

PC 넓은 보·기둥 접합부에서 코어 철근비의 영향

Effect of Core Reinforcement Ratio to PC Wide Girder-Column Joint

송한범* 강대연** 양원직*** 이원호***
Song, Han-Beom Kang, Dae-Eon Yang, Won-Jik Yi, Waon-Ho

Abstract

The purpose of this study is to evaluate a effect of core reinforcement ratio to PC wide girder-column joint. Three half scale subassemblies were representing a portion of a prototype structure were design, constructed, and tested to failure. From the test result, girder-column width ratio play an important role in the improvement of strength and ductility.

1. 서론

최근들어 모듈화 되어 있는 아파트 지하주차장에 PC 복합화 공법의 적용이 증가하고 있다. 이와 같은 지하주차장에 PC 공법을 적용하여 장스팬의 구조형식을 달성하려면 보 부재의 깊이가 커지게 되며, 이로 인하여 PC 부재의 양중에 문제가 발생할 수 있으며 이러한 문제점의 대안으로 와이드 보를 적용할 수 있다. 일반적인 보의 철근은 기둥 코어 내부에 정착되지만 와이드 보의 경우 보 길이 방향 철근의 일부가 기둥 코어 외부에 배근되고, 기둥 코어 외부에 배근된 철근은 정착이 미흡하게 된다. 이러한 이유로 ACI에서는 와이드 보의 유효폭을 “기둥너비 + (1.5×보의 깊이)”로 한정하고 있다.

본 연구에서는 지하주차장과 같은 지하구조물에 와이드 보를 적용할 경우에 기둥 코어 내부에 정착되는 철근량의 변화에 따른 구조물의 거동특성을 평가하여 지하구조물에서 충고를 줄이면서 장스팬을 가능하게 하는 구조형식을 이루기 위한 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1 시험체 개요 및 구성

본 연구에서는 그림 1과 같은 지하 2층 규모의 지하주차장을 대상 구조물로 선정하여 구조해석을 실시하여 실험부를 1/2 축소 모델링한 응력값에 따라 시험체를 설계하고 기둥 코어 철근비를 변수로 하여 시험체를 계획하였다. 시험체 설계시 고려된 변수는 와이드 보를 적용할 경우에 기둥보다 넓은 폭의 보에서 기둥 상부를 지나는 철근의 배근량을 구조계산을 통하여 계산된 철근량을 일정한 간격으로 배근한 경우와 기둥 상부쪽으로 집중시켜 배근하는 경우로 구분하여 시험체를 제작한다. 이러한 변수를 채택하여 표 1과 같이 총 4개의 시험체를 그림 2와 같이 제작하였다.

* 정희원, 광운대 대학원 박사과정
** 정희원, 에센스구조연구센터 연구교수, 공학박사
*** 정희원, 광운대 건축공학부 교수, 공학박사

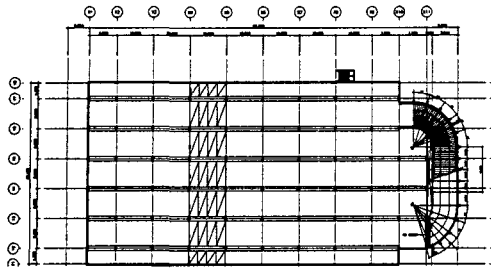
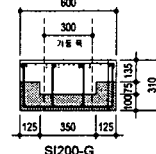
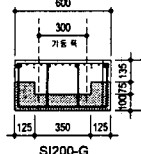
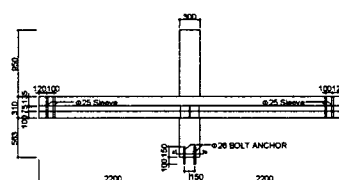
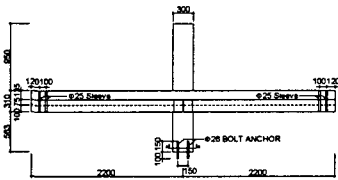
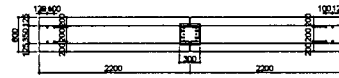
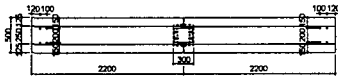


그림 1. 대상 구조를 평면

표 1. 시험체 일람표

시험체명 ¹⁾	보·기둥 폭비	기둥코어 철근비 (%)	비고
SI167-G	1.67	47.4	일반배근
SI167-M	1.67	78.9	수정배근
SI200-G	2.00	47.4	일반배근
SI200-M	2.00	78.9	수정배근

