

PP섬유 혼입 고강도 SRC 기둥의 화재 후 거동

The Behavior of Fire Damaged High Strength SRC Columns with Polypropylene Fiber

최 은 규* 정 혜 원** 신 영 수*** 이 차 돈*** 권 영 진****
Choi, Eun Gyu Jung, Hye won Shin, Yeong-Soo Lee, Cha Don Kwon, Young Jin

ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate the structural behavior of fire damaged high-strength SRC columns with polypropylene fiber. When high-strength concrete is exposed to high temperature, spalling is occurred then it leads to decrease the capacity of members. Polypropylene fiber is used to reduce the spalling of the specimens and the distinction in the behavior after fire is observed. High-strength concrete specimens were exposed to high temperatures by the ISO 834 curve. Main experimental parameters were the ratio of the contained polypropylene fiber, heating time and type of loading. Reduction rate in residual strength and stiffness is observed for the mixing of PP fiber, the heating time and eccentricity of loading.

1. 서론

화재는 건축물에 발생하는 여러 구조적 손상요인 중 매우 치명적인 피해를 줄 수 있는 중요한 요인 중 하나이다. 특히 고층 구조물과 같이 다중이용시설에 화재가 발생할 경우 경제적, 인명적 피해가 막심하기 때문에 화재에 대한 내화대책 마련이 필요하며, 더불어 화재 발생 후 구조물의 거동을 파악하여 구조물의 재사용성 여부를 합리적으로 평가하는 기법에 대한 연구가 필요하다. 콘크리트는 일반적으로 내화재료로 알려져 있지만 고강도 콘크리트의 경우 낮은 물-시멘트 비, 내부 공극압의 상승으로 화재 초기에 발생하는 폭렬에 의한 박리 등으로 인하여 일반 콘크리트와 달리 급격한 성능 저하를 가져올 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고강도 콘크리트의 폭렬을 저감하고자 폴리프로필렌 섬유 (이하 PP섬유)를 혼입하고 이 경우 철골-철근 콘크리트(SRC)기둥의 화재피해 후 잔존강도를 평가하는 실험을 실시하였으며 PP섬유를 혼입하지 않은 경우와 비교하여 PP섬유의 혼입이 화재 시 구조물의 잔존강도에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 본 연구를 위하여 보통 화재 시간이 1시간 내외라는 통계를 바탕으로 각 실험체에 30분, 60분, 90분 동안 가열 실험을 한 후, 화재시간에 따른 피해정도와 하중의 유형에 따른 부재의 거동을 살펴보았다.

* 정희원, 이화여자대학교 건축학과 박사수료

** 정희원, 이화여자대학교 건축학과 석사과정

*** 정희원, 이화여자대학교 건축학과 교수

**** 정희원, 중앙대학교 건축공학과 교수

***** 정희원, 호서대학교 소방학과 교수

2. 실험 내용 및 방법

2.1 실험체 개요

화해를 입은 PP섬유 혼입 고강도 SRC 기둥의 거동을 파악하기 위해 150mm×150mm의 H형강이 포함된 압축강도 50MPa인 실험체를 350mm×350mm×1500mm의 크기로 9개 제작하였다. 이 중 3개의 실험체는 가열을 하지 않았고, 나머지 6개의 실험체는 가력실험을 위한 단부 보강 부위(기둥 상하부 250mm씩)를 제외한 중앙 1m 구간을 ISO 834 표준 가열곡선을 따라 각 실험체별로 30분, 60분, 90분씩 가열하였다. 각 실험체 명과 상세 설명은 표 1에 실험체의 상세 도면은 그림 1에 각각 나타내었다.

표 1 고강도 SRC 기둥 실험체

No	Section type	PP섬유 혼입 vol. %	Fire Test Time (min)	Type of Load	Eccentricity (mm)	Cover (mm)
1	S00C	-	0	Concentric	-	40
2	S01C		30			
3	S02C		60			
4	S10C	0.1	0			
5	S11C		30			
6	S12C		90			
7	S10E	0.1	0	Eccentric	35	
8	S11E		30			
9	S12E		90			

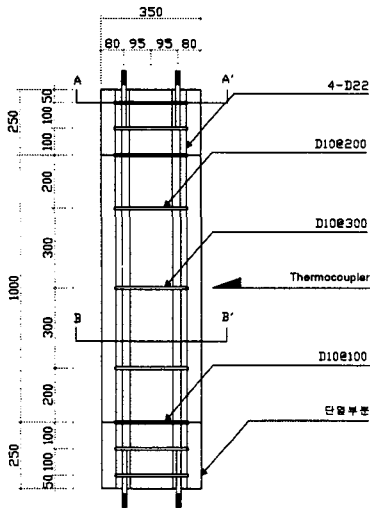


그림 1 SRC 기둥의 상세도

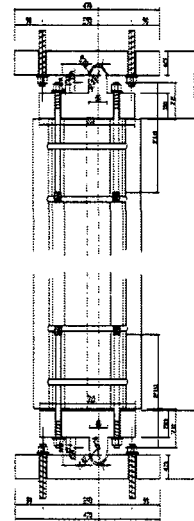
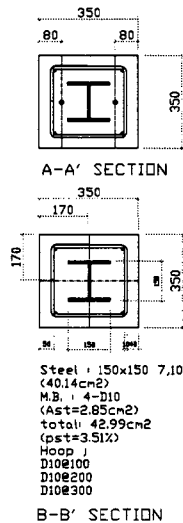


