

# 강봉으로 긴장한 프리캐스트 원형교각의 설계

## Design of Precast Circular Piers with Prestressing Bars

심 창 수\* 정 철 현\*\* 윤 재 영\*\*\* 김 철 환\*\*\*\* 이 용 진\*\*\*\*\*

Shim, Chang-Su Chung, Chul-Hun Yoon, Jae-Young Kim, Cheol-Hwan Lee, Yong-Jin

---

### ABSTRACT

Fast construction of bridge substructures is a new trend of bridge design. A precast pier system with bonded prestressing bars was proposed. In this paper, quasi-static tests on precast prestressed piers were conducted to evaluate the seismic behavior of the precast piers with bonded prestressing bars. In order to strengthen the shear strength of the joints between column segments, steel tubes filled with mortar were used. Displacement ductility and energy dissipation capacity of the precast piers were evaluated. The suggested precast pier system showed better seismic performance than the required ductility. Based on the research results, an example bridge pier for light-railway lines was designed and design considerations were discussed.

### 요 약

교량 하부의 급속시공 기술은 교량 설계의 새로운 경향이다. 부착 강봉으로 프리스트레스를 도입하는 프리캐스트 교각 시스템을 제안한다. 이 논문에서는 부착 강봉으로 프리스트레스가 도입된 프리캐스트 원형 교각의 준정적 실험을 통해 내진 성능 평가를 하였다. 기둥의 세그먼트 연결부의 전단강도 보강을 위해 모르타르 충전된 원형강관을 사용하였다. 프리캐스트 교각의 변위연성도와 에너지 소산능력을 평가하였다. 제안된 프리캐스트 교각 시스템은 요구연성도보다 더 좋은 내진성능을 보였다. 실험적 연구를 바탕으로 경전철 교량의 하부구조를 설계하고, 설계 고려사항에 대해 검토하였다.

---

\* 정회원, 중앙대학교 토목공학과 조교수

\*\* 정회원, 단국대학교 토목공학과 부교수

\*\*\* 정회원, 중앙대학교 토목환경공학과 석사과정

\*\*\*\* 정회원, 포스코건설 기술연구소 차장

\*\*\*\*\* 정회원, 다산컨설턴트(주) 구조부 상무

## 1. 서 론

교량 하부구조에 대한 프리캐스트 기술의 적용은 최근 들어 활발하게 이루어지고 있는데, 이는 콘크리트 타설 또는 거푸집 설치 등이 용이하지 않은 도심지 등과 같은 입지조건이나 신속한 하부시공이 요구되는 경우에는 사전에 제작된 부재를 이용하는 것이 효과적이다. 최근에 국내에서 부각되고 있는 경전철 교량에서 요구되는 교각은 대부분이 도심지 부근을 통과하기 때문에 더욱 프리캐스트 공법이 필요하다.

이 논문에서는 도심지 교량의 급속시공을 위한 교량 하부 구조, 특히 교각 구조물의 개발을 위해 부차강봉으로 프리스트레스를 도입하는 프리캐스트 원형 교각에 대한 실험적 연구 결과로부터 설계에 관한 주요 지침을 제안하였다. 제안된 지침에 근거하여 경전철 교량의 하부구조로 프리캐스트 원형교각을 설계하였고, 사용성을 확보하기 위한 프리스트레스의 크기, P-M상관도를 만족시키기 위한 단면 설정 및 축방향 강재비 설정, 시공성을 확보하기 위한 상세 결정 등이 주요 내용이다.

## 2. 준정적 실험

### 2.1 실험부재 및 변수

조립식 교각의 설계는 RC 기둥과의 비교를 위해 기존 RC 기둥 실험체를 기초로 하여 설계하였다. 긴장재 단면적과 프리스트레스의 크기 결정이 주요한 고려사항인데 이 연구에서는 기존 축방향 철근비와 동일한 수준의 강재비를 갖도록 조정하였으며, 최종적으로 도입되는 프리스트레스에 의한 축력으로 인해서 P-M상관도에서의 휨강도가 감소하는 것을 최소화 하기 위해 긴장재의 도입 프리스트레스의 수준은 낮추어 설정하였다.

