

# 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각과 유사형식 교각에 대한 거동에 관한 연구

## A study on behavior for prefabricated precast segment and similar piers

정 혁 창\*   김 익 현\*\*   김 태 훈\*\*\*   김 영 진\*\*\*\*  
Jeong, Hyeok Chang   Kim, Ick Hyun   Kim, Tae Hun   Kim, Young Jin

### ABSTRACT

The present, most of bridges have been constructed with RC piers in Korea. But the construction of bridges with RC piers is limited to certain working environment and weather that give rise to some series trouble such as weak constructability, quality deterioration and rising of the cost of construction. For this reason, the construction tend to focus on the developing of more effective and economical construction methods. Of all methods, prefabricated precast segment piers have been examined more extensively, it has become a solution of some problems like traffic congestion that usual site placing methods have. The Korea government has the already issued specification earthquake effect. But the existing seismic specification are inapplicable to bridges with prefabricated precast segment piers. This study analyzes structural behaviors of the RC model, prestressed pier model, the prefabricated precast segment pier with no shearduct model and the prefabricated segment piers with shearduct and changed post tensioning force.

### 요 약

현재 우리나라에서 제작되고 있는 교량의 대부분은 RC 교각으로 이루어져 있다. 이러한 RC 교각은 현장 타설을 사용하고 있으며, 이에 따라서 작업환경과 계절에 따른 시공성의 결여와 품질의 저하, 길어진 공사기간에 따른 공사비에 대한 부담이 발생한다. 전체 교량에 대한 교각의 중요성을 인식하여 최근 들어 효율적이고 경제적인 건설방법을 개발하는 것에 맞춰지고 있다. 지난 몇 년간 우리나라를 비롯하여 몇몇 국가에서는 교량을 위해 조립식 프리캐스트 세그먼트 콘크리트 교량의 요소와 시스템의 조사, 개발 그리고 응용에 대한 관심이 증가되었다. 종래의 현장 타설 콘크리트 교량은 오랜 기간의 교통 혼잡을 발생시켜, 대도시 지역의 교량 건설은 바쁜 도시민들의 분열을 초래할 수가 있는데, 조립식 프리캐스트 세그먼트 콘크리트 교량은 그 문제에 대한 실용적인 해결방안이 될 수 있다. 우리나라의 경우 최근 들어 교각의 내진설계에 대한 내진상세 규정을 마련하기 위해서 노력해 왔다. 하지만 대부분의 내진설계와 관련된 내용은 RC 교각에 대한 내용이었으며, 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각에 대한 내진상세 및 설계 지침에 대한 내용은 전무후무한 실정이다. 본 연구에서는 RC교각 1기, 프리스트레스트 교각 1기, 전단연결재가 없는 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각 1기, 그리고 전단연결재가 있으며 PS강재의 긴장력의 변화를 둔 조립식 세그먼트 교각 3기에 대한 실험을 통해서 각각의 교각의 구조 특성을 파악하고자 한다.

\* 학생회원, 울산대학교 건설환경공학부 박사과정  
\*\* 정회원, 울산대학교 건설환경공학부 부교수  
\*\*\* 정회원, 대우건설기술연구소 선임연구원  
\*\*\*\* 정회원, 대우건설기술연구소 수석연구원

## 1. 서론

최근 건설 산업의 주요한 관심은 효율적이고 경제적인 건설방법을 개발하는 것에 초점이 맞춰지고 있다. 이를 해결하는 방안의 하나로 공장에서 제작된 콘크리트 교각이나 거더를 사용한 교량의 건설이 활발해지고 있다. 우리나라의 경우 교량의 상부구조인 거더 및 바닥판 등에 프리캐스트 부재가 도입 및 시공된 사례는 있으나, 프리캐스트 콘크리트 교각을 사용한 교량의 건설은 없었다. 또한, 기존의 RC 교각에 대한 내진 상세에 대한 규정과 연구의 사례는 있으나 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각에 대한 내진 상세 및 설계 지침에 대한 내용은 전무후무한 실정이다. 따라서, 본 실험적 연구에서는 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각과 유사형식의 교각에 대한 구조 특성을 파악하여 비교, 분석하고자 한다.

