

# 이공학개인기초연구지원사업 최종(결과)보고서

							양식A101	
① 부처사업명(대)	기초연구사업			보안등급(보안, 일반)		일반		
② 사업명(중)	이공학개인기초연구지원사업			공개가능여부(공개, 비공개)		공개		
③ 세부사업명(소)	기초연구지원사업							
④ 과제성격(기초, 응용, 개발)	기초	④-1 실용화 대상여부(실용화, 비실용화)			비실용화			
⑤ 과 제 명	국 문	수중교량의 모듈 및 모듈-고정부 접합 기술						
	영 문	Development of Modules and Module-Fixed Structure Connection for Submerged Bridge						
⑥ 주관연구기관	한국해양과학기술원							
⑦ 협동연구기관								
⑧ 주관연구책임자	성 명	원덕희		직급(직위)	선임연구원			
	소속부서	해양 ICT 융합연구센터		전 공	구조공학			
⑨ 연구개발비 및 참여연구원수 (단위: 천원, M·Y)								
년 도	정부출연금 (A)	기업체부담금			정부외 출연금 (B)	상대국 부담금 (F)	합계 G=(A+B+E)	참여 연구원수
		현금 (C)	현물 (D)	소계 E=(C+D)				
1차년도	43945			0			43,945	4
2차년도	43945			0			43,945	3
3차년도	43945			0			43,945	3
4차년도				0			0	
5차년도				0			0	
합계	131,835	0	0	0	0	0	131,835	10
⑩ 총연구기간	2015. 11. 01 ~ 2018. 10. 31 (36개월)							
⑪ 다년도협약연구기간	기재하지 않음							
⑫ 당해연도연구기간	2017. 11. 1. ~ 2018. 10. 31. (12개월)							
⑬ 참여기업	중소기업수	대기업수		기타		계		
						0		
⑭ 국제공동연구	상대국연구기관수		상대국연구개발비		상대국연구책임자수			
<p>관계 규정과 모든 지시사항을 준수하면서 국가연구개발사업에 따라 수행 중인 연구개발과제의 최종보고서를 붙임과 같이 제출 합니다.</p> <p style="text-align: center;">2018년    11월    13일</p> <p style="text-align: center;">주관연구책임자 : 원 덕 희</p> <p style="text-align: center;">주관연구기관장 : 김 용 서</p>								

※ 전자접수이므로 주관연구책임자 및 주관연구기관장 서명(인, 직인)은 생략

## 〈 연구결과 요약문 〉

양식A202

연구개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수중교량은 해외에서 이미 오래전에 연구되어지기 시작하였지만, 검토만 되었을 뿐 실제 설계되고 시공된 사례가 없어 기본적인 개념 설계 등이 이루어졌음. 외력에 의한 수중 교량의 시스템 거동 평가가 주로 이루어짐. 실제 수중 교량은 현장타설이 불가능하기 때문에 모듈화하여 현장에서 조립하는 공법을 적용해야 함. 이러한 모듈화 공법에 대한 연구가 전세계적으로 이루어지지 않고 있음. 국외의 기술수준이 높지 않아 국내에서 수중 교량의 모듈화 기법에 대하여 연구를 시작한다면 전 세계의 기술을 선도할 수 있을 것으로 판단됨.</li> </ul>		
연구 목표대비 연구결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과업 최종 목표 : 수중 교량 실용화를 위한 모듈 및 모듈-고정부 접합부 해석 및 설계 기술 확보</li> <li>- 국내 수중 교량 단면 설계 및 해석 기술 확보 → 국내외 수중교량 관련 해석 및 설계 기술력이 부족하였으나 본 연구를 통하여 전체계 해석 기법의 정립, 내화 해석 기법 등을 정립하였음.</li> <li>- 국내 수중 교량 모듈간 접합부의 설계 및 해석 기술 확보 → 수중교량에 있어서 모듈 접합부는 매우 중요함. 본 연구에서 수중교량을 위한 모듈 접합부를 제안하였으며, 이를 해석 및 설계할 수 있는 기반을 마련함.</li> <li>- 국내 수중 교량 모듈-고정부 접합부의 설계 및 해석 기술 확보 → 수중교량을 위한 모듈-환기탑 접합부의 원리, 해석 및 설계 등을 제안함.</li> </ul>		
연구개발결과의 중요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최근에 수중 구조물에 대한 관심이 증대하고 있어 본 연구를 통하여 개발된 해석 기법과 설계 기법을 적용하여 향후에 수중구조물 설계 및 해석에 적극 대응 할 수 있으며, 아래의 내용과 같이 다양한 분야에 적용 가능할 것으로 판단됨.</li> <li>- 수중 교량의 핵심 기술 확보로 접합부 기술의 국제 경쟁력 확보</li> <li>- 한일 심해저 교통인프라, 한-중 연결사업, 제주도 연육사업 등 해양횡단을 통한 물류네트워크 구축사업 시에 한국이 주도적인 역할을 할 수 있는 기술도대 제공</li> <li>- 초장대 해양 연결사업 시에 하나의 대안으로 수중교량을 제안할 수 기초자료 제공가능</li> <li>• 본 연구 결과는 다양한 분야에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단됨.</li> <li>- 수중교량 건설을 위한 핵심기술의 국산화에 성공하게 되면, 외국기술에 전적으로 의존하는 현실을 탈피 가능할 것으로 예상됨.</li> <li>- 전 세계적으로 시공사례가 없는 수중교량의 설계를 위한 기반기술 확보 및 국가 기술력 제고.</li> </ul>		
중심어	수중교량	모듈접합부	모듈-환기탑접합부
	해석	설계	

