

초고성능 콘크리트를 활용한 해상 모듈러 잔교 연결부의 구조성능 평가

Structural Performance Evaluation of Offshore Modular Pier Connection using Ultra-high Performance Concrete

이동하¹ · 김경철^{2*} · 강재윤³ · 류금성⁴ · 고경택⁵Dong-Ha Lee¹ · Kyong-Chul Kim^{2*} · Jae-Yoon Kang³ · Gum-Sung Ryu⁴ · Kyung-Taek Koh⁵

(Received September 19, 2022 / Revised September 27, 2022 / Accepted September 27, 2022)

In this study, offshore modular pier system using the ultra-high performance concrete was developed for the offshore construction environment. For the application of offshore modular pier system, the design, fabrication, and construction performance evaluation were performed using ultra-high performance concrete a compressive strength 120 MPa or more and a direct tensile strength 7 MPa or more. For offshore piers previously constructed with precast concrete, it was intended to verify the idea and possibility of solving errors due to position or vertical deformation during the driving of the foundation pile part during the construction stage. Furthermore, a offshore modular pier system was fabricated with ultra-high performance concrete for the construction performance evaluation. The results showed that a offshore modular pier system secured about 9 % of sectional performance of load bearing capacity under ultimate load conditions. If the offshore modular pier system developed through this study is utilized in the future, it is judged that competitiveness due to sufficient durability and constructability can be secured.

키워드 : 초고성능 콘크리트, 해상 모듈러 연결부, 오차보정, 휨 거동

Keywords : Ultra-high performance concrete, Offshore modular pier connection, Calibration of error, Flexural performance

1. 서론

기존에 건설된 항만시설을 포함한 해상 구조물은 건설재료의 기술 발전과 더불어 경제적인 이유로 콘크리트 사용이 증가하였다. 그러나 시간이 경과됨에 따라 염소이온 침투, 동결융해 작용, 화학적 침식 등에 의해 콘크리트 구조물에 균열, 박리, 탈락 및 철근 부식이 발생하여 구조물의 수명이 단축되거나 유지관리에 어려움이 발생하고 있다(Park and Kim 2013; Lee et al. 2015; Hong et al. 2019). 또한 해양 구조물에 사용되었던 강 구조의 경우에는 습윤 및 염해 환경에서의 부식 문제로 인해 정기적인 도장 작업 등 주기적인 관리가 필요한 것으로 나타났다(Ryu et al.

2005).

해양 환경의 특성 상 파랑 등에 의한 구조물의 마모와 충격으로 인한 콘크리트 구조물의 손상 사례가 보고되고 있다(Choi et al. 2015). 해양 환경조건에서 콘크리트 공사를 수행하기에 앞서, 기후 및 환경조건 등을 종합적으로 고려해야 한다. 현장에서 콘크리트 타설 시 파도와 파압 등의 영향으로 재료 분리와 콘크리트 타설 시 콘크리트 잔해 등을 바다에 유입시켜 해양 환경의 오염을 초래할 수 있다(Vieira et al. 2018).

또한 현재 국내 대부분의 프리캐스트 콘크리트로 시공된 해상 잔교는 거더 코핑부의 위치가 고정되어 있고, 프리캐스트 코핑부 상부에 거더가 단순 거치되는 형태로 시공되고 있다. 이처럼 콘크

* Corresponding author E-mail: kim6069@kict.re.kr

¹(주)포엠 구조사업부 부서장 (Structural Research Division, For-m, Jeollanam-do, 59631, Korea)

²한국건설기술연구원 남북한인프라특별위원회 수석연구원 (Korea Institute of Construction Technology, Kyonggi-do, 10223, Korea)

³한국건설기술연구원 구조연구본부 연구위원 (Korea Institute of Construction Technology, Kyonggi-do, 10223, Korea)

⁴한국건설기술연구원 구조연구본부 연구위원 (Korea Institute of Construction Technology, Kyonggi-do, 10223, Korea)

⁵한국건설기술연구원 남북한인프라특별위원회 선임연구원 (Korea Institute of Construction Technology, Kyonggi-do, 10223, Korea)

리트의 현장 타설을 최소화하고 시공성을 향상시키기 위해서 다양한 연구가 수행되었다.

