

PP섬유 혼입 고강도 경량골재콘크리트의 내화특성

Fire Performance of Structural Lightweight Aggregate Concrete using PP fiber

송 훈* 추 용 식* 이 종 규**
Song, Hun Chu, Yong Sik Lee, Jong Kyu

ABSTRACT

Normally, Structural light-weight aggregate concrete(LWC) has been main used in high rise building with the object of wight loss. In spite of LWC have the advantage of light-weight, limit the use of strength restrictions by reason that explosive spalling in fire. Especially, LWC is occurred serious fire performance deterioration by explosive spalling.

Thus, this study is concerned with fire performance of LWC for the purpose of using PP fibers prevent to explosive spalling. From the experimental test result, LWC is happened explosive spalling.

1. 서론

최근, 고층화가 계획된 공동주택이나 사무소 등의 건축물에 있어 내화성능 및 차음성이 우수한 이유로 철근콘크리트를 적용한 구조물이 늘고 있다. 한편 콘크리트의 결점의 하나가 중량이 크다는 점이며 이를 해결하기 위한 방편으로 경량골재콘크리트를 적용한 구조물이 등장하고 있다. 국내에서의 시공에는 그리 많지 않으나 보급이 진전되고 있으며 세계적으로 널리 확산되고 있다. 경량골재콘크리트의 이용은 고층건축물이 대부분이며 프리캐스트커튼월에도 일부 적용되고 있다.

경량골재콘크리트의 경우 1종과 2종으로 구분되는데 1종은 일반잔골재를 2종은 경량잔골재를 사용한 경우로 구분한다. 경량골재콘크리트는 자중이 작다는 이점에도 불구하고 사용에는 강도적 제한이 따른다. 각국별로 압축강도의 상한치를 적용하는데 국내의 경우는 24MPa이다. 하지만 건축물의 고층화와 더불어 고강도도의 경량골재콘크리트 적용이 시도되고 있다. 하지만, 고강도의 경량골재콘크리트를 적용하는 경우 유리한 점도 많지만 화재에는 취약하기 때문에 사용에 있어 사전 내화성능의 확인이 필요하다. 일본의 경우, 화재초기에 발생하는 폭발로 인해 구조안전성에 미치는 심각한 영향을 고려하여 성능확인을 권고하고 있다. 성능 확인은 고강도콘크리트의 경우는 60MPa이상, 경량골재콘크리트의 경우는 잔골재도 경량골재인 2종이 내화성능 검정의 대상이며 판정은 기존의 내화구조의 성능기준을 적용하여 실시하고 있다.

본 연구에서는 건축물의 고층화와 더불어 적용강도의 증가가 예상되는 고강도를 적용한 경량골재콘크리트의 내화성능을 확인하고자 하였다. 또한 화재에 유효하다고 보고되는 폴리프로필렌섬유(이하

* 요업기술원, 시멘트·콘크리트팀, 선임연구원, 공학박사
** 요업기술원, 시멘트·콘크리트팀, 책임연구원, 공학박사

PP섬유)를 혼입한 경량골재콘크리트에 대해 내화특성 및 폭렬의 발생의 정도를 확인하고자 하였다.

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 보통포틀랜드시멘트이며, 잔골재 및 굵은골재는 메사라이트의 구조용 경량골재를 사용하였다. 굵은골재는 일반경량골재와 밀도가 1이하인 초경량골재를 사용하였고, 잔골재는 강모래와 경량모래를 사용하였다. 폭렬방지에 유효한 PP섬유는 직경 100 μ m 길이 6mm를 사용하였고, 각 사용재료의 물리적 성질은 표1과 같다.

콘크리트의 배합은 단위수량을 170kg/m³로, 물시멘트비를 35%로 하였으며 표2와 같다. 콘크리트의 혼합은 강제식 믹서를 사용하였고, 시멘트와 잔골재를 투입하여 선 혼합 후, 물과 혼화제, 굵은골재의 순으로 투입하여 각각 90초간 혼합하였고, 공기량과 슬럼프를 측정하였다.

