

폐콘크리트를 이용한 굳지 않은 강섬유 보강 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Properties of Steel Fiber Reinforced Fresh Concrete Using Waste concrete

구 봉 근* 김 창 운** 박 재 성***
Koo, Bong Kuen Kim, Chang Woon Park, Jae Seong

ABSTRACT

In our standard specification, the specific provision of steel fiber pavement concrete didn't describe yet. The purpose of this study presents criteria of recycled aggregate steel fiber pavement concrete including standard crushed stone steel fiber pavement concrete. This study examined a lot of factors which influence consistency of SFRC(Steel Fibre Reinforced Concrete) including crush stone and recycled aggregate. According to this examination, this study decided optimum S/a and W which are essential to pavement concrete mix proportion. Come to the conclusion, this study is expected to effect economically in recycling of resources and bring to affirmative result in aspect of environment.

1. 서론

콘크리트 표준시방서에서는 포장 콘크리트의 내구성을 기준으로 물-시멘트비를 정할 경우 최대 물-시멘트비는 45~50%이며, 포장 콘크리트 배합시 단위수량과 단위시멘트량은 각각 150 kg이하, 280~350 kg, 슬럼프 값은 2.5cm로 규정¹⁾하고 있다. 그러나, 플레쉬 콘크리트에 강섬유를 혼입하면 그 반죽 질기(consistency)는 섬유량의 증가에 따라, 현저하게 저하한다. 그 이유는 강섬유의 표면적 효과와 형상에 근거한 콘크리트의 내부마찰의 증대에 의한 것²⁾이다. 따라서, 보통 콘크리트에 대한 규정을 그대로 SFRC에 적용하는 것은 한계가 있다. 본 연구에서는 SFRC의 컨시스턴시에 미치는 각종 요인(물-시멘트비의 영향, 강섬유 길이의 영향, 강섬유 치수의 영향, 슬럼프와 잔골재율과의 관계, 슬럼프와 공기량과의 관계)을 분석하고, 소요(所費)의 컨시스턴시 SFRC를 얻기 위한 배합의 결정을 위해 최적잔골재율과 단위수량을 결정하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 실험변수는 W/C , 일반쇄석과 재생골재의 대체율(3개 수준), 강섬유혼입률(4개 수준), 강섬유길이(3개 수준), 잔골재율, 단위수량으로 하였으며, 슬럼프(KS F 2402)와 공기량(KS F 2421)의 실험을 통해서 각각 변수와의 관계를 도시화하였다.

* 충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사

** 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정수료

*** 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

표 1 실험계획

실험 변 수				실험 사항			
W/C	골 재	강섬유 혼입률(%)	강섬유길이 (mm)	잔골재율	단위수량	공 기 량	슬 럽 프
	쇄석100%	0	30	잔골재율	단위수량	공 기 량	슬 럽 프
	쇄석70%+재생골재30%	0.5	40				
	쇄석50%+재생골재50%	1.0	50				
		1.5					

2.2 사용재료

본 연구에 사용된 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)에 규정된 S사의 보통 포틀랜드 시멘트(표 2)를 사용하였다.

표 2 실험에 사용된 시멘트의 물리적, 화학적 성질

비 중	분 말 도 (cm ² /g)	용 결 도		안정도 (×)	압축강도 (Kgf/cm ²)			MgO (×)	SO ₃ (×)	감 열 감 량 (×)
		초 결(min)	종 결(min)		3일	7일	28일			
3.15	3,220	235	375	0.15	211	292	385	3.1	2.1	2.1

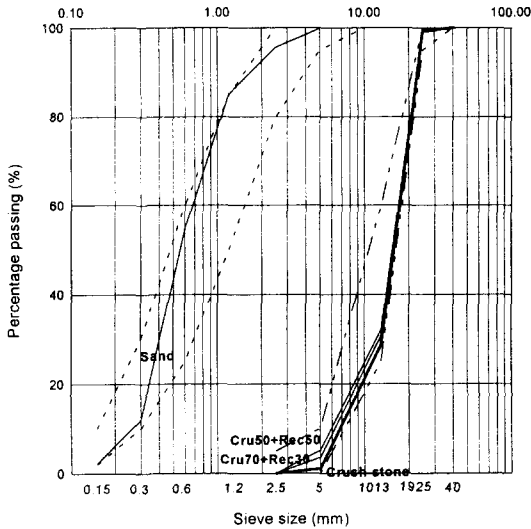


그림 1 사용골재의 체가름곡선

사용한 굵은골재는 모두 최대치수 25mm의 것을 사용하였고 그림 1을 보면 알 수 있듯이 굵은골재, 일반쇄석과 일반쇄석에 대한 재생골재 대체율 30%와 50%의 골재조합과 잔골재는 표준입도 범위 내에 있었다.

