

주철근의 1/2이 겹침이음된 중공단면기둥의 횡철근비에 따른 변형성능

Effect of Transverse Reinforcement Ratios to Deformability of Hollow Sectional Columns having 50% Lap-spliced Longitudinal Bars

문 창 현¹ 선 창 호² 정 혁 창³ 김 익 현⁴ 이 종 석⁵
Moon, Chang Hyun Sun, Chang Ho Jeong, Hyeok Chang Kim, Ick Hyun Lee, Jong Seok

ABSTRACT

Unlike columns having lap-spliced longitudinal bars in plastic hinge regions columns having 50% of lap-spliced bars were reported to have good ductilities relatively. But the effect of transverse reinforcements to deformability is not clearly confirmed. In this study scale models with different confinements were tested under various loading conditions. It was confirmed that deformability was increased with increase of transverse reinforcement ratio regardless of loading conditions and 75% of confinement yielded the satisfactory deformability.

1. 서론

소성힌지영역에서 겹침이음이 있고 횡철근에 의한 충분한 횡구속이 제공되지 않은 교각은 겹침이음부의 부차파괴에 의한 취성적인 파괴특성을 보이게 된다. 하지만 소성힌지영역에서 겹침이음을 두지 않으면 충분한 횡구속을 주지 않아도 연성적인 거동특성을 나타내는 것으로 보고되고 있다⁽¹⁾. 소성힌지영역에서의 주철근의 겹침이음을 50%로 하였을 때 횡구속이 충분하지 않더라도 겹침이음부의 부차파괴에 의한 취성적인 파괴형태가 아닌 연성적인 거동특성을 보였다⁽²⁾. 주철근의 1/2이 겹침이음된 교각의 이러한 거동특성을 볼 때 소량의 횡철근으로도 소요연성도를 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 주철근의 1/2이 겹침이음된 중공단면기둥에서 횡구속 철근이 변형성능에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 시험체 특성

2.1. 시험체의 구성

소성힌지영역에서 주철근의 1/2이 겹침이음된 중공단면기둥의 횡철근비에 따른 변형성능 특성을 살펴보기 위하여 9기의 시험체를 제작하였다. 이 중 1기는 비교를 위하여 연속철근을 주철근으로 사용하

* 정회원 울산대학교 대학원

** 정회원 울산대학교 대학원

*** 정회원 울산대학교 대학원

**** 정회원 울산대학교 건설환경공학부 부교수

***** 정회원 울산대학교 건설환경공학부 교수

여 겹침이음을 두지 않았다. 시험체는 중공사각단면으로 단면의 외부치수는 600mm×500mm이며 내부 치수는 200mm×480mm로 단면의 중공비는 32%이다. 기둥의 수평하중 재하점까지의 높이는 2000mm이다. 콘크리트 강도는 24MPa이고 주철근은 항복강도가 300MPa인 D10철근을 사용하였고 주철근비는 0.14이다. 시험체의 횡철근비는 현행도로고 설계기준대비 0, 50, 75, 100%이며 축력과 하중재하패턴을 달리하여 실험하였다.

기둥과 기초는 도로교설계기준에 준하여 설계하였으며 기둥에서의 파괴를 유도하기 위해 기초부는 충분히 강하게 설계되었다. 그림1은 모델의 형상을 나타내었으며 그림2는 주철근 배근 형태를 나타내고 표1은 모델의 설계특성을 나타낸다.

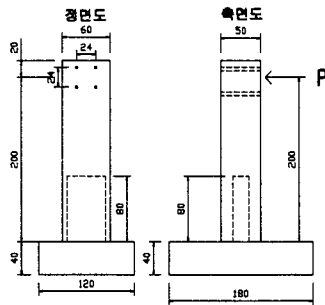


그림 1 모델 형상(단위:cm)

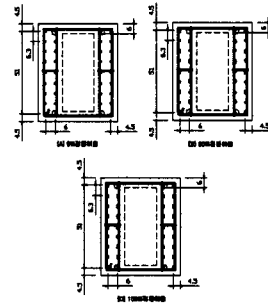


그림 2 각 모델 주철근 배근 형태(단위:mm)

표 1 모델의 설계특성

구 분	겹침이음비	횡철근비 현행기준대비(%)	축력	수평하중재하방법	
C-L0T50	0 (연속철근)	50	0	반복재하	
C-L50T0	1/2	0	0	반복재하	
C-L50T50		50	0	반복재하	
AC-L50T75		75	0.1A _g f _{ck} (432kN)	반복재하	
AM-L50T75				단조재하	
C-L50T75		100	0.1A _g f _{ck} (432kN)	0	반복재하
AC-L50T100				반복재하	
AM-L50T100				단조재하	
C-L50T100				0	반복재하