## 2. 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각과 유사교각의 축소모델 설계

조립식 프리캐스트 세그먼트 교각과 유사교각의 구조 특성을 파악하기 위해 RC교각 1기, 프리스트레스트 교각 1기(PT30NS), 전단연결재가 없는 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각 1기(PT30ND), 그리고 전단연결재가 있으며 PS강재의 긴장력을 10%, 20%, 30% 변화를 둔 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각 3기(PT10AD25, PT30AD25, PT50AD25)를 설계·제작하였으며 실험변수 및 실험체명은 표 1과 같다.

표 1 실험변수 및 실험체명

Specimen	fck(MPa)	fy(MPa)	강연선 스트랜드경(mm)	초기 긴장력비 (%)	축력비(%)	Mn(kN-m)
RC	24	400	-	-	10	280.54
PT10AD25	35		12.7	10	11.40	292.53
PT30AD25			12.7	30	14.24	265.83
PT50AD25			15.7	50	20.61	275.13
PT30NS			12.7	30	14.24	265.83
PT30ND			12.7	30	14.24	265.83

설계의 기본 개념은 RC 교각의 공칭모멘트와 동일한 크기로 실험체 교각들을 설계하였다. 공칭 모멘트와 전단력은 단면해석을 통하여 산정하였으며, 횡구속 콘크리트에 대한 강도 및 해석에 적용된 모델들은 일본도로교설계 기준에서 제안하는 모델을 사용하였다. 축력은 RC교각 단면력의 10%를 모든 교각에 적용하였다. 그리고 RC를 제외한 전 실험체에 대하여 부착 포스트 텐션을 적용하였다.

단면 설계에 있어서 모든 실험체의 단면형상은 지름 600mm를 가지는 중실원형단면을 사용하였다. 소성힌지 영역에서는 도로교설계기준의 내진설계기준을 적용하여 횡철근량을 산정하였으며, 소성힌지구역 이외의 구역에서는 시공의 편의를 위하여 소성힌지구역에 배근된 횡철근 간격의 1.5배를 적용하여 배근하였다. 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각의 경우 PS 강재가 휨에 대한 내하력을 100% 부담하는 것을 고려하고, 압축에 대한 영향을 부담하는 콘크리트의 구속을 위한 횡철근의 배치를 위해 최소철근량을 배치하였다.

전단연결재는 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각의 접합부에 사용되어 전단키(shear key)와 긴장재용 덕트로서의 기능을 동시에 수행할 수 있도록 설계되었다. 그림 1와 같이 전단연결재는 길이에 따라 기초와 세그먼트, 그리고 최상단 세그먼트에 따라서 길이가 틀리다. 또한 연결을 위하여 전단연결재의 아래 부분에 확관부를 설치하여 기초부터 최상단 세그먼트까지 소켓형으로 조립할 수 있도록 설계하였다. 전단연결재가 외부로 나오는 길이는 휨 모멘트를 전달할 수 없도록 지름의 2배인 121mm로 결정하였고, 확관부의 높이는 10mm의 여유를 두어서 131mm로 설계하였다.

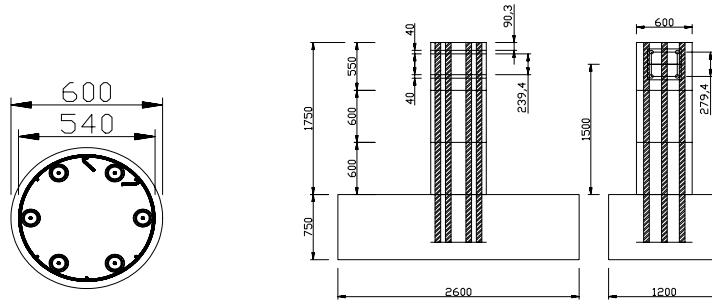


그림 1 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각(단면, 정면도, 측면도)

