

골재종류 및 폴리프로필렌 섬유 혼입률 변화에 따른 고성능 콘크리트의 폭열 특성에 관한 연구

A Study on the Spalling Properties of High-Performance Concrete
with the Kinds of Aggregate and Polypropylene Fiber Contents



한 천 구*
Han, Cheon-Goo



양 성 환**
Yang, Seong-Hwan



이 병 력***
Lee, Byung-Yul



황 인 성****
Hwang, Yin-Seong

ABSTRACT

A spalling is defined as the damages of concrete exposed to high temperature during the fire by causing cracks and localized bursting of small pieces of concrete. It is reported that spalling is caused by the vapor pressure and polypropylene(PP) fiber has an important role in protecting from spalling. This paper is a study on the properties and spalling resistance of high-performance concrete with the kinds of aggregate and the contents of PP fiber. According to the experimental results, concrete contained no PP fiber take place in the form of the surface spalling and the failure of specimens after fire test regardless of the kinds of aggregate. Concrete contained more than 0.05% of PP fiber with the aggregate of basalt does not take place the spalling, while the concrete using granite and limestone does the surface spalling. It is found that residual compressive strength after exposed at high temperature has 50~60% of its original strength. Although specimens after exposed at high temperature is cured at water for 28days, they do not recover their original strength.

Keywords : spalling properties, kinds of aggregate, PP fiber, high-performance concrete

* 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

** 정회원, 인천전문대학 건축과 교수

*** 정회원, 청주대학교 대학원 박사과정

**** 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

• 본 논문에 대한 토의를 2000년 2월 29일까지 학회로 보내주시면 2000년 4월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

폭열이란 화재시 갑작스런 고온에 의해 콘크리트 구조물의 부재 표면이 심한 폭음과 함께 박리 및 탈락하는 현상¹⁾²⁾을 말한다. 이러한 폭열현상은 페복콘크리트가 결손되므로써 구조체 내부까지 고온이 전달되고, 또한 철근이 노출되어 고온을 받게 되면 철근의 강도저하로 구조부재는 치명적인 내력저하를 초래하여 건축물의 붕괴를 일으킬 수 있는 원인이 되기도 한다.

그런데, 이와같은 폭열현상은 일반강도의 보통 콘크리트에서는 발생하지 않으나, 고강도·고유동·고내구적인 고성능 콘크리트와 같이 내부조직이 치밀한 경우는 폭열이 발생하기 쉬운 것으로 알려지고 있고,¹⁾²⁾ 콘크리트의 내화성과 관련하여 골재종류의 암질에 따라서도 크게 영향을 받는 것으로 알려지고 있다.³⁾⁴⁾ 특히, 우리 나라에서는 비내화적인 화강암이 주암종을 이루고 있어, 이를 콘크리트용 골재로 사용할 경우 화재 발생시 커다란 문제점으로 제기될 수 있음에 골재 종류에 따른 고성능 콘크리트의 폭열 특성은 충분히 검토할 필요성이 있다.

그러므로, 본 연구에서는 최근 연구에서 콘크리트의 폭열현상을 폴리프로필렌(이하 PP라 함) 섬유 등 내열성이 작은 섬유를 일정량 혼입해 줌으로써 방지될

수 있다는 연구자료⁵⁾⁶⁾를 토대로, 골재종류 및 PP섬유의 혼입률 변화에 따른 폭열 특성을 검토하므로써, 고성능 콘크리트를 이용한 철근콘크리트 구조물의 화재시 폭열 방지에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같다. 즉, 실험요인으로 물시멘트비는 고강도 영역인 35%에서 골재종류는 화강암, 석회암, 현무암의 3개 수준으로 하고, PP섬유 혼입률은 화강암의 경우 0~0.10%로 9개 수준을 계획하며, 석회암과 현무암은 0, 0.05, 0.10%의 3개 수준으로 총 15배치를 실시한다. 이때, 목표 슬럼프 플로우는 고유동 콘크리트의 범위인 $60 \pm 5\text{cm}$ 로 한다.

