

강섬유를 사용한 RC 2경간 연속보의 피로거동에 관한 실험적 연구

A Study on Experimental the Fatigue Behavior of RC Two-Spans Beam
using Steel Fiber

곽 계 환(원광대) · 석 인 수(전북도청) · 박 종 건*(농업기반공사)

Kwak, Kae Hwan · Suk, In Soo · Park, Jong Gun*

Abstract

Concrete structures are becoming larger, higher, longer and more specialized. Currently, one of the biggest problems of concrete structures is the occurrence of cracks. Cracks are a serious structural problem that decreases durability and causes external damage leading to corrosion. The specimen without steel fiber fractured between 60-70% of the static ultimate strength (the fatigue strength to one million cycles on the number of cycles from the S-N curve was 73.7% and the fatigue strength to two million cycles was approximately 67.2%). The specimen with steel fiber fractured at 65-80% of the static ultimate strength, concluding fatigue strength to one million cycles around 74.6% and to two million cycles around 75%.

I. 서 론

급속한 경제성장은 필연적으로 물동량의 증가를 가져오게 되고, 물동량의 증가는 교통량의 증가와 함께 교량 통과 하중이 증대하게 된다. 이와같은 현상은 교량의 균열발생과 균열성장, 그리고 파괴로 이어져 사용성 및 안전성의 문제를 초래하고 있다. 또한, 콘크리트 구조물들이 대형화, 고도화, 장대화, 특수화 되고 있다. 본 연구는 연속 콘크리트 교량의 피로거동을 실험하는데에 목표를 두었다. 강섬유의 사용은 콘크리트의 주된 결점인 취성과파괴를 완화하고 철근콘크리트 구조물의 효율성과 안전성을 높일 수 있다. 피로실험은 응력비(R)를 0.1로 고정시키고 반복재하속도를 5~7Hz로 하여 내구성 추정과 균열진전을 실험하였다. 이에 더하여, 피로실험을 통하여 반복횟수대 처짐관계, 반복횟수대 변형관계를 비교하여 반복횟수에 따른 균열진전과 파괴양상을 파악하고 분석하였다.

도로교량의 경우 빈번한 통과하중 및 과적차량의 통행으로 인하여 콘크리트 균열이 문제시 되고 있다. 이러한 이유는 상기한 바와 같이 콘크리트의 취성적인 재료성에 기인하고 있다. 이러한 구조부재에 SFRC를 사용할 경우 균열발생 억제 효과 및 균열발생 후 균열의 진행속도를 어느 정도 억제할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 피로하중에 대한 일반 2경간 연속 철근콘크리트 보의 피로거동을 정확히 분석·평가 및 규명하는 한편, 균열제어 및 피로성능이 우수한 SFRC 2경간 연속보의 피로성능을 규명하여 구조/재료분야의 기초자료로 활용하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 시멘트

본 실험에서는 D사 제품의 제1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

나. 골재

굵은 골재는 전북 익산시 낭산면의 화강암 쇄석 골재를 사용하였으며, 잔골재는 실험 결과 조립률이 2.72인 충남의 백마강 골재를 사용하였다.

다. 혼화제

본 실험에는 고성능감수제를 사용했고 사용된 감수제는 감수 효과가 크고 공기량의 변화가 거의 없는 K사 EG-CON을 사용하였다.

라. 강섬유

본 실험에 사용된 강섬유는 외국 C사의 형상비가 80이고, 길이 60mm, 직경 0.75mm 의 번들 타입이다. 이것의 특징으로는 콘크리트의 접착성이 매우 강하며, 휨 강도, 휨 인성, 유연성, 충격저항 및 인성강도가 대단히 높다.

마. 철근

본 실험체 제작에 사용된 철근은 이형철근으로써 인장철근은 직경 19mm, 전단보강철근에 사용된 철근은 직경 10mm를 사용하였다.

2. 강섬유 보강 콘크리트의 배합설계

강섬유 보강 콘크리트의 배합은 강섬유의 영향으로 일반 콘크리트 보다 낮은 작업성을 갖게 되므로 고성능 감수제의 사용이 불가피하다. 고성능 감수제의 양은 시험배합을 통하여 콘크리트가 충분한 워커빌리티(Workability)를 가질 수 있도록 가감하였으며 본 실험에 사용된 배합설계는 Table 1과 같다.

Table 1. 강섬유 보강 철근콘크리트의 배합설계

종 류	Max Size (mm)	Slump (cm)	공기 량 (%)	W/C (%)	s/a (%)	Unit Volume (kg/m ³)					
						W	C	S	G	SP (g/m ³)	V _f
RC	25	10	2	42.5	45.7	156.24	433	711.24	951.83	866	0%
SFRC 1	25	6	2.6	42.5	45.7	156.24	433	711.24	951.83	1732	0.75%
SFRC 2	25	-	4	42.5	45.7	156.24	433	711.24	951.83	2598	1.00%
SFRC 3	25	-	4	42.5	45.7	169.93	433	703.65	946.15	2165	1.25%

※ f_{ck} : 270kgf/cm² 임

3. 강섬유 보강 철근콘크리트 실험체의 제작

SFRC 2경간 연속보에 대한 피로거동을 연구하기 위하여 실험체의 제작을 거푸집 두께 12mm의 합판에 시편제원 22×30×360cm으로 하고, 실험체의 주요변수들을 고려하여 정적실험용 7개와 피로실험용 12개로 총 19개의 실험체를 제작하였다. Fig.1 에서는 제작된 실험체 부재의 제원을 나타내었다.