표1. 사용재료

시멘트	C	보통 포틀랜드 시멘트, 밀도 : 3.16
	S	강모래, 표건밀도 : 2.60(g/cm ³)
잔골재	SL	혈암, 표건밀도 : 1.86g/cm ³
	GL	구조용 경량골재 (혈암) 표건밀도 : 1.67g/cm ³
굵은골재	G _L	구조용 경량골재 (혈암) 표건밀도 : 1.63g/cm ³
	G _G	구조용 경량골재 (혈암) 표건밀도 : 0.90g/cm ³
	G _s	구조용 경량골재 (혈암) 표건밀도 : 0.90g/cm ³
PP섬유	PP	폴리프로필렌섬유, 밀도 : 0.96 직경 100 μ m 길이 6mm

표2. 콘크리트 배합

Series	W/C (%)	s/a (%)	Unit weight (kg/m ³)					S.P. (%)	Air content (%)	Slump (cm)	
			W	C	S	G	PP				
경량1종	LWC1-35	35	45	170.0	485.7	744.5	451.4	-	0.4	4.9	23
	SLWC1-35	35	45	170.0	485.7	744.5	315.0	-	0.6	5.0	22
경량2종	LWC2-35	35	45	170.0	485.7	472.4	451.4	-	0.2	4.9	21
	SLWC2-35	35	45	170.0	485.7	472.4	315.0	-	0.6	5.2	16
PP	PPLWC1-35	35	45	170.0	485.7	741.9	451.4	0.9	0.5	4.6	21
	PPLWC2-35	35	45	170.0	485.7	470.8	451.4	0.9	0.6	4.5	21

LWC1(S+G_L), SLWC1(S+G_s), LWC2(S_L+G_L), SLWC2(S_L+G_s), PPLWC1(S+G_L+PP), PPLWC2(S+G_G+PP)

2.2 시험방법

내화성능 평가는 KS F 2257의 표준화재곡선을 적용하였으며 비재하방식의 철근의 온도변화를 통한 판정방법을 응용하여 실시하였다. 내화시험은 1시간 내화성능을 상정하였으며, 내화성능 검증을 수월히 하기위해 일면 가열방식 및 시험체의 가열면에 입사하는 입사열을 측정하였다. 입사열의 측정은 대류와 복사를 구분하지 않고 입사되는 총량에 의한 수열량의 합으로 측정하였다. 시험체는 일반적으로 적용되는 피복두께 40mm로 하였다. 가열에 의한 내부온도 변화를 측정하기 위하

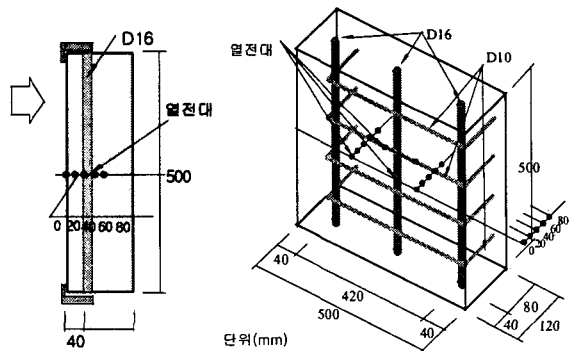


그림1. 시험체의 형상

여 시험체표면 및 표면에서 20mm 깊이로 4개의 열전대를 설치하였고 보조근 및 주근에 각각 2개의 열전대를 설치하였다. 시험체의 크기 및 형상은 그림1과 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 내부온도 변화

표준화재곡선에 의한 가열 개시 후 급격한 온도상승에 따라 입사열도 증가하였으며 가열시간의 경과에 따른 입사열은 그림3과 같다. 폭렬 발생시의 열유속은 $46\sim 62\text{kW/m}^2$ 이었으며 로내의 온도는 $550\sim 690^\circ\text{C}$ 이었다. 시험체의 온도변화는 그림4에 나타내었다. LWC계 시험체 모두 가열초기부터 폭렬에 의한 단면손실이 발생하였고 이에 따라 가열면으로부터 순차적으로 내부온도는 급상승하였다. 함수율에 상관없이 시험체 모두에서 폭렬이 발생하였고, 일부 시험체는 주근이 화염에 노출되어 가열 후 35분경에 500°C 를 초과하였다.