※ 표양식 변경 및 삭제불가능하며 이미지, 수식, 표의 삽입을 금지하고 특수문자 기호는 전각기호만을 이용하여 작성함  
 ※ 본 요약문은 정보제공용으로 활용되므로 핵심적인 내용을 중심으로 이해하기 쉽도록 기재하고 한 장 이내로 작성함

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	4
2. 연구수행내용 및 연구결과 .....	4
3. 연구개발결과의 중요성 .....	8
4. 참고문헌 .....	9
5. 연구성과 .....	9

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

최종 목표	수중 교량 실용화를 위한 모듈 및 모듈-고정부 접합부 해석 및 설계 기술 확보
목표 성능 수준	국내 수중 교량 단면 설계 및 해석 기술 확보 국내 수중 교량 모듈간 접합부의 설계 및 해석 기술 확보 국내 수중 교량 모듈-고정부 접합부의 설계 및 해석 기술 확보
설정근거	<p>○ 국내·외 심해횡단 연결사업의 활성화를 위한 기술 개발 중요</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한일 심해저 교통인프라, 한-중 연결사업, 제주도 연륙사업 등 해양횡단을 통한 물류네트워크 구축사업이 한반도를 중심으로 활발하게 논의되고 있음.</li> <li>- 국외적으로 스리랑카 대륙연결사업, 베링해협횡단사업 등 수많은 심해횡단사업이 계획되고 있음.</li> <li>- 이러한 연결사업에서 심해횡단을 위한 경제적인 공법의 개발은 사업의 성공여부에 핵심적인 사항임.</li> </ul> <p>→ 세계 기술 및 시장을 주도하기 위한 기술경쟁력 확보가 필요함.</p> <p>○ 수중 교량 단면 설계 및 해석 기술 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내·외 수중교량 단면의 경우 상세 설계 및 해석기술력 부족</li> <li>- 성능이 우수하면서 차수성이 좋은 단면 확보</li> <li>- 합리적인 해석 기술 확보 필요</li> <li>- 구조적으로 안전한 설계 기술의 확보</li> </ul> <p>→ 해외 수중 교량 단면과 차별화되고 성능이 우수한 단면 확보</p> <p>○ 모듈 및 모듈-고정부 접합부 설계 및 해석 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수중 교량의 모듈화 기술의 부족</li> <li>- 상세 거동 평가 및 설계 기술의 부족</li> <li>- 비 모듈화 단면 대비 100%이상의 성능 확보</li> </ul> <p>→ 제시된 단면에 최적화된 접합부 설계 및 해석 기술 확보</p>

2. 연구수행내용 및 연구결과

2.1 국내 수중 교량 단면 설계 및 해석 기술 확보

- 해석 조건 : 단면 설계를 하기 위해서는 수중교량의 전체계 해석을 통하여 전단력, 비틀림 등에 대한 분석이 선행 되어야 함.

