

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

지진하중을 받는 포스트텐션드 프리캐스트 콘크리트 물류창고의 구조응답

Structural Response of the Post-tensioned Precast Concrete Warehouse Subjected to Seismic Loads

○ 김재현* 박민국** 정호성* 할리오나* 김강수***
Kim, Jae Hyun Park, Min-Kook Jeong, Hoseong Darkhanbat, Khaliunaa Kim, Kang Su

키워드 : 프리캐스트 콘크리트, 포스트텐셔닝 공법, 물류창고, 지진하중, 구조응답

Keywords : Precast concrete, Post-tensioning method, Warehouse, Seismic load, Structural response

최근 예상치 못한 COVID-19의 장기화로 인하여 국내에서는 전자상거래 시장이 활성화되고 있으며, 이에 따라서 대형 물류창고에 대한 수요가 급증하고 있다. 물류창고 구조물은 넓은 평면과 높은 층고를 갖는 골조형식을 특징으로 한다. 따라서 공기단축에 유리하고, 가설작업을 최소화 할 수 있는 프리캐스트 콘크리트(Precast concrete, PC) 공법이 물류창고의 증가하는 수요를 충족시킬 수 있는 강력한 대안으로 대두되고 있다. 그러나 PC 공법은 보, 기둥 부재들이 현장에서 조립되기 때문에 전통적인 철근 콘크리트(Reinforced concrete, RC) 공법에 비해 구조적 일체성 확보가 상대적으로 어렵기 때문에 내진성능에 대한 검토가 매우 중요하다. 국내외에서는 PC 공법의 구조적 일체성 문제를 개선하기 위한 많은 연구들이 수행되어 왔다. 그 중 포스트텐션(Post-tension, PT) 공법을 통해 PC 구조물을 보강하는 것이 PC 접합부의 일체성 증진에 매우 효율적인 것으로 보고되고 있다¹⁾. 다만, PT-PC 공법에 대한 접합부 단위의 연구는 다수 수행되었지만, 시스템 레벨에서의 PT-PC 공법에 대한 성능검증 연구는 아직도 미진한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 PT-PC 공법이 적용된 물류창고 구조물의 내진성능을 평가하기 위한 해석적 연구를 수행하였다.

그림 1은 프로토타입의 상세를 나타낸 것이다. 프로토타입은 RC 공법으로 제작된 5층 물류창고 구조물이며, 단위 경간 및 층고는 각각 10,800 mm, 5,000 mm 이다. 또한, 보의 폭과 높이는 각각 700 mm와 900 mm 이고, 기둥의 폭과 높이는 모두 900 mm 이다. 보의 상하부에는 각각 10개와 4개의 D22 철근이 기둥을 관통하여 배근되었으며, 기둥에는 16개의 D29 철근이 배근되었다. 이때, 보와 기둥의 배근상세는 현행 구조기준에서 규정하는 RC 특수모멘트저항골조로서의 상세를 만족하도록 하였다.

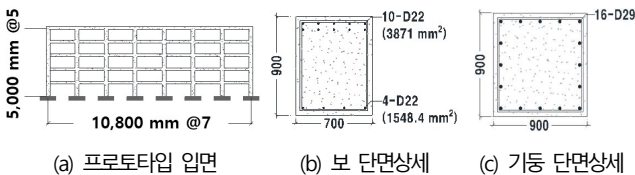


그림 1. 프로토타입 상세 (단위: mm)

그림 2에 나타난 바와 같이 실험체는 프로토타입과 동일한 크기를 가지고 있는 PT-PC 물류창고 부재이며, 보 부재에서 등가의 단면력을 가질 수 있도록 기둥을 관통하는 부차철근과 비부차식 강연선을 각각 1,558 mm², 1,839 mm² 배근하였다. 기둥의 상세는 프로토타입과 실험체 모두 동일하다.

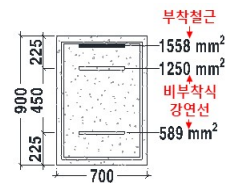


그림 2. 실험체의 보 단면상세

그림 3은 실험체의 해석 모델링 상세를 나타낸 것이며, 비선형 해석 프로그램인 OpenSees 프로그램을 활용하여 해석을 수행하였다. 보와 기둥 부재는 모두 비선형 보-기둥 요소로 모델링하였으며, 접합부 영역은 PT-PC 접합부의 거동 특성을 반영하기 위하여 핀칭-4 (Pinching-4 material) 모델을 통해 구현하였다. 접합부의 내부 영역은 접합부의 강체거동을 모사하기 위하여 강체요소로 모델링하였다.



그림 3. 해석모델링 상세

그림 4는 지진하중을 받는 프로토타입(RC)과 실험체(PT-PC)의 최상층에 대한 변위-시간 이력을 나타낸 것이다. 이때, 지진은 1994년에 발생하는 노스리지(Northridge) 지진을 사용하였다. 결과적으로 실험체가 프로토타입에 비해 약 12.8% 높은 최대 변위를 보이는 것으로 나타났다. 또한, 프로토타입과 실험체의 최대 층간변위비는 각각 1.33%, 1.42%인 것으로 확인되었으며, 모두 현행 구조기준에서 제시하는 물류창고의 허용층간변위비(=2.0%, 내진등급 II)보다 작은 값이었다. 즉, PT-PC 공법이 물류창고에 적용될 수 있다는 것을 확인한 것이다.

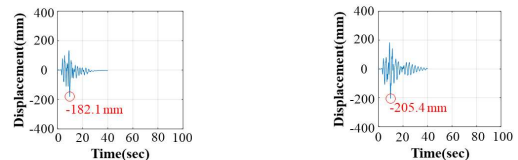


그림 4. 변위-시간 이력

참고문헌

- Kim et al., "Seismic Performance of Precast Multi-Span Frame System Integrated by Unbonded Tendons," *ACI Structural Journal*, 119(5), 2022, pp. 193-206.

* 서울시립대학교, 건축학부, 박사후연구원
** 서울시립대학교, 건축학부, 연구교수
*** 서울시립대학교, 건축학부, 스마트시티융합전공 교수, 교신저자
(Corresponding author : Department of Architectural Engineering and the Smart City Interdisciplinary Major Program, University of Seoul, kangkim@uos.ac.kr)
이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(RS-2023-00272557).