

반복 하중을 받는 루프 이음 RC보의 휨거동

Flexural Behaviour of RC Beams with Loop Joints under Cyclic Loading

류형근* 장승필** 김영진*** 주봉철****
Ryu, Hyung Keun Chang, Sung Pil Kim, Young Jin Joo, Bong Chul

ABSTRACT

Since bridge decks have many cyclic loadings by such as moving loads in a whole life, effects of cyclic loading as well as static loading should be considered. Particularly, in a view of serviceability and durability, structural performance under cyclic service loadings is very important. In this paper, experimental studies on flexural behavior of RC beams with loop joints under cyclic loadings were conducted. Then the structural behavior for serviceability and strength were discussed.

1. 서론

미리 제작되어 있는 구조 부재들을 현장에서 조립하는 방식의 프리캐스트 시공법은 현장에서의 시공이음부에 대한 작업만이 필요하기 때문에 인력절감 및 생산성 향상을 꾀할 수 있는 효과적인 방법으로 판단된다. 또한 제어된 환경에서 부재들을 미리 제작하기 때문에 효율적인 공정을 도모할 수 있으며 균질한 품질을 확보할 수 있기 때문에 내구성 향상도 기대할 수 있다. 국내에서는 교량에 프리캐스트 바닥판을 적용하고자 하는 연구가 서울대학교, 대우건설¹, 한국건설기술연구원³등에서 최근까지 지속되고 있으며, 류형근²등은 제안된 상세를 갖는 루프 이음 RC부재의 극한강도를 정적 휨시험을 통해 확인한 바 있다. 한편, 교량 바닥판은 차량 하중과 같은 반복하중을 받는 구조물이기 때문에 정적 강도 뿐만 아니라 반복하중에 대한 영향을 고려하는 것이 필요하다고 판단된다. 특히 사용하중 상태에서 작용하는 반복하중의 영향은 사용성 및 내구성 측면에서 중요한 것으로 여겨진다. 이 연구에서는 반복하중을 받는 루프 이음 RC보의 휨거동에 대한 실험적 연구를 수행하였고, 루프 이음 RC보의 사용성 및 내구성에 미치는 반복하중의 영향을 고찰해보았다.

2. 루프 이음 RC보의 휨실험

2.1 사용재료

이 연구에 적용된 콘크리트는 설계강도 40MPa의 레미콘(ready-mixed-concrete)을 사용하였으며,

* 정회원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부 박사수료

** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부 교수

*** 정회원, 한국건설기술연구원, 선임연구원

**** 정회원, 한국건설기술연구원, 연구원

사용된 철근은 SD 40으로 지름은 19mm의 이형철근을 사용하였다. 프리캐스트 연결부에 타설된 팽창 콘크리트는 CSA계 팽창제를 첨가하여 사용하였으며, 시멘트 중량의 약10%정도 첨가하여 시공하였다. 재료의 물성치는 보 부재 및 이음부 타설에 적용된 콘크리트 공시체를 이용하여 각각 3번씩 측정하였고 그 평균치를 표 1에 정리하였다.

표 1 재료 강도 (units : MPa)

	프리캐스트 보	횡방향 이음부	전단 포켓 이음부
28일 or Loading time	36	57	43

2.2 실험체 및 실험방법

보 경간 중앙에 Loop이음부를 둔 실험체(FL계열)와 이음부가 없는 일반 RC보(FR계열)에 대한 반복하중 실험을 수행하여 이음부 유무에 따른 반복하중에 대한 휨거동을 비교 실험코자 하였다. 각각의 실험은 우선, 파괴하중 실험($1.0P_u$)을 수행하여 실험체의 극한강도(P_u)를 결정한 후 이를 기준으로 반복하중 범위를 극한하중의 30%, 50%, 70%로 산정하였고 이를 각각의 실험체 중앙경간에 일점 하중 재하방식으로 적용하였다. 모든 실험체의 철근 직경은 19mm로 동일하고 루프 이음부 구간은 350mm로 일정하다. 보 실험체 단면은 폭이 350mm, 높이 250mm인 직사각형으로 경간은 2m이다.

표 2 실험체명 및 제원

	반복하중 범위	공시체명
Loop이음	0.0~0.3 P_u	FL-19-30
	0.0~0.5 P_u	FL-19-50
	0.0~0.7 P_u	FL-19-70
	0.0~1.0 P_u	FL-19-100
이음부 없음	0.0~0.3 P_u	FR-19-30
	0.0~0.5 P_u	FR-19-50
	0.0~0.7 P_u	FR-19-70
	0.0~1.0 P_u	FR-19-100

보의 중앙하부에 LVDT를 설치하여 중앙처짐을 측정하였고 초기균열이 발생한 이후 균열개이지를 이용하여 균열폭을 측정하였다. 한편, 중앙하부 인장철근에 철근변형률 게이지를 매립하여 철근의 항복 여부를 관측할 수 있었다.

