

소수겹침이음을 갖는 중실단면 교각의 하중변화에 따른 내진성능

Seismic performance of RC piers with partial lap-spliced longitudinal bars under different loading conditions

안준혁* 선창호** 김익현*** 이종석****
An, Jun Hyuk Sun, Chang Ho Kim, Ick Hyun Lee, Jong Seok

ABSTRACT

It is well known that RC piers having 50% of lap-spliced longitudinal bars in plastic hinge region have a good ductility relatively. But the deformability under various loading condition is not confirmed. In this study scale models with different confinement were tested under different axial loads and loading cycles. It was confirmed that deformability was decreased with increase of axial force and number of loading cycles and that the models having 75% of confinement specified in present code satisfy the required seismic performance.

1. 서론

도로교의 내진설계 시 기둥의 횡철근량에 대한 과도한 설계규정으로 시공시 많은 문제점이 야기되어 왔다. 현행 횡철근 규정은 주철근이 소성힌지영역에서 모두 겹침이음되더라도 충분한 횡구속으로 소요연성도를 확보하기 위해서이다. 2005년에 개정된 도로교설계기준에서는 소성힌지영역에서 주철근의 1/2 이상은 연속철근을 사용하도록 규정하고 있어 이에 따라 횡철근을 감소시키는 것이 가능하지만 충분한 연구가 축적되지 않아 횡철근에 대해서는 기존의 규정을 그대로 따르고 있다. 결과적으로 보면 개정 이전 보다 연성도 확보를 위한 철근상세가 훨씬 강화되었다고 할 수 있다. 이러한 과도한 횡철근 규정을 합리적으로 개선을 위해 다양한 연구가 수행되어 왔다. 주철근의 1/2이 겹침이음된 교각의 경우 횡구속이 없더라도 부차파괴가 아닌 휨파괴 특성을 보여 횡철근을 적절히 감소시킬 수 있는 것으로 보고되었다⁽¹⁾. 또한, 원형단면 중실교각을 대상으로 한 실험에서는 50%의 겹침이음을 둔 시험체의 연성도가 100%의 겹침이음의 시험체 보다 연성도가 개선되었고⁽²⁾ 중공 육각단면인 서해대교 교각의 내진성능 평가실험에서도 주철근의 1/2이 겹침이음 되어도 상당히 연성적인 거동을 보이는 것으로 보고되고 있다⁽³⁾.

본 연구에서는 주철근의 1/2이 겹침이음된 기둥의 휨거동 특성을 다양한 조건에서의 확인하기 위하여 축소모델 실험을 수행하였다. 실험에 적용한 변수는 횡철근비, 축력, 수평하중재하횟수이며, 총 6기의 시험체를 제작하였다. 이러한 실험변수에 대한 기둥의 휨거동 특성을 살펴보고 주철근의 1/2이 겹침이음된 기둥의 합리적인 횡철근비에 대해서도 검토하였다.

2. 시험체 특성

소성힌지영역에서 주철근의 1/2이 겹침이음된 시험체 6기를 제작하였다. 실험변수는 횡철근비, 축력, 수평하중재하횟수이며 횡철근비는 현행규정 대비 75%, 100%를 배근하였다. 축력은 기둥강도의 10%를 재하한 경우와 재하하지 않은 경우로 하였으며 수평하중재하횟수는 동일하중 단계에서 1사이클씩 재하한 경우와 2

* 정회원, 울산대학교 건설환경공학부 석사과정, E-mail : dkswnsgur82@nate.com

** 정회원, 울산대학교 건설환경공학부 박사수료, 공학석사, E-mail : sunch@daum.net

*** 정회원, 울산대학교 건설환경공학부 부교수, 공학박사, E-mail : ickhyun@mail.ulsan.ac.kr

**** 정회원, 울산대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사, E-mail : leejsuc@daum.net

사이클씩 재하하는 경우로 하였다.

시험체의 단면은 중실사각단면으로 단면치수는 600mm×500mm이고, 기둥 하단에서 수평하중 재하지점까지의 높이는 2000mm로 형상비는 4.0이다. 주철근의 겹침이음길이는 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준의 인장이형철근의 겹침이음에 대한 설계규정에 따라 B급이음으로 설계하여 300mm이다. 소성힌지영역의 크기를 하중재하방향의 단면크기로 가정하면 겹침이음의 위치는 소성힌지영역 내에 위치한다(그림1 참조). 횡철근은 도로교설계기준에 따라 설계하였으며 그림2와 같이 중간띠철근을 배근하였다. 시험체의 설계특성을 정리하면 표1과 같다.