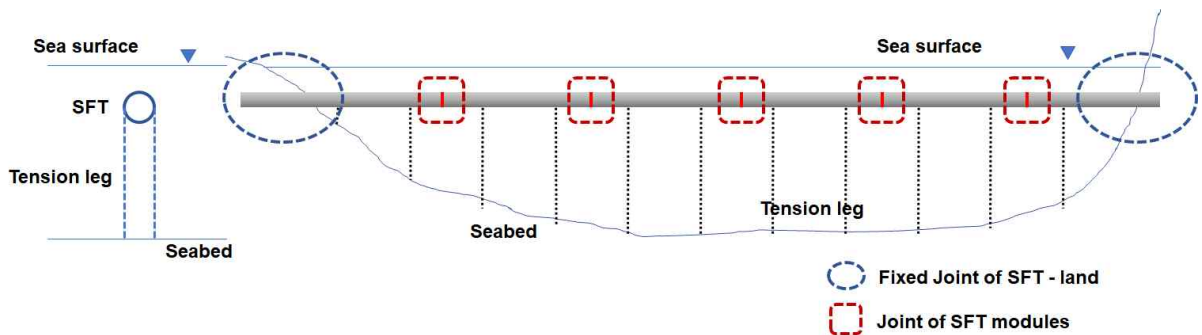


그림 1 수중교량 접합부

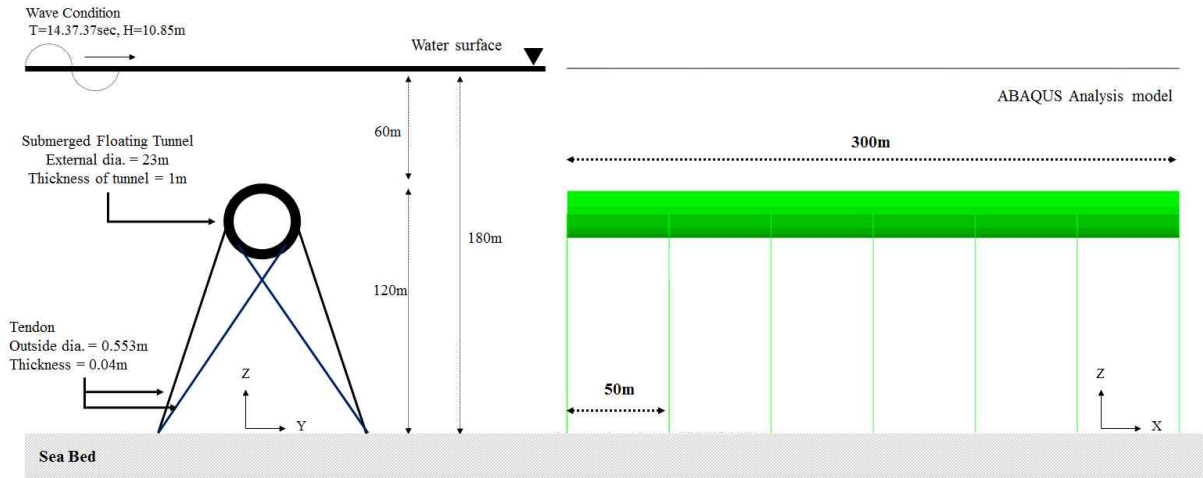
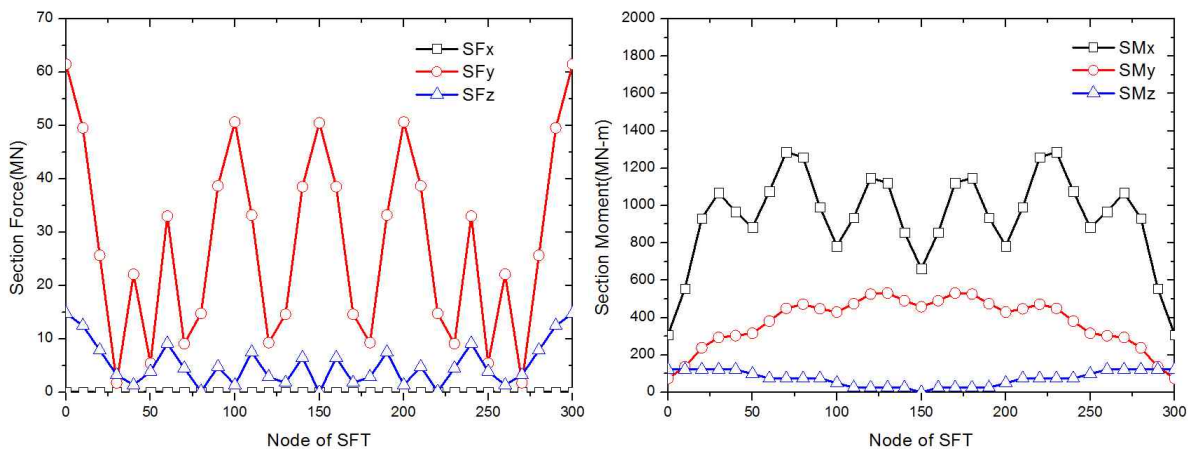


그림 2 수중교량 해석모델의 제원

- 환경 조건 : 수심 180m, 주기 14.35sec, 파고 10.85m,
- 단면 제원 : 외경 23m, 벽두께 1m, 탄성계수 30GPa, 밀도 2400kg/m<sup>3</sup>, Drag/added-mass coefficient 1.2/1.0
- 테더 제원 : 외경 0.553m, 두께 0.04m, 탄성계수 210GPa, Drag/added-mass coefficient 1.2/1.0, 테더 간격 50m
- 해석 이론 : 자중, 부력, 조류와 같은 정적 하중 및 파랑에 의한 동적 하중을 받는 수중교량의 항체 및 계류선의 지배 미분 방정식은 Garrett 의 Slender rod 이론을 이용하여 구성함(해석 프로그램 ABAQUS)

$$\begin{aligned}
 &-(Br'')' + (\lambda r')' + \vec{q} = m\vec{r} \\
 &\lambda = T - Bk^2 \\
 &\frac{1}{2}(\vec{r} \cdot \vec{r} - 1) = \frac{T}{A_t E} \approx \frac{\lambda}{A_t E}
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서,  $B$ =휨 강성(bending stiffness),  $T$ =인장력 (tensile force),  $k$ =곡률 (local curvature),  $m$ =단위 길이 당 질량(mass per unit length),  $\vec{q}$ =단위 길이 당 분포하중벡터(distributed force on the rod per unit length),  $\lambda$ =라그랑지 곱수(Lagrange multiplier),  $E$ =탄성 계수 (Young's modulus),  $A_t$ =유효 단면적(effective sectional area).



