

# 방호울타리 연결방법에 의한 FRP바닥판의 거동특성

## Performance Verification of FRP Decks by Connection between Bridge Rail and FRP Decks

이영호\*      정진우\*\*      염광수\*\*\*      박기태\*\*\*\*      황윤국\*\*\*\*\*  
Lee, Young Ho    Jeong, Jin Woo    Youm, Kwang Soo    Park, Ki Tae    Hwang, Yoon Koog

### ABSTRACT

In this paper, performance verification of connection between bridge rail and FRP decks are performed by static test. Also, the effect of flexible bridge rail failure to behavior of FRP deck are examined. Commercial products of flexible bridge rail are applied to test specimen, and 6 types of FRP deck-to-bridge rail connection system are considered. By the test results, 6 types of connection system by the connection method have similar structural capacity and have enough safety margin. Therefore, it is determined that 6 kinds of bridge rail considered in this study can be applied to bridge effectively by the cases of bridge field condition.

### 1. 서론

FRP바닥판은 기존의 RC바닥판 또는 강바닥판과는 재료적, 구조적 성질이 다른 구조로 기존 방호울타리를 FRP바닥판에 적용하는데 있어서의 안전성을 검토할 필요가 있다. 교량에 적용되는 방호울타리는 크게 강성 방호울타리와 가요성 방호울타리로 나누어진다. 강성 방호울타리는 저렴하고 방호울타리 자체의 내구성 및 차량 낙교에 대한 안전성이 입증되어 있으나, 공사기간이 길고 충돌시 차량 탑승자의 부상위험이 높다. 반면에 가요성 방호울타리는 공사기간이 짧고 충돌시 방호울타리의 손상은 크나 탑승자의 부상위험은 상대적으로 낮은 장점이 있다.

본 연구에서는 FRP바닥판의 장점인 시공의 편리성과 신속성, 경량화 등을 최대한 높일 수 있는 가요성 방호울타리를 우선 연구대상으로 하여, 가요성 방호울타리와 FRP바닥판과의 연결방법에 따른 FRP바닥판의 구조적 안전성과 각 연결방법의 시공성을 검토하였다.

### 2. 실험개요

#### 2.1. 실험체 제원 및 분류

본 연구에서는 FRP바닥판과 방호울타리의 연결부 성능검증이 목적이므로 방호울타리 지주(Post)만 고려하였으며, 가로보는 고려하지 않았다. FRP바닥판의 크기는 1200×1200×200mm이며, 방호울타리는 성능이 입증되어 기 공용중인 각형 알루미늄관(□-135×130×11mm)을 이용하였다.

실험체는 FRP바닥판과 지주의 연결방법 및 연석의 유무에 따라 6가지 형식으로 분류하였으며 형식

\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 Post-Doc.

\*\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

\*\*\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원

별 구체적인 연결방법은 표 1 및 그림 1과 같다. A, B 실험체는 연석을 두지 않고 FRP바닥판과 지주를 직접 연결하는 방식으로, A 실험체는 지주를 FRP바닥판 상면과 연결시키며, B 실험체는 지주의 파괴에 의해 FRP바닥판에 발생할 수 있는 손상을 최소화하기 위하여 측면에 연결장치를 사용하여 연결시키는 방식이다.

C~F 실험체는 FRP바닥판 상면에 콘크리트 연석이 설치된 경우에 지주를 연결하는 방식으로, C, D 실험체는 연석을 프리캐스트화 시켰으며, E, F 실험체는 연석을 현장타설하는 연결방식이다. C 실험체는 FRP바닥판 위에 프리캐스트 연석을 설치한 후 지주를 볼트로 연결하는 방식이고, D 실험체는 FRP바닥판과 지주를 먼저 연결한 후 프리캐스트 연석을 설치하고 프리캐스트 연석과 지주 사이의 간격은 무수축 모르타르로 충전하였다. E 실험체는 FRP바닥판과 연석의 확실한 연결을 위하여 FRP바닥판 상부플랜지를 규사코팅하고 일부를 천공하여 철근배근을 실시하였으며, F 실험체는 상부 규사코팅만 실시하고 현장타설하였다.

제안된 방호울타리의 성능 실험을 위해 각 형식별로 3개씩 공장에서 일체로 제작하였으며 제작단계 예를 그림 2에 도시하였다.