대표적으로 Shah et al.(2007)은 교량의 연속화를 위해 프리캐스트 거더의 플랜지 사이에 강재 볼트로 연결하여 구조성능 실험을 실시하였고, 파괴 거동과 연결부 저항 성능에 미치는 요인을 분석하였다. Yang and Kim(2014)은 해양 콘크리트 구조물에 아연코팅 철근을 적용한 휨 성능 연구를 수행하였다. 일반 철근 대비 아연코팅 철근을 적용하여도 거동에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석하였다. Lee et al.(2019)은 강 교각과 결합된 프리캐스트 벤트 캡과 프리캐스트 거더 사이의 연결부를 모사한 실험체를 제작하여 복합 구조 거동 연구를 수행하였다. 연결부 일체화 검증을 위해 철근 콘크리트의 거동을 확인하였고, 3차원 유한요소 모델을 개발하여 각 하중 단계별 연결부의 합성 거동을 검증하였다.

프리캐스트 콘크리트로 시공된 해상 잔교는 시공단계에서 기초 파일 항타 시 위치 또는 수직 변형으로 인한 오차가 발생할 경우, 별도의 맞춤 부재를 제작하기 위한 설계 수정 및 추가 공사 기간이 소요되는 문제점이 있다. 이러한 문제를 종합적으로 해결하기 위하여 재료적인 측면에서 마이크로 및 나노 재료 사용과 내염해성이 우수한 결합재를 사용한 초고성능 콘크리트가 대안이 될 수 있다. 초고성능 콘크리트는 조직이 치밀하고 염소이온 침투 차단과 화학적 침식의 억제 그리고 수밀성 향상으로 내구성을 확보하고 있다(Kang et al, 2008). 또한 초고성능 콘크리트의 사용은 일반 콘크리트에 비해 인장에 강하고 강섬유 혼입으로 균열 저항성이 우수하여 유지관리 비용을 최소화할 수 있다(Kim et al, 2018; Yang et al, 2018).

본 연구에서는 초고성능 콘크리트를 적용한 해상 잔교 모듈러 시스템 개발을 위한 기초 연구로서, 구조물의 핵심 부분인 연결부

의 구조성능을 평가하기 위한 실험연구를 수행하였다.

2. 오차보정 모듈러 잔교 시스템

2.1 모듈러 잔교 시스템의 구성

본 연구에서는 해양 건설환경에서 교량 및 잔교 공사에 필요한 신속하고 정밀한 시공, 시공단계별 구조 안전성 확보와 더불어 충분한 내구성을 갖는 해상 모듈러 잔교 시스템을 개발하고자 하였다. Fig. 1과 같이 모듈러 잔교 시스템의 구조는 파일부, 연결코어, 코핑부, 거더 및 슬래브로 구성된다.

모듈러 잔교 시스템의 하부구조인 파일부는 강관 파일이고, 연결코어와 코핑부는 초고성능 콘크리트를 각각 적용하였다(Fig. 2). 모듈러 잔교 시스템의 조립 방법은 강관 파일에 콘크리트 코핑부와 강관 파일을 연결해주는 연결코어가 삽입된다. 그 위에 콘크리