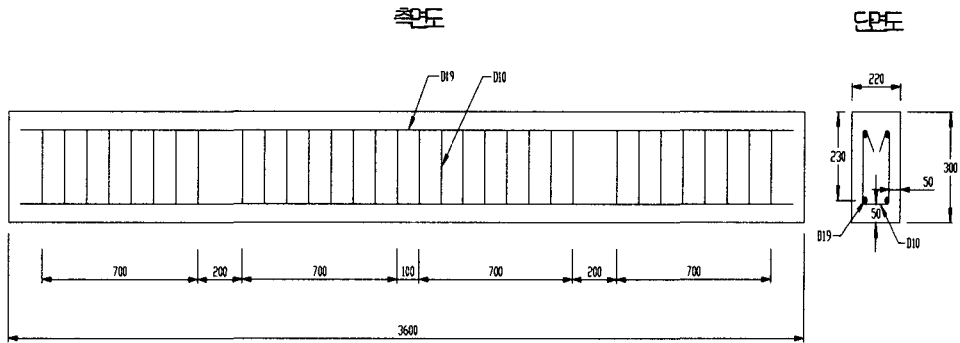


Fig. 1 실험체의 형상 및 제원(Unit : mm)

III. 결과 및 고찰

1. 강도특성

각각의 시험체 시리즈별 압축강도 및 조깅인장강도 실험결과는 Table 2와 같다.

Table 2. 압축강도 및 조깅인장도의 실험결과

종 류	압 축 강 도(kg/cm ²)		조깅인장강도(kg/cm ²)	
	7-day	28-day	7-day	28-day
RC	234	421	26.5	40.17
SFRC 1	248	431	34.1	50.61
SFRC 2	261	450	40.8	54.58
SFRC 3	278	475	47.4	66.74

2. 피로실험의 결과

강섬유 혼입율에 따라 각 시편을 정적실험을 통해 얻은 철근의 항복강도에 대하여 응력수준을 일정하게 하여 실험을 실시하였으며 그에 따른 피로실험 결과를 Table 3과 같다.

Table 3. 피로실험의 결과

시편명	재하속도	최대하중	최소하중	하중범위	응력비	반복회수
RC2	5Hz	20.4tf	2.04tf	60%	0.1	4,490,000회
RC3	5Hz	22.1tf	2.21tf	65%	0.1	2,179,000회
RC4	5Hz	23.8tf	2.38tf	70%	0.1	1,670,000회
SFRC1-2	5Hz	29.25tf	2.925tf	75%	0.1	2,148,500회
SFRC1-5	5Hz	27.3tf	2.73tf	70%	0.1	2,639,000회
SFRC1-6	5Hz	25.35tf	2.54tf	65%	0.1	2,577,000회
SFRC2-4	5~7Hz	45.9tf	4.59tf	90%	0.1	776,897회
SFRC2-5	5Hz	32.8tf	3.28tf	80%	0.1	663,220회
SFRC2-6	5Hz	30.8tf	3.08tf	75%	0.1	750,000회
SFRC3-2	7Hz	40tf	4.0tf	80%	0.1	446,900회
SFRC3-3	5Hz	33tf	3.3tf	75%	0.1	443,922회
SFRC3-4	5Hz	35.2tf	3.52tf	80%	0.1	435,599회

IV. 결 론

본 연구에서는 강섬유를 보강한 철근콘크리트 2경간 연속보에 대한 기본시험, 피로실험을 통하여 피로 거동을 규명한 것으로써 그 결과 다음과 같은 요약 및 결론을 얻었다.

1. 물결합재비(W/C)가 42.5%의 범위에서 강섬유 혼입율 0.75~1.25%의 경우 재령 28일의 압축강도가 421~475kgf/cm²이었으며, 강섬유 혼입율 0.75~1.25%의 경우 압축강도에 대한 쪼갬 인장 강도의 비는 8.51~7.11로 나타나 강섬유의 혼입이 콘크리트의 압축강도보다는 인장강도를 크게 향상시키고 있음을 확인 할 수 있었다.
2. 피로실험결과 반복횟수에 따른 파괴양상은 강섬유를 혼입한 실험체는 반복하중으로 인하여 철근이 파단되더라도 갑작스럽게 파괴되지 않았고 강섬유의 교량 현상으로 구조체의 기능을 완전히 상실하지 않았다.
3. 피로실험결과 강섬유를 혼입하지 않은 실험체는 정적극한강도의 60~70% 사이에서 파괴되었으며, 반복횟수 100만회에 대한 피로강도는 정적극한강도의 73.7%, 반복횟수 200만회에 대한 피로강도는 정적극한강도의 67.2% 전후라고 판단된다.
4. 강섬유를 혼입한 실험체는 정적극한강도의 65~80% 사이에서 파괴되었으며, 반복횟수 100만회에 대한 피로강도는 정적극한강도의 74.6%, 반복횟수 200만회에 대한 피로강도는 정적극한강도의 72~75%로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, "콘크리트 표준시방서", 한국콘크리트학회, 1999.
2. 박계환외 1인, "고강도 콘크리트를 사용한 철근콘크리트보의 전단피로거동에 관한 연구", 콘크리트학회 논문집, 제11권 5호, 1999.10, pp. 119~130.
3. ACI Committee 215, Hanson, J.M., "Considerations for Design of Concrete Structures Subjected to Fatigue Loading", ACI Journal, March 1974, pp. 97~121.