

전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 지진거동에 관한 연구

Study on the Seismic Behavior of Precast Concrete Segmental Bridge Piers with Shear Resistance Connecting Structure

김 태 훈* 김 영 진** 김 성 운*** 김 철 영**** 신 현 목*****
Kim, Tae Hoon Kim, Young Jin Kim, Seong Woon Kim, Chul Young Shin Hyun Mock

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the seismic behavior of precast concrete segmental bridge piers with shear resistance connecting structure. A model of precast concrete segmental bridge columns with shear resistance connecting structure was tested under a constant axial load and a cyclically reversed horizontal load. A computer program, RCAHEST (Reinforced Concrete Analysis in Higher Evaluation System Technology), for the analysis of reinforced concrete structures was used. The proposed numerical method for the seismic behavior of precast concrete segmental bridge piers with shear resistance connecting structure is verified by comparison with reliable experimental results.

요 약

이 연구의 목적은 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 지진거동을 파악하는데 있다. 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각 실험체에 일정 축하중 하에서 횡방향 반복하중을 가하는 준정적 실험을 수행하였다. 사용된 프로그램은 철근콘크리트 구조물의 해석을 위한 RCAHEST이다. 이 연구에서는 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 지진거동의 파악을 위해 제안한 해석기법을 신뢰성 있는 실험결과와 비교하여 그 타당성을 검증하였다.

* 정회원, 대우건설 기술연구원 선임연구원, 공학박사
** 정회원, 대우건설 기술연구원 수석연구원, 공학박사
*** 정회원, 대우건설 기술연구원 연구위원, 공학박사
**** 정회원, 명지대학교 토목환경공학과 교수, 공학박사
***** 정회원, 성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수, 공학박사

1. 서론

새로운 교각 시스템에 대한 연구로서 프리캐스트 기술의 적용이 최근 들어 활발하게 이루어지고 있는데, 이는 여러 가지 복합적인 요인으로 인해 프리캐스트 공법의 장점이 부각되어 채택되는 경우가 늘어가고 있기 때문이다^{1,2)}.

이 연구는 국내 환경에 맞는 프리캐스트 세그먼트 교각을 개발하기 위한 독자적인 연구로서 교각구체와 기초 사이의 연결, 교각구체와 교각구체의 연결에서 새롭게 고안한 전단저항 연결체³⁾와 프리스트레스 긴장재를 동시에 이용하여 개발된 구조시스템의 지진거동을 파악하였다.

개발된 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각은 그림 1과 같다. 분절된 형식의 세그먼트에 강제덕트를 삽입하여 제작하고, 모든 세그먼트를 거치한 후 강제덕트의 내부에 이보다 직경이 작은 쉬스관을 삽입한다. 이후 쉬스관에 긴장재를 삽입하고 긴장력을 도입하며 모르타르로 충전하여 프리캐스트 교각을 일체화 하는 방식을 따르고 있다. 적용된 방식에서 프리캐스트 세그먼트의 접합부에서 작용하는 전단력은 연속된 강제덕트가 저항하고, 접합부에서의 휨모멘트에 대해서는 긴장재로써 저항하는 메커니즘을 갖고 있다⁴⁾.

이 연구의 목적은 이러한 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 콘크리트 세그먼트 교각의 지진거동을 파악하는데 있다.

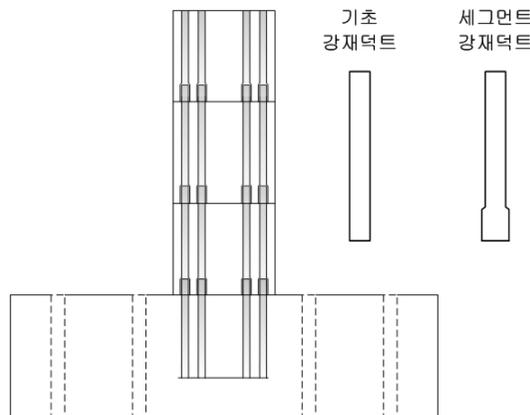


그림 1 개발된 프리캐스트 세그먼트 교각 시스템

2. 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 준정적 실험

이 연구의 목적인 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 지진거동을 파악하기 위해서 그림 2에 나타난 것과 같은 프리캐스트 교각 실험체를 선정하였으며 교각실험체의 모델 제원은 표 1과 같다.

전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각 실험체는 휨에 대한 저항과 전단에 대한 저항으로 나누어 설계하였다. 수평력에 의해 휨모멘트가 발생할 경우 인장에 대해서는 실험체 내부에 삽입된 강연선이 부담하고, 압축에 대해서는 횡방향 철근 내부에 있는 심부구속 콘크리트가 부담하는 것으로 하였다. 또한, 전단에 대해서는 세그먼트 사이를 연결하는 강제덕트가 저항하도록 하였다.

프리캐스트 세그먼트 교각의 성능평가를 위하여 수평력은 그림 3과 같이 최대변위 ± 250 mm인 1,000 kN 유압가력기(actuator)를 이용하여 재하하였으며 축력은 교각단면 축강도의 10%를 일정하중

유지장치로 변화가 없도록 재하하는 준정적(Quasi-Static) 실험을 수행하였다.