1) SI : 기준층 내부 접합부 (Standard Interior)
 167 : 보·기둥 폭비 (1.33, 1.67, 2.00)
 G : 철근배근방법



(a) SI167-G 및 SI167-M 시험체

(b) SI200-G 및 SI200-M 시험체

그림 2. 시험체 형상 및 치수 (단위 : mm)

2.3 재료 실험

실험에 앞서 시험체 제작에 사용된 철근(HD6, HD13, HD16)의 항복강도, 인장강도 및 탄성계수 등의 재료적 특성을 파악하기 위하여 KS B 0801(금속재료 인장시험편)의 라호 규정에 따라 시험편을 제작하여 KS B 0802(금속재료 인장시험 방법)에 따라 시험을 실시한다. 각 철근 및 강재의 재료적 특성에 대한 시험결과는 표 2 및 그림 3과 같다.

표 2. 철근의 인장강도 시험결과

구분 종류	탄성계수 (t/cm ²)	항복용력도 (t/cm ²)	항복변형도 (× 10 ⁻⁶)	인장강도 (t/cm ²)	신율 (%)
HD16	1987	4.09	2058	6.45	19.8
HD13	2007	3.98	1983	5.88	20.7
HD6	1821	4.35	2800	5.70	14.3

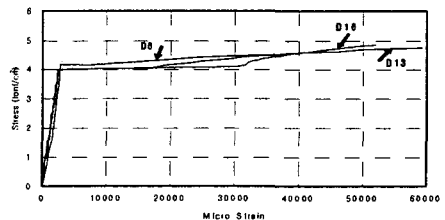


그림 3. 철근의 인장강도 시험결과

2.4 실험 방법

시험체 설치 상황은 그림 4와 같고, 실험의 진행은 기둥 중심에서 양 단부로 2m 위치에 설치한 액추에이터를 이용하여 단조가력으로 하중을 가력 하였으며, 액추에이터에 설치된 변위계 및 하중계에서 측정된 데이터를 Tokyo Sokki의 TDS 601A를 이용하여 측정하였다. 균열의 진행 상황을 파악하기 위하여 초기균열이 발생한 이후에 매 1tonf 마다 균열을 기록하였으며, 부재가 항복한 이후에는 10 mm 마다 균열을 기록하였다.

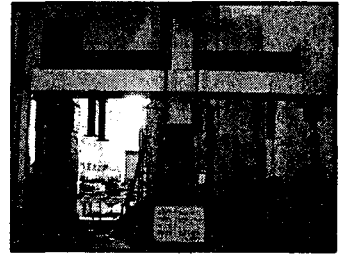


그림 4. 시험체 설치상황

3. 실험결과

3.1 하중-변위 곡선

각 시험체의 하중 변위 곡선을 비교하여 나타내면 그림 5~그림 6과 같다. 보 기둥 폭비 1.67에 대하여 일반적인 배근과 수정한 배근을 적용한 시험체인 SI167-G 시험체 및 SI167-M 시험체의 하중 변위 곡선은 그림 5와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 일반적인 배근인 SI167-G 시험체는 항복한 이후 13.78 tonf의 최대내력을 나타냈으며 이후 부재각 0.55(변위 110 mm)까지 소성거동을 하였다. 이와 비교하여 기둥 상부에 배근을 집중한 시험체인 SI167-M 시험체는 내력은 16% 크게 나타났으나 부재각 0.43(변위 85 mm) 이후 급격하게 내력이 감소하였다. 또한 보 기둥 폭비 2.00에 대하여 일반적인 배근과 수정한 배근을 적용한 시험체인 SI200-G 시험체 및 SI200-M 시험체의 하중 변위 곡선은 그림 6과 같다. SI200-G 시험체는 항복 시점에서 최대내력 12.95 tonf을 나타낸 이후 서서히 내력이 감소하였으나 실험종료시까지 급격한 내력의 감소없는 거동을 하였다. 이와 비교하여 SI200-M 시험체는 내력이 16% 증가하였나 부재각 0.45(변위 90 mm) 이후 내력이 급격히 감소하였다. 이와 같은 결과에 기초하면, 기둥 상부에 보의 철근 배근을 집중하여 배근하는 경우에 일반적인 배근을 한 실험체와 비교하여 내력이 증가하는 것으로 나타났으나, 부재 항복이후 소성구간이 짧은 거동을 보이고 있다.