표 1 주요 실험 변수

	실험부재명	단면직경	강봉수	Segment	강재비(%)	횡철근	설계 프리스트레스	축하중/강도
기초-교각	FPT1		6	1.8m	1.70	D10@50mm (1.06%)	3558kN	21%
	FPT2							
교각-교각	PPJ6-1	600mm	6	2×0.9m	1.70	D10@100mm (0.53%)	3558kN	21%
	PPJ6-2					D10@50mm (1.06%)		
	PPJ8-1					8	2.27	D10@50mm (1.06%)
	PPJ8-2							
	PPJ8-3							
	PPJH-8-P0	800mm	0	1.7m	1.16	D10@32mm (0.96%)	0kN	0%
	PPJH-8-P2		2		1.4m		1.63	784N
PPJH-8-P4	4			1.39	1275kN		7.4%	

\* F : Footing, P : Pier, J : Joint, \*\* Design Value

### 2.2 실험부재 제작 및 수행

조립식 교각은 프리캐스트 세그먼트를 갖는 교각으로서 도심지 등에서 현장 시공이 어려운 환경에서의 급속 시공을 위한 설계이다. 콘크리트 세그먼트는 기초위에 미리 가설되어 있는 강관 또는 강봉에 끼워져서 가설되고 최소한의 프리스트레스 도입으로 세그먼트의 일체화를 이루고 이후에 중공부분을 타설하여 강봉과 콘크리트 세그먼트를 일체화시키는 방법이다. 도입 프리스트레스를 최소화함으로써 이에 대한 고려가 특별히 요구되지 않고 교각의 거동에도 큰 영향을 미치지 않게 된다.

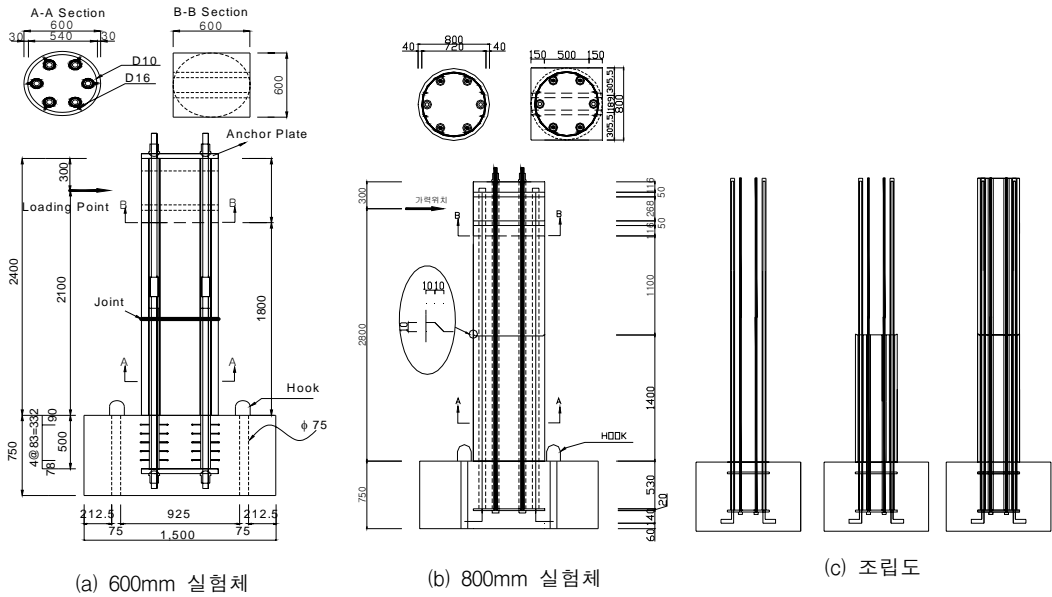


그림 1 실험부재 제원 및 조립도(unit:mm)

이 실험에서는 교각의 내진성능 평가를 위해 조립식 교각에 반복 수평하중을 가하는 준정적(Quasi-Static) 실험을 수행하였으며, 실제 교각은 상부구조물과 차량에 의해 축 하중을 받은 상태에서 거동하므로, 강봉에 프리스트레스를 도입하여 이를 구현하였다. 수평하중은 최대변위 최대  $\pm 250\text{mm}$ 의 최대하중 2000kN의 actuator를 이용하여 변위비(Drift level)를 증가시키면서 변위제어로 진행한다.

## 2.2 실험 결과

그림 2는 실험체의 이력곡선을 나타낸 것이다. 축방향으로 도입된 프리스트레스로 인해 균열이 일부 소성힌지 구간에서 발생한 상태에서는 하중 제거시 변형이 복원되는 형상을 볼 수 있다. 이는 작은 규모의 지진하중에 대해서는 프리스트레스를 도입한 교각의 복원능력이 상당히 유용할 수 있음을 보여준다.

