

수열합성반응에 의한 경량콘크리트 블록 개발에 관한 기초적 연구

The Fundamental Study on the Development of Light Weight Concrete Block by the Hydro-Thermal Synthetic Reaction

강 철* 강 기 웅* 정 지 용* 곽 은 구** 권 기 주*** 김 진 만****
Kang, Cheol Kang, Ki Woong Jung, Ji Yong Kawg, Eun Gu Kwon, Gi Ju Kim, Jin Man

ABSTRACT

As the research on the development of the lightweight concrete block by the hydro-thermal synthetic reaction mixed with the calcareous material and bottom ash that is used less among siliceous material, we studied on the physical and chemical characteristics in the changes of hydro-thermal synthetic reaction of lightweight concrete block compounded with the PP fiber to increase flexural toughness and to prevent fragility failure.

The results of the experiment are as follow. According to the increase of hydro-thermal synthetic reaction and the fiber content, compressive and flexural strength increased. Despite the changes of the hydro-thermal synthetic reaction time, tobermorite was produced on each of the specimens similarly. However, the phase of tobermorite was changed in accordance with the changes of time. Also, CaCO_3 appeared on the surface of the 9 hour hardened specimen.

1. 서 론

최근 건축물의 고층화에 따라 콘크리트의 경량화가 요구되며, 비구조용 재료에서는 경량콘크리트 제품의 사용이 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 특히 ALC(Autoclaved Lightweight Concrete)는 경량 기포 콘크리트의 일종으로 구조물의 중량부담을 경감하기 위해 외국에서는 범용화 되어 많이 사용되고, 국내에서도 경량블럭 등의 건식건축자재로 이용되고 있다. 하지만 ALC의 제조에 사용되는 주재료인 규사분은 높은 SiO_2 함량을 가지고 있으나 천연자원의 고갈과 환경오염 방지로 인한 원재료의 가격 상승으로 다른 칸막이재보다 제품의 가격이 높고, 다른 제품에 비해 인장강도가 낮고, 응력을 받을 때 취성적인 파괴에 대한 단점이 있다.

반면에 화력발전소에서 부산물로 발생하는 바텀애시는 CaO/SiO_2 수열합성반응에 필요한 SiO_2 성분 및, 일부 CaO 성분도 함유되어 있어 다공성 경화체의 제조가 가능하다는 장점이 있다. 이에 본 연구

- * 정희원, 공주대학교 대학원 건축공학과
- ** 정희원, 공주대학교 RRC/NMR 전임연구원
- *** 정희원, 한전전력연구원 수석연구원
- **** 정희원, 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

는 대부분 매립, 폐기되는 규산질 재료인 바텀애시를 칼슘질 재료와 혼합하여 수열합성반응을 통한 경량콘크리트블록 개발에 대한 일련의 연구로서, 휨 인성 증대 및 취성적 파괴를 방지하기 위해 PP섬유를 혼입한 경량콘크리트 블록의 수열합성반응시간의 변화에 따른 물리, 화학적 특성에 대해서 연구하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 수열합성반응을 이용한 경량기포콘크리트블록의 개발에 관한 것으로 경화체의 강도특성을 좌우하는 Tobermorite가 생성될 수 있도록 결합재의 CaO/SiO₂ 몰비는 1.1로 고정하였다. 실험 인자는 표 1과 같이 수열합성반응시간 9시간, 14시간 2수준 및 시멘트 중량에 대한 섬유 혼입량 0, 1, 1.5, 2% 4수준으로 실험을 실시하였으며, 실험의 기본배합은 표 2와 같이 물결합재비는 65 wt%, 결합재 비율은 칼슘질 재료 55wt%, 규산질재료는 45wt%로 하였으며, 기포용적비는 슬러리 : 기포 = 1 : 1로 하여 시험체 비중을 동일하게 하였다.