(모델명에서 A는 축력재하, C는 반복재하, M은 단조재하, L은 겹침이음비, T는 현행기준 횡철근비를 나타낸다)

2.2. 하중재하

수평력은 스트로크(Stroke)가 ±300mm이고 용량이 5000kN인 유압가력기를 이용하여 재하하였으며 축력은 오일잭(Oil Jack)과 축력프레임을 이용하여 축강도의 10%(432kN)를 재하하였다. 변위진폭은 드리프트비(Drift Ratio) 0.5%, 0.75%, 1%로 하였으며 1%이상부터는 1%씩 증가시켰으며 반복재하의 경우 하중재하 횟수는 각 하중단계에서 1회씩 재하하였다. 단조재하의 경우에는 파괴시까지 한 방향으로 재하하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 실험결과

9기 모델에 대한 하중-변위 이력곡선은 그림3과 같다. 드리프트비가 3-5일 때 모든 모델에서 피복박리와 압축철근의 국부좌굴이 뚜렷하게 나타났다. 이때가 하중이 처음으로 감소하는 시기이다. 또한 모

든 시험체에서 다수의 인장철근이 파단되었다. 그러나 발생위치는 각각 다르고 드리프트비도 달랐다. 이런 주철근의 파단은 다수의 반복적인 하중이 재하되는 경우 전형적으로 나타나는 Low-Cycle fatigue failure⁽³⁾ 이지만 본 실험에서와 같이 1-Cyclic로 하중을 재하하는 경우에도 발생하였다. 그림4는 실험결과의 포락선이다. 이들 결과에 대한 상세 분석은 3.2에 기술하였다.

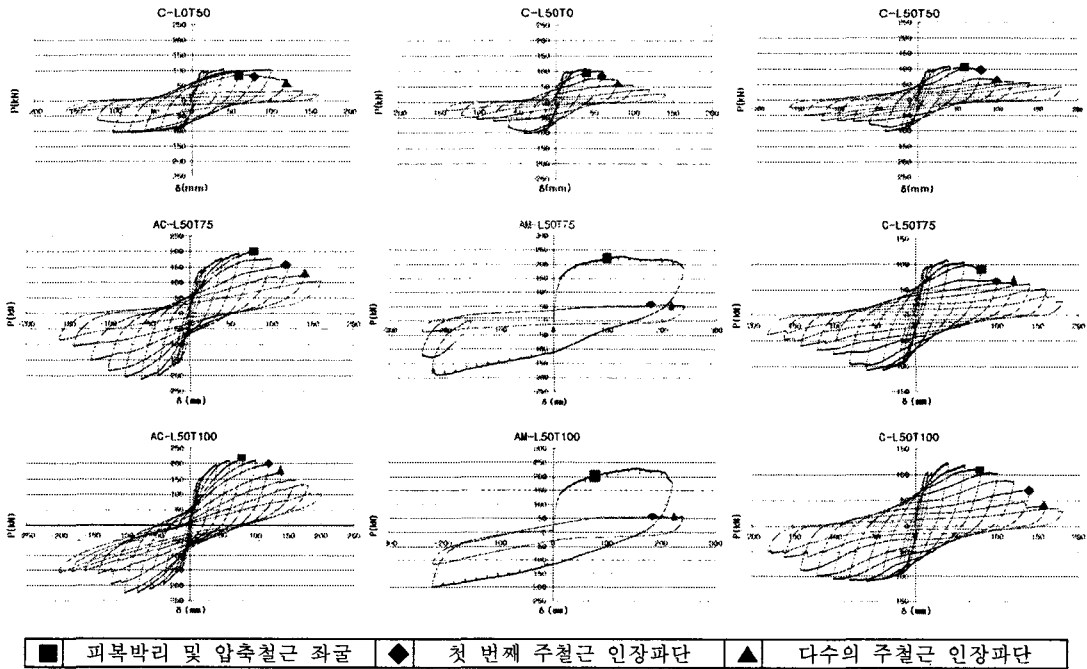


그림 3 하중-변위 이력곡선

3.2. 결과분석

실험결과는 표2에 나타내었고 이를 그림으로 나타내면 그림5와 같다. 이를 정량적으로 분석하면 표3과 같다. 횡철근비와 하중재하패턴이 동일한 경우 연속철근일 때가 50%겹침이음한 경우보다 변형능력이 1.31배 크게 나타났으며 하중재하패턴이 동일하고 횡철근비 75%로 같은 경우 축력을 재하했을 때가 재하하지 않았을 때보다 1.19배 크게 나타났다. 그리고 하중재하패턴이 동일하고 횡철근비 100%로 같은 경우 축력을 재하했을 때가 재하하지 않았을 때보다 1.07배 크게 나타났으며 축력을 재하하고 횡철근비가 동일한 경우 단순재하가 반복재하보다 0.72배 작게 나타났다. 또한, 축력을 재하하지 않고 하중재하패턴과 겹침이음비가 동일한 경우 횡철근비가 50%, 100%일 때가 0%일 때보다 각각 1.49배, 1.77배 크게 나타났으며 축력을 재하하고 겹침이음비가 동일하고 단순재하인 경우 횡철근비가 100%일 때가 75%일 때보다 1.14배 크게 나타났고 축력을 재하하고 겹침이음비가 동일하고 반복재하인 경우 횡철근비가 100%일 때가 75%일 때보다 1.14배 크게 나타났다.

