

반복 하중을 받는 신형식 루프 이음 RC보의 휨거동

Flexural Behaviour of RC Beams with New types of Loop Joints under Cyclic Loading

류형근* 신철호** 주봉철*** 박성룡
Ryu, Hyung Keun Shen, zhe hao Joo, Bong Chul Park Seong Ryong

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 by cyclic service loadings is very important. In this paper, experimental studies on flexural behavior of RC beams with new types of loop joints under cyclic loadings were conducted. Then the structural behavior for serviceability and strength were discussed.

1. 서론

최근의 국내 건설산업은 새로운 전환과 도약이 요구되는 도전적 위기상황에 직면해 있는 것으로 생각된다. 기존의 값싼 노동력을 이용한 단순시공위주의 건설업은 점점 설자리를 잃어가고 있으며 인구의 노령화, 기술인력의 부족 현상 등은 건설 인력 수급에 어려움을 예상케 한다. 더욱이 국내 건설업의 생산성은 선진국의 1/2 혹은 1/3수준으로 평가되고 있으며 설계 및 관리 측면에서의 기술수준은 선진국과 격차가 심한 것으로 보고 되고 있다. 이러한 측면에서 볼 때 생산성을 향상시키고 인력절감을 가져올 수 있는 방안에 대한 고려가 심각히 요구된다. 더욱이 구조물의 생애주기비용 측면에서의 총비용이 강조되고 있기 때문에, 이를 감안한 기술개발에 더욱 힘써야 할 것으로 사료된다. 결국 국내 건설산업의 위기 극복은 기술개발을 통해 극복할 수 있을 것으로 생각된다.

생산성 향상, 인력절감, 공정 및 시공의 자동화, 생애주기비용의 최소화를 위한 품질 확보 및 유지관리의 용이성등과 같이 최근에 화두가 되는 사항들을 만족할 수 있는 대안으로 프리캐스트 기법을 생각해 볼 수 있다. 이 연구에서는 프리캐스트 구조 부재의 개발을 위해 새로운 형식의 이음법을 제안해 보고 정적하중 및 반복하중에 놓여있는 새로운 형태의 프리캐스트 구조 부재의 휨거동을 실험적으로 고찰해보았다. 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. 교량 바닥판은 차량 하중과 같은 반복하중을 받는 구조물이기 때문에 정적 강도 뿐만 아니라 반복하중에 대한 영향을 고려하는 것이 필

* 정회원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부 박사수료

** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템 공학부 석사과정

*** 정회원, 한국건설기술연구원, 연구원

요하다고 판단된다. 이 연구에서 제안된 새로운 형식의 루프 이음 프리캐스트 부재는 이와 같이 반복 하중하에서 기존의 루프 이음 프리캐스트 부재보다 우수한 구조적 거동을 보일 것으로 예상하여 개발 되었으며 이에 대한 실험적 고찰이 수행되었다.

2. 신형식 루프 이음 RC보의 휨실험

2.1 사용재료

이 연구에 적용된 콘크리트는 설계강도 40MPa의 레미콘(ready-mixed-concrete)을 사용하였으며, 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 신형식 Loop이음부를 둔 실험체(FN계열)와 일반 Loop이음부 RC보(FL계열)에 대한 반복하중 실험을 수행하여 각각의 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. FL계열 보 실험체 단면은 폭이 350mm, 높이 250mm인 직사각형으로 경간은 2m이고, FN계열 실험체 단면은 중앙부에서 단면 높이가 400mm로 확대되고 하부에 강봉이 추가적으로 체결되었다.

표 2 실험체명 및 제원

	반복하중 범위	공시체명
신형식 Loop이음	0.0~0.3P _u	FN-19-30
	0.0~0.5P _u	FN-19-50
	0.0~0.7P _u	FN-19-70
	0.0~1.0P _u	FN19-100
Loop이음	0.0~0.3P _u	FL-19-30
	0.0~0.5P _u	FL-19-50
	0.0~0.7P _u	FL-19-70
	0.0~1.0P _u	FL-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 FL19와 FN19의 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 극한강도의 경우 FN19가 FL19보다 큰 것을 확인할 수 있다. 따라서 동일한 수준의 모멘트에 대한 FL19의 철근 변형률이 FN19 보다 큰 것을 알 수 있다. 그러나 FN19에 발생하는 균열폭이 FL19에 비해 비교적 큰 것으로 관측되었다.