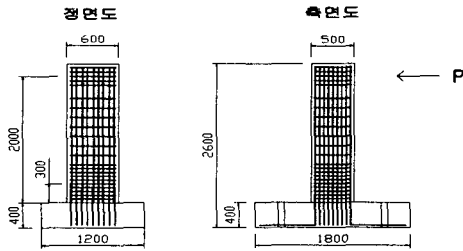


그림 1. 시험체 형상

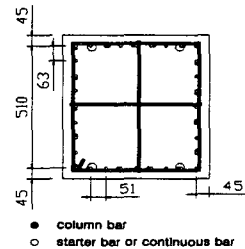


그림 2. 횡철근 배근 형태

표 1. 시험체의 설계특성

구분	T75-A0-2C	T75-A1-2C	T75-A1-1C	T100-A0-2C	T100-A1-2C	T100-A1-1C
형상비	4.0					
단면치수(mm)	600×500					
교각높이(mm)	2000					
주 철 근	지름(mm)	D10(9.53)				
	항복강도(MPa)	300				
	주철근비(%)	0.76				
콘크리트 피복(mm)	40					
콘크리트 강도(MPa)	24					
횡철근비	75%(현행 규정 대비)			100%(현행 규정 대비)		
축력비	0	0.1A _g f _{ck} (720kN)		0	0.1A _g f _{ck} (720kN)	
수평하중재하방법	2cyclic	2cyclic	1cyclic	2cyclic	2cyclic	1cyclic

(모델명에서 T75, T100은 횡철근량이 규정대비 75%, 100%이며 A0, A1은 축력 유무, 1C, 2C는 재하횟수가 1회, 2회임을 나타낸다)

3. 준정적반복재하실험

시험체의 휨거동 특성을 살펴보기 위하여 준정적반복재하실험을 수행하였다. 수평력은 그림3과 같이 스트로크(Stroke)가 ±300mm이고 용량이 5000kN인 유압가력기(Hydraulic Actuator)를 이용하여 재하하였고 축력은 오일잭(Oil jack)과 시험체의 변형에 따라 회전하는 축력프레임을 이용하여 재하하였다. 하중은 드리프트비(Drift ratio)로 하여 0.5%, 0.75%, 1%를 재하하였으며 1%이상부터는 2사이클재하의 경우 0.5%씩 증가시켰고 1사이클재하의 경우에는 1%씩 증가시켰다(그림4 참조). 따라서 2사이클로 재하한 경우는 1사이클 재하에 비하여 경험하는 하중횟수가 매우 많다.



그림 3. 시험체 설치

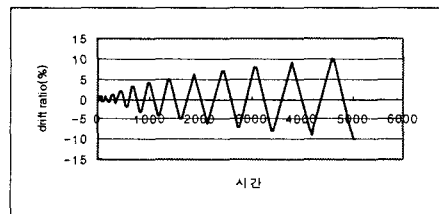


그림 4. 하중 재하 패턴

4. 실험결과 및 분석

4.1 하중-변위 이력관계

6개 시험체의 최종 파괴모드는 전형적인 휨파괴로 유사하게 나타났다. 콘크리트의 피복박리와 압축철근의 좌굴로 하중이 감소하기 시작하여 인장철근의 파단이 발생하였다. 이들 시험체의 하중-변위 이력곡선은 그림 5와 같다. 시험체의 피복박리와 압축철근 좌굴은 대체로 드리프트 비 3(변위 60mm)을 전후해서 나타났다. 이들 하중-변위 이력곡선의 포락선을 비교하면 그림 6과 같다. 시험체의 파괴를 하중이 최대하중(P_{max})에 도달한 후 최대하중의 85%이하($0.85P_{max}$) 떨어질 때로 가정하여 그 때의 변위(Δ_u)와 드리프트 비를 정리하면 표 2와 같다. 모든 시험체에서 드리프트 비가 3.6 이상으로 비교적 연성적인 거동을 나타내고 있다.