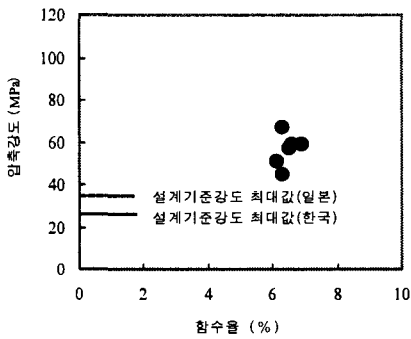


그림2. 시험체의 압축강도와 함수율

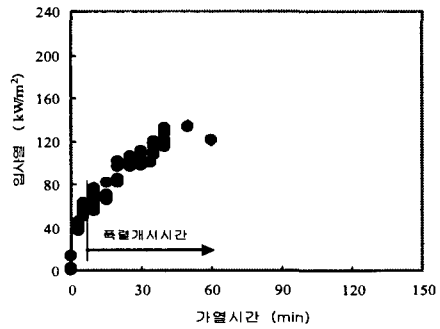
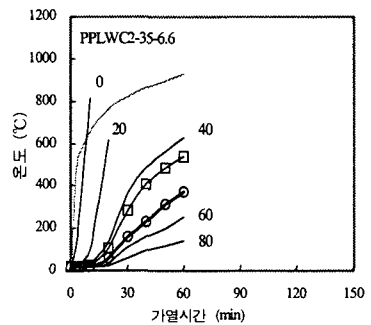
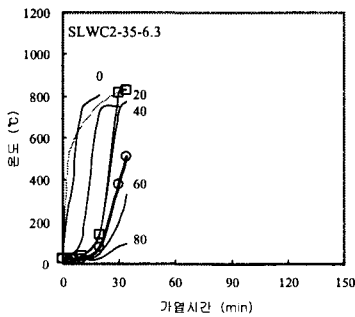
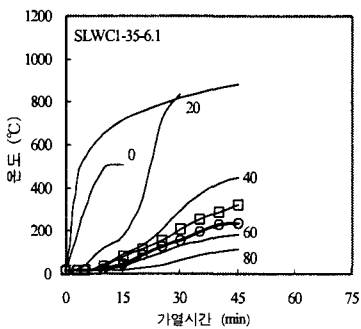
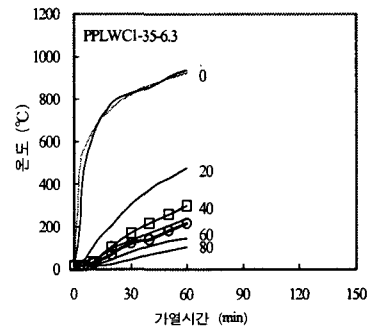
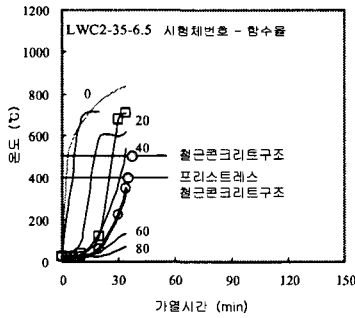
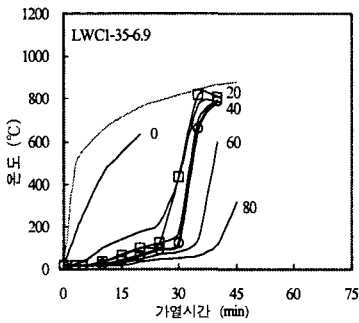


