

에폭시 섬유판넬을 이용한 수중구조물의 단면보수시스템에 대한 성능평가

Performance Evaluation of the Underwater Structure which used a Epoxy Panel

박준명*

홍성남**

박선규***

Park, Jun Myung Hong, Sung-Nam Park, Sun Kuy

ABSTRACT

Confirmation of a damage degree and repair about a damage part are very hard for an underwater structure. And quality control of a construction is very complicated even if repair work is carried out on a damaged structure because repair work is carried out in water. If repair work is carried out while a defect part of the structure which there is in water keeps dry state, a efficient of repair is maximized.

However, as for the repair technology about an underwater structure, a systematic researcher is not enough because of the environmental trouble.

And, as for the effect about repair method to be applied to a currently underwater structure, it is not certainly proved. In this study The repair work of an underwater structure damaged applied the method that used a fiber panel formwork. And a efficient of structure repaired was evaluated.

Keywords : underwater repair, underwater structure, epoxy fiber panel, column

1. 서론

콘크리트 구조물이 하천 및 해상에 건설되어지는 경우, 구조물의 일부는 수중상태에 놓이게 되며, 노화와 부실시공 및 열화인자에 의하여 콘크리트의 박리 및 박락과 같은 손상이 발생하며, 이러한 구조물들은 보수·보강이 절실하게 필요하게 된다. 특히, 수중부에 위치한 교량의 하부구조는 손상부위에 대한 보수·보강이 쉽지 않으며 보수·보강을 수행하는 경우에도 수중공사를 하게 되므로 손상된 구조물과 보수·보강제의 일체화 부족, 강도저하 등의 요인으로 공사의 품질관리가 매우 어려운 문제점이 발생하게 된다.

본 연구에서는 섬유판넬 거푸집을 적용한 수중구조물의 단면보수시스템에 대한 보수효과를 검증하기 위하여 손상된 부재에 대하여 단면보수시스템을 수중 및 육상조건에서 적용하여 보수단면의 표면상태 등에 따라 보수효과를 비교·평가하였다.

*정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 박사과정

**정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정

***정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 부교수

2. 단면보수시스템의 개요

수중상태에 있는 콘크리트 구조물이 부분적인 손상이 발생한 경우, 섬유섬유와 에폭시의 복합체(섬유판넬), 앵커볼트, 수중에폭시, 고무팩킹재를 이용하여 완전한 수밀성을 유지하면서 단면 보수재로써 폴리머 모르타르를 이용하여 보수·보강을 수행하는 단면 보수시스템이다. 본 단면보수시스템은 하천을 가로지르거나 해상에 건설된 교량의 수중교각, 댐 구조물, 하수박스구조물 등 수중에 있는 모든 콘크리트 구조물에 적용할 수 있다.

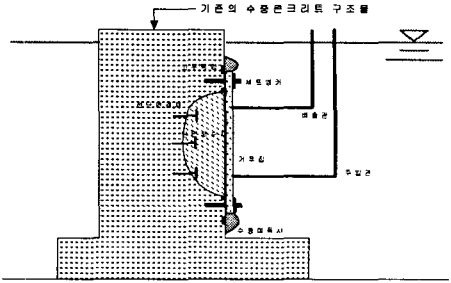


그림 1 수중구조물의 단면 보수시스템

3. 실험

3.1 사용재료

(1) 콘크리트 및 단면보수재

본 실험에서는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 손상된 수중구조물의 단면복구 보수재로써 폴리머 모르타르를 사용하였으며, 재료의 특성은 표 1 및 표 2와 같다.

표 1 콘크리트의 특성(MPa)

시험내용	압축강도	인장강도	탄성계수
결과	21.1	1.7	21604.6

표 2 폴리머 모르타르의 특성(MPa)

시험내용	압축강도	인장강도	탄성계수
결과	58.1	2.3	25662.0

(3) 섬유판넬 거푸집 및 수중에폭시

섬유판넬 거푸집은 섬유와 에폭시의 복합체로써 수중구조물의 보수·보강시, 손상단면에 대한 거푸집역할을 하며, 수중에폭시는 보수작업에서 발생하는 틈새를 막아주어 보수단면에 대하여 수밀성을 확보하는 재료이며, 재료의 특성은 표 3 및 표 4와 같다.