3. 실험결과

3.1 정적강도

우선 FR19와 FL19의 정적강도를 파악하기 위해 파괴실험을 수행하였다. 파괴실험으로부터 얻은 모멘트-처짐 곡선, 모멘트-균열폭 곡선 그리고 모멘트-변형률 곡선을 그림 1에 각각 도시하였다. 측정된 변형률은 중앙 경간 위치에 있는 하부 주철근의 변형률이다. 그림 1을 살펴보면 파괴하중의 약 70%수준 이하에서는 루프 이음이 있는 FL19의 강성이 더 크고 발생하는 균열폭 및 철근변형률의 수준이 FR19보다 낮은 것을 확인할 수 있다.

3.2 반복하중-처짐 곡선

반복하중이 재하되면서 잔류처짐량은 점차로 누적되면서 증가하게 된다. 각 반복횟수별로 모멘트-처짐 곡선을 그림 2에 도시하였다. 작용하중범위가 모두 균열하중 수준을 넘어서기 때문에 초기 하중

에 의한 잔류 처짐이 상당히 큰 것을 확인할 수 있다. 초기하중에 의해 발생하는 잔류처짐은 비균열단면에서 균열단면으로 전환되는 강성 감소 때문으로 생각된다. 이후 증가되는 처짐은 반복하중으로 인한 콘크리트 균열의 진전, 철근의 피로 균열발생과 관련성이 클 것으로 판단된다.

3.3 반복횟수별 최대 측정치

FR19와 FL19의 처짐, 균열폭 및 철근 변형률에 대해 각 반복횟수별 최대치를 기록하여 이를 그림 3, 4, 5에 도시하였다. 반복횟수가 증가함에 따라 점차적으로 최대치가 증가하는 것을 알 수 있는데, 대체적으로 FL19의 최대치가 FR19의 최대치보다 적은 것을 확인할 수 있다. 이것은 루프 이음부에서는 양쪽 프리캐스트 부재에서 나온 철근의 겹침이 이루어지기 때문에 이 부분의 철근비가 이음부 없는 일반 RC보 철근비의 두배가 되어 강성이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 작용하중 범위가 50% 이상인 경우에는 작용반복횟수가 증가함에 따라 FL19의 최대치 증가율이 FR19보다 큰 것으로 판단되며 그 수치는 FR19의 경우에 근접해 가는 것을 알 수 있다. 또한 작용하중 범위 70%인 경우를 살펴보면, 반복횟수가 증가함에 따라 FL19의 최대치가 FR19를 역전하는 양상도 보인다. 이를 통해서 볼 때 루프 이음부를 둔 RC보에서는 작용하중 범위가 파괴하중의 50%수준을 넘어서는 경우에는 작용하중의 반복횟수가 일반 RC보에 대해 미치는 영향과는 다르게 평가될 수 있을 것으로 생각된다. FR19에서는 반복하중으로 인해 파괴에 도달했을 때 비로소 최대치의 급격한 증가양상을 보인데 이것은 보의 파괴가 주로 하부 인장 주철근의 피로파괴로 일어났기 때문이다.

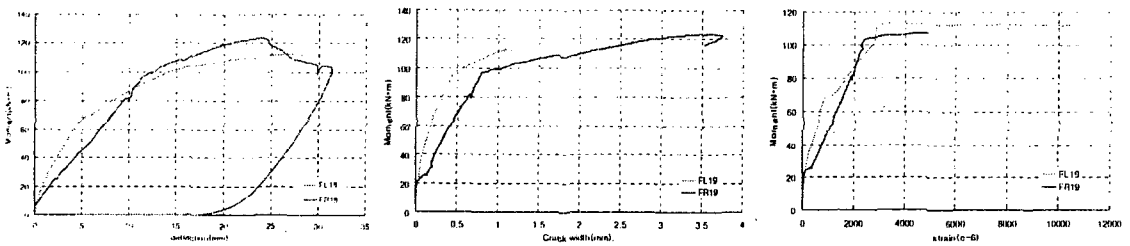


그림 1 모멘트-변위 곡선 (파괴하중 실험결과)