굳지않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험항목은 Table 1과 같으며, 배합사항은 Table 2와 같다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드

Table 1 Experimental design

Factors				Experiments		
W/C (%)	Kinds of aggregate	PP fiber contents(vol.%)	Slump flow (cm)	Fresh concrete	Hardened concrete	
35	Granite Limestone* Basalt*	0	60 ± 5	<ul style="list-style-type: none">· Slump· Slump flow· Air content· Unit weight	<ul style="list-style-type: none">· Compressive strength· Tensile strength· Flexural strength· Modulus of dynamic elasticity· Test of neutralization· Test of spalling by fire· Weight loss	
		0.03				
		0.04				
		0.05				
		0.06				
		0.07				
		0.08				
		0.09				
		0.10				

* Only applied to the case of 0, 0.05, 0.10% of PP fiber contents.

Table 2 Mix proportions

Kinds of aggregate	W/C (%)	W (kg/m^3)	S/A (%)	S.P/C (%)	Volume mixing (ℓ/m^3)			Weight mixing (kg/m^3)		
					C	S	G	C	S	G
Granite	35	170	50	1.67	161	308	308	509	793	803
Limestone		170	50	1.67	161	308	308	509	793	837
Basalt		169	50	1.72	161	308	308	509	793	827

시멘트를 사용하고, 잔골재는 충북 청원군 부강산 강모래를 사용하며, 굵은골재로 화강암은 충북 옥산산, 석회암은 충북 제천산, 현무암은 제주도 제주산 20mm 부순 굵은골재를 사용한다.

혼화제로 고성능감수제는 국내산 K사의 폴리칼본산계를 사용하고, PP섬유는 국내산 S사의 단섬유를 사용하는데, 각 재료의 물리적 성질은 Table 3~6과 같다.

Table 3 Physical properties of cement

Specific gravity	Blain (cm^3/g)	Soundness (%)	Setting time (min)		Compressive strength (kgt/cm^2)		
			Ini.	Fin.	3 days	7 days	28 days
3.15	3.412	0.06	237	341	245	301	387

Table 4 Physical properties of aggregate

Aggregates	Specific gravity	F.M.	Absorption ratio (%)	Unit weight (kg/m^3)
Fine agg.	2.58	2.47	1.46	1,598
Coarse agg.	G	6.53	0.69	1,505
	L	6.65	0.68	1,678
	B	6.48	2.00	1,670

G : Granite, L : Limestone, B : Basalt

Table 5 Physical properties of chemical admixture

Kind	Ingredient	Shape	Color	S.G. (20°C)
Superplasticizer	Polycabonic acid	Fluid	Dark brown	1.05

S.G. : Specific gravity

Table 6 Physical properties of PP fiber

Ingredient	S.G.	Length (mm)	Diameter (mm)	Melting point (°C)	Tensile St. (kgt/cm^2)
Homopolymer polypropylene	0.9	19	0.07 (30D)	162°C	5,600

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 Fig 1의 순서에 따라 실시한다.

단, PP섬유 혼입은 혼합시 분산이 잘 되도록 손으로 골고루 뿌려준 후 견비법을 실시하는 것으로 한다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하고, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하며, 공기량 및 단위용적중량은 KS F 2421 및 2409 규정에 따라 실시한다.

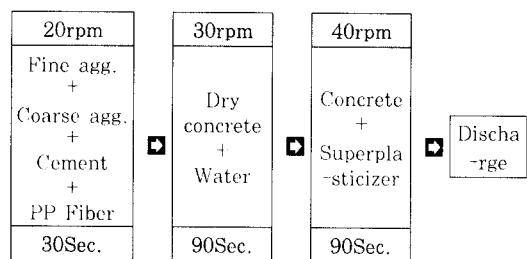


Fig. 1 Mixing procedure of concrete

공시체 제작은 KS F 2403 규정으로 제작하고, 경화 콘크리트의 압축, 휨 및 인장강도는 KS F 2405, 2407 및 2423 규정에 의거 실시하며, 동탄성계수는 KS F 2450 규정에 따라 실시한다. 중성화시험은 1%의 페놀프탈레이인 용액을 공시체 절단면에 분무하여 무색부분을 중성화로 간주하여 평균적인 중성화 깊이를 측정한다.