표 3 섬유판넬 거푸집의 특성(MPa)

시험내용	인장강도	탄성계수	신장률(%)
결과	210.0	14896.0	1.6

표 4 수중에폭시의 특성(MPa)

시험내용	압축강도	휨강도	부착강도
결과	51.0	9.9	2.3

(4) 전단연결재

전단연결재는 기존 콘크리트와 단면보수재의 계면에서 발생하는 전단력에 저항하도록 보수단면에 설치하였다. 또한 앵커 머리부분에 날개를 설치하여 전단연결재의 기계적인 구속력을 극대화하였으며, 전단연결재의 특성과 형상은 표5 및 그림 4와 같다.

표 5 전단연결재의 물성치

	길이 (mm)	굵기 (mm)	나사길이 (mm)	인장강도 (kgf/cm ²)	인발강도 (kgf/cm ²)
M10	100	10	70	2930	250



그림 2 전단연결재

3.2 실험체 제작

본 연구에서는 거푸집, 전단연결재, 보수단면의 표면처리 및 단면상태, 손상정도, 작업조건(수중작업, 육상작업) 등의 영향을 평가하기 위하여 다음의 표 6과 같이 실험체를 분류하여 계획하였다. 그리고 손상된 실험체와 섬유판넬 거푸집의 단면형상과 제원은 그림 3 및 그림 4와 같다.

표 6 실험체의 상세계획

No.	실험체		표면처리	거푸집	손상정도	양생조건
	구분	구분				
1	표준실험체	M	*	*	*	기건양생
2	보수실험체 (육상작업)	G-D-D1-1	*	아크릴	손상 1	
3		G-D-D1-2	치핑		손상 2	
4		G-D-D2-1	*			
5		G-D-D2-2	치핑			
6	보수실험체 (수중작업)	G-D-F-D1-1,2	치핑	에폭시 섬유판넬	손상 1	
7		G-D-F-D2-1,2			손상 2	
8	보수실험체 (수중작업)	U-W-F-D1-1,2		에폭시 섬유판넬	손상 1	
9		U-W-F-D2-1,2			손상 2	
10		U-D-F-D1-1,2			손상 1	
11		U-D-F-D2-1,2			손상 2	
12		U-D,S-F-D1-1,2			손상 1	
13		U-D,S-F-D2-1,2			손상 2	

G : Ground , U : Underwater , D : Dry . W : Wet , S : Shear connector F : Formwork , D1 : Damage1 , D2 : Damage2 , 1,2 : Serial number

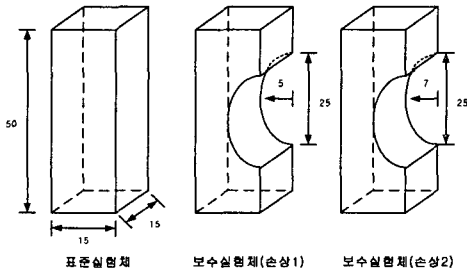


그림 3 실험체의 단면형상(단위 : cm)

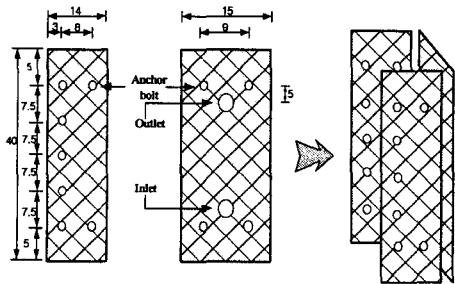


그림 4 섬유판넬 거푸집(단위 : cm)

3.3 실험방법

실험체의 역학적 거동을 분석하고 보수효과를 평가하기 위하여 표준실험체는 실험체의 중앙단면에 변형률 게이지를 설치하였으며, 보수실험체는 콘크리트면과 보수단면에 변형률 게이지를 설치하였다. 그리고 에폭시 섬유판넬을 거푸집으로 사용한 실험체는 콘크리트면과 거푸집에 각각 변형률을 설치하여 실험체의 축방향 변형률을 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

수중구조물에 적용된 단면보수시스템의 보수효과를 확인하기 위하여 하중재하실험을 수행하였으며 측정된 최대하중과 최대 하중시 변형률을 다음의 표 7에 정리하였다.