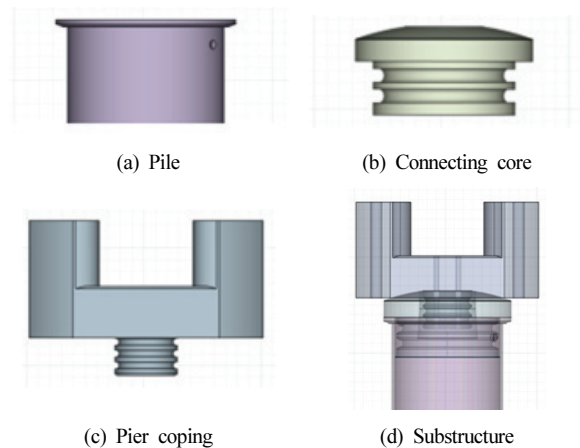


Fig. 2. Shape of the members

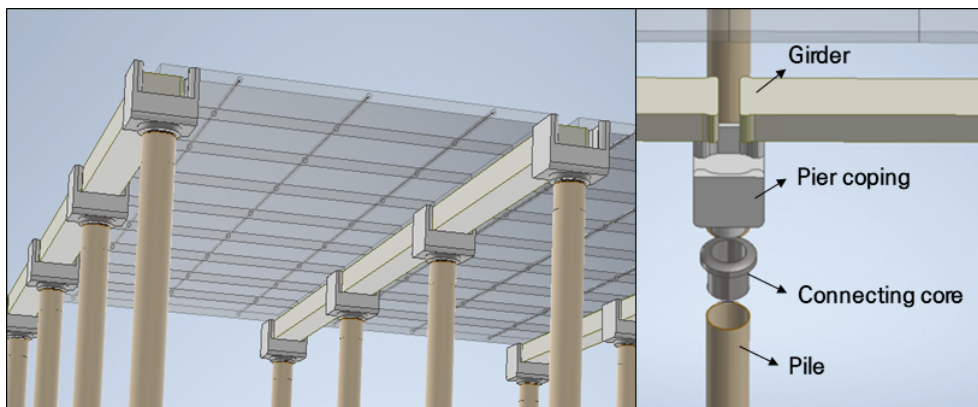


Fig. 1. Modular pier system

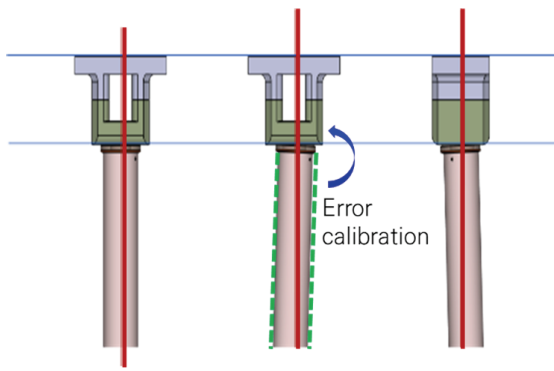


Fig. 3. Shape of substructure error calibration system

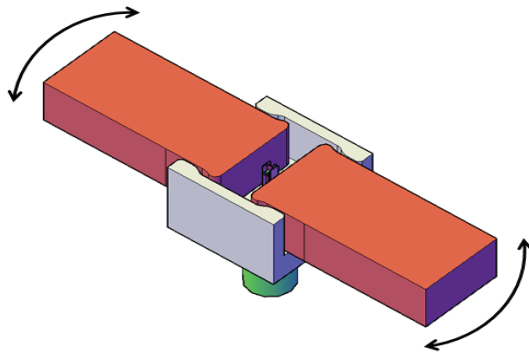


Fig. 4. Shape of superstructure error calibration system

트 코핑부를 거치시켜 일체화하는 방식이다. 파일 상부에 위치하게 되는 연결코어와 코핑부 하부 포켓 부분에 곡률 접착면을 두어 현장에서 파일 향타 시 발생할 수 있는 경사 오차와 레벨 오차 보정이 가능하도록 시스템을 구성하였다(Fig. 3).

두 번째 단계에서는 콘크리트 코핑부 내부에 Dog Bone 형태의 거더를 거치하는 방식으로 구성하였다. 거더와 코핑부의 구조 부재간의 결속력을 강화하였고, Fig. 4와 같이 코핑부의 여유 공간을 두어 거더의 평면오차 보정이 가능하도록 하였다. 거더 모듈 간 연결부에 그라우트를 적용하여 일체화하였다.

2.2 모듈러 잔교 시스템의 연결부

앞서 언급된 모듈러 잔교 시스템의 일체 거동을 위한 연결부는 Fig. 5와 같이 구성하였다. 해상 구조물의 특성 상 태풍에 의한 파랑, 비말대에서의 노출된 콘크리트의 내구성 등이 발생할 수 있으므로 각별한 조치가 필요하다. 따라서 내구성 보안을 위해 초고성능 콘크리트를 적용하였다. 또한 인발에 대한 보강을 위해 파일

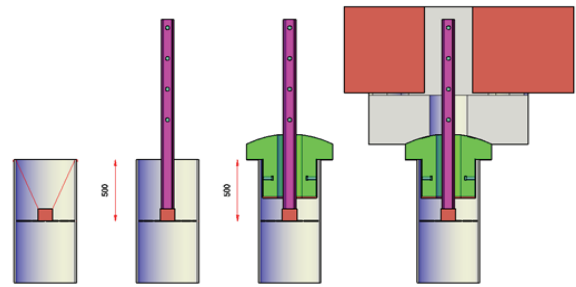


Fig. 5. Design of connections

내부에 원형판을 설치하고, H형강에 스테드로 보강된 코어빔을 설치하는 구조로 설계하였다. 강재 원형판에 H형강의 코어빔을 고정핀에 고정한 후, 연결코어를 파일에 삽입시킨 다음 코핑부를 거치하는 방식으로 구성하였다. 또한 상부구조의 거더(좌)와 거더(우)를 코핑부에 연결하기 위하여 연결부 내부를 그라우팅으로 타설하였고, 연결부의 일체화를 통해 구조적으로 안전성을 확보하였다.