표 1 FRP바닥판과 방호울타리 지주의 연결방식

분류		연결 방식	
연석 無	A	FRP바닥판 상부에 방호울타리를 볼트로 연결	
	B	FRP바닥판 측면에 강재 부속장치를 이용하여 볼트로 연결	
연석 有	프리 캐스트	C	프리캐스트로 제작된 연석을 FRP바닥판 상부에 거치 후 볼트로 체결, 방호울타리는 연석에 매입된 앵커에 볼트로 연결
		D	FRP바닥판 상부에 방호울타리를 볼트로 연결 후 프리캐스트 연석을 거치
	현장 타설	E	FRP바닥판과 연석 그리고 방호울타리를 일체형으로 제작하기 위해 바닥판 상부플랜지에 천공한 후 현장타설
		F	FRP바닥판 상부에 방호울타리를 볼트로 연결, 규사코팅 후 현장타설

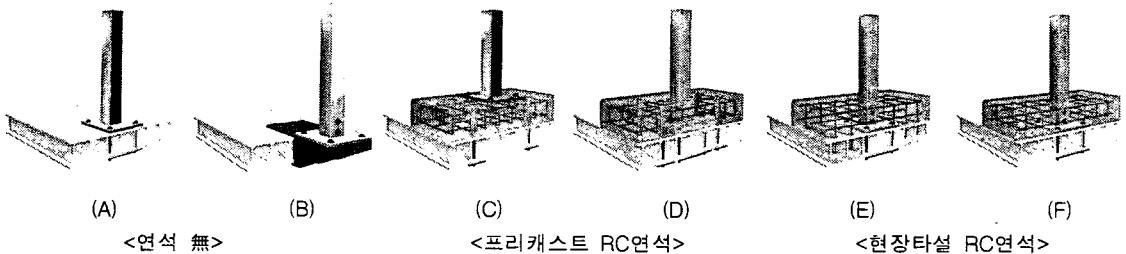
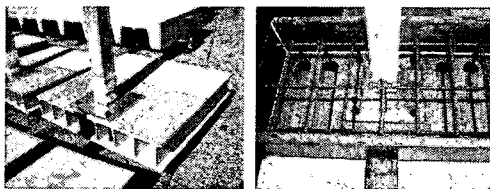


그림 1 실험체별 FRP바닥판과 방호울타리 지주의 연결방식



(a) E실험체 규사코팅 단계 (b) F실험체 철근배근상태  
그림 2 실험체 제작 과정

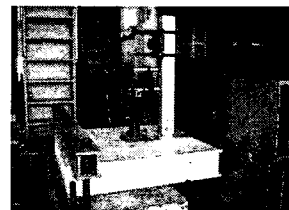


그림 3 실험전경

## 2.2. 실험방법

FRP바닥판에 적용하기 위해 제안된 6가지 Type의 방호울타리의 연결부 성능실험을 위해 그림 4와 같이 250kN 가력기를 이용하여 0.5mm/sec의 하중을 재하하였다. 하중재하 위치는 FRP바닥판에서 80cm 상단으로, 연석설치 유무와 상관없이 동일한 높이로 하였다. FRP바닥판과 하부 거더의 연결은 볼트를 사용하여 연결하였으며, FRP바닥판 상·하 변위를 방지하기 위해 강재 박스형 보를 사용하여 완전히 고정시켰다. 지주와 바닥판의 변위와 변형률을 측정하기 위해 변위계와 변형률 게이지를 설치하였다. 그림 3은 실험체 A의 실제 실험전경이다.

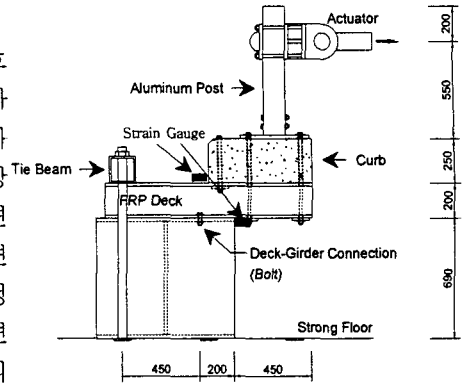
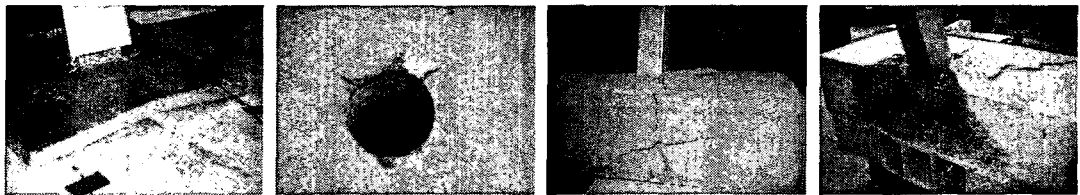


그림 4 실험체 Set-up 및 하중재하방법

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1. 파괴형상

방호울타리 연결부 실험결과, 연석을 설치하지 않은 A, B 실험체는 그림 5(a)와 같이 알루미늄 지주와 FRP바닥판과의 연결판이 올라오면서 파괴되는 양상을 나타냈으며, FRP바닥판 볼트 구멍에 그림 5(b)와 같이 다소의 지압손상이 관찰되었다. 연석을 설치한 C ~ F 실험체는 약 20~30kN 범위에서 콘크리트 연석에 균열이 발생하였으며, 이후 균열이 증가하면서 최종적으로는 방호울타리 지주 외측의 콘크리트가 탈락하면서 파괴에 도달하였다. 연석을 설치하지 않은 실험체는 볼트구멍에 다소의 지압손상이 확인되었으나 안전에 치명적인 정도는 아닌 것으로 판단되었으며, 연석을 설치한 실험체는 FRP바닥판에 특별한 손상을 확인할 수 없었다.



