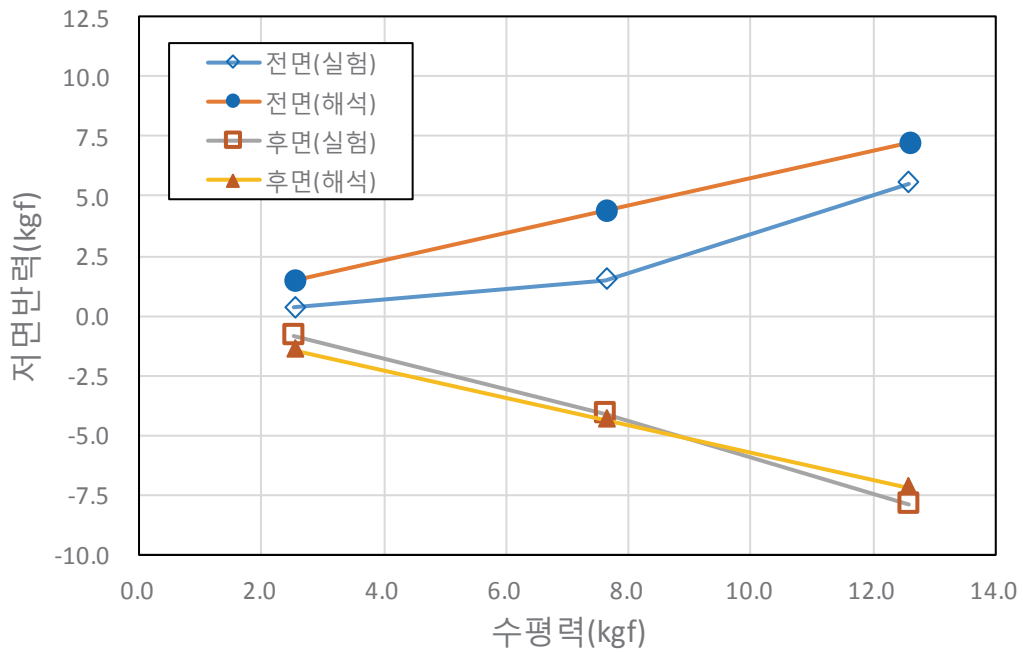
(unit : *kgf*)

수평력		총 반력		수평력에 의한 반력성분	
		전면부	후면부	전면부	후면부
step-1	(중력)	8.14	8.14	0.00	0.00
step-2	2.525	15.35	0.92	1.45	-1.45
step-3	7.625	12.51	3.76	4.37	-4.37
step-4	12.575	9.58	6.69	7.21	-7.21

○ 해석결과와 실험값의 비교

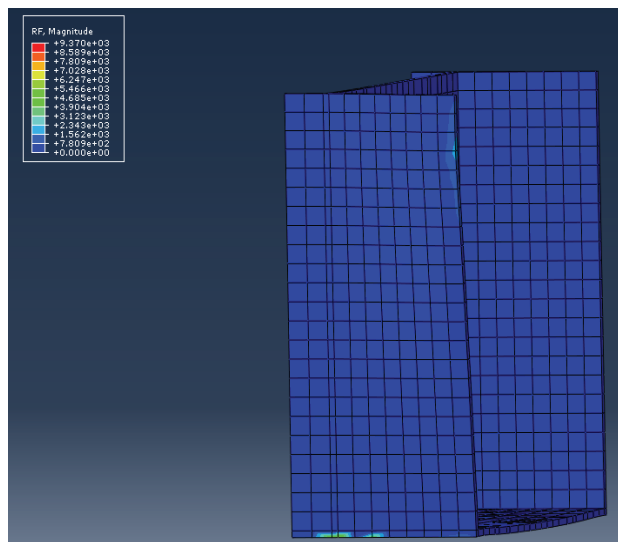
(unit : *kgf*)

수평력	전면부 반력성분			후면부 반력성분		
	실험	해석	오차(%)	실험	해석	오차(%)
2.525	0.32	1.45	77.93	-0.86	-1.45	40.69
7.625	1.51	4.37	65.54	-4.10	-4.37	6.09
12.575	5.53	7.21	23.29	-7.96	-7.21	10.34



<그림 45> 해석 결과와 실험값의 비교.

- 하중이 증가할수록 수평토포압의 영향으로 전면부에서는 반력이 증가하고, 후면부에서는 반력이 감소함
- 실험값과는 같은 경향은 확인됐으나, 오차가 발생함
- $\gamma_{d,\min}$ 해석 결과



<그림 46> $\gamma_{d,\min}$ 해석 결과.

○ 유한요소 해석결과

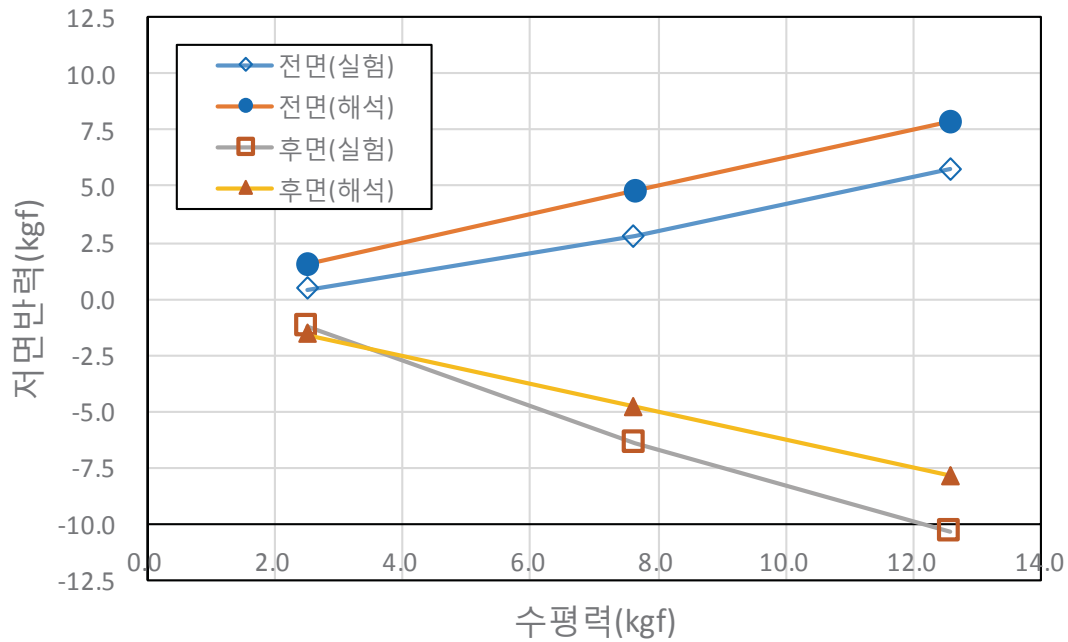
(unit : kgf)

수평력		총 반력		수평력에 의한 반력성분	
		전면부	후면부	전면부	후면부
step-1	(중력)	8.14	8.14	0.00	0.00
step-2	2.525	9.72	6.55	1.58	-1.58
step-3	7.625	12.92	3.35	4.79	-4.79
step-4	12.575	16.03	0.24	7.89	-7.89

○ 해석결과와 실험값의 비교

(unit : kgf)

수평력	전면부 반력성분			후면부 반력성분		
	실험	해석	오차(%)	실험	해석	오차(%)
2.525	0.41	1.58	73.99	-1.26	-1.58	20.19
7.625	2.77	4.79	42.17	-6.38	-4.79	33.15
12.575	5.75	7.89	27.07	-10.38	-7.89	31.53

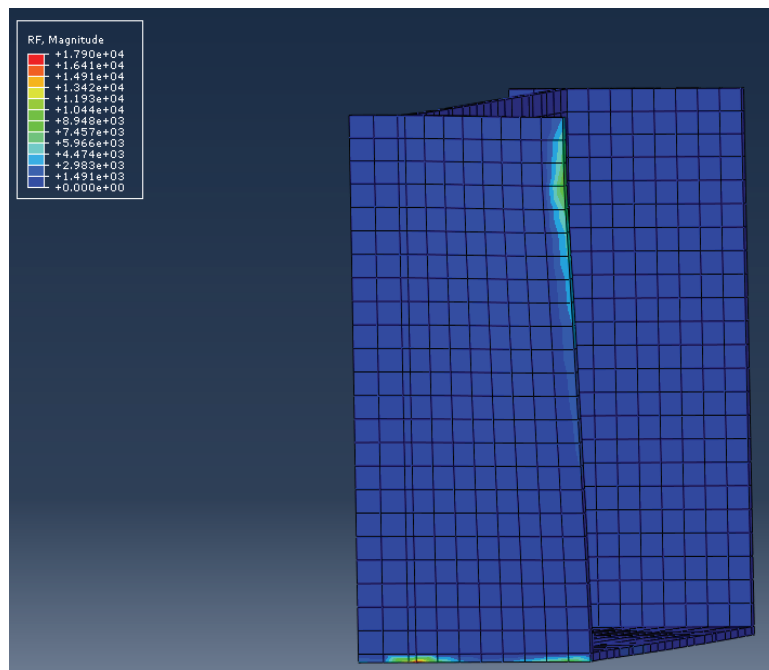


〈그림 47〉 해석 결과와 실험값의 비교.

- 하중이 증가할수록 수평토압의 영향으로 전면부에서는 반력이 증가하고, 후면부에서는 반력이 감소함
- 실험값과는 같은 경향은 확인됐으나, 오차가 발생함

다. 요철형 케이슨 해석 결과

- 요철형 케이슨에 대한 해석을 진행함
- 일반 케이슨과 같이 step을 나누어 중력만 작용하는 경우와 각 하중이 누적된 경우에 대한 해석을 수행함
- 해석에 사용된 마찰계수는 0.7을 적용함
- 수치해석에 사용한 모델이 1/2 모델이기 때문에 하중을 1/2만 적용하여 해석을 수행함
- 해석 시간 단축을 위하여 사석과 케이슨이 접촉하는 면의 수평토압을 계산하여 케이슨에 작용하는 마찰력을 계산함
- 사석을 모델링하지 않고 계산한 마찰력을 케이슨과 사석이 접촉하는 평면에 적용하여 해석
- $\gamma_{d,max}$ 해석 결과



<그림 48> $\gamma_{d,max}$ 해석 결과.

○ 유한요소 해석결과

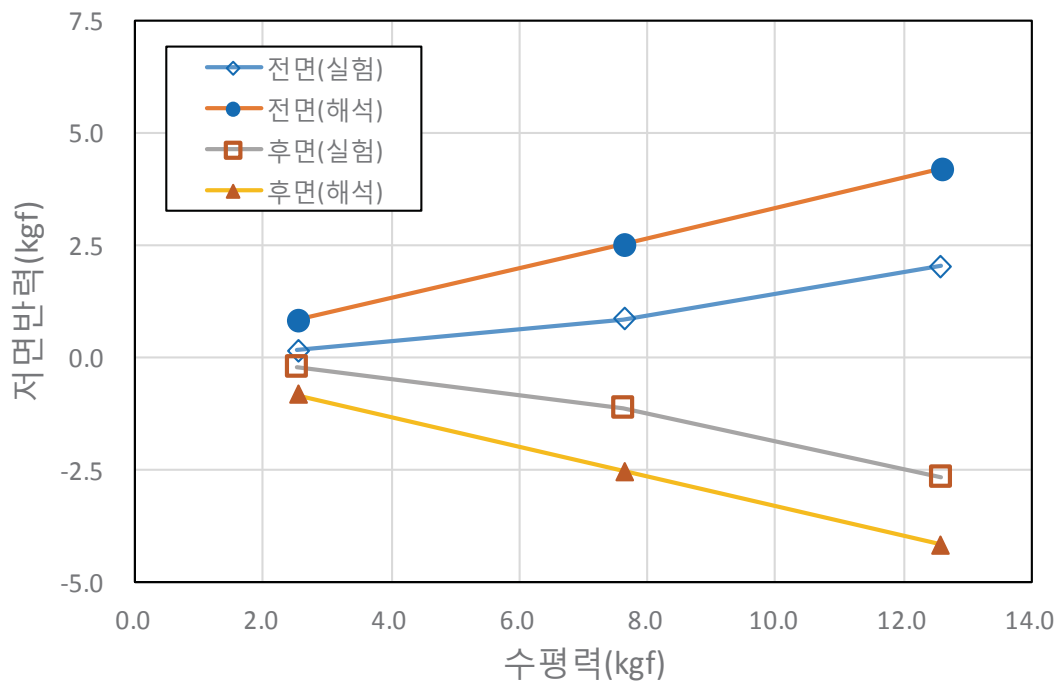
(unit : kgf)

수평력		총 반력		수평력에 의한 반력성분	
		전면부	후면부	전면부	후면부
step-1	(중력)	7.89	-7.89	0.000	0.000
step-2	2.525	8.73	-7.05	0.84	-0.84
step-3	7.625	10.42	-5.35	2.54	-2.54
step-4	12.575	12.07	-3.70	4.18	-4.18

○ 해석결과와 실험값의 비교

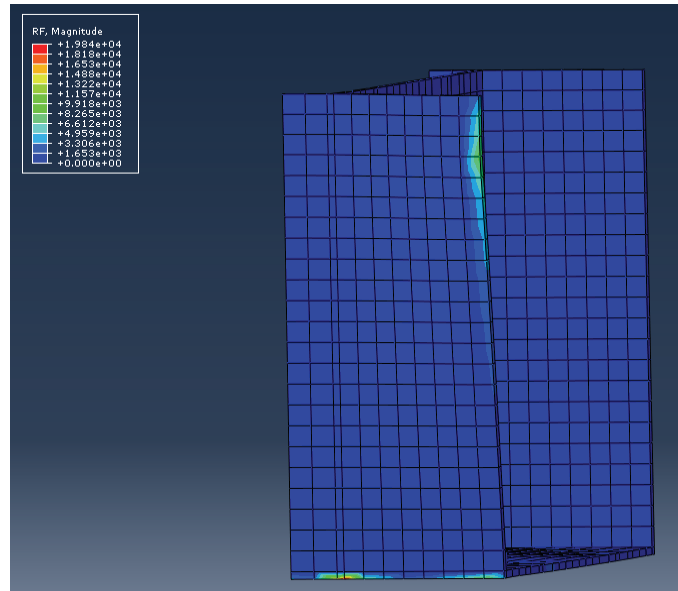
(unit : kgf)

수평력	전면부 반력성분			후면부 반력성분		
	실험	해석	오차(%)	실험	해석	오차(%)
2.525	0.14	0.84	88.33	-0.20	-0.84	76.18
7.625	0.85	2.54	66.49	-1.15	-2.54	54.66
12.575	2.01	4.18	51.95	-2.66	-4.18	36.42



〈그림 49〉 해석 결과와 실험값의 비교.

- 하중이 증가할수록 수평토압의 영향으로 전면부에서는 반력이 증가하고, 후면부에서는 반력이 감소함
- 실험값과는 같은 경향은 확인됐으나, 오차가 발생함
- $\gamma_{d,med}$ 해석 결과



<그림 50> $\gamma_{d,med}$ 해석 결과.

- 유한요소 해석결과

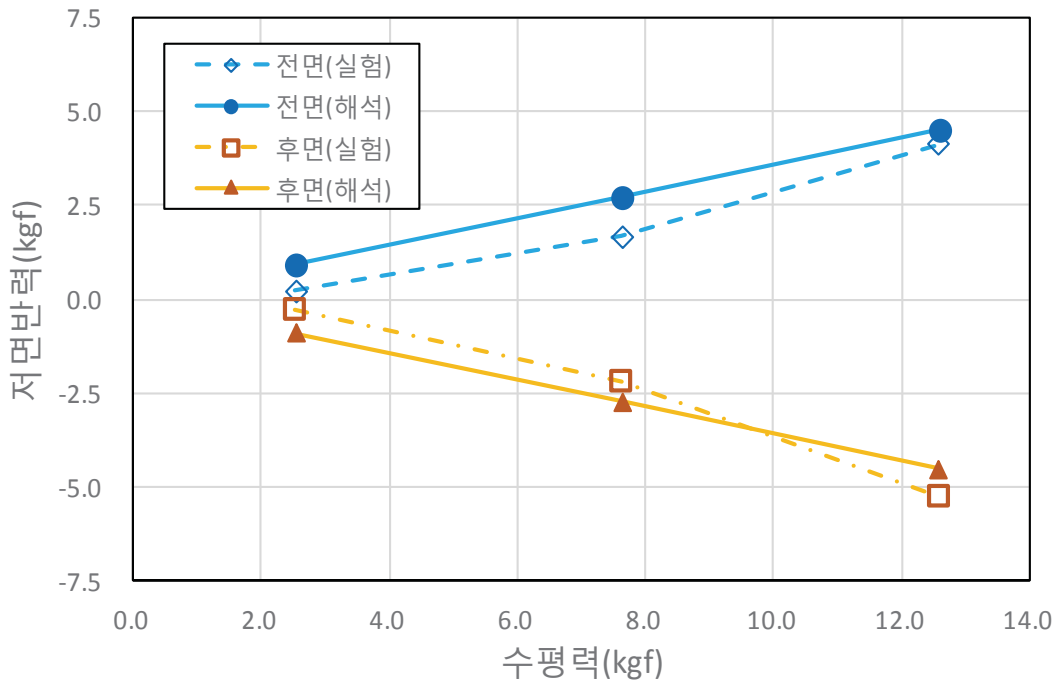
(unit : kgf)

수평력		총 반력		수평력에 의한 반력성분	
		전면부	후면부	전면부	후면부
step-1	(중력)	7.89	-7.89	0.00	0.00
step-2	2.525	8.80	-6.98	0.91	-0.91
step-3	7.625	10.63	-5.14	2.74	-2.74
step-4	12.575	12.40	-3.37	4.52	-4.52

- 해석결과와 실험값의 비교

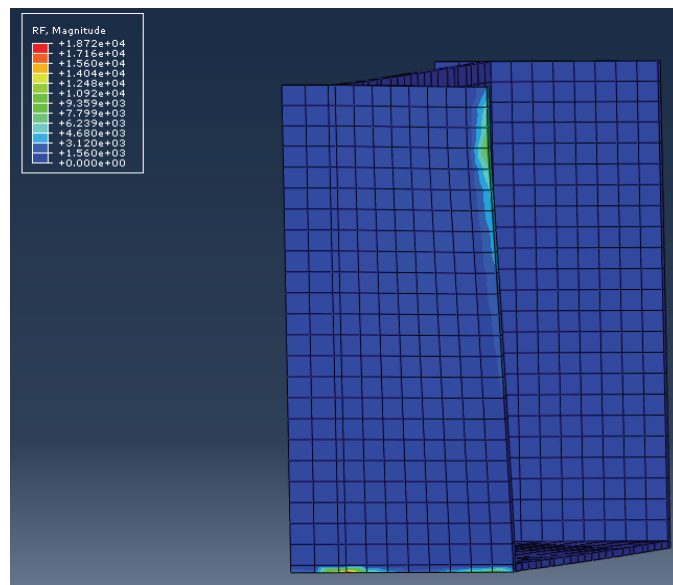
(unit : kgf)

수평력	전면부 반력성분			후면부 반력성분		
	실험	해석	오차(%)	실험	해석	오차(%)
2.525	0.23	0.91	74.70	-0.26	-0.91	71.26
7.625	1.65	2.74	39.76	-2.17	-2.74	20.86
12.575	4.12	4.52	8.88	-5.28	-4.52	16.99



<그림 51> 해석 결과와 실험값의 비교.

- 하중이 증가할수록 수평토크의 영향으로 전면부에서는 반력이 증가하고, 후면부에서는 반력이 감소함
- 실험값과는 같은 경향은 확인됐으나, 오차가 발생함
- $\gamma_{d, \min}$ 해석 결과



<그림 52> $\gamma_{d, \min}$ 해석 결과.

○ 유한요소 해석결과

(unit : kgf)

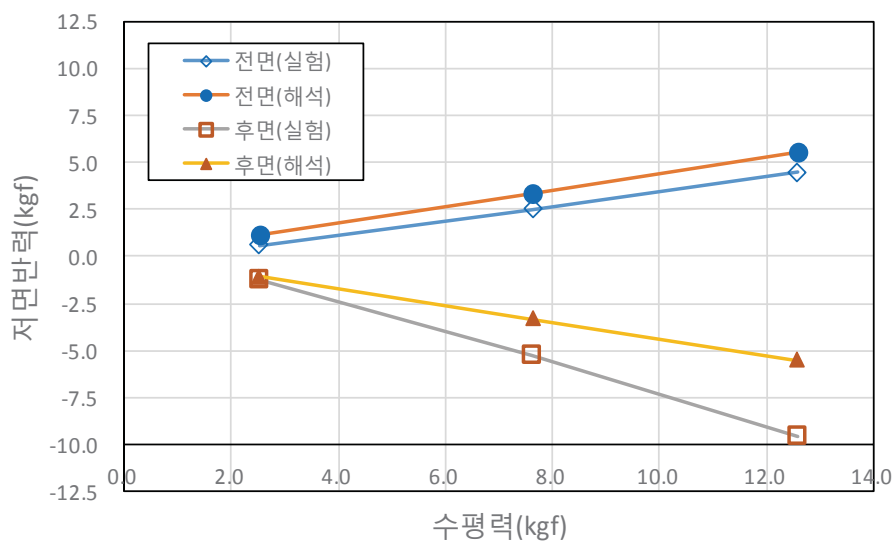
수평력		총 반력		수평력에 의한 반력성분	
		전면부	후면부	전면부	후면부
step-1	(중력)	7.89	7.89	0.000	0.000
step-2	2.525	8.99	6.78	1.11	-1.11
step-3	7.625	11.23	4.54	3.34	-3.34
step-4	12.575	13.40	2.37	5.51	-5.51

○ 해석결과와 실험값의 비교

- 하중이 증가할수록 수평토크의 영향으로 전면부에서는 반력이 증가하고, 후면부에서는 반력이 감소함
- 실험값과는 같은 경향은 확인됐으나, 오차가 발생함

(unit : kgf)

수평력	전면부 반력성분			후면부 반력성분		
	실험	해석	오차(%)	실험	해석	오차(%)
2.525	0.58	1.11	47.61	-1.25	-1.11	12.91
7.625	2.48	3.34	25.80	-5.30	-3.34	58.56
12.575	4.48	5.51	18.72	-9.54	-5.51	73.06

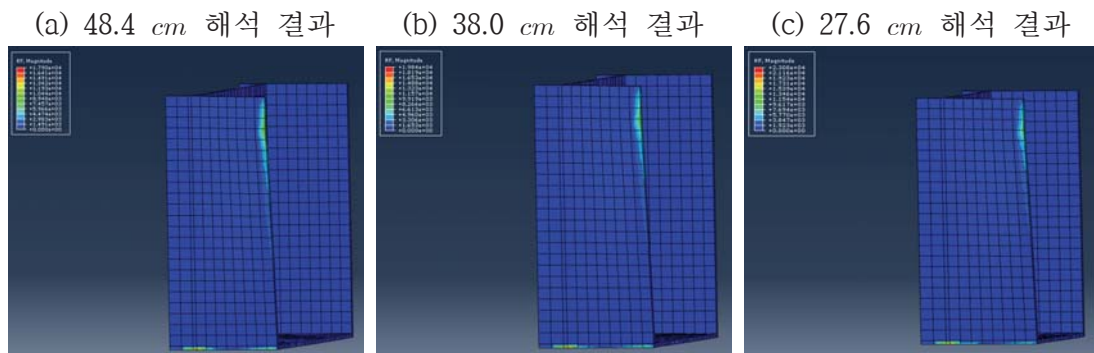


<그림 53> 해석 결과와 실험값의 비교.

5. 케이슨의 깊이 및 폭의 변화에 대한 해석

가. 케이슨의 깊이 변화에 대한 해석 결과

- 케이슨의 깊이의 변화가 케이슨에 미치는 영향을 확인하기 위하여 케이슨의 폭을 48.4 cm, 38 cm, 27.6 cm로 변화하여 해석을 수행함
- 마찰계수는 요철형 케이슨의 0.7을 적용했으며, 하중조건은 가장 큰 하중인 25.15 kgf를 적용해서 해석을 수행함
- 수치해석에 사용한 모델이 1/2 모델이기 때문에 하중을 1/2만 적용하여 해석을 수행함
- 해석 시간 단축을 위하여 사석과 케이슨이 접촉하는 면의 수평토압을 계산하여 케이슨에 작용하는 마찰력을 계산함
- 사석을 모델링하지 않고 계산한 마찰력을 케이슨과 사석이 접촉하는 평면에 적용하여 해석
- 해석 결과를 다음 표에 정리함



<그림 54> 케이슨의 폭 변화에 대한 해석 결과.

- 유한요소 해석결과

(unit : kgf)

케이슨 깊이	전면부	후면부	반력의 합
48.4 cm	12.07	3.70	15.77
38.0 cm	15.43	-1.61	13.82
27.6 cm	22.48	-10.60	11.87

○ 수평력에 의한 반력성분

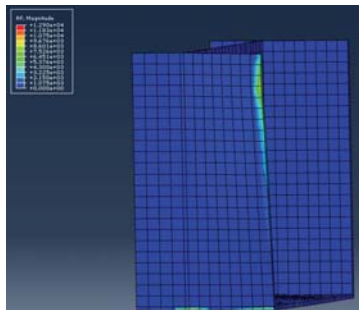
(unit : *kgf*)

케이스 깊이	수평력에 의한 반력성분	
	전면부	후면부
48.4 <i>cm</i>	4.18	-4.18
38.0 <i>cm</i>	8.52	-8.52
27.6 <i>cm</i>	16.54	-16.54

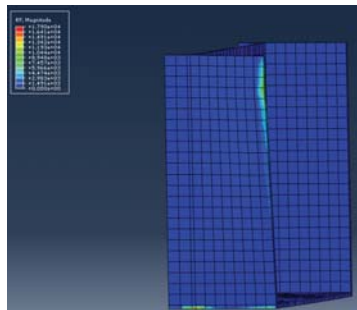
나. 사석의 폭 변화에 대한 해석 결과

- 사석의 폭 변화가 케이스 거동에 미치는 영향을 확인하기 위하여 사석의 폭을 10.4 *cm*, 5.2 *cm*, 2.6 *cm*로 변화하여 해석을 수행함
- 마찰계수는 요철형 케이스의 0.7을 적용했으며, 하중조건은 가장 큰 하중인 25.15 *kgf*를 적용해서 해석을 수행함
- 수치해석에 사용한 모델이 1/2 모델이기 때문에 하중을 1/2만 적용하여 해석을 수행함
- 해석 시간 단축을 위하여 사석과 케이스가 접촉하는 면의 수평토압을 계산하여 케이스에 작용하는 마찰력을 계산함
- 사석을 모델링하지 않고 계산한 마찰력을 케이스와 사석이 접촉하는 평면에 적용하여 해석
- 해석 결과를 다음 표에 정리함

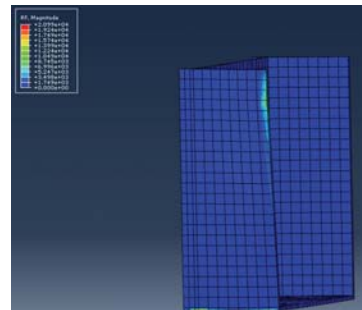
(a) 10.4 *cm* 해석 결과



(b) 5.2 *cm* 해석 결과



(c) 2.6 *cm* 해석 결과



<그림 55> 사석의 폭 변화에 대한 해석 결과.

○ 유한요소 해석결과

(unit : *kgf*)

사석의 폭	전면부	후면부	반력의 합
10.4 <i>cm</i>	8.61	8.61	17.22
5.2 <i>cm</i>	10.42	5.35	15.77
2.6 <i>cm</i>	16.49	-1.44	15.05

○ 수평력에 의한 반력성분

(unit : *kgf*)

사석의 폭	수평력에 의한 반력성분	
	전면부	후면부
10.4 <i>cm</i>	0.00	0.00
5.2 <i>cm</i>	2.54	-2.54
2.6 <i>cm</i>	8.97	-8.97

6. 검토 결과

- 케이스의 전도파괴 시 채움사석의 마찰로 인한 전도 억제효과를 해석적으로 검증함
- 케이스 전도 모형 실험의 바닥판 반력계측 결과를 수치적으로 검증
- 채움 사석의 영향으로 로드셀 위치에서 나타난 반력이 최대 약 65% 감소 효과가 나타남
- 사석과 케이스의 마찰효과가 더 뛰어난 요철 케이스의 경우 최대 75% 감소 효과가 나타남
- 케이스의 깊이가 감소할수록 수평토압 및 마찰력이 감소하여 바닥면의 반력이 증가함
- 사석의 폭이 증가할수록 케이스에 작용하는 수평토압 및 수평토압에 의해 작용하는 마찰력이 증가하므로 바닥면 반력이 감소함

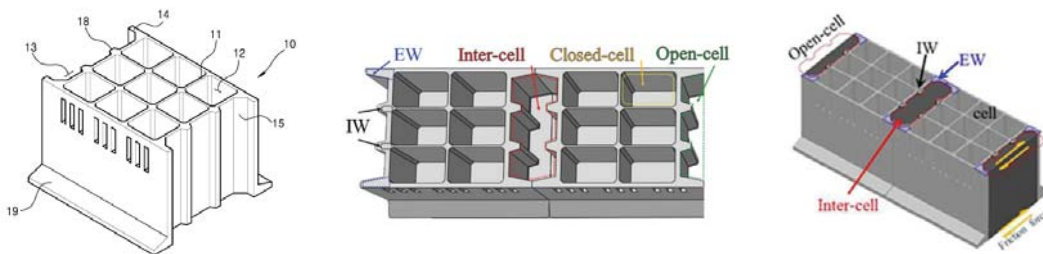
제4절 오픈 셀 케이슨의 제작 방법

1. 개요

- ㈜한라 김역학 지사장에게 오픈 셀 케이슨의 시공시 제작 방법에 대하여 자문을 요청함
- 오픈 셀 케이슨, 바닥판 마찰증대 오픈 셀 케이슨, 오픈 셀 내벽 마찰증대 오픈 셀 케이슨의 제작 방법에 대하여 자문을 받았음

2. 일반 오픈 셀 케이슨

- 오픈 셀 케이슨 개요
 - 오픈 셀 케이슨은 측면에 위치한 오픈 셀과 서로 마주하는 인터셀의 개념을 도입하여, 종래의 개별식 케이슨 구조물에 비해 벽체의 개수를 줄여 제작비를 절감하면서도 시공방법에 거의 차이가 없고, 이웃하는 케이슨을 플렉시블한 사석으로 인터록킹 하는 특징이 있음
- 모식도



<그림 56> 모식도.






- 측벽을 제거한 오픈 셀 개념
 - 사석을 이용한 인터로킹 발현
 - 케이슨이 밀려나는 상황에서도 내부의 사석들이 먼저 변형을 일으켜 응력을 감소시킴으로써 특정 부분에 집중된 파력을 방파제 전체로 분산시킬 수 있음
 - 이에 케이슨의 측벽을 개방한 ‘오픈 셀 케이슨’ 개념을 수립
 - 측면이 두꺼운 벽으로 마감된 기존의 케이슨과 달리 개방된 양쪽 끝이 이웃한 케이슨과 만나 형성된 인터 셀 공간에 사석을 채우고, 사석의 마찰력으로 효과 구조물의 안정성을 향상시키는 장대형 항만구조물


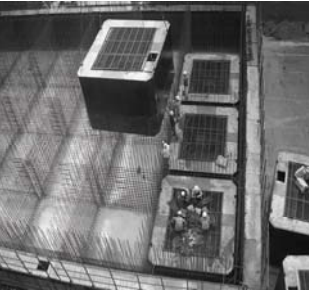


○ 일반적인 케이슨 시공순서 및 방법

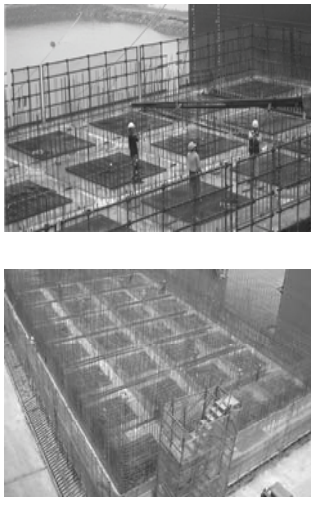
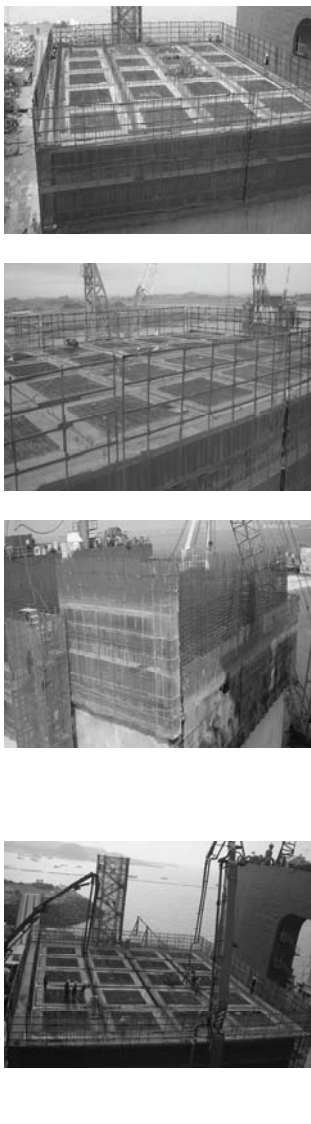
- 케이슨 제작 거치 순서도

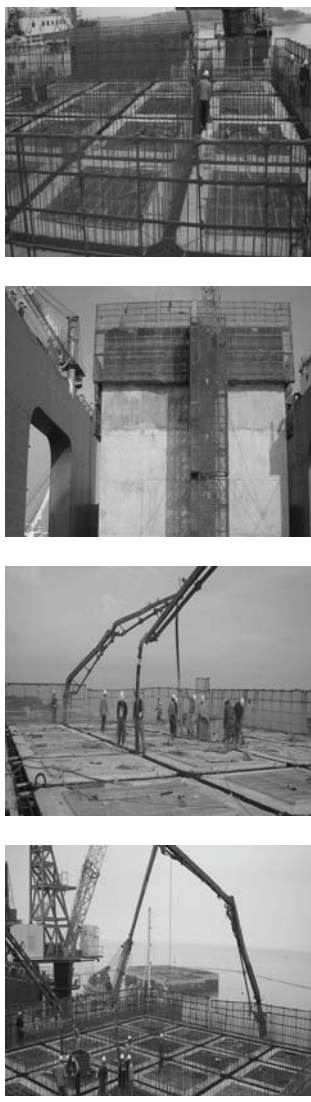


- 케이슨 제작 단계별 시공방법

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
바닥정리 및 비닐깔기	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 바닥정리 -유지관리를 위한 바닥 청소 및 정리정돈 ▶ 비닐깔기 -저판에 비닐을 포설한 후 기초면과의 틈새로 시멘트 물이 누수되지 않게 청테이프로 틈새를 막는다 	
기초/현 치 철근조립	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수직 및 수평 철근의 겹이음 위치는 교차되게 작업 ▶ Spacer 및 Stirrup 등을 도면에 따라 배치하고, 철근과 거푸집 및 철근 간격 등을 정확히 유지하는지 확인 ▶ 철근의 결속은 철선 두겹으로 이음 개소당 3곳 이상 직교하는 모든 철근 결속 ▶ 철근 조립 작업이 끝난 후 슬링벨트를 사용하여 강풍에 의한 변형 및 전도 방지 조치 ▶ 철근은 사전 검토된 Bar-Schedule에 의해 배근하고, 복잡부위 및 이음부는 첨부의 상세도면을 참조하여 시공 ▶ 기초 철근의 조립순서 : 기초하부철근 배근 → 외벽 수직철근 및 수평철근 배근 → 내벽 수직 철근 및 수평철근 배근 → 기초 상부 철근 배근 → 기초 현치 철근 배근 	 
기초거푸 집 조립 및 타설	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 기초 거푸집 반입 및 가조립 -기초 거푸집을 반입 후 거푸집의 이상 유무를 확인하고 거푸집 조립장에서 가조립 -가조립시 거푸집의 운반 및 배치는 C/R + 와이어 로프를 사용 -거푸집 가조립시 사전 검토된 거푸집 제작 상세 도면을 참조하여 조립하고, 조립 완료 후에는 형상 및 치수를 면밀히 확인 ▶ 기초 거푸집 조립 -기초 거푸집 Bolt 구멍위치에 맞추어 간격재를 기조립된 철근에 용접 고정 후 볼트 조임 실시 -거푸집의 선형이 직선이 되도록 하며 이 때 수직도 유지는 수평대를 사용하여 고정 -기초 거푸집의 모서리 접합부 고정은 L형강을 사용 Bolt 조임을 하여 거푸집의 변형을 방지 	 

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>기초거푸 집 조립 및 타설</p>	<p>▶ 기초 콘크리트 타설</p> <ul style="list-style-type: none"> - 한 구획내의 콘크리트는 치기가 완료될 때까지 Cold Joint가 생기지 않도록 연속해서 타설 - 치기 도중 일시 중단될 경우 Cold Joint가 생기지 않도록 표면의 레이턴스 등을 제거하고 치기 실시 - 콘크리트는 한 구획내에서 표면이 수평이 되도록 치는 것을 원칙으로 균일하게 진동 다짐 - 장시간의 다짐으로 인하여 재료 분리가 발생하지 않도록 하여야 하고, 진동기는 콘크리트에서 천천히 빼고, 뺀자리에 구멍이 남아 있지 않게 처리 	
<p>현치 거푸집 조립 및 타설</p>	<p>▶ 현치 거푸집 조립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 거푸집 조립시에는 작업자와 크레인 조종원과의 상호 연락은 무전기를 사용 - 거푸집 권양은 거푸집에 설치된 러그를 이용하며 크레인의 Wire Rope와 러그 연결은 Shackle 사용 - 외부 거푸집 조립 순서 : 측벽우측 ➡ 측벽좌측 ➡ 전면벽 ➡ 후면벽 순 - 내부 거푸집 조립은 전면부를 기준으로 하여 한쪽 부터 순차적 시공 및 사전 통수구 설치 - 거푸집이 고정된 상태를 확인한 후 거푸집 상단에 고정된 크레인 Wire Rope를 해체 - 내부 거푸집은 크레인으로 1차 설치 후 정확한 단면 확보 작업은 유압잭을 사용 - 간격재의 조립순서는 평와샤와 너트를 조립한 상태에서 내부에서 외부로 삽입한 후 조임 - 거푸집 완료 후 박리제는 분무기를 사용하여 도포 하며, 철근에 박리제가 부착되지 않게 주의 	 
<p>벽 체 철근조립</p>	<p>▶ 벽체 철근 권상 작업</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현치 콘크리트가 충분히 양생된 후 철근 조립을 시작하기 전, 크레인을 이용하여 철근 권상 실시 - 철근 권상 작업시 철근다발이 한쪽으로 치우쳐서 과하중을 가하지 않도록 주의 	

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>벽 체 철근조립</p>	<p>▶ 벽체 철근 조립</p> <ul style="list-style-type: none"> -수직철근의 이음위치는 60cm이상의 겹이음 -겹이음 부위는 결속을 단단히 하여 부착력이 떨어지지 않도록 결속 -철근의 조립 순서 : 벽체수직철근(모서리) ➔ 벽체수직철근 ➔ 벽체수평철근 ➔ 현치철근 순 -모서리 수직철근 조립시 수평대를 사용하여 정확한 수직도를 유지 -수평철근은 높이가 1.5m 이상이 되면 바닥에 선 자세로의 작업이 불가하므로 그 이상의 높이에서는 안전벨트를 기 조립된 철근에 단단히 고정한 후 작업 	
<p>벽체 거푸집 조립 및 타설</p>	<p>▶ 벽체거푸집 조립</p> <ul style="list-style-type: none"> -거푸집은 외부거푸집 조립 완료 후 내부거푸집 조립 -외부 거푸집 조립 순서 : 측벽우측 ➔ 측벽좌측 ➔ 전면벽 ➔ 후면벽 순 -외부거푸집 인상시는 기 타설된 벽체에 최대한 밀착 되도록 하여 천천히 끌어 올린다. -외부거푸집 인상작업이 어느 정도 이루어지면 작업자는 기 타설면 20cm 아래에 위치한 구멍과 인상되는 거푸집의 세파볼트 구멍을 일치시키고 볼트 조임을 하여 거푸집을 고정 -내부거푸집 조립은 전면부 기준으로 순차적으로 실시 -내부거푸집 설치시 유압잭으로 거푸집 단면을 축소하여 천천히 끌어올리고, 기 타설면 20cm 아래에 위치한 구멍과 거푸집의 세파볼트 구멍을 일치, 볼트 조임을 하여 거푸집을 고정, 상태 확인 후 Wire Rope를 해체 -내부 거푸집은 크레인으로 1차 설치 후 정확한 단면 확보 작업은 유압잭 사용 -간격재의 조립순서는 평와샤와 너트를 조립한 상태에서 내부에서 외부로 삽입한 후 조임 -거푸집 완료 후 박리제는 분무기를 사용하여 도포하며, 철근에 박리제가 부착되지 않게 도포 -벽체 최상단 작업시에는 거푸집 조립 완료 후 예인고리를 단단히 고정하여 부착 	

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p style="text-align: center;">벽체 거푸집 조립 및 타설</p>	<p>▶ 벽체 콘크리트 타설</p> <ul style="list-style-type: none"> -콘크리트 타설 전 거푸집의 조립상태를 확인 후 타설 -콘크리트 타설시 1회차 타설높이가 1.5m이내로 관리 -타설방향은 좌측은 전면벽 → 측벽 → 후면벽 → 내부격벽 순으로 시행하고, 우측은 중앙격벽 → 전면벽 → 측벽 → 후면벽 → 내부격벽 순으로 타설 -한 구획내의 콘크리트는 치기가 완료될 때까지 Cold Joint가 생기지 않도록 연속해서 타설(살수 병행) -콘크리트는 한 구획내에서 표면이 수평이 되도록 치는 것을 원칙으로 하여 균일하게 진동 다짐 실시 -콘크리트 배출구와 치기면까지의 높이는 1.5m 이하 -치기 도중 운반, 장비고장 등으로 일시 중단될 경우 Cold Joint가 생기지 않도록 표면의 레이턴스 등을 제거 하고 확인 후 치기 실시 -콘크리트 다짐은 인력다짐 또는 진동기를 사용하여 철근의 주위와 거푸집 모서리까지 충분히 다지고, 다짐기 고장대비 여분의 다짐기를 준비 -장시간의 다짐으로 인하여 재료 분리가 발생하지 않도록 조치 	
<p style="text-align: center;">콘크리트 양 생</p>	<p>▶ 하절기 양생계획</p> <ul style="list-style-type: none"> -급속한 증발, 건조 및 과도하게 높은 온도를 대비하여 지속적 살수 병행 -헌치부 : 양생포 포설 후 살수 -벽 체 : 고압살수기를 이용한 항시 살수 <p>▶ 동절기 양생계획</p> <ul style="list-style-type: none"> -콘크리트 운반 및 타설은 열량의 손실이 적게 되도록 하고 타설시의 온도는 반드시 측정 및 기록 유지 -콘크리트 타설전 얼음, 눈, 서리 등이 거푸집에 들어가지 않도록 비닐로 덮어 보양 -콘크리트 타설은 되도록 낮 시간 이용, 작업시간은 최대한 단축 및 초기양생 실시 <p>▶ 동절기 보온시설</p> <ul style="list-style-type: none"> -케이스 외부 거푸집 발판(상, 중, 하)에 열풍기를 설치하여 보온양생 실시(외벽에 천막지 설치) 	

- 중점관리 항목

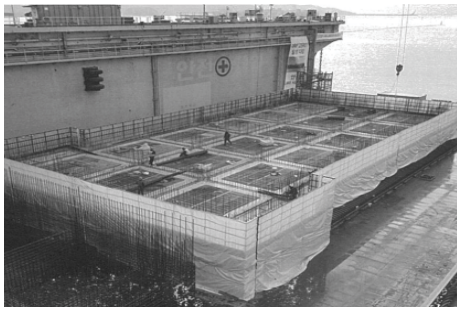

공 종	품질관리 Point	관 리 방 법	비 고
철근조립	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 철근간격 및 피복 유지 ▶ 철근접이음 길이 유지 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 상시관찰 및 보완 ▶ 도면에 따라 수시 검측 실시 	철근공
수직도	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 철근 및 거푸집 수직도 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 직각자와 실을 이용 상시 점검 ▶ 레벨을 이용하여 수평 수직 및 대각 확인 	철근공 목공
거푸집설치	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 거푸집 설치높이 준수 ▶ 거푸집 청소상태 확인 ▶ Form 변형 방지 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 레벨기를 이용한 수직도 검사 ▶ 수시확인을 통한 청소 실시 ▶ Form 변형 유무 수시 확인 후 보수 조치 	목 공
콘크리트 타설	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 블리딩 및 레이턴스 발생 ▶ 바이브레타 적정하게 삽입 ▶ Cold Joint 및 편심작용 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Water Jet 및 와이어 브러쉬로 제거 ▶ 지름간격 50cm이내로 하고, 한곳에 15초 이상 집중 다짐 금지 ▶ Pump Car 2대를 사용하여 1회 타설 시 50cm 미만으로 층별 다짐 	콘크리트 공