잔골재는 충남 공주산 강모래(비중:2.50, 조립률:2.57)를 사용하였고, 굵은골재는 일반쇄석(비중:2.56, 조립률:6.71)과 경남 김해산의 재생골재(비중:2.19, 조립률:6.55)를 사용하였다. 사용골재의 물리적 특성을 표 3에 나타내었다.

한편, 강섬유는 C사의 비중이 7.85이며 길이가 30×0.5mm(60:Aspect ratio), 50×0.5mm(100), 60×0.5mm(120)를 사용하였다. 혼화제는 알칼리 sulfonate가 주성분이고 색상이 암갈색인 것을 사용하였다.

표 3 사용 골재의 물리적 특성

분 류	비 중	F.M.	마 모 감 량(%)	흡 수 율(%)	잔입자 통과량(%)
쇄 석	2.56	6.71	31	2.47	0.4
재 생 골 재	2.19	6.55	33	7.26	0.4
강 모 래	2.50	2.57	-	0.93	2.6

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 혼합하였다. 이때 강섬유의 혼입은 혼합시 손으로 골고루 1/2을 뿌려주고 건비빔을 실시한 후 물을 첨가하면서 나머지 1/2을 뿌려주어 fiber ball이 생기지 않도록 유의하였다. 굳지 않은 콘크리트의 실험은 KS 시험 방법으로 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 슬럼프가 12cm의 콘크리트에 강섬유를 혼입한 경우의 슬럼프 변화와 물-시멘트비와의 관계를 표시한 것이다. 이 그림에서 SFRC는 물-시멘트비의 증대와 함께 슬럼프가 감소하고, 보통 콘크리트에 성립하는 단위수량 일정법칙(물-시멘트비가 변화해도 동일 슬럼프를 얻기 위한 단위수량은 거의 일정하다)이 성립하지 않는 것을 알 수 있다. 그림 3은 SFRC의 슬럼프에 미치는 강섬유의 치수의 영향을 강섬유의 지름이 일정한 경우에 대하여 표시한 것이다. 이 그림에서 보이는 바와 같이 어떤 일정한 슬럼프의 콘크리트에 단면치수가 일정하고 길이가 다른 강섬유를 소정량 혼입한 경우의 슬럼프 감소는 강섬유 길이가 길어지는 만큼 현저하게 감소한다는 것을 알 수 있다. 이것은 섬유길이가 증가함에 따라 일종의 부피가 커지는 효과가 나타나기 때문이라고 생각된다.

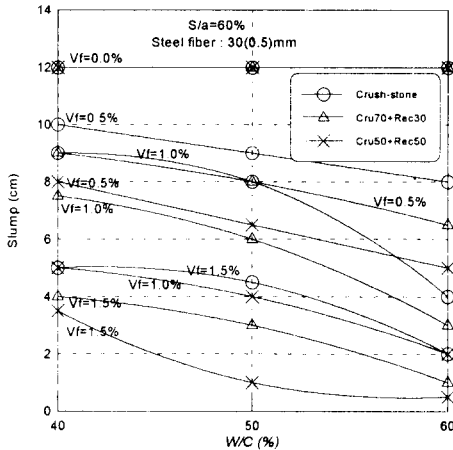


그림 2 SFRC의 컨시스턴시에 미치는 물-시멘트비의 영향

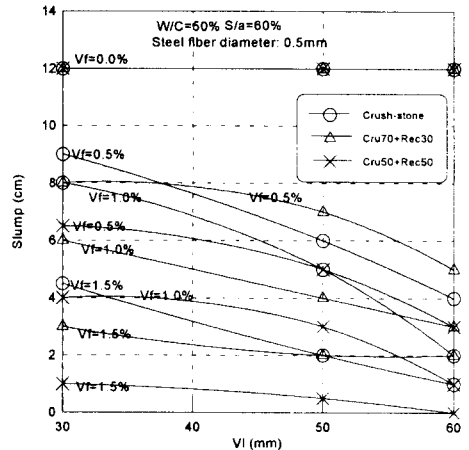


그림 3 SFRC의 컨시스턴시에 미치는 강섬유 길이의 영향

그림 4는 섬유혼입률이 다른 SFRC에 대해, 잔골재율과 슬럼프와의 관계를 구한 것이다. 이 그림에서 나타난 바와 같이 단위수량, 단위시멘트량 및 섬유혼입률을 일정하게 하고 잔골재율을 변화시키면 SFRC의 경우에도 슬럼프 값이 최대가 되는 잔골재율(슬럼프를 일정하게 한 경우 단위수량이 가장 적게 되는 최적 잔골재율)이 존재한다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 섬유혼입률이 같은 경우 슬럼프의 값 여하에 관계없이 이 최적 잔골재율은 변화하지 않고 거의 일정치를 갖는 것을 알 수 있다. 그림 6은 공기량과 슬럼프와의 관계를 나타낸 것으로, 이 그림에서 실용적인 범위는 섬유혼입률의 여하에 관계없이 공기량의 증대와 함께 슬럼프 값이 직선적으로 크게 되는 것을 알 수 있었다.