그림 2 편심하중 가력상세

2.2 가력 실험

가력 실험은 표 1의 1에서 6번 시험체는 중심하중을 적용하였고 7에서 9번 시험체는 그림 2와 같은 형태로 35mm의 편심거리를 두고 가력 하였다. 실험체의 축방향 변형을 측정하기 위해 실험체 4면의 상부에 LVDT를 설치하였고 변형률을 측정하기 위해 실험체 4면 중앙부에 콘크리트 Strain gauge를 부착하였다.

3. 실험결과

본 연구에서는 화재 피해를 입은 PP섬유 혼입 고강도 SRC 압축부재의 거동을 파악하기 위하여 가열시간, 하중의 형태, PP섬유의 혼입 유무에 대하여 최대내력, 최대 하중에서의 축 방향 변위, 최대 변형률 그리고 하중-변형률 기울기(강성) 값을 측정하였다. 표 2는 실험체별로 측정된 실험 결과 값을 나타낸다.

표 2 실험체별 측정결과

번호	실험체명	내력		상대내력	최대 축방향 변위 (mm)	중양부의 최대변형률	하중-변형률 기울기	상대 기울기
		축력(kN)	모멘트 (kN·m)					
1*	S00C	7965	-	1.00	2.08	0.00210	3792860	1.00
2	S01C	3419	-	0.43	4.47	0.00142	2407750	0.63
3	S02C	4251	-	0.53	3.80	0.00210	2024290	0.53
4*	S10C	6842	-	1.00	2.14	0.00255	2683140	1.00
5	S11C	5726	-	0.84	1.19	0.00420	1363330	0.51
6	S12C	4427	-	0.65	3.63	0.00485	912780	0.34
7*	S10E	4451	156	1.00	5.09	0.00248	1794760	1.00
8	S11E	3954	138	0.89	5.90	0.00272	1453680	0.81
9	S12E	3727	130	0.84	7.40	0.00402	927110	0.52

* 기준시험체

폭렬 저감을 위해 PP섬유를 혼입한 경우와 혼입하지 않은 경우의 화재시간에 따른 실험체 최대내력의 상대적 잔존율을 비교해보면 전자의 경우 30분 가열하였을 경우 화해를 입지 않은 실험체 최대내력(6842kN)의 84%(5726kN), 90분 가열했을 경우 65%(4427kN)의 최대 내력을 발휘하였다. 또한 후자의 경우 화해를 입지 않은 실험체의 최대내력(7965kN)에 대해 30분 가열했을 경우 43%(3419kN), 60분 가열했을 경우 53%(4251kN)의 최대내력을 보여 PP섬유를 혼입하였을 경우보다 급격한 내력의 저하를 보였다. 이는 PP 섬유를 혼입하지 않을 경우 화재 실험시 폭렬이 발생하여 기둥의 단면적이 감소하게 되며, 이로 인하여 실험체 내부로의 열전달이 상대적으로 급속히 이루어져 콘크리트의 재료적 손상도 더 많이 진행되기 때문이다. 3번 실험체는 60분 동안 가열하였고 6번 실험체는 90분 동안 가열하였음에도 불구하고 최대내력의 저감율은 PP 섬유를 혼입하지 않은 3번 실험체의 경우가 더 큰 것도 이 같은 이유에서이다. 그러나 하중-변형률의 기울기(강성)의 감소율은 다른 양상을 보여 PP 섬유가 혼입된 실험체의 경우 강성의 감소가 상대적으로 크게 나타났다. 그림 3에서 5에 각 경우의 하중-변위 곡선을 나타내었으며 그림 6에서 8에 각 경우의 상대적 감소율을 비교하여 나타내었다.