- 콘크리트 타설 품질관리

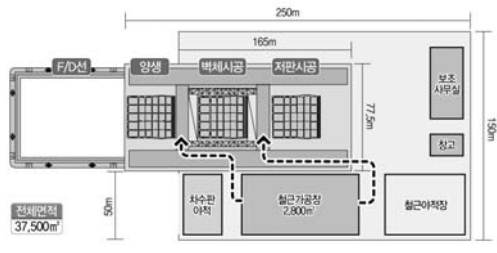
공 종	관 리 방 법
시공균열 방지대책	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 재료 및 배합에서의 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 장시간 혼합시 콜트 조인트의 원인이 되므로 타설 소요시간 및 현장여건 확인 후 시행 - 펌프 압송시 시멘트 및 수량이 증가하므로 현장 가수 절대 금지 ▶ 콘크리트 타설에서의 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 거푸집 변형 및 재료분리 방지 - 균질한 진동다짐 - 견고한 받침대로 배근 간격을 유지 - Spacer 재료 및 간격 시방대로 유지 - 이음부위 레이턴스 제거, 수밀성 유지 ▶ 거푸집에서의 대책 <ul style="list-style-type: none"> - Form Tie, Bracing 강도를 유지하여 거푸집 변형 방지 - 거푸집 밀실 시공으로 Cement Paste 누출 방지 - 거푸집 탈형시 시방 기준 및 온도 변화에 따라 Check후 시행 ▶ 양생에서의 대책 <ul style="list-style-type: none"> - 표면 보양, 살수, 습기유지로 초기의 급격한 건조 방지 - 경화 전 충격, 진동 방지 (충분한 양생 전 철근 권상 지양) - 한랭시 2°C이상에서 최소 5일 이상 유지

○ 오픈 셸 케이슨 제작방법 고찰


- 거푸집 및 제작방법 비교

구 분	강재 시스템폼에 의한 제작	공장형 슬립폼에 의한 제작
예 시		
인양 및 진수장비	<ul style="list-style-type: none"> •해상기증기 이용한 케이슨 진수 •F/D선 탑재 제작후 케이슨 진수 	<ul style="list-style-type: none"> •F/D선내 런칭후 케이슨 진수
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> •국내 시공사례 다수 •육상 안전작업 및 품질확보 가능 	<ul style="list-style-type: none"> •국내 시공사례 다수, 공장형으로 전천후 시공 가능 •케이슨 품질향상 및 시공기간 단축 가능 •시공이음이 없어 수밀성, 내구성 우수 •제작 케이슨 30함 이상시 경제성 확보
	<ul style="list-style-type: none"> •현장일기에 의해 공사 및 공정에 영향을 미침 •넓은 제작장 부지 필요 •제작함수에 따른 해상 기증기선 향차 및 F/D선 인양비 증가 •F/D선 진수능력에 대응한 진수장 필요 	<ul style="list-style-type: none"> •공장형제작장 개설로 추가 공사비 발생 •제작장 부지 필요 •제작장 개설 및 슬립폼, IP-CCV 설치로 공기 6 ~ 7개월 소요 •F/D선 런칭 흡수심 확보되는 접안시설 필요

- 공장형 슬립 폼 케이슨 제작





공장형슬립폼+IP-CCV시스템



3단계 양생 및 차수판	2단계 벽체시공	1단계 저판시공	
<ul style="list-style-type: none"> •양생용 피막 양생제 도포 	<ul style="list-style-type: none"> •바닥판과 벽체 지수판 설치 	<ul style="list-style-type: none"> •조정목재설치 •Soffit Form설치 	

- 제작흐름도

1. 제 작	2. 권상 및 이동(IP-CCV)
	
<ul style="list-style-type: none"> •슬립폼을 유압잭으로 타설속도 조정 •연속시공으로 시공이음 없음 •기상 영향이 적음 •작업대 설치로 안전성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> •부상재와 이동재 일체형 IP-CCV에 의한 케이스 이동 •이동속도 : 0.20m/h •IP-CCV : 2,500kN/개
3. F/D선 예인	4. F/D선 진수 및 인양
	
<ul style="list-style-type: none"> •IP-CCV를 이용하여 대형 F/D선에 탑재 후 진수장소로 운송 •예인선 3대 도입 •작업 한계파고 준수, 운송 계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> •F/D선 이용 시공 예정지 인접 구역 예인 •선체에 주수하여 케이스 진수 •진수해석을 통한 안전성 검증
5. 케이스 거치	6. 속채움/덮개
	
<ul style="list-style-type: none"> •통행선박 안전 위해 해상순시선 배치 •충돌에 의한 손상방지용 완충재 (페타이어 등) 설치 •케이스 거치오차 : 0.1m 이내 	<ul style="list-style-type: none"> •크람셀과 롱폼 대형백호 사용 •각 격실마다 균등 채움 •중앙부에서 내·외측으로 채움 •격실별 채움높이는 2.5m 이내로 실시

○ 제작방법 결론

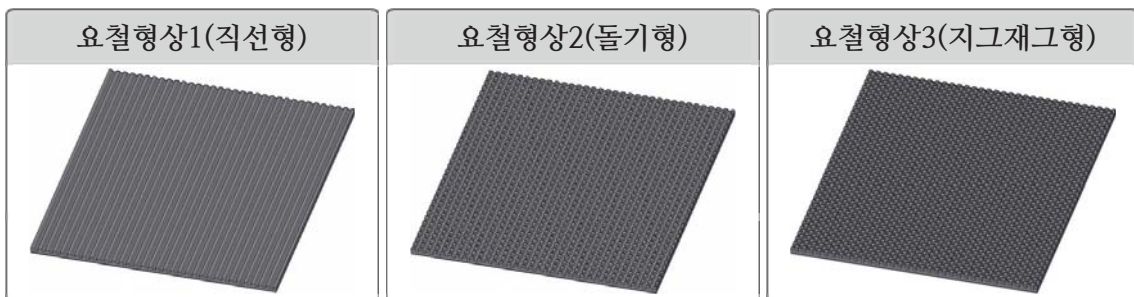
- 오픈셀 케이스는 일반 케이스와 비교해서 제작방법에 특별한 어려운 점은 없을 것으로 생각됨
- 오픈셀 케이스 거푸집 측벽 돌출부를 고려하여 거푸집 재질의 강성과 연성을 적절히 고려
- 공장제작을 통해 정밀도를 높여서 제작하는 것이 적절할 것으로 사료됨
- 강재폼 또는 슬립폼 제작이 모두 가능하나 직벽인 일반 구조물 보다 다소 복잡한 Open Cell 형상을 고려하면 슬립폼 제작방법이 보다 유리할 것으로 판단됨
- 양끝단 전단벽체 등의 돌출형상으로 콘크리트 수밀성 확보가 필요
 - 제작함수 다수시, 공장형 슬립폼으로 인한 연속시공으로 수밀성 확보하는 것이 최적의 시공방법으로 생각됨
- 오픈셀 케이스 거푸집 조립과정에서 고정장치로 사용되는 폼타이는 돌출부의 위치를 고려하여 시공성에 문제가 발생되지 않도록 현장시공전 위치를 지정하는 것이 유리할 것으로 판단됨
- 전단벽체의 조밀 철근으로 인한 크랙발생 및 다짐불량 발생의 우려가 있으므로 설계시 피복두께가 확보될수 있도록 사전 검토하는 것이 적절할 것으로 사료됨

3. 바닥판 마찰증대 오픈 셀 케이슨

○ 바닥판 마찰증대 오픈 셀 케이슨 개요

- 중력식 구조물인 케이슨의 바닥면 마찰계수는 설계기준상 0.6(콘크리트-사석)이 일반적으로 이의 증대를 위해 매트 부착시는 설계기준상 0.75로 알려져 있음
- 근래에는 저판에 돌기(쐐기)를 설치하여 저판과 사석간 인터록킹을 통한 마찰계수의 증대를 도모하는 연구가 진행되고 있으며, 해외에서는 일부 시공실적이 보고되고 있음



○ 마찰증대 바닥판 모식도



○ 일반적인 콘크리트 타설 및 양생 방법


- 콘크리트 타설


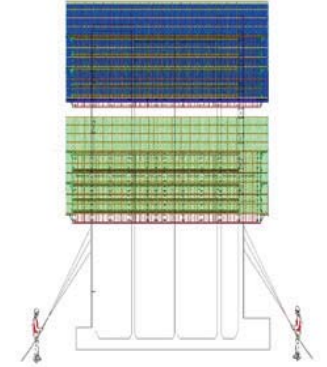
시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>1. 신규 콘크리트 이음면 관리</p>	<p>1) 신규 CON'C 이음면에 대하여는 구 CON'C의 표면을 이물질이 없도록 청소를 깨끗이 하여야 한다. 2) Caisson CON'C 타설을 층별로 나누어서 시공함에 따라 단과 단사이 접속 부위에 대하여 신규 CON'C의 결속력을 향상시키기 위하여 CON'C 타설 후 굳기 전에 어느정도 양생되어 성형되면 고압수로 레이탄스를 제거한다. 3) 콘크리트는 거푸집 내에서 그 최종위치에 가능한 가까운 곳에다 투하하여 수평방향으로의 이동이 없도록 한다. 4) CON'C의 치기는 거푸집의 설계에 사용한 값을 넘지 않도록 규제한다.</p>	

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
1. 신규 콘크리트 이음면 관리	<p>5) 콘크리트의 각층 표면은 거칠게 하여 그 다음 콘크리트층과의 효과적인 부착을 할수 있도록 하여야 한다.</p> <p>6) 다짐작업을 철저히 함으로써 밀실한 콘크리트 구조물, 철근과의 부착성 증대, 거푸집 구석 구석까지 콘크리트가 미칠 수 있도록 하여 구조물의 내구성을 증대시킨다.</p> <p>7) Caisson CON'C 타설을 층별로 나누어서 시공함에 따라 단과 단사이 접속 부위에 대하여 신규 콘크리트의 결속력을 향상시키고 콘크리트 타설 후 굳기 전에 흙을 파 놓는다.</p> <p>8) 신규 콘크리트 이음면에 대하여 구 콘크리트의 표면을 물로 닦아 내고 물로 포화시키며 이물질이 없도록 청소를 깨끗이 하여야 한다.</p>	
2. CON'C 타설방법 및 순서	<p>1) 한 구획내의 콘크리트는 치기가 완료 될 때까지 콜드조인트가 생기지 않도록 연속해서 타설한다.</p> <p>2) 콘크리트는 한 구획 내에서 표면이 수평이 되도록 치는 것을 원칙으로 하며 균일하게 진동 다짐을 실시한다.</p> <p>3) 콘크리트 배출구와 치기면까지의 높이는 1.5m 이하로 한다.</p> <p>4) 치기 도중 운반, 장비고장 등으로 일시 중단될 경우 콜드조인트가 생기지 않도록 표면의 레이탄스등을 제거하고 확인 후 치기를 한다.</p> <p>5) 콘크리트 다짐은 인력다짐 또는 진동기를 사용하며 철근의 주위와 거푸집 모서리까지 충분히 다지고, 다짐기 고장대비 여분의 다짐기를 준비한다.</p> <p>6) 장시간의 다짐으로 인하여 재료 분리가 발생하지 않도록 하여야 한다.</p> <p>7) 진동기는 콘크리트에서 천천히 빼고, 뒤에 구멍이 남아 있지 않도록 한다.</p> <p>8) 한곳에 쑤여 있는 콘크리트를 진동기를 써서 횡방향으로 이동시키면 재료 분리가 현저하기 때문에 이런 방법으로 못하도록 한다.</p> <p>9) 콘크리트 타설방향을 정확히 숙지한다.</p> <p>10) 거푸집에 가해지는 콘크리트 측압을 감소시키기 위해 거푸집의 가장자리에서 중앙부로 타설을 실시한다.</p> <p>11) 1차 타설이 끝난 후 2차 타설의 순서도 1차와 동일하게 시행한다.</p> <p>12) 1회 타설 높이는 0.8m이하로 관리한다.</p>	

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>3. 다짐방법</p>	<p>1) 다짐작업을 철저히 함으로서 밀실한 콘크리트 구조물, 철근과 부착성 증대, 거푸집 구석구석까지 콘크리트가 미칠 수 있도록 하여 구조물의 내구성을 증대시킨다. 2) 다짐은 시멘트 풀이 떠오르고 기포가 나오지 않을 때까지 다진다. 3) 다짐봉이 기 타설층에 관입되지 않으면 기타 설면과 새로 타설하는 면 사이 에 처리되지 않는 시공이음부가 발생한다. 4) 다짐봉이 거푸집에 닿지 않도록 하며 거푸집 및 동바리에 변형이 오지 않도록 한다. 5) 다짐봉이 철근에 닿지 않도록 하여 철근 밑에 공극이 발생하여 부착력이 감소되지 않도록 한다. 6) Con'c의 재료분리의 원인으로 다짐봉을 이용하여 콘크리트를 횡방향 이동 을 금한다. 7) 지나친 다짐은 재료분리의 원인이 된다.</p>	 
<p>4. 마무리 작업</p>	<p>- 거친 마무리 => 흙손 마무리 => 최종 마무리 순으로 진행한다.</p>	

- 콘크리트 양생

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>1. 콘크리트 양생계획</p>	<p>1) 콘크리트 양생 ① 저판 - 표면을 해치지 않고 작업이 되도록 경화가 진행중 일 때 고압 살수기를 이용하여 양생을 실시하고 기초 벽체는 해체 후 벽면에 살수한다.(벽체는 1일 3회 살수) ② 벽체 - 표면을 해치지 않고 작업이 될 수 있을 때 고압살수기를 이용하여 벽체 부분 및 내,외부를 충분히 살수하며 폼 해체 시는 외부만을 고압살수기를 이용하여 살수한다. ③ 벽체 막단 - 표면을 해치지 않고 작업이 될 수 있을 때 Top 및 벽체 양생은 고압살수를 이용하여 상, 하단을 골고루 천천히 살수하여 양생 하며 거푸집 탈형 후에는 상, 하단에서 고압 양수하여 살수한다. ④ 기타 - 콘크리트 양생 중 필요하다고 인정될 때에는 현장여건을 고려하여 양생을 조절하여 소기의 품질 목적이 달성 될 때까지 충분히 살수한다.</p>	

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>1. 콘크리트 양생계획</p>	<p>2) 하절기 및 동절기 양생계획</p> <p>① 하절기 양생 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 더운 여름날에는 급속한 증발, 건조 및 과도하게 높은 온도를 대비하여 지속 적으로 살수를 병행해준다. · 토우 및 헨치부 : 양생포 포설 후 살수 · 벽체부 : 고압살수기를 이용한 살수 <p>② 동절기 양생 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 운반 및 타설은 열량의 손실이 적게 되도록 하고 타설시의 온도는 반드시 측정 및 기록 유지한다. - 콘크리트 타설 전 얼음, 눈, 서리 등이 거푸집에 들어가지 않도록 비닐로 덮어 보양한다. - 콘크리트 타설은 주로 낮 시간을 이용하여 작업시간을 최대한 단축 시공한다. - 초기 양생은 반드시 실시해야한다. - 동절기 보온시설 : 케이슨 비계 + 보온재 (비닐, 양생포, 천막+보온시설(열풍기)) 	 

- 콘크리트 타설시 품질관리

공 종	관 리 방 법
구조물 Cold Joint 방지대 책	1) 방지대책 (1) 콘크리트 타설 장비의 사전 점검 ① 펌프카 고장 발생 : 대처 방안 수립 ② 다짐용 진동기 고장 발생 : 대체 분 확보 ③ 콘크리트 타설시간 지연 : 응결지연제 혼합 타설 (2) 출하관리 : 레미콘 타설이 중단되지 않도록 사전 레미콘 공장의 공급 상황 점검 (3) 다짐관리 : 신규 타설 콘크리트에 바이브레이터를 작동시켜 같이 다짐 2) 발생시 처리방안 (1) 거푸집 탈형 즉시 Chipping (2) 굵은 골재가 노출되도록 깨끗이 청소 (3) Mortar로써 Packing (4) Grinder로 표면마감
재료분 리 방지대 책	1) 방지대책 (1) 콘크리트 타설치기 높이는 50cm 이하 (2) 콘크리트 타설고는 1.5m 이내 (3) 진동 다짐봉을 수직으로 50cm 이내로 다짐 (4) 진동 다짐봉 하단부 10cm까지 삽입 상단부와 일체가 되도록 밀실하게 다짐 (5) 전구간 충분한 다짐 및 외벽거푸집에 두드리기를 병행하여 다짐 작업 2) 발생시 처리방안 (1) 거푸집 탈형 즉시 발생부위를 Chipping하여 물로 깨끗이 씻어낸다. (2) 표면마감 작업방법은 본 구체와 동일 강도, 색상의 Mortar을 발라 마무리 (3) 이음부의 노출부위는 경화된 후 Grouting 및 Grinder로 표면정리 작업

○ 제작방법 고찰

- 케이슨 마찰증대 바닥거푸집을 이용한 제작

케이슨 마찰증대 바닥거푸집



1. 케이슨 기초하부 거푸집은 원지반에 고정되어 있어야 거푸집 회수 및 유용이 용이합니다. 이에 육상제작시에는 원지반에 소형 말뚝을 박아 하부기초 거푸집 고정함으로서 해상크레인이 케이슨 양중시 거푸집 분리를 용이하게 해야 양중 안전성을 확보할 수 있습니다. 또한 분리를 쉽게하기 위해 분리재를 도포도 필요함
2. 대형케이슨 제작을 위해 F/D선내 케이슨을 제작한다면, 필히 F/D선 바닥과 거푸집을 용접하여 고정함으로서, 케이슨 진수시 거푸집 재사용을 용이하도록 해야 할 것임
3. 케이슨 중량에 의해 하부거푸집이 손상 및 파손 될것으로 사료되어 원지반에 모래 또는 버팀목을 설치하여 공사중 케이슨 하중 분산이 필요함
4. 하부거푸집의 요철로 인해 보통 쓰는 사각콘크리트 스페이서가 아닌 거푸집의 경사에 맞게 특수 스페이서를 제작하여 기초철근 피복을 확보해야 해야 할 것으로 판단됨
5. 하부강재 거푸집 제작시 부분 맞대기 용접이음 보다는 겹치기 이음을 통해 공사중 케이슨 하부 품질을 확보해야 할것으로 판단됨

맞대기 용접 이음	겹치기 용접이음

6. 기초 콘크리트 타설시 하부거푸집 요철부분까지 레미콘 다짐을 될 수 있도록 하고 하부강재거푸집과 진동다짐기의 큰 진동에 의해 재료분리를 막기 위해 저주파 다짐기를 사용하는 것이 좋을 것으로 판단됨

○ 마찰증대 매트 이용한 방법(제안)

- 시공순서도

1. 외곽 가이드 목재 설치



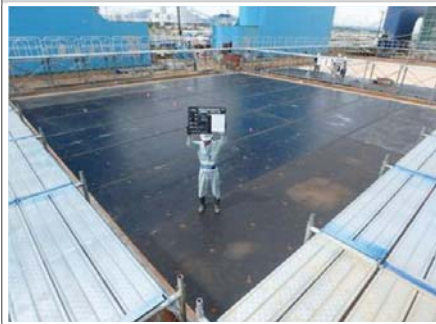
2. 분리매트 포설



3. 마찰매트 시공



4. 마찰매트 설치 검측



5. 기초철근 및 레미콘 타설



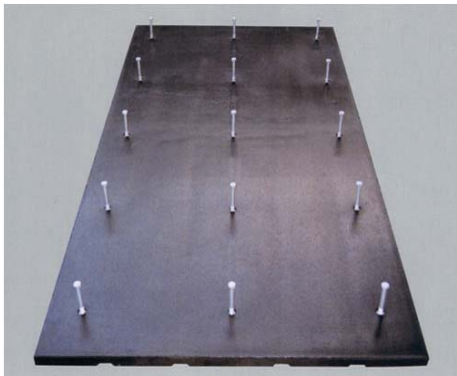
6. 벽체 철근 및 레미콘 타설



- 30년 이상인 케이슨 마찰매트 상태 확인(일본)

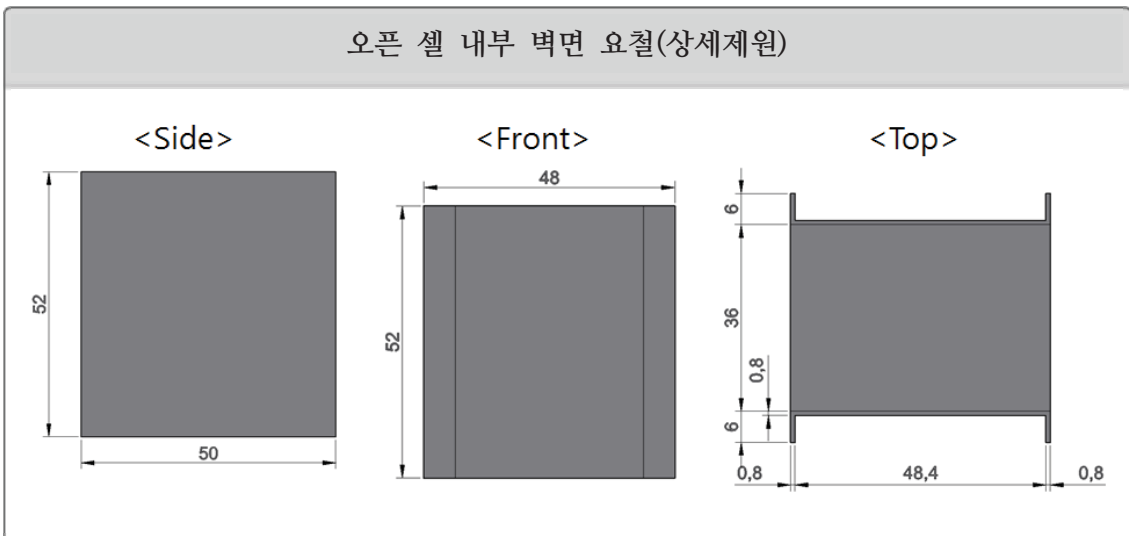
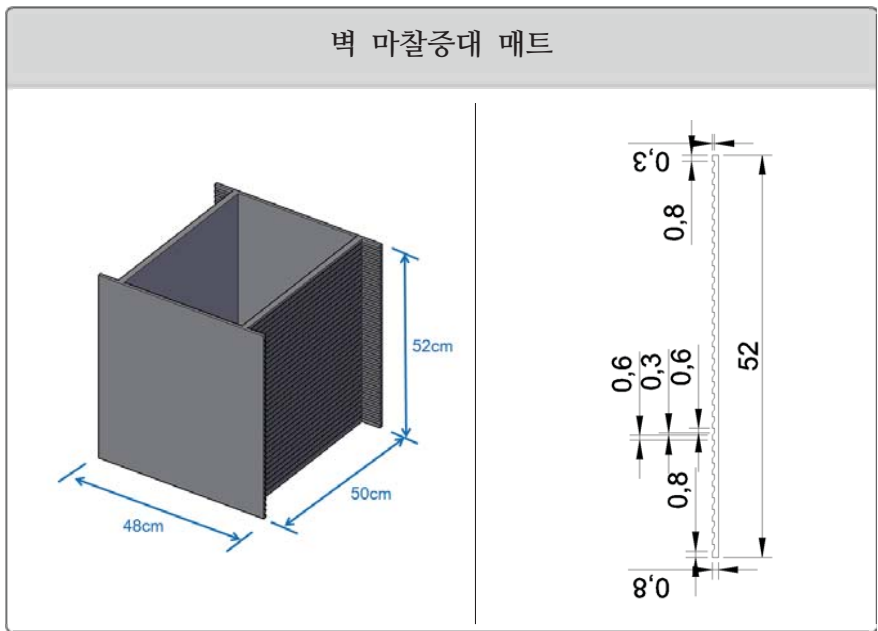
		<p style="text-align: center;">마찰매트 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> •기 시공된 케이슨 마찰매트 시편 채취를 통한 품질확인 •확인결과, 형상 및 성능에 문제가 없음
---	--	--

- 제작방법 결론(제안)

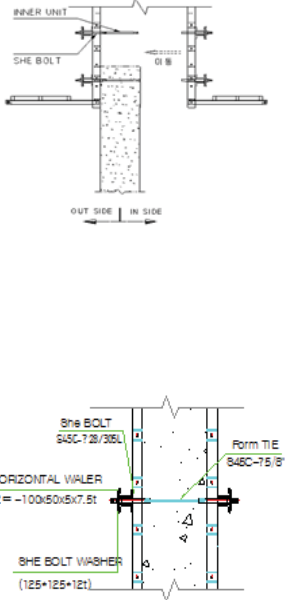
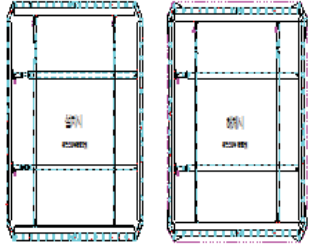
	<p style="text-align: center;">마찰증대매트 부착을 통한 케이슨 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> •최근 일본에서 시공사례가 많은 마찰증대매트 소개함 •마찰매트 부착이 상대적으로 바닥거푸집 사용보다 안전하게 제작이 가능함. •케이슨 바닥과 마찰매트와의 결합 상태가 중요함 •마찰매트의 스티드 길이는 케이슨 바닥 최소두께의 25~40%의 길이로 제작하여 부착력을 향상시킴 •고무마찰매트와 스티드의 결합상태 확인 필요
--	---

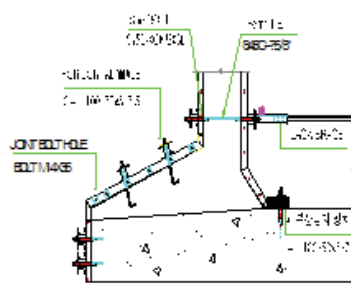

4. 오픈 셀 내벽 마찰증대 오픈 셀 케이스



- 오픈 셀 내벽 마찰증대 오픈 셀 케이스 개요
 - 오픈 셀 케이스 측면에 위치한 오픈 셀에 측벽과 채움사석간 인터록킹을 증대하기 위해 측벽에 요철을 도입하는 특징을 가진 케이스임
 - 오픈 셀 내부 벽면에 요철형상이 ㄷ자 형태로 연결되어 있음
- 모식도



- 일반적인 거푸집 조립 방법
- 거푸집 조립

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>1. 거푸집 조립</p>	<p>1) 거푸집 및 동바리는 소정의 강도와 강성을 가지는 동시에 완성된 콘크리트의 구조물의 위치, 형상, 치수를 정확하게 유지하여야 한다.</p> <p>2) 거푸집에서의 구조물의 치수는 층별로 매번 대각선 길이를 check하여 유지 보관한다.</p> <p>3) 거푸집은 견고하고 안정되어 mortar이 새지 않도록 수밀하게 한다.</p> <p>4) Caisson 제작용 거푸집은 Steel form을 사용하는 것을 원칙으로 하며 외력에 의하여 변형, 파괴, 비틀림이 생기지 않도록 견고하게 설치하며 거푸집을 떼어 낸 후 콘크리트 표면에 손상이 나타나지 않아야 한다.</p> <p>5) 콘크리트와 접촉하는 부분의 거푸집 접촉면은 콘크리트를 손상, 변색 또는 콘크리트에 부착하지 않은 청정한 파라핀계 기름을 바르거나 또는 승인된 품질의 거푸집 박리제를 발라서 사용해야 한다.</p> <p>6) 거푸집 조립에 사용한 form-tie에 의한 콘크리트의 표면구멍은 mortar등으로 메운다.</p>	
<p>2. 거푸집 유지관리</p>	<p>1) 거푸집은 소정의 강도와 강성을 가지는 동시에 완성된 콘크리트 구조물의 위치, 형상, 치수를 정확하게 유지할 수 있어야 하므로 반입 및 제작 단계에서 부터 철저히 관리한다.</p> <p>2) 거푸집 조립시 부재의 규격과 치수가 상이한 경우 현장에서 가공 및 변형시키지 않고 반드시 공장으로 반품시킨다.</p> <p>3) 거푸집의 이음부분은 몰탈이 새지 않도록 수밀하게 한다.</p> <p>4) Steel form은 장시간 사용되면 변형 및 녹이 슬게 되므로 한번 사용되고 탈형된 거푸집은 이음상태 및 부식상태를 확인하고 이상이 있을 경우 즉시 조치한다.</p>	

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시
<p>3. 기초 거푸집 조립</p>	<p>1) 기초바닥의 위치와 level을 확인 후 조립된 철근과 정확한 피복을 확보하여 거푸집을 설치한다. (level측량)</p> <p>2) 기초 거푸집 설치 후 거푸집의 수직도 및 수평도를 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 종방향 수직도 : 정추 사용 - 횡방향 직선도 : 모서리와 모서리간에 규준용 실로써 Form설치 변위 확인 - 수평도 : 물 수평기 및 레벨 사용 <p>3) 기초거푸집 설치 후 Con'c 타설시 Form이 이동하거나 변형되지 않도록 조립된 철근과 거푸집을 견고히 고정시킨다.</p> <p>4) 거푸집과 철근을 세프레이트 볼트를 이용하여 용접고정 시킨다.</p>	
<p>4. 현치 및 벽체거푸집 조립 (1LOT)</p>	<p>1) 외벽 거푸집을 조립한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 외벽 거푸집은 기초 콘크리트에 설치되어 있는 기초 콘크리트 거푸집에 볼트로 고정시킨다. (시공 이음부를 깨끗이 처리할 수 있고 구조체를 정확히 시공 할 수 있다) <p>2) 내벽 거푸집을 조립한다. 내벽 거푸집이 설치될 자리를 정확하게 측량하고 먹줄을 이용, 라인을 미리 그어놓고 라인에 맞추어 거푸집을 설치한다.</p> <p>3) 내벽 거푸집 하단의 현치 부분은 콘크리트 타설시 큰 콘크리트 압을 받는 부분이므로 기 타설된 기초콘크리트와 set anchor를 이용하여 기초 콘크리트에 steel form을 고정시킨다.</p> <p>4) 유압잭을 이용하여 벽체 form을 정확한 위치에 설치시킨다.</p> <p>5) she bolt를 이용하여 벽체 form의 간격을 유지시킨다.</p> <p>6) 간격재를 이용 내부 거푸집과 외부 거푸집을 연결시키며 정확한 위치에 설치를 완료한다.</p>	

시공순서	중 점 관 리 사 항	예 시												
<p>5. 벽체 거푸집 조립</p>	<p>1) 외벽 거푸집을 조립한다. - 육상에서 청소 작업이 완료된 거푸집을 육상 크레인(80TON)을 이용하여 1개조씩 들어 올린다 - 크레인으로 운반된 외벽 거푸집은 헌치 벽체에 설치된 Innering Unit와 She Bolt를 이용하여 벽체에 고정시킨다. 2) 내벽 거푸집을 조립한다. - 육상에서 청소 작업이 완료된 거푸집을 육상 크레인(80TON)을 이용하여 1개조씩 들어 올린다. - 크레인으로 운반된 내벽 거푸집은 헌치 벽체에 설치된 Inner Unit와 She Bolt를 이용하여 벽체에 고정시킨다. - 벽체에 고정된 폼은 유압잭을 이용하여 form의 위치를 정확하게 조정 - she bolt 및 간격재를 이용 form의 간격을 맞춘다. - 외부 거푸집과 내부거푸집을 Separate Bolt를 이용하여 연결시키며 정확한 위치에 설치를 완료한다.</p>													
<p>6. 거푸집 해체</p>	<p>1) 거푸집 해체의 기준은 콘크리트의 압축강도에 의해 결정된다. 2) 수직거푸집의 해체는 소요강도 도달 후 가급적 빨리하는 것이 좋으나, 단 최소압축강도 5.0MPa이상이어야 한다. 3) 거푸집 해체기준</p> <table border="1" data-bbox="375 1429 1024 1713"> <thead> <tr> <th>부재 면의 종류</th> <th>예</th> <th>콘크리트 압축강도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>· 두꺼운 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 경사진 상면, 작은 아치의 외면</td> <td>확대기초의 측면</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>· 얇은 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 45°보다 급한 경사의 하면, 작은 아치의 내면</td> <td>기둥, 벽, 보의 측면</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>· 교량, 건물 등의 슬래브 및 보, 45°보다 느린 경사면의 하면</td> <td>슬래브, 보의 저면, 아치의 내면</td> <td>3.6.6 참조</td> </tr> </tbody> </table>	부재 면의 종류	예	콘크리트 압축강도	· 두꺼운 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 경사진 상면, 작은 아치의 외면	확대기초의 측면	3.5	· 얇은 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 45°보다 급한 경사의 하면, 작은 아치의 내면	기둥, 벽, 보의 측면	5.0	· 교량, 건물 등의 슬래브 및 보, 45°보다 느린 경사면의 하면	슬래브, 보의 저면, 아치의 내면	3.6.6 참조	
부재 면의 종류	예	콘크리트 압축강도												
· 두꺼운 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 경사진 상면, 작은 아치의 외면	확대기초의 측면	3.5												
· 얇은 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 45°보다 급한 경사의 하면, 작은 아치의 내면	기둥, 벽, 보의 측면	5.0												
· 교량, 건물 등의 슬래브 및 보, 45°보다 느린 경사면의 하면	슬래브, 보의 저면, 아치의 내면	3.6.6 참조												

○ 제작방법 고찰

- 강제폼(갱폼)에 의한 제작

- 슬립폼 보다는 강제폼(갱폼) 제작이 적합할 것으로 판단됨
- 측벽표면에 요철이 있어 일반적이지는 않으나 강제폼(갱폼)으로의 제작은 충분히 가능할 것으로 판단됨
- 오픈 셀 내 사석과 케이스 벽면과의 충분한 마찰력을 발생하기 위한 상부 하중이 사석 자체의 자중만으로는 충분하지 않을수 있을 것으로 예상됨
- 시공시에는 요철/ 비요철을 고려한 충분한 철근 피복두께가 필요하며 원활한 강제폼 탈영을 위하여 충분한 분리재 도포가 필요할 것으로 사료됨

- 슬립폼에 의한 제작

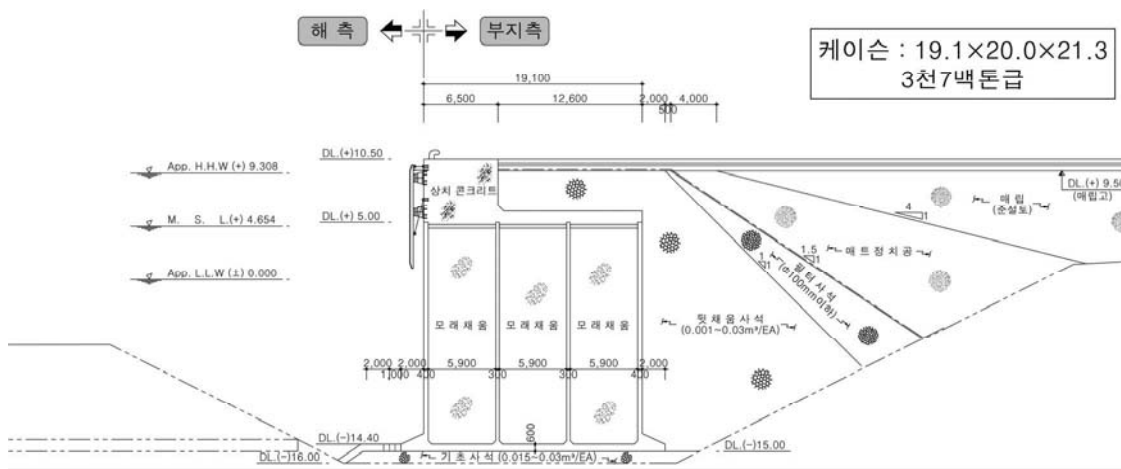
- 측벽 제작시 슬립폼으로 밀어올리면서 케이스를 제작하는 공법의 특성상 요철의 형태에 따라 시공 가능 여부에 차이가 있을수 있음
- 요철이 케이스 높이(상하)방향의 직선인 경우 슬립폼에 의한 제작이 가능할 것으로 판단되며, 그 이외의 경우 요철 방향이 좌우방향, 반복적인 요철, 지그재그형 요철인 경우에는 슬립폼 이동에 따른 연속성을 확보할 수 없으므로 제작하기 어려울 것으로 판단됨
- 콘크리트 골재, 철근의 피복과 관련하여서는 저판에 요철을 적용하는 방법과 동일하게 주의해야할 것으로 생각됨

- 결론

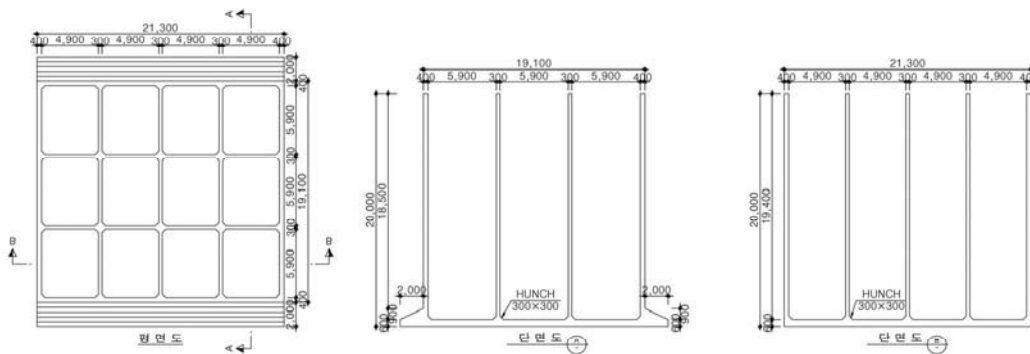
- 케이스 측벽요철의 방향 또는 모양(수평, 수직, 지그재그형)에 따라 강제폼과 슬립폼 적용여부를 판단하면 될 것으로 사료됨
- 케이스 측벽에 마찰요철 벽체 시공시에는 형상을 고려하여 강제거푸집을 이용한 케이스 제작이 용이할 것으로 사료됨
- 콘크리트 타설시 강제폼내 요철 용접부가 이탈되지 않도록 펌프카 레미콘 투하 높이를 최대한 낮추어 강제폼 이탈을 방지해야 할것으로 사료됨

제5절 현장 적용 개념설계

- 현장 적용 개념설계는 부록C에 첨부하였고, 본문에는 간략히 요약하였음
- (주)세일종합기술공사에 용역을 의뢰하여 오픈 셀 케이슨 공법을 안벽에 적용하여 표준설계서 작성
- 일반케이슨과 오픈 셀 케이슨 공법을 안벽에 적용하여 안정성과 공사비 비교
- 일반케이슨 안벽 검토



<그림 57> 일반케이슨 표준단면도.



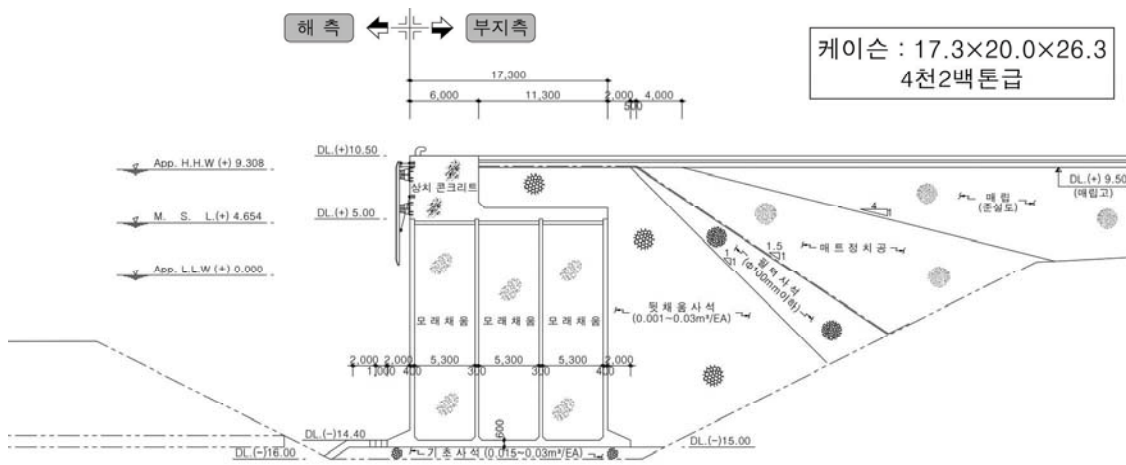
<그림 58> 케이슨 일반도.

- 안정성 검토 요약

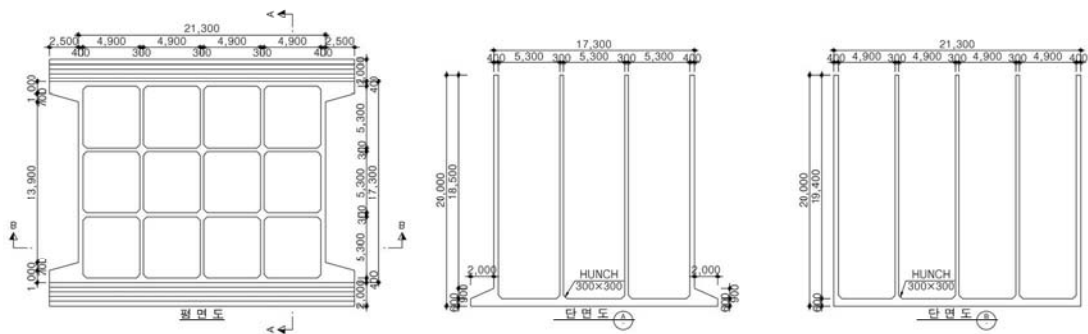
<표 7> 안정성 검토 결과

구분	활동(안전율)	전도(안전율)	지지력(q_{max})
상시	2.13	4.24	468.80kN/m ²
지진시	1.65	3.58	503.84kN/m ²

○ 오픈 셀 케이슨 안벽 검토



<그림 59> 오픈 셀 케이슨 표준단면도.



<그림 60> 케이슨 일반도.

- 안정성 검토 요약

〈표 8〉 안정성 검토 결과

구분	활동(안전율)	전도(안전율)	지지력(q_{max})
상시	1.80 (1.93)	3.35	478.26kN/m ²
지진시	1.47	3.00	504.72kN/m ²

○ 안벽 케이슨 형식별 공사비 비교

〈표 9〉 공사비 비교

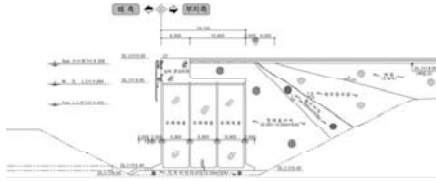
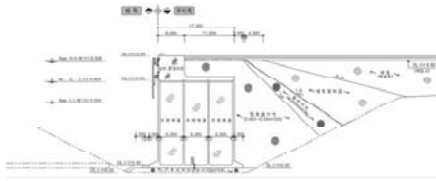
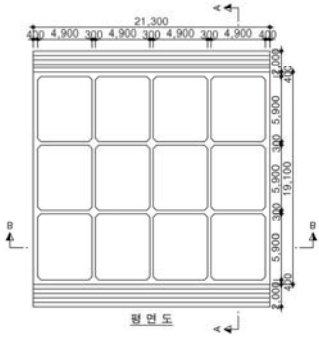
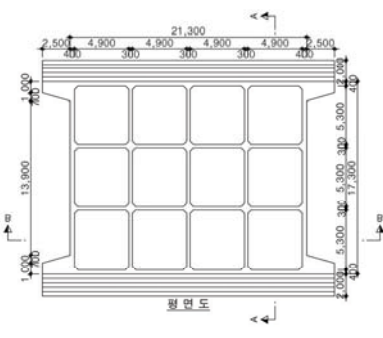
(단위 : 원/m당)

구분	일반 케이슨	오픈 셀 케이슨
합계	78,417,059	76,710,412
준설공	2,237,915	2,237,915
기초공	36,767,296	35,606,536
매립공	105,399	115,564
구체공	33,844,112	33,713,446
상부공	5,462,337	5,036,951

- 케이슨 안벽 하부의 지반개량공사비 제외금액임
- 제경비 및 부가가치세가 제외된 순공사비 금액으로 비교하였음
- 오픈 셀 케이슨이 일반 케이슨에 비하여 공사비 2.2% 절감

○ 안벽 케이슨 형식별 비교 결과

<표 10> 안벽 케이슨 형식별 비교 결과

구분		일반 케이슨	오픈 셀 케이슨
설계 개요		<ul style="list-style-type: none"> 일반형 무공케이슨 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 인터로킹 효과를 기대할 수 있는 오픈 셀 케이슨 적용
표준단면도			
일반도			
안정성	활동	2.13 / 1.65	1.80 (1.93) / 1.47
	전도	4.24 / 3.58	3.35 / 3.00
	지지력	468.80 / 503.84	478.26 / 504.72
케이슨 규모		19.1(B) x 21.30(L) x 20.0(H)	17.3(B) x 26.30(L) x 20.0(H)
케이슨 중량		3천7백톤급	4천2백톤급
경제성		1.00	0.978
검토의견		<ul style="list-style-type: none"> 활동, 전도 및 지지력에 대한 안정성을 확보한 단면으로 비교 할 경우 오픈 셀 케이슨이 일반 안벽에 비하여 케이슨 폭이 9.4% 감소함 공사비는 오픈 셀 케이슨이 일반안벽에 비하여 2.2% 절감됨 인터로킹 사석의 전단저항력을 고려할 경우 활동안전율은 최대 6.7%이상 증가됨 검토결과 오픈 셀 케이슨이 일반형 케이슨에 비하여 공사비 절감에 효과적일 것으로 판단됨 	

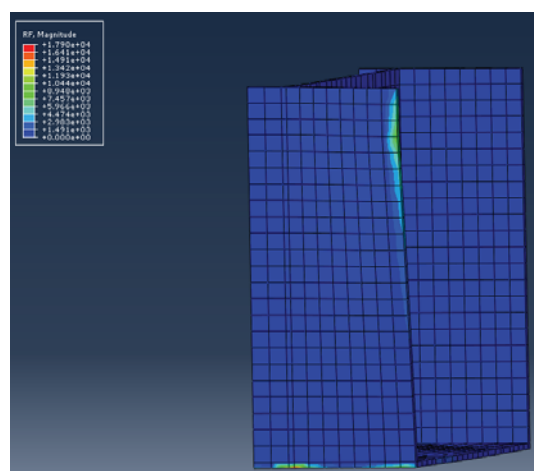


제4장 연구개발 성과의 우수성

제4장 연구개발 성과의 우수성

1. 연구결과의 우수성

- 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이슨 미끌림 마찰 저항력 평가 실험을 수행
 - 사다리꼴형 요철 바닥면의 마찰계수는 0.787로 사석과 콘크리트의 마찰계수인 0.6보다 우수함
 - 케이슨 바닥면의 마찰력 증대가 미끌림 안정성 향상에 기여
- 오픈 셀 채움사석의 특성에 따른 지반반력특성 평가 실험을 수행
 - 설계하중이 작용하였을 때 일반케이슨의 지반응력보다 비요철형 오픈 셀 케이슨의 지반응력이 20%이상 감소하였고, 요철형 오픈 셀 케이슨의 지반응력은 30%이상 감소함
 - 오픈 셀 내측 벽면의 마찰력 증대가 지반지지력 안정성 향상에 기여
- 상치 콘크리트에 의한 하중변화에 따른 지반반력특성 평가 실험을 수행
 - 오픈 셀의 사석으로 상치 콘크리트 자중을 직접 전달하기 위하여 오픈 셀 상부에 상재하중을 작용
 - 상재하중이 증가하면 지반응력이 감소하였고, 지반지지력 안정성 향상에 기여
- ABAQUS를 이용한 구조성능평가 수행
 - 채움사석의 다짐 정도에 따라서 구조해석을 수행하였고, 다짐을 많이 할수록 지반반력이 감소함
 - 일반케이슨에 비하여 요철형 오픈 셀 케이슨의 지반반력은 약 20% 감소함



<그림 61> ABAQUS 구조성능평가.

