

철근 기계적 이음 콘크리트 보의 단순가력에 의한 파괴거동(I)

Structural Behavior of Concrete Beam with Mechanically Spliced Re-bars Subjected to Monotonic Loading (I)

나 환 선* 이 현 주** 권 기 주***
Nah, Hwan Seon Lee, Hyeon Ju Kwon, Ki Joo

ABSTRACT

The purpose of this research is focused on evaluating the flexural behavior of reinforced concrete beam having 22mm diameter re-bars by lapping methods. To compare the existent lapping method with mechanical lapping methods, four cases of concrete beams were tested to be failed flexurally by monotonic loading.

Based on test results, the relations between load and displacement, ductility, maximum load was comparatively analyzed. The structural performance on four cases of members were evaluated.

1. 서론

콘크리트 구조물의 경우, 현행 설계조건에 따르면 철근의 직경과 구조부재의 여건에 따라 소요 이음길이를 따로 확보하도록 규정되어 있고, 개구부, 철근이 밀집된 부위에 겹 이음으로 인해 최소 배근간격을 유지하도록 되어 있으나, 실제 시공측면에서는 철근콘크리트 구조물의 경우, 철근 직경이 #11, 14, 18이 주 철근으로 사용되고 있으며, 그 철근들이 보-기둥 접합부, 보-벽 접합부, 벽-벽 접합부, 관통 슬리브, 출입문, 장비반입용 개구부 등의 주변에 보강 철근이 집중되어 철근의 밀집 현상이 가중된다. 이로 인해, 콘크리트 타설시 철근밀집 부위에 콘크리트가 충실하게 타설 되지 않고 품질저하의 주된 원인을 제공하고 있다. 위와 같은 단점을 보완하기 위해 기존의 철근 겹 이음 방법을 대신하고, 철근 선조립 공법을 용이하게 수행하면서 시공성과 구조적 안전성을 확보할 수 있는 평단면 나사형 기계적 철근 이음부를 매입한 콘크리트 구조체의 구조적 거동을 평가하기 위한 예비실험으로 22mm 철근을 대상으로 실험을 계획하게 되었다.

2. 실험

2.1 실험체 설계

본 실험에서는 실험실의 가력틀과 유압가력기의 재하조건을 고려하여 단면 350×500mm 순 길이 3000mm의 콘크리트 보 실험체를 설계하였으며 매입 철근의 경우에는 직경 22 mm인 KS규격 HD22을 사용하였고, 전단 보강근은 HD16을 사용하였다. 실험변수는 각각 철근 이음이 없는 경우, 평단면 기계적 이음을 한 경우, 변단면 기계적이음을 한 경우, 겹 이음을 한 경우로 구분하였다. 보 휨 실험체는 아래표 1과 같이 압축과 인장부의 주철근으로 HD22 철근을 사용하였으며, 보의 전단파괴를 방지하고 휨 인장파괴가 유도되도록 설계하였다. 스티럽은 HD10 철근을 사용하였으며 균등한 모멘트가 작용하는 하중재하 지점 구간내 120 mm 간격으로 배치

* 정희원, 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

** 정희원, 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

*** 정희원, 한국전력공사 전력연구원 수석(올)연구원

하였고, 하중재하 점과 지점 사이에는 100 mm간격으로 배근을 하여, 총 30개가 배근되었다. 기계적 이음형식도 평단면 기계적 이음부, 변단면 기계적 이음부로 구분하여, 기계적 이음부 형식별로 어떤 성능차이를 보이는지를 확인코자 하였다.

표 1. 철근 소요량 및 개수

No	실험체	단면크기 (mm)	주근			스터럽		예상파괴 하중(kN)
			수량	상부 As' (mm ²)	하부 As (mm ²)	수량	Ash (mm ²)	
SR	이음없는철근 보	350×500	3-HD22	1,161	1,161	30-HD10	143	중양부 (D10@120), 단부 (D10@100) 588 (Vu=294)
SD	겹이음 철근 보	350×500	3-HD22	1,161	1,161	30-HD10	143	
ST	변단면 나사이음 철근 보	350×500	3-HD22	1,161	1,161	30-HD10	143	
SP	평단면 나사이음 철근 보	350×500	3-HD22	1,161	1,161	30-HD10	143	

2.2 재하방법

보의 재하하중은 한 가력점에 294 kN(30 tf)가 작용하여 총 588 kN(60 tf)가 작용할 것으로 예상하였으며, 단계별 가력하중은 하중 제어단계로서 최초 5 tf으로 시작하여 49 kN(5 tf) 단위로 하중을 증가시키며, 균열은 98 kN(10 tf) 단위로 측정하였다. 항복점을 392 kN(40 tf)에서 490 kN(50 tf)사이로 예상하고 5 tf단위로 가력을 한 후 철근에 항복이 발생하면 10 mm단위로 변위 제어를 하였다.