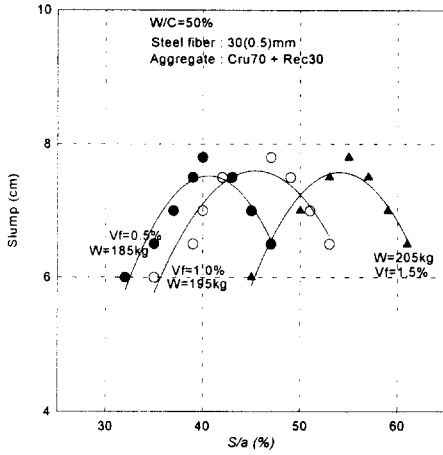


그림 4 슬럼프와 잔골재율과의 관계

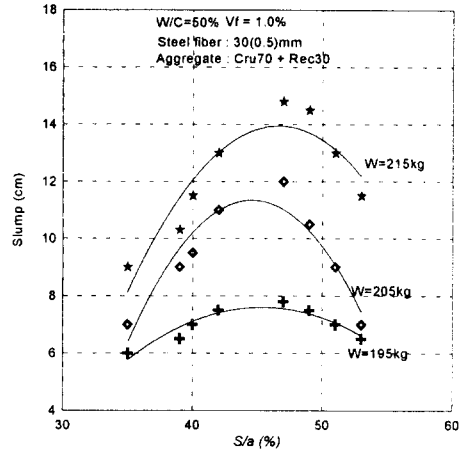


그림 5 슬럼프와 최적잔골재율과의 관계

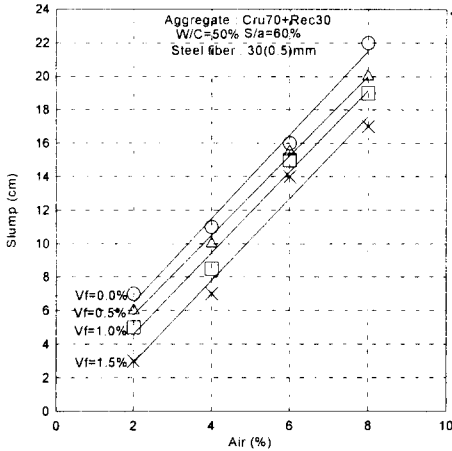


그림 6 공기량과 슬럼프와의 관계

4. 결론

1) 어느 일정한 슬럼프의 콘크리트에 소정량의 강섬유를 혼입한 경우, 슬럼프 변화는 잔골재율에 의해서 상당히 다르고 잔골재율의 값이 작게 되는 만큼 그 변화는 크게 되는 것을 알 수 있었다.

2) 공기량 1%에 대한 슬럼프의 변화량은 골재의 배합에 다소 차이가 있지만 2~3.2cm가 되는 것을 알 수 있었다.

3) 슬럼프값을 일정하게 한 경우 쇄석70%과 재생골재 30%의 조합에서 W=185kg, Vf=0.5%에서의 최적 잔골재율은 40%, W=195kg, Vf=1.0%에서의 최적 잔골재율은 47%, W=205kg, Vf=1.5%에서의 최적 잔골재율은 53%임을 알 수 있었다.

4) 본 실험에서는 크게 3가지의 골재조합(쇄석 100%, 쇄석70% + 재생골재 30%, 쇄석50% + 재생골재 50%)에 대해서 실험을 행하였다. 기준이 되는 쇄석 100%와 쇄석70% + 재생골재30% 조합의 실험결과를 종합적으로 살펴보면, 큰 차이를 보이지 않아서 강섬유 포장과 관련된 시공에서 일반 골재에 대체해서 재생골재를 약 30%정도는 사용해도 무방할 것으로 사료된다.

參考文獻

1. 대한토목학회, "콘크리트표준시방서", 1996.
2. 小林 輔, "纖維補強コンクリート-特性と應用-", オーム社, 1981, pp. 123~138.
3. 小林 輔・岡村雄樹, "所要のコンシステンシーを得るための鋼纖維補強コンクリートの配合設計方法", 日本土木學會論文報告集, 第293號, 1980. 4, pp. 111~119.