○ 기술이전 및 기술료 수입

- 수요기업: (주)코이도
- 도출된 3건의 특허에 대한 기술 이전 요청(2018. 12. 17)
- 대상특허는 아래의 특허 실적에 있는 3건임
- 선급기술료: 20,000,000원(수요기업에서 당초 확약한 이전금액)
- 경상기술료: 총 매출액의 2%

○ 특허 1 - 지반반력 저감을 위한 오픈 셀 케이스용 상치콘크리트 구조 및 그 시공법(출원)

- 출원번호: 10-2018-0166289

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2018.12.20
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2018-0166289 (접수번호 1-1-2018-1285057-01)
 출원인명칭 한국해양과학기술원(1-2012-034461-6)
 대리인명칭 특허법인 정준은(9-2015-100201-3)
 발명자성명 박우선 이병국 현덕희 서지혜
 발명의명칭 지반반력 저감을 위한 오픈 셀 케이스용 상치콘크리트 구조 및 그 시공법

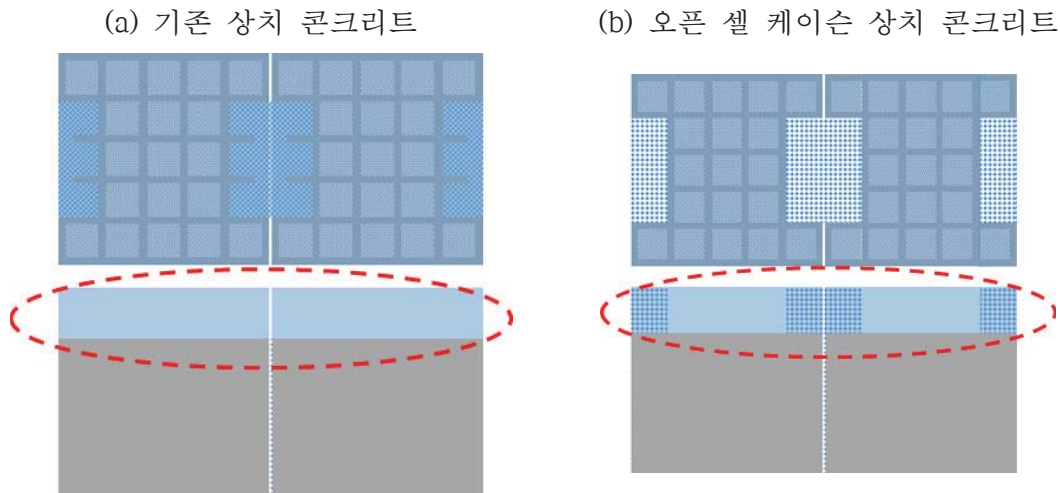
특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보장이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표, 디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기조로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적요청서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

〈그림 62〉 특허출원서.

- 상치콘크리트에 의한 케이스 지반반력을 줄이고, 오픈 셀 채움사석 유지관리가 용이
- 케이스 파손 등으로 교체시 채움사석 제거가 쉬움
- 오픈 셀 케이스 구간을 오픈 한 상치 콘크리트로 재료비 절감이 가능함



<그림 63> 상치 콘크리트 개념도.

○ 특허 2 - 마찰증대 오픈 셀 케이슨(출원)

- 출원번호: 10-2019-0001496

관인생략
출원번호 통지서

출원 일자 2019.01.07
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(2)
출원 번호 10-2019-0001496 (접수번호 1-1-2019-0014561-23)
출원인 명칭 한국해양과학기술원(1-2012-034461-6) 외 1명
대리인 성명 특허법인(유한) 대아(9-2009-100101-8)
발명자 성명 박우선 원덕희 이병욱 서지혜 변현진 강세철 이오진
발명의 명칭 마찰 증대 오픈 셀 케이슨

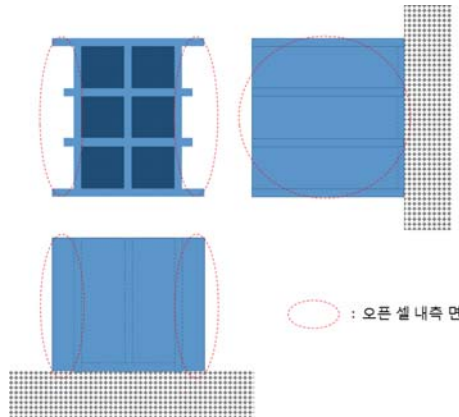
특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기공코드)+ 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 경정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다문로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선권로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자과외원가서(PTO/5B/39)]를 제출하거나, 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

<그림 64> 특허출원서.

- 오픈 셀 내측 벽면에 요철을 둔 오픈 셀 케이스으로, 마찰력 증대로 전도 및 지반 안정성이 높아져 경제적인 항만구조물 설계가 가능함
- 요철의 형태는 톱니형과 돌기형으로 구성되어 있음



<그림 65> 요철이 설치되는 오픈 셀 내측면.

○ 특허 3 - 바닥 마찰증대 케이스(출원)

- 출원번호: 10-2019-0001495

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2019.01.07
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1)
출원번호 10-2019-0001495 (접수번호 1-1-2019-0014560-88)
출원인명칭 한국해양과학기술원(1-2012-034461-6) 외 1명
대리인명칭 특허법인(유한) 대아(9-2009-100101-8)
발명자명 박우선 원덕희 이병욱 서지혜 변현진 장세철 이오진
발명의명칭 바닥 마찰 증대 케이스

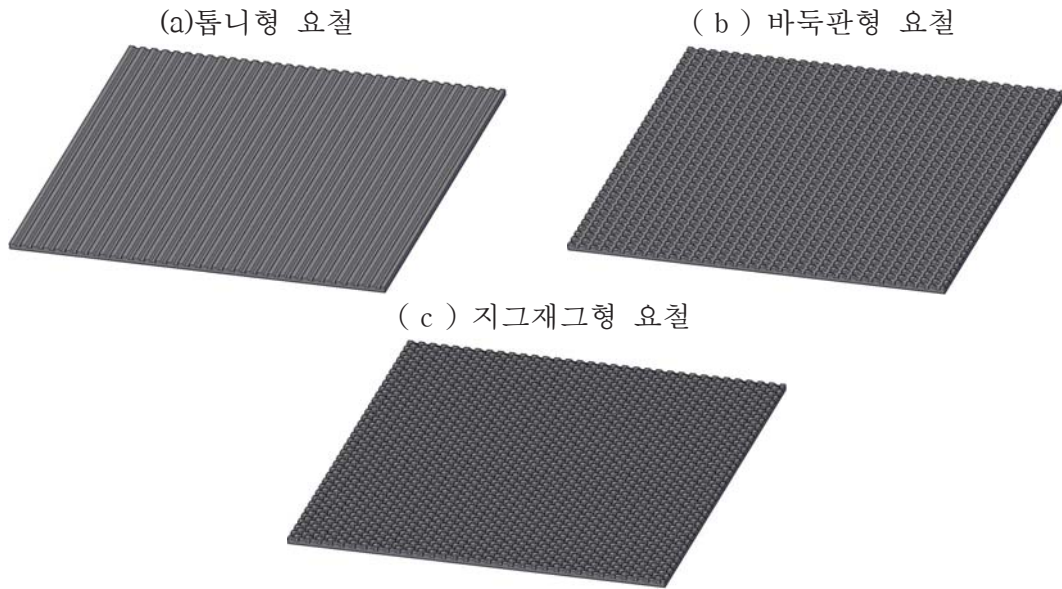
특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(이)알고드 + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 경정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다우로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허 실용신안은 12개월, 상표 디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원물 기초로 우리나라에 우선권우정출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선권로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자특허출원서(PTO/SB39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 통보된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

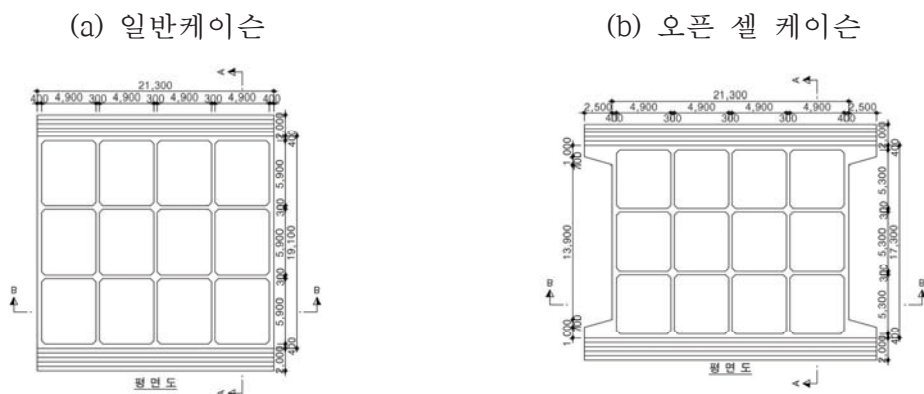
<그림 66> 특허출원서.

- 사석마운드와 접하는 케이슨 바닥면에 요철을 두어 마찰력을 증대시킨 케이슨
- 요철의 형태는 톱니형과 돌기형으로 구성되어 있으며, 마찰력 증대로 인한 미끄럼 안정성이 높아져 경제적인 단면 설계 가능



<그림 67> 요철이 설치되는 케이슨 바닥면.

○ 현장적용 개념설계 실시

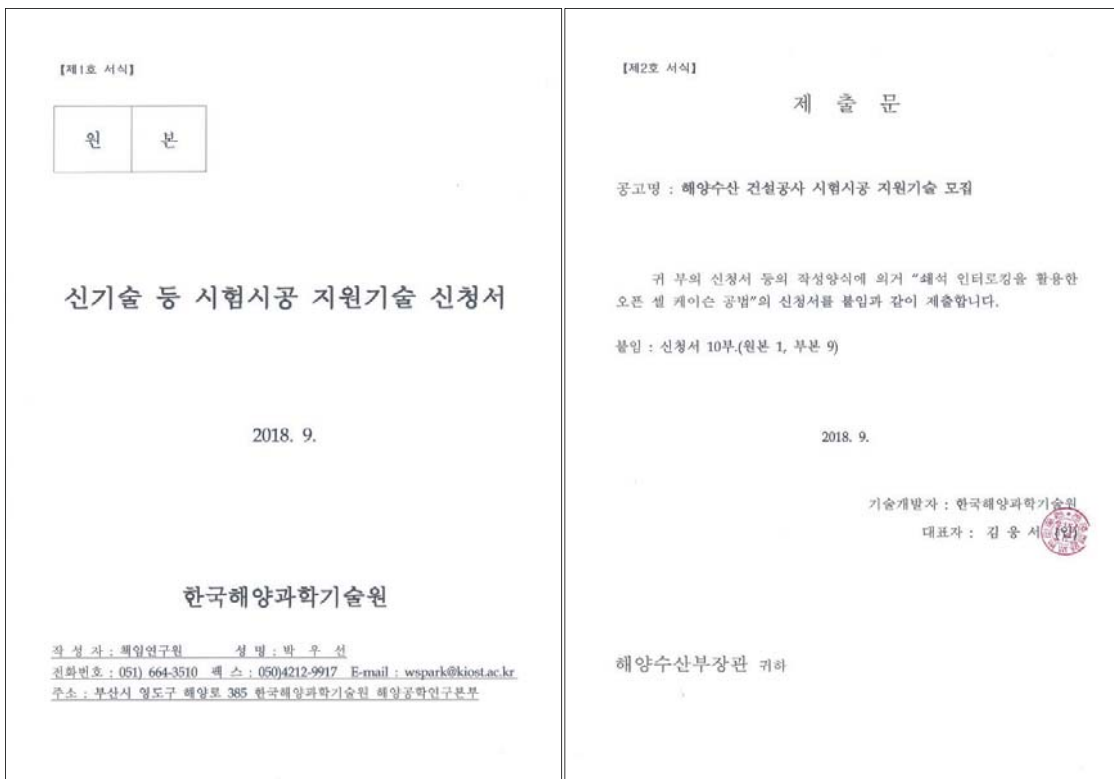


<그림 68> 안벽설계에 적용한 케이슨 평면도.

- 활동, 전도 및 지지력에 대한 안정성을 확보한 단면으로 비교 할 경우 오픈 셀 케이슨이 일반 안벽에 비하여 케이슨 폭이 9.4% 감소함
- 공사비는 오픈 셀 케이슨이 일반안벽에 비하여 2.2% 절감됨
- 인터로킹 사석의 전단저항력을 고려할 경우 활동안전율은 최대 6.7%이상 증가

됨

- 기존 케이스식 안벽보다 경제적인 면에서 우수한 성능을 보임을 확인
- 시공 컨소시엄 참여
 - 오픈 셀 케이스 공법 적용-부산신항 서컨테이너부두, 기술료 5억
- 오픈 셀 케이스 공법 적용을 위한 기술지원
 - 해양수산부 신기술 시험시공지원 제안(부록 A 참조)
 - 삼척방파제(포스파워)
 - 안인화력 방파제(남동발전)



<그림 69> 신기술 등 시험시공 지원기술 신청서.

- 항만 설계 및 시공 전문가로부터 2번의 자문회의 실시
 - 관련 전문가들과의 자문회의를 통하여 기술에 대한 의견을 수렴하였고, 대상기술을 실무자들에게 홍보하는 기회가 되었음
 - 관련 상세 내용은 부록 B를 참조

○ 한국해양·해양공학회의 학술발표에 참가하여 관련 전문가들에게 홍보수행

제 목	출처	저자	년도
오픈 셀 케이슨을 이용한 방파제의 회전 안정성 평가	한국해양·해양공학회 추계학술대회	박우선, 이병욱	2018
요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이슨 미끌림 마찰 저항력 평가	한국해양·해양공학회 추계학술대회	이병욱, 박우선, 장세철	2018
오픈 셀 케이슨을 활용한 항만구조물의 지반반력특성 평가	한국해양·해양공학회 추계학술대회	이병욱, 박우선, 장세철	2018
사석을 접하는 면에 요철을 설치한 오픈 셀 케이슨의 거동특성 해석	한국해양·해양공학회 추계학술대회	서지혜, 이병욱, 원덕희, 박우선	2018

한국해양·해양공학회 학술발표논문집(2018)
2018년 11월 8-9일

오픈 셀 케이슨을 이용한 방파제의 회전 안정성 평가
Rotation Stability Assessment for an Open-cell Caisson Breakwater

박우선, 이병욱

Woo-Sun Park¹ and Byeong Wook Lee²

항만구조물을 강대화하면 특정위치에 집중하는 파력을 구조물 전체로 분산시켜(파력 평활화) 방파제의 안정성을 확보할 수 있다. 항만구조물을 강대화하기 위하여 인접한 케이슨을 인티로킹 시키는 방법이 제안되었고, 인티로킹 방법으로 요철형, 기틀폭형, 케이불형, 채움재형 등이 개발되었다. 오픈 셀 케이슨 방파제는 채움재형 인티로킹 방법을 적용한 것이다.

강대형 케이슨은 파력 평활화 효과에 의하여 방파제의 안정성에 도움이 될 수 있지만, 방파제의 뒤편 방향으로 파력이 위상차가 존재하는 경우에는 공간적으로 평균티파력의 작용점이 중심에서 벗어나 필연적인 회전력이 생겨 안정성 확보에 어려움이 있을 수 있다. Fig.1은 파력의 작용점이 중심에서 벗어나서 강대구조물에 회전력이 생기는 예시를 도시하였다. F_{max} 는 케이슨에 작용하는 압력의 최대값, l_0 는 케이슨의 전체길이이다. 파장대비 케이슨의 길이가 짧은 일반 케이슨은 회전력이 작아서 무시할 수 있지만 파장대비 케이슨의 길이가 긴 강대구조물은 회전에 의한 안정성을 평가할 필요가 있다. 본 연구에서는 실험과 이론에 기초하여 입사하는 파장의 위상차를 고려하여 규칙파에 대한 회전 안정성을 평가하는 방법에 대해서 검토하였다.

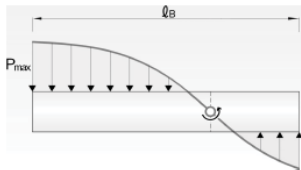


Fig. 1. Rotation of a long structure due to the phase difference of the incident wave.

감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 창의사업인 "오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 및 사업화 기술지원 (PE99685)"과 (제)연구개발특구진흥재단 전략특구본부의 연구소기업 성장지원(Track II) 사업인 "오픈 셀 케이슨 기술 성능개선 및 울산항 남방파제 적용(PN67670)"에 의하여 이루어졌습니다.

¹ 발표자: 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kioast.ac.kr

² 한국해양과학기술원 / 연구연구원 / bwlee27@kioast.ac.kr

한국해양·해양공학회 학술발표논문집(2018)
2018년 11월 8-9일

요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이슨 미끌림 마찰 저항력 평가
Assessment of Friction Resistance Force for an Open-cell Caisson with Uneven Bottom

이병욱, 박우선, 장세철

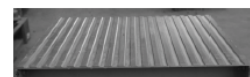
Byeong Wook Lee¹, Woo-Sun Park² and Se-Chul Jang³

대수심에서 주로 적용되는 케이슨식 방파제는 대부분 활동(미끌림)에 의한 피해가 발생한다. 실제 파괴된 방파제는 전체가 아닌 특정 위치의 케이슨이 미끌림이나 회전이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이러한 항만구조물의 안정성을 향상시키기 위한 방안으로 항만구조물을 강대화하는 연구가 수행되고 있다. 항만구조물을 강대화하면 특정위치에 집중하는 파력을 구조물 전체로 분산시켜 방파제의 안정성을 확보할 수 있다. 다른 방안으로 본 연구에서는 케이슨의 미끌림 마찰 저항력을 증가시키기 위하여 케이슨의 바닥면에 요철 구조를 도입하였다. 항만 및 이항설계기준에는 콘크리트와 사석의 마찰계수는 0.6으로 제시하고 있다. 하지만 케이슨의 바닥면이 요철 구조가 되면 마찰 저항력이 증가하여 마찰계수가 0.6보다 커지게 된다.

케이슨 요철형 바닥면의 마찰계수를 평가하기 위하여 Fig.1과 같이 실험을 수행하였다. Fig. 1(a)는 정지마찰계수 실험 사진이고, Fig. 1(b)는 실험에서 적용한 케이슨 바닥면의 요철의 형상의 한 예이다. 케이슨 전면에는 도르래를 설치하여 당기는 힘을 작용하였고, 후면에 변위계를 두었다. 요철의 계원과 사석의 골재 크기를 다르게 하여 실험을 수행하였다.



(a) Test for caisson sliding



(b) Uneven bottom of the open-cell caisson

Fig. 1. Experiment for the coefficient of static friction

감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 창의사업인 "오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 및 사업화 기술지원 (PE99685)"과 (제)연구개발특구진흥재단 전략특구본부의 연구소기업 성장지원(Track II) 사업인 "오픈 셀 케이슨 기술 성능개선 및 울산항 남방파제 적용(PN67670)"에 의하여 이루어졌습니다.

¹ 발표자: 한국해양과학기술원 / 연구연구원 / bwlee17@kioast.ac.kr

² 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kioast.ac.kr

³ 한국해양과학기술원 / 선임기술원 / scjang@kioast.ac.kr

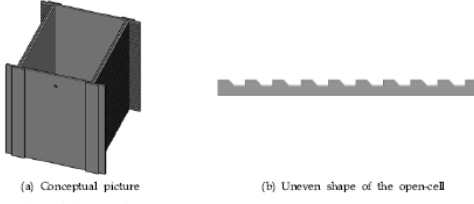
한국해양·해양공학의 학술발표논문집(2018)
2018년 11월 8-9일

오픈 셀 케이슨을 활용한 항만구조물의 지반반력특성 평가
Subgrade Reaction Assessment of Harbor Structures using Open-cell Caisson

이병욱¹, 박우선², 장세철³
Byeong Wook Lee¹, Woo-Sun Park² and So-Chul Jang³

항만구조물을 장대화하면 입사하는 파랑의 위상 차이가 구조물에 작용하는 외력이 감소되는 효과를 얻을 수 있다. 구조물을 장대화하기 위한 방안으로 인접한 케이슨을 인터로킹시키는 방법이 제안되었고, 이에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 인터로킹을 하는 방법중에서 채움재형인 오픈 셀 케이슨을 활용하여 지반반력특성을 평가하기 위하여 구조실험을 수행하였다.

오픈 셀 채움사석의 마찰 저항력을 높이면 외력에 의한 지반지지력을 감소시킬 수 있다. 마찰 저항력을 높이기 위하여 Fig.1과 같이 오픈 셀 내부 벽면에 요철 구조를 도입하고, 이에 의한 지반반력 변화 특성을 평가하기 위하여 실험을 수행하였다. Fig. 1(a)는 실험에서 사용한 오픈 셀 내부용 요철 형상으로 구성된 모형이고, Fig. 1(b)는 실험에서 적용한 요철의 형상이다. 케이슨의 저면에 4개의 로드셀을 설치하였고, 케이슨 전면에는 도르래를 설치하여 당기는 힘을 작용하여 로드셀의 값을 측정하였다. 케이슨 전면의 도르래는 전도가 주요 파괴원인이 되어야 하므로 케이슨의 상단에 설치하였다. 그리고 채움사석의 다짐정도를 다르게 하여 실험을 수행하였고, 오픈 셀 내부 벽면에 요철이 없는 경우와도 비교하였다.



(a) Conceptual picture (b) Uneven shape of the open-cell

Fig. 1. Experimental model for the subgrade reaction assessment.

감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 창의사업인 "오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 및 사업화 기술지원(PE99685)"과 (재)연구개발특구진흥재단 권역특구본부의 연구소기업 성장지원(Track II) 사업인 "오픈 셀 케이슨 기술 성능개선 및 윤산항 남방파제 적용(PN6/70)"에 의하여 이루어졌습니다.

¹ 발표자: 한국해양과학기술원 / 연수연구원 / bwlee17@kioast.ac.kr
² 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kioast.ac.kr
³ 한국해양과학기술원 / 선임기술원 / scjang@kioast.ac.kr

51

한국해양·해양공학의 학술발표논문집(2018)
2018년 11월 8-9일

사석을 집하는 면에 요철을 설치한 오픈 셀 케이슨의 거동특성 해석
Analysis of Open-Cell Caisson with Uneven Surface on Bottom of Caisson

서지혜¹, 이병욱², 원덕희³, 박우선⁴
Jihye Seo¹, Byeong Wook Lee², Deokhee Won³ and Woo-Sun Park⁴

이상기후에 따른 대형 태풍 내습 시 고파랑 대응을 위한 항만구조물의 안정성 향상 기술이 대두되면서 신형 인터로킹 케이슨의 설계 및 시공기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 인터로킹 방식에서 응력집중현상에 대한 대안으로 채움재를 이용한 오픈 셀 케이슨은 채움재 마찰에 의한 지면(일부) 및 인접케이슨과의 접촉력을 증대시켜 평활화 효과를 가진다. 이러한 오픈 셀 케이슨의 바닥면에 요철을 도입하면 마찰력이 상승할 것으로 판단된다. 그리고 오픈 셀 내부의 벽면에 요철을 도입하면 요철부와 채움사석간의 마찰력이 상승하여 지반지지력이 감소할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 오픈셀 케이슨의 사석을 집하는 면에 요철을 설치하였을 경우를 고려하여 오픈셀 케이슨의 거동 특성을 분석하였다. 분석을 위한 해석 프로그램으로는 ABAQUS를 사용하였으며, 실험을 통하여 산정된 마찰계수를 사용하였다. 변수로는 마찰계수를 0.6-0.8로 변경하여 비교 분석하였으며, 해석 결과 마찰력이 0.8일경우가 가장 큰 저항력을 보이는 것으로 나타났다. 사석을 집하는 면에 요철을 설치할 경우에 요철이 없는 오픈셀 케이슨에 비해서 우수한 저항력을 발휘하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국해양과학기술원의 창의사업인 "오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드 및 사업화 기술지원(PE99685)"과 (재)연구개발특구진흥재단 권역특구본부의 연구소기업 성장지원(Track II) 사업인 "오픈 셀 케이슨 기술 성능개선 및 윤산항 남방파제 적용(PN6/70)"에 의하여 이루어졌습니다.

¹ 한국해양과학기술원 / 연구원 / jhseo@kioast.ac.kr
² 발표자: 한국해양과학기술원 / 연수연구원 / bwlee17@kioast.ac.kr
³ 한국해양과학기술원 / 선임연구원 / thekeyone@kioast.ac.kr
⁴ 한국해양과학기술원 / 책임연구원 / wspark@kioast.ac.kr

52

2. 연구결과의 혁신성

- 오픈 셀 케이슨의 채움사석은 유연하여 콘크리트 블록 등으로 인터로킹시키는 경우와는 달리 구조부재에 응력집중이 거의 발생하지 않아 안전함
- 오픈 셀 케이슨의 업그레이드 공법을 적용하면 마찰력이 증대하여 기존 케이슨 보다 안정성이 향상되므로 경제적으로 우수하고 오픈 셀 케이슨이 지반지지력 측면에서도 우수하므로 기존 케이슨 공법을 대체할 수 있는 혁신적인 기술임
- 신규 항만구조물 건설 분야에 본 기술의 직접 적용 또는 응용이 가능
- 기존 구조물 보강에도 응용 가능

3. 연구결과의 차별성

- 기존 케이슨과 달리 케이슨 바닥면의 마찰계수가 우수함
 - 요철형 케이슨 바닥면의 제원은 다양하게 변경할 수 있고, 기존의 사석과 콘크리트의 마찰계수보다도 우수하므로 미끌림 안정성 측면에서 차별성이 우수하다

고 할 수 있음

- 기존의 타 케이슨 인터로킹 케이슨에 비하여 응용성이 우수함
 - 오픈 셀의 채움재를 사석으로 사용하게 될 경우, 사석에 의한 마찰력이 증대하여 기존 케이슨보다 전도 및 지반지지력 안정성 측면에서 차별성이 우수하다고 할 수 있음
 - 오픈 셀 내측 벽면에 요철을 고려할 경우, 요철의 제원은 시공에 편리하게 선택할 수 있어 기존 케이슨에 비하여 응용성이 우수함
- 상치 콘크리트에 의한 지반지지력 안정성 향상
 - 기존의 상치 콘크리트와는 달리 상치콘크리트의 자중을 오픈 셀 내 사석으로 직접전달 시켜서 지반지지력 안정성 측면에서 차별성이 우수하다고 할 수 있음



제5장 연구개발결과의 활용계획

제5장 연구개발결과의 활용계획

1. 연구결과의 활용성 및 실용성

□ 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 나감

□ 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. 해당 기술의 기술적 파급효과 및 기대효과

□ 항만 구조물 안정성 및 경제성 제고

- 파력 등 외력에 대해 연대하여 저항할 수 있어 부산신항 서컨테이너부두 안정성 제고 가능
- 오픈 셀 도입으로 10% 이상의 케이슨 제작 재료비 절감 가능
- 태풍 등에 의한 방파제, 안벽 피해발생 원천적 차단으로 관련 유지보수 예산 대폭 절감 가능
- 기후변화 영향으로 이상현상 대응에 활용이 가능한 안정성 확보 기술로 사회문화적인 편익도 우수한 것으로 판단됨
- 마찰증대를 통한 중력식 구조물 안정성 제고 가능

□ 항만 케이슨 구조물 관련 세계시장 선점

- 세계 최고의 기술로 관련 세계 시장으로 선점, 리드할 수 있어 우리나라 국가 기술 수준 및 건설사 대외 경쟁력을 높이며 이에 따른 편익도 기대할 수 있음
- 오픈 셀 케이슨 공법 업그레이드를 통하여 사업화 가능성 제고

3. 연구결과에 대한 기업 만족도 및 사업화 계획

□ 기업 만족도

- 수요기업인 (주)코이도는 요청으로 오픈 셀 케이스 공법의 안정성 제고 방안 및 현장적용을 위한 기술개발 지원이 필요함
- 기존의 오픈 셀 케이스 공법을 업그레이드 하여 사업화 기술지원
 - 마찰력 증대로 인한 오픈 셀 케이스의 안정성이 향상되어 기술 경쟁력 강화 및 사업화 가능성 제고에 대한 기대
 - 오픈 셀 케이스가 지반지지력 측면에서 일반케이스에 비하여 우수하므로 사업화 가능성 제고에 대한 기대
- 현장 적용을 위한 개념 설계
 - 기존 케이스 공법에 비해 오픈 셀 케이스 공법의 경제성이 우수
 - 오픈 셀 케이스 공법을 안벽에 적용한 표준설계서는 실제 적용 설계서를 확보함으로써 사업화를 위한 자료로 활용
 - 설계 및 시공 전문가를 대상으로 홍보에 활용

□ 사업화 계획

- 사업명 : 오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 및 부대기술 사업화
- 사업적인 측면
 - (주)코이도는 한국해양과학기술원과 공동으로 개발한 “오픈 셀 케이스, 그 구조물 및 시공 방법” 기술의 사업화를 추진하고자 하며, KIOST에서 보유한 기술 지분을 출자함으로써 연구소기업을 설립하였고, 유한회사에서 주식회사로 변경하였으며, 특허 출원명 마찰증대 오픈 셀 케이스, 바닥 마찰 증대 케이스 및 지반반력 저감을 위한 오픈 셀 케이스용 상치콘크리트 구조 및 그 시공법 등의 특허를 추가 이전 받음으로 사업화에 추가적인 영업적 기술적인 안정성 및 기술영역의 확보
 - 원천 기술은 해양수산부의 해양수산건설신기술 2017-10호 인증을 받았으며, 이를 통해 해양수산부 및 각 지방자치단체에 기술 홍보 및 적용을 위한 노력 중
 - 전북연구개발특구의 R&BD 사업 등 상용화 개발과제를 통한 실증연구 중이며, 거제해양플랜트 국가산단, 부산 서컨테이너부두 2-6공구 등에 원천 기술이 설계에 반영되었으며, 울산 동방파제 보강공사에 본 기술이 검토되고 있다, 특히, 원천기술은 중국, 베트남, 인도, 필리핀, 인도네시아 등 동남아 5개국에 국제출원을 완료하여, 세계 항만시장 진출을 앞두고 있어 국내에서 개발된 항만기술

이 최초로 해외에서 시공되는 성과를 예상

- 원천 기술의 수요는 대부분 해양수산부에 집중되어 있지만, 남동발전에서 추진하는 강릉안인화력 발전소 및 민간기업에 의해 추진되는 부두 등에도 그 수요도 있어, 각 지방자치단체 및 민간시장에서도 활성화에 대한 기대가 고조됨
- 최근 지구 온난화에 의한 해수면 상승 등으로 초대형 태풍의 발생으로 인한 방파제의 안정성의 필요가 대두되고 있으며, 방파제의 안정성의 확보에 최적의 효과를 가지고 있는 원천기술에 대한 수요가 증대하고 있으나, 상대적으로 방파제의 안정성을 경제적으로 높일 수 있는 기술개발에 그 한계가 있기 때문에 상당한 기간 동안 원천기술은 여타 기술에 비해 우위를 점할 것으로 기대되고 있으며, 상기 부대기술의 보유를 통해 원천기술을 국내시장에서 우월적 지위를 확보가능

○ 기술적인 측면

- 원천기술에 대한 수요의 증대 및 수요기관의 인지도의 상승이 예상되지만, 해양수산부의 대형공사의 입찰방법은 설계와 시공을 함께 수행하는 턴키입찰, 대안입찰방식에서 원천기술의 권리범위를 회피하기 위한 다양한 침해행위가 수반될 것으로 예상하고 있으며, 특히 상기에서 언급 했듯이 케이슨식 방파제나 안벽에서 경제적으로 구조적 안정성을 확보하기에 그 한계가 있어서 원천기술에 대한 권리방어가 필요
- 다양한 실험 및 실증을 통해 원천기술의 우월적 기능 및 경제성을 입증하지만, 성능의 추가적 보완을 위해 부대기술의 개발 및 출원이 필요
- 바닥 마찰 증대 케이슨의 경우 바닥마찰을 증대하기 위한 추가적 비용에 비해 바닥마찰 증대에 필요한 구조제작은 월등한 케이슨의 성능을 향상시킬 것으로 기대되고 있으며, 성능을 검증하기 위한 절차 및 실험도 비교적 간단하여 현장에서 용이하게 적용될 것으로 판단됨

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 파력분산특성, 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 인터락킹 방파제 저항능력 평가 2011년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 1911-1014.
- 박우선, 박성현, 장세철 (2011). 파랑하중에 대한 인터락킹 방파제 동적 해석모델, 2011년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 2247-2249.
- 박성현, 박우선, 김한샘 (2011). 인터락킹 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·해양공학회 추계학술발표대회, 265-268.
- 원덕희, 서지혜, 박우선, 오상호, 이진학 (2015). 키플록을 이용한 인터로킹 케이스의 구조 거동 분석, 2015년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, 87-90.

- 오상호, 이진학, 박우선, 장세철 (2015). 케이블로 연결된 인터로킹 케이슨 방파제 수리실험, 2015년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회
- 이병욱, 박우선, 오상호, 원덕희, 장세철, 서지혜(2017) 오픈 셀 케이슨 방파제의 안정성 평가를 위한 수리실험, 2017 한국해안·해양공학회 추계학술대회, 201.
- 이요섭, 이오진, 박우선 (2015). 오픈 셀 케이슨의 항만 부두 구조물예의 적용, 2015년 한국해안·해양공학회 추계학술발표대회, 257-260.
- 이창훈, 정재상, 박우선, 조용식 (2012). 공간적인 위상차를 고려하여 장대 이안체에 작용하는 파력 예측, 2012년 한국해안·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.
- 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.
- 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.
- 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).



부 록

부록 A. 자문활용보고서

전문가 활용 결과보고서

I. 인적사항

성명	직위(급)	소속기관
안성모	전무	(주)한국항만기술단
안익장	부사장	헤인이엔씨
이육한	부사장	(주)건일
정신탉	교수	원광대학교

II. 전문가 업무수행 내역

가. 활용 목적

오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 공법의 업그레이드 및 실제 항만에 적용하기 위한 기술 자문

나. 활용 내용

일 시	주요 업무수행 내역
2018.12.19. 15시~	1. 오픈 셀 케이스의 구조물 안정성 평가방안 검토 2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이스의 마찰력 증대 방안 검토 3. 오픈 셀 케이스 요철부 제작방법 검토 외

III. 결 론

자문의견서 참조

IV. 발표/ 강연자료 (별도 첨부)

다음 페이지 참조

◆ 오픈 셀 케이스 소개

: 오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술

◆ 오픈 셀 케이스를 이용한 방파제 안정성 평가



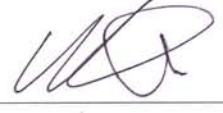

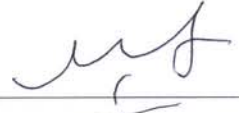
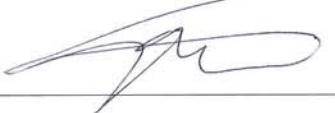

◆ 오픈 셀 케이스 업그레이드 기술 실험 및 결과

1. 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이스 미끌림 마찰저항력 평가 P1
2. 오픈 셀 케이스를 활용한 항만구조물의 지반반력특성 평가 P13



자 문 회 의

2018.12.19.(수)

구분	성명	소속기관명	서명
1	안 익장	(주)체인이앤씨	
2	안 성 모	한국항공기술단	
3	이 욱 한	(주)기원	
4	정 신택	원광대학교	
5	박 유선	KIOST	
6	이 병욱	한국해양과학기술원	
7	변 현진	☞	
8			
9			
10			

자문의견서

이름: 안 성 모서장

소속: 한국항공기술단

1. 오픈 셀 케이스의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

검토하신 방법에 대해서는 이론적인 방법으로 오픈셀 케이스가 실제로 인터록킹되어 평면적으로 일체화가 어느정도는 되어 있다는 전제조건이 반영되어 전개되어 있는 것으로 판단됩니다만, 현상태는 개발초기 단계로 설계내구년수내에 전혀 변형이 없을 것이라는 가정으로 되어 있다고 판단됩니다. 설계엔지니어들은 새로운 설계법에 대해서는 책임의 소재가 있어 도입을 조금은 어려워 하고 있는 것이 사실입니다. 따라서 수리모형실험 또는 수치모형실험등의 자료들을 검토 기존의 케이스에 대비하여 어느정도 효율이 증대되는지를 정리하여 기존설계법을 이용하는 방안이 초기에는 더 접근이 쉬울것으로 사료됩니다.

또한, 파랑미 리해 한함 또는 일부구간이 이동할 경우에 무각부가 발생하여 파군의 증대가 우려됩니다.

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이스의 마찰력 증대 방안

- 수평저항력 증대(바닥면 요철 도입), 지반반력저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈 셀 내면 요철 도입) 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

수평저항력 증대를 위해 바닥 요철을 도입하는 방법은 해외에서 도입된 사례가 있지만 시공의 어려움과 공사비의 증가등으로 빈번하게 이용이 안되고 있는 상황인 것으로 알고 있습니다. 바닥면 요철의 도입이 고 필요 한지에 대해서는 다시 한번 고민을 해보는 것이 필요해 보입니다.

지반반력을 저감을 위한 노력은 필요하지만, 이 부분은 국내의 설계기준 상에서만 적용되는 한계조건으로 실제적으로 지반반력의 저감이 구조물의 전체적인 안정성에 필수적인 것인가에 대해서는 고민이 필요함. 케이스 저면부의 사석마운드의 안정성이 확보되는 경우에는 케이스의 폭을 줄이는 방안은 실제적으로 경제적인 설계 방안이 될 수 있다고 판단됩니다.

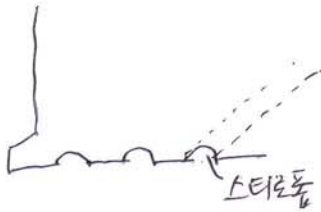
오픈셀 케이스의 마찰력 증대 방안은 연면의 사석 마찰 계수를 고려하여 양면 경우 약 20% 정도 증대되는 것으로 사료되며. 연면의 마찰계수를 고려하여 마찰력 증대 규모를 산정하여 전체적인 증대규모를 산정해 보면 충분할 것 같습니다.

3.오픈 셀 케이슨 요철부 제작방법

- 케이슨 바닥면 및 오픈 셀 내면 요철부 제작 방법에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

이러한 부분에서는 대형 셀블럭의 제작의 경험이 있는 건설회사에서는 제작상 문제는 거의 없을 것으로 판단됩니다. 그러나 요철면이 있는 경우는 바닥면에 요철을 만들어야 하므로 철제 바닥을 만들어 제작하는 것이 일반적이나 비용적인 면과 유지관리에 어려움이 있어 시공사에서는 선호하지 않은 것으로 보입니다. 조금은 옛날의 방법이나 원주형 스티로폼의 반의 절단하여 바닥면에 포설후 제작을 하고 해상 시공전 빼내거나 태워 버리는 방법이 있을 수 있으나 이 방법도 손이 많이 가서 고민이 필요한 부분입니다.

요철면을 어떤 형상으로 설계하는 것이 가장 효율적인 것인가에 대해서 많은 고민이 필요합니다.

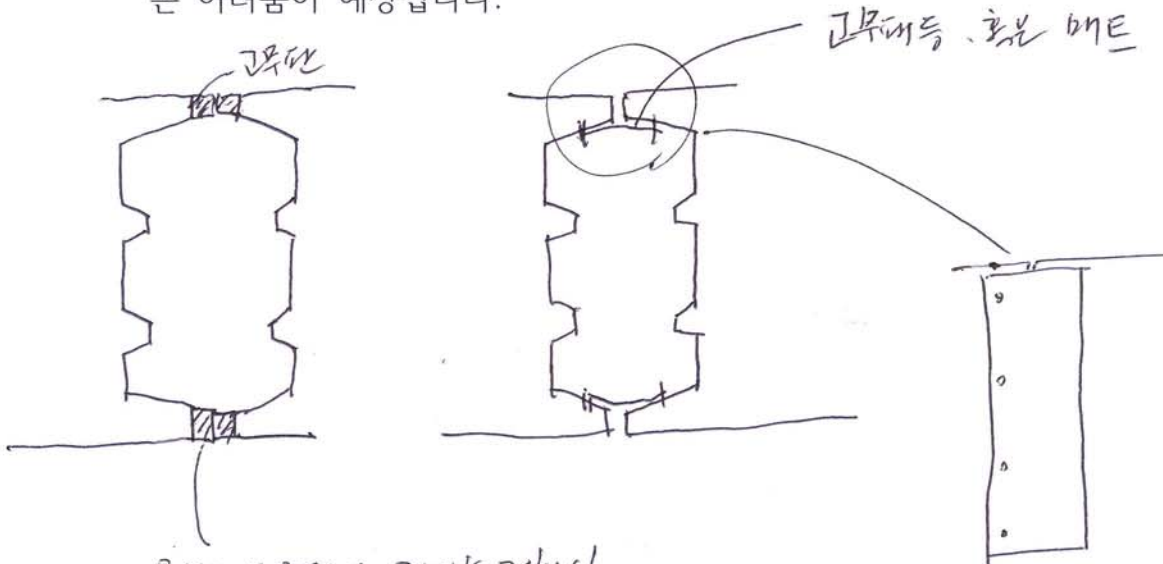


4. 오픈 셀 케이슨 채움 사석 유출 및 그 방지책

- 인터로킹을 위해 오픈 셀 내에 채워진 사석의 유출을 걱정하는 의견이 많습니다. 그 유출에 대비할 수 있는 방법에 대해서 의견을 주시기 바랍니다.

최근 국내의 케이슨 거치 기준이 $\pm 10\text{cm}$ 정도로 거치정도가 많이 상향되어 있는 상황이지만 콘크리트면을 정확히 맞닿을 수 있도록 시공하려고 할 경우 케이슨 면이 부딪치어 충격을 받을 경우 모서리의 파손이 우려가 되어 사석의 흡출이 발생할 수 있을 것으로 생각합니다.

일반적인 방법이라고 생각될 수 있는 것은 모서리면에 약 10cm 정도의 고무판을 대는 것이 가장 좋은 방법이라고 생각합니다. 이러한 경우에는 케이슨 제작후 마무리 단계에서 모서리면에 고무판을 시공하는 것이 가장 일반적인 방법이라고 판단됩니다. 또한, 케이슨의 마지막벽의 전면이나 내측면에 일반적으로 안벽에서 사용하는 흡출방지 매트나 고무패드를 시공하는 방안은 케이슨 거치후 시공할 경우에는 잠수부가 수중작업을 수행하여야 하여 부담이 될 것으로 판단되는바, 상기 언급한 대로 케이슨 제작후 육상에서 설치하는 방안이 있을 수 있으나 운반 거치시 조금은 어려움이 예상됩니다.



모서리 고무판은 케이슨 거치시
충돌에 의한 모서리 파손을
예방 시킬수 있을 것으로 예상됨.

5. 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위한 조언

- 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위해 시험시공 지원, 턴키설계반영, 기타공사반영 등에 관한 노력을 하고 있습니다만, 아직 현장 적용을 하지 못했습니다. 상용화를 위해 필요한 조언을 부탁드립니다.