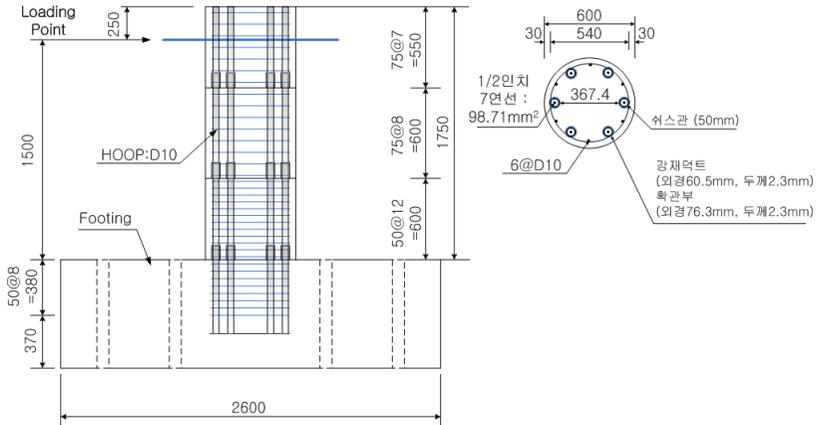


그림 2 프리캐스트 세그먼트 교각 실험체의 형상 (단위: mm)

표 1 실험체의 제원

구분	PT10AD25	PT30AD25	PT50AD25	
단면 직경(m)	0.6			
교각 높이(m)	1.5			
재료 강도	Con'c(MPa)	35		
	Steel(MPa)	SD40 (400)		
	Duct(MPa)	315		
	Tendon(MPa)	7연선 12.7mm/1본 (1600)		
PS 강제	긴장응력(MPa)	160	480	800
주철근	직경	D10		
	철근비(%)	최소량		
횡철근	직경	D10		
	철근비(%)	0.66		
피복두께(mm)		30		
축력		$0.1 A_g f_{ck}$		



그림 3 실험체의 전경

3. 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 비선형 해석

이 연구에서는 저차 등에 의하여 그 동안 개발된 철근콘크리트 평면응력요소, 경계면요소, 그리고 비부착 텐던요소 등^{4,5)}을 미국 버클리 대학의 Taylor가 개발한 범용 유한요소해석 프로그램인 FEAP ver. 7.2⁶⁾에 이식하여 모듈화된 비선형 유한요소해석 프로그램 RCAHEST (Reinforced Concrete Analysis in Higher Evaluation System Technology)에 세그먼트 접합부의 부착파괴를 모사할 수 있도록 개발한 접합요소⁷⁾를 이식하여 사용하였다.

그림 4는 이 연구의 해석모델을 적용한 유한요소해석 결과와 실험에 의한 하중-변위 관계를 나타낸 예이며 해석결과가 실험결과와 전반적으로 잘 일치함을 알 수 있다.

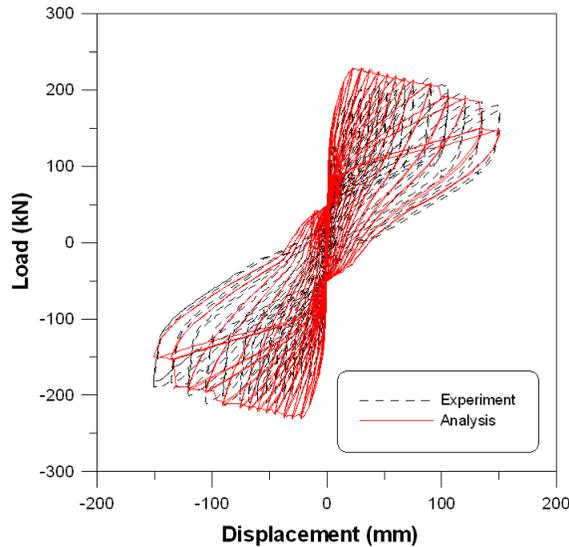


그림 4 실험체 PT30AD25의 하중-변위 곡선

4. 결론

이 연구에서는 개발된 전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 지진거동을 파악하기 위하여 실험 및 해석적 연구가 수행되었으며 교각 실험체는 충분한 소요성능을 갖고 있는 것으로 확인되었다. 향후 개발기술의 적용과 성능향상을 통하여 차세대 교각시스템인 프리캐스트 세그먼트 교각의 설계 및 시공기법을 완성할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

1. Billington, S. L., Barnes, R. W., and Breen, J. E., "Alternative Substructure Systems for Standard Highway Bridges," *Journal of Bridge Engineering*, ASCE, 2001, Vol. 6, No. 2, pp. 87-94.
2. 이재훈, 양종호, "콘크리트 교각의 새로운 형식," *한국콘크리트학회지*, 2004, 제16권, 2호, pp. 24-30.
3. 김태훈, 진병무, 김영진, 김성운, "프리캐스트 콘크리트 세그먼트 구조물의 강재덕트 조립구조," *한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집*, 2007, pp. 293-296.
4. 김태훈, 김영진, 김성운, 신현목, "전단저항 연결체를 갖는 프리캐스트 세그먼트 교각의 성능평가," *대한토목학회논문집*, 2008, 제28권, 4A호, pp. 591-601.
5. Kim, T. H., Park, J. G., Kim, Y. J., and Shin, H. M., "A Computational Platform for Seismic Performance Assessment of Reinforced Concrete Bridge Piers with Unbonded Reinforcing or Prestressing Bars," *Computers & Concrete*, 2008, Vol. 5, No. 2, pp. 135-154.
6. Taylor, R. L., *FEAP - A Finite Element Analysis Program, Version 7.2, Users Manual, Volume 1 and Volume 2*, 2000.
7. 김태훈, 김영진, 진병무, 신현목, "Numerical Study on the Joints between Precast Post-Tensioned Segments," *한국콘크리트학회논문집*, 2007, 제19권, 1E호, pp. 3-9.