

# Extruding 방법에 의해 제작된 고기능성 시멘트계 복합재료 부재의 휨 성능 및 거동 연구

## Study of Flexural Performance and Behavior of Ductile Fiber Reinforced Cementitious composite(DFRCC) Members Produced using Extruding Method

김장호\* 임윤목\*\* 박정호\*\*\* 김윤호\*\*\* Hung\*\*\*\* Kiet\*\*\*\*.....

Kim, Jang Ho Lim, Yun Muk Park, Jeong Ho Kim, Yun Ho Hung Kiet

### ABSTRACT

Recently, fiber cementitious composite has been researched due to its good ductility. In this paper, Ductile Fiber Reinforcement Cementitious Coposite (DFRCC) is applied as reinforcement in concrete to prove its better performance. Compare to ordinary concrete, DFRCC has higher ductility which helps control the propagation of cracking without decreasing the elastic modulus and ultimate strength. In this research, experiments of different mixture ratios have been implemented to find a suitable mixture ratio value to produce high performance DFRCC material.

### 1. 서 론

근래에 들어 콘크리트 재료의 단점인 취성적 파괴거동을 보완하기 위해 Fiber를 이용한 시멘트계 복합재료들을 사용하여 재료의 인장거동을 향상시키는 연구가 주류를 이루고 있다. 연성이나 강도가 일반 콘크리트보다 월등한 고기능성 시멘트계 복합재료인 DFRCC (Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composite)는 콘크리트의 온도균열 및 건조수축균열을 방지하고 휨 강성을 증진시킬 목적으로 일반 콘크리트에 섬유를 혼입한 것으로 시멘트계 복합재료이다. 투수성, 온도팽창계수 같은 물리적, 역학적 성질이 콘크리트와 거의 동일한 DFRCC는 비구조적인 부분에 매우 제한적으로 사용되고 있다. 하지만 DFRCC는 재료의 탄성계수와 극한강도가 콘크리트와 유사하며 연성은 훨씬 커 콘크리트의 단점인 취성적 파괴거동을 보완 할 수 있는 적합한 재료이다. 본 연구에서는 일반 타설에 비해 부재 제작이 용이한 Extruder를 사용하기 위해 Extruder에 적합한 배합비를 산정하여 Fiber 방향을 조절, 휨 및 인장 특성을 Fiber 방향으로 향상시켰다. 최종적으로 제작된 DFRCC부재와 기존 배합비의 일반 타설된 시편과 비교 하여 특성을 파악하였다.

\* 정회원, 세종대학교 토목환경공학과 부교수 · E-mail: jjhkim@sejong.ac.kr

\*\* 정회원, 연세대학교 토목공학과 부교수

\*\*\* 정회원, 세종대학교 토목환경공학과 석사과정

\*\*\*\* 정회원, 세종대학교 토목환경공학과 박사과정

## 2. 배합비 도출 및 시편 제작

### 2.2 배합비 검토

초기 배합비를 토대로 표 2에 나타난 배합비들이 Extruder에 적합한 배합비라는 것을 파악할 수 있었다. 표 2의 배합비 이외의 배합비들은 Extruder 스크류 걸림, 사출구 막힘 등으로 인해 시편 제작이 불가능 하였다. 표 2의 최종 배합비를 토대로 Extruding 시편의 성능을 비교하기 위해 w3f1s1, w3f2s1, w5s1, w5s1(1.5)의 배합비로 일반 타설을 하였다. 시편명에서 w3와 w5는 각 w/c, 0.23과 0.25를 뜻하고 f1부터 f3까지는 Fly Ash의 양의 변화, s1부터 s3까지는 규사의 양의 변화를 뜻한다. 괄호 안의 f는 Fiber양을 뜻한다.