턴키공사의 경우에는 신선향 발상으로 도입이 가능할 것으로 판단되나, 새로운 기술의 도입에는 반대급부가 발생할 수 있어 제안하는 회사가 부담을 가질 수도 있을 것으로 판단됩니다. 그러나 오픈셀의 도입이 구조물의 성능의 확실한 향상을 증명할 수 있을 경우에는 도입할 수도 있을 것으로 사료됩니다.

기존공사의 설계 변경을 추진할 경우에는 물론 발주처의 허락이 필요하므로 확실한 증거나 실적이 필요할 것으로 판단됩니다.

그러나 오픈셀을 도입하여 공기를 저감할 수 있거나 공사비의 절감이 가능할 경우에는 가능성은 충분하리라 판단됩니다.

결국, 가장 좋은 방법은 국가적으로 시험시공을 통해 우리의 기술을 검증하고 국내 또는 해외공사의 입찰에 사용할 수 있는 방안을 마련하는 것이 가장 좋은 방법이라고 생각합니다.

- 오픈셀 케이스 시공시 단뱃의 시공이 어려울 것으로 시공되며, 철근배근 방향의 표시가 필요합니다



- 오픈셀의 경계선까지 대해서는 상세한 검토가 필요합니다.

자문의견서

이름: 안 익장 (서명)
소속: (주)체인이민씨

1. 오픈 셀 케이슨의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.
- ✓ 설계기준이 없음. → 설계기준 및 설계지침 필요함
 - 현재 케이슨 설계시 안정성 평가는 단위 m (1m) 당 평가.
 - 장대형 케이슨에 의한 표파 인 인력 감소 계수의 적정성 검토 필요
 - 장대형 케이슨의 작용 및 파력분산계수는 장대형 길이 또는 모퉁셀 케이슨 작용 길이에 따라 차이가 있어 작용 길이 변화 분산계수 상관관계 도출 필요.

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이슨의 마찰력 증대 방안

- 수평저항력 증대(바닥면 요철 도입), 지반반력저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈 셀 내면 요철 도입) 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.
- ✓ 요철형상 도입에 따른 수평저항력 증대 효과는 있는 것으로 판명되었으나 시공성, 경제성, ~~환경~~ 등을 고려할 때 상용화에 어려움이 있음.
- ✓ 지반 반력 저감을 위한 전용 상치 콘크리트 도입 및 오픈 셀 내면 요철 도입에 따른 효과가 있는 것으로 판명되었.

자문의견서

이름: 이육한 (서명)
소속: (주)진원

1. 오픈 셀 케이스의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.
- 케이스 전면 스타빔을 태박시에 의한 검토를 추가하면 좋을 듯 한다.
(리사아, 대면역적 파압 적용)
- 당시 1m당 인자성 피어가 선계기존이므로 당시 1m당 파압은 그대로 하되 전면, 측면의 마찰계수를 적용하는 방안이 가장 합리적일 듯.
선계기존에 장대케이스에 대한 기준 적용은 시안이 이미 지나야 됨.

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이스의 마찰력 증대 방안

- 수평저항력 증대(바닥면 요철 도입), 지반반력저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈 셀 내면 요철 도입) 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.
- 바닥면 합동저항을 증대할 수 있는 바닥면 합동저항리빙법 (케이스 전면 아스팔트리빙 등)과 복합적인 공법 적용 필요
- 바닥면 요철 리빙은 합동저항력을 높일 수 있으나 현장에서 시공시에 연관점이 있음.

3. 오픈 셀 케이스 요철부 제작방법

- 케이스 바닥면 및 오픈 셀 내면 요철부 제작 방법에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

- ~~○ 오픈된 케이스도 바닥면을 시공하는 방안이 있어 검토 필요
바닥면의 위치를 경우 사석(출처)의 위치를 맞추어야 함.~~
- 지면 요철부는 시공이 어려워서 시공시 예외 비선형함.
- 또한 설계시 요철부분에서 하중계측을 검토해서 경사를
필요한 것은 있으나 Block간 shear-key도 설치되어있어서
인장성 검토가 어려울 것 같은 요철(케이스)도 설계는
인장성 검토가 가능할 것 이므로 시공시 설계시 처치를 고려함.

4. 오픈 셀 케이스 채움 사석 유출 및 그 방지책

- 인터로킹을 위해 오픈 셀 내에 채워진 사석의 유출을 걱정하는 의견이
많습니다. 그 유출에 대비할 수 있는 방법에 대해서 의견을 주시기 바랍
니다.

- 케이스 정측면 및 인접 경계부 비등으로 Mat를 시공하여 사석유출을
막는 것이 좋으며, 바닥면도 지판을 시공하는 것이 어떨지요.
- 사석유출을 방지하려면 지판을 두는 것도 바람직함.
- 지판을 치지 않는 경우, 사석을 규격외를 사용해야 할
혹은 사석은 규격외 아니나 C등급에 넣는 사석은 유출 염려로
규격외 사용 → 사석안개가 높아짐.

5. 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위한 조언

- 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위해 시험시공 지원, 턴키설계반영, 기타공사반영 등에 관한 노력을 하고 있습니다만, 아직 현장 적용을 하지 못했습니다. 상용화를 위해 필요한 조언을 부탁드립니다.
- 상용화를 위해서는 우선 시공에 적용되어야 하는 범위, 예산에 대한 대책 등 어떤 가장 현실적인 상용화가 될 것인지 상의함.
- 우선 시공성능이 있어야 신뢰를 확보할 수 있으나, 권역의 시험시공 안에 적극적으로 도입되도록 하여야 하며, 신기술(해당기술)이므로 신기술 활용에 대해 적극 홍보하여야 함.

자문의견서

이름: 정신탉 (정신태명)

소속: 원광대학교

1. 오픈 셀 케이슨의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

- 제안된 식의 유도 과정에 도입된 가정 및 식의 전개 과정 등 내역, (참고 문헌 등)

- 회전에 대한 고려 (점성 계수 계수에 포함시킬 수 있음)

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이슨의 마찰력 증대 방안

- 수평저항력 증대를 위하여 과거 일본에서 50년이상 적용중인 아스팔트 매트 사용 검토.

철 도입), 지반반력저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈 셀 내면 요철 도입) 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

- 오픈 셀 케이슨, 기둥 방파제에 post stress 가설 도입?

- 사석 채움시 간극 증가는 방파제에 대한 검토

- 파랑 파고 반류 부류에 대한 검토 (시각식블록)

- 단면의 축조 등 고려할 사항 등으로 귀고되지 않음

5. 오픈 셸 케이스 공법의 상용화를 위한 조언

- 오픈 셸 케이스 공법의 상용화를 위해 시험시공 지원, 턴키설계반영, 기타공사반영 등에 관한 노력을 하고 있습니다만, 아직 현장 적용을 하지 못했습니다. 상용화를 위해 필요한 조언을 부탁드립니다.

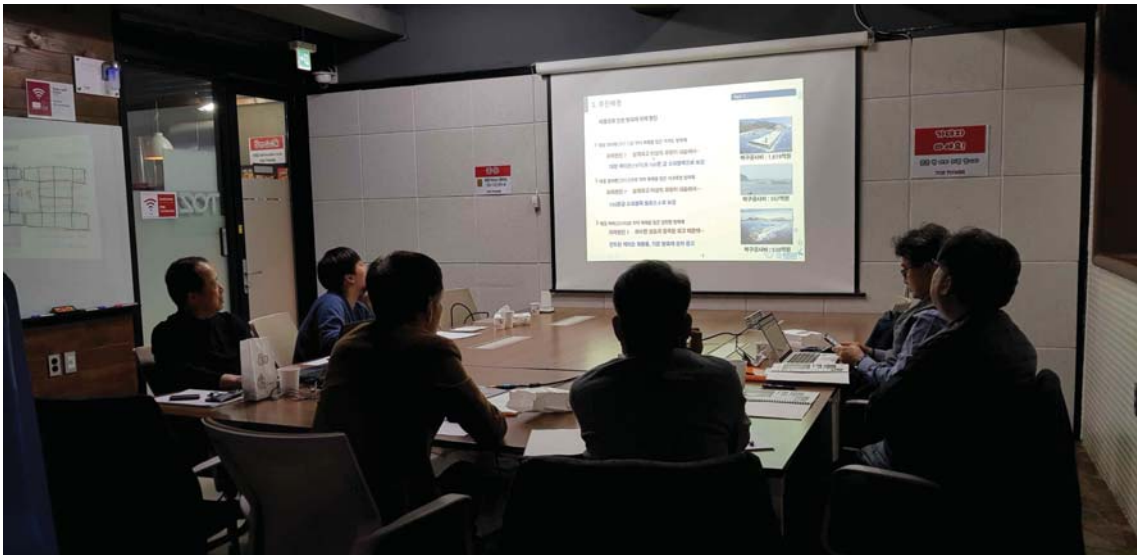
- 인동 설계부터 설계 기준, 설계 방법 등 표준화.

- 구체적인 설계 시험 시공 지원.

- 현장에서 변화에 대한 검토 (--- 설계 적용) 등

- 시공성 검토

- 시공성 Wedge 등



전문가 활용 결과보고서

I. 인적사항

성명	직위(급)	소속기관
권소현	본부장	부산항만공사
김정태	교수	부경대학교
이중우	교수	해양대학교
채장원	전문가	전 KIOST

II. 전문가 업무수행 내역

가. 활용 목적

오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 공법의 업그레이드 및 실제 항만에 적용하기 위한 기술 자문

나. 활용 내용

일 시	주요 업무수행 내역
2018.12.27 15시~	1. 오픈 셀 케이스의 구조물 안정성 평가방안 검토 2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이스의 마찰력 증대 방안 검토 3. 오픈 셀 케이스 요철부 제작방법 검토 4. 오픈 셀 케이스 채움 사석 유출 및 그 방지책 검토 5. 상용화 방안 검토

III. 결 론

자문의견서 참조

IV. 발표/ 강연자료 (별도 첨부)

다음 페이지 참조

◆ 오픈 셀 케이스 소개

: 오픈 셀 케이스를 이용한 항만구조물 장대화 기술

◆ 오픈 셀 케이스를 이용한 방파제 안정성 평가

◆ 오픈 셀 케이스 업그레이드 기술 실험 및 결과

1. 요철형 바닥면을 갖는 오픈 셀 케이스 미끌림 마찰저항력 평가 P1
2. 오픈 셀 케이스를 활용한 항만구조물의 지반반력특성 평가 P13



자문의견서

이름 : 권 소 현 

소속 : 부산항만공사 건설본부
(부사장, 건설본부장)

1. 오픈 셸 케이슨의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

(의견)

- 설계기준상 케이슨은 수평방향에 대해서 90도로 설계파가 작용하는 것으로 가정하여 전도, 미끌림 등에 대해서 안전성을 검토하고 있습니다.
- 오픈셸 케이슨은 장대형 인터로킹케이슨 유형 중 하나로서 기존의 법선방향 뿐만 아니라 다방향 불규칙파를 고려한 설계가 필요할 것으로 판단됩니다. 다만 본 다방향 불규칙파를 고려한 설계적용을 위해서는 관련 전문가들의 심도 깊은 논의가 필요할 것 입니다.

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셸 케이슨의 마찰력 증대 방안

- 수평저항력 증대(바닥면 요철 도입), 지반반력 저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈셸 내면 요철 도입) 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

(의견)

- 케이슨의 바닥면과 오픈셸 내면에 요철을 도입할 경우, 마찰력의 증대로 인하여 그 성능은 증가할 것으로 판단됩니다. 다만 케이슨 제작시에는 기존 형태보다는 작업의 난이와 비용이 클 것으로 사료됩니다.
- 이럴 경우 오픈셸케이슨 도입에 따른 경제성 저하 문제가 대두될 수 있으므로 이에 대한 검토도 필요할 것 입니다.

3. 오픈 셀 케이스 요철부 제작방법

- 케이스 바닥면 및 오픈 셀 내면 요철부 제작 방법에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

(의견)

- 본 내용은 “2”항목에서 기술한 바와 유사한 내용으로 바닥면과 내면에 요철부를 제작하면 마찰력이 기존보다 증가하겠지만, 이를 제작하는 비용(공사비)가 상승하게 될 경우 경제적 측면에서는 불리할 것으로 사료됩니다.
- 본 케이스가 적용되어야 하는 현장의 경우, 기존 케이스에 볼팅 홀 천공 후 프리캐스트 블록을 제작하여 볼팅 접합하는 방안이 시공성, 경제성 측면에서 효율적인 방안일 것으로 생각합니다.

4. 오픈 셀 케이스 채움 사석 유출 및 그 방지책

- 인터로킹을 위해 오픈 셀 내에 채워진 사석의 유출을 걱정하는 의견이 많습니다. 그 유출에 대비할 수 있는 방법에 대해서 의견을 주시기 바랍니다.

(의견)

- 케이스 내부 채움재인 사석 유출은 안정성에 있어 매우 중요합니다.
- 오픈셀 케이스가 파랑에 의하여 변형이 될 경우, 힘 변형에 의하여 유출이 될 수 있을 것으로 사료됩니다.
- 이에 대하여 해석 및 설계기법을 통해 케이스 사이의 최대 변형량을 계산 한 후, 사석이 유출되지 않도록 사석 직경의 변경(예, 직경 확대 등) 또는 유출 방지막 등 제작을 통한 대책방안이 필요할 것으로 사료됩니다.

5. 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위한 조언

- 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위해 시험시공 지원, 턴키설계 반영, 기타 공사반영 등에 관한 노력을 하고 있습니다만, 아직 현장 적용을 하지 못했습니다. 상용화를 위해 필요한 조언을 부탁드립니다.

(의견)


- 상용화를 위해서는 시험시공이 매우 중요하다고 판단됩니다.
- 시험시공을 통한 기술 검증 후에 터키, 기타공사 반영 등이 이루어진다면 당해 기술의 신뢰성이 높아질 것으로 사료됩니다.
- 당해 기술은 신기술로서 실 현장 적용에 많은 어려움이 있을 것으로 예상되나, 사업시행자(해수부, PA, 민자)에게 그간 축적된 기술적 사항을 지속적으로 설명하고 특히, 민자사업 및 설계시공 일괄입찰인 터키 베이스의 현장을 집중적으로 공략하는 방안을 우선적으로 추진할 것을 제언합니다.

[추가 자문의견]

오픈셀 케이슨공법은 우리나라 항만분야 발전을 위한 고성능, 고품질의 우수한 기술이라고 판단되고 있습니다.

- 채움재의 거동(전단강도 등의 예측), 채움재의 성능에 따른 오픈셀 날개벽의 설계 부분의 내용(또는 기술)이 명확하게 제시되지 않은 것으로 사료됩니다. 향후, 실용화를 위해서는 채움재의 전단강도, 날개벽의 구조설계 기술 등이 설계자 입장에서 적용이 용이하도록 명확하게 제시되어야 할 것으로 사료됩니다.

자문의견서

이름: 김경태 
소속: 부경대

1. 오픈 셀 케이슨의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

- Sliding & 회전 파아병목이 적절하냐 생각됨
- 회전 안정성은 파리 위상각에 대한 최대내리막을 고려 ^{가중} 검토하는 것은 추구함.
· Subsystem 같이 LB? 경선은 리라 고려한 Subsystem ins/양에?

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이슨의 마찰력 증대 방안

- 수평저항력 증대(바닥면 요철 도입), 지반반력저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈 셀 내면 요철 도입) 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

- 오픈 셀 채움 시점의 다짐정도 규정 필요
- 다짐에 따라 채움 시점이 리라 커진 경우 영향 관측 있을 것이라 생각됨
↳ 다짐 정도에 따른 지반저항 산정?으로 성능 평가와 검토하야 생각됨.

3. 오픈 셀 케이스 요철부 제작방법

- 케이스 바닥면 및 오픈 셀 내면 요철부 제작 방법에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

~~작성 의견~~

✓ 셀 내면 요철부 제작하는 방안

✓ 등변대기 검토

4. 오픈 셀 케이스 채움 사석 유출 및 그 방지책

- 인터로킹을 위해 오픈 셀 내에 채워진 사석의 유출을 걱정하는 의견이 많습니다. 그 유출에 대비할 수 있는 방법에 대해서 의견을 주시기 바랍니다.

✓ 오픈 셀 케이스 채움 사석의 유출이 방지되는 방안


✓ 유출구멍이 있는 구조 검토

5. 오픈 셀 케이슨 공법의 상용화를 위한 조언

- 오픈 셀 케이슨 공법의 상용화를 위해 시험시공 지원, 턴키설계반영, 기 타공사반영 등에 관한 노력을 하고 있습니다만, 아직 현장 적용을 하지 못했습니다. 상용화를 위해 필요한 조언을 부탁드립니다.

한.인.원 CODE

자문의견서

이름: 이 중 우 
소속: 한국해양대학교

1. 오픈 셀 케이슨의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견

- 1) 미끌림 (활동)과 전도 부분의 안전율계산은 케이슨 전체가 일체화된 것을 전제로 하면 합리적임. 그러나 동시 파압분포는 최대파압이 동시에 작용하는 것으로 해석하되 인터로킹 단면 및 바닥면의 마찰계수를 보정함.
- 2) 인터로킹은 사석과 사석 (μ_1), 사석과 콘크리트간의 마찰계수(μ_2)를 사석을 투입한 경우 콘크리트와 접촉면의 면적을 계산(μ_2 적용구간)하고, 아울러 중앙단면적에는 사석끼리의 마찰(μ_1)을 적용하여 면적 비에 의한 가중평균비 ($\mu = \frac{A_1\mu_1 + A_2\mu_2}{A_1 + A_2}$)를 적용하여 활동과 전도계산에 반영함.
- 3) 파력분산계수로 (다방향) 불규칙파를 인터로킹 케이슨군에 적용할 수 있으나 최대파력으로 산정한 결과와 비교하여 적정치 도출의 검토를 수리 모형실험과 병행해볼 필요가 있음.
- 4) 케이슨제의 활동은 케이슨 푸팅외에 전후면 근고블록이나 보강재 사석이 위치하여 수평력을 억제하므로 안정성 검토에서 이를 반영하도록 함.

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이슨의 마찰력 증대 방안

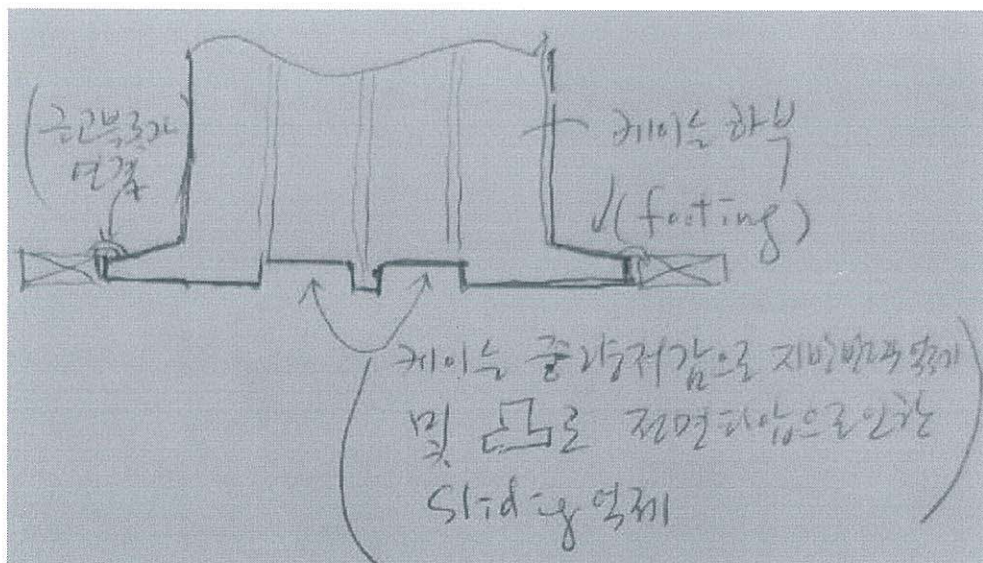
- 수평저항력 증대(바닥면 요철 도입), 지반반력저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈 셀 내면 요철 도입) 등에 관한 의견

- 1) 활동 및 전도에 저항력을 증가시키면서 지반반력을 저감하기 위해서는 제체의 중량을 줄이면서 케이슨 일체화를 높이는 것이 관건이므로 오픈 셀 케이슨의 디자인을 아래의 그림과 같이 조정하고 케이슨 바닥 전 후면에 근고블록을 연결시켜 시공하는 방안을 검토
- 2) 오픈 셀 내면의 요철은 아래에서 제안한 오픈셀은 좌우격실 사이를凸형으로 보완하여 적용 (스케치 참조)

3. 오픈 셀 케이슨 요철부 제작방법

- 케이슨 바닥면 및 오픈 셀 내면 요철부 제작 방법에 관한 의견

- 1) 오픈 셀 내면 : 오픈셀내 케이슨의 좌우격실 사이를凸형으로 보완하여 적용 (스케치 참조)
- 2) 케이슨 바닥면 : 바닥면 2격실에 해당하는 부분을 footing 높이 이하로凸형을 반영시도 (이 경우 현장거치시 기초마운드의 작업에 어려움이 유발됨)

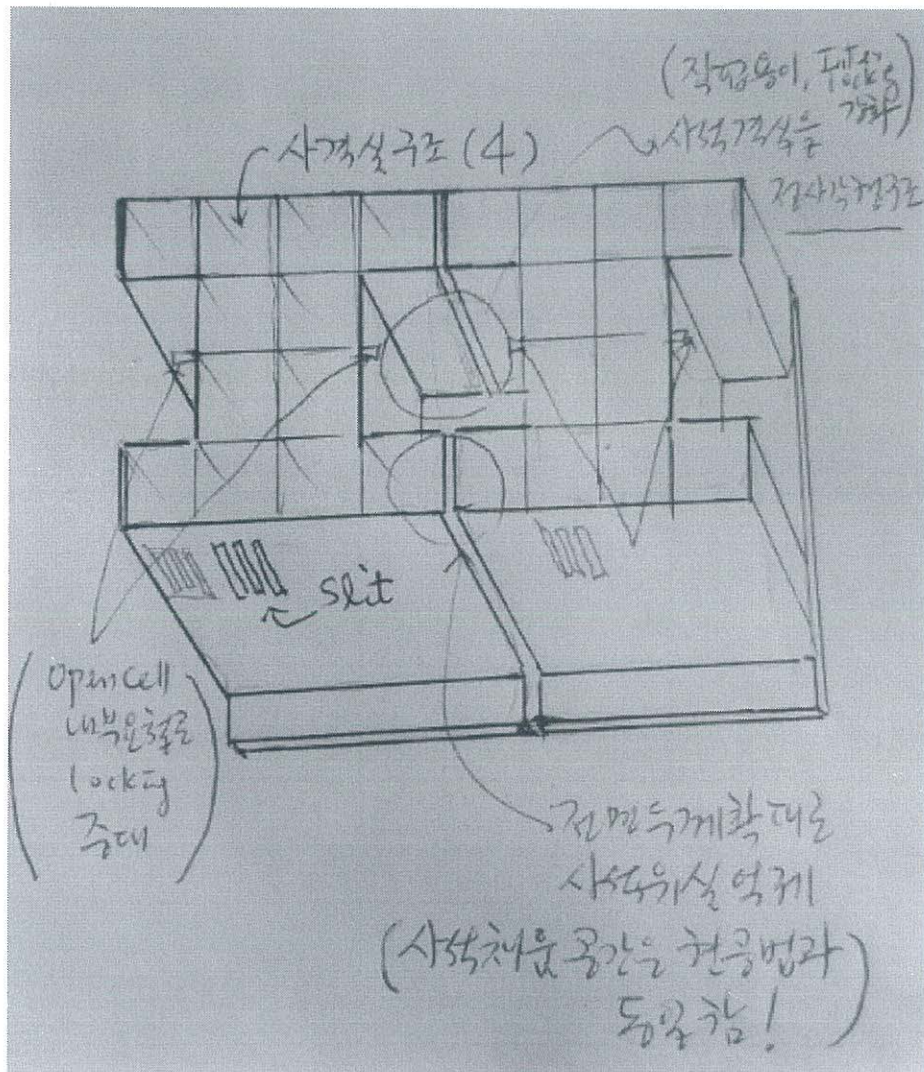
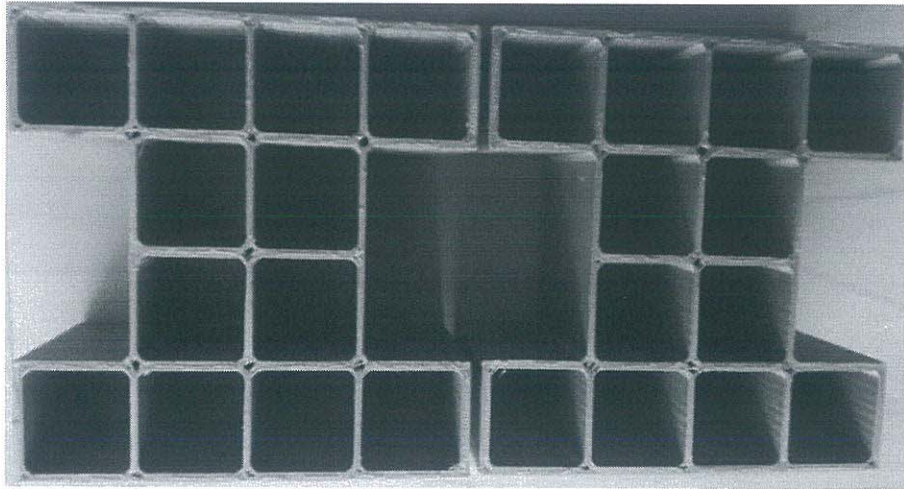


<그림 1> 케이슨 저면의 변형 방안

4. 오픈 셀 케이슨 채움 사석 유출 및 그 방지책

- 인터로킹을 위해 오픈 셀 내에 채워진 사석의 유출에 대비할 수 있는 방법에 대한 의견

- 1) 케이슨 단면을 4격실로 디자인할 경우 인터로킹을 위해 오픈 셀의 단면적(전체 체적)을 동일하게 하면서 인터로킹부분을 2중격실 형태로 손상시 사석의 유실을 막아줌.
- 2) 인터로킹 부분이 정사각형 구조로 되므로 직사각형 구조보다 사석투하시 작업이 용이하면서 인터로킹 면적을 2배로 넓힐 수 있어서 인터로킹력이 증가되면서 슬라이딩의 억제력이 높아지는 효과를 얻을 수 있음.



<그림 2> 케이스 인터로킹 디자인의 변경 방안

5. 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위한 조언

- 오픈 셀 케이스 공법의 상용화를 위한 조언 (시험시공 지원, 턴키설계반영, 기타공사반영 등 현장 적용 사례가 없음)
- 1) 적용대상 방파제가 대규모 공사에 적용되는 부분인 만큼 사업대상이 순조롭지 못함. 다만, 해양수산부가 신기술, 신공법, 특허, 디자인 등 사장된 기술의 지원을 추진하고 있는 만큼 소규모 구간 시험시공 및 모니터링을 추진할 수 있도록 협의 필요함. 모니터링은 단기적으로는 사계절을 포함하고 장기적으로는 4~5년을 목표로 할 것.
- 2) 거제의 KIOST 조사선 부두나 해양대 앞 돌제부두에서 시범적용하는 방안의 전략이 필요함.
- 3) 해양수산부 및 항만공사의 해외항만건설 기본계획 및 타당성조사 사업 추진시 해당 설계사와 건설사를 통해 설계에 반영 추진 (대안에 반영).

자문의견서

이름: 채장원 (서명) *Chae*
소속: (주) KIOST

1. 오픈 셀 케이슨의 구조물 안정성 평가방안

- 설계파(다방향 불규칙파), 제안된 평가식(미끌림, 전도, 회전), 파력분산계수 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

- 일방향 불규칙파에 대한 오픈셀 케이슨의 안정성은 현재 한계와 기존 케이슨 보다 안정성이 크게 향상됨.
- 다방향 불규칙파에 대한 경우는 수직 및 수평방향으로 동등한 강도가 확보됨. 이로써의 다방향에서 사용됨.
- 파에 따른 수중의 태풍/폭풍의 지속시간(duration)이 해안에서부터 3km 이내 간격으로, 또는 여러번 이런 태풍이 지속되는 경우 fatigue 현상 위해, - 기존 케이슨에 비해 안전, 강도 증가.

2. 요철형상의 도입에 따른 오픈 셀 케이슨의 마찰력 증대 방안

- 수평저항력 증대(바닥면 요철 도입), 지반반력저감(전용 상치콘크리트 도입, 오픈 셀 내면 요철 도입) 등에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

- 케이슨 바닥 인식을 도입하여 사용가능한 경우 바닥면 미끌림 저항력 증가 사항.
- 오픈셀 내부 인식을 도입해도 유사한 정도의 효과.
- 이를 보류 지반반력을 감소시키는 크기가 20~30%로 나타남. good!

3. 오픈 셀 케이스 요철부 제작방법

- 케이스 바닥면 및 오픈 셀 내면 요철부 제작 방법에 관한 의견을 주시면 감사하겠습니다.

4. 오픈 셀 케이스 채움 사석 유출 및 그 방지책

- 인터로킹을 위해 오픈 셀 내에 채워진 사석의 유출을 걱정하는 의견이 많습니다. 그 유출에 대비할 수 있는 방법에 대해서 의견을 주시기 바랍니다.

- 사석채움의 여러 혼란을 코어 팀에 위해
(현재)유체의 사석으로 이동.

5. 오픈 셀 케이슨 공법의 상용화를 위한 조언

- 오픈 셀 케이슨 공법의 상용화를 위해 시험시공 지원, 턴키설계반영, 기 타공사반영 등에 관한 노력을 하고 있습니다만, 아직 현장 적용을 하지 못했습니다. 상용화를 위해 필요한 조언을 부탁드립니다.




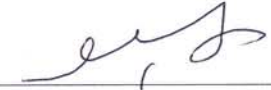
- Open Cell Caisson의 α 와 β , γ 와 δ , 시공성, 경제성은 α 와 β , γ 와 δ 를 통해 이룬, α 와 β 의 차이. 검증과 영상의 판독성

- 이점은. 기존 케이슨방식의 비교를 위해, 이점과 단점 α 와 β . α 와 β 의 차이 \rightarrow 판독성(영상, 이미지, 동영상 등) α 와 β . 이점을 영상의 차이 \rightarrow 판독성 \rightarrow 판독성 1 page

- α 와 β 의 차이 판독성 \rightarrow 판독성 \rightarrow 판독성 + Youtube.
 \rightarrow 상용화 가능한 가장 판독성 : Text Record 판독성
 \rightarrow 해방시공시공 .

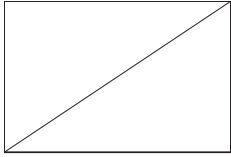
자 문 회 의

2018.12.27.(목)

구분	성명	소속기관명	서명
1	김재태	부경대	
2	이종우	한국해양대	
3	권소현	부산항만공사	
4	채정원	(재) KIOST	Chae
5	박우선	KIOST	
6	이병욱	KIOST	이병욱
7	변한진	KIOST	변한진
8			
9			
10			



**부록 B. 오픈 셀 케이스 공법의 안벽에의 적용
설계 용역 보고서**



오픈 셀 케이스 공법의 안벽에의 적용 설계 용역
보 고 서

2018. 12

한 국 해 양 과 학 기 술 원

목 차

제 1 장 과업의 개요

1.1 과업의 개요	1
1.1.1 과업의 목적	1
1.1.2 과업의 범위	1
1.1.3 과업의 기대효과	1
1.2 성과품	1

제 2 장 과업의 내용 요약

2.1 안벽 케이슨 형식별 단면 형상 및 안정성 검토	5
2.1.1 일반 케이슨 안벽 검토	5
2.1.2 오픈 셀 케이슨 안벽 검토	6
2.2 안벽 케이슨 형식별 공사비 비교	7
2.3 안벽 케이슨 형식별 비교 결과	8

제 3 장 오픈 셀 케이슨 주요특징

3.1 인터로킹 케이슨 개요	11
3.2 기존 기술(일반 케이슨 및 기존 인터로킹 케이슨)과의 차별성	14
3.2.1 경제성	14
3.2.2 구조부재 안정성	14
3.2.3 제작 및 시공성	14
3.2.4 지반 부등침하 대응성	14

Contents

제 4 장 설계기준

4.1 자연조건	17
4.2 하중조건	17
4.3 안정조건	17
4.4 내진조건	19

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

5.1 일반 케이스 안정성 검토	23
5.1.1 표준단면도	23
5.1.2 자중계산	23
5.1.3 외력산정	26
5.1.4 하중집계	35
5.1.5 안정성 검토	36
5.2 오픈 셀 케이스 안정성 검토	37
5.2.1 표준단면도	37
5.2.2 자중계산	37
5.2.3 외력산정	40
5.2.4 하중집계	49
5.2.5 안정성 검토	50
5.2.6 전단력을 고려한 안정성 검토	51

제 6 장 공사비 비교

6.1 일반 케이스 안벽 개략공사비	55
6.2 오픈 셀 케이스 안벽 개략공사비	56

Contents

제 7 장 추가 개선사항 제안

7.1 채움사석 유출방지공	59
7.2 개선된 케이스 일반도	60

첨부 관련 도면

※ 일반 케이스 안벽 표준단면도	63
※ 일반 케이스 배열도	65
※ 일반 케이스 일반도	67
※ 오픈 셀 케이스 안벽 표준단면도	69
※ 오픈 셀 케이스 배열도	71
※ 오픈 셀 케이스 일반도	73

제 1 장

과업의 개요

1.1 과업의 개요

1.2 성과품

제 1 장 과업의 개요

1.1 과업의 개요

1.1.1 과업의 목적

- 본 과업은 “쇄석인터로킹을 활용한 오픈 셀 케이스 공법(해양수산 신기술 2017-10호)”을 안벽에 적용한 표준설계서를 작성하는데 있다.

1.1.2 과업의 범위

- 안벽 구조물 설계
 - 신공법 적용한 안벽 설계(표준설계도 등 작성)
 - 일반공법 적용한 안벽 설계(표준설계도 등 작성)
- 공사비 산정
 - 신공법 적용시와 일반공법 적용시 공사비 비교

1.1.3 과업의 기대효과

- 신공법 사업화 추진 가속화
 - 실제 적용 설계서를 확보함으로써 사업화 추진이 탄력을 받음
- 신공법 교육/홍보 자료로 활용
 - 설계 및 시공 전문가를 대상으로 교육/홍보에 활용
- 연구소기업 성장에 기여
 - 연구소기업 (유)코이도의 성장에 필요한 기본 자료로 활용 가능

1.2 성과품

- 오픈 셀 케이스 안벽 적용 보고서
- 오픈 셀 케이스 홍보자료

제2장

과업의 내용 요약

2.1 안벽 케이스 형식별 단면
형상 및 안정성 검토

2.2 안벽 케이스 형식별 공사비
비교

2.3 안벽 케이스 형식별
비교결과

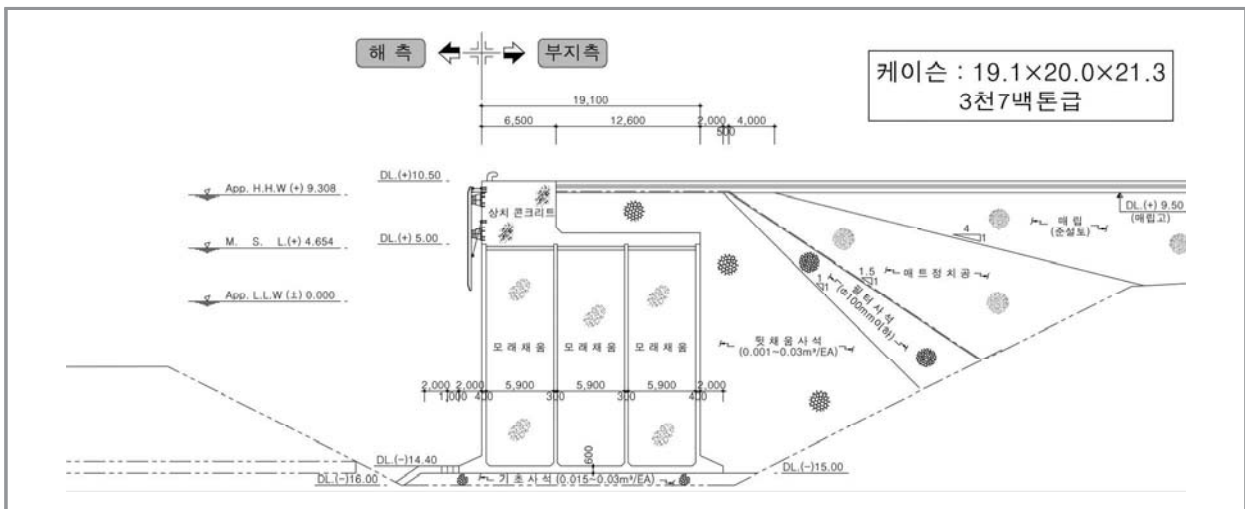
제 2 장 과업의 내용 요약

2.1 안벽 케이스 형식별 단면 형상 및 안정성 검토

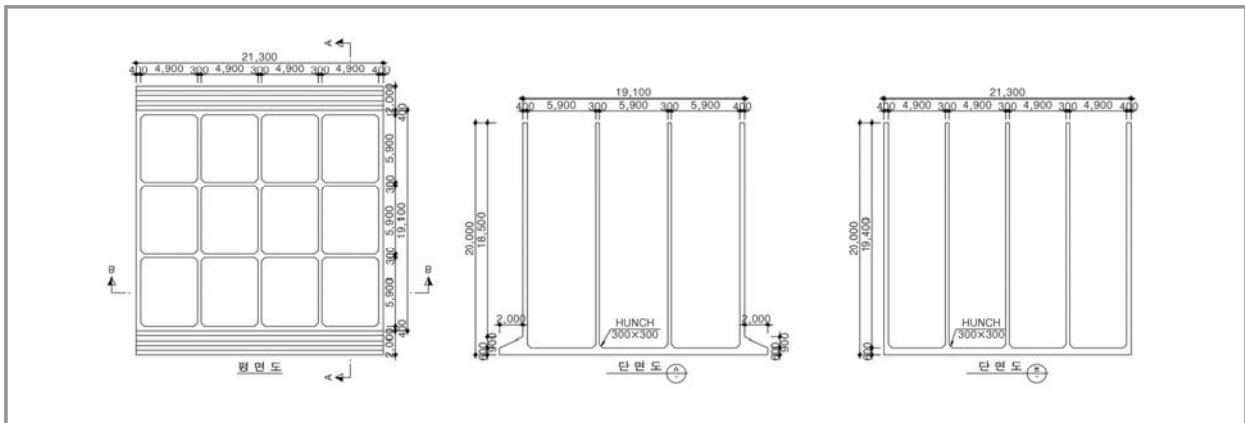
2.1.1 일반 케이스 안벽 검토

가. 표준단면도

【 일반 케이스 안벽 표준단면도 】



【 케이스 일반도 】



나. 안정성 검토 요약

【 안정성 검토 결과 】

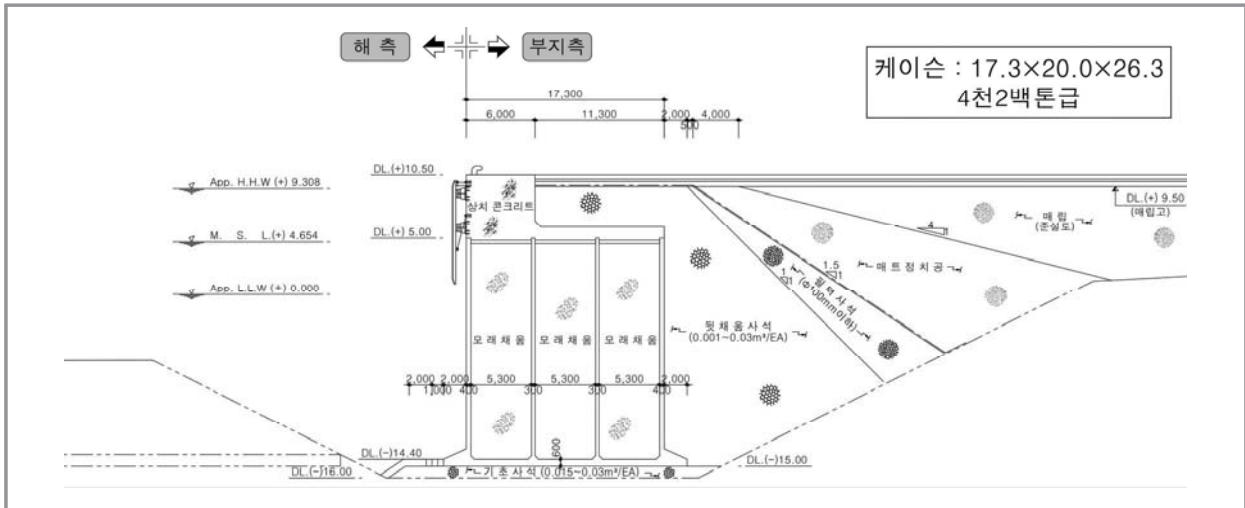
구분	활동(안전율)	전도(안전율)	지지력(q_{max})
상시	2.13	4.24	468.80kN/m ²
지진시	1.65	3.58	503.84kN/m ²

제 2 장 과업의 내용 요약

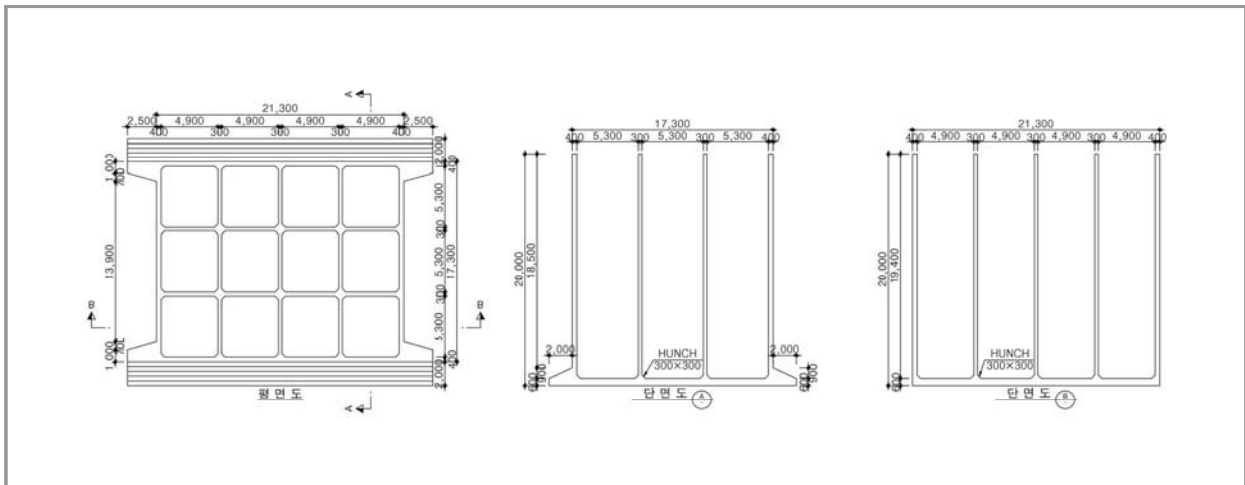
2.1.2 오픈 셀 케이슨 안벽 검토

가. 표준단면도

【 오픈 셀 케이슨 안벽 표준단면도 】



【 케이슨 일반도 】



나. 안정성 검토 요약

【 안정성 검토 결과 】

구분	활동(안전율)	전도(안전율)	지지력(q_{max})
상시	1.80 (1.93)	3.35	478.26kN/m ²
지진시	1.47	3.00	504.72kN/m ²

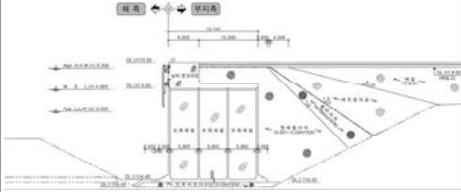
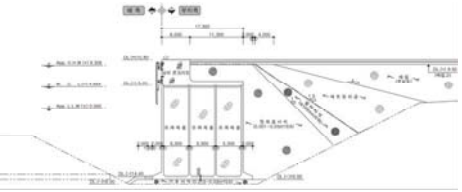
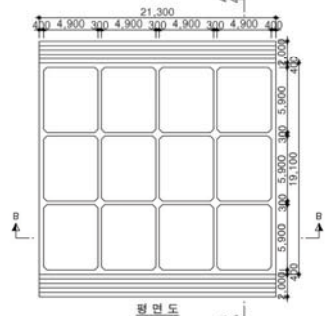
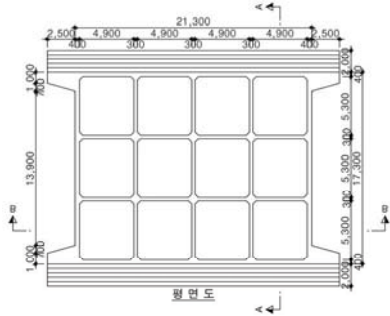
2.2 안벽 케이스 형식별 공사비 비교

(단위 : 원/m당)

구분	일반 케이스	오픈 셀 케이스
합계	78,417,059	76,710,412
준설공	2,237,915	2,237,915
기초공	36,767,296	35,606,536
매립공	105,399	115,564
구체공	33,844,112	33,713,446
상부공	5,462,337	5,036,951

- 케이스 안벽 하부의 지반개량공사비 제외금액임
- 제경비 및 부가가치세가 제외된 순공사비 금액으로 비교하였음
- 오픈 셀 케이스가 일반 케이스에 비하여 공사비 2.2% 절감

2.3 안벽 케이슨 형식별 비교 결과

구분		일반 케이슨	오픈 셀 케이슨
설계 개요		· 일반형 무공케이슨 적용	· 인터로킹 효과를 기대할 수 있는 오픈 셀 케이슨 적용
표준단면도			
일반도			
안정성	활동	2.13 / 1.65	1.80 (1.93) / 1.47
	전도	4.24 / 3.58	3.35 / 3.00
	지지력	468.80 / 503.84	478.26 / 504.72
케이슨 규모		19.1(B) x 21.30(L) x 20.0(H)	17.3(B) x 26.30(L) x 20.0(H)
케이슨 중량		3천7백톤급	4천2백톤급
경제성		1.00	0.978
검토의견		<ul style="list-style-type: none"> · 활동, 전도 및 지지력에 대한 안정성을 확보한 단면으로 비교 할 경우 오픈 셀 케이슨이 일반 안벽에 비하여 케이슨 폭이 9.4% 감소함 · 공사비는 오픈 셀 케이슨이 일반안벽에 비하여 2.2% 절감됨 · 인터로킹 사석의 전단저항력을 고려할 경우 활동안전율은 최대 6.7% 이상 증가됨 · 검토결과 오픈 셀 케이슨이 일반형 케이슨에 비하여 공사비 절감에 효과적일 것으로 판단됨 	

제3장

오픈 셀 케이스 주요특징

3.1 인터로킹 케이스 개요

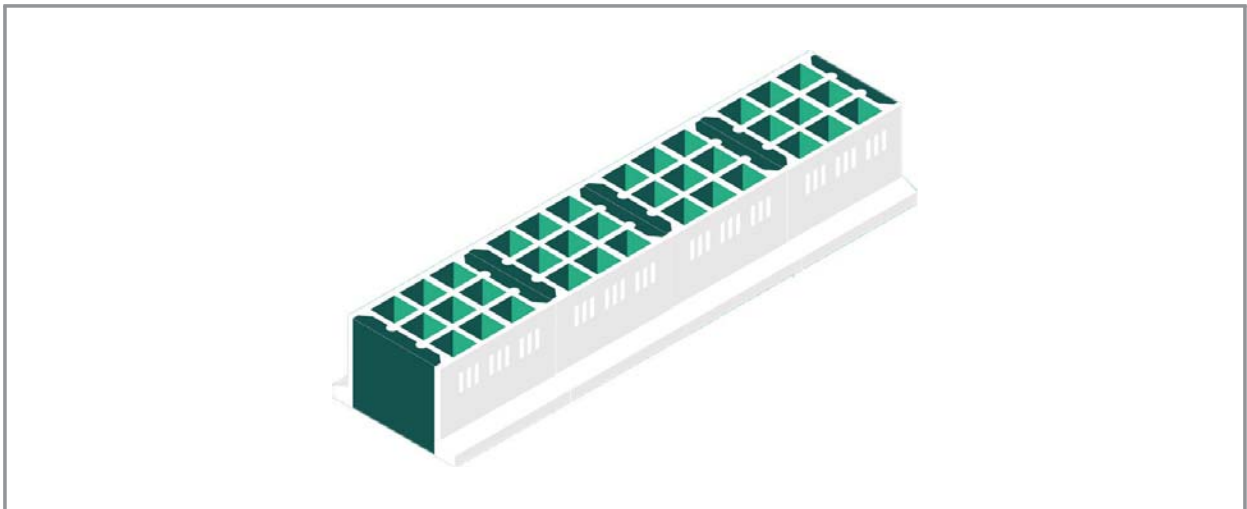
3.2 기존 기술(일반 케이스 및
기존 인터로킹 케이스)과의
차별성

제 3 장 오픈 셀 케이스 주요특징

3.1 인터로킹 케이스 개요

- 인터로킹 케이스는 기존의 케이스에서 셀 일부(측벽 또는 저판)를 오픈시킨 “오픈 셀 케이스”에 채움재를 채워 케이스식 항만구조물을 장대화 하는 기술임. 이 기술은 구조물 시공비용의 절감이 가능하고, 마주한 오픈 셀로 인해 생기는 인터셀에 사석 등을 채움으로써 인접 케이스와의 인터로킹이 가능하여 외력 분산효과에 의한 최대 응력의 저감으로 구조물 안정성을 획기적으로 높일 수 있음.