표 2 실험결과(드리프트 비)

시험체	① C-L0T50	② C-L50T0	③ C-L50T50	④ AC-L50T75	⑤ AM-L50T75
Δ_f/H (Drift Ratio)	5.45%	2.78%	4.15%	4.60%	6.50%
시험체	⑥ C-L50T75	⑦ AC-L50T100	⑧ AM-L50T100	⑨ C-L50T100	
Δ_f/H (Drift Ratio)	3.88%	5.25%	7.30%	4.91%	

(Δ_f 는 하중이 $0.85P_{max}$ 이하로 떨어지는 시점의 변위값이다.)

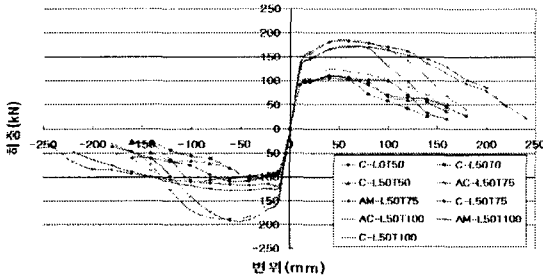


그림 4 하중-변위 포락선

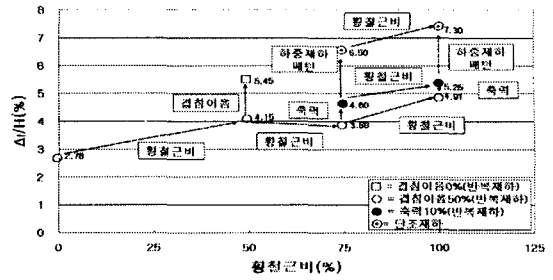


그림 5 변위성능그래프

표 3 변형 성능 비교

구 분	겹침이음비(C-T50)	축력유무(C-L50)	하중재하패턴(A-L50)	비고
황철근비 동일	①/③=1.31	④/⑥=1.19(T75) ⑦/⑨=1.07(T100)	④/⑤=0.71(T75) ⑦/⑧=0.72(T100)	겹침이음비 ↓ ⇒ 변형성능 ↑ 축력유 ⇒ 변형성능 ↑ 단순재하 ⇒ 변형성능 ↑
구 분	축력무(C-L50)		축력유(A-L50)	비고
황철근비 차이	③/②=1.49 ⑨/②=1.77		⑦/④=1.14(C) ⑧/⑤=1.12(M)	황철근비 ↑ ⇒ 변형성능 ↑

4. 결 론

겹침이음비, 황철근비, 축력의 유무, 그리고 수평하중패턴을 달리하는 시험체 9기를 제작하여 준정적 실험을 실시한 결과를 정리하면 아래와 같다.

- (1) 겹침이음비가 1/2이며 현행기준의 50% 이상의 황철근이 제공된 경우 드리프트 비는 모두 3% 이상을 나타내었다.
- (2) 황철근비가 증가하면 축력유무, 재하패턴에 관계없이 변형성능은 증가하였다.
- (3) 단조재하가 반복재하일 때보다 변형성능이 크게 나타났으며 증가율은 황철근이 75%, 100% 경우 유사하게 나타났다.
- (4) 주철근이 연속철근, 황철근 50%인 경우가 주철근의 1/2이 겹침이음, 황철근이 100%인 경우 보다 변형성능이 커 주철근의 겹침이음 여부가 기둥의 변형성능에 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 한국과학재단의 지원에 의하여 이루어진 것으로 본 연구를 가능케한 한국과학재단에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김재관, 김익현, 임현우, 이재호, "수평반복하중을 받는 비내진상세 RC 중공구형교각의 거동특성", 한국콘크리트학회 논문집, 제5권, 제4호, 2001.8, pp. 83-95.
2. 김익현, 이종석, 이윤복, 김원섭, 선창호, "50% 주철근 겹침이음을 갖는 중실 및 중공 사각단면 교각의 거동특성", 지진공학회, 2003.10, vol. 7, No. 5, pp.25-35.
3. Mander, J.B., Pantaki, F.D., and Kasalanati, A.(1992). "Low-cycle fatigue behavior of reinforcing steel." J.Environ. Eng. 6(4). pp.453-468.