3. 오차보정 모듈러 교량 구조성능 평가

3.1 교량실험체 설계

본 연구에서 개발하고자 하는 오차보정 모듈러 잔교 실험체의 제원은 Fig. 6과 같다. 교각에 해당하는 파일부는 두께 10 mm, 직경 510 mm를 갖는 강관 파일을 사용하였다. 연결코어는 파일 내부로 삽입되는 구조이고, 코핑부가 거치되는 부분에 곡률(R=500)을 두어 평면 오차 보정이 가능하도록 하였다. 또한 콘크리트 코핑부는 측면 기준으로 높이 840 mm, 폭 1,000 mm로 설계하였고, 거더는 높이 500 mm, 폭 800 mm, 길이 1,200 mm로 설계하였다. 잔교의 전체적인 구조 안정성을 확보하기 위하여 파일부, 연결코어,

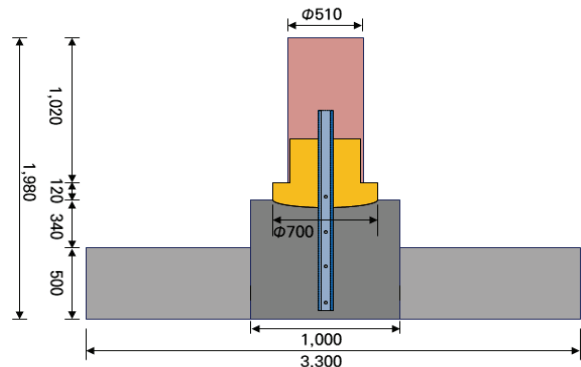


Fig. 6. Dimension of test member

코핑부를 일체화할 수 있도록 폭 100 mm와 높이 1,410 mm의 전단 연결체가 포함된 H형강의 코어빔을 설치하였다.

모듈러 잔교 실험체의 연결부 성능을 평가하기 위하여 거더를 기초부처럼 바닥에 두고 파일 하단부가 최상단이 보이도록 거꾸로 놓인 상태에서 횡방향 하중을 가력하여 휨 성능을 검증하고자 하였다.

3.2 재료특성

초고성능 콘크리트는 일반 콘크리트의 단점을 보완하기 위해서 개발된 콘크리트로서, 콘크리트 부재 형상을 다양화할 수 있는 장점이 있다. 또한 내구성이 일반 콘크리트보다 우수하고, 단면을 감소시킬 수 있으므로 경제성 측면에서 매우 유리하다. 따라서 본 연구에서 사용된 설계 기준압축강도 120 MPa급 초고성능 콘크리트(SC-120f)를 선정하였고, 배합조건을 Table 1에 나타내었다(KICT 2020). 프리믹싱 결합재에는 밀도 3.15 g/cm³을 갖는 일반 포트랜드 시멘트와 밀도 2.10 g/cm³의 실리카퓌를 적용하였다. 또한, 밀도 2.91 g/cm³의 고로슬래그 미분말, 석회석 미분말의 충전재와 밀도 2.62 g/cm³, SiO₂ 90 % 이상, 평균입경 0.5 mm 이하를 갖는 잔골재로 각각 구성하였다. 폴리카보나이트 고성능 감수제(밀도 1.04 g/cm³, 고형성분 30 %)와 액상형 수축저감제(글리콜계, 밀도 1.036 g/cm³)를 각각 적용하였다. 강섬유는 직경 0.2 mm, 길이 19.5 mm 및 인장강도 2,000 MPa를 갖는 직선형상의 단일 섬유를 사용하였고, 강섬유 혼입률은 초고성능 콘크리트 체적에 대해 1.0 %를 적용하였다. 또한, 철근의 항복강도 400 MPa과 코어빔을 구성하는 H형강은 SM 490을 적용하였다.