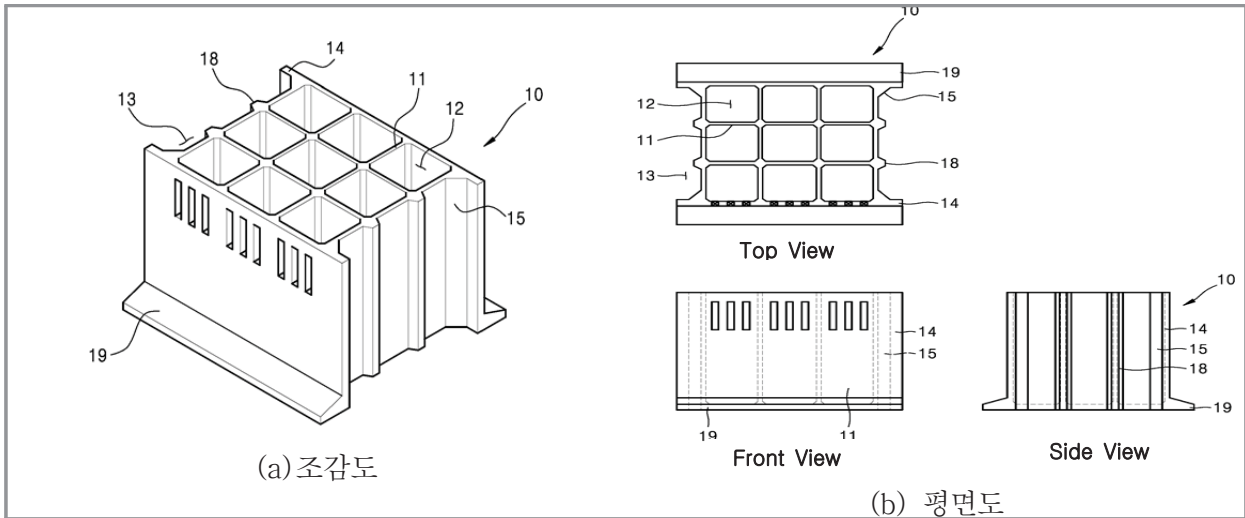
【 채움재를 이용한 인터로킹 케이스 이용하여 장대화한 항만구조물 】



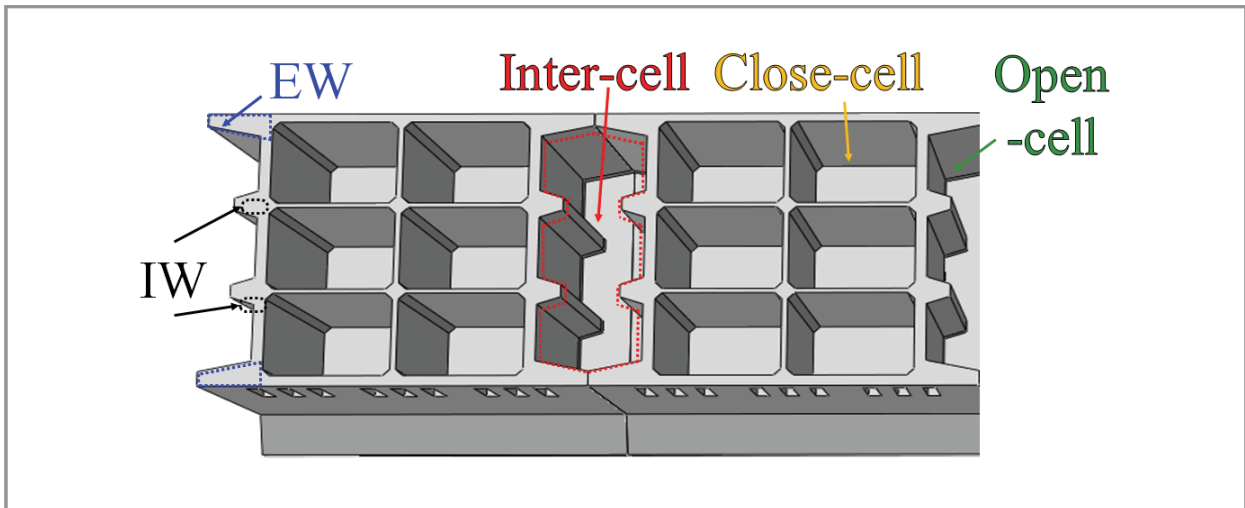
- 채움재를 이용한 인터로킹 케이스 아래 그림과 같이 일반 케이스 양 외벽에 전단 횡격벽이 설치되고 열려있는 셀이 되는 형태로, 전단 횡격벽은 위치에 따라 양단에 있는 경우 외부벽(EW, external wall), 양단을 제외한 중간에 있는 경우 내부벽(IW, internal wall)이라 각각 명명하였음.
- 이로 인해 인접케이스와 내·외부벽 사이에 인터셀(접속부 공간)이 형성되며 여기에 채움재가 채워지는 형식임. 이는 일부 케이스에 설계하중을 초과한 하중 재하시 채움재의 전단저항에 의해 작용하중의 평활화 효과가 있고, 인터셀의 저면 및 측면에서 채움재 마찰에 의해 활동 저항력이 증대되어 기존 케이스 구조 대비 공용 중 안정성이 높음. 또한 케이스 측벽과 저판 일부를 제거할 수 있어 재료비 절감이 가능하고, 동일 폭 기준 기존케이스 구조보다 자중이 작아 설치 시 장비선택의 폭이 넓으며, 시공 제어도 용이함.

제 3 장 오픈 셀 케이스 주요특징

【 채움재를 이용한 인터로킹 케이스(오픈 셀 케이스) 개념도 】

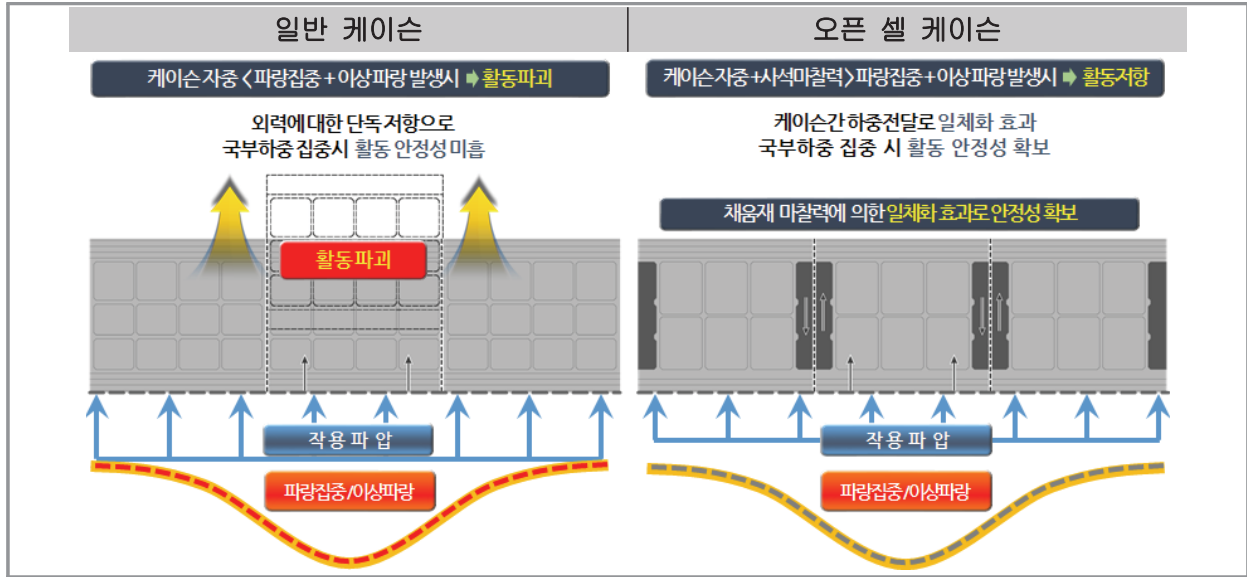


【 채움재를 이용한 인터로킹 케이스의 구성 】

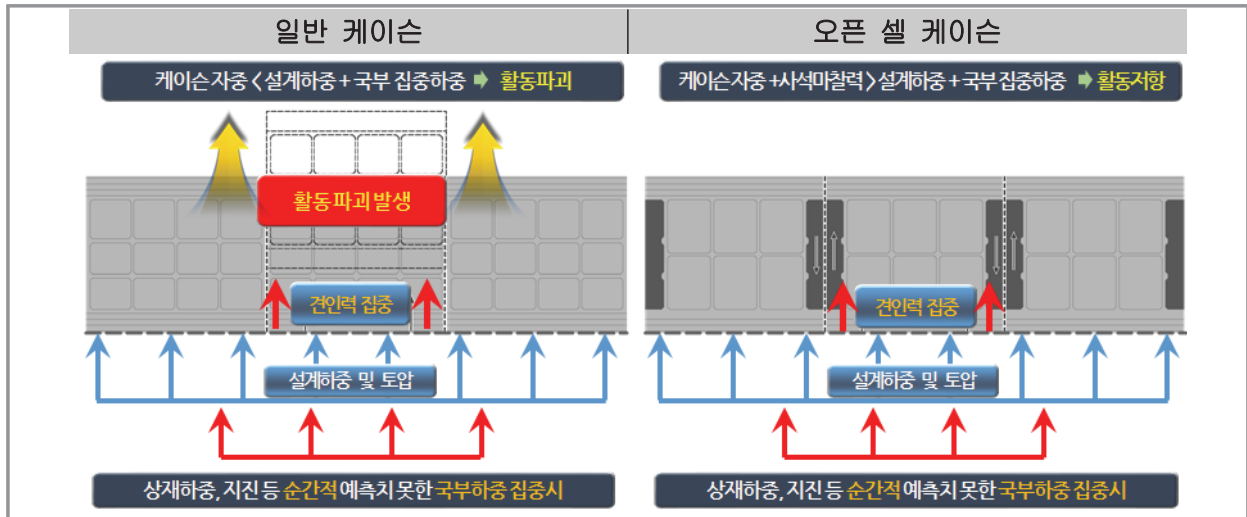


- 본 기술은 해양수산 분야 중 항만분야에 적용 가능하며, 특히, 안벽, 호안, 방파제 등에 직접적으로 활용 가능함. 기존의 2차원적 중력식 항만구조물 기술을 3차원 기술로 확장한 점이 기술적으로 향상된 점이라 할 수 있으며, 케이스 인터로킹을 통하여 구조물의 안정성을 획기적으로 높인 것이 성능 측면의 향상된 점이라 할 수 있음.
- 본 기술을 적용하여 구조물을 장대화하면 최대 외력을 감소시킬 수 있어 기존 구조물에 비하여 안정성을 대폭 높일 수 있으며, 재료비는 물론 시공비도 절감할 수 있어 경제성도 얻을 수 있음.

【 채움재를 이용한 인터로킹 케이스 메커니즘 - 방파제 적용시 】



【 채움재를 이용한 인터로킹 케이스 메커니즘 - 안벽 적용시 】



3.2 기존 기술(일반 케이스 및 기존 인터로킹 케이스)과의 차별성

3.2.1 경제성

- 본 기술의 경우 소요 케이스 부재 감소로 동일 규모의 타 인터로킹 케이스에 비하여 재료비 감소가 가능하고, 자중이 작아 시공비 감소를 기대할 수 있어 상대적 경제성이 우수하다고 할 수 있음.

3.2.2 구조부재 안전성

- 본 기술은 기존의 케이스 측면 요철에 의한 인터로킹 기술, 블록 또는 케이블을 이용한 인터로킹 기술이 안고 있는 응력집중 문제가 발생하지 않아 구조부재 안전성이 상대적으로 우수하다고 할 수 있음.

3.2.3 제작 및 시공성

- 경쟁기술로 판단되는 케이스 측면 요철에 의한 인터로킹 기술에 비하여, 케이스가 대칭적이고, 단순하여 제작 및 시공성이 상대적으로 우수함.

3.2.4 지반 부등침하 대응성

- 본 기술은 일반 케이스 또는 경쟁기술에 비하여 지반의 부등침하에 대한 대응능력이 우수함. 즉, 상대적으로 세굴가능성이 높은 케이스 접합부 부근에서 세굴이 발생할 경우 채움재가 세굴 부분을 자동적으로 채우게 되어 부등침하 발생이 미연에 방지되는 효과가 있음.

제4장

설계기준

4.1 자연조건

4.2 하중조건

4.3 안정조건

4.4 내진조건

제4장 설계기준

4.1 자연조건

가. 설계 조위

구 분		조 위 (DL., m)	평택·당진항 조위표
고 극 조 위	H . H . W	(+)10.310	(Unit: m)
약 최고고조위	App. H.H.W	(+) 9.308	
대조평균고조위	H.W.O.S.T	(+) 8.631	
평균 고 조 위	H.W.O.M.T	(+) 7.520	
소조평균고조위	H.W.O.N.T	(+) 6.409	
평균 해 면	M. S. L	(+) 4.654	
소조평균저조위	L.W.O.N.T	(+) 2.899	
평균 저 조 위	L.W.O.M.T	(+) 1.788	
대조평균저조위	L.W.O.S.T	(+) 0.677	
약 최저저조위	App. L.L.W	(±) 0.000	

4.2 하중조건

가. 상재 하중

구 분	안 벽(kN/m ²)	비 고
상 시	19.6	
지진시	4.90	붕괴방지

나. 선박의 견인력

선박의 총톤수(GT)	직주에 작용하는 견인력 (kN)	곡주에 작용하는 견인력 (kN)	비 고
200,000 ~ 250,000	2,500	2,000	

다. 단위체적중량

재 료		단위체적중량(kN/m ³)		비 고
		수 상	수 중	
콘크리트	철 근	24.0	14.0	해수 10.3kN/m ³
	무 근	22.6	12.6	
석재(화강암)		26.0	16.0	
강재 및 주강		77.0	67.0	
모래, 자갈, 깬돌		18.0	10.0	
아스팔트 콘크리트		22.6	12.6	

라. 구조물 잔류수위

● R.W.L(잔류수위) = (App.H.H.W - App.L.L.W) × 잔류수위 계수

구 분	블록식	케이슨식	벽강관식, 강널말뚝식
잔류수위 계수	1/3	1/2	2/3

마. 하중 조합

구 분	자중	부력	잔류수압	토압		견인력	상재하중	동수압	관성력
				상재無	상재有				
상시	Case-1	○	○	○	○				
	Case-2	○	○	○		○	○		
	Case-3	○	○	○		○	○	○	
지진시	Case-9	○	○	○	○			○	○
	Case-10	○	○	○		○		○	○
	Case-11	○	○	○		○		○	○

4.3 안정조건

가. 마찰계수

구 분	콘크리트와 콘크리트	콘크리트와 암반	수중 콘크리트와 암반	콘크리트와 사석	사석과 사석
마찰계수	0.5	0.5	0.7 ~ 0.8	0.6	0.8

나. 허용 안전율

구 분	상 시	지진시	비 고
활 동	1.2	1.1	
전 도	1.2	1.1	
기초사석 마운드 직선 활동	1.2	1.0	
허용 지반 지지력(kN/m ²)	500	600	기초 마운드
편심경사하중(Bishop법)	1.2	1.0	
원호 활동	1.3	1.1	안벽 구조물
		1.0	호안 구조물

다. 허용 지지력(q_a)

구 분	평상시(kN/m ²)	지진시(kN/m ²)	비 고
사석마운드	500	600	항만 및 어항 설계기준

4.4 내진조건

구 분	내진적용수준	설계수평지진계수
내진조건	붕괴방지수준	0.061

제5장

안벽 케이스 안정 검토

5.1 일반 케이스 안정성 검토

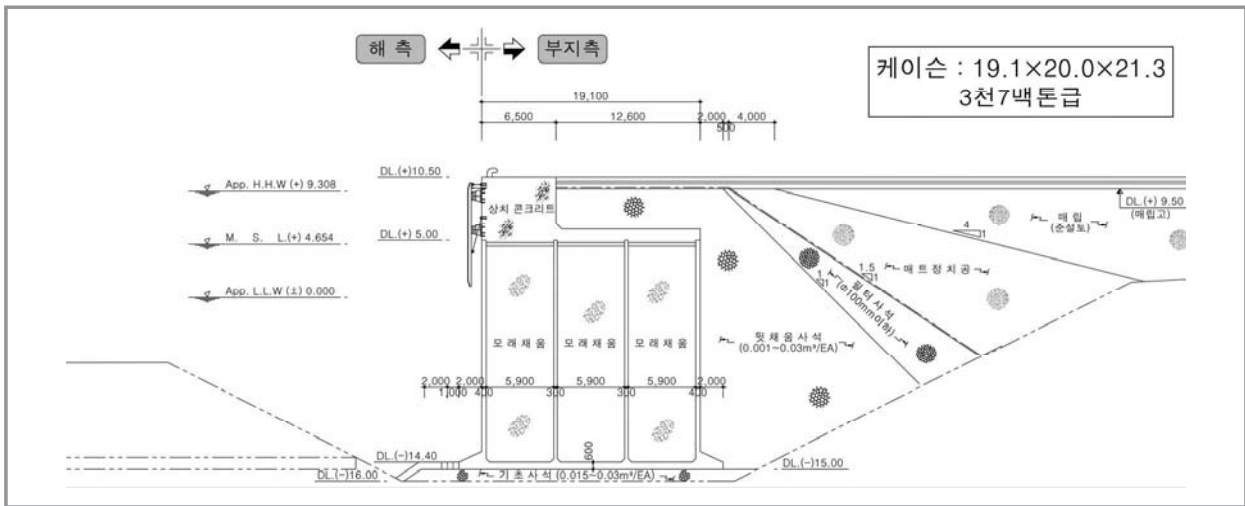
5.2 오픈 셀 케이스 안정성 검토

제5장 안벽 케이스 안정 검토

5.1 일반 케이스 안정성 검토

5.1.1 표준단면도

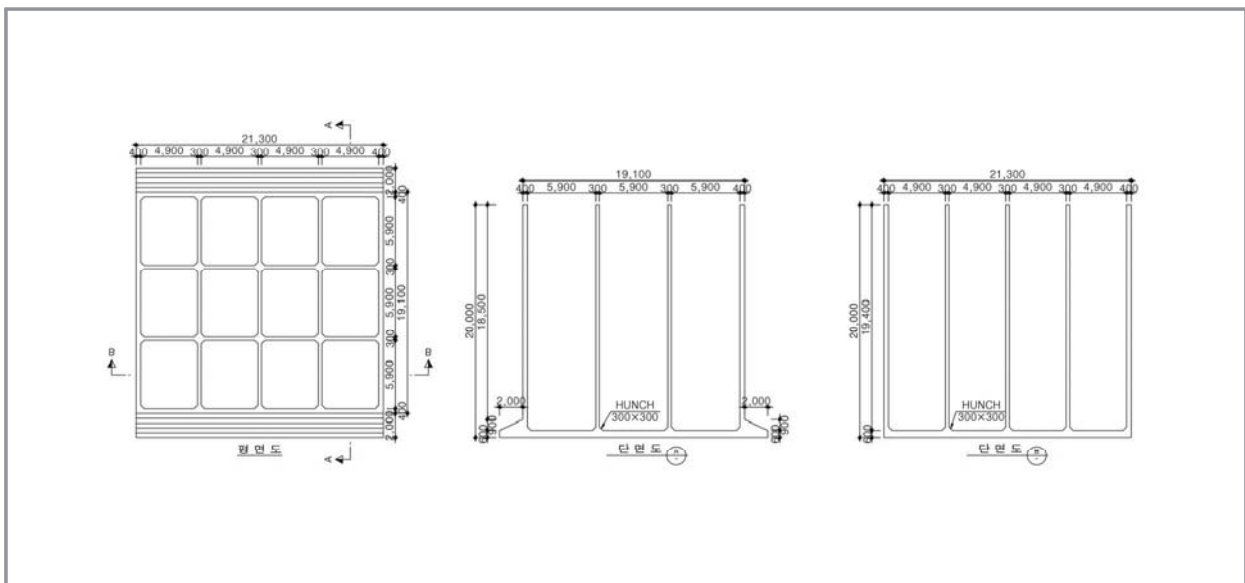
【 일반 케이스 안벽 표준단면도 】



5.1.2 자중계산

가. 케이스 규격

【 케이스 일반도 】



제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

나. 구조물 자중

1) 케이스 본체

구 분	케이스 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)					
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이			X	Y	Mx	My				
저판	1 EA	×	1	×	19.10	×	21.30	×	0.60	244.098	5,858.35	11.55	0.30	67,663.94	1,757.51
TOE(□)	2 EA	×	1	×	2.00	×	21.30	×	0.60	51.120	1,226.88	11.55	0.30	14,170.46	368.06
TOE(△)	2 EA	×	1/2	×	2.00	×	21.30	×	0.90	38.340	920.16	11.55	0.90	10,627.85	828.14
전면벽	1 EA	×	1	×	0.40	×	21.30	×	19.40	165.288	3,966.91	20.90	10.30	82,908.42	40,859.17
후면벽	1 EA	×	1	×	0.40	×	21.30	×	19.40	165.288	3,966.91	2.20	10.30	8,727.20	40,859.17
측벽	2 EA	×	1	×	0.40	×	18.30	×	19.40	284.016	6,816.38	11.55	10.30	78,729.19	70,208.71
종격벽	2 EA	×	1	×	0.30	×	20.50	×	19.40	238.620	5,726.88	11.55	10.30	66,145.46	58,986.86
횡격벽	9 EA	×	1	×	5.90	×	0.30	×	19.40	309.042	7,417.01	11.55	10.30	85,666.47	76,395.20
수평현치(V)	24 EA	×	1/2	×	0.30	×	5.30	×	0.30	5.724	137.38	11.55	0.70	1,586.74	96.17
수평현치(H)	24 EA	×	1/2	×	4.30	×	0.30	×	0.30	4.644	111.46	11.55	0.70	1,287.36	78.02
수직현치	48 EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	19.10	41.256	990.14	11.55	10.45	11,436.12	10,346.96
현치우각부	48 EA	×	5/6	×	0.30	×	0.30	×	0.30	1.080	25.92	11.55	0.70	299.38	18.14
합당 계										1,548.516	37,164.38	11.55	8.09	429,248.59	300,802.11
m당 계											1,744.81	11.55	8.09	20,152.52	14,122.16

2) 케이스 덮개

구 분	케이스 덮개 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)					
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이			X	Y	Mx	My				
케이스덮개	12 EA	×	1	×	5.90	×	4.90	×	0.30	104.076	2,352.12	11.55	19.65	27,166.99	46,219.16
수직현치	48 EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	0.30	-0.648	-14.64	11.55	19.65	-169.09	-287.68
합당 계										103.428	2,337.48	11.55	19.65	26,997.90	45,931.48
m당 계											109.74	11.55	19.65	1,267.51	2,156.41

3) 상치콘크리트

구 분	상치콘크리트 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)					
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이			X	Y	Mx	My				
①	1 EA	×	1	×	6.50	×	21.30	×	4.50	623.025	14,080.37	5.25	23.25	73,921.94	327,368.60
②	1 EA	×	1	×	12.60	×	21.30	×	4.50	1,207.710	21,738.78	14.80	22.50	321,733.94	489,122.55
③	1 EA	×	1/2	×	0.50	×	21.30	×	0.50	-2.663	-47.93	8.67	20.37	-415.39	-976.33
④	1 EA	×	1/2	×	0.50	×	21.30	×	0.50	2.663	60.18	8.67	20.37	521.56	1,225.87
⑤	1 EA	×	1	×	19.10	×	21.30	×	1.00	406.830	9,194.36	11.55	20.50	106,194.86	188,484.38
⑥	12 EA	×	1	×	5.90	×	4.90	×	0.20	69.384	1,568.08	11.55	19.90	18,111.32	31,204.79
⑦	48 EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	0.20	-0.432	-9.76	11.55	19.90	-112.73	-194.22
합당 계										2,306.517	46,584.08	11.16	22.24	519,955.50	1,036,235.64
m당 계											2,187.05	11.16	22.24	24,411.06	48,649.56

4) 케이스 속채움

구 분	케이스 속채움 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)	
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이			X	Y	Mx	My
속채움	12	EA × 1	× 5.90	× 4.90	× 18.90	6,556.788	131,135.76	11.55	10.05	1,514,618.03	1,317,914.39
수평현치(V)	24	EA × 1/2	× 0.30	× 5.30	× 0.30	-5.724	-114.48	11.55	0.70	-1,322.24	-80.14
수평현치(H)	24	EA × 1/2	× 4.30	× 0.30	× 0.30	-4.644	-92.88	11.55	0.70	-1,072.76	-65.02
수직현치	48	EA × 1/2	× 0.30	× 0.30	× 18.60	-40.176	-803.52	11.55	10.20	-9,280.66	-8,195.90
현치우각부	48	EA × 5/6	× 0.30	× 0.30	× 0.30	-1.080	-21.60	11.55	0.70	-249.48	-15.12
합당 계						6,505.164	130,103.28	11.55	10.07	1,502,692.89	1,309,558.21
m당 계							6,108.14	11.55	10.07	70,548.96	61,481.61

5) 벽체중량 및 모멘트의 합계

구 분	체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)	
			X	Y	Mx	My
케이스본체	1,548.516	37,164.38	11.55	8.09	429,248.59	300,802.11
케이스 덮개	103.428	2,337.48	11.55	19.65	26,997.90	45,931.48
상치콘크리트	2,306.517	46,584.08	11.16	22.24	519,955.50	1,036,235.64
케이스속채움	6,505.164	130,103.28	11.55	10.07	1,502,692.89	1,309,558.21
합당 계	10,463.625	216,189.22	11.47	12.45	2,478,894.88	2,692,527.44
m당 계	491.250	10,149.73	11.47	12.45	116,380.04	126,409.74

6) 부력산정

가) 케이스 본체

구 분	케이스 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)	
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이			X	Y	Mx	My
저판	1	EA × 1	× 19.10	× 21.30	× 0.60	244.098	2,514.21	11.55	-	29,039.13	-
TOE(□)	2	EA × 1	× 2.00	× 21.30	× 0.60	51.120	526.54	11.55	-	6,081.54	-
TOE(△)	2	EA × 1/2	× 2.00	× 21.30	× 0.90	38.340	394.90	11.55	-	4,561.10	-
전면벽	1	EA × 1	× 0.40	× 21.30	× 19.05	162.340	1,672.10	20.90	-	34,946.89	-
후면벽	1	EA × 1	× 0.40	× 21.30	× 19.05	162.340	1,672.10	2.20	-	3,678.62	-
측벽	2	EA × 1	× 0.40	× 18.30	× 19.05	278.951	2,873.20	11.55	-	33,185.46	-
종격벽	2	EA × 1	× 0.30	× 20.50	× 19.05	234.364	2,413.95	11.55	-	27,881.12	-
횡격벽	9	EA × 1	× 5.90	× 0.30	× 19.05	303.530	3,126.36	11.55	-	36,109.46	-
수평현치(V)	24	EA × 1/2	× 0.30	× 5.30	× 0.30	5.724	58.96	11.55	-	680.99	-
수평현치(H)	24	EA × 1/2	× 4.30	× 0.30	× 0.30	4.644	47.83	11.55	-	552.44	-
수직현치	48	EA × 1/2	× 0.30	× 0.30	× 18.75	40.509	417.24	11.55	-	4,819.12	-
현치우각부	48	EA × 5/6	× 0.30	× 0.30	× 0.30	1.080	11.12	11.55	-	128.44	-
합당 계						1,527.040	15,728.51	11.55	-	181,664.31	-
m당 계							738.43	11.55	-	8,528.84	-

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

나) 속채움

구분	케이스 속채움 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)	
	개수	단면 형상	횡방향	종방향	높이			X	Y	Mx	My
속채움	12	EA × 1	× 5.90	× 4.90	× 19.05	6,610.214	68,085.20	11.55	-	786,384.06	-
수평현치(V)	24	EA × 1/2	× 0.30	× 5.30	× 0.30	-5.724	-58.96	11.55	-	-680.99	-
수평현치(H)	24	EA × 1/2	× 4.30	× 0.30	× 0.30	-4.644	-47.83	11.55	-	-552.44	-
수직현치	48	EA × 1/2	× 0.30	× 0.30	× 19.10	-41.256	-424.94	11.55	-	-4,908.06	-
현치우각부	48	EA × 5/6	× 0.30	× 0.30	× 0.30	-1.080	-11.12	11.55	-	-128.44	-
합당 계						6,557.510	67,542.35	11.55	-	780,114.13	-
m당 계							3,171.00	11.55	-	36,625.08	-

7) 지진시 자중의 관성력 및 모멘트

구분	자중 (kN)	팔길이(m)	모멘트(kN·m)
케이스본체	37,164.38 × 0.061 = 2,267.03	8.09	18,349.32
케이스 덮개	2,337.48 × 0.061 = 142.59	19.65	2,801.82
상치콘크리트	46,584.08 × 0.061 = 2,841.63	22.24	63,209.19
케이스속채움	130,103.28 × 0.061 = 7,936.30	10.07	79,886.80
합당 계	13,187.54	12.45	164,247.13
m당 계	619.13	12.45	7,711.13

5.1.3 외력산정

가. 토압계수

1) 평상시

- 평상시 사질토의 주동토압은 Coulomb식에 의하여 산정한다.

$$P_{ai} = K_{ai} \cdot \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{w \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cdot \cos \psi$$

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\phi_i - \psi)}{\cos^2 \psi \cos(\delta + \psi) \left[1 + \frac{\sin(\phi_i + \delta) \sin(\phi_i - \beta)}{\cos(\delta + \psi) \cos(\psi - \beta)} \right]^2}$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = -\tan(\phi_i + \delta + \psi - \beta) + \sec(\phi_i + \delta + \psi - \beta) \cdot \sqrt{\frac{\cos(\psi + \delta) \sin(\phi_i + \delta)}{\cos(\psi - \beta) \sin(\phi_i - \beta)}}$$

- 여기서, P_{ai} : i층 하면벽체에 작용하는 주동토압 강도 (kN/m²)

K_{ai} : i층의 주동토압 계수

h_i : i층의 두께 (m)

ψ : 벽면이 연직면과 이루는 각도 (°)

- ϕ_i : i층토의 내부 마찰각 (°)
- ζ_i : i층 붕괴면이 수평과 이루는 각도 (°)
- γ_i : i층의 단위체적 중량 (kN/m³)
- w : 상재하중 (kN/m²)
- β : 지표면이 수평과 이루는 각도 (°)
- δ : 벽면 마찰각 (°)

- $\psi = 0^\circ, \beta = 0^\circ$ 으므로 다음과 같이 표시됨

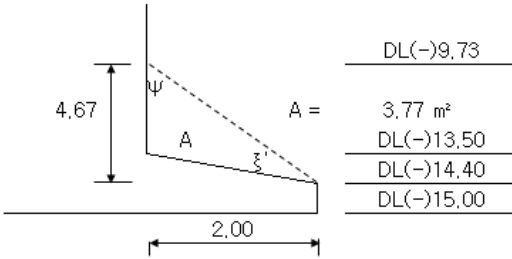
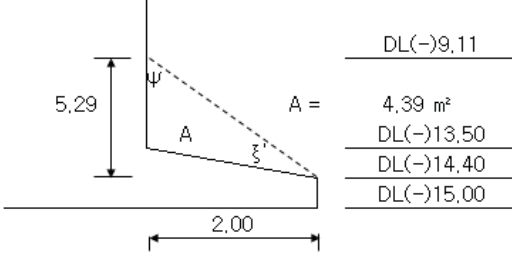
$$P_{ai} = K_{ai} \cdot \left(\sum \gamma_i \cdot h_i + w \right)$$

$$K_{ai} = \frac{\cos^2 \phi_i}{\cos \delta \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_i + \delta) \sin \phi_i}{\cos \delta}} \right]^2}$$

- 그러므로 $\phi_i = 40^\circ, \delta = 15^\circ$ 일 때(사석조건) K_{ai} 를 구하면

$$K_{ai} = \frac{\cos^2 40}{\cos 15 \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+15) \times \sin 40}{\cos 15}} \right]^2} = 0.2011$$

● 벽체 배면에 작용하는 토괴자중 및 토압

<p>주동붕괴각(상시)</p> <ul style="list-style-type: none"> ϕ = 흙의 내부마찰각 ($\approx 40^\circ$) δ = 흙과 벽면과의 마찰각 ($\approx 15.0^\circ$) ψ = 벽면이 연직과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) β = 지표면이 수평과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) $\theta = \tan^{-1} k$ 지진할성각 ($\approx 0.0^\circ$) $k = \frac{-\sin(\phi + \delta - \psi - \beta)}{\sqrt{\frac{\cos(\psi - \delta - \theta) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\psi + \beta) \sin(\phi - \beta - \theta)}}}$ ($\approx 0.00^\circ$) $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = -0.819$ $\zeta_s = \frac{\cos(\psi - \delta - \theta) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\psi + \beta) \sin(\phi - \beta - \theta)} = 1.109$ $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = 0.574$ $\zeta_s = 63.20^\circ$ 	 <p>DL(-)9.73</p> <p>A = 3.77 m²</p> <p>DL(-)13.50</p> <p>DL(-)14.40</p> <p>DL(-)15.00</p> <p>$\zeta' = 90 + \phi - \zeta = 66.80^\circ$</p> <p>$\psi = 90 - \zeta' = 23.20^\circ$</p> <p>Kai = 0.481 Khi = 0.217</p>
<p>주동붕괴각(지진시)</p> <ul style="list-style-type: none"> ϕ = 흙의 내부마찰각 ($\approx 40^\circ$) δ = 흙과 벽면과의 마찰각 ($\approx 15.0^\circ$) ψ = 벽면이 연직과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) β = 지표면이 수평과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) $\theta = \tan^{-1} k$ 지진할성각 ($\approx 3.3^\circ$) $k = \frac{-\sin(\phi + \delta - \psi - \beta)}{\sqrt{\frac{\cos(\psi - \delta - \theta) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\psi + \beta) \sin(\phi - \beta - \theta)}}}$ ($\approx 0.06^\circ$) $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = -0.819$ $\zeta_s = \frac{\cos(\psi - \delta - \theta) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\psi + \beta) \sin(\phi - \beta - \theta)} = 1.140$ $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = 0.574$ $\zeta_s = 60.70^\circ$ 	 <p>DL(-)9.11</p> <p>A = 4.39 m²</p> <p>DL(-)13.50</p> <p>DL(-)14.40</p> <p>DL(-)15.00</p> <p>$\zeta' = 90 + \phi - \zeta = 69.30^\circ$</p> <p>$\psi = 90 - \zeta' = 20.70^\circ$</p> <p>Kai = 0.499 Khi = 0.244</p>

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

2) 지진시

● 지진시 사질토의 주동토압은 다음식에 의하여 산정한다.

$$P_{ai} = K_{ai} \cdot \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{w \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cdot \cos \psi$$

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\phi_i - \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos(\delta + \psi + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_i + \delta) \sin(\phi_i - \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi + \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2}$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = -\tan(\phi_i + \delta + \psi - \beta) + \sec(\phi_i + \delta + \psi - \beta) \cdot \sqrt{\frac{\cos(\psi + \delta + \theta) \sin(\phi_i + \delta)}{\cos(\psi - \beta) \sin(\phi_i - \beta - \theta)}}$$

- 여기서, P_{ai} : i층 하면벽체에 작용하는 주동토압 강도 (kN/m²)

K_{ai} : i층의 주동토압 계수

h_i : i층의 두께 (m)

ψ : 벽면이 연직면과 이루는 각도 (°)

ϕ_i : i층토의 내부 마찰각 (°)

ζ_i : i층 붕괴면이 수평과 이루는 각도 (°)

θ : 지진합성각 (지진시 검토만 고려) = $\tan^{-1}kh$, $\tan^{-1}kh'$

γ_i : i층의 단위체적 중량 (kN/m³)

w : 상재하중 (kN/m²)

β : 지표면이 수평과 이루는 각도 (°)

δ : 벽면 마찰각 (°)

- 설계수평지진계수 $K_h = 0.061$ 일 때 토층별 겉보기 진도 산정

$$k' = \frac{2(\sum \gamma_i h_i + \sum \gamma_j h_j + w) + \gamma h}{2[\sum \gamma_i h_i + \sum (\gamma - 1) h_j + w] + (\gamma - 1) h} \cdot k$$

$$\theta = \tan^{-1} k \text{ (수상)}$$

$$\theta = \tan^{-1} k' \text{ (수중)}$$



여기서,

k : 진도

k' : 겉보기 진도

γ_t : 잔류수위 위 흙의 단위체적중량 (= 18.00 kN/m³)

h_i : 잔류수위 위 i층의 토층의 두께

γ : 물에 의해 포화된 흙의 공기중 단위체적중량 (= 20.00 kN/m³)

h_j : 잔류수위 아래에서 토압을 산정하는 층보다 위인 j층의 토층 두께

w : 지표면의 단위면적당 재하하중

h : 잔류수위 아래에서 토압을 산정하는 토층의 두께

θ : 지진합성각

- 상재하중 : 0.00 kN/m 일때

DL.	hi (m)	$\Sigma \gamma \cdot hi$	$\Sigma \gamma \cdot hi + w$	$\gamma \cdot h$	$\Sigma (\gamma - 10) \cdot hj + w$	$(\gamma - 10) \cdot h$	k	k'	$\theta (^{\circ})$
DL(+) 10.50	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	0.061	-	3.491
DL(+) 4.65	5.85	105.23	0.00	-	0.00	-	0.061	-	3.491
DL(-) 14.40	19.05	105.23	381.08	381.08	190.54	190.54	-	0.106	6.051
DL(-) 15.00	0.60	105.23	393.08	12.00	196.54	6.00	-	0.101	5.767
DL.	Φi	δ	$\theta (^{\circ})$	kai		kai cos δ			
DL(+) 10.50	40	15	3.491	0.2311		0.2232			
DL(+) 4.65	40	15	3.491	0.2311		0.2232			
DL(-) 14.40	40	15	6.051	0.2551		0.2464			
DL(-) 15.00	40	15	5.767	0.2523		0.2437			

- 상재하중 : 4.90 kN/m 일때

DL.	hi (m)	$\Sigma \gamma \cdot hi$	$\Sigma \gamma \cdot hi + w$	$\gamma \cdot h$	$\Sigma (\gamma - 10) \cdot hj + w$	$(\gamma - 10) \cdot h$	k	k'	$\theta (^{\circ})$
DL(+) 10.50	0.00	0.00	4.90		4.90		0.061		3.491
DL(+) 4.65	5.85	105.23	4.90		4.90		0.061		3.491
DL(-) 14.40	19.05	105.23	385.98	381.08	190.54	190.54		0.106	6.051
DL(-) 15.00	0.60	105.23	397.98	12.00	196.54	6.00		0.102	5.824
DL.	Φi	δ	$\theta (^{\circ})$	kai		kai cos δ			
DL(+) 10.50	40	15	3.491	0.2311		0.2232			
DL(+) 4.65	40	15	3.491	0.2311		0.2232			
DL(-) 14.40	40	15	6.051	0.2551		0.2464			
DL(-) 15.00	40	15	5.824	0.2529		0.2443			

나. 토압 및 잔류수압 산정

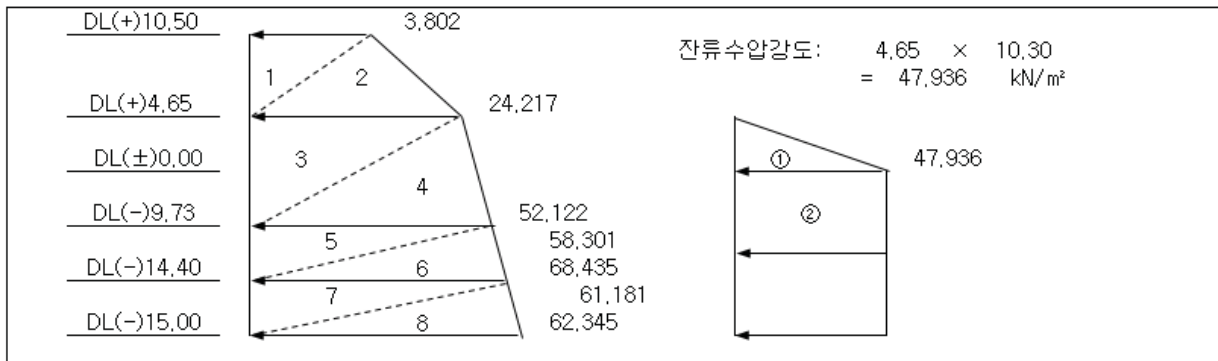
1) 평상시

가) 상재하중 (유)

- 총별 토압강도 (상재하중 : 19.60kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi× γ)	누적중량 ($\Sigma W=W+Wi$)	Ka cos δ	총별토압 ($\Sigma W \times Ka$)
DL(+) 10.50	0	0.00	19.60	0.194	3.802
DL(+) 4.65	5.85	105.23	124.83	0.194	24.217
DL(-) 9.73	14.38	143.84	268.67	0.194	52.122
DL(-) 9.73	0.00	0.00	268.67	0.217	58.301
DL(-) 14.40	4.67	46.70	315.37	0.217	68.435
DL(-) 14.40	0.00	0.00	315.37	0.194	61.181
DL(-) 15.00	0.60	6.00	321.37	0.194	62.345