화재를 상정한 폭열시험은 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 공시체를 종류별로 나누어 Photo 1과 같이 방재시험연구소의 바닥용 내화시험 가열로 내에 수직으로 놓고, KS F 2257에 규정된 표준가열곡선으로 1시간 가열을 실시하며, 가열로 및 공시체 내부온도 측정은 K타입 (NiCr-Ni, 온도측정범위 $-200\sim 1370^\circ\text{C}$) 열전대를 사용하여 측정한다.



Photo 1 Specimens placed in heater

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

Fig 2는 골재종류별 PP섬유 혼입률 변화에 따른 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 것이다.

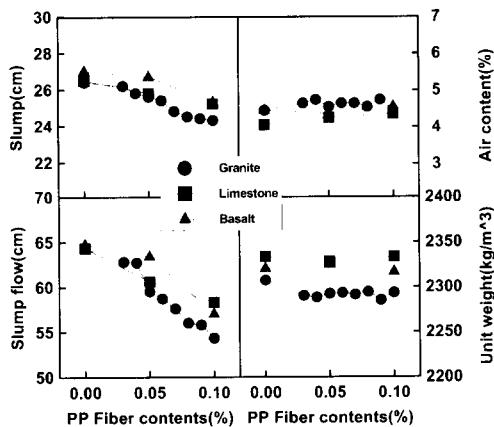


Fig. 2 Properties of fresh concrete with the kinds of aggregates and PP fiber contents

PP섬유 혼입률 증가에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우는 전반적으로 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 PP섬유 혼입에 의해 섬유간 엉킴현상으로 유동성이 억제되어 슬럼프 및 슬럼프플로우가 저하한 것으로 사료되며, 공기량은 PP섬유 무혼입과 비교하여 약간 증가 혹은 감소의 경향은 있으나 큰 차이는 없는 것으로 분석된다. 골재종류별 굳지않은 콘크리트의 특성은 다소의 차이는 있으나 큰 영향은 없는 것으로 분석되어지고, 단위용적중량은 골재종류별 비중 차이에 의해 석회암, 현무암, 화강암 순으로 크게 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

Fig 3은 PP섬유 혼입률 변화에 따른 압축, 인장 및 휨강도를 나타낸 것이고, Fig 4는 골재종류별 압축강도를 PP섬유 혼입률에 따라 나타낸 것이다.

먼저, PP섬유 혼입률 변화에 따른 압축, 인장 및 휨강도는 다소 증가 또는 감소의 경향은 있으나 무흔

입과 비교하여 큰 차이는 없는 것으로 나타났는데, 이는 PP섬유가 0.10%로 매우 작은 양으로 PP섬유와 시멘트 경화체와의 부착강도가 충분히 발휘되지 못하여 PP섬유의 제강도를 나타내지 못한 것으로 사료된다. 골재종류별 압축강도는 전체적으로 500~600kgf/cm²를 상회하는 고강도 영역으로 화강암, 현무암, 석회암 순으로 크게 나타났다.