(1) 표면처리의 영향

표면처리의 유무에 따른 최대하중을 비교했을 때, 표면처리를 한 실험체는 최대하중이 10%정도 증가하여 표준 실험체의 최대하중과 유사한 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 전단연결재의 영향

전단연결재를 사용한 U-D,A-F-D1,2-1,2는 사용하지 않은 실험체와 비교하여 11%-13%정도 최대하중이 증가하는 것으로 나타났다.

(3) 보수단면의 상태에 따른 영향

거푸집 내의 물이 존재하는 경우, 단면보수재와 기존 콘크리트의 부착력 부족으로 계면파괴가 조기에 발생하며, 구조물의 변형능력을 저하시키는 것으로 나타났으며 보수실험체 U-W-F-D1,2-1,2의 파괴형상을 관찰하여 확인할 수 있다.

(4) 섬유판넬 거푸집의 영향

섬유판넬 거푸집을 사용한 실험체는 사용하지 않은 실험체와 비교하여 최대하중이 2~4%증가하는 것으로 나타났으며, 이는 섬유판넬 거푸집과 고정앵커에 의하여 보수단면에 구속력이 작용한 결과로 판단된다.

표 7 하중재하실험의 결과

실험체		최대하중 (kN)	콘크리트변형률 ($\mu\epsilon$)
표준 실험체	M 1	555.1	2079.1
	M 2	560.9	1947.2
보수 실험체	G-D-D1-1	513.9	1312.0
	G-D-D1-2	554.1	2235.5
	G-D-D2-1	518.7	1466.7
	G-D-D2-2	544.3	2223.3
	G-D-F-D1-1	567.8	2740.5
	G-D-F-D1-2	569.8	2856.6
	G-D-F-D2-1	551.1	2211.1
	G-D-F-D2-2	547.2	2259.5
	U-W-F-D1-1	514.8	1899.9
	U-W-F-D1-2	520.7	1850.9
	U-W-F-D2-1	527.6	1851.8
	U-W-F-D2-2	531.5	1850.9
	U-D-F-D1-2	519.8	2115.3
	U-D-F-D2-1	506.0	2139.3
	U-D-F-D2-2	512.9	2189.3
	U-D,S-F-D1-1	578.6	2319.2
U-D,S-F-D1-2	551.1	2499.9	
U-D,S-F-D2-1	567.8	2043.2	
U-D,S-F-D2-2	562.9	2139.3	

5. 결론

본 연구에서는 수중구조물의 손상된 단면에 보수시스템을 적용하여 실험을 수행하였으며 실험결과를 분석한결론은 다음과 같다.

1. 손상된 수중구조물의 보수·보강에는 보수단면의 표면처리 및 표면상태(물의 유무)에 따라 보수효과 및 파괴양상이 크게 영향을 받게 된다.
2. 단면보수시스템을 적용하여 보수한 실험체는 거푸집과 고정앵커의 구속력과 단면보수재와 기존 콘크리트의 계면에서 전단연결재의 저항 및 수중에폭시의 수밀성에 의하여 표준실험체와 유사한 강도를 확보하는 것으로 나타났다.
3. 단면보수시스템에 의한 보수효과는 강도의 증가와 함께 보수재와 콘크리트의 계면파괴를 방지하여 연성능력은 24%증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 유동우(2001) 수중부 하부 구조의 보수 보강. 한국콘크리트학회지, 한국콘크리트학회, 제 13권, 제 2호, pp.38~43.
2. Austin, S. A. and Robins, P. J.(1993) Development of patch test to study behaviour of shallow concrete patch repairs. *Magazine of Concrete Research*, Vol. 45, No. 164, pp. 221~229.
3. 이영도, 백민수, 최용규, 김영희, 정상진, 최문식 (1997) 결손 시험체의 보수 성능에 관한 실험적 연구. 1997년도 학술발표회 논문집, 한국콘크리트학회, pp 585~591.