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토



● 수평토압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)
1	3.802	×	5.85 × 1/2	11.11	19.65 + 5.85 × 2/3	23.55	261.64
2	24.217	×	5.85 × 1/2	70.79	19.65 + 5.85 × 1/3	21.6	1,529.06
3	24.217	×	14.38 × 1/2	174.17	5.27 + 14.38 × 2/3	14.86	2,588.17
4	52.122	×	14.38 × 1/2	374.86	5.27 + 14.38 × 1/3	10.06	3,771.09
5	58.301	×	4.67 × 1/2	136.13	0.60 + 4.67 × 2/3	3.71	505.04
6	68.435	×	4.67 × 1/2	159.80	0.60 + 4.67 × 1/3	2.16	345.17
7	61.181	×	0.60 × 1/2	18.35	0.60 × 2/3	0.4	7.34
8	62.345	×	0.60 × 1/2	18.70	0.60 × 1/3	0.2	3.74
Σ 1~4, 7~8				667.98			8,161.04
Σ 5~6				295.93			850.21
TOTAL				963.91			9,011.25

● 연직토압

구 분	Pi(kN)			Xi(m)		Myi(kN·m)
1~4, 7~8	667.98	×	tan 15 °	178.98	21.10	3,776.48
5~6	295.93	×	tan 63 °	585.84	21.77	12,751.78
TOTAL				764.82		16,528.26

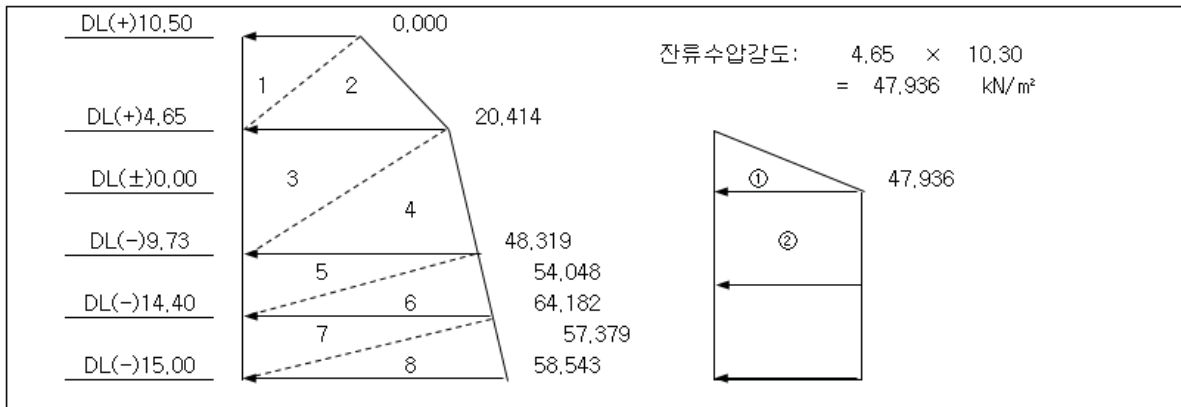
● 잔류수압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)
1	47.936	×	4.65 × 1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3	16.55	1,846.15
2	47.936	×	15.00 × 1	719.04	15.00 × 1/2	7.5	5,392.80
TOTAL				830.59			7,238.95

나) 상재하중 (무)

- 층별 토압강도 (상재하중 : 00.00kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi×γ)	누적중량 (ΣW=W+Wi)	Ka cosδ	층별토압 (ΣW×Ka)
DL(+10.50)	0	0.00	0.00	0.194	0.000
DL(+4.65)	5.85	105.23	105.23	0.194	20.414
DL(-)9.73	14.38	143.84	249.07	0.194	48.319
DL(-)9.73	0.00	0.00	249.07	0.217	54.048
DL(-)14.40	4.67	46.70	295.77	0.217	64.182
DL(-)14.40	0.00	0.00	295.77	0.194	57.379
DL(-)15.00	0.60	6.00	301.77	0.194	58.543



- 수평토압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)
1	0.000	×	5.85 × 1/2	0.00	19.65 + 5.85 × 2/3	23.55	0.00
2	20.414	×	5.85 × 1/2	59.67	19.65 + 5.85 × 1/3	21.6	1,288.87
3	20.414	×	14.38 × 1/2	146.82	5.27 + 14.38 × 2/3	14.86	2,181.75
4	48.319	×	14.38 × 1/2	347.51	5.27 + 14.38 × 1/3	10.06	3,495.95
5	54.048	×	4.67 × 1/2	126.20	0.60 + 4.67 × 2/3	3.71	468.20
6	64.182	×	4.67 × 1/2	149.86	0.60 + 4.67 × 1/3	2.16	323.70
7	57.379	×	0.60 × 1/2	17.21	0.60 × 2/3	0.4	6.88
8	58.543	×	0.60 × 1/2	17.56	0.60 × 1/3	0.2	3.51
Σ 1~4, 7~8				588.77			6,976.96
Σ 5~6				276.06			791.90
TOTAL				864.83			7,768.86

- 연직토압

구 분	Pi(kN)			Xi(m)		Myi(kN·m)
1~4, 7~8	588.77	×	tan 15 °	157.76	21.10	3,328.74
5~6	276.06	×	tan 63 °	546.51	21.77	11,895.70
TOTAL				704.27	15,224.44	

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

● 잔류수압

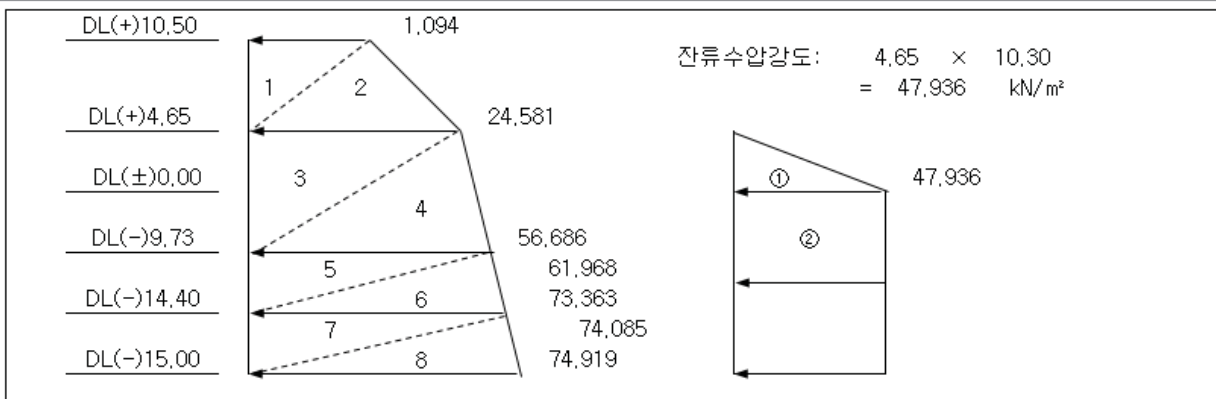
구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	47.936	×	4.65	×	1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3 = 16.55	1,846.15
2	47.936	×	15.00	×	1	719.04	15.00 × 1/2 = 7.5	5,392.80
TOTAL						830.59		7,238.95

2) 지진시

가) 상재하중 (유)

● 총별 토압강도 (상재하중 : 4.90kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi×γ)	누적중량 (ΣW=W+Wi)	Ka cosδ	총별토압 (ΣW×Ka)
DL(+10.50)	0	0.00	4.90	0.2232	1.094
DL(+4.65)	5.85	105.23	110.13	0.2232	24.581
DL(-)9.73	14.38	143.84	253.97	0.2232	56.686
DL(-)9.73	0.00	0.00	253.97	0.2440	61.968
DL(-)14.40	4.67	46.70	300.67	0.2440	73.363
DL(-)14.40	0.00	0.00	300.67	0.2464	74.085
DL(-)15.00	0.60	6.00	306.67	0.2443	74.919



● 수평토압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	1.094	×	5.85	×	1/2	3.20	19.65 + 5.85 × 2/3 = 23.55	75.36
2	24.581	×	5.85	×	1/2	71.85	19.65 + 5.85 × 1/3 = 21.6	1,551.96
3	24.581	×	14.38	×	1/2	176.78	5.27 + 14.38 × 2/3 = 14.86	2,626.95
4	56.686	×	14.38	×	1/2	407.68	5.27 + 14.38 × 1/3 = 10.06	4,101.26
5	61.968	×	4.67	×	1/2	144.70	0.60 + 4.67 × 2/3 = 3.71	536.84
6	73.363	×	4.67	×	1/2	171.30	0.60 + 4.67 × 1/3 = 2.16	370.01
7	74.085	×	0.60	×	1/2	22.23	0.60 × 2/3 = 0.4	8.89
8	74.919	×	0.60	×	1/2	22.48	0.60 × 1/3 = 0.2	4.50
Σ 1~4, 7~8						704.22		8,368.92
Σ 5~6						316.00		906.85
TOTAL						1020.22		9,275.77

● 연직토압

구 분	Pi(kN)			Xi(m)		Myi(kN·m)
1~4, 7~8	704.22	×	tan 15 °	188.7	21.10	3,981.57
5~6	316.00	×	tan 63 °	625.57	21.77	13,616.57
TOTAL				814.27		17,598.14

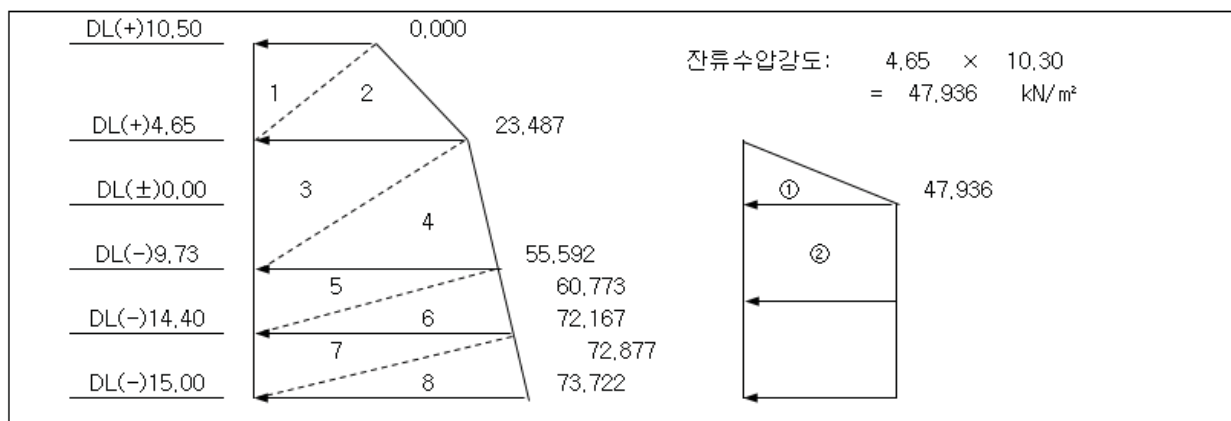
● 잔류수압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)		Myi(kN·m)
1	47.936	×	4.65 × 1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3	1,846.15
2	47.936	×	15.00 × 1	719.04	15.00 × 1/2	5,392.80
TOTAL				830.59		7,238.95

나) 상재하중 (무)

● 총별 토압강도 (상재하중 : 00.00kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi×γ)	누적중량 (ΣW=W+Wi)	Ka cosδ	총별토압 (ΣW×Ka)
DL(+10.50	0	0.00	0.00	0.2232	0.000
DL(+4.65	5.85	105.23	105.23	0.2232	23.487
DL(-)9.73	14.38	143.84	249.07	0.2232	55.592
DL(-)9.73	0.00	0.00	249.07	0.2440	60.773
DL(-)14.40	4.67	46.70	295.77	0.2440	72.167
DL(-)14.40	0.00	0.00	295.77	0.2464	72.877
DL(-)15.00	0.60	6.00	301.77	0.2443	73.722



제 5 장 안벽 케이슨 안정 검토

● 수평토압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	0.000	×	5.85	×	1/2	0.00	19.65 + 5.85 × 2/3 = 23.55	0.00
2	23.487	×	5.85	×	1/2	68.65	19.65 + 5.85 × 1/3 = 21.6	1,482.84
3	23.487	×	14.38	×	1/2	168.92	5.27 + 14.38 × 2/3 = 14.86	2,510.15
4	55.592	×	14.38	×	1/2	399.82	5.27 + 14.38 × 1/3 = 10.06	4,022.19
5	60.773	×	4.67	×	1/2	141.90	0.60 + 4.67 × 2/3 = 3.71	526.45
6	72.167	×	4.67	×	1/2	168.51	0.60 + 4.67 × 1/3 = 2.16	363.98
7	72.877	×	0.60	×	1/2	21.86	0.60 × 2/3 = 0.4	8.74
8	73.722	×	0.60	×	1/2	22.12	0.60 × 1/3 = 0.2	4.42
Σ 1~4, 7~8				681.37				8,028.34
Σ 5~6				310.41				890.43
TOTAL				991.78				8,918.77

● 연직토압

구 분	Pi(kN)			Xi(m)	Myi(kN·m)	
1~4, 7~8	681.37	×	tan 15 °	182.57	21.10	3,852.23
5~6	310.41	×	tan 63 °	614.51	21.77	13,375.83
TOTAL				797.08		17,228.06

● 잔류수압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	47.936	×	4.65	×	1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3 = 16.55	1,846.15
2	47.936	×	15.00	×	1	719.04	15.00 × 1/2 = 7.5	5,392.80
TOTAL				830.59				7,238.95

다. 동수압

$$P_{dw} = \frac{7}{12} \times k \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

$$H_{dw} = 0.4 \cdot H$$

여기서, P_{dw} : 케이슨에 작용하는 동수압(kN/m)
 H_{dw} : 작용점의 위치(m)
 k : 설계진도 (= 0.061) 불과방지
 γ_w : 해수면 단위체적중량 (= 10.30 kN/m³)
 H : 수심(m)

구 분	Pi(kN)			Xi(m)	Myi(kN·m)					
동수압	7	×	0.061	×	10.3	×	-15.0 ² ÷ 12	82.46	6.0	494.76

라. 선박의 견인력 및 모멘트 (200톤급 곡주를 20m 간격으로 설치

톤급	C.T.C	함당길이	함당 설치개수		견인력/m		Yi(m)	Myi(kN·m)
동수압	20 m	24.7 m	1.235	2 ea	16.19 tonf	158.66 kN	26.08	4,137.90

마. 상재하중

구 분	Pi(kN)				Xi(m)	Myi(kN·m)		
상시	19.60	×	1.00	×	21.10	413.56	12.55	5,190.18
지진시	4.90		1.00		21.10	103.39	12.55	1,297.54

5.1.4 하중집계

구분	상시				지진시				
	Pv (kN)	Ph (kN)	Mr (kN·m)	Mo (kN·m)	Pv (kN)	Ph (kN)	Mr (kN·m)	Mo (kN·m)	
제체중량	10,149.73	-	116,380.04	-	10,149.73	619.13	116,380.04	7,711.13	
부력	3,909.4	-	45,153.92	-	3,909.43	-	45,153.92	-	
잔류수압	-	830.59	-	7,238.95	-	830.59	-	7,238.95	
토압	상재 무	704.27	864.83	15,224.44	7,768.86	797.08	991.78	17,228.06	8,918.77
	상재 유	764.82	963.91	16,528.26	9,011.25	814.27	1,020.22	17,598.14	9,275.77
견인력	-	158.66	-	4,137.90	-	-	-	-	
상재 하중	상지	413.56	-	5,190.18	-	-	-	-	
	지진시	-	-	-	-	103.39	-	1,297.54	-
통수압	-	-	-	-	-	82.46	-	494.76	
구분	케이스별 집계								
상시	Case-1	6,944.57	1,695.42	86,450.56	15,007.81	-	-	-	-
	Case-2	6,944.57	1,953.16	86,450.56	20,388.10	-	-	-	-
	Case-3	7,418.68	1,953.16	92,944.56	20,388.10	-	-	-	-
지진시	Case-1	-	-	-	-	7,037.38	2,523.96	88,454.18	24,363.61
	Case-2	-	-	-	-	7,037.38	2,552.40	88,454.18	24,720.61
	Case-3	-	-	-	-	7,157.96	2,552.40	90,121.80	24,720.61

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

5.1.5 안정성 검토

가. 활동검토

구분		Pv	Ph	마찰계수 (μ)	안전율	허용안전율	판정
상시	Case-1	6,944.57	1,695.42	0.6	2.46	1.20	O K
	Case-2	6,944.57	1,953.16	0.6	2.13	1.20	O K
	Case-3	7,418.68	1,953.16	0.6	2.28	1.20	O K
지진시	Case-1	7,037.38	2,523.96	0.6	1.67	1.10	O K
	Case-2	7,037.38	2,552.40	0.6	1.65	1.10	O K
	Case-3	7,157.96	2,552.40	0.6	1.68	1.10	O K

나. 전도검토

구분		Mv	Mo	안전율	허용안전율	판정
상시	Case-1	86,450.56	15,007.81	5.76	1.20	O K
	Case-2	86,450.56	20,388.10	4.24	1.20	O K
	Case-3	92,944.56	20,388.10	4.56	1.20	O K
지진시	Case-1	88,454.18	24,363.61	3.63	1.10	O K
	Case-2	88,454.18	24,720.61	3.58	1.10	O K
	Case-3	90,121.80	24,720.61	3.65	1.10	O K

다. 지지력 검토

1) 상시

구분	$\sum Mr(KN \cdot m)$	$\sum Mo(KN \cdot m)$	$\sum Pv(KN)$	x(m)	B(m)	e(m)
	B/6(m)	반력분포상태	qmax, qmin(KN/m ²)		b'(m)	판정
Case-1	86,450.56	15,007.81	6,944.57	10.29	23.10	1.26
	3.85	사다리꼴	399.02	202.24	20.58	O K
Case-2	86,450.56	20,388.10	6,944.57	9.51	23.10	2.04
	3.85	사다리꼴	459.93	141.34	19.02	O K
Case-3	92,944.56	20,388.10	7,418.68	9.78	23.10	1.77
	3.85	사다리꼴	468.80	173.51	19.56	O K

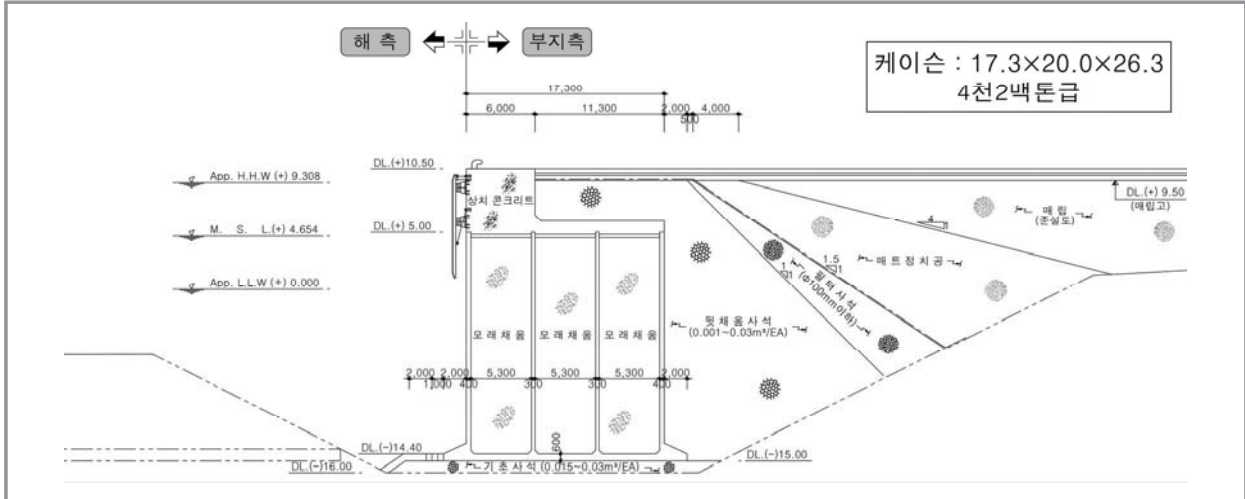
2) 지진시

구분	$\sum Mr(KN \cdot m)$	$\sum Mo(KN \cdot m)$	$\sum Pv(KN)$	x(m)	B(m)	e(m)
	B/6(m)	반력분포상태	qmax, qmin(KN/m ²)		b'(m)	판정
Case-1	88,454.18	24,363.61	7,037.38	9.11	23.10	2.44
	3.85	사다리꼴	497.72	111.57	18.22	O K
Case-2	88,454.18	24,720.61	7,037.38	9.06	23.10	2.49
	3.85	사다리꼴	501.68	107.62	18.12	O K
Case-3	90,121.80	24,720.61	7,157.96	9.14	23.10	2.41
	3.85	사다리꼴	503.84	115.90	18.28	O K

5.2 오픈 셀 케이스 안정성 검토

5.2.1 표준단면도

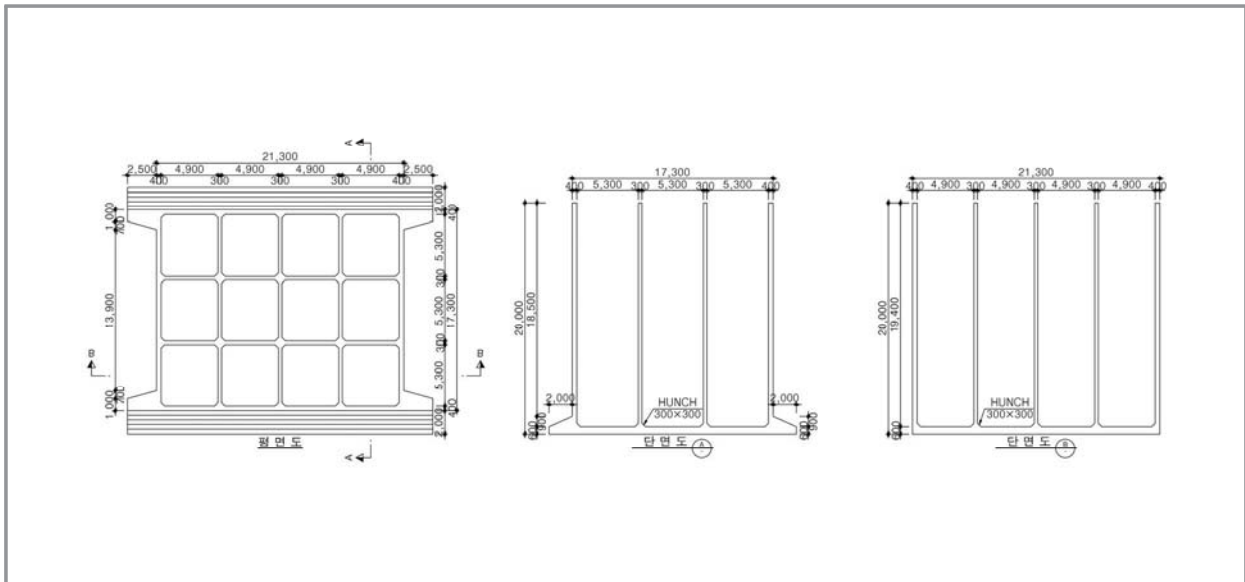
【 오픈 셀 케이스 안벽 표준단면도 】



5.2.2 자중계산

가. 케이스 규격

【 케이스 일반도 】



제 5 장 안벽 케이슨 안정 검토

나. 구조물 자중

1) 케이슨 본체

구 분	케이슨 체적 산정식						체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)					
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이	X			Y	Mx	My					
저판	1	EA	×	1	×	17.30	×	21.30	×	0.60	221.094	5,306.26	10.65	0.30	56,511.67	1,591.88
TOE(□)	2	EA	×	1	×	2.00	×	26.30	×	0.60	63.120	1,514.88	10.65	0.30	16,133.47	454.46
TOE(△)	2	EA	×	1/2	×	2.00	×	26.30	×	0.90	47.340	1,136.16	10.65	0.90	12,100.10	1,022.54
날개벽(□)	4	EA	×	1	×	2.50	×	1.00	×	20.00	200.000	4,800.00	10.65	10.00	51,120.00	48,000.00
날개벽(△)	4	EA	×	1/2	×	2.50	×	0.70	×	20.00	70.000	1,680.00	10.65	10.00	17,892.00	16,800.00
전면벽	1	EA	×	1	×	0.40	×	21.30	×	19.40	165.288	3,966.91	19.10	10.30	75,767.98	40,859.17
후면벽	1	EA	×	1	×	0.40	×	21.30	×	19.40	165.288	3,966.91	2.20	10.30	8,727.20	40,859.17
측벽	2	EA	×	1	×	0.40	×	16.50	×	19.40	256.080	6,145.92	10.65	10.30	65,454.05	63,302.98
종격벽	2	EA	×	1	×	0.30	×	20.50	×	19.40	238.620	5,726.88	10.65	10.30	60,991.27	58,986.86
횡격벽	9	EA	×	1	×	5.30	×	0.30	×	19.40	277.614	6,662.74	10.65	10.30	70,958.18	68,626.22
수평현치(V)	24	EA	×	1/2	×	0.30	×	4.70	×	0.30	5.076	121.82	10.65	0.70	1,297.38	85.27
수평현치(H)	24	EA	×	1/2	×	4.30	×	0.30	×	0.30	4.644	111.46	10.65	0.70	1,187.05	78.02
수직현치	48	EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	19.10	41.256	990.14	10.65	10.45	10,544.99	10,346.96
현치우각부	48	EA	×	5/6	×	0.30	×	0.30	×	0.30	1.080	25.92	10.65	0.70	276.05	18.14
합당 계											1,756.500	42,156.00	10.65	8.33	448,961.39	351,031.67
m당 계												1,602.89	10.65	8.33	17,070.78	13,347.21

2) 케이슨 덮개

구 분	케이슨 덮개 체적 산정식						체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)					
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이	X			Y	Mx	My					
케이슨덮개	12	EA	×	1	×	5.30	×	4.90	×	0.30	93.492	2,112.92	10.65	19.65	22,502.60	41,518.88
수직현치	48	EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	0.30	-0.648	-14.64	10.65	19.65	-155.92	-287.68
합당 계											92.844	2,098.28	10.65	19.65	22,346.68	41,231.20
m당 계												79.78	10.65	19.65	849.68	1,567.73

3) 상치콘크리트

구 분	상치콘크리트 체적 산정식						체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)					
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이	X			Y	Mx	My					
①	1	EA	×	1	×	6.50	×	26.30	×	4.50	769.275	17,385.62	5.25	23.25	91,274.51	404,215.67
②	1	EA	×	1	×	10.80	×	26.30	×	4.50	1,278.180	23,007.24	13.90	22.50	319,800.64	517,662.90
③	1	EA	×	1/2	×	0.50	×	26.30	×	0.50	3.288	59.18	8.67	20.37	512.89	1,205.50
④	1	EA	×	1/2	×	0.50	×	26.30	×	0.50	3.288	74.31	8.67	20.37	644.02	1,513.69
⑤	1	EA	×	1	×	19.30	×	26.30	×	1.00	507.590	11,471.53	10.65	20.50	122,171.79	235,166.37
⑥	12	EA	×	1	×	5.30	×	4.90	×	0.20	62.328	1,408.61	10.65	19.90	15,001.70	28,031.34
⑦	48	EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	0.20	-0.432	-9.76	10.65	19.90	-103.94	-194.22
합당 계											2,623.517	53,396.73	10.29	22.24	549,301.61	1,187,601.25
m당 계												2,030.29	10.29	22.24	20,885.99	45,155.94

4) 케이스 속채움

구 분	케이스 속채움 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)						
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이			X	Y	Mx	My					
속채움	12	EA	×	1	×	5.30	×	4.90	×	18.90	5,889.996	117,799.92	10.65	10.05	1,254,569.15	1,183,889.20
수평현치(V)	24	EA	×	1/2	×	0.30	×	4.70	×	0.30	-5.076	-101.52	10.65	0.70	-1,081.19	-71.06
수평현치(H)	24	EA	×	1/2	×	4.30	×	0.30	×	0.30	-4.644	-92.88	10.65	0.70	-989.17	-65.02
수직현치	48	EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	18.60	-40.176	-803.52	10.65	10.20	-8,557.49	-8,195.90
현치우각부	48	EA	×	5/6	×	0.30	×	0.30	×	0.30	-1.080	-21.60	10.65	0.70	-230.04	-15.12
합당 계											5,839.020	116,780.40	10.65	10.07	1,243,711.26	1,175,542.10
m당 계												4,440.32	10.65	10.07	47,289.40	44,697.42

5) 벽체중량 및 모멘트의 합계

구 분	체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)	
			X	Y	Mx	My
케이스본체	1,756.500	42,156.00	10.65	8.33	448,961.39	351,031.67
케이스 덮개	92.844	2,098.28	10.65	19.65	22,346.68	41,231.20
상치콘크리트	2,623.517	53,396.73	10.29	22.24	549,301.61	1,187,601.25
케이스속채움	5,839.020	116,780.40	10.65	10.07	1,243,711.26	1,175,542.10
합당 계	10,311.881	214,431.41	10.56	12.85	2,264,320.94	2,755,406.22
m당 계	392.087	8,153.29	10.56	12.85	86,095.85	104,768.30

6) 부력산정

가) 케이스 본체

구 분	케이스 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)						
	개수	단면 형상	횡방 향	종방 향	높이			X	Y	Mx	My					
저판	1	EA	×	1	×	17.30	×	21.30	×	0.60	221.094	2,277.27	10.65	-	24,252.93	-
TOE(□)	2	EA	×	1	×	2.00	×	26.30	×	0.60	63.120	650.14	10.65	-	6,923.99	-
TOE(△)	2	EA	×	1/2	×	2.00	×	26.30	×	0.90	47.340	487.60	10.65	-	5,192.94	-
날개벽(□)	4	EA	×	1	×	2.50	×	1.00	×	20.00	200.000	2,060.00	10.65	-	21,939.00	-
날개벽(△)	4	EA	×	1/2	×	2.50	×	0.70	×	20.00	70.000	721.00	10.65	-	7,678.65	-
전면벽	1	EA	×	1	×	0.40	×	21.30	×	19.05	162.340	1,672.10	19.10	-	31,937.11	-
후면벽	1	EA	×	1	×	0.40	×	21.30	×	19.05	162.340	1,672.10	2.20	-	3,678.62	-
측벽	2	EA	×	1	×	0.40	×	16.50	×	19.05	251.513	2,590.58	10.65	-	27,589.68	-
종격벽	2	EA	×	1	×	0.30	×	20.50	×	19.05	234.364	2,413.95	10.65	-	25,708.57	-
횡격벽	9	EA	×	1	×	5.30	×	0.30	×	19.05	272.663	2,808.43	10.65	-	29,909.78	-
수평현치(V)	24	EA	×	1/2	×	0.30	×	4.70	×	0.30	5.076	52.28	10.65	-	556.78	-
수평현치(H)	24	EA	×	1/2	×	4.30	×	0.30	×	0.30	4.644	47.83	10.65	-	509.39	-
수직현치	48	EA	×	1/2	×	0.30	×	0.30	×	18.75	40.509	417.24	10.65	-	4,443.61	-
현치우각부	48	EA	×	5/6	×	0.30	×	0.30	×	0.30	1.080	11.12	10.65	-	118.43	-
합당 계											1,736.083	17,881.64	10.65	-	190,439.48	-
m당 계												679.91	10.65	-	7,241.04	-

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

나) 속채움

구분	케이스 속채움 체적 산정식					체적 (m ³)	자중 (kN)	팔길이(m)		모멘트(kN·m)	
	개수	단면 형상	횡방향	종방향	높이			X	Y	Mx	My
속채움	12	EA × 1	× 5.30	× 4.90	× 19.05	5,937.989	61,161.29	10.65	-	651,367.74	-
수평현치(V)	24	EA × 1/2	× 0.30	× 4.70	× 0.30	-5.076	-52.28	10.65	-	-556.78	-
수평현치(H)	24	EA × 1/2	× 4.30	× 0.30	× 0.30	-4.644	-47.83	10.65	-	-509.39	-
수직현치	48	EA × 1/2	× 0.30	× 0.30	× 19.10	-41.256	-424.94	10.65	-	-4,525.61	-
현치우각부	48	EA × 5/6	× 0.30	× 0.30	× 0.30	-1.080	-11.12	10.65	-	-118.43	-
합당 계						5,885.933	60,625.12	10.65	-	645,657.53	-
m당 계							2,305.14	10.65	-	24,549.72	-

7) 지진시 자중의 관성력 및 모멘트

구분	자중 (kN)			팔길이(m)	모멘트(kN·m)	
케이스본체	42,156.00	× 0.061	=	2,571.52	8.33	21,413.01
케이스 덮개	2,098.28	× 0.061	=	128.00	19.65	2,515.10
상치콘크리트	53,396.73	× 0.061	=	3,257.20	22.24	72,443.40
케이스속채움	116,780.40	× 0.061	=	7,123.60	10.07	71,706.20
합당 계				13,080.32	12.85	168,077.71
m당 계				497.35	12.85	6,390.79

5.2.3 외력산정

가. 토압계수

1) 평상시

- 평상시 사질토의 주동토압은 Coulomb식에 의하여 산정한다.

$$P_{ai} = K_{ai} \cdot \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{w \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cdot \cos \psi$$

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\phi_i - \psi)}{\cos^2 \psi \cos(\delta + \psi) \left[1 + \frac{\sin(\phi_i + \delta) \sin(\phi_i - \beta)}{\cos(\delta + \psi) \cos(\psi - \beta)} \right]^2}$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = -\tan(\phi_i + \delta + \psi - \beta) + \sec(\phi_i + \delta + \psi - \beta) \cdot \sqrt{\frac{\cos(\psi + \delta) \sin(\phi_i + \delta)}{\cos(\psi - \beta) \sin(\phi_i - \beta)}}$$

- 여기서, P_{ai} : i층 하면벽체에 작용하는 주동토압 강도 (kN/m²)

K_{ai} : i층의 주동토압 계수

h_i : i층의 두께 (m)

ψ : 벽면이 연직면과 이루는 각도 (°)

- ϕ_i : i층토의 내부 마찰각 (°)
- ζ_i : i층 붕괴면이 수평과 이루는 각도 (°)
- γ_i : i층의 단위체적 중량 (kN/m³)
- w : 상재하중 (kN/m²)
- β : 지표면이 수평과 이루는 각도 (°)
- δ : 벽면 마찰각 (°)

- $\psi = 0^\circ, \beta = 0^\circ$ 으므로 다음과 같이 표시됨

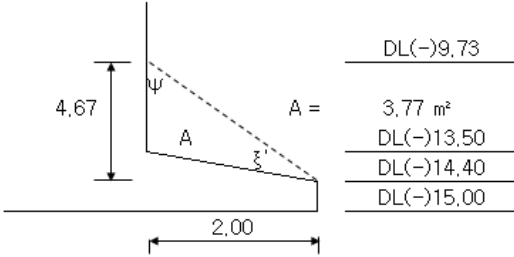
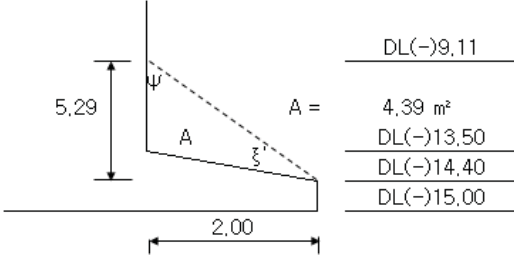
$$P_{ai} = K_{ai} \cdot \left(\sum \gamma_i \cdot h_i + w \right)$$

$$K_{ai} = \frac{\cos^2 \phi_i}{\cos \delta \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_i + \delta) \sin \phi_i}{\cos \delta}} \right]^2}$$

- 그러므로 $\phi_i = 40^\circ, \delta = 15^\circ$ 일 때(사석조건) K_{ai} 를 구하면

$$K_{ai} = \frac{\cos^2 40}{\cos 15 \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40+15) \times \sin 40}{\cos 15}} \right]^2} = 0.2011$$

● 벽체 배면에 작용하는 토괴자중 및 토압

<p>주동붕괴각(상시)</p> <ul style="list-style-type: none"> ϕ = 흙의 내부마찰각 ($\approx 40^\circ$) δ = 흙과 벽면과의 마찰각 ($\approx 15.0^\circ$) ψ = 벽면이 연직과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) β = 지표면이 수평과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) $\theta = \tan^{-1} k$ 지진할성각 ($\approx 0.0^\circ$) $k = \frac{-\sin(\phi + \delta - \psi - \beta)}{\sqrt{\frac{\cos(\psi - \delta - \theta) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\psi + \beta) \sin(\phi - \beta - \theta)}}}$ ($\approx 0.00^\circ$) $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = -0.819$ $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = 0.574$ $\zeta_s = 63.20^\circ$ 	 <p style="text-align: right;">DL(-)9.73</p> <p style="text-align: right;">A = 3.77 m²</p> <p style="text-align: right;">DL(-)13.50</p> <p style="text-align: right;">DL(-)14.40</p> <p style="text-align: right;">DL(-)15.00</p> <p>$\zeta' = 90 + \phi - \zeta = 66.80^\circ$</p> <p>$\psi = 90 - \zeta' = 23.20^\circ$</p> <p>Kai = 0.481 Khi = 0.217</p>
<p>주동붕괴각(지진시)</p> <ul style="list-style-type: none"> ϕ = 흙의 내부마찰각 ($\approx 40^\circ$) δ = 흙과 벽면과의 마찰각 ($\approx 15.0^\circ$) ψ = 벽면이 연직과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) β = 지표면이 수평과 이루는 각도 ($\approx 0^\circ$) $\theta = \tan^{-1} k$ 지진할성각 ($\approx 3.3^\circ$) $k = \frac{-\sin(\phi + \delta - \psi - \beta)}{\sqrt{\frac{\cos(\psi - \delta - \theta) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\psi + \beta) \sin(\phi - \beta - \theta)}}}$ ($\approx 0.06^\circ$) $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = -0.819$ $\zeta_s = \cos(\phi + \delta - \psi - \beta) = 0.574$ $\zeta_s = 60.70^\circ$ 	 <p style="text-align: right;">DL(-)9.11</p> <p style="text-align: right;">A = 4.39 m²</p> <p style="text-align: right;">DL(-)13.50</p> <p style="text-align: right;">DL(-)14.40</p> <p style="text-align: right;">DL(-)15.00</p> <p>$\zeta' = 90 + \phi - \zeta = 69.30^\circ$</p> <p>$\psi = 90 - \zeta' = 20.70^\circ$</p> <p>Kai = 0.499 Khi = 0.244</p>

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

2) 지진시

- 지진시 사질토의 주동토압은 다음식에 의하여 산정한다.

$$P_{ai} = K_{ai} \cdot \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{w \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cdot \cos \psi$$

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\phi_i - \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos(\delta + \psi + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_i + \delta) \sin(\phi_i - \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi + \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2}$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = -\tan(\phi_i + \delta + \psi - \beta) + \sec(\phi_i + \delta + \psi - \beta) \cdot \sqrt{\frac{\cos(\psi + \delta + \theta) \sin(\phi_i + \delta)}{\cos(\psi - \beta) \sin(\phi_i - \beta - \theta)}}$$

- 여기서, P_{ai} : i층 하면벽체에 작용하는 주동토압 강도 (kN/m^2)

K_{ai} : i층의 주동토압 계수

h_i : i층의 두께 (m)

ψ : 벽면이 연직면과 이루는 각도 ($^\circ$)

ϕ_i : i층토의 내부 마찰각 ($^\circ$)

ζ_i : i층 붕괴면이 수평과 이루는 각도 ($^\circ$)

θ : 지진합성각 (지진시 검토만 고려) = $\tan^{-1}k$, $\tan^{-1}k'$

γ_i : i층의 단위체적 중량 (kN/m^3)

w : 상재하중 (kN/m^2)

β : 지표면이 수평과 이루는 각도 ($^\circ$)

δ : 벽면 마찰각 ($^\circ$)

- 설계수평지진계수 $K_h = 0.061$ 일 때 토층별 겉보기 진도 산정

$$k' = \frac{2(\sum \gamma_i h_i + \sum \gamma_j h_j + w) + \gamma h}{2[\sum \gamma_i h_i + \sum (\gamma - 1) h_j + w] + (\gamma - 1) h} \cdot k$$

$$\theta = \tan^{-1} k \text{ (수상)}$$

$$\theta = \tan^{-1} k' \text{ (수중)}$$



여기서,

k : 진도

k' : 겉보기 진도

γ_t : 잔류수위 위 흙의 단위체적중량 (= 18.00 kN/m^3)

h_i : 잔류수위 위 i층의 토층의 두께

γ : 물에 의해 포화된 흙의 공기중 단위체적중량 (= 20.00 kN/m^3)

h_j : 잔류수위 아래에서 토압을 산정하는 층보다 위인 j층의 토층 두께

w : 지표면의 단위면적당 재하하중

h : 잔류수위 아래에서 토압을 산정하는 토층의 두께

θ : 지진합성각

- 상재하중 : 0.00 kN/m 일때

DL.	hi (m)	$\Sigma \gamma \cdot hi$	$\Sigma \gamma \cdot hi + w$	$\gamma \cdot h$	$\Sigma (\gamma - 10) \cdot hj + w$	$(\gamma - 10) \cdot h$	k	k'	$\theta (^{\circ})$
DL(+) 10.50	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-	0.061	-	3.491
DL(+) 4.65	5.85	105.23	0.00	-	0.00	-	0.061	-	3.491
DL(-) 14.40	19.05	105.23	381.08	381.08	190.54	190.54	-	0.106	6.051
DL(-) 15.00	0.60	105.23	393.08	12.00	196.54	6.00	-	0.101	5.767
DL.	Φi	δ	$\theta (^{\circ})$	kai			kai cos δ		
DL(+) 10.50	40	15	3.491	0.2311			0.2232		
DL(+) 4.65	40	15	3.491	0.2311			0.2232		
DL(-) 14.40	40	15	6.051	0.2551			0.2464		
DL(-) 15.00	40	15	5.767	0.2523			0.2437		

- 상재하중 : 4.90 kN/m 일때

DL.	hi (m)	$\Sigma \gamma \cdot hi$	$\Sigma \gamma \cdot hi + w$	$\gamma \cdot h$	$\Sigma (\gamma - 10) \cdot hj + w$	$(\gamma - 10) \cdot h$	k	k'	$\theta (^{\circ})$
DL(+) 10.50	0.00	0.00	4.90		4.90		0.061		3.491
DL(+) 4.65	5.85	105.23	4.90		4.90		0.061		3.491
DL(-) 14.40	19.05	105.23	385.98	381.08	190.54	190.54		0.106	6.051
DL(-) 15.00	0.60	105.23	397.98	12.00	196.54	6.00		0.102	5.824
DL.	Φi	δ	$\theta (^{\circ})$	kai			kai cos δ		
DL(+) 10.50	40	15	3.491	0.2311			0.2232		
DL(+) 4.65	40	15	3.491	0.2311			0.2232		
DL(-) 14.40	40	15	6.051	0.2551			0.2464		
DL(-) 15.00	40	15	5.824	0.2529			0.2443		

나. 토압 및 잔류수압 산정

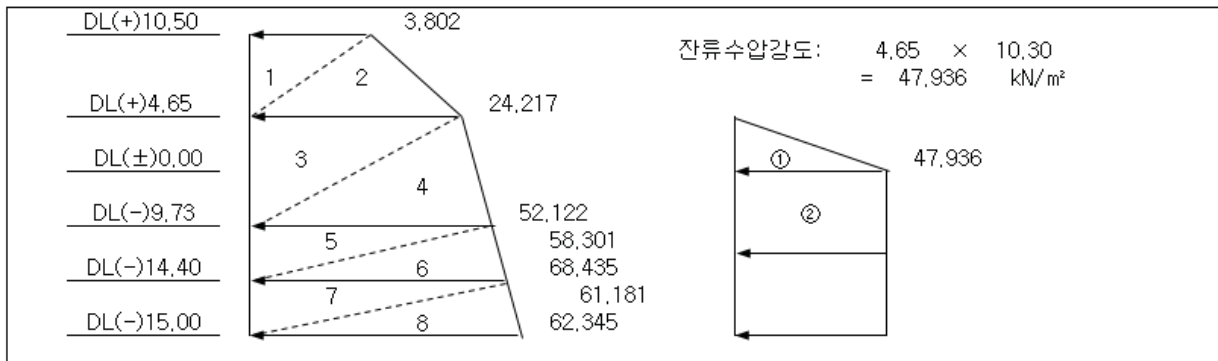
1) 평상시

가) 상재하중 (유)

- 총별 토압강도 (상재하중 : 19.60kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi× γ)	누적중량 ($\Sigma W=W+Wi$)	Ka cos δ	총별토압 ($\Sigma W \times Ka$)
DL(+) 10.50	0	0.00	19.60	0.194	3.802
DL(+) 4.65	5.85	105.23	124.83	0.194	24.217
DL(-) 9.73	14.38	143.84	268.67	0.194	52.122
DL(-) 9.73	0.00	0.00	268.67	0.217	58.301
DL(-) 14.40	4.67	46.70	315.37	0.217	68.435
DL(-) 14.40	0.00	0.00	315.37	0.194	61.181
DL(-) 15.00	0.60	6.00	321.37	0.194	62.345