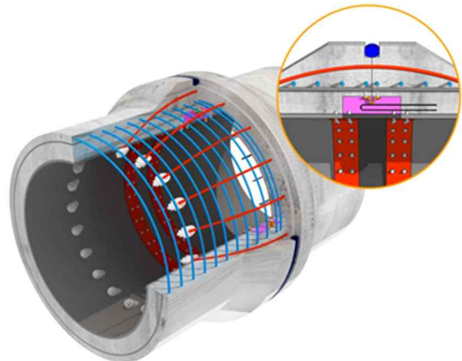
(a) 수중교량 단면력

(b) 수중교량 단면 모멘트

그림 4 수중교량 동적 거동 특성

- 해석 결과 : 파랑에 의한 수중교량의 동적거동 특성을 분석한 결과 아래의 그림과 같이 변위, 반력, 단면력(전단력, 축력), 단면모멘트(비틀림, 휨) 등에 대한 결과 도출 가능
  - 수중교량의 접합부에 발생하는 단면력과 단면모멘트는 설계 시 매우 중요하기 때문에 본 해석 방법을 통하여 도출가능함.
  - 해석 방법 검증 완료(수리실험 결과와 비교 완료)

2.2 국내 수중 교량 모듈간 접합부의 설계 및 해석 기술 확보



- 수중교량의 모듈 접합의 조건
  - 내부에서만 프리스트레싱작업을 수행할 수 있기 때문에 아치형으로 접합부 제안
  - 아치형의 접합부를 제작하기 위해서는 접합부 단면 확대가 필요
  - 차수성 확보를 위하여 Gina profile과 오메가 쉘의 설치
  - 오메가 쉘의 설치 후 빈공간에 몰탈을 타설하며, 내부튜브는 볼팅 접합을 수행

그림 5 수중교량 접합부

- 해석 기법
  - 아치형 프리스트레싱 방법의 제안 및 검증 : 본 수중교량의 메인 접합방법은 위의 그림과 같이 아치 타입으로서 해석 방법의 검증이 필요함.
  - 케이블에 온도하중을 가력하여 PC 텐던의 수축을 유도함. (열팽창 공식  $\epsilon_T = \alpha(\Delta T)$ ,  $\sigma = E\alpha(\Delta T)$ )

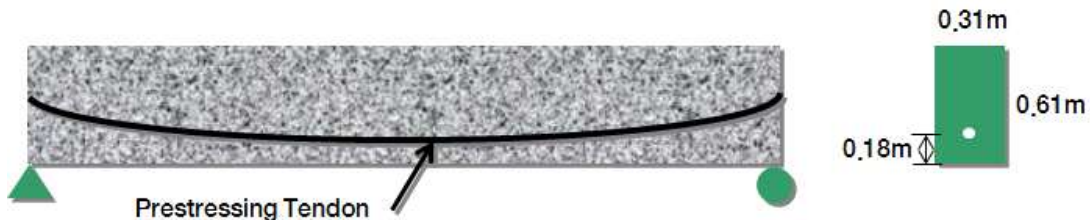
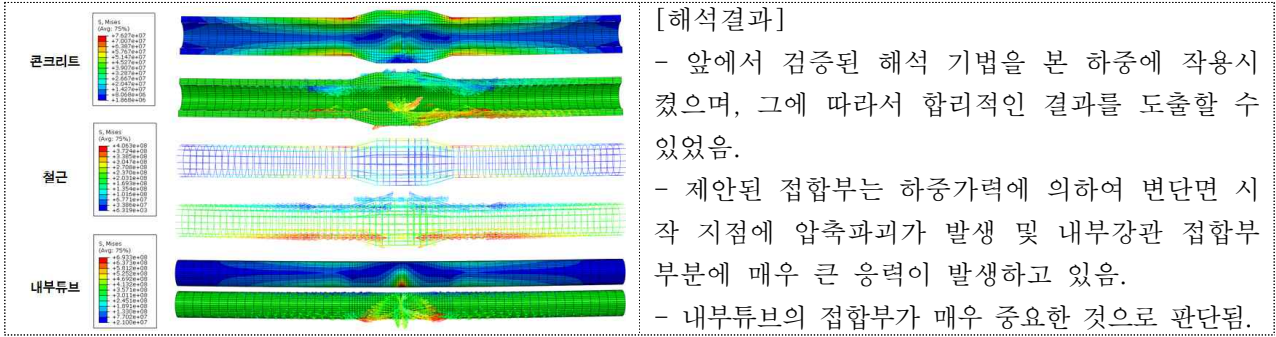


그림6 프리스트레싱 방법 검증용 모델 제원

- PC 텐던의 열팽창 계수를 가정함 (열팽창계수 0.01m/m, 가력온도 -9.77도)
- 해석 결과 : 중앙경간에서 발생하는 응력을 수계산과 FEM 해석 결과를 비교한 결과 거의 유사한 결과값을 보이는 것으로 판단되며, 본 해석 방법이 합리적인 것으로 판단됨.