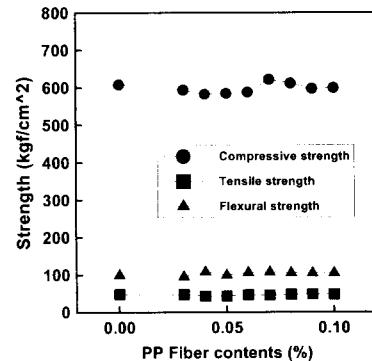


Fig. 3 Compressive, tensile and flexural strength with PP fiber contents

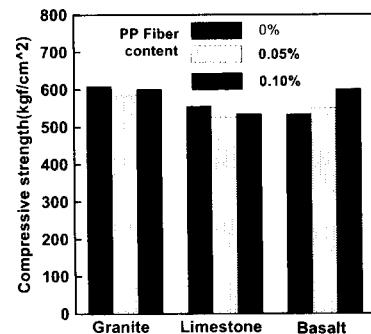


Fig. 4 Compressive strength with the kinds of aggregate

3.3 폭열 특성

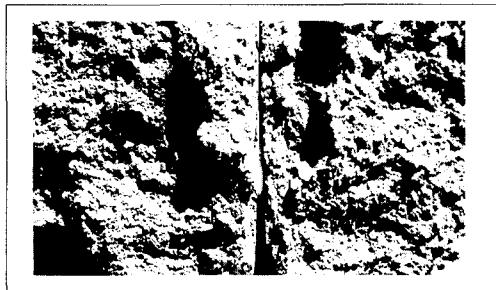
Table 7은 화재조건을 설정하여 가열시험을 실시하고 난 후 공시체의 폭열여부를 조사하여 나타낸 것이다.

폭열시험 결과분석으로, 먼저 화강암 골재를 사용하여 PP섬유 혼입률을 변화시킨 경우 PP섬유 무혼입에서는 고온 가열에 의한 내부 수증기압 발생의 영향으로 공시체 3개 모두 파괴 폭열을 일으켰으며, 0.03%

Table 7 The failure of specimens exposed to high temperature

Kinds of aggregate	PP Fiber contents (vol.%)																		0.08			0.09			0.10		
	0			0.03			0.04			0.05			0.06			0.07			0.08			0.09			0.10		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Granite	X	X	X	X	X	△	X	△	O	O	O	△	△	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	△	O	△	
Limestone	X	X	X	-	-	-	△	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	-	O	O	O		
Basalt	X	X	X	-	-	-	O	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	-	O	O	O		

X : Fracture spalling, △ : Surface spalling, O : No spalling



Before heating

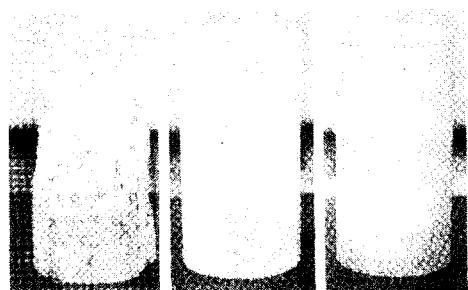


After heating

Photo 2 PP fiber before and after heating

와 0.04%에서 1개 혹은 2개의 파괴 폭열을 일으켰고, 0.05%와 0.06%에서 1개의 경미한 박리 폭열을 보였으며, 0.07% 이상 혼입한 경우는 폭열을 일으키지 않았는데, 이는 Photo 2와 같이 내열성이 작은 PP섬유가 고온에서 녹아 내부 수증기압을 외부로 빠져나가게 하는 통로 역할을 하여 폭열이 방지된 것으로 분석된다.

따라서, 화재시 고온 가열에 의한 내부 수증기압의 영향으로 발생하는 폭열을 방지하기 위한 적정 PP섬유 혼입률은 본 연구 결과 0.07% 정도의 범위로 사료된다. 다만, 0.10% 혼입한 공시체에서 일부 박리 폭열을 보인 것은 가열로내 공시체 배치상의 문제로

Fracture spalling Surface spalling No spalling
Photo 3 specimens after heating

화구에 직접 접하는 면에 위치하여 갑작스런 고온에 의해 표면이 박리 폭열을 일으킨 것으로 사료된다.

골재종류별 폭열 특성으로는 PP섬유 무혼입인 경우 골재종류에 상관없이 모두 파괴 폭열을 일으켰고, 0.05% 혼입한 경우는 화강암과 석회암에서 1개의 박리 폭열을 일으켰으며, 현무암은 모두 폭열을 일으키지 않았다.