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토



● 수평토압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)
1	3.802	×	5.85 × 1/2	11.11	19.65 + 5.85 × 2/3	23.55	261.64
2	24.217	×	5.85 × 1/2	70.79	19.65 + 5.85 × 1/3	21.6	1,529.06
3	24.217	×	14.38 × 1/2	174.17	5.27 + 14.38 × 2/3	14.86	2,588.17
4	52.122	×	14.38 × 1/2	374.86	5.27 + 14.38 × 1/3	10.06	3,771.09
5	58.301	×	4.67 × 1/2	136.13	0.60 + 4.67 × 2/3	3.71	505.04
6	68.435	×	4.67 × 1/2	159.80	0.60 + 4.67 × 1/3	2.16	345.17
7	61.181	×	0.60 × 1/2	18.35	0.60 × 2/3	0.4	7.34
8	62.345	×	0.60 × 1/2	18.70	0.60 × 1/3	0.2	3.74
Σ 1~4, 7~8				667.98			8,161.04
Σ 5~6				295.93			850.21
TOTAL				963.91			9,011.25

● 연직토압

구 분	Pi(kN)			Xi(m)		Myi(kN·m)
1~4, 7~8	667.98	×	tan 15°	178.98	19.30	3,454.31
5~6	295.93	×	tan 63°	585.84	19.97	11,697.27
TOTAL				764.82		15,151.58

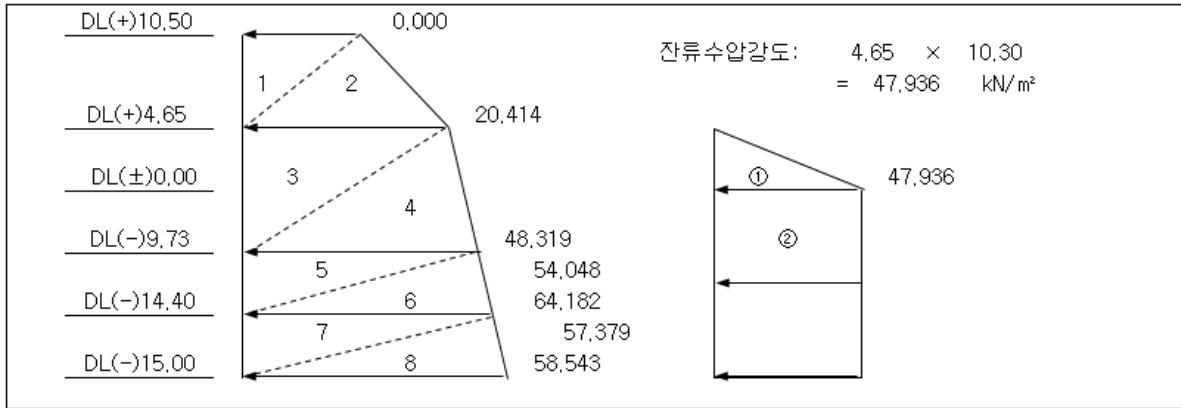
● 잔류수압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)
1	47.936	×	4.65 × 1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3	16.55	1,846.15
2	47.936	×	15.00 × 1	719.04	15.00 × 1/2	7.5	5,392.80
TOTAL				830.59			7,238.95

나) 상재하중 (무)

- 층별 토압강도 (상재하중 : 00.00kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi×γ)	누적중량 (ΣW=W+Wi)	Ka cosδ	층별토압 (ΣW×Ka)
DL(+10.50)	0	0.00	0.00	0.194	0.000
DL(+4.65)	5.85	105.23	105.23	0.194	20.414
DL(-)9.73	14.38	143.84	249.07	0.194	48.319
DL(-)9.73	0.00	0.00	249.07	0.217	54.048
DL(-)14.40	4.67	46.70	295.77	0.217	64.182
DL(-)14.40	0.00	0.00	295.77	0.194	57.379
DL(-)15.00	0.60	6.00	301.77	0.194	58.543



- 수평토압

구 분	Pi(kN)	Yi(m)	Myi(kN·m)
1	0.000 × 5.85 × 1/2	19.65 + 5.85 × 2/3	0.00
2	20.414 × 5.85 × 1/2	19.65 + 5.85 × 1/3	1,288.87
3	20.414 × 14.38 × 1/2	5.27 + 14.38 × 2/3	2,181.75
4	48.319 × 14.38 × 1/2	5.27 + 14.38 × 1/3	3,495.95
5	54.048 × 4.67 × 1/2	0.60 + 4.67 × 2/3	468.20
6	64.182 × 4.67 × 1/2	0.60 + 4.67 × 1/3	323.70
7	57.379 × 0.60 × 1/2	0.60 × 2/3	6.88
8	58.543 × 0.60 × 1/2	0.60 × 1/3	3.51
Σ 1~4, 7~8	588.77		6,976.96
Σ 5~6	276.06		791.90
TOTAL	864.83		7,768.86

- 연직토압

구 분	Pi(kN)	Xi(m)	Myi(kN·m)
1~4, 7~8	588.77 × tan 15 °	19.30	3,044.77
5~6	276.06 × tan 63 °	19.97	10,911.98
TOTAL	704.27		13,956.75

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

● 잔류수압

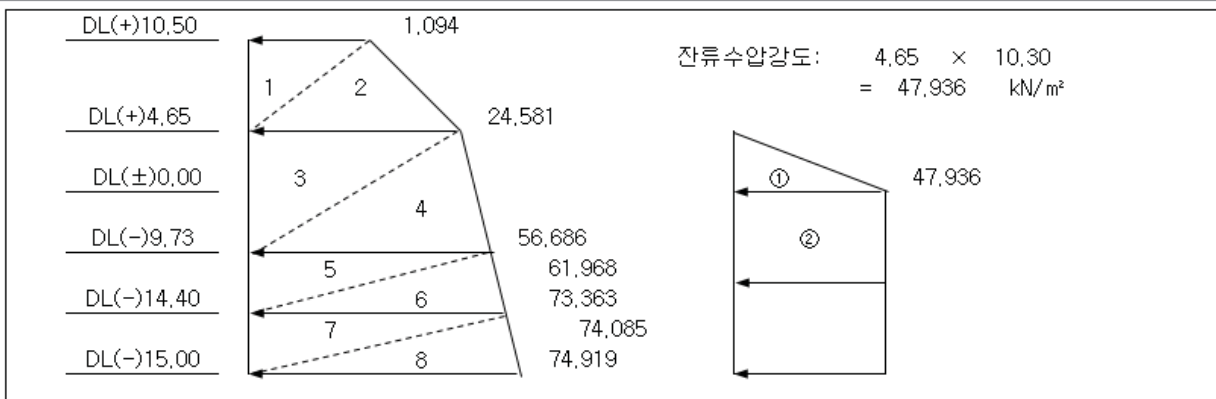
구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	47.936	×	4.65	×	1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3 = 16.55	1,846.15
2	47.936	×	15.00	×	1	719.04	15.00 × 1/2 = 7.5	5,392.80
TOTAL						830.59		7,238.95

2) 지진시

가) 상재하중 (유)

● 총별 토압강도 (상재하중 : 4.90kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi×γ)	누적중량 (ΣW=W+Wi)	Ka cosδ	총별토압 (ΣW×Ka)
DL(+10.50)	0	0.00	4.90	0.2232	1.094
DL(+4.65)	5.85	105.23	110.13	0.2232	24.581
DL(-)9.73	14.38	143.84	253.97	0.2232	56.686
DL(-)9.73	0.00	0.00	253.97	0.2440	61.968
DL(-)14.40	4.67	46.70	300.67	0.2440	73.363
DL(-)14.40	0.00	0.00	300.67	0.2464	74.085
DL(-)15.00	0.60	6.00	306.67	0.2443	74.919



● 수평토압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	1.094	×	5.85	×	1/2	3.20	19.65 + 5.85 × 2/3 = 23.55	75.36
2	24.581	×	5.85	×	1/2	71.85	19.65 + 5.85 × 1/3 = 21.6	1,551.96
3	24.581	×	14.38	×	1/2	176.78	5.27 + 14.38 × 2/3 = 14.86	2,626.95
4	56.686	×	14.38	×	1/2	407.68	5.27 + 14.38 × 1/3 = 10.06	4,101.26
5	61.968	×	4.67	×	1/2	144.70	0.60 + 4.67 × 2/3 = 3.71	536.84
6	73.363	×	4.67	×	1/2	171.30	0.60 + 4.67 × 1/3 = 2.16	370.01
7	74.085	×	0.60	×	1/2	22.23	0.60 × 2/3 = 0.4	8.89
8	74.919	×	0.60	×	1/2	22.48	0.60 × 1/3 = 0.2	4.50
Σ 1~4, 7~8						704.22		8,368.92
Σ 5~6						316.00		906.85
TOTAL						1020.22		9,275.77

● 연직토압

구 분	Pi(kN)			Xi(m)		Myi(kN·m)
1~4, 7~8	704.22	×	tan 15 °	188.7	19.30	3,641.91
5~6	316.00	×	tan 63 °	625.57	19.97	12,490.55
TOTAL				814.27		16,132.46

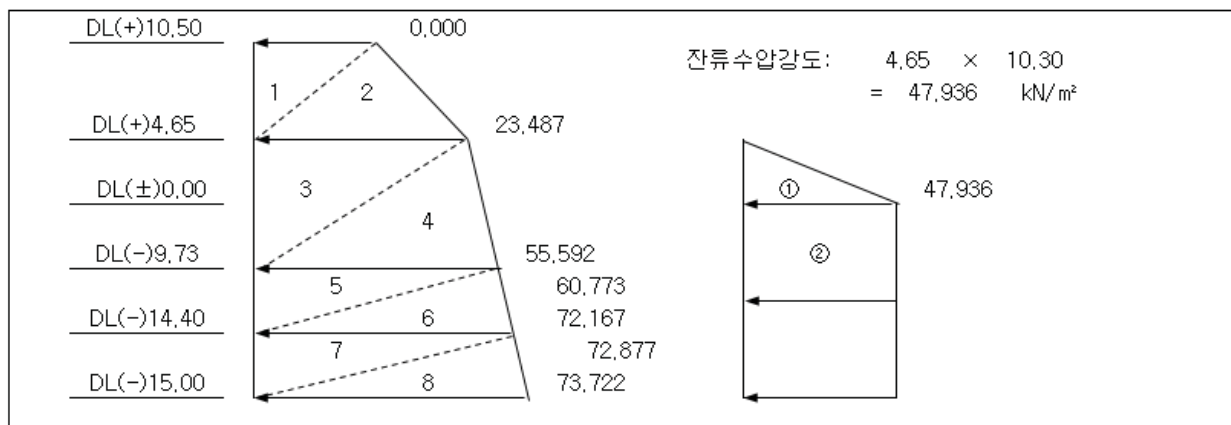
● 잔류수압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)		Myi(kN·m)
1	47.936	×	4.65 × 1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3	1,846.15
2	47.936	×	15.00 × 1	719.04	15.00 × 1/2	5,392.80
TOTAL				830.59		7,238.95

나) 상재하중 (무)

● 총별 토압강도 (상재하중 : 00.00kN/m²)

DL.	Hi (m)	중량(Wi) (Hi×γ)	누적중량 (ΣW=W+Wi)	Ka cosδ	총별토압 (ΣW×Ka)
DL(+10.50)	0	0.00	0.00	0.2232	0.000
DL(+4.65)	5.85	105.23	105.23	0.2232	23.487
DL(-)9.73	14.38	143.84	249.07	0.2232	55.592
DL(-)9.73	0.00	0.00	249.07	0.2440	60.773
DL(-)14.40	4.67	46.70	295.77	0.2440	72.167
DL(-)14.40	0.00	0.00	295.77	0.2464	72.877
DL(-)15.00	0.60	6.00	301.77	0.2443	73.722



제 5 장 안벽 케이슨 안정 검토

● 수평토압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	0.000	×	5.85	×	1/2	0.00	19.65 + 5.85 × 2/3 = 23.55	0.00
2	23.487	×	5.85	×	1/2	68.65	19.65 + 5.85 × 1/3 = 21.6	1,482.84
3	23.487	×	14.38	×	1/2	168.92	5.27 + 14.38 × 2/3 = 14.86	2,510.15
4	55.592	×	14.38	×	1/2	399.82	5.27 + 14.38 × 1/3 = 10.06	4,022.19
5	60.773	×	4.67	×	1/2	141.90	0.60 + 4.67 × 2/3 = 3.71	526.45
6	72.167	×	4.67	×	1/2	168.51	0.60 + 4.67 × 1/3 = 2.16	363.98
7	72.877	×	0.60	×	1/2	21.86	0.60 × 2/3 = 0.4	8.74
8	73.722	×	0.60	×	1/2	22.12	0.60 × 1/3 = 0.2	4.42
Σ 1~4, 7~8				681.37				8,028.34
Σ 5~6				310.41				890.43
TOTAL				991.78				8,918.77

● 연직토압

구 분	Pi(kN)			Xi(m)	Myi(kN·m)	
1~4, 7~8	681.37	×	tan 15 °	182.57	19.30	3,523.60
5~6	310.41	×	tan 63 °	614.51	19.97	12,269.72
TOTAL				797.08		15,793.32

● 잔류수압

구 분	Pi(kN)			Yi(m)			Myi(kN·m)	
1	47.936	×	4.65	×	1/2	111.55	15.00 + 4.65 × 1/3 = 16.55	1,846.15
2	47.936	×	15.00	×	1	719.04	15.00 × 1/2 = 7.5	5,392.80
TOTAL				830.59				7,238.95

다. 동수압

$$P_{dw} = \frac{7}{12} \times k \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

$$H_{dw} = 0.4 \cdot H$$

여기서, P_{dw} : 케이슨에 작용하는 동수압(kN/m)
 H_{dw} : 작용점의 위치(m)
 k : 설계진도 (= 0.061) 불과방지
 γ_w : 해수면 단위체적중량 (= 10.30 kN/m³)
 H : 수심(m)

구 분	Pi(kN)			Xi(m)	Myi(kN·m)					
동수압	7	×	0.061	×	10.3	×	-15.0 ² ÷ 12	82.46	6.0	494.76

라. 선박의 견인력 및 모멘트 (200톤급 곡주를 20m 간격으로 설치

톤급	C.T.C	함당길이	함당 설치개수		견인력/m		Yi(m)	Myi(kN·m)
동수압	20 m	24.7 m	1.235	2 ea	16.19 tonf	158.66 kN	26.08	4,137.90

마. 상재하중

구 분	Pi(kN)			Xi(m)	Myi(kN·m)	
상시	19.60	× 1.00	× 19.30	378.28	11.65	4,406.96
지진시	4.90	× 1.00	× 19.30	94.57	11.65	1,101.74

5.2.4 하중집계

구분	상시				지진시				
	Pv (kN)	Ph (kN)	Mr (kN·m)	Mo (kN·m)	Pv (kN)	Ph (kN)	Mr (kN·m)	Mo (kN·m)	
제체중량	8,153.29	-	86,095.85	-	8,153.29	497.35	86,095.85	6,390.79	
부력	2,985.1	-	31,790.76	-	2,985.05	-	31,790.76	-	
잔류수압	-	830.59	-	7,238.95	-	830.59	-	7,238.95	
토압	상재 무	704.27	864.83	13,956.75	7,768.86	797.08	991.78	15,793.32	8,918.77
	상재 유	764.82	963.91	15,151.58	9,011.25	814.27	1,020.22	16,132.46	9,275.77
견인력	-	158.66	-	4,137.90	-	-	-	-	
상재 하중	상지	378.28	-	4,406.96	-	-	-	-	
	지진시	-	-	-	94.57	-	1,101.74	-	
통수압	-	-	-	-	-	82.46	-	494.76	
구분	케이스별 집계								
상시	Case-1	5,872.51	1,695.42	68,261.84	15,007.81	-	-	-	-
	Case-2	5,872.51	1,953.16	68,261.84	20,388.10	-	-	-	-
	Case-3	6,311.34	1,953.16	73,863.63	20,388.10	-	-	-	-
지진시	Case-1	-	-	-	-	5,965.32	2,402.18	70,098.41	23,043.27
	Case-2	-	-	-	-	5,965.32	2,430.62	70,098.41	23,400.27
	Case-3	-	-	-	-	6,077.08	2,430.62	71,539.29	23,400.27

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

5.2.5 안정성 검토

가. 활동검토

구분		Pv	Ph	마찰계수 (μ)	안전율	허용안전율	판정
상시	Case-1	5,872.51	1,695.42	0.6	2.08	1.20	O K
	Case-2	5,872.51	1,953.16	0.6	1.80	1.20	O K
	Case-3	6,311.34	1,953.16	0.6	1.94	1.20	O K
지진시	Case-1	5,965.32	2,402.18	0.6	1.49	1.10	O K
	Case-2	5,965.32	2,430.62	0.6	1.47	1.10	O K
	Case-3	6,077.08	2,430.62	0.6	1.50	1.10	O K

나. 전도검토

구분		Mv	Mo	안전율	허용안전율	판정
상시	Case-1	68,261.84	15,007.81	4.55	1.20	O K
	Case-2	68,261.84	20,388.10	3.35	1.20	O K
	Case-3	73,863.63	20,388.10	3.62	1.20	O K
지진시	Case-1	70,098.41	23,043.27	3.04	1.10	O K
	Case-2	70,098.41	23,400.27	3.00	1.10	O K
	Case-3	71,539.29	23,400.27	3.06	1.10	O K

다. 지지력 검토

1) 상시

구분	$\sum Mr(KN \cdot m)$	$\sum Mo(KN \cdot m)$	$\sum Pv(KN)$	x(m)	B(m)	e(m)
	B/6(m)	반력분포상태	qmax, qmin(KN/m ²)		b'(m)	판정
Case-1	68,261.84	15,007.81	5,872.51	9.07	21.30	1.58
	3.55	사다리꼴	398.41	153.00	18.14	O K
Case-2	68,261.84	20,388.10	5,872.51	8.15	21.30	2.50
	3.55	사다리꼴	469.86	81.55	16.30	O K
Case-3	73,863.63	20,388.10	6,311.34	8.47	21.30	2.18
	3.55	사다리꼴	478.26	114.35	16.94	O K

2) 지진시

구분	$\sum Mr(KN \cdot m)$	$\sum Mo(KN \cdot m)$	$\sum Pv(KN)$	x(m)	B(m)	e(m)
	B/6(m)	반력분포상태	qmax, qmin(KN/m ²)		b'(m)	판정
Case-1	70,098.41	23,043.27	5,965.32	7.89	21.30	2.76
	3.55	사다리꼴	497.80	62.32	15.78	O K
Case-2	70,098.41	23,400.27	5,965.32	7.83	21.30	2.82
	3.55	사다리꼴	502.53	57.59	15.66	O K
Case-3	71,539.29	23,400.27	6,077.08	7.92	21.30	2.73
	3.55	사다리꼴	504.72	65.90	15.84	O K

5.2.6 전단력을 고려한 안정성 검토

가. 전단력 산정

- 인터로킹 사석의 전달력은 다음식에 의하여 산정한다.

$$F_s = \tau \times A$$

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

- 여기서, F_s = 전단력(kN)
- τ = 전단응력(MPa)
- A = 전단면적 (㎡)
- C = 점착력
- σ = 채움재가 받는 압축응력(MPa)
- ϕ = 채움재 내부마찰각(40°)

깊이 (m)	σ (kN/m ²)	$\tan\phi$ (radians)	τ (kN/m ²)	비고
0.00	0.00	0.000	0.00	
2.00	15.00	0.839	12.59	
20.00	15.00	0.839	12.59	

- 전단면적 산정

구분	전체폭(m)	날개벽 두께(m)	전단유효폭(m)	상단 전단면적(m ²)	하단 전단면적(m ²)
전단면적 산정	17.30	2.00	13.30	33.25	232.75

- 전단력 산정

구분	상단 전단력(kN)	하단전단력(kN)	합당(kN)	m당(kN)
전단력 산정	209.25	2,929.51	3,138.76	119.34

나. 하중조합 및 활동검토

- 전단력 미고려시

구분		V	MV	H	MH	μ	전단력 (2면작용)	FS
		(kN/m)	(kN·m/m)	(kN/m)	(kN·m/m)			
하중조합	1	5,872.51		1,695.42		0.60		2.08
	2	5,872.51		1,953.16		0.60		1.8
	3	6,311.34		1,953.16		0.60		1.94

제 5 장 안벽 케이스 안정 검토

● 전단력 고려시

구 분		V (kN/m)	MV (kN·m/m)	H (kN/m)	MH (kN·m/m)	μ	전단력 (2면작용)	FS
하중조합	1	5,872.51		1,695.42		0.60	238.68	2.22
	2	5,872.51		1,953.16		0.60	238.68	1.93
	3	6,311.34		1,953.16		0.60	238.68	2.06

다. 안전을 증가 검토

구분			하중조합		
			1	2	3
안정검토	활동	전단력 미고려	2.08	1.80	1.94
		전단력 고려	2.22	1.93	2.06
		증가율	6.7%	7.2%	6.2%

제6장

공사비 비교

6.1 일반 케이스 안벽

개략공사비

6.2 오픈 셀 케이스 안벽

개략공사비

제6장 공사비 비교

6.1 일반 케이스 안벽 개략공사비

◎일반케이스

(단위 : 원/m)

공 종	규 격	단위	수 량	합중	실계수량	단 가	금 액	비 고
☆ m당 공사비							78,417,059	
1. 박지준설공							2,237,915	
박 지 준 설		m ³	170.60		170.60	11,212	1,912,767	
여		m ³	29.00		29.00	11,212	325,148	
2. 기 초 공							36,767,296	
기 초 굴 착	그래브준설	m ³	765.46		765.46	19,157	14,663,917	
기 초 사 석	0.015~0.03m ² 급; 해상수중	m ³	29.17	20%	35.00	30,064	1,052,240	
기 초 사 석 다 짐	0.015~0.03m ² 급; 수중	m ³	26.60		26.60	204,903	5,450,420	
피 복 석	0.2m ² 급; 해상수중	m ³	2.44	15%	2.80	65,300	182,840	
핏 채 옴 사 석	0.001~0.03m ² 급; 육상수중	m ³	248.55	20%	298.26	23,532	7,018,654	
핏 채 옴 사 석	0.001~0.03m ² 급; 육상수상	m ³	65.41	20%	78.49	23,532	1,847,027	
필 터 사 석	φ100mm이하; 육상수중	m ³	63.48	20%	76.17	28,666	2,183,489	
필 터 사 석	φ100mm이하;육상수상	m ³	8.29	20%	9.94	25,441	252,884	
매 트 정 치 공	육상수중	m ³	142.33		142.33	16,259	2,314,143	
매 트 정 치 공	육상수상	m ³	48.74		48.74	16,259	792,464	
사 석 속 고 르 기	0.015~0.03m ² 급; 15~20	m ²	2.62		2.62	43,410	113,734	
피복석속고르기	0.2m ² 급; 0~15	m ²	3.08		3.08	97,976	301,766	
피복석속고르기	0.2m ² 급; 15~20	m ²	1.34		1.34	90,296	120,997	
필터사석고르기	φ100mm이하;수중	m ²	17.79		17.79	12,596	224,083	
필터사석고르기	φ100mm이하;수상	m ²	9.24		9.24	845	7,808	
필 터 매 트	100kN/m;수중	m ²	19.79		19.79	5,987	118,483	
필 터 매 트	100kN/m;수상	m ²	23.84		23.84	5,132	122,347	
3. 매 립 공							105,399	
매 립	다짐	m ³	6.53	6%	6.92	1,744	12,068	
매 립	비다짐	m ³	140.88	6%	149.33	625	93,331	
4. 구 체 공							33,844,112	23.1 m
케 이 슨 제 직	3,794 ton급	합	0.04		0.04	646,170,915	27,972,767	
진 수 / 거 치	F/D ton	합	0.04		0.04	115,920,452	5,018,201	
케이스속채움	모래	합	281.61	10%	309.77	2,028	628,214	
근 고 블 록 제 직	TYPE-A	EA	0.50		0.50	265,614	132,807	3.87 ton
근 고 블 록 거 치	해상수상; 0~5톤급	EA	0.50		0.50	184,245	92,123	
5. 상 부 공							5,462,337	
레 미 콘	25-35-12	m ³	52.01	1%	52.53	65,100	3,419,703	
레 미 콘 타 설	철근뿔프카;S=8~12cm	m ³	52.01		52.01	12,792	665,312	
철 근	각종	ton	1.04	3%	1.07	488,518	522,714	
철근가공/조립	보통	ton	1.04		1.04	385,125	400,530	
유 로 폼	벽체; 0~7m	m ²	10.71		10.71	17,790	190,531	
신 축 이 음		개소	0.05		0.05	1,273,677	63,684	개 소 /20m
강 관 비 계	3개월	m	5.00		5.00	10,147	50,735	
상 치 지 보 공		m	2.00		2.00	74,564	149,128	

6.2 오픈 셀 케이스 안벽 개략공사비

◎오픈셀 케이스

(단위 : 원/m)

공종	규격	단위	수량	합중	설계수량	단가	금액	비고
★ m당 공사비							76,710,412	
1. 박지준설공							2,237,915	
박지준설		m ³	170.60		170.60	11,212	1,912,767	
여굴		m ³	29.00		29.00	11,212	325,148	
2. 기초공							35,606,536	
기초굴착	그래브준설	m ³	734.43		734.43	19,157	14,069,476	
기초사석	0.015~0.03m ² 급; 해상수중	m ³	27.37	20%	32.84	30,064	987,302	
기초사석다짐	0.015~0.03m ² 급; 수중	m ³	24.80		24.80	204,903	5,081,594	
피복석	0.2m ² 급; 해상수중	m ³	2.44	15%	2.80	65,300	182,840	
덧채움사석	0.001~0.03m ² 급; 육상수중	m ³	248.55	20%	298.26	23,532	7,018,654	
덧채움사석	0.001~0.03m ² 급; 육상수상	m ³	60.86	20%	73.03	23,532	1,718,542	
필터사석	φ100mm이하; 육상수중	m ³	63.48	20%	76.17	28,666	2,183,489	
필터사석	φ100mm이하; 육상수상	m ³	8.29	20%	9.94	25,441	252,884	
매트정치공	육상수중	m ³	142.49		142.49	16,259	2,316,745	
매트정치공	육상수상	m ³	48.74		48.74	16,259	792,464	
사석속고르기	0.015~0.03m ² 급; 15~20	m ²	2.62		2.62	43,410	113,734	
피복석속고르기	0.2m ² 급; 0~15	m ²	3.08		3.08	97,976	301,766	
피복석속고르기	0.2m ² 급; 15~20	m ²	1.34		1.34	90,296	120,997	
필터사석고르기	φ100mm이하; 수중	m ²	17.79		17.79	12,596	224,083	
필터사석고르기	φ100mm이하; 수상	m ²	9.24		9.24	845	7,806	
필터매트	100kN/m; 수중	m ²	19.79		19.79	5,987	118,483	
필터매트	100kN/m; 수상	m ²	22.54		22.54	5,132	115,675	
3. 매립공							115,564	
매립	다짐	m ³	6.88	6%	7.29	1,744	12,714	
매립	비다짐	m ³	155.25	6%	164.56	625	102,850	
4. 구체공							33,713,446	26.3 m
케이스제작	4,303 ton급	합	0.04		0.04	703,519,069	26,749,774	
진수/거치	F/D ton	합	0.04		0.04	115,920,452	4,407,622	
케이스속채움	모래	합	222.02	10%	244.22	2,028	495,273	
케이스속채움	채움사석	합	55.51	10%	61.06	30,064	1,835,847	
근고블록제작	TYPE-A	EA	0.50		0.50	265,614	132,807	3.87 ton
근고블록거치	해상수상; 0~5톤급	EA	0.50		0.50	184,245	92,123	
5. 상부공							5,036,951	
레미콘	25-35-12	m ³	47.60	1%	48.07	65,100	3,129,357	
레미콘타설	철근폼프카; S=8~12cm	m ³	47.60		47.60	12,792	608,899	
철근	각종	ton	0.95	3%	0.98	488,518	478,748	
철근가공/조립	보통	ton	0.95		0.95	385,125	365,869	
유로폼	벽체; 0~7m	m ²	10.71		10.71	17,790	190,531	
신축이음		개소	0.05		0.05	1,273,677	63,684	개소 /20m
강관비계	3개월	m	5.00		5.00	10,147	50,735	
상치지보공		m	2.00		2.00	74,564	149,128	

제 7 장

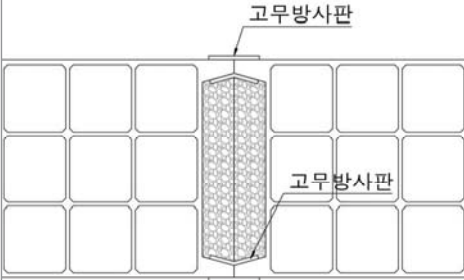
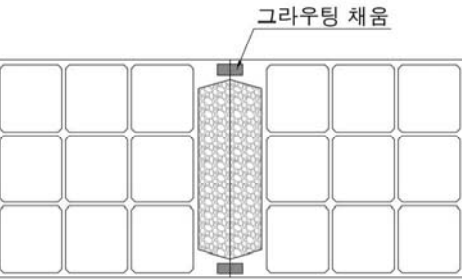
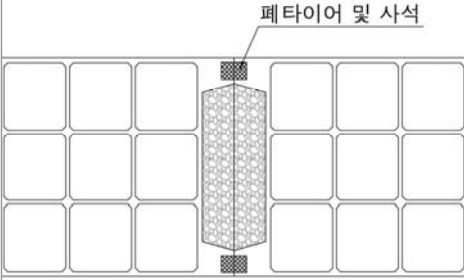
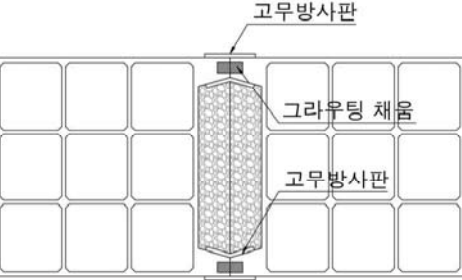
추가 개선사항 제안

7.1 채움사석 유출방지공

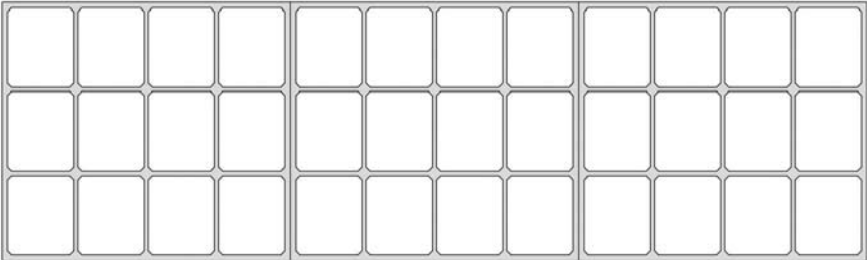
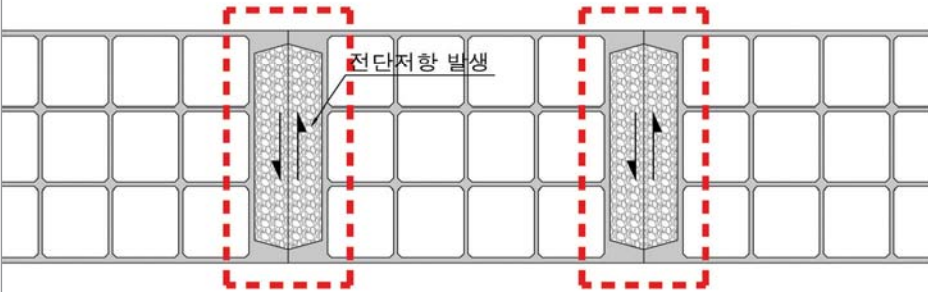
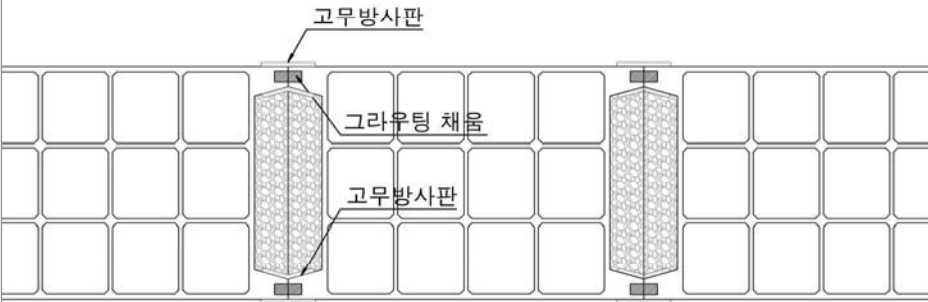
7.2 개선된 케이스 일반도

제7장 추가 개선사항 제안

7.1 채움사석 유출방지공

구분	제1안 : 고무 방사판 설치	제2안 : 그라우팅 채움
개요	· 케이슨 이음부에 고무 방사판 설치하여 사석 유출 방지	· 날개벽에 홈을 만들고 그라우팅을 채움으로 사석 유출 방지
형상		
주요특징	· 케이슨에 대한 구조적 변형 없이 적용 가능하며, 케이슨 거치 후 시공으로 시공성 양호 · 고무 재질로 파손 우려가 있음	· 날개벽의 케이슨 이음부를 그라우팅으로 채움으로서 사석 유출 방지효과 양호
추천		
구분	제3안 : 이중날개벽 + 페타이어	제4안 : 고무방사판 + 그라우팅
개요	· 날개벽 추가 설치후 날개벽 사이에 페타이어 및 사석채움	· 제1안과 제2안을 동시 적용
형상		
주요특징	· 추가 날개벽에 대한 물량 증가 및 구조적 안정성 검증 필요 · 페타이어 채움 시 채움재간 공극 과다발생 우려	· 가장 확실한 사석 유출 방지 가능 · 케이슨에 대한 구조적 변경 없이 케이슨 거치후 시공 가능
추천		◎

7.2 개선된 케이스 일반도

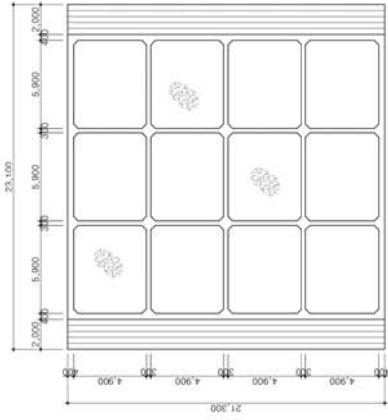
구분	안벽 적용 시 개선 사항
일반형	
오픈 셀형	
오픈 셀 개선형	
추가 개선사항	<ul style="list-style-type: none"> · 오픈 셀 케이스는 기존 케이스에 대비하여 케이스 장대화 효과와 파랑 평활화 효과로 구조적 안정성 증대 및 공사비 절감 가능 · 사석 유출방지공 적용으로 구조적 안정성 개선 가능

첨 부

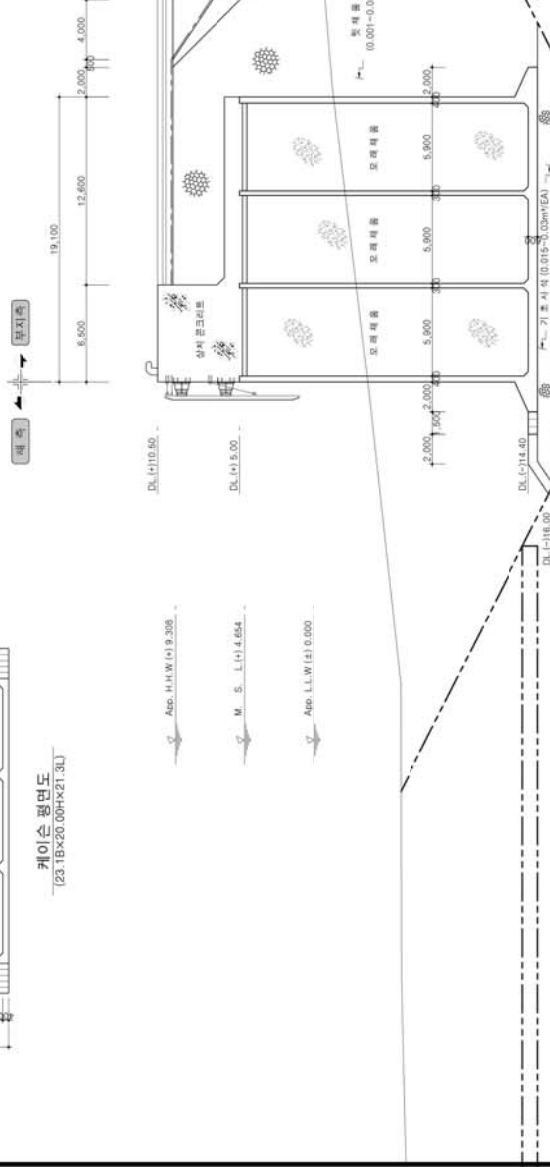
관련도면

- ※ 일반 케이스 안벽 표준단면도
- ※ 일반 케이스 배열도
- ※ 일반 케이스 일반도
- ※ 오픈 셀 케이스 안벽 표준단면도
- ※ 오픈 셀 케이스 배열도
- ※ 오픈 셀 케이스 일반도

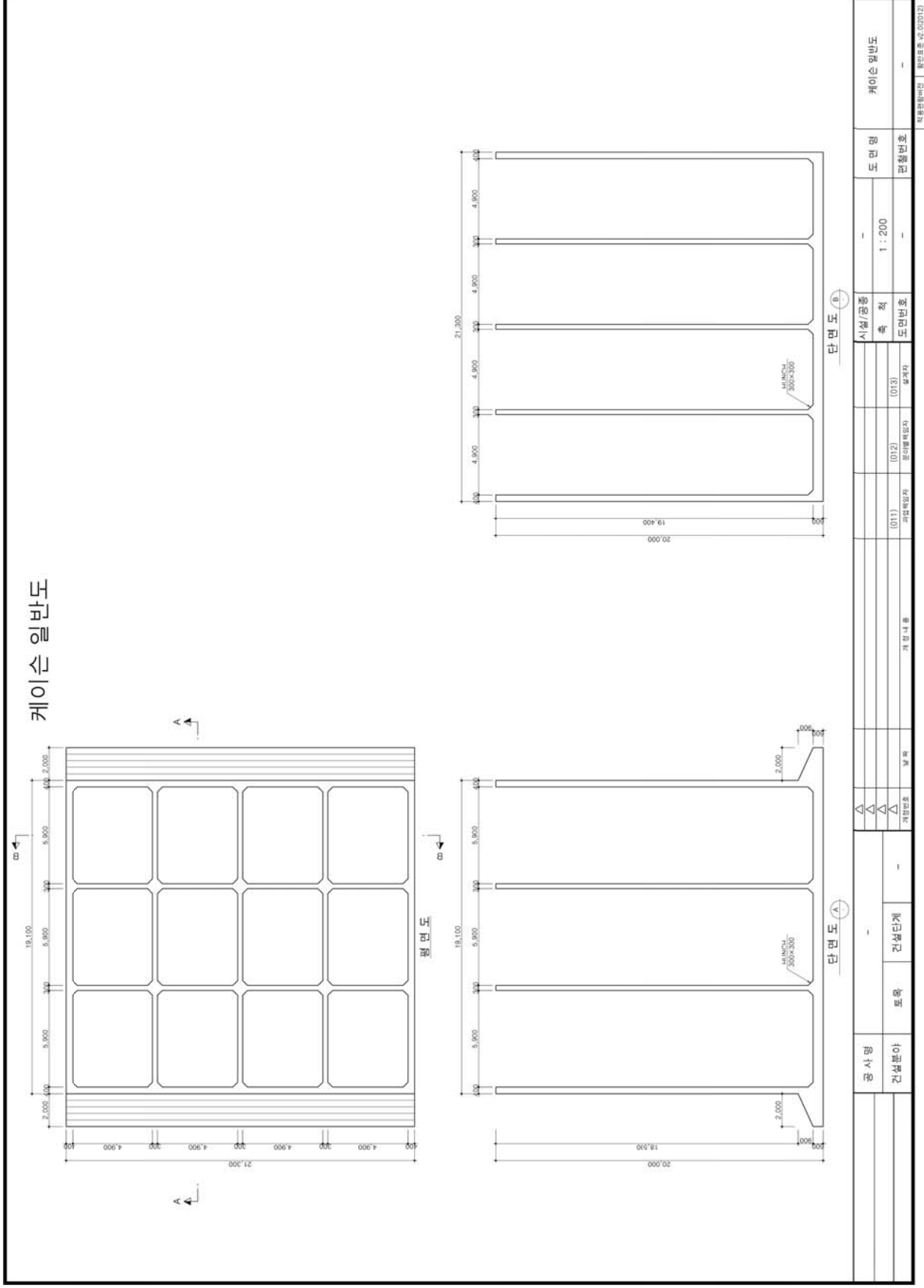
일반케이스 안벽 표준단면도



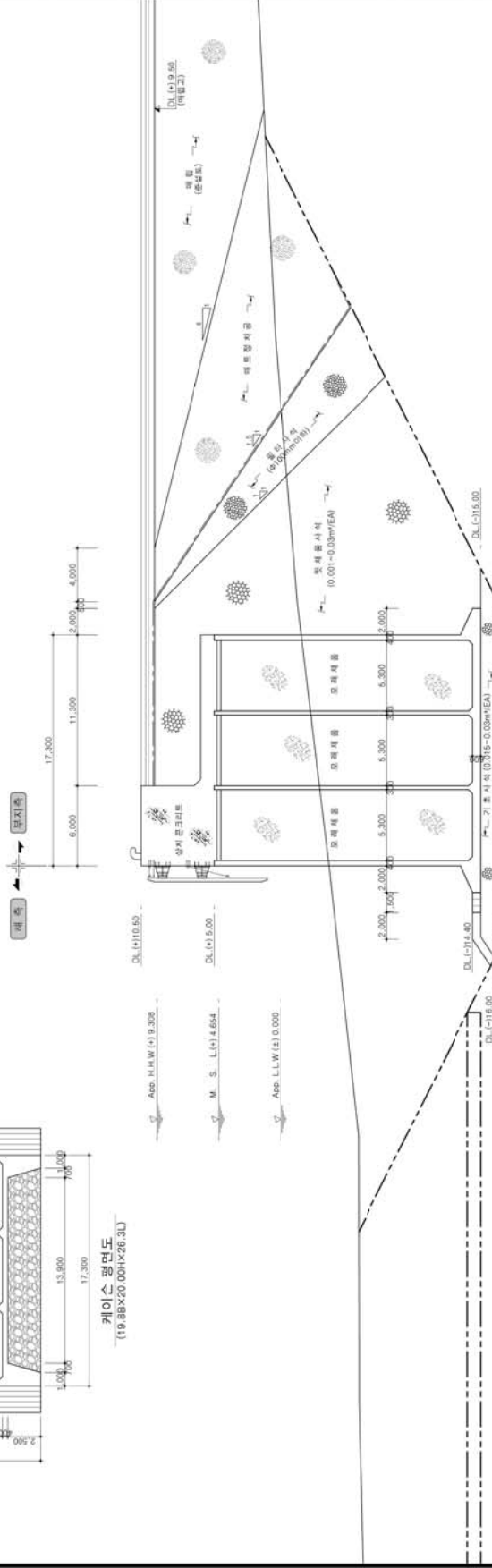
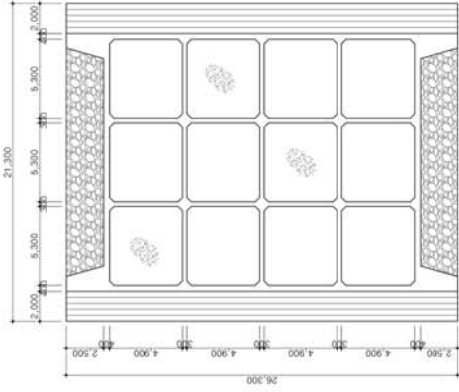
케이스 평면도
(23.1Bx20.00HX21.3L)



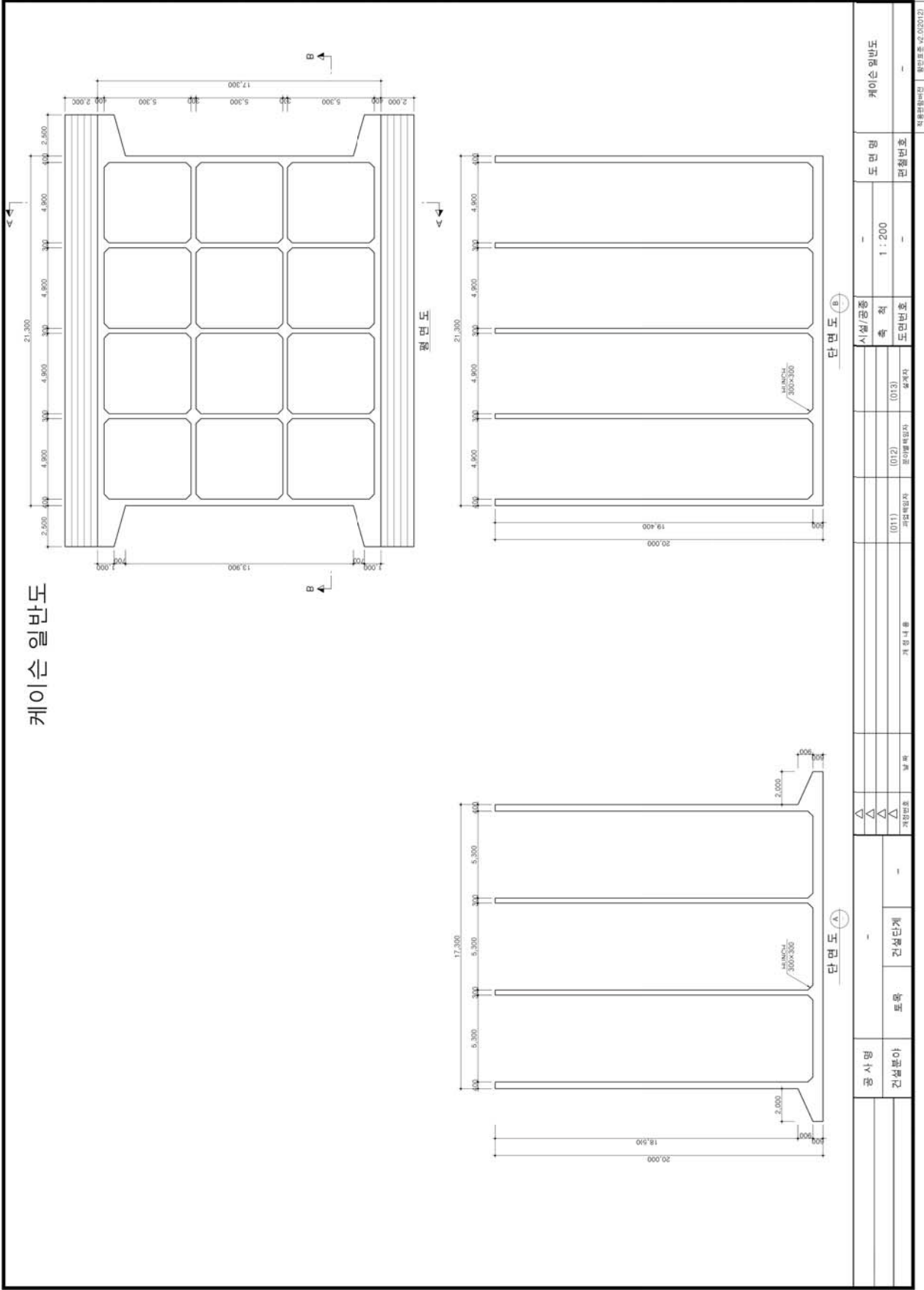
공사명	-	공정번호	날짜	개입내용	(011) -	(012) -	(013) -	시설/공중	-	도면명	-	일반케이스 안벽 표준단면도
건설분야	토목	건설단계	-	-	구조물설립사	구조물설립사	상차차	속 칙	1 : 300	도면번호	-	관청번호
각 항목별 파일명 : 일반케이스 안벽 표준단면도												



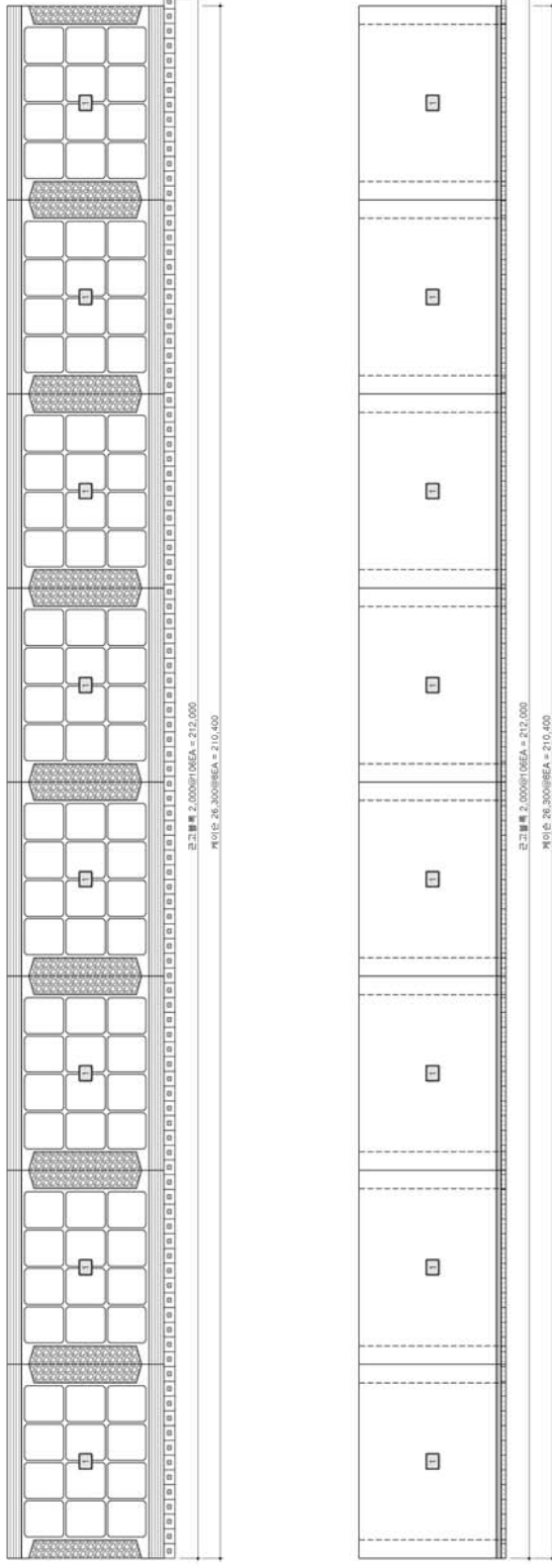
오픈셀케이스 안벽 표준단면도



공사명	-	건설단계	-	공정번호	날짜	개입내용	(011) -> (012) -> (013)	시정/공중	-	도면명	오픈셀케이스 안벽 표준단면도
건설분야	토목	건설단계	-	공정번호	날짜	개입내용	(011) -> (012) -> (013)	속 칙	1 : 300	도면번호	관청번호
											작성/승인/작성
											작성/승인/작성



케이슨 배열도



공사명	-																			
건설분야	토목	건설단계	-																	
시정/공종		속	척	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호
			1 : 600			(013) 상부지	(012) 풍하중계입자	(011) 과잉형입자	개입내용											
공사명	토목	건설단계	-																	
건설분야	토목	건설단계	-																	
시정/공종		속	척	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호
			1 : 600			(013) 상부지	(012) 풍하중계입자	(011) 과잉형입자	개입내용											
공사명	토목	건설단계	-																	
건설분야	토목	건설단계	-																	
시정/공종		속	척	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호	도면번호
			1 : 600			(013) 상부지	(012) 풍하중계입자	(011) 과잉형입자	개입내용											

부록 C. 시험시공 지원기술 신청서

【제1호 서식】

원	본
---	---

신기술 등 시험시공 지원기술 신청서

2018. 9.