3.2 반복하중-처짐 곡선

반복하중이 재하되면서 잔류처짐량은 점차로 누적되면서 증가하게 된다. 각 반복횟수별로 모멘트-처짐 곡선을 그림 2에 도시하였다. FN19-30을 제외하고 초기 하중에 의한 잔류 처짐이 상대적으로 큰 것을 확인할 수 있다. 초기하중에 의해 발생하는 잔류처짐은 비균열단면에서 균열단면으로 전환되는 강성 감소 때문으로 생각되며 FN19-30의 경우 작용하중 범위가 크지 않아서 이러한 효과가 두드러지지 않은 것으로 생각된다. 이 후 증가되는 처짐은 반복하중으로 인한 콘크리트 균열의 진전, 철근의 피로 균열발생과 관련성이 클 것으로 판단된다. FN19-70의 경우 실험 도중의 예상치 못한 작업 오류로 실험결과를 얻지 못하였다.

3.3 반복횟수별 최대 측정치

FN19와 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 처짐과 변형률은 FN19와 FL19의 수치가 비슷한 것으로 보여진다. 그러나 균열폭에 대한 결과는 FN19가 매우 불리한 것으로 판단된다. 이는 균열이 FN19의 시공이음부 틈새에 집중되었고 다른 부위로 전파되지 못했기 때문이다. 결과적으로 정적 및 반복하중에 대한 강도 측면에서의 FN19의 구조적 성능은 FL19보다 크거나 비슷한 것으로 판단되지만 사용성 및 내구성에 영향을 미치는 균열폭의 양상은 매우 불리한 것으로 판단된다. 특히 반복하중에 대한 FN19의 파괴양상은 하부에 체결된 보강볼트 근처 강봉의 인장피로파괴로 발생하였고 FL19에서는 반복하중으로 인한 파괴가 철근과 동시에 루프 이음부 구간의 주변 콘크리트에서 복잡하게 진전된 균열과 콘크리트의 탈락, 압축파쇄등이 연계되면서 관측되었다. 일반 RC보의 피로파괴가 하부 인장 주철근에서 발생하는 것과는 모두 다른 양상을 보이고 있다. 따라서 신형식 루프 이음의 경우 하부 단면의 보강법이 보완되어야 할 것으로 판단된다. 두 실험체 모두 작용하중 범위가 $0.3P_u$ 인 경우에는 반복하중 작용횟수 2백만회 이상에서도 파괴는 관측되지 않았다.

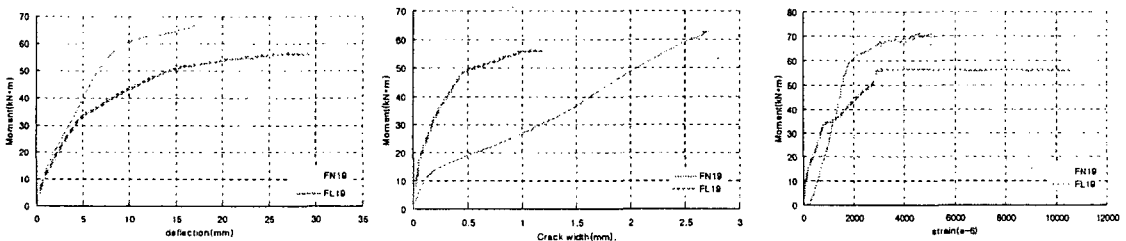


그림 1 모멘트-변위 곡선 (파괴하중 실험결과)