그림 7 검증 해석 결과



2.3 국내 수중 교량 모듈-고정부 접합부의 설계 및 해석 기술 확보

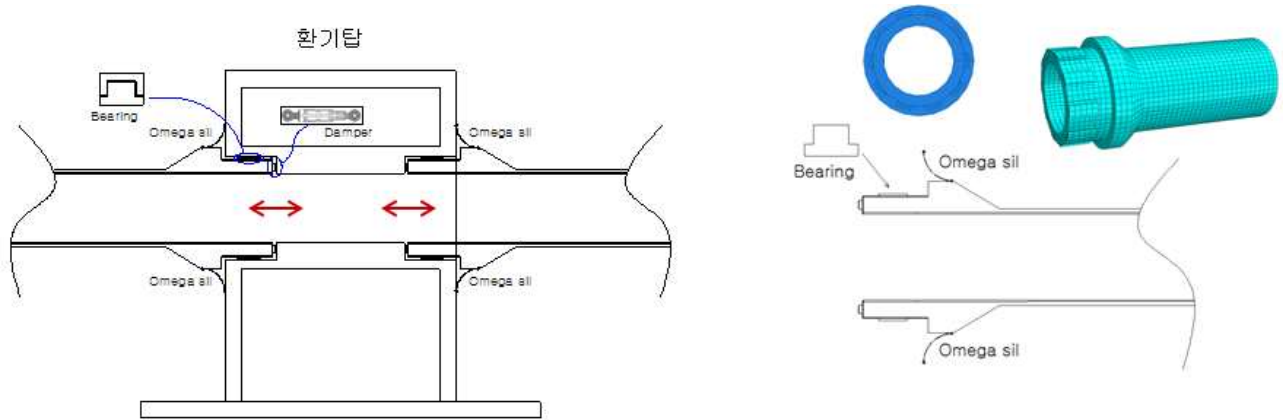
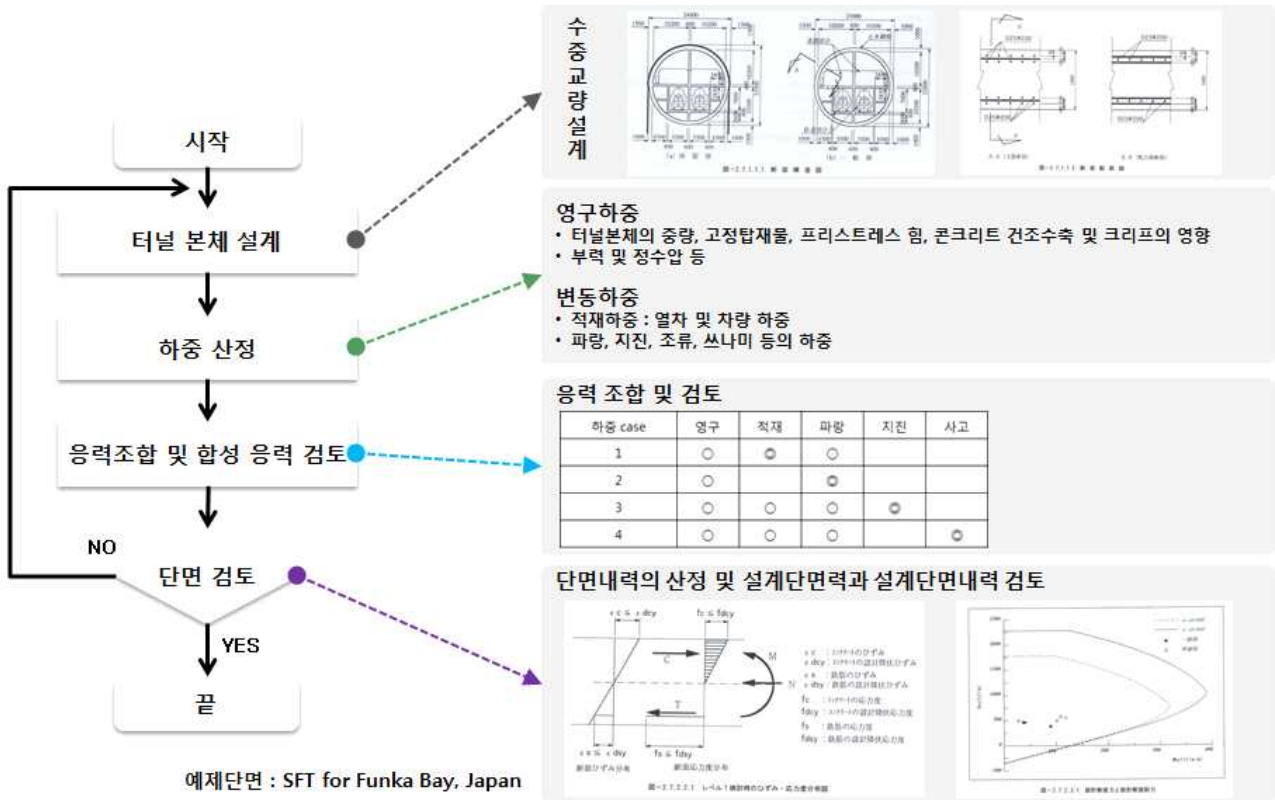