한국해양과학기술원

작성 자 : 책임연구원 성 명 : 박 우 선
전화번호 : 051) 664-3510 팩 스 : 050)4212-9917 E-mail : wspark@kiost.ac.kr
주소 : 부산시 영도구 해양로 385 한국해양과학기술원 해양공학연구본부

【제2호 서식】

제 출 문

공고명 : 해양수산 건설공사 시험시공 지원기술 모집

귀 부의 신청서 등의 작성양식에 의거 “쇄석 인터로킹을 활용한
오픈 셀 케이슨 공법”의 신청서를 붙임과 같이 제출합니다.

붙임 : 신청서 10부.(원본 1, 부분 9)

2018. 9.

기술개발자 : 한국해양과학기술원

대표자 : 김 응 서



해양수산부장관 귀하

서 약 서

○ 공고명 : 해양수산 건설공사 시험시공 지원기술 모집

본 인(업체)는 귀 부에서 공고한 상기 지원사업 모집과 관련 신청서 등을 작성, 제출함에 있어 본 신청서 등의 모든 내용이 사실에 입각하여 작성되었음을 서약하며, 만일 허위 또는 중대한 오류로 인하여 우리부가 심의제외, 선정취소, 계약 해지 또는 관계법령에 따른 제재 등의 조치를 취함에 이의 없이 따를 것을 확약하며 본 각서로 서약합니다.

2018. 9.

기술개발자 : 한국해양과학기술원

대표자 : 김 응 서



해양수산부장관 귀하

시험시공 지원기술 신청서

① 기술 개요

기술(특허)명	쇄석 인터로킹을 활용한 오픈 셀 케이슨 공법
기술분야	대분야: A. 토목 중분야: 03. 항만 및 해안 소분야: 02. 항만 및 해안구조물 / 06. 방파제
기술개발자	한국해양과학기술원
개발 연혁	<ul style="list-style-type: none"> - 2015.04.23 신기술 관련 아이디어 도출 - 2016.04.14 신기술 관련 핵심 특허등록 (10-1613886) - 2016.05.03 기초마운드 세굴 대응 성능평가 실험 완료 - 2016.06.30 ABAQUS를 이용한 신기술 적용 방파제에 대한 수치성능 실험 완료 - 2016.08.29 신기술 관련 PCT 특허출원 (PCT/KR2016/09567) - 2016.10.31 신기술 인증 시범사업 3차심사 통과 - 2017.01.13 신기술 적용 케이슨 구조에 대한 1/10 실험 완료 - 2017.04.11 신기술 관련 핵심 특허등록 (10-1727510) - 2017.09.29 채움사석 전단실험 완료 - 2017.09.18 신기술 관련 핵심 특허등록 (10-1780982) - 2017.10.30 신기술 적용 방파제에 대한 3차원 수리실험 완료 - 2017.12.29 신기술 인증 사업 3차심사 통과 - 2018.01.02 2017년도 해양수산신기술 인증기술로 공고 - 2018.02.14. 전단벽체 구조실험 완료
기술 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 독립된 케이슨으로 구축되는 기존 항만구조물의 안정성을 케이슨간 인터로킹을 통하여 높이기 위한 기술 - 기존의 케이슨에서 셀 일부(측벽, 저판 등)를 오픈시킨 “오픈 셀 케이슨”을 이용하여 맞닿은 오픈 셀에 쇄석을 채움으로써 케이슨식 항만구조물을 장대화하는 기술 - 안정성, 경제성, 내구성, 시공성 측면에서 기존 기술 대비 월등한 성능을 보임

2 신청인

기술개발자 1	법인명	한국해양과학기술원
	법인등록번호	131471-0018173
	대표자	김웅서
기술개발자 2	법인명	(유)코이도
	법인등록번호	210441-0046421
	대표자	이오진
담당자 연락처	담당자	박우선
	TEL	051) 664-3510 / 010-9189-9917
	FAX	050) 4212-9917
	E-Mail	wspark@kiost.ac.kr
	주소	부산시 영도구 해양로 385 한국해양과학기술원

3 활용 현황

지정 이후 활용 여부	<input type="checkbox"/> 신기술 등 활용 <input checked="" type="checkbox"/> 신기술 등 미활용	
	미활용 사유	<ul style="list-style-type: none"> - 적용실적을 요구하는 등 시장에서의 진입장벽이 높음 - 해당기술 관련 설계기준의 부재(기존 기준만으로는 장점을 충분히 살려서 설계할 수 없음)
활용 현황	활용건수	
	활용금액	
	해당사항 없음	

신기술 등 요약자료

(제2017-10호) 쇄석 인터로킹을 활용한 오픈 셀 케이슨 공법

- 기술개발자 : 한국해양과학기술원
- 주 소 : 부산시 영도구 해양로 395
- 홈페이지 : <http://www.kiost.ac.kr>
- 보호기간 : 2018. 1. 2 ~ 2023. 1. 1

1. 신기술 등의 내용

가. 신기술 등의 범위 및 내용

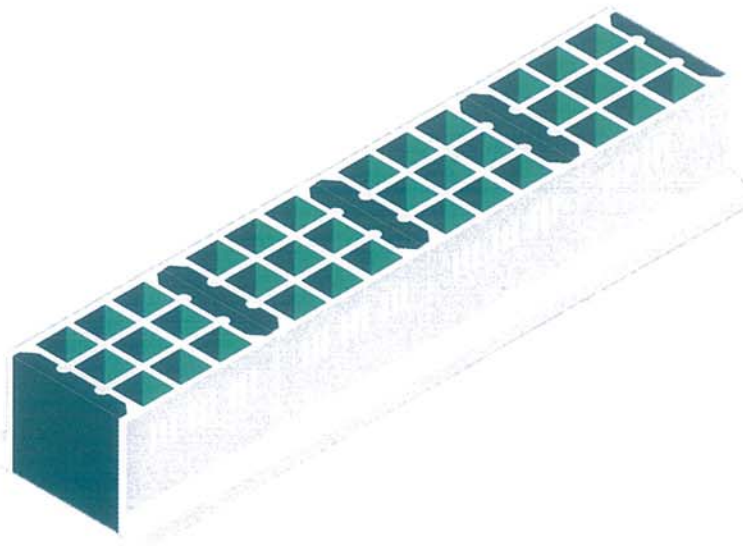
1) 범위

쇄석 인터로킹과 오픈 셀 케이슨 공법을 결합한 항만구조물 기술

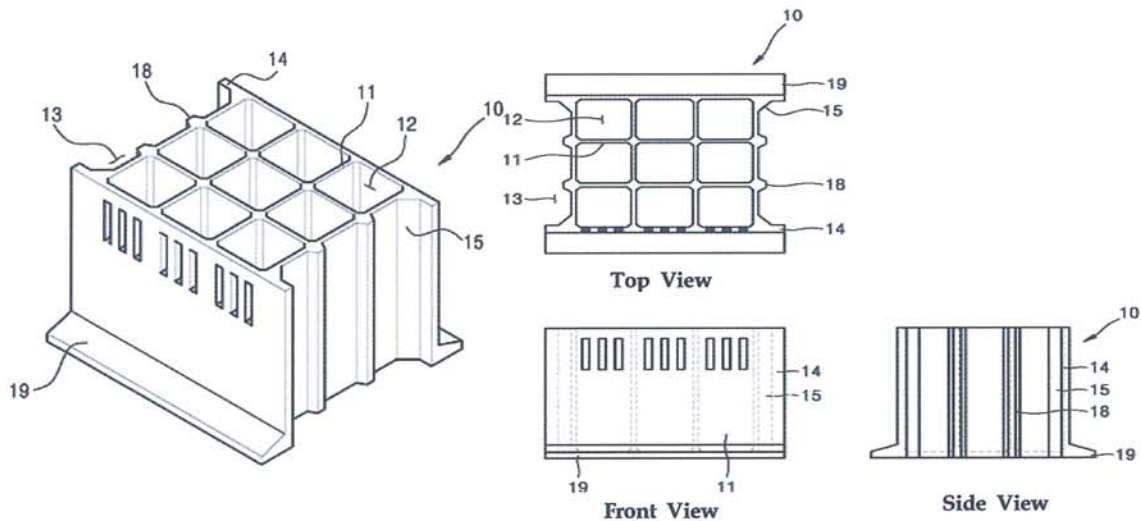
2) 내용

▶ 기술의 개요

본 신기술은 기존의 케이슨에서 셀 일부(측벽, 저판 등)를 오픈시킨 “오픈 셀 케이슨”을 이용하여 케이슨식 항만구조물을 장대화하는 기술로, 구조물 시공비용의 절감이 가능하고, 마주한 오픈 셀로 인해 생기는 인터 셀에 사석을 채움으로써 인접 케이슨과의 인터로킹이 가능하여 외력 분산효과에 의한 최대 외력 저감으로 인하여 구조물 안정성을 획기적으로 높일 수 있는 기술이다.



오픈 셀 케이슨을 이용하여 장대화된 항만구조물(방파제 또는 안벽)



(a) 조감도

(b) 평면도

오픈 셀 케이슨 개념도

▶ 신기술에 직접 해당하는 지적재산권

구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	출원자
국내 특허	10-2015-0121583 (10-1613886)	2015.08.28 (2016.04.14)	오픈 셀 케이슨, 그 구조물 및 시공 방법	한국해양과학기술원, (유)코이도
국내 특허	10-2016-0044855 (10-1727510)	2016.04.12 (2017.04.11)	오픈 셀 케이슨, 그 구조물 및 시공 방법	한국해양과학기술원, (유)코이도
국내 특허	10-2016-0109171 (10-1780982)	2016.08.26 (2017.09.18)	오픈 셀 케이슨 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)코이도
PCT	PCT/KR2016/ 09567	2016.08.29	오픈 셀 케이슨 구조물 및 시공방법	한국해양과학기술원, (유)코이도

나. 신기술 등의 설계 및 시공방법

신기술의 장점을 극대화하고 시공의 편리성을 도모하기 위하여, 구조물 안정성 평가방법을 새로이 개발하였으며, 거치틀을 이용한 신속한 시공방법을 제시하였다. 거치틀을 이용하면 케이슨간 충돌에 의한 파손 가능성을 대폭 감소시킬 수 있다.

① 제안된 안정성 평가식

■ 미끌림 안전성 평가

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

- 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($j = m$),

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

■ 전도 안정성 평가

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

- 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($j = m$),

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

■ 회전 미끌림 안정성 평가

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

- 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, $j = m$

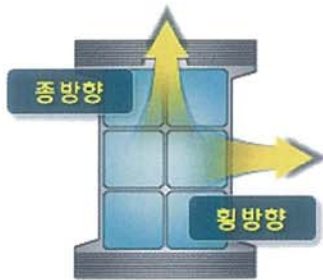
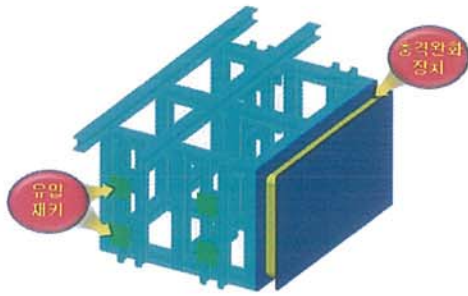
$$\gamma_m^{X,Z} = \sqrt{\frac{\int_0^\infty \int_{-\pi}^\pi \left(\left| \frac{\tanh kh}{kh} \gamma_d^X + \frac{1}{\cosh kh} \gamma_d^Z \right| \right)^2 S_\eta(\omega, \theta) d\theta d\omega}{\int_0^\infty \left\{ \left(\frac{y_B}{L_B} - \frac{y_o}{2L_B} \right) \frac{\tanh kh}{kh} + \left(-\frac{y_O^2}{L_B^2}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

여기서,

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

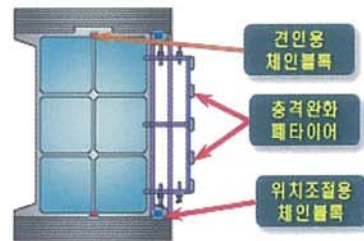
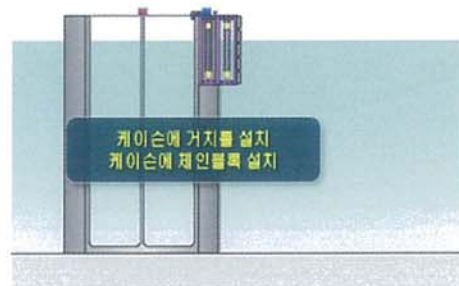
② 시공방법

1. 거치틀 제작



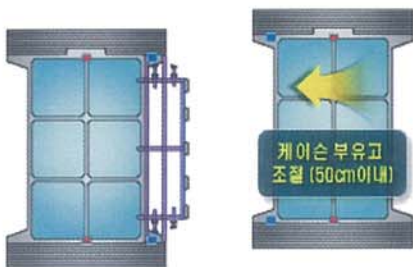
거치틀 제작 (H-Beam)

2. 케이슨 거치틀 설치



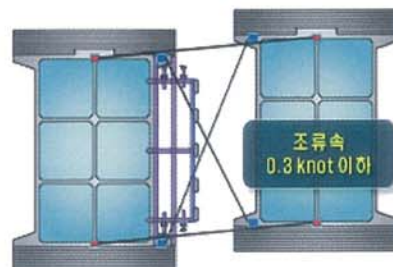
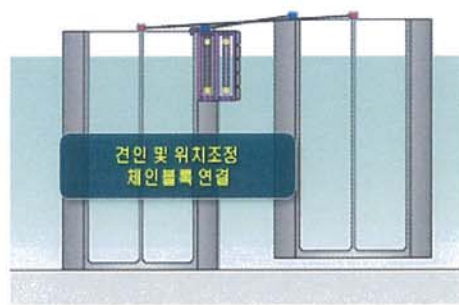
1. 정위치된 케이슨에 거치틀 설치
2. 케이슨에 체인블록 설치

3. 가거치 케이슨 부양 및 이동



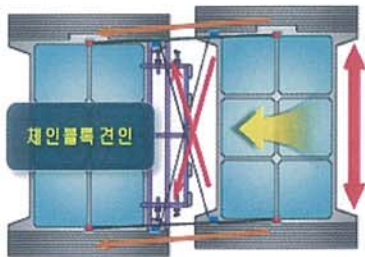
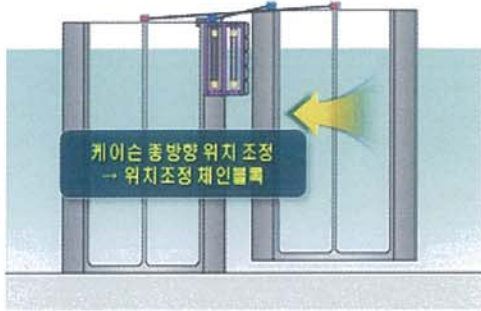
1. 예인선에 의해 근접거리로 이동
2. 케이슨 부유고 50cm이하 조절(일부 충수)

4. 체인 연결 및 견인준비



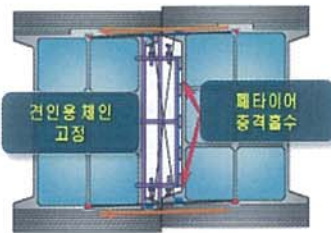
1. 견인 및 위치조정 체인블록 연결
2. 조류속 확인(0.3 knot 이하) 및 견인 준비

5. 케이스 견인



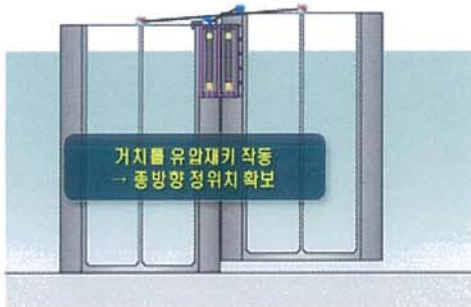
1. 위치조정용 및 견인용 체인블록 견인
2. 거치틀 위치에 맞도록 케이스 위치 조정

6. 횡방향 정위치 확보



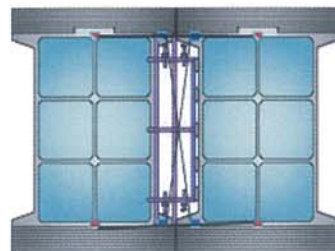
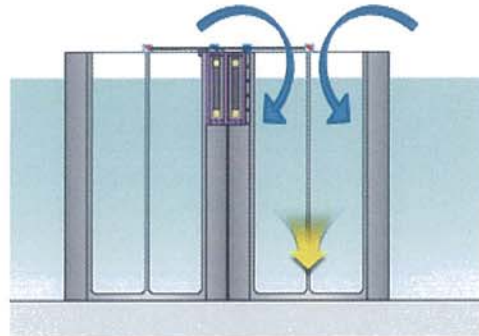
1. 케이스 밀착 (페타이어 충격 흡수)
2. 견인용 체인 고정으로 횡방향 위치 확보

7. 유압재키로 위치조정



1. 유압재키에 의한 중방향 미세조정
2. 중방향 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

2. 활용실적 및 전망

가. 활용실적, 시험시공 실적

해당사항 없음

나. 향후 활용전망

- 본 신기술은 안정성, 경제성, 내구성, 시공성 측면에서 기존 기술 대비 월등히 우수한 성능을 보이고 있어, 현장 실증을 통하여 시장 진입에 성공한다면 기존의 케이슨 시장을 완전히 대체 할 수 있음
- 지구 온난화 등으로 인한 설계과고 상승으로 기존 방파제 보강이 꾸준히 증가하고 있고, 선박의 대형화 등으로 인한 기존 항만의 리모델링, 그리고, 원자력 발전소를 대체할 수 있는 화력발전소 건설, 해상풍력 등 신재생에너지 사업 추진 등에 관련한 신규 항만의 건설이 요구되고 있어 관련 시장여건은 밝다고 할 수 있음
- 특히, 본 신기술은 세계 최초로 개발된 기술로, 현장실증과 적용을 통하여 트랙레코드를 쌓는다면, 해외 관련 시장에서 막강한 경쟁력을 보일 수 있을 것으로 판단됨
- 기술 경쟁력을 강화하고, 항만 개발이 활발히 진행될 것으로 판단되는 동남아 시장을 적극 공략한다면 높은 경제적 가치를 실현할 수 있을 것으로 판단됨

■ 오픈 셀 케이슨(Open Cell Caisson)의 진입가능 시장현황



○ 개발기술 관련 세계시장은 년 2조원으로 추정

- 세계 항만 개발 시장 규모는년 40조원으로 추정(OECD자료 이용 KMI 추정)
- 케이슨 방파제 및 안벽 시장 규모를 항만 개발시장의 5%로 가정

● 국내시장(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	

- 보수보강비용: 2,161,114백만원
- 투자계획 비용 중 안벽 및 방파제를 10%로 가정할 경우 216,111 백만원 시장 추정

- 무역항의 보수, 보강을 위해서는 1차년에 146억원, 2차년에 1,433억원 등 총 9차년에 걸쳐서 17개 항에 대해 10,464억원이 필요할 것으로 조사됨.
- 연안항의 보수, 보강을 위해서는 1차년에 103억원, 2차년에 495억원 등 총 9차년에 걸쳐서 21개 항에 대해 3,056억원이 필요한 것으로 조사됨.
- 투자비용은 1차년도에 1,112억원, 2차년도에 1,033억원, 3차년도에 1,021억원 등 총 8차년도로 8,091억원으로 계획

시장 확보

오픈 셀 케이슨 시장현황(2016, 한국해양과학기술원 창의사업 발표자료)

3. 기술적·경제적 파급효과

가. 기술적 파급효과

1) 국내외 기술과의 특징 비교

비교항목	본 기술 (기술명: 쇄석 인터로킹을 활용한 오픈 셀 케이슨 공법(신기술 제2017-10호))	국내 유사·경쟁기술 (기술명: 인터로킹에 의한 장대화 효과를 이용한 케이슨 방파제 및 그 시공방법(국내 특허 10-1013023))	선진국 (기술명: 장대형 케이슨(일본 PARI 기술))
인터로킹 방법	인터 셀에 기초사석을 투입	케이슨 양측 면을 굴곡시켜 체결	케이슨을 강결하여 장대화
연결부 응력집중	발생하지 않음	응력집중 발생 가능성이 높아 별도의 완화 방안 강구 필요	부등침하 등으로 강결부 큰 응력발생
케이슨 사석 마운드 세굴	채움 사석이 자체 대응	별도의 대응 필요	별도의 대응 필요
제작 및 시공성	케이슨 형태가 단순하여 양호하고 거치를 이용으로 신속한 시공가능	이형 케이슨이어서 세심한 관리 필요	케이슨 길이가 길어 대형장비 필요
케이슨 파손시 복구	채움 사석을 제거를 통하여 케이슨 대체 수월	케이슨을 위로 들어 올려야 하므로 대형 크레인 필요	제거 및 설치에 대형 크레인 장비 필요
외력 분산효과	케이슨의 움직임 크지 않아도 위상차 등에 의한 외력 분산효과 발생	케이슨의 움직임이 커야 위상차 등에 의한 외력 분산효과 발생	케이슨 움직임과는 무관하게 분산효과 발생하나 길이 제한으로 분산효과 미흡
세계 최고기술 대비 기술수준(%)	100	80	60
기술개발 시기	2016년 4월	2011년 1월	1990년 9월

2) 건설시장에 미칠 파급효과

- 본 신기술은 안정성, 경제성, 내구성, 시공성 측면에서 기존 기술 대비 월등히 우수한 성능을 보이고 있어, 현장 실증을 통한다면 시장 진입이 가능하고, 안벽, 방파제에의 적용실적이 확보되면 급격하게 확대 적용되어 기존 기술을 100% 대체하여 파급효과가 매우 클 것으로 판단됨
- 본 신기술은 세계 최초, 최고의 기술이기 때문에 국내 기술의 해외 경쟁력강화는 물론이고, 해외시장 선점을 통한 높은 경제적 가치실현이 가능하여, 파급효과도 세계적일 것으로 판단됨
- 현장 애로기술 개발 수준의 신기술 개발이 건설분야의 게임 체인저 (Game Changer) 역할을 하는 대형 기술개발 촉진에 기여할 가능성이 있음

3) 국내외 기술 대비 경쟁력

- 기술특징 비교

비교항목	일반 케이슨 기술	본 기술 (기술명: 섶석 인 터로킹을 활용한 오픈 셀 케이슨 공 법(신기술 제 2017-10호))	국내 유사·경쟁기술 (기술명: 인터로킹에 의한 장대화 효과를 이용한 케이슨 방파 제 및 그 시공방법 (국내특허 10-1013023))	선진국 (기술명: 장대형 케 이슨(일본 PARI 기 술))
안정성(%)	80	100	95	85
경제성(%)	80	100	95	85
제작성(%)	100	98	90	95
시공성(%)	100	98	90	90
파손시 복구성(%)	100	98	80	90
기술완성도(%)	100	95	90	98
국제경쟁력(%)	80	100	90	80
기후변화대응성(%)	80	100	95	90

- 외국기술 대체 및 기술수출 가능성

- 본 기술은 세계 최초, 최고의 기술이고, 안정성, 경제성 등이 우수하여 기존기술(외국기술 포함)의 완전한 대체가 가능
- 트랙레코드만 쌓는다면 세계시장 진출은 물론이고 기술시장선점을 통한 관련 세계시장 주도도 가능

- 예상 해외시장 수요 및 기술료 수입 규모

- 케이슨 방파제 및 안벽 세계시장은 년 2조원으로 추정
 - OECD 자료를 이용하여 KMI에서 추정한 결과에 의하면 세계 항만 개발 시장규모는 년 40조원 규모
 - 케이슨식 방파제 및 안벽 시장은 기존 항만개발 자료에 의하면 약 5% 수준
- 2017년에 한국발명진흥회에서 수행한 특허기술 가치평가서에 의하

면, 기술료 수입규모(국내 시장 기준)는 2019년 87백만원에서 2028년 10억63백만원으로 증가되는 추정됨.

- 국외 시장규모는 국내 시장의 10배 정도이므로, 같은 시장점유율을 유지한다면 10배의 기술료 수입을 기대할 수 있으며, 시장 점유율이 1/10 수준이라면 1배의 기술료 수입을 기대할 수 있다고 할 수 있음

[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)	0.7081	0.6266	0.5545	0.4907	0.4343	0.3843	0.3401	0.3010	0.2663	0.2357
현재가치 (‘16.07.01)	55	77	107	144	196	271	252	233	216	201
특허가치 (‘16.07.01)	1,752									

※ 특허기술 가치 평가서(2017, 한국발명진흥회)

나. 경제적 파급효과

1) 설계단가

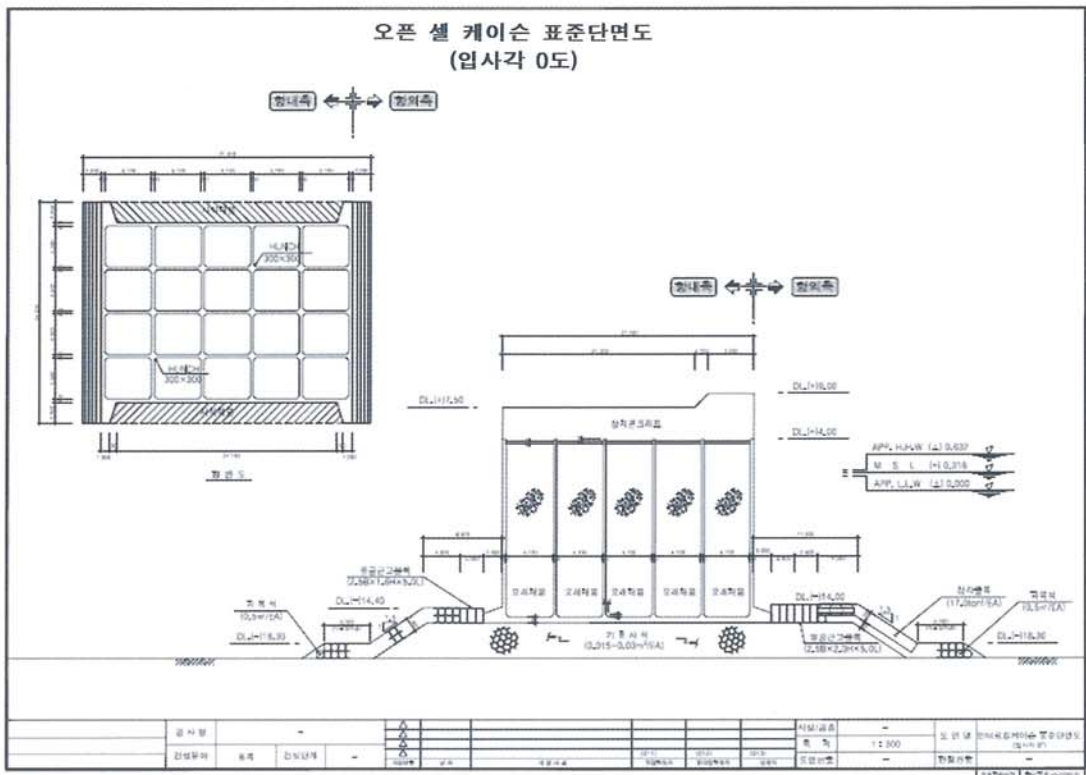
- 오픈 셀 케이슨의 설계단가는 적용 대상지 조건에 따라 다름

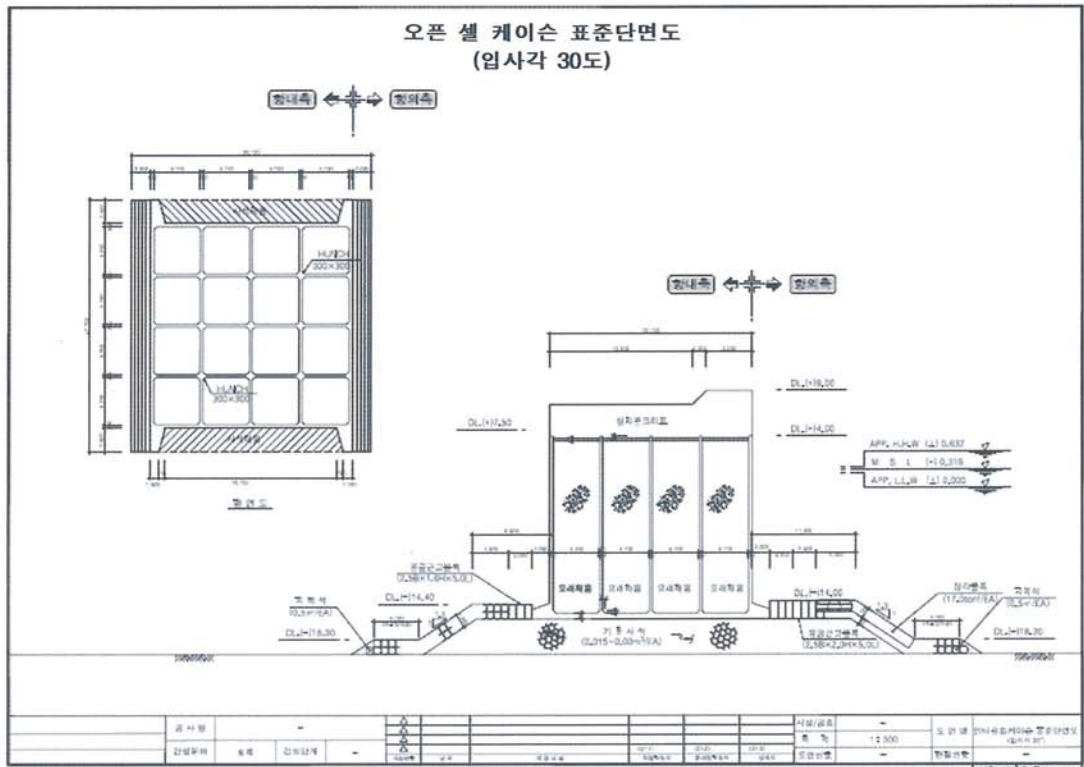
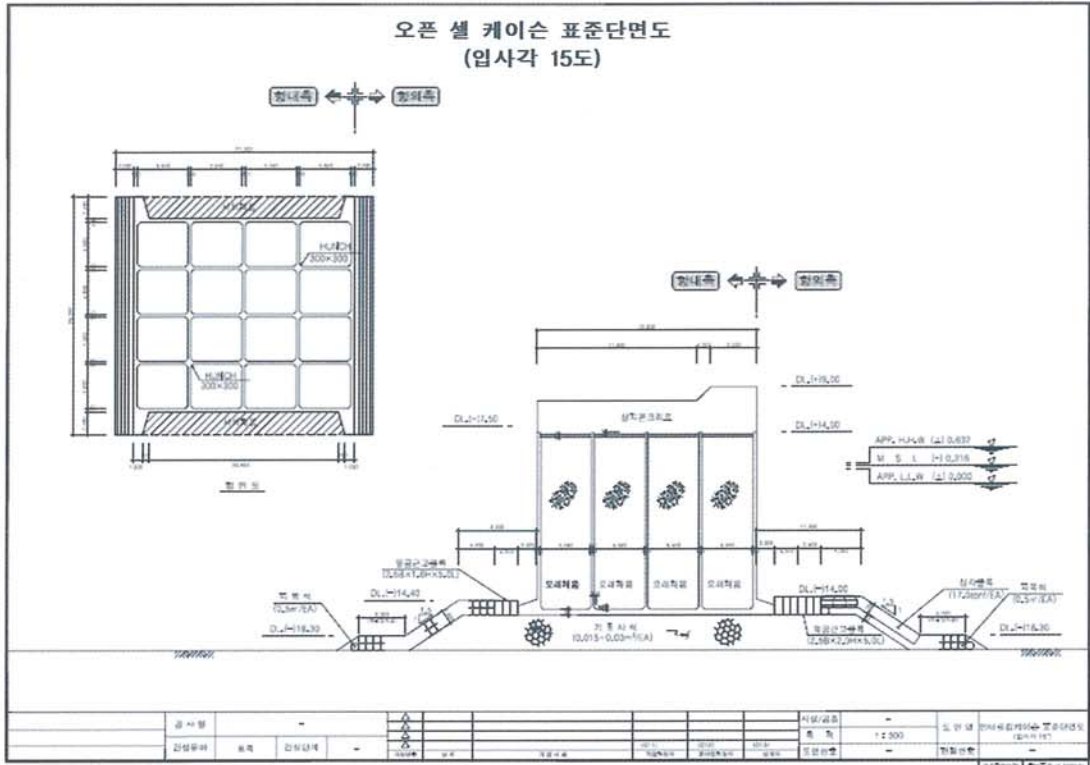
※ 울산항 남방파제 2-3공구에 적용할 경우,

- 설계파 입사각이 0도인 경우 : 133,743천원/m
- 설계파 입사각이 15도인 경우 : 119,030천원/m
- 설계파 입사각이 30도인 경우 : 112,783천원/m

- 신기술 관련 설계기준이 마련이 된다면 설계단가는 대폭 떨어질 것임

※ 현재 설계기준은 단면 중심으로 되어 있어 본 신기술 적용에 의한 구조물 장대화에 따른 파력 저감 효과를 충분히 고려할 수 없음





2) 공사비

- 울산항 남방파제 2-3공구에 적용하는 경우, 일반 케이슨 공법에 비하여, 설계파 입사각이 0도인 경우는 2.7%, 15도인 경우는 13.4%, 30도인 경우는 16.6% 공사비가 절감됨

■ 품 명 : 쇄석인터로킹을 활용한 오픈 셀 케이슨 공법

■ 업체명 : 한국해양과학기술원

1. 입사각 0도

(단위:천원/m)

품 명	규 격	단위	수량	재료비	노무비	경비	계	비고
오픈 셀 케이슨	입사각 0도	m	1	64,264	51,755	17,724	133,743	
일 반 케이슨	입사각 0-15도	m	1	65,682	52,716	18,993	137,391	
절감액				-1,418	-961	-1,269	-3,648	
절감률				-2.2%	-1.8%	-6.7%	-2.7%	
평 가	· 일반 케이슨 공법을 사용했을 때 보다 오픈 셀 케이슨 공법으로 시공했을 때 약 2.7% 절감.							

2. 입사각 15도

(단위:천원/m)

품 명	규 격	단위	수량	재료비	노무비	경비	계	비고
오픈 셀 케이슨	입사각 15도	m	1	56,665	46,053	16,312	119,030	
일 반 케이슨	입사각 0-15도	m	1	65,682	52,716	18,993	137,391	
절감액				-9,017	-6,663	-2,681	-18,361	
절감률				-13.7%	-12.6%	-14.1%	-13.4%	
평 가	· 일반 케이슨 공법을 사용했을 때 보다 오픈 셀 케이슨 공법으로 시공했을 때 약 13.4% 절감.							

3. 입사각 30도

(단위:천원/m)

품 명	규 격	단위	수량	재료비	노무비	경비	계	비고
오픈 셀 케이슨	입사각 30도	m	1	53,401	43,903	15,479	112,783	
일 반 케이슨	입사각 30도	m	1	64,335	51,907	18,910	135,152	
절감액				-10,934	-8,004	-3,431	-22,369	
절감률				-17.0%	-15.4%	-18.1%	-16.6%	
평 가	· 일반 케이슨 공법을 사용했을 때 보다 오픈 셀 케이슨 공법으로 시공했을 때 약 16.6% 절감.							

주1) 직접공사비만 산정(제경비, 일반관리비, 이윤, 부가가치세 제외)

2) 원가계산서(일위대가표) 참조

- 신기술 관련 설계기준이 마련이 되어 적용된다면 공사비 절감율은 대폭 높아질 것임

※ 현재 설계기준은 단면 중심으로 되어 있어 본 신기술 적용에 의한 구조물 장대화에 따른 파력 저감 효과를 충분히 고려할 수 없음

3) 공사기간

- 같은 폭으로 계획하면 기존 케이슨 공법과 동일
- 단일 케이슨 무게가 작아 길이를 길게 같은 중량으로 제작한다면 함수가 줄어 공사기간 단축 가능
 - ※ 한 함당 한 셀의 폭(약 5m)를 길게 제작할 수 있어, 일반 케이슨이 4셀인 경우 전체 함수의 1/4을 줄일 수 있어 설치기간 단축가능
 - 총 길이 1km를 대상으로 하는 경우, 일반 케이슨은 50개가 필요하지만, 오픈 셀 케이슨은 40개 필요

4) 유지관리비

- 통상의 유지관리비는 기존 공법과 동일
- 구조물의 파손시 복구관련 유지관리비를 비교해 보면, 오픈 셀 케이슨의 안정성이 기존 케이슨 공법에 비하여 10%이상 높아 복구비용 대폭 절감 가능
 - ※ 3차원 수리모형실험 결과, 파랑이 방파제(3x3셀 동일 케이슨 기준)에 직각으로 입사하는 경우, 일반 케이슨에 비하여 10%이상 안정성이 높음을 확인

5) 환경부하 저감, 시장확대, 고용창출, 타산업 활성화 등 간접효과

- 지구온난화의 영향으로 인한 설계외력 증대에 효율적으로 대응할 수 있어 관련 재난을 저감시키는 효과가 있음
- 기술중심의 전문기업 역량 및 국내 기술력 강화를 통한 국제경쟁력 제고를 통한 세계시장 진입·선도
- 항만 및 연안 개발 활성화에 따른 고용창출효과 발생
- 해양 헬스케어 산업 등 연계산업 활성화에 기여
- 기후변화에 따른 설계파고 상승에 대응하기 위한 방파제 등 항만구조물 보수보강 관련 국가 예산 절감

【제6호 서식】

원가계산서

原價計算報告書

所 管 : 한국해양과학기술원

品 名 : 쇠석인터로킹을 활용한 오픈 셀 케이스 공법

規 格 : 제시규격 참조

審 理 畢	1107
	6
施 行 : 2018 年 09 月 19 日	



財團
法人

東洋經濟研究院

DONGYANG ECONOMIC RESEARCH INSTITUTE



활용실적 확인서

신기술 등 활용여부	<input type="checkbox"/> 활용실적 있음	<input type="checkbox"/> 활용실적 없음
	미활용 사유	
	<ul style="list-style-type: none">- 적용실적을 요구하는 등 시장에서의 진입장벽이 높음- 해당기술 관련 설계기준의 부재(기존 기준만으로는 장점을 충분히 살려서 설계할 수 없음)	

활용실적 개요(활용실적이 있는 경우만)		
공사명		
발주기관	기관명	
	담당부서	
	담당자	(TEL:)
발주시기		
공사금액	(천원)	
공사규모		
활용방법		
활용금액		
특징		

상기에 기술된 내용이 사실임을 확인합니다.

2018. 9. 20.

기술개발자 한국해양과학기술원

김 옹 서



시험시공 실적 확인서

시험시공 실적여부	<input type="checkbox"/> 시험시공 실적 있음	<input type="checkbox"/> 시험시공 실적없음
	미실적 사유	
	- 적용실적을 요구하는 등 시장예의 진입장벽이 높음 - 해당기술 관련 설계기준의 부재(기존 기준만으로는 장점을 충분히 살려서 설계할 수 없음)	

시험시공 공사 개요 (건설기술진흥법 등 관련 법령에 따라 이미 시험시공을 한 경우)		
공사명		
발주기관	기관명	
	담당부서	
	담당자	(TEL:)
발주시기		
공사금액	(천원)	
공사규모		
반영방법		
특징		

상기에 기술된 내용이 사실임을 확인합니다.

2018. 9. 20.

기술개발자 한국해양과학기술원

김 응 서