콘크리트 부재 제작 시 압축강도, 탄성계수 측정용 원주형 공시

Table 1. Mix proportion of UHPC

f_{ck} (MPa)	Target slump flow (mm)	W/B	Unit weight (kg/m ³)					
			Mixing water	Pre-mixing binder*	Sand	Steel fiber	Super plasticizer	Shrinkage reducing agent
120	700±100	0.23	210	1,180	847	78	17	7

* Pre-mixing binder: OPC+Silica Fume+Blast Furnace Slag+Filler(materials containing CaCO₃)

체 5개와 직접인장강도 시편 5개를 각각 제작하였다. 콘크리트의 압축강도 실험을 통해 측정된 하중-변위 관계 곡선을 이용하여 압축응력-변형률 관계 곡선을 획득하였다. 또한 직접인장강도는 시편 중앙 단면에 노치를 제작하여 균열이 발생하도록 하였고, 노치 부분에 설치된 클립 게이지를 통해 측정된 균열개구변위를 활용하여 인장강도를 산정하였다.

Table 2에서 나타낸 것처럼 콘크리트의 평균압축강도는 129.9 MPa이고, 탄성계수는 43,235 MPa, 직접인장강도는 평균 7.5 MPa로 나타내었다.

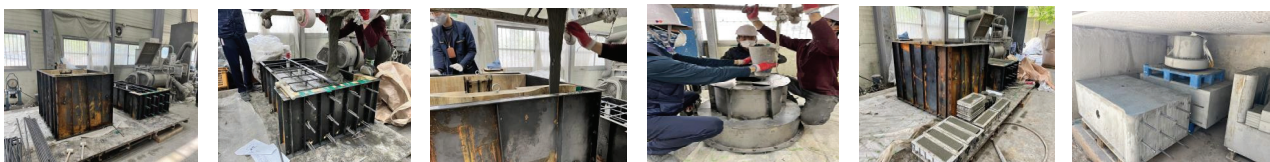
3.3 실험체 제작

실험체 제작을 위해 크게 강재조립 단계와 콘크리트 제작단계로 구분하였다. 강재조립 단계에서 초기 파일 내부에 코어빔을 원형판에 고정한 후, 원형판의 전체 단부를 용접하여 내부 공극이 차단되도록 하였다.

콘크리트 제작 단계에서 코핑부, 연결코어 및 거더의 준비된

Table 2. Test result of mechanical properties

Batch	Specimen No.	f_{ck} (MPa)	E_c (MPa)	f_{ctk} (MPa)
1	1	127.2	42,856	8.1
	2	133.1	43,716	7.5
	3	132.2	43,632	7.8
	4	130.3	43,325	6.7
	5	126.9	42,650	7.2
	Mean	129.9	43,235	7.5
	S.D	2.8	470	0.5



(a) Formwork (b) Girder (c) Coping (d) Connecting core (e) Complete (f) Steam curing

Fig. 7. Manufacturing process

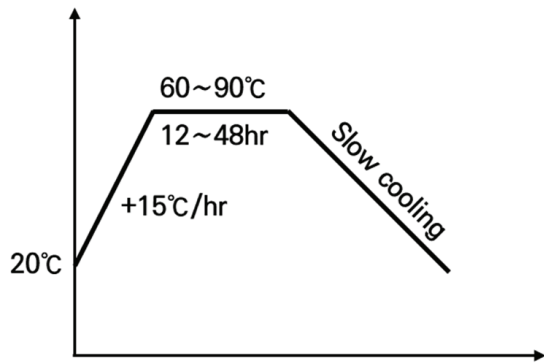


Fig. 8. High-temperature steam curing curve

거푸집을 통해 초고성능 콘크리트를 제조한 후 타설을 수행하였고, 24시간 동안 기건양생을 실시하였다. 거푸집 탈형 후 강도 증진을 위해 $90 \pm 5^\circ\text{C}$ 조건으로 3일 동안 고온증기양생을 실시하였다(Fig. 8).

제작이 완료된 부재들은 작업 및 운반의 편의성을 고려하여 거더를 기초부처럼 바닥에 두고 기둥부인 파일 하단부를 최상단이 보이도록 거꾸로 놓인 상태로 조립을 진행하였다. 이후 파일부, 연결코어, 코핑부 및 거더의 중앙 연결부에 콘크리트를 현장 타설하여 실험체 제작을 완료하였다(Fig. 7).