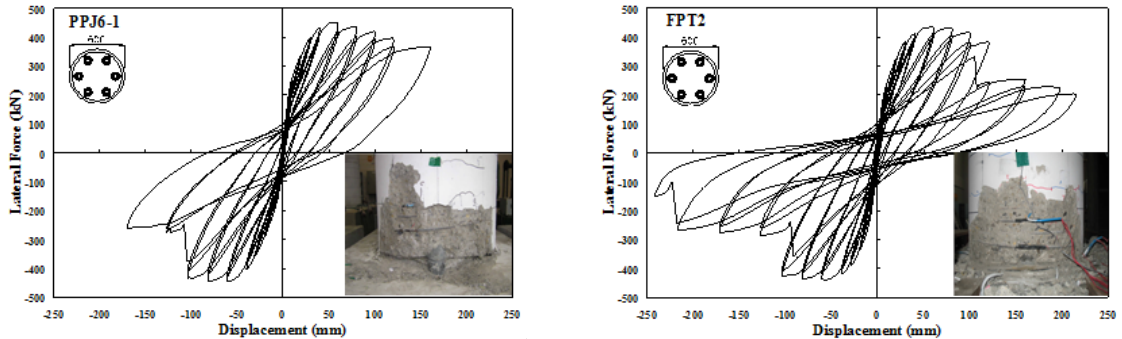


그림 2 하중-변위 곡선

### 3. 조립식 교각의 설계 예

실험적 연구결과를 바탕으로 제시된 설계 지침에 따라 적절한 형태의 조립식 교각의 설계 예제를 개발하였다. 이 조립식 교각은 기존의 경전철 교량의 직경 2.4m, 철근비 1.76%의 현장타설 철근 콘크리트 교각의 대안으로 직경 2.0m, 철근비 1.57%의 조립식 교각으로 설계하였다. 상부구조로부터 발생하는 하중조건은 동일한 상태에서 단면제원을 결정하고 설계 검토 사항들을 점검하였다. 주요 설계 항목은 조립식 교각의 이음부 사용성 검토를 통해 필요한 프리스트레스 긴장재의 양을 결정한다. 주어진 하중조건을 만족하도록 P-M 상관도 검토를 통해서 축방향 강제량 및 배치를 결정한다. 최종적으로 내진성능을 만족하도록 횡철근 등의 철근 상세를 결정하고 시공성을 검토한다.

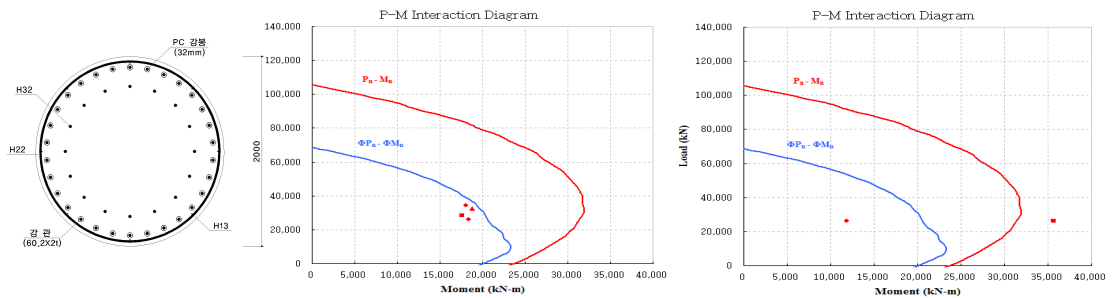


그림 3 설계 예제 단면 및 철근량 검토

### 4. 결론

국내에 급속시공을 위한 새로운 시스템을 도입하기 위해 경전철 교량에 적합한 하부구조 형식을 선정하여 검증 실험을 수행하고, 이를 바탕으로 설계 예제를 개발하였다. 이를 국내 현장에서 적용하기 위해서는 장기거동, 구조물의 내진 설계기준, 상세 기준, 장주에 관한 이음부의 사용성 등의 설계기준이 제시될 필요가 있다.

### 감사의 글

이 논문은 2008년도 포스코건설 기술연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. S. L. Billington and J. K. Yoon, "Cyclic Response of Unbonded Posttensioned Precast Columns with Ductile Fiber-Reinforced Concrete", Journal of Bridge Engineering, ASCE, July/August, 2004, pp. 353-363.
2. 심창수, "국내외 교량의 급속시공 관련 동향분석 (Technology Survey of the Fast Bridge Construction)", 대한토목학회지, 제53권, 2005. 12월, pp. 163-170.
3. 김현호, 심창수, 정철현, 김철환, "중실원형단면 조립식 교각의 내진성능평가 (Evaluation of seismic performance of prefabricated bridge piers with a circular solid section)", 한국지진공학회 논문집, 제11권 제 3호, 2007. 06, pp. 23-31.
4. 심창수, 정철현, 윤재영, 김철환, 안동근, "부착강봉으로 긴장한 프리캐스트 교각의 내진거동 평가" 한국콘크리트학회 가을학술발표회, 제 19권 2호, 2007, pp. 185-188.