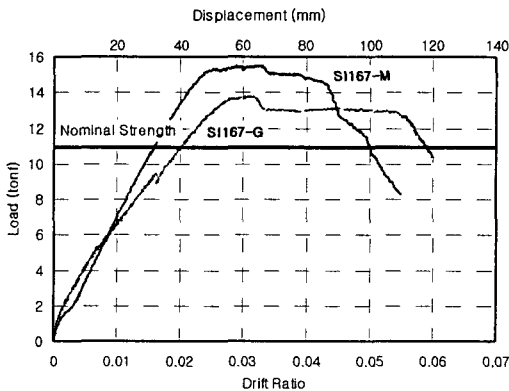


그림 5. SI167-G 및 SI167-M 시험체의 하중-변위 곡선

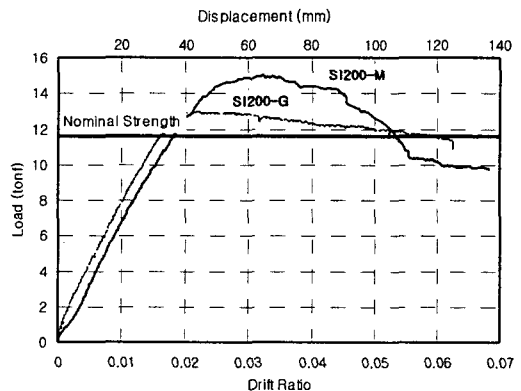


그림 6. SI200-G 및 SI200-M 시험체의 하중-변위 곡선

3.2 최대강도 및 변위 연성도

본 실험은 보에 가력장치를 체결하여 단조가력한 시험체로서 각 시험체별 항복변위, 항복하중 및 최대변위를 산정하여 실험결과를 비교할 수 있다. 항복변위 및 항복강도의 산정에는 여러 가지 방법이 있지만 본 연구에서는 Park Method를 이용하여 계산하였으며, Park Method에 의해 항복하중을 구하는 방법은 그림 7에 나타난 바와 같이 항복점(δ_y)는 극한 강도점(P_u)을 지나는 할선 강성선(secant stiffness line)과의 교점으로 정의한다. 그러므로 이 방법에서 항복하중은 최대하중과 같다. 이러한 방법에 의해 계산한 항복변위를 이용하여 연성도를 계산하여 표 3에 나타내었다. 표 3은 전술한 바와 같이 기둥 상부에 배근을 집중하여 배근할 경우에 강도는 증가하고 연성도가 감소함을 알 수 있다.

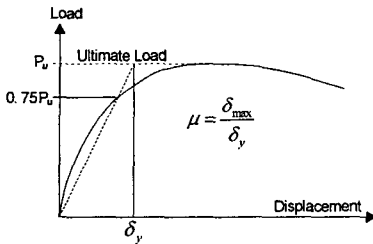


그림 7. Park Method

표 3. Park Method를 이용한 연성도 평가

시험체명	항복하중 ($P_u = P_y$)	항복변위 (δ_y)	최대변위 (δ_{max})	연성도 (μ)
SI167-G	13.78	50.5	116.75	2.31
SI167-M	15.53	45.96	93.48	2.03
SI1200-G	12.95	35.06	124.94	3.56
SI1200-M	15.04	46.90	103.22	2.20

5. 결론

본 연구는 와이드 보를 지하주차장 구조물에 적용하기 위한 기초자료를 제시하기 위한 실험연구로서 기둥 코어 철근비를 변수로 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기둥 코어 철근비는 와이드 보를 적용한 보·기둥 접합부의 거동에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 2) 일반적인 배근 방법에 의해 배근하는 경우와 비교하여 기둥 코아에 철근량을 증가시키는 경우에 강도는 증가하는 것으로 나타났다.
- 2) 일반적인 배근 방법에 의해 배근하는 경우와 비교하여 기둥 코아에 철근량을 증가시키는 경우에 시험체의 연성 능력은 감소하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 이리형 외 (2003), "PPS 공법의 실용화 기술개발에 관한 연구," 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터.
2. ACI committee 352, "Recommendations for Design of Beam Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures (352-R85)," American Concrete Institute, Detroit, 1985.
3. ACI committee 352, "Recommendations for Design of Beam Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures (352-R91)," American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1991.
4. Gentry, T. R., and Wight, J. K., "Wide Beam-Column Connections under Earthquake-Type Loading," EERI Earthquake Spectra, Vol. 10, No. 4 Nov. 1994, pp.675-703.