3. 결과분석

3.1 이음이 없는 철근 배근 실험체(SR)

본 실험은 이음이 없는 모재철근에 대한 휨 실험으로 가력 구간인 1 m 구간에서 대부분의 균열형상을 띄고 있다. 11 t에서 초기 휨균열이 발생하였다. 균열의 특성은 294 kN 가력할 때까지는 2점 가력지지구간 내에서 휨에 의한 수직균열이 발생하였으나 294 kN을 넘어서면서 사인장 방향의 균열이 발생하기 시작하였다. 철근의 항복은 478.24 kN, 항복변위는 18.1 mm에서 발생되었으며, 유압가력기의 용량초과로 더 이상 실험을 진행하지 못할 때까지의 최대하중은 601.72 kN으로 측정되었으며 그때까지의 변위는 98.8 mm으로 나타났다.

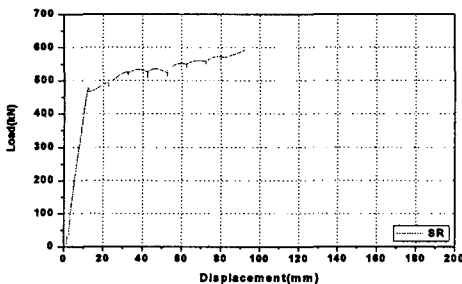


그림 1 SR 보의 하중-변위 곡선

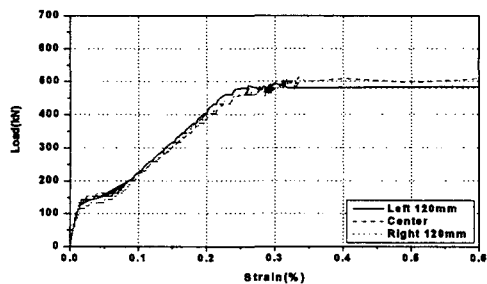


그림 2 SR 보의 하중-변형률 곡선

3.2 겹이음 철근 배근 실험체(SD)

본 실험체도 이음없는 철근 보 실험체(SR)과 마찬가지로 수직방향 휨균열이 10톤에서 발생되었고, 294 kN(30 tf) 가력시점에서는 사인장 균열이 발생하였으며, 철근의 항복은 472.36 kN(48.2 tf), 항복변위는 12.0

mm에서 발생되었으며, 최대하중은 561.54 kN(57.3 tf)으로 계측되었다. 단지, 소성영역에서의 변위가 37.8mm으로 피복 콘크리트가 탈락하면서 접 이음된 철근이 슬립하면서 더 이상 내력이 증가되지 못함을 확인하였다.

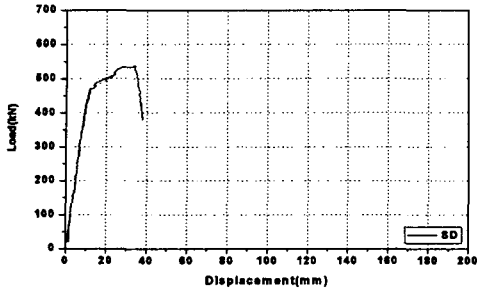


그림 3 SD 보의 하중-변위 곡선

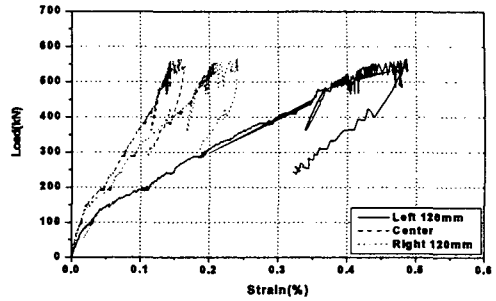


그림 4 SD 보의 하중-변형률 곡선

3.3 변단면 기계적이음부 철근 배근 실험체 (ST)

본 실험체도 이음없는 철근 보 실험체(SR)과 마찬가지로 수직방향 휨균열이 10톤에서 발생되었고, 294 kN 가력시점에서는 사인장 균열이 발생하였으며, 철근의 항복은 459.62 kN(46.9 tf), 항복변위는 12.8mm에서 발생되었으며, 최대하중은 590.94 kN(60.3 tf)으로 계측되었다.