3.4 실험방법

해상 모듈러 잔교 실험체의 연결부 성능평가를 위해 반력벽에 1,000 kN의 가력장비를 이용하여 변위제어 방식인 1.5 mm/min 속도로 재하하였다. 횡방향 하중이 가력되는 파일부의 수평변위 및 기울기를 측정하기 위해 100 mm 용량의 변위계를 200 mm 간격으로 3개를 설치하였다. Fig. 9와 같이 계측장치를 구성하였으며, 최하단에 배치된 거더의 자체 변형으로 인한 거동을 관측하

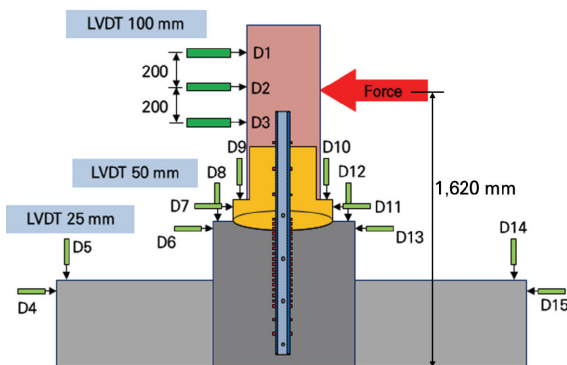


Fig. 9. Dimension of test setup

기 위해 용량 25 mm의 변위계를 총 4개 설치하였다. 또한 파일두부와 연결코어간의 곡면부를 가진 연결부 모서리 부분에 용량 50 mm의 변위계를 좌우 8개를 설치하여 하중 재하 시 발생하는 변형을 확인하고자 하였다. 또한 파일두부와 파일간의 중심부에 설치된 코어빔의 상하단에는 강제 변형을 게이지 간격을 넓게 부착하였고, 힘이 국부적으로 크게 발생하는 중앙부에 15개를 30 mm간격으로 부착하여 하중 재하 시 발생하는 변형률을 측정하였다.

3.5 실험결과

실험을 수행하기에 앞서 실험체의 휨 강도를 검토하기 위해 사전 단면검토를 수행하였다. 초고성능 콘크리트의 압축과 인장응력-변형률 관계를 고려하였고, H형강 코어빔의 최외측 인장 변형률이 항복 변형률에 도달했을 때의 휨 강도를 산정하였다. 또한 슈퍼 콘크리트 구조설계지침(KCI 2019)에서 제시하고 있는 콘크리트 재료계수 0.80과 휨 부재계수 0.90을 각각 적용하여 휨 강도를 산정한 결과 439.2 kN-m로 예측되었다.

실험 수행 시 반력벽에 설치된 1,000 kN의 액츄에이터로 파일 기둥부와 교각 코핑부의 곡면 연결부의 거동과 내부에 설치된 H형강의 코어빔에서 발생하는 변형률을 측정하였다. Fig. 10과 같이 초기균열 모멘트는 153.2 kN-m이고, 곡면 연결부의 곡률은 0.19θ 로 측정되었다. 하중이 점진적으로 가력됨에 따라 실험체 기둥부 중앙의 기울기가 관찰되었고, 균열은 연결코어와 코핑부 부분에서 관찰되었다. 이후 최대 모멘트는 479.6 kN-m에서 곡률은 1.65θ 로 나타났다.

또한 연결코어부의 최대 거동은 파일부와 연결코어 오른쪽 단면에 설치된 LVDT(D10)에서 수직변위가 7.0 mm로 측정되었다. 이때 발생된 균열 및 파괴 거동 특성은 하중이 가력되는 방향으로 연결코어의 단부가 약 25 mm 들리는 현상이 관찰되었고, 이는

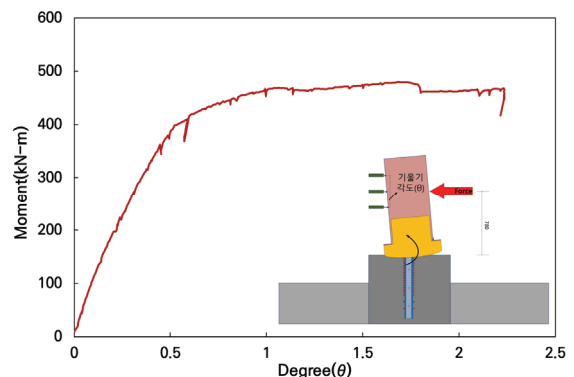


Fig. 10. Moment-curvature curve



Fig. 11. Crack patterns

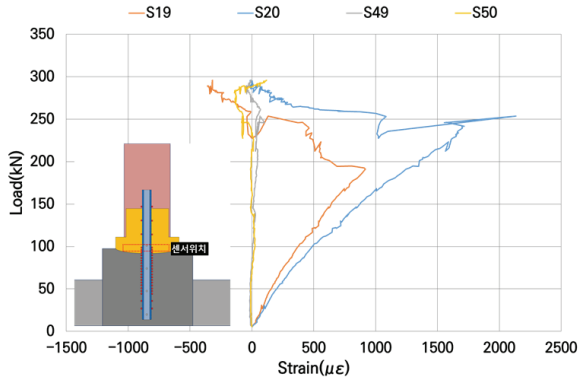


Fig. 12. Load-strain curve

코어 단부의 지압에 의한 균열이 관찰되었다.