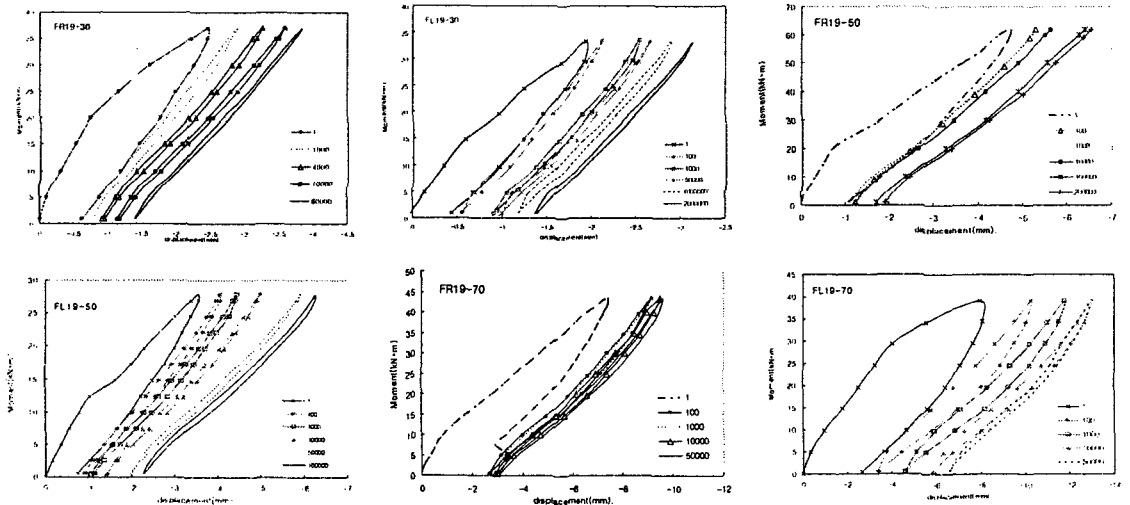


그림 2 반복하중 횟수별 모멘트-처짐 곡선

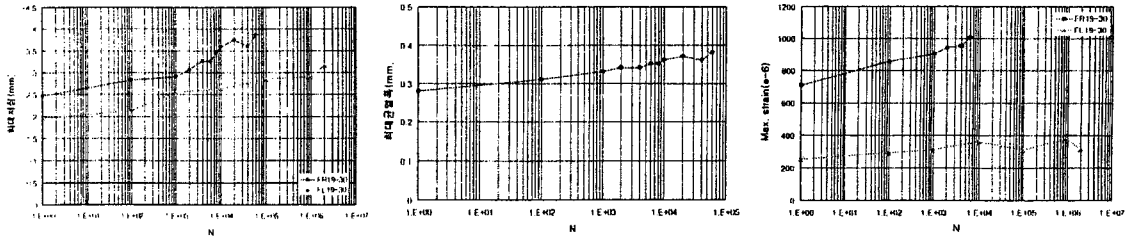


그림 3 반복하중(0.3P₀) 횡수별 최대치(처짐, 균열폭, 변형률) 곡선

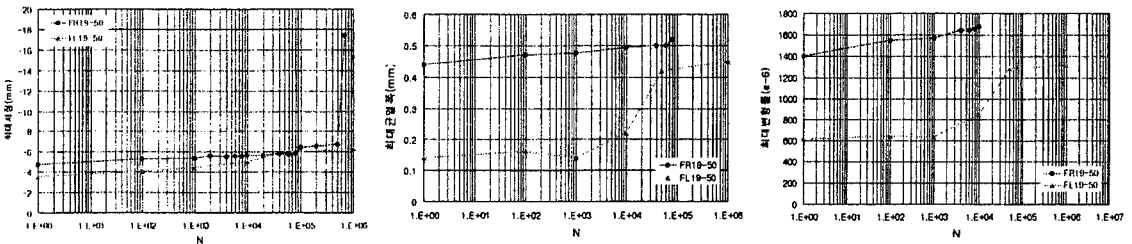


그림 4 반복하중(0.5P₀) 횡수별 최대치(처짐, 균열폭, 변형률) 곡선

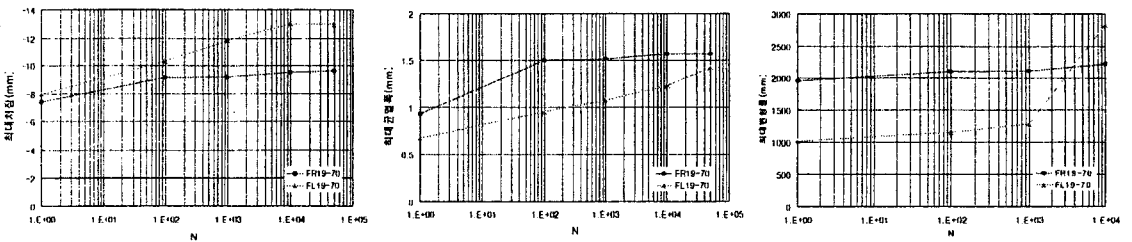


그림 5 반복하중(0.7P₀) 횡수별 최대치(처짐, 균열폭, 변형률) 곡선

한편, FL19에서는 반복하중으로 인한 파괴가 철근에서도 발생하였지만 이와 동시에 루프 이음부 구간의 주변 콘크리트에서 복잡하게 진전된 균열과 콘크리트의 탈락, 압축파쇄등이 연계되면서 관측되었다. 두 실험체 모두 작용하중 범위가 0.3P₀인 경우에는 반복하중 작용횟수 2백만회 이상에서도 파괴는 관측되지 않았다.

참고문헌

1. 대우건설(1998). "프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화", '96연구개발사업 제2차년도 연차보고서.
2. 류형근, 장승필, 김영진, "루프 이음부를 갖는 프리캐스트 RC바닥판의 휨거동에 관한 실험적 연구", 대한토목학회 논문집, 2003. 5, pp.479~486.
3. 한국건설기술연구원(2002-2003), "장수명 합리화 교량 바닥판 개발(I)", Bridge200.