그림 8 수중교량의 환기탑부 접합형상

- 수중교량 환기탑부 원리
  - 환기탑에서는 해중터널 축방향의 변위를 허용하여 응력의 누적을 방지함.
  - 수중교량에는 우측 그림과 같이 Bearing을 설치하여 터널의 회전을 방지하고 길이방향의 이동을 수월하게 해줌.
  - 수중교량 모듈-고정단 접합부에 Omega sil을 설치함으로써 해수를 차단 가능하며, 고무 재질이기에 탄성범위 내에서 변형 가능
- 해석 기법 : 본 수중교량 환기탑부의 해석의 경우 앞서 검증된 전체계와 국부적인 해석 기법을 그대로 적용가능함.
- 설계 방법 : 수중교량의 본체 및 환기탑의 설계에 있어서 아래의 그림에 따라서 설계가 가능함.
  - 수중 교량 설계 절차는 본체 및 환기탑(안) 설계, 하중산정, 응력조합 및 합성응력검토, 단면검토, 종료 형태로 되어 있으며, 단면 검토 시 설계 단면력과 설계단면내력 비교를 함.
  - 앞에서 검증완료된 해석 기법들을 사용하여 해석 검토를 할 수 있으며, 본 설계 흐름을 따라서 설계가 가능함.



### 3. 연구개발결과의 중요성

- 최근에 수중 구조물에 대한 관심이 증대하고 있어 본 연구를 통하여 개발된 해석 기법과 설계 기법을 적용하여 향후에 수중구조물 설계 및 해석에 적극 대응 할 수 있으며, 아래의 내용과 같이 다양한 분야에 적용 가능할 것으로 판단됨.
  - 수중 교량의 핵심 기술 확보로 접합부 기술의 국제 경쟁력 확보
  - 한일 심해저 교통인프라, 한-중 연결사업, 제주도 연육사업 등 해양횡단을 통한 물류네트워크 구축 사업 시에 한국이 주도적인 역할을 할 수 있는 기술토대 제공
  - 초장대 해양 연결사업 시에 하나의 대안으로 수중교량을 제안할 수 기초자료 제공가능
  - 기술개발을 통해 다수의 수중교량 건설 가능지에 대한 기술적인 실현가능성 평가를 가능케 함
  - 수중전망대, 수중산책로 등의 관광용 수중시설물의 건설에 개발된 기술 적용
- 본 연구 결과는 다양한 분야에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단됨.
  - 수중교량 건설을 위한 핵심기술의 국산화에 성공하게 되면, 외국기술에 전적으로 의존하는 현실(예, 거제도 연육 해저터널: 네덜란드 기술 100% 도입)을 탈피하고 대한민국의 건설수준을 높임과 동시에 건설기술의 브랜드화가 가능하여, 기술수출과 함께 국가의 경쟁력 향상에 크게 도움이 될 것임
  - 전 세계적으로 시공사례가 없는 수중교량의 설계를 위한 기반기술 확보 및 국가기술력 제고.
  - 선진기술에 비해 낙후된 수중교량 건설기술의 자립화
  - 21세기의 국토협소에 대비하여 국토를 확장하고 이 지역에 미래형 첨단도시를 건설하기 위하여 수중교량을 건설하는 기반기술 확보



4. 참고문헌

작성 요령(제출 시 삭제할 것)

[1] <https://www.google.com/maps>

[2] Kruijt, N. (2003). Turkey-Cyprus submerged floating freshwater pipeline, Delft University of Technology, Netherlands.

[3] G. Paulsen, T.H. Søreide, and F.G. Nielsen (2000) Submerged floating pipeline in deep water, Seattle, USA, *Proc. of 10th Int. Offshore Polar Eng. Conf.*, vol. 2, pp. 108-114.

[4] Fyrileiv, O., Aamlid, O., Venås, A., and Collberg, L. (2013) Deepwater pipelines - Status, challenges and future trends, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, Vol. 227, No.4, pp. 381-395.