하중가력 지점의 반대 방향인 연결코어 하부에서 국부적으로 하중이 전달됨에 따라 지압에 의한 균열 특성을 나타내었다(Fig. 11). H형강의 코어빔에 설치된 강재 변형률 게이지의 변형률 분포를 살펴보면 다음과 같다. 대표적으로 연결코어와 코핑부에 위치한 곡률 부분에 부착된 변형률 게이지(좌측 : S19, S20, 우측 : S49, S50)는 항복 전까지 휨 거동의 형태를 보이다가, 항복 하중인 250 kN에서 계측된 강재변형률 게이지(S20)의 변형률은 2,134 $\mu\epsilon$ 로 측정되었다(Fig. 12). 강재의 항복변형률은 2,000 $\mu\epsilon$ 로서, 최대하중에 도달하기 전에 이미 항복변형률에 도달하였으며, 초고성능 콘크리트의 인장강도 기여분이 거동에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

최대모멘트 이후 하중은 크게 변화하지 않고 변위만 지속적으로 증가되는 경향을 나타내었고, 파일 기둥이 기울어짐에 따라 가력장치의 헤드 관절부가 꺾여 직선 방향으로 하중 전달이 원활하지 않은 것으로 판단되어 실험을 종료하였다. 본 연구에서 예측된 휨 강도는 439.2 kN-m이고, 실험을 통해 측정된 휨 강도는 479.6 kN-m로서 약 9 % 이상의 내하력을 확보하는 것으로 나타났다. 또한, 실험 종료 후 파일부의 기울기로 인해 연결코어가 들려 내구성에 영향을 미칠 것으로 판단됨에 따라 연결코어를 보강한 추가

연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 초고성능 콘크리트를 적용한 해상 모듈러 잔교의 오차보정 시스템을 개발하기 위한 아이디어 구상과 연결부의 구조성능을 통한 검증 연구를 수행하였으며, 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 해상 모듈러 잔교 시스템에 내염해성이 우수한 초고성능 콘크리트를 적용하였고, 해양 건설환경에서 발생할 수 있는 제작 오차와 시공 오차를 해결할 수 있는 모듈러 잔교 시스템의 아이디어를 도출하였다.
2. 해상 모듈러 잔교 시스템의 연결부를 모사한 실대형 구조성능 실험을 통해 측정된 휨강도는 479.6 kN-m이고, 예비 해석을 통해 예측된 휨강도는 439.2 kN-m으로서 약 9 % 이상의 내하력을 확보하여 요구 성능을 만족하는 것으로 나타났다.
3. 하중이 가력됨에 따라 실험체의 파일부에서 기울기가 변화됨에 따라 하중 가력지점의 연결코어 곡면 부분이 들리는 현상이 관찰되었고, 반대편에서 지압에 의한 균열이 관측되었다.
4. 해상 모듈러 잔교 시스템의 전체적인 휨 거동을 지배하는 H형강의 코어빔에 설치된 강재 변형률의 분포는 파일의 기울기가 증가함에 따라 휨 거동 보다는 뺨뺨 거동에 의한 경향을 나타내었다.
5. 실험 종료 후 파일부의 기울기로 인해 연결코어가 들려 내구성에 영향을 미칠 것으로 판단됨에 따라 연결코어를 보강한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제번호 20220329-001, 슈퍼콘크리트 적용 장수명 모듈러 해상 교량 시스템 상용화 기술 개발).