(a) 지주의 들림 (b) 볼트구멍 지압손상 (c) 후면 연석손상 (d) 전면 연석손상  
<연석 無 실험체> <연석 有 실험체>

그림 5 방호울타리 실험체의 파괴 형상

### 3.2. 하중-변위 관계

각 형식별 대표적인 하중-변위 곡선은 그림 6과 같으며, 표 2에 실험결과의 평균값을 나타내었다. 연석을 설치하지 않은 A, B 실험체의 강성 및 하중값이 다소 작으며, FRP바닥판 내부까지 철근을 배근한 E 실험체가 가장 큰 강성과 강도를 나타내며 프리캐스트 연석을 설치한 C, D 실험체가 중간정도의 값을 보였다. FRP바닥판에 규사코팅만을 실시하고 현장타설 연석을 설치한 F 실험체는 초기강성은 연석을 설치한 다른 실험체와 유사하나 60kN을 넘어서면서 급격히 강성의 저하가 발생하였다. 이는 다른

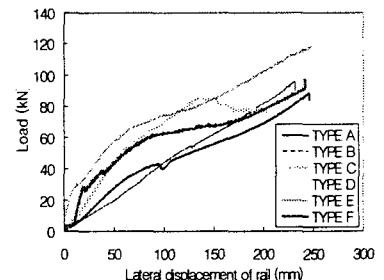


그림 6 하중-변위 곡선

실험체와 달리 규사코팅만으로 연석과 FRP 바닥판이 연결되어 쉽게 연결부 파단이 발생하였기 때문으로 판단된다.

표 2 실험결과

구분	연석 無		프리캐스트 연석		현장타설 연석	
	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	Type F
최대하중(kN)	90.23	90.50	94.38	96.20	111.02	87.05
지주의 최대변위(mm)	241.17	224.93	238.62	240.94	244.76	242.32

### 3.3. 하중-변형을 관계

FRP 바닥판의 손상여부를 파악하기 위하여 FRP 바닥판 상면과 하면에 각각 변형률 게이지를 부착하였다. 부착위치는 그림 4와 같이 FRP바닥판에 가장 큰 변형률이 발생할 것으로 예상되는, 연석이 끝나는 지점(A, B 실험체는 연결판이 끝나는 지점)과 베이스블록과의 경계부로 하였다. 계측결과는 그림 7과 같이, 연결형식에 따라 다소의 차이는 있으나 상·하면 FRP의 최대 변형률이 1,000 $\mu\epsilon$  미만으로 나타났다. 이는 FRP의 일반적인 파괴변형률 10,000 $\mu\epsilon$ 의 1/10 수준으로 방호울타리 지주의 파괴가 FRP 바닥판의 안전성에는 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

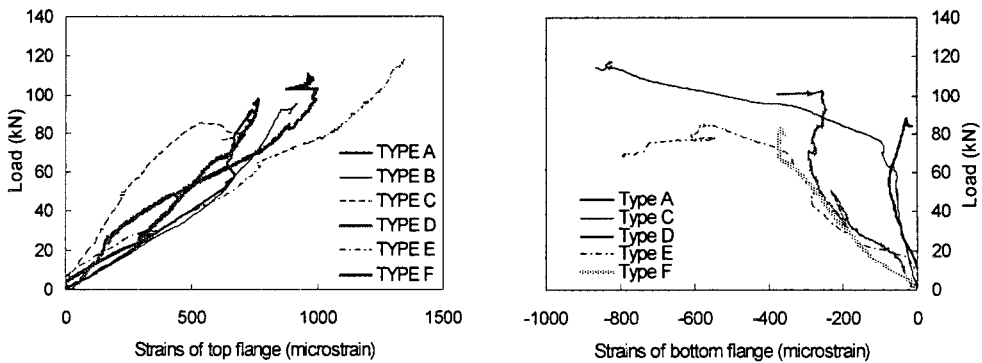


그림 7 하중-변형률 곡선

### 4. 결론

본 연구에서는 방호울타리와 FRP바닥판과의 연결부 성능검증 및 가요성 방호울타리의 파괴가 FRP 바닥판에 미치는 영향을 검토하기 위하여 6가지 연결방법에 대한 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 방호울타리 지주와 FRP바닥판과의 연결방법에 의한 최대 하중의 변화는 크지 않은 것으로 나타났으며, 또한 6가지 연결방법 모두 방호울타리의 파괴가 FRP 바닥판에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- (2) FRP 바닥판에 가요성 방호울타리를 적용할 경우 본 실험에서 실시한 6가지 형상 어떠한 것을 사용하여도 구조적 안전에는 문제가 없으며, 현장여건을 고려하여 선택하면 될 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 황윤국 외 4인(2005), 장수명 합리화 바닥판 개발(4차년도), 건기연 연구보고서 2005-059, 한국건설기술연구원