[5] Yang, H., Wang, Z., and Xiao, F. (2017) Parametric resonance of submerged floating pipelines with bi-frequency parametric and vortex-induced oscillations excitations. *Ships and Offshore Structures*, Vol.12, No.3, pp. 395-403.

[6] Simulia Inc. (2014) ABAQUS User Manual V6.14.

[7] Garrett, D.L. (1981) Dynamic Analysis of Slender Rods, *Journal of Energy Resources Technology*, ASME, Vol.104, No.4, pp.302-306.

[8] 김승준, 박우선, 원덕희(2016) 유한요소해석을 통한 해중터널의 유체동역학 해석, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제36권, 제6호, pp.955-967.

[9] 원덕희, 김승준(2017) 긴장재 느슨해짐에 따른 해중 터널의 동적 불안정 거동, 한국강구조학회 논문집 제29권 제6호, pp.401-410.

5. 연구성과

전문학술지 논문게재 성과정보											
과제번호	게재연월	논문제목	총저자명	출처	학술지명	권(호)	학술지구분	sci 여부	impact Factor	국제공동 연구논문	기여도
2015R1D 1A1A010 60563	2016-02	강합성 중공 RC 기둥의 기동-기초 접합부에 대한 실험적 연구	4		한국방재학회 논문집	16(1)	등재지	X	-	-	50%
	2016-08	화재 중 원형강관의 탄성 좌굴 거동 분석	4		한국방재학회 논문집	16(4)	등재지	X	-	-	100%
	2016-12	유한요소해석을 통한 해 중터널의 유체동역학 해 석	3		대한토목학회 논문집	36(6)	등재지	X	-	-	100%
	2018-03	Cyclic Lateral Performance Evaluation of Precast Double-Skinned Composite Tubular Columns	5		INTERNATION AL JOURNAL OF STEEL STRUCTURES	18(1)	SCIE	O	0.734	-	100%
	2018-06	Cyclic response of a precast composite hollow reinforced concrete column using longitudinal rebars and base plate	5		STRUCTURAL CONCRETE	19(3)	SCIE	O	1.384	-	100%

[별첨]

## 자체평가의견서

1. 과제 현황

		<b>과제번호</b>	2015R1D1A1A01060563		
<b>사업구분</b>	기초연구사업				
<b>연구분야</b>	5개 학문단 중 해당 학문단 입력		<b>과제구분</b>	단위(√)	
<b>사업명</b>	이공학개인기초연구지원사업			주관	
<b>총괄과제</b>	기재하지 않음		<b>총괄책임자</b>	기재하지 않음	
<b>과제명</b>	수중 교량의 모듈 및 모듈-고정부 접합 기술 개발		<b>과제유형</b>	(기초, 응용, 개발)	
<b>연구기관</b>	한국해양과학기술원		<b>연구책임자</b>	원덕희	
<b>연구기간 연구비 (천원)</b>	연차	기간 YYYY.MM.DD~YYYY.MM.DD	정부	민간	계
	1차년도	2015.11.01 ~ 2016.10.31	43,945		43,945
	2차년도	2016.11.01 ~ 2017.10.31	43,945		43,945
	3차년도	2017.11.01 ~ 2018.10.31	43,945		43,945
	4차년도				0
	5차년도				0
	계(총 연구기간)	2015-11-01 ~ 2018-10-31	131,83 5		131,835
<b>참여기업</b>					
<b>상대국</b>	<b>상대국연구기관</b>				

※ 총 연구기간이 5차 연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성

2. 평가일: 2018.11.13

3. 평가자(연구책임자):

소속	직위	성명
한국해양과학기술원	선임연구원	원덕희

4. 평가자(연구책임자) 확인:

본인은 평가 대상 과제에 대한 연구개발성과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 이 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초 자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	원덕희
-----	-----

※ 과제번호 : 연구사업통합지원시스템 상에 나와 있는 과제번호 입력

※ 5개 학문단 : 자연과학, 생명과학, 의약학, 공학, ICT·융합연구

# I. 연구개발 실적

## 1. 연구개발성과의 우수성/창의성

■ 등급: (아주 우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발을 통하여 수중 교량 모듈접합부 형식을 제시하였으며 이에 대한 해석 및 설계 방법을 제시하여 거동 평가를 수행하였음.

- 수중교량 전체계 해석 기법을 검증을 통하여 정립함.
- 수중 교량 모듈 접합부의 해외 사례 분석을 통하여 강함성 중공 RC 수중 교량의 모듈 접합부 및 해석 방법을 제시하였음.
- 범용프로그램을 이용하여 수중교량의 모듈 접합부 거동 특성 분석 및 또한 내부에 화재가 발생하였을 경우에 대한 해석 방법을 제시 및 분석하였음. 향후에 다른 구조물에도 적용가능한 해석 기술임.
- 화재, 모듈접합부, 모듈-환기탑 접합부등의 해석 및 설계 기법들을 정립하였음.