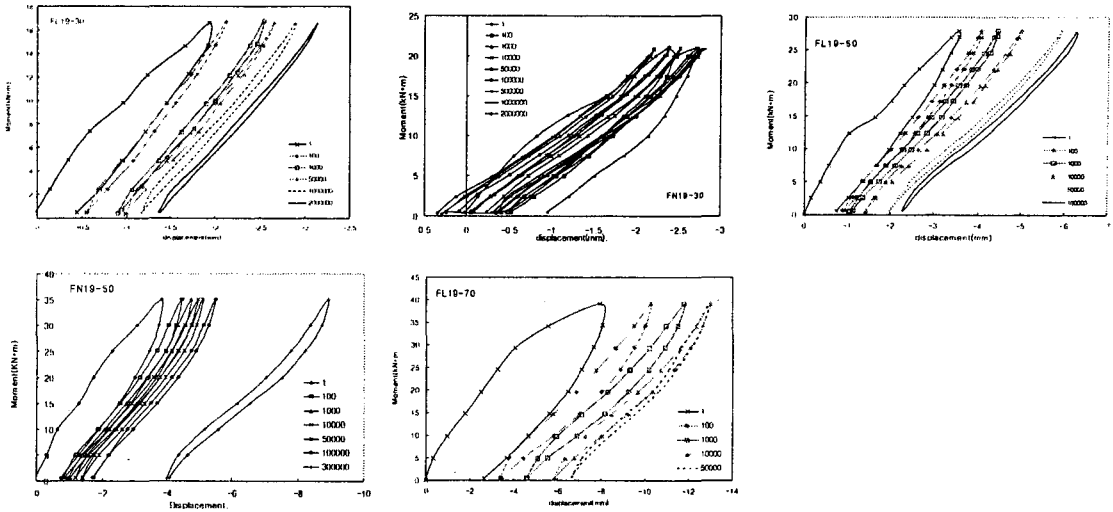


그림 2 반복하중 횡수별 모멘트-처짐 곡선

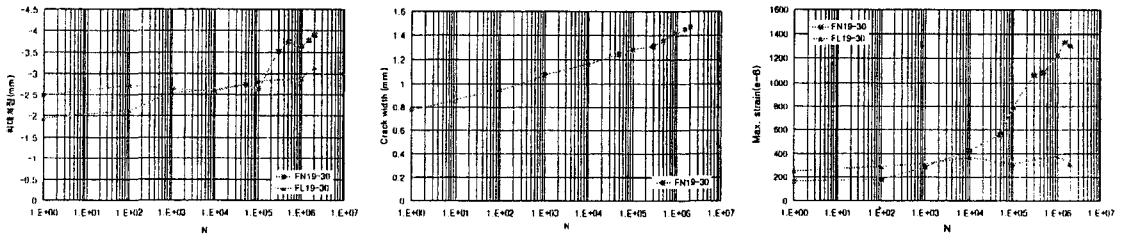


그림 3 반복하중(0.3Pu) 횡수별 최대치(처짐, 균열폭, 변형률) 곡선

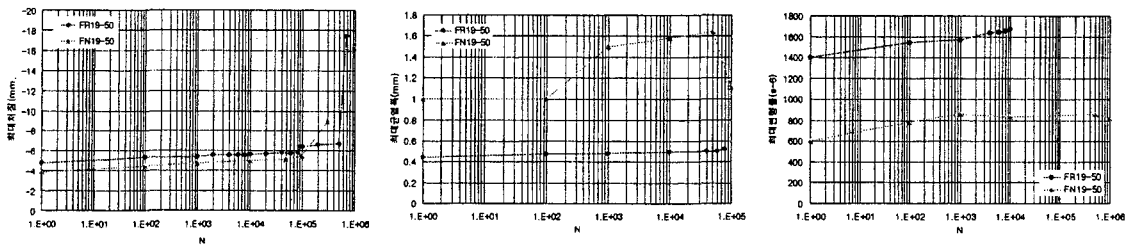


그림 4 반복하중(0.5Pu) 횡수별 최대치(처짐, 균열폭, 변형률) 곡선

참고문헌

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