Table 1 Experimental plan

Item	Hydro-thermal synthetic reaction time	Fiber content(%)
Factor	9hour, 14hour	0, 1, 1.5, 2
Level	2	4
Division	A, B	I, II, III, IV

Table 2 Mixing design

W/B(%)	Unit weight(wt, %)		The volume ratio of Foam (Slurry : Foam)
	Calcareous material	Siliceous material	
65	55	45	1 : 1

Table 3 The physical and chemical properties of Bottom ash

Sample	Chemical component(wt, %)										Surface area (cm ² /cm ³)	Specific gravity
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	Na ₂ O	Ig-loss		
Bottom Ash	47.7	25.1	5.7	0.6	0.7	3.3	0.1	1.4	0.0	15.3	8,070	2.36

Table 4 The Physical properties of foaming agent

pH	Specific gravity	Dilution ratio
7.36	1.14	35.8

Table 5 The Physical properties of PP Fiber

Length(mm)	Specific gravity	Melting point(°C)	Type
6	0.91	160	Single yarn

2.2 사용재료

2.2.1 주재료

본 실험에 사용한 칼슘질 재료인 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드시멘트)의 규정에 적합한 분말도 3465(cm²/g), 비중 3.15 인 국내 S사 보통포틀랜드 시멘트와, 수열합성반응에 필요한 규산질 재료는 국내 무연탄발전소인 S화력에서 발생한 바텀애시를 분쇄하여 사용하였으며 그 특성은 표 3에 나타내었다.

2.2.2 혼화재료

고성능 감수제는 나프탈렌계로서 국내 K사의 제품을, 기포제는 국내 H사에서 생산되는 동물성 기

포제를, 휨 인성 증대를 위해 사용한 섬유는 국내 S사의 PP섬유를 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 혼합방법 및 양생방법

시험체의 기포혼입방법은 기포콘크리트의 혼합방법 중 결합재에 배합수를 투입하여 슬러리 상태로 만든 후 발포기를 이용하여 발포시킨 기포용액을 투입하는 Pre-foaming 방법으로 하였으며, 시험체는 타설이 끝난 상태에서 3시간 전치양생 후 상압증기양생(80℃)조건에서 5시간 증기양생을 실시한 다음 오토클레이브(180℃, 10기압)조건에서 각각 9시간, 14시간 동안 양생을 하고 오토클레이브 내에서 자연 감압·냉각하였다.

2.3.2 측정항목

굳지 않은 상태에 대한 시험으로서 KS F 4039(현장 타설용 기포콘크리트)에 따라 슬러리 비중 시험을 실시하였으며, 굳은 상태에 대해서는 KS F 4914(경량 기포 콘크리트 패널(ALC 패널))에 따라 겉보기 비중 및 압축강도, 휨강도를 측정하고 수화생성물을 알아보기 위해 SEM(JSM-6335F) 및 X선 회절분석(DMAX2000)을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 압축강도의 변화

그림 1은 수열합성반응시간의 변화 및 섬유 혼입량에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 오토클레이브 양생시간이 증가할수록 압축강도는 다소 높은 것으로 나타났다. 섬유 혼입량에 따른 변화를 보면 9시간 경화체에서는 혼입량이 증가할수록 강도가 증가하는 반면에, 14시간 경화체의 경우에는 강도 변화의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

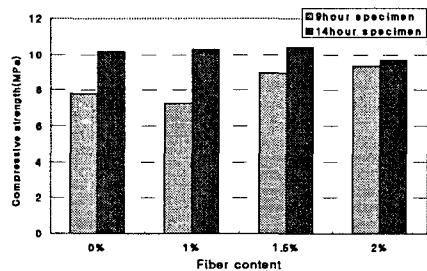


Fig. 1 The change of compressive strength

3.2 휨강도의 변화

그림 2는 수열합성반응시간의 변화 및 섬유 혼입량에 따른 휨강도의 변화를 측정한 것으로 압축강도와 유사하게 오토클레이브 양생시간이 증가함에 따라 휨강도 또한 증가하는 것으로 나타났는데, 그러한 경향은 9시간 경화체 보다 14시간 경화체에서 큰 것으로 나타났다. 섬유 혼입량에 따른 휨강도의 변화에서는 섬유 혼입량이 증가할수록 휨강도가 증가하였으나 14시간 경화체의 섬유 혼입량 2% 시험체에서는 강도가 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 섬유의 과다사용으로 인한 경화체의 불균질성을 초래하여 강도가 저하된 것으로 사료된다.