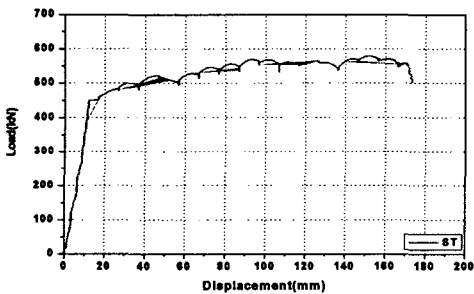


그림 5 ST 보의 하중-변위 곡선

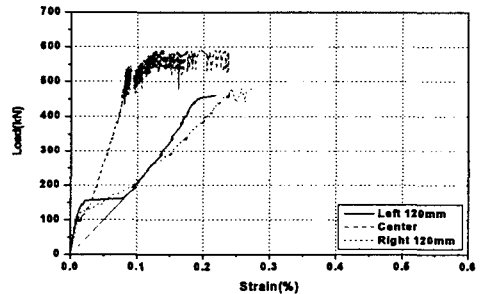


그림 6 ST 보의 하중-변형률 곡선

3.4 평단면 기계적이음부 철근 배근 실험체(SP)

본 실험체도 이음없는 철근 보 실험체(SR)과 마찬가지로 수직방향 휨균열이 11톤에서 발생되었고, 294 kN 가력시점에서는 사인장 균열이 발생하였으며, 철근의 항복은 440.02 kN(44.9 tf), 항복변위는 11.3 mm에서 발생되었으며, 최대하중은 528.22 kN(53.9 tf)으로 계측되었다.

3.5 종합분석

항복하중과 변위는 하부 인장철근이 항복하였을 때, 최대변위는 실험체가 보 상단부의 압축파괴이후 더 이상 하중증가가 일어나지 않고 하중이 급격히 감소하는 시점의 85%를 기준으로 하였고, 최대하중은 소성영역에서 최대변위가 일어나는 구간 중에서 최대 값을 기준으로 설정하였다. 철근이음방법에 따른 보 실험체의 1방향 단순 압축 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

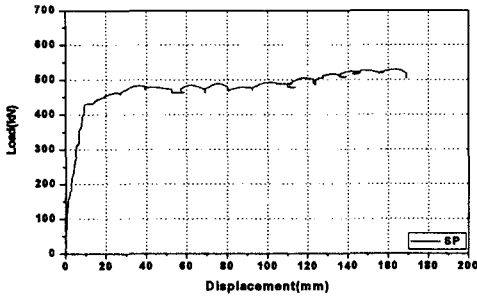


그림 7 SP보의 하중-변위 곡선

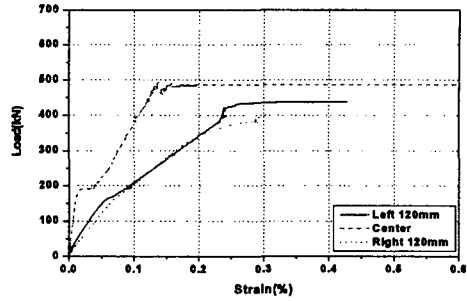


그림 8 SP보의 하중-변형률 곡선

표 2 단순가력 실험 결과

	SR	SD	ST	SP
P _{ycal} (kN)	445.9	445.9	445.9	445.9
P _{yexp} (kN)	478.2	472.3	461.9	442.2
P _{ycal} /P _{yexp}	0.9	0.9	0.9	1.0
P _{max} (kN)	601.7	561.5	590.9	528.2
Δ _y (mm)	18.1	12.0	12.8	11.3
Δ _{max} (mm)	-	37.8	173.0	168.7
μ	-	3.1	13.5	14.9

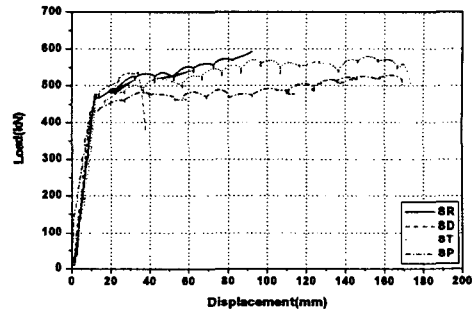


그림 9 하중-변위곡선 비교 종합

P_{ycal} : 항복 하중 (해석), P_{yexp} : 항복 하중 (실험), P_{max} : 최대하중, Δ_y : 항복 변위, Δ_{max}: 최대변위,
 μ : 연성비 (ductility factor) = Δ_{max} / Δ_y

4. 결론

철근이음방법에 따른 콘크리트 부재력의 성능을 비교 평가한 실험결과는 다음과 같다.

접 이음한 철근을 매입한 부재에 비해 철근을 기계적 이음한 부재는 최대내력은 비슷한 것으로 나타났으나, 철근이음을 기계적으로 이음한 경우에는 소성 변위 값은 각각 4.57배, 4.46배로 크며, 연성은 각각 4.28배, 4.473배 뛰어난 것으로 확인되었다. 평 단면 기계적 이음부와 변 단면 기계적 이음부를 가진 부재력은 최대내력에서는 변 단면 나사형 기계적 이음부를 갖는 실험체에서 접 이음 부재의 94%로 약간 낮게 나타났을 뿐, 소성변위, 연성은 유사한 거동특성을 보였다.

참고 문헌

1. ASME SEC III DIV.2 CC-4330, 'Splicing of Reinforcing Bar'
2. 나환선의, '철근기계적 정착공법 개발', 한국전력공사 전력연구원 연구과제 최종보고서, 2005년 9월