또한, PP섬유 0.10% 혼입한 경우는 화강암에서 2개의 박리 폭열을 보였을 뿐 석회암, 현무암 골재를 사용한 경우는 폭열을 일으키지 않았다.

이상을 종합하여 보면, 고성능 콘크리트의 폭열 현상은 PP섬유 무혼입인 경우 골재종류에 의한 영향은 크게 나타나지 않는 것으로 사료되며, PP섬유 0.05% 이상 혼입한 경우의 폭열 방지 효과는 내화적으로 알려진⁷⁾ 현무암이 우수하게 나타났고, 비내화적인 것으로 알려진⁷⁾ 석회암, 화강암의 순으로 나타났다.

Fig. 5는 가열시 공시체의 중심부 온도를 측정하여 나타낸 그래프이다.

초기 공시체 중심부 온도는 가열곡선을 따라 상승하다가 150~200°C 범위에서 온도상승이 일시 정지

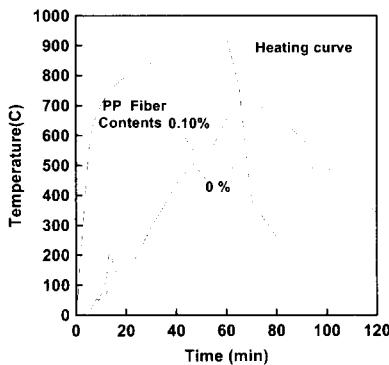


Fig. 5 Internal temperature curve of specimens by heating

하는 현상을 보이는데, 이는 내부 수증기 압력의 증가로 100°C 이상에서의 기화열에 기인하여 온도상승이 일시 정지하는 현상을 나타낸 것으로 사료된다.

또한, PP섬유 무흔입과 0.10% 혼입한 공시체의 온도상승곡선을 보면 PP섬유 0.10% 혼입한 공시체가 250°C 부근에서 온도상승곡선이 역전되어 무흔입한 공시체보다 크게 나타나고 있으며, 60분 가열 후 냉각시에는 0.10% 혼입한 공시체가 무흔입보다 작게 나타나고 있는데, 이는 PP섬유가 녹으므로써 열 흐름의 통로역할을 하여 온도상승곡선이 가열시에는 크게, 냉각시에는 작게 나타난 것으로 사료된다.

Fig. 6은 가열전과 가열후 및 가열후와 가열후 28일 수증양생한 압축강도를 비교하여 산점도로 나타낸 것이다

먼저, 본 연구는 공시체 조건으로 실구조물과는 다

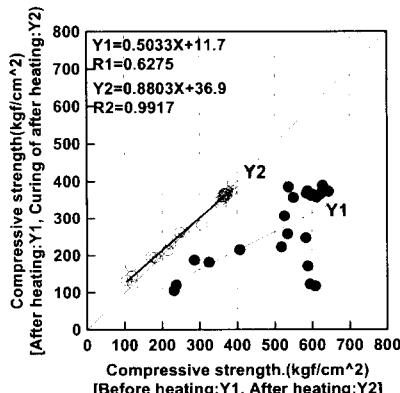


Fig. 6 The comparison of compressive strength

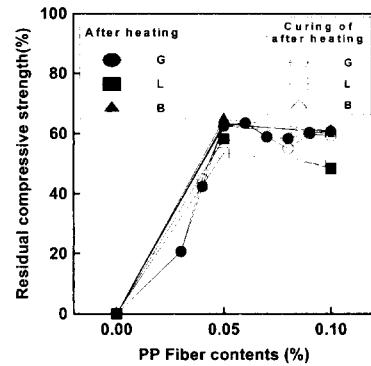


Fig. 7 The residual compressive strength with the kinds of aggregates and PP fiber contents

를 수 있지만, 가열전과 후를 비교하여 보면 가열후의 압축강도가 가열전보다 크게 저하하는 것을 회귀식 Y1을 통하여 알 수 있으며, 가열후와 가열후 28일 수증양생한 후의 압축강도 비교에서는 큰 차이가 없는 것을 회귀식 Y2를 통하여 알 수 있는 데, 이는 화재 시 고온으로 글재와 페이스트트와의 열팽창계수 차이에 의한 균열 등이 발생하여 재차 28일 수증양생하여도 강도가 회복되지 않는 것으로 분석되어진다.