그림3. 가열시간과 입사열



경량콘크리트1종

경량콘크리트2종

PP섬유혼입

그림4. 시험체의 내부온도 변화

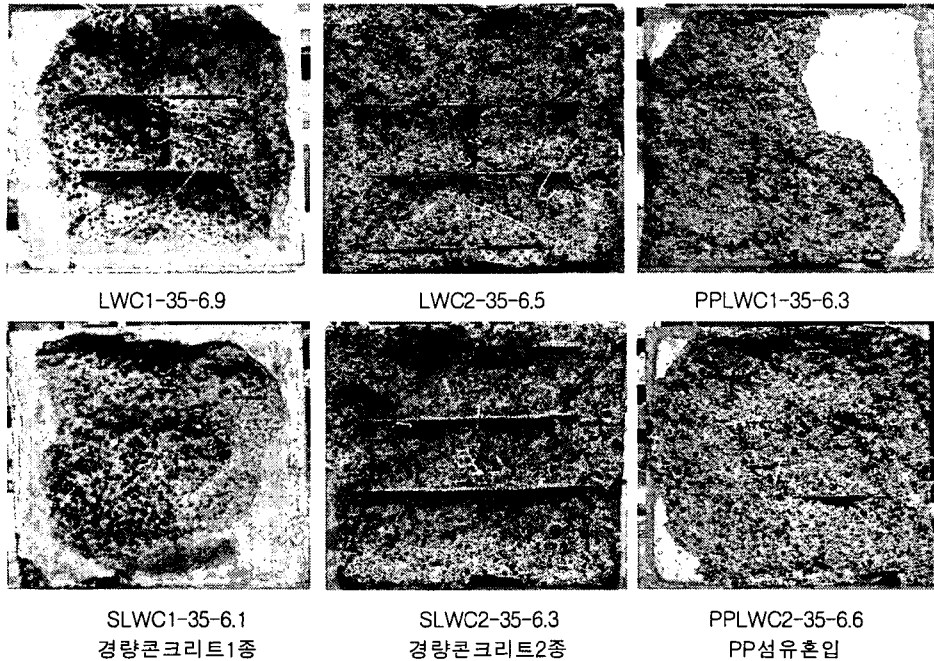


그림5. 내화시험 후의 가열면

3.2 내화성능 평가

1종과 2종 시험체 경우는 후자가 폭렬에 의한 단면결손 정도가 심하였고 주근이 노출되었으며 열에 의한 철근의 좌굴도 발생하였다. 2종의 경우 폭렬이 계속되며 내부로 진행하여 단면결손도 커지며 온도변화의 폭도 커졌다. 또한, 폭렬개시시간에 따라 폭렬깊이가 달라졌다. PP섬유를 혼입한 시험체의 경우 폭렬이 발생하였으나 표층부에 국한되었고 또한 폭렬진행도 늦출 수 있어 폭렬방지에 효과가 있는 것으로 사료되나 완전한 단면손실의 방지에는 미치지 못했다.

고강도를 적용한 시험체는 모두 단면손실을 유발하는 폭렬이 발생하며 내부온도도 급격히 상승하였다. 일부 시험체는 온도판정 기준인 500℃를 40분이내에 초과하여 1시간의 성능확보에도 미흡했으며 실제 구조물로 적용되는 경우 더욱 가혹할 것으로 예상된다. 또한 프리스트레스나 프리캐스트 부재에 경량골재가 사용되어 고강도로 설계되는 경우 사전에 부재에 대한 내화성능 검증이 필요하다.

4. 결론

- (1). 고강도의 경량골재콘크리트를 부재에 적용할 경우 폭렬에 대한 대비책과 검증을 위한 사전 성능 확인이 요구된다.
- (2). PP섬유를 혼입하는 경우 폭렬제어에 유효하며 단면손실을 최소화 할 수 있으나 규정된 내화성능의 만족여부는 불분명하므로 이를 만족하기 위한 별도의 보강책이 필요하다.

참고문헌

1. (재)일본건축종합시험소, 방·내화성능시험 평가업무방법서
2. 내화성능검정법의 해설 및 계산예와 해설, 井上書院, 2001년
3. 건축물의 종합 방화설계법, 제4편 내화설계법, 건설성 종합기술개발 프로젝트, 1988년