표 1 최종 배합비

시편명	w/c	Fly	규사	MC	SP	Fiber
w3f1s1	0.23	0.09	0.1	0.1	0.005	0.01
w3f2s1	0.23	0.05	0.1	0.1	0.005	0.01
w3f2s1(f1.5)	0.23	0.05	0.1	0.1	0.005	0.015
w5s2	0.25	0.05	0.2	0.1	0.005	0.01
w5s1	0.25	0.09	0.1	0.1	0.005	0.01
w5s1(f1.5)	0.25	0.09	0.1	0.1	0.005	0.015

### 2.3 시편 제작

배합과정은 5분 동안 Pre-Mixing을 하였으며 시편의 크기는 Extruding 시편, 일반 타설 시편 모두 동일하게 8 × 2 × 35 cm로 제작하였다. 시편의 개수는 각 배합비당 4개씩 Extruding 시편 24개, 일반 타설 시편 16개 총 40개의 시편을 제작하였다.



그림 1 Extruding

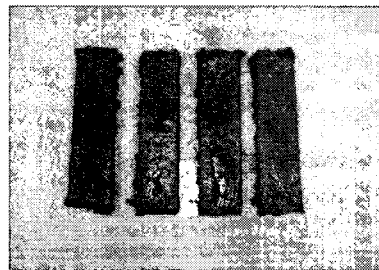


그림 2 Extruding 시편

## 3. 휨 실험 및 결과 분석

### 3.1 휨 실험

휨 실험에는 MTS-810 10ton 용량의 시험기를 사용하였고 4 point 휨 실험을 실시하였다. 시편 거치 형태는 그림 1과 같다.

### 3.2 결과 분석

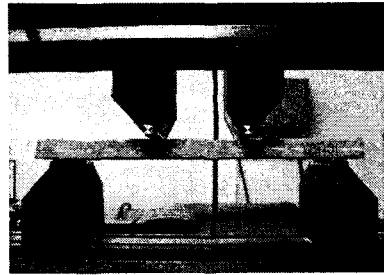
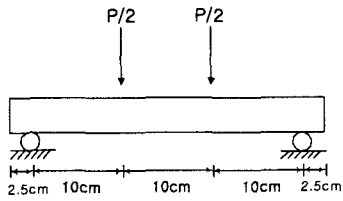


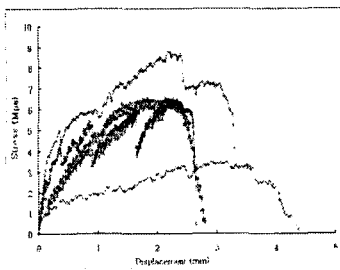
그림 3 시편 거치 형태

### 3.2.1 Extruding 시편 결과 분석

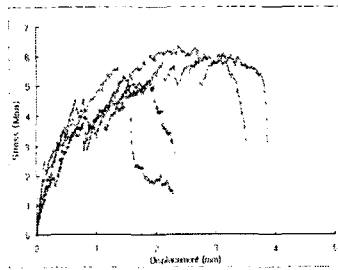
Extruding 시편의 경우 표 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다. w5s1(f1.5) 시편이 가장 큰 휨 강도와 변위를 나타내었다. 그림 4는 각 시편들의 휨 응력-변위 그래프를 나타낸 것이다. 모든 시편들이 연성적인 거동을 하고 있는 것을 볼 수 있다.

표 2 Extruding 시편 결과치

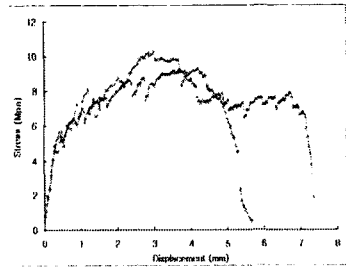
시편명	휨응력(MPa)			변위(mm)		
	Max	Min	평균	Max	Min	평균
w3f1s1	8.78	3.50	6.32	4.38	2.65	3.29
w3f2s1	11.47	5.01	7.29	6.96	1.28	3.12
w3f2s1(f1.5)	7.52	5.57	6.39	1.87	0.89	1.52
w5s2	7.33	4.18	5.86	2.53	1.43	1.78
w5s1	6.33	5.19	5.72	3.88	2.28	3.00
w5s1(f1.5)	10.24	9.29	9.77	7.34	5.68	6.51