Fig. 7은 가열전과 가열후 및 가열후와 가열후 28일 수증양생한 압축강도율을 PP섬유 혼입률 변화에 따라 나타낸 것이다.

먼저, 가열후 잔존 압축강도율로 PP섬유 무흔입인 경우는 모두 폭열하여 강도측정이 불가하였으나, PP섬유 0.05% 이상 혼입한 경우는 폭열 방지 효과로 잔존 압축강도율이 화강암과 현무암의 경우는 60%

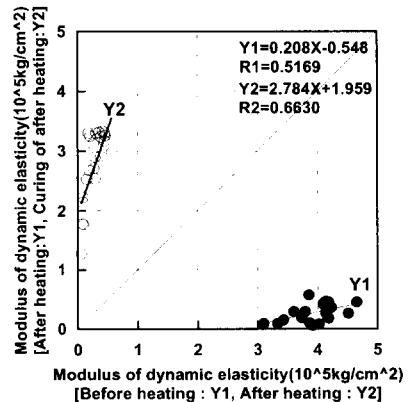


Fig. 8 The comparison of modulus of dynamic elasticity

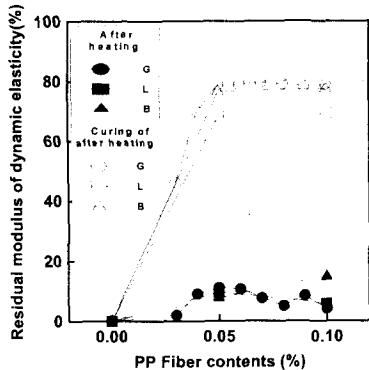


Fig. 9 The residual dynamic elasticity modulus with the kinds of aggregates and PP fiber contents

전후로 나타났고, 석회암의 경우는 50% 전후로 나타났다. 또한, 가열후 28일 수중양생한 후의 잔존 압축 강도율은 고온에 의해 내부조직까지 균열이 발생하였기 때문에 강도회복이 이루어지지 않게 나타났다.

Fig 8은 가열전과 가열후 및 가열후와 가열후 28일 수중양생한 후의 동탄성계수를 비교하여 산점도로 나타낸 것이다.

가열전과 비교하여 가열후의 동탄성계수는 크게 저하하는 것을 회귀식 Y1을 통하여 알 수 있고, 가열후 28일 수중양생한 공시체의 동탄성계수는 압축강도와는 달리 크게 회복되는 것을 회귀식 Y2를 통하여 알 수 있다.

Fig 9는 가열후 및 가열후 28일 수중양생한 공시체의 잔존 동탄성계수율을 PP섬유 혼입률 변화에 따라 나타낸 것이다.

가열후 잔존 동탄성계수는 PP섬유 무혼입인 경우 모두 폭열하여 측정이 불가능하였으나, PP섬유를 혼입한 경우는 골재종류에 상관없이 10% 전후로 동탄성계수가 거의 나타나지 않았으나, 가열후 28일 수중양생한 경우는 70% 전후로 화강암, 현무암, 석회암 순으로 크게 회복되어 나타났다.

Fig 10은 골재종류별 PP섬유 혼입률 변화에 따른 가열후의 중성화 깊이를 나타낸 것이고, Fig 11은 중량감소율을 나타낸 그림이다.