References

- Choi, J.G., Lee, G.C., Koh, K.T. (2017). The effects of mixture rate and aspect ratio of steel fiber on mechanical properties of ultra high performance concrete, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **5(1)**, 14–20 [in Korean].
- Choi, J.W., You, Y.J., Jeong, Y.J., Kwon, S.G., Kim, J.H. (2015). Micro-silica mixed aqua-epoxy for concrete module connection in water : part 2 - structural application and evaluation, *Journal of the Korea Concrete Institute*, **27(1)**, 29–35 [in Korean].
- Hong, S.I., Lee, H.G., Moon, D.H. (2019). Evaluation of pore size distribution and chloride diffusion in steel fiber reinforced mortar depending on supplementary cements, *Journal of the Korea Concrete Institute*, **31(2)**, 147–152 [in Korean].
- Kang, S.T., Park, J.J., Ryu, K.S., Kim, S.W. (2008). Influence of the filler's particle size on the mechanical properties of ultra high performance concrete(UHPC), *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, **28(4)**, 573–580 [in Korean].
- KICT. (2020). The Fabrication and Quality Control Guidelines for Fiber Reinforced SUPER Concrete [in Korean].
- Kim, K.C., Yang, I.H., Joh, C. (2018). Effects of single and hybrid steel fiber lengths and fiber contents on the mechanical properties of high-strength fiber-reinforced concrete, *Advanced in Civil Engineering*, Article ID 7826156.
- Korea Concrete Institute(KCI) (2019). The Structural Design Guidelines of Fiber Reinforced Concrete, *Korea Concrete Institute*, 44–49 [in Korean].
- Lee, B.Y., Kwon, S.J., Kang, S.T. (2015). Analytical estimation of the performance of marine concrete with mineral admixture, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **3(4)**, 301–306 [in Korean].
- Lee, H., Min, J., Chung, W. (2019). Full-scale testing of precast bridge using internal connector in negative moment region, *Advances in Civil Engineering*, Article IF 6309859.
- Park, S.S., Kim, M.W. (2013). Evaluate the concrete mix by type accelerated corrosion test and chloride penetration analysis with artificial seawater cyclic wet and dry condition, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **1(3)**, 211–218 [in Korean].
- Ryu, G.S., Koh, K.T., Kim, S.W., Kim, D.G. (2005). Development for penetrative performance improving agent to prevent deterioration of concrete structures, *Journal of the Korea Concrete Institute*, **17(4)**, 489–498 [in Korean].
- Shah, B.N., Sennah, K., ASCE, M., Kianoush, M.R., Tu, S., Lam, C. (2007). Experimental study on prefabricated concrete bridge girder-to-girder intermittent bolted connections system, *Journal of Bridge Engineering*, **12(5)**, 570–584.
- Vieira, D.R., Moreira, A.L.R., Calmon, J.L., Dominicini, W.K. (2018). Service life modeling of a bridge in a tropical marine environment for durable design, *Construction and Building Materials*, **163**, 315–325.
- Yang, I.H., Kim, K.C. (2014). An experimental study on flexural behavior of beams reinforced with zinc-coated rebar, *Journal of the Korea Concrete Institute*, **26(3)**, 299–306 [in Korean].
- Yang, I.H., Joh, C.B., Kim, K.C. (2018). A comparative experimental study on the flexural behavior of high-strength fiber-reinforced concrete and high-strength concrete beams, *Advances in Materials Science and Engineering*, **2018**, Article ID 7390798, 1–13.

초고성능 콘크리트를 활용한 해상 모듈러 잔교 연결부의 구조성능 평가

본 연구에서는 해양 건설환경을 고려한 초고성능 콘크리트 해상 모듈러 잔교 시스템을 개발하고자 한다. 해상 모듈러 잔교 시스템은 최근에 개발된 압축강도 120 MPa 이상, 직접인장강도 7 MPa 이상을 갖는 초고성능 콘크리트 적용하여 설계, 제작 및 구조성능평가를 통하여 적용 가능성을 분석하였다. 기존에 프리캐스트 콘크리트로 시공된 해상 잔교는 시공단계에서 기초 파일부 항타 시 위치 또는 수직 변형으로 인한 오차를 해결하기 위한 아이디어와 가능성을 검증하고자 하였다. 또한, 구조성능 평가를 위하여 잔교 실험체를 초고성능 콘크리트를 이용하여 제작하였다. 휨 실험을 통하여 하중 분석을 수행한 결과, 예측 휨강도 대비 측정 휨강도는 극한한계상태에서 약 9 % 이상의 내하력을 확보하여 본 실험에서 요구하는 성능을 만족하였다. 향후 본 연구를 통하여 개발된 해상 모듈러 잔교 시스템을 활용한다면 충분한 내구성과 시공성으로 인한 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.