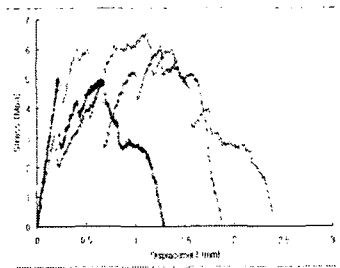
a) w3f1s1



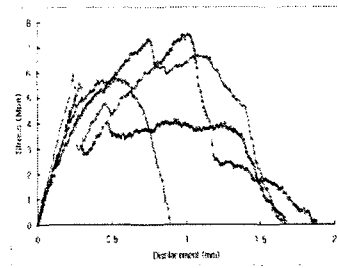
b) w3f2s1



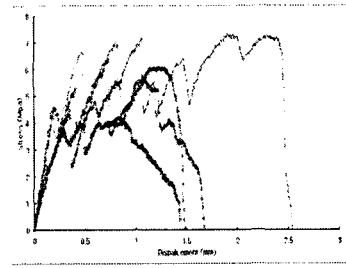
d) w3f2s1(f1.5)



e) w5s2



f) w5s1



g) w5s1(f1.5)

그림 4. w5s1

표 3 기존 배합비의 일반 타설 시편 결과

시편	시멘트	물	플라이 애쉬	규사	SP	MC	Fiber	기타	개수	휨응력(MPa)		
										Max	Min	평균
45HP2	1	0.45	0.15	0.7	0.01	0.0018	0.02	2분	15	6.89	12.44	9.55
45HP3	1	0.45	0.15	0.7	0.01	0.0018	0.02	3분	5	11.74	14.18	12.55
45HP5	1	0.45	0.15	0.7	0.01	0.0018	0.02	5분	6	10.13	13.20	11.72
45NS	1	0.45	0.15	-	0.01	0.0018	0.02	WA	10	3.98	9.98	6.30
45NF	1	0.45	-	0.7	0.01	0.0018	0.02		9	4.99	10.61	8.01
45NN	1	0.45	-	-	0.01	0.0018	0.02	WA2	9	4.45	6.06	5.24
30HP	1	0.30	0.09	0.5	0.01	0.0018	0.02	NWA	3	6.39	9.68	8.09
30NS	1	0.30	0.09	-	0.01	0.0018	0.02		3	8.38	10.74	9.44
30SP	1	0.30	0.09	0.5	0.015	0.0018	0.02		6	6.61	11.64	9.16
30F1	1	0.30	0.11	0.5	0.02	0.002	0.02		6	12.34	15.53	13.71

### 3.2.2 Extruding 시편과 일반 타설 시편 비교 분석

표 3은 기본 배합비(일반 타설)의 실험 결과이다. 표 3의 결과를 보면 Extruding 시편과 휨 응력을 비교 해본 결과 Extruding 시편(w5s1(f1.5))의 경우 Fiber의 양이 0.015임에도 불구하고 Fiber 양이 0.02인 일반 타설 시편과 거의 대등한 강도를 보여 주고 있다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 Extruder에 적합한 배합비 선정과 Extruding 방법에 의한 DFRCC시편의 휨 거동 특성에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Extruding 방법에 의한 DFRCC 시편 제작할 경우 최소한의 유동성, 자중에 의해 시편의 형태가 변하지 않을 정도의 재료배합이 필요하다는 것을 알 수 있었다.
2. Extruding 과정을 통해 일반 타설 보다 시편 제작이 용이하고 반복적인 시편 제작으로 작업의 효율성을 높일 수 있다는 것을 알 수 있었다.
3. 휨 실험을 통해 w5s1(f1.5)시편이 일반 타설 시편과 대등한 강도를 보여줌으로써 검토 배합비중 Extruder에 가장 적합한 가장 적합한 배합비임을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단이 지원하는 재활용 PET병에서 추출한 화이버를 이용한 수축균열 제어용 화이버 콘크리트 개발 과제이며 이 연구를 가능케한 한국과학재단에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Geoff Mays ed. 1992 *Durability of Concrete Structures: Investigation, Repair, Protection*, E&FN Spon, 1992