먼저, 가열후 중성화 깊이는 폭열과 관련하여 PP섬유 무혼입인 경우 내화적인 현무암이 가장 양호한 것으로 나타났고, PP섬유 0.05% 이상 혼입한 경우는

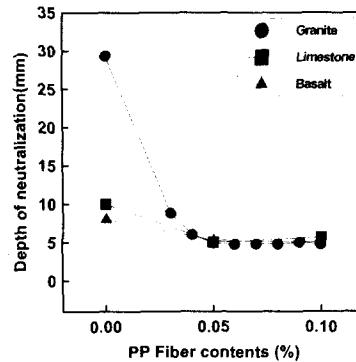


Fig. 10 The depth of neutralization after heating

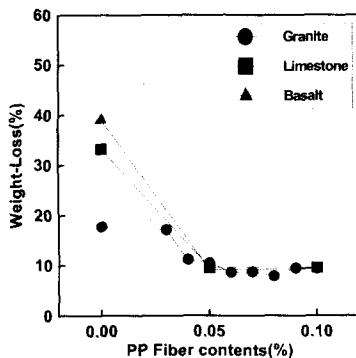


Fig. 11 The weight-loss after heating

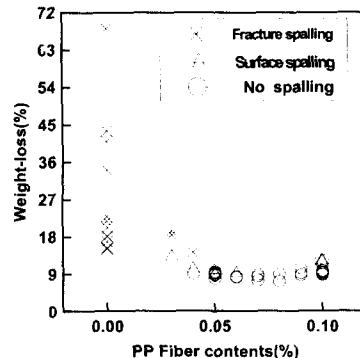


Fig. 12 The relationship between spalling and weight-loss

폭열 방지 효과에 기인하여 골재종류별 큰 차이 없이 나타났는데, 0.05% 이하인 조건에서는 현무암, 석회암, 화강암 순으로 중성화 깊이가 얕게 나타났다.

가열후 중량감소율은 PP섬유 무혼입인 경우 폭열의 영향으로 크게 나타났으나, PP섬유 0.05% 이상 혼입한 경우에는 폭열방지 효과로 중량감소율이 10% 전후로 작게 나타났다.

Fig 12는 중량감소율과 폭열파의 관계를 나타낸 것으로 중량감소율이 9% 이상일 경우는 박리 혹은 파괴 폭열로 나타났으며, 9% 이하인 경우는 폭열이 일어나지 않는 것으로 나타났다.

4. 결 론

고성능 콘크리트인 조건에서 골재종류 및 PP섬유 혼입률 변화에 따른 굳지않은 콘크리트, 경화 콘크리트의 특성과 화재조건을 상정한 공시체 조건의 가열시험 후 폭열 특성에 대한 실험 연구 결과를 종합하면 다음과 같다.

- (1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 골재종류별 PP섬유 혼입률 증가에 따라 슬럼프 및 슬럼프플로우는 저하하는 것으로 나타났고, 공기량은 무혼입과 비교하여 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.
- (2) 경화 콘크리트의 특성으로 PP섬유 혼입률에 따른 압축, 인장 및 휨강도는 무혼입과 비교하여 큰 차이는 없는 것으로 나타났고, 골재종류별 압축강도는 화강암, 현무암, 석회암의 순으로 나타났다.
- (3) 폭열 특성으로 PP섬유를 혼입하지 않은 경우는 골재종류에 상관없이 공시체 모두 폭열을 일으켰는데, 이는 고성능 콘크리트의 폭열에 미치는 골재종류의 영향은 크게 나타나지 않는 것으로 사료된다. 단, PP섬유 0.05% 이상 혼입한 경우는 대부분 폭열 방지 효과를 보였는데, 화강암이나 석회암보다는 내화적인 현무암이 폭열 방지 효과가 양호한 것으로 나타났다.
- (4) 골재종류별 가열후 잔존 압축강도율은 PP섬유 무혼입인 경우 공시체가 모두 폭열하여 강도측정이 불가능하였고, 0.05% 이상 혼입한 경우 폭열방지 효과에 기인하여 현무암, 화강암은 60%전후로 나타났으나, 석회암은 50% 전후로 다소 작게 나타났다. 또한, 가열후 재차 28일간 수중양

생한 경우의 잔존 압축강도율은 가열후와 큰 차이가 없어 강도회복은 보이지 않았다.