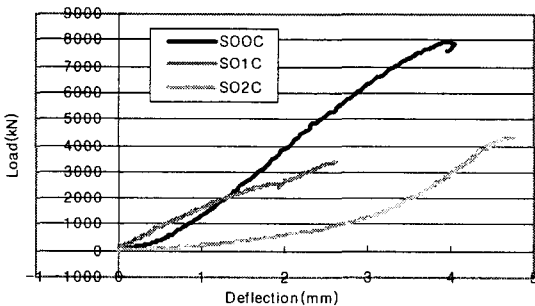


그림 3 PP섬유 무혼입 시험체 하중-변위 곡선 (중심하중, 가열시간)

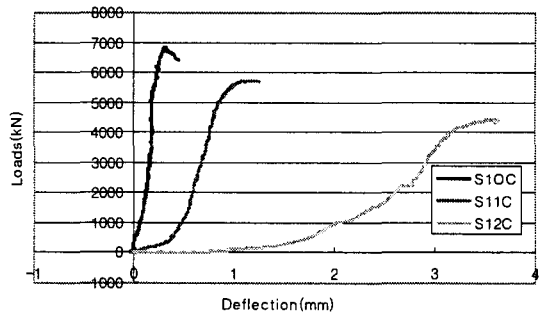


그림 4 PP섬유 혼입 시험체 하중-변위 곡선 (중심하중, 가열시간)

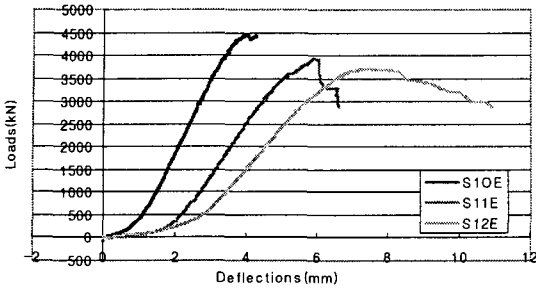


그림 5 PP섬유 혼입 시험체 하중-변위 곡선 (편심하중, 가열시간)

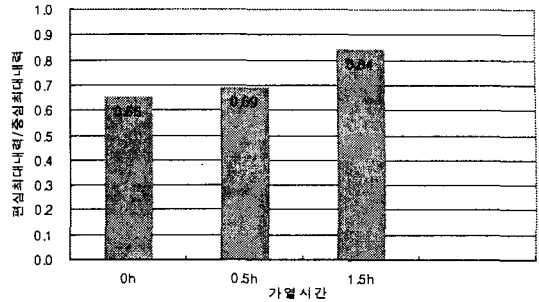


그림 6 가열시간에 따른 중심하중에 대한 편심하중의 최대 내력 비교

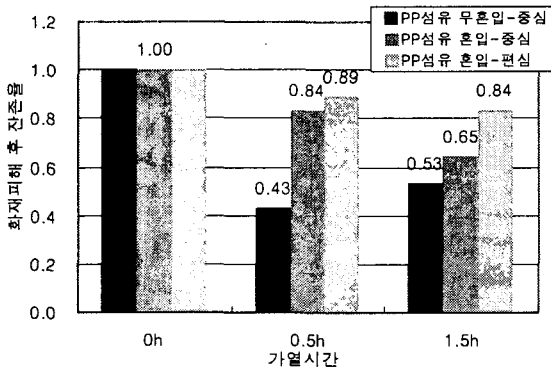


그림 7 변수에 따른 최대내력 잔존을 비교

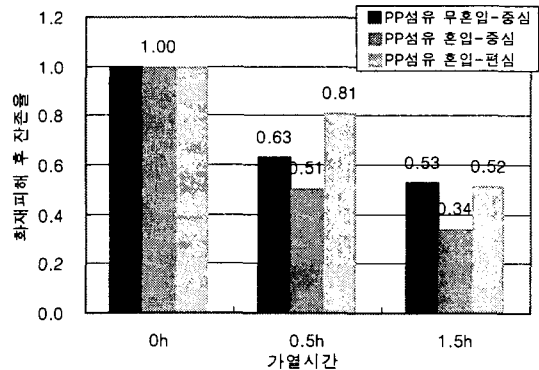


그림 8 하중-변형률 상대 기울기 비교

4. 결론

본 연구에서 PP 섬유를 혼입한 고강도 SRC 기둥의 화재피해 후 거동에 관한 실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

- (1) PP 섬유를 혼입한 경우 화재피해를 입은 SRC 기둥 실험체의 최대내력은 기준 실험체의 65%~84%의 잔존 내력을, PP 섬유를 혼입하지 않은 경우는 43%~53%의 잔존내력을 보였다.
- (2) 하중-변형률 상대 기울기비율은 PP 섬유를 혼입한 경우 기준 실험체의 34%~51%, 혼입하지 않은 경우 53%~63%로 나타났다.
- (3) 편심하중을 가한 경우 최대내력은 기준 실험체의 84%~89%, 하중-변형률 상대 기울기비율은 52%~81%로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한구 과학재단 특정기초 연구(R01-2004-000-10348-0)지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 콘크리트 구조설계기준, 건설교통부, 1999
2. T.Z. Harmathy, Fire Safety Design & Concrete, Longman Scientific & Technical. 1993. pp.1-412
3. 서지민, "화재피해를 입은 고강도 콘크리트 합성기둥 구조 성능에 관한 연구", 이화여자대학교 석사논문, 2005