## 2. 연구개발성과의 파급 효과

■ 등급: (아주 우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 해석방법의 검증 및 거동 분석한 연구 결과는 다른 해양 구조물 및 육상구조물에 적용 가능한 기술로서 적용성이 매우 큼.
- 국내외 심해횡단 연결사업 활성화를 위한 기초 기술 확보
- 해양 인프라 연결기술의 기초 기술로 적용 가능함.

## 3. 연구개발성과에 대한 활용 가능성

■ 등급: (아주 우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 수중 교량의 핵심 기술 확보로 접합부 기술의 국제 경쟁력 확보
- 한일 심해저 교통인프라, 한-중 연결사업, 제주도 연육사업 등 해양횡단을 통한 물류네트워크 구축 사업 시에 한국이 주도적인 역할을 할 수 있는 기술토대 제공
- 초장대 해양 연결사업 시에 하나의 대안으로 수중교량을 제안할 수 기초자료 제공가능
- 기술개발을 통해 다수의 수중교량 건설 가능지에 대한 기술적인 실현가능성 평가를 가능케 함
- 수중전망대, 수중산책로 등의 관광용 해중시설물의 건설에 개발된 기술 적용

## 4. 연구개발 수행의 성실도

■ 등급: (아주 우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 본 과업의 연구내용을 충실하게 수행하기 위하여 연구진의 업무 분담을 효율적으로 구성하여 연구를 추진하였음.
- 우수한 결과 도출을 위하여 내외부 전문가 회의를 통하여 결과 분석함.

## 5. 공개 발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급: (아주 우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- 본 연구를 통하여 5건의 연구논문결과(KCI등재지 3건, SCIE급 2건)를 도출하였음.
  - 강합성 중공 RC 기둥의 기둥-기초 접합부에 대한 실험적 연구(2016), 한국방재학회 논문집
  - 화재 중 원형강관의 탄성좌굴 거동 분석(2016) 한국방재학회 논문집
  - 유한요소해석을 통한 해중터널의 유체동역학 해석(2016) 대한토목학회 논문집
  - Cyclic Lateral Performance Evaluation of Precast Double-Skinned Composite Tubular Columns(2018), INTERNATIONAL JOURNAL OF STEEL STRUCTURES
  - Cyclic response of a precast composite hollow reinforced concrete column using longitudinal rebars and base plate(2018) STRUCTURAL CONCRETE

## II. 연구 목표 달성도

세부 연구 목표 (연구계획서 상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
국내 수중 교량 단면 설계 및 해석 기술 확보	40	100%	- 수중교량 관련하여 정적 및 유체 동역학 거동 해석 기법을 정립함
국내 수중 교량 모듈간 접합부의 설계 및 해석 기술 확보	30	100%	- 모듈접합부해석, 모듈접합부 설계 등에 대한 연구 완료 - 화재시 열손상등의 거동특성 분석 및 설계 방안 제시
국내 수중 교량 모듈-고정부 접합부의 설계 및 해석 기술 확보	30	100%	- 모듈-고정부 접합부 제시, 해석 및 설계 방안 제시 완료
합계	100	100%	

## III. 종합 의견

### 1. 연구개발성과에 대한 종합의견

본 연구개발 사업은 미래 해양 기술로서 향후 해양시대에 있어서 매우 필요한 기술로 선도적 기술 개발을 통하여 관련기술의 자립화를 이루어야 한다고 판단됨. 수중교량의 접합부 해석 및 설계 기술 확보를 위하여 연구가 성실하게 잘 이루어졌다고 판단됨.

### 2. 평가 시 고려할 사항 또는 요구사항

본 연구과업은 도전 연구로서 TRL 1-2단계의 연구로 판단됨. 해외의 기술 수준이 월등하지 않으므로 단계적으로 연구를 추진한다면 좋은 기술을 확보할 수 있을 것으로 생각됨.

### 3. 연구개발성과의 활용방안 및 향후 조치에 대한 의견

수중교량 기술은 새로운 개념의 대륙과 도서간의 연결방안으로 해저터널 및 교량의 건설이 불가능한 지역에 설치가 가능할 뿐만 아니라 기후적인 조건에도 크게 좌지우지 되지 않는 교통 인프라임. 본 기술은 국민의 삶의 질 향상에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단되며, 한중일 삼국을 잇는 도로와 철도 개발시 한국이 교통의 허브가 됨으로써 국가 부창출에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단됨. 이러한 수중 교량 기술이 경제성을 확보하기 위해서는 연안에서 수중 교량 모듈 제작 후 현장에서 조립시공할 수 있는 모듈화 기술 확보가 반드시 필요함.

#### IV. 보안성 검토 (해당없음)

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재

##### 1. 연구책임자의 의견

---

---

##### 2. 연구기관 자체의 검토 결과

---

---

210mm×297mm[백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]