- (5) 잔존 동탄성계수는 가열후 골재종류별 PP섬유 혼입률에 상관없이 10% 전후로 크게 저하하였으나, 가열후 재차 28일간 수중양생한 경우는 잔존 압축강도와 달리 70%전후로 크게 회복되었다.
- (6) 가열후 중성화 깊이와 중량감소율은 PP섬유 0.05% 이상 혼입한 경우에는 폭열 방지 효과로 무혼입과 비교하여 작게 나타났다.

감사의 글

본 연구를 위해 석회암과 현무암 골재를 제공하여 주신 제천 아세아시멘트, 제주 성진레미콘과 PP섬유를 제공하여 주신 (주)에스에스산업에 감사한다.

참고문헌

1. 한천구 : 비폭열성 콘크리트, 콘크리트학회지, 제10권 6호, pp. 5~10, 1998. 12.
2. 山崎 唐行, 西田 朗 : 耐爆裂性コンクリート、日本コンクリート工學, Vol. 36, No.1, 1998. 1.
3. 井上明人, 飛坂 基夫 : 高強度コンクリート部材の耐火性の評價に關する研究(第2報:骨材の岩種及び含水率影響), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 739~740, 1991. 9.
4. 笠井 芳夫, 松井勇, 周建東 : 内熱コンクリートの開発(骨材の検討), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 223~224, 1998. 9.
5. 西田 朗, 山崎 唐行, 井上秀之 : 爆熱防止用ポリプロピレン短纖維を混入した高強度コンクリート性状に關する研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 331~338, 1994. 9.
6. 西田 朗, 森田 武, 山崎 唐行 : ポリプロピレン短纖維を混入した高強度コンクリート部材の耐火性, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 63~66, 1998. 9.
7. 이병호 : 건축재료(제11장 석재), 대한건축학회 편, pp. 249~267, 1998.

요 약

폭열이란 화재시 갑작스런 고온에 의해 콘크리트 구조물의 표면이 심한 폭음과 함께 박리·탈락하는 현상으로, 이러한 폭열현상은 고강도·고유동·고내구적인 고성능 콘크리트일수록 내부조직이 치밀하여 발생하기 쉬운 것으로 알려지고 있다. 또한, 폭열은 콘크리트의 내화성과 관련하여 골재종류의 암질에 따라서도 크게 영향을 받는 것으로 알려지고 있다. 특히, 우리 나라는 비내화적인 화강암이 주암종을 이루고 있어 이를 콘크리트용 골재로 사용할 경우 화재 발생시 폭열에 대한 커다란 문제점으로 제기될 수 있음에 본 연구에서는 골재종류에 따른 폭열 특성 및 PP섬유 혼입률 변화에 따른 폭열 방지 효과를 검토하였다. 연구결과 골재종류별 폭열 특성으로 PP섬유를 혼입하지 않은 경우 골재종류에 상관없이 모두 폭열을 일으켰는데, 이는 고성능 콘크리트의 폭열에 미치는 골재종류의 영향은 없는 것으로 사료된다. 단, PP섬유를 0.05% 이상 혼입한 경우에는 골재종류에 따라 폭열 방지 효과를 보였는데, 내화적인 현무암이 화강암이나 석회암보다 우수한 것으로 나타났다. 또한, 가열후 잔존 압축강도율은 골재종류별 PP섬유 0.05% 이상 혼입한 경우 50~60% 전후로 나타났으나, 가열후 재차 28일 수중양생한 후의 강도회복은 일어나지 않았다. 또한, 잔존 동탄성계수는 가열후 10% 전후로 크게 저하하였으나, 가열후 28일 수 중양생한 후의 잔존 동탄성계수는 잔존 압축강도와는 달리 70% 전후로 크게 회복되는 것으로 밝혀졌다.

(접수일자 : 1999. 7. 24)