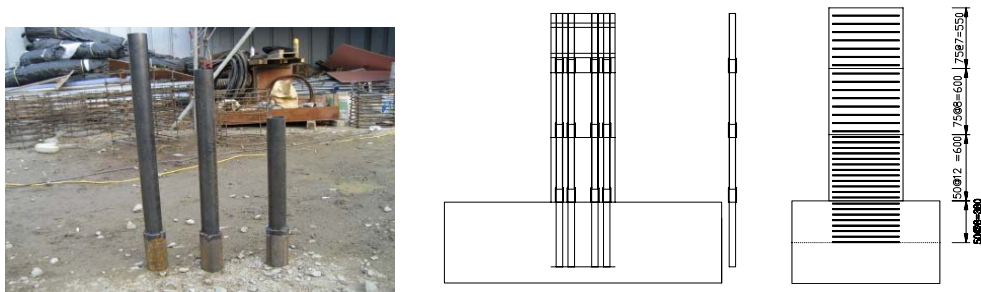
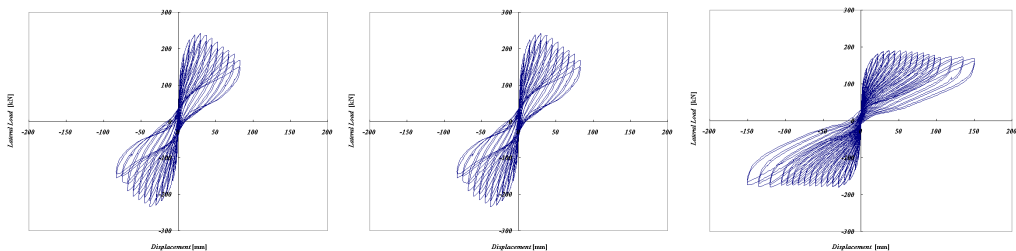


그림 2 전단연결재 및 횡철근 배근(전단연결재, 전단연결재 조립도, 횡철근 배근도)

### 3. 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각과 유사교각의 실험 결과분석

그림 3은 실험체에 준정적 실험을 수행하여 측정된 하중-변위 이력곡선을 나타낸 것이다. RC 교각의 경우 주철근의 좌굴 및 과단에 의하여 급격한 하중 저하를 나타내었으며, 잔류변위가 크게 나타났다. 하지만 PT30NS의 경우 최대 하중이 발생한 후, RC교각에 비해 하중의 저하가 다소 완만한 형태를 나타내며 잔류변위가 작게 나타났다. 전단연결재가 없는 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각(PT30ND)과 초기 긴장력의 차이에 따른 나머지 모델들은 앞의 두 모델과 다른 거동을 보였으며, 잔류변위가 매우 작게 나타났고, 최대하중이 발생한 후 변위가 증가하여도 하중의 감소는 크게 발생하지 않는 거동을 나타내었다.

그림 4는 RC교각을 기준으로 drift ratio에 따른 에너지 소산능력과 초기긴장력 변화에 따른 에너지 소산능력을 비교한 것이다. 동일한 drift ratio에서는 RC교각이 프리스트레스트 교각보다 에너지 소산능력이 큰 것으로 나타났다. 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각인 경우, 전단연결재가 있는 모델이 없는 모델(PT30ND)에 대해서 동일한 drift ratio에서 약 2.0배의 에너지 소산능력을 나타내었다. 초기긴장력의 변화에 따른 에너지 소산능력은 동일한 공칭모멘트를 가지는 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각에서 초기긴장력이 변화하더라도 에너지 소산능력은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.