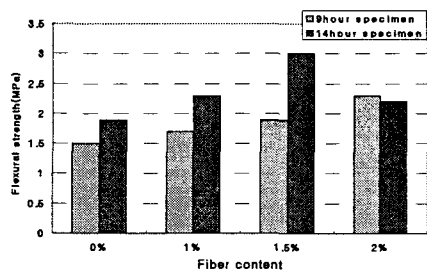


Fig. 2 The change of flexural strength

3.3 경화체의 미세구조 및 수화생성물 분석

그림 3은 수열합성반응시간에 따른 경화체의 수화생성물의 미세구조 사진 및 X선회절분석 결과를 나타낸 것으로 그림 a, b는 수열합성반응시간에 따른 경화체의 미세구조 사진으로서 그림 a의 9시간에서는 판상구조의 수화물이 서로 치밀하게 일부 주상으로 성장하는 형상이 관찰 되었다. 일반적으로 오토클레이브 양생과정을 거치면 판상형 구조의 Tobermorite가 서로 겹쳐 발생하는 것을 알 수 있으나 반응시간이 길어짐에 따라 겹침의 과정이 없어지는 것으로 나타났다. 그림 c는 수열합성반응 9시간 경화체의 표면에서 용출된 백색 생성물의 미세구조 사진으로서 6광형의 결정체가 생성된 것으로 나타났다.

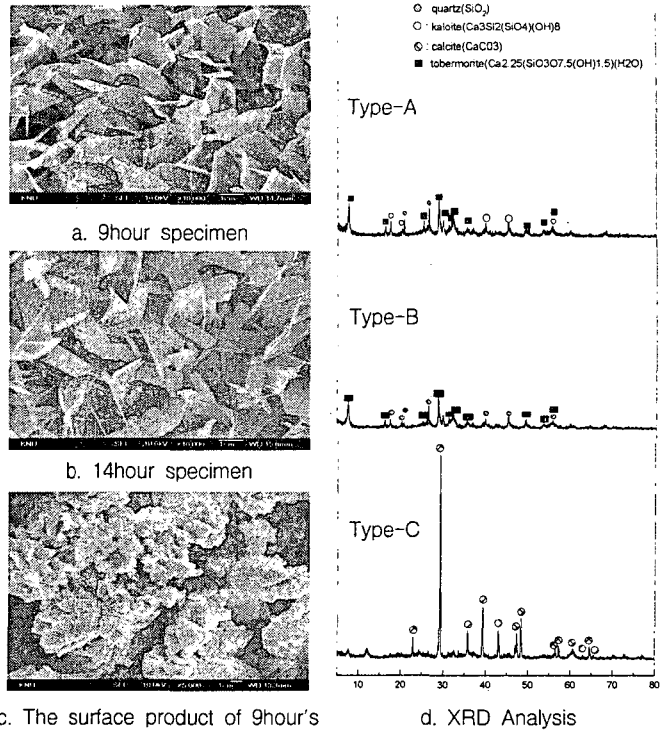


그림 d는 X선회절분석 결과로 Type-A와 B는 그림 a와 b의 수화생성물을 분석한 것으로 수열합성반응에 의해 발생하는 Tobermorite로 밝혀졌으며, Type-C는 그림 c의 표면생성물에 대한 분석 결과로 CaCO_3 로 나타났다.

c. The surface product of 9hour's

Fig. 3 Micro structure and XRD Analysis

4. 결론

1. 수열합성반응시간이 증가할수록 압축강도와 휨강도는 증가하는 것으로 나타났으며, 압축강도에서는 9시간 경화체의, 휨강도에서는 14시간 경화체의 강도 변화의 차이가 큰 것으로 나타났다.
2. 수열합성반응시간과 상관없이 Tobermorite가 생성되는 것으로 나타났으며, 반응시간이 증가함에 따라 Tobermorite의 상이 변화하는 것으로 나타났고, 9시간 경화체에서는 시험체 표면에 CaCO_3 가 용출되는 것으로 나타났다.

[감사의 글]

본 연구는 전력산업연구개발의 연구비 지원에 의해 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터(RRC/NMR)가 수행한 연구 결과의 일부로 관계기관에 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. 조순보, 윤재환, "국내 콘크리트 공장제품의 업계현황", 한국콘크리트학회지, 제8권 1호, 1996, pp43~49
2. 섬유혼입비율에 따른 하이브리드 섬유보강콘크리트의 재료특성 한국콘크리트학회 2004년도 가을 학술발표회 논문집 : Vol.16 No.2
3. Properties of Concrete, A. M. Neville, 1996, fourth final edition, pp.370~373