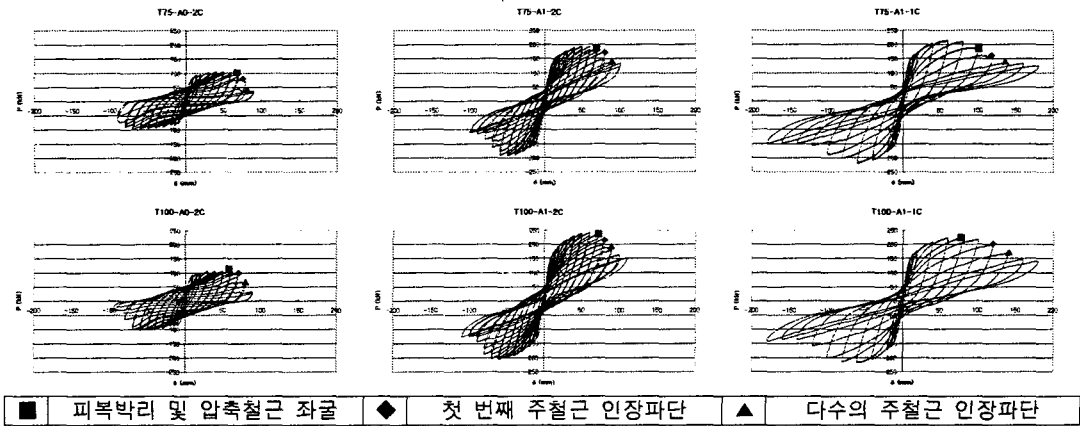


그림 5. 하중-변위 이력곡선

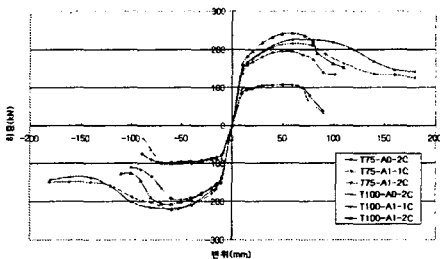


그림 6. 하중-변위 포락선

표 2. 실험 결과

구분	T75-A0-2C	T75-A1-2C	T75-A1-1C
Δ_u (Ultimate Disp.)	74mm	83mm	95mm
Δ_u/H (Drift Ratio)	3.7%	4.15%	4.75%
구분	T100-A0-2C	T100-A1-2C	T100-A1-1C
Δ_u (Ultimate Disp.)	72mm	83mm	124mm
Δ_u/H (Drift Ratio)	3.6%	4.15%	6.2%

4.2 실험변수에 따른 거동특성

실험변수에 따른 시험체의 변형성능을 살펴보기 위하여 파괴시의 드리프트 비를 그림 7에 나타내었다. 횡철근비가 75%와 100%인 두 그룹으로 나누고 각 그룹에서 축력유무와 하중재하횟수에 따른 비교를 하기 위하여 실험변수별로 묶었다. 우선 횡철근비에 따른 변형성능의 특성을 살펴보면 축하중이 재하되고 하중 재하가 1사이클인 경우(그림에서 A1-1C)에는 횡철근비 증가에 따른 변형성능이 크게 향상됨을 알 수 있다. 그러나, 축하중이 없는 경우(그림의 A0-1C)와 2사이클 재하(그림의 A1-2C) 경우에는 크게 영향이 없었다. 하중이 2사이클의 경우에는 파괴시까지 많은 하중을 경험하기 때문에 횡철근의 효과가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 축력에 의한 영향을 보면 횡철근비에 관계없이 변형성능이 유사한 수준으로 향상되었다. 축력이 있는 경우에는 항복시의 변위가 커지기 때문에 드리프트 비가 큰 것이 반드시 변위연성도가 큰 것을 의

미하지는 않는다. 하중재하횟수에 따른 영향을 보면 2사이클 재하보다 1사이클 재하시가 변형성능이 크다. 특히, 증가폭은 횡철근비가 100%일 때 매우 크게 나타났다. 실제 지진시 교각이 경험하는 하중횟수가 많지 않음을 생각한다면 시험체의 변형성능은 상당히 우수한 것으로 판단되며, 이는 소성힌지영역에서 주철근의 1/2이 겹침이음되는 경우 현행 규정의 75%에 해당하는 횡철근을 배치하더라도 충분한 내진성능을 확보할 수 있다는 것 시사한다.

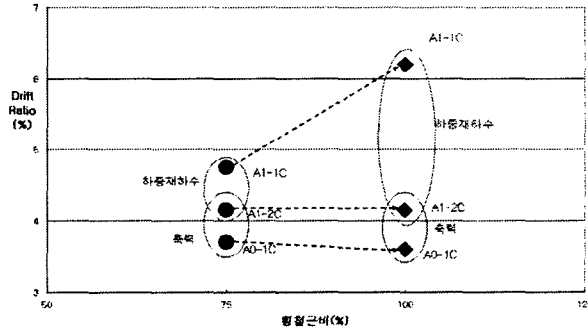


그림 7. 실험변수-변형성능(드리프트 비)

5. 결론

다양한 설계변수(횡철근비, 축력, 수평하중재하수)에 대해 주철근의 1/2이 겹침이음된 기둥의 휨거동특성을 살펴보기 위해 준정적재하 실험을 수행하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 횡철근비가 증가하면 변형성능이 증가하였다. 그러나, 축력이 없거나 반복재하수가 2사이클로 많은 경우에는 효과가 거의 나타나지 않았다.
- 2) 축력이 작용하면 변형성능이 증가하였다.
- 3) 반복재하수가 2사이클에서 1사이클로 줄어들면 변형성능이 증가하고 횡철근비가 큰 경우에는 증가폭이 훨씬 크게 나타났다.
- 4) 횡철근비가 현행규정의 75% 수준인 경우에도 상당한 연성거동을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 교량설계핵심기술연구단의 지원에 의해 수행 되었으며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 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.
2. 정영수, 이강균, 한기훈, 이대형, "원형중공 콘크리트 교각의 내진성능에 대한 준정적 실험", 한국지진공학회 논문집, 제3권, 제2호, 1999.6, pp. 41-54.
3. 이재훈, 손혁수, 배성용, 박찬민, "서해대교 PSM교 교각의 내진성능", 한국지진공학회 논문집, 제4권, 제3호, 서울, 2000. 9, pp. 67-81