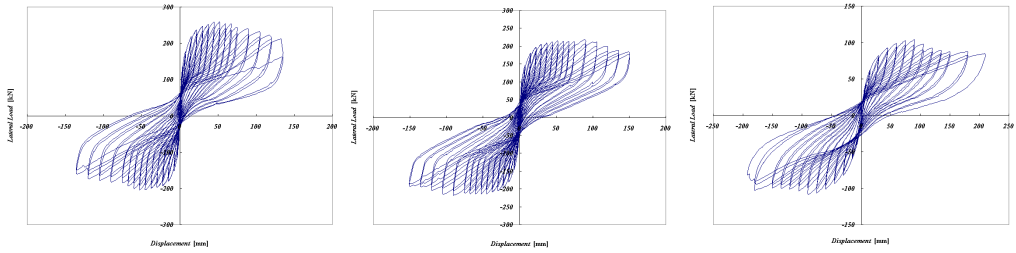


그림 3 하중-변위 이력곡선(좌측 상단부터 시계방향으로 RC, PT30NS, PT30ND, PT10AD25, PT30AD25, PT50AD25)

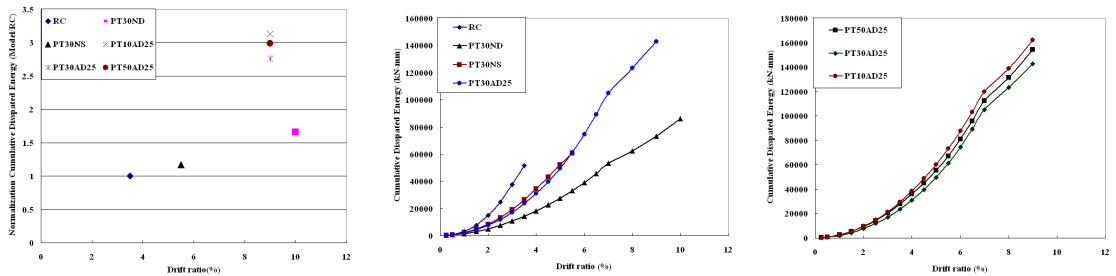


그림 4 에너지소산능력(왼쪽부터 RC기준, 모델별, 초기긴장력 변화에 따른)

#### 4. 결론

1. RC교각과 PT30NS 모델은 변위성능에서는 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각보다 떨어지는 것으로 나타났다. 전단연결재의 유무에 따른 비교를 살펴보면 변위 성능에 대해서 큰 차이를 나타내지 않았지만 강도면에서는 전단연결재가 존재하는 경우 강도의 크기가 보다 크게 나타났다.

2. 초기긴장력을 10%, 30%, 50%로 적용시킨 조립식 프리캐스트 세그먼트 모델에서는 초기긴장력에 관계없이 RC교각에 비하여 최대 하중 이후의 횡변위 증가시 강도의 감소는 크게 발생하지 않는 것으로 나타났다.

3. 에너지 소산능력은 동일한 Drift ratio에서는 RC교각이 프리스트레스트 교각보다 에너지 소산능력이 큰 것으로 나타났다. 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각의 경우, 전단연결재가 있는 모델이 없는 모델에 대해서 동일한 drift ratio에서 약 2.0배의 에너지 소산능력을 나타내었고, 동일한 공칭모멘트를 가지는 조립식 세그먼트 교각에서는 초기긴장력이 변화하더라도 에너지 소산능력은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

4. 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각은 RC교각과 달리 잔류변위가 크게 발생하지 않는 변위 원점지향적인 모습을 나타내었다. 그리고 조립식 프리캐스트 세그먼트 교각에서 동일한 조건으로 초기긴장력의 변화를 두어도 변위 원점지향적인 모습이 나타났다.

#### 감사의 글

이 연구는 2007년도 주식회사 대우건설 연구용역 계약으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 대우건설에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부, “도로교설계기준”, 2005
2. 鹿島技術研究所年報 第48号 2000年, “新しいプレキャスト PC 橋脚の開発”, 新井崇裕 山本 徹 外
3. 건설교통부, 한국건설교통기술평가원(편), “고성능 콘크리트 교각의 개발 및 실용화 기술 개발”, 2006