

리트벨트법을 이용한 당류계 초지연성 혼화제 혼입 시멘트 페이스트의 수화생성물 정량 분석

Quantitative Analysis of Hydrate of Sugar-based Super Retardign Agent Mixed Cement Paste Using Rietveld Method

현 승 용* 후 원 야 오** 김 수 호** 김 종*** 한 민 철**** 한 천 구*****
Hyun, Seung-Yong Hu, Yun-yao Kim, Su-Hoo Kim, Jong Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

This study attempted to study the setting time and compressive strength according to the sugar type through XRD. Setting time was found to be delayed the most when mixing white sugar, and setting time was promoted when mixing Saccharin and Aspartame. It was found that when white sugar and Grosvener siraitia were mixed, the compressive strength was higher than that of Control. Aspartame the age passed, C_3S decreased and $Ca(OH)_2$ increased.

키 워 드 : XRD, 당류계, 초지연제, 응결시간, 리트벨트

Keywords : x-ray diffraction, sugar, super retarding agent, setting time, reitveld

1. 서 론

최근 건설업계에서는 “레미콘 8·5제” 및 “주 52시간 근무제” 등에 의해 콘크리트의 1일 절대 타설량이 제한되고 있다. 이에 불연속시공에 따른 구조체의 이음부(Construction joint)가 증가할 수밖에 없는 실정이다. 또한, 현장에서는 콘크리트 타설 및 레미콘 차량 조달 문제 등 시공 중 예상치 못한 타설 중단으로 인해 콜드조인트(Cold joint)가 다수 발생하고 있다. 따라서, 이음부간 일체성 확보를 위한 방안이 필요한 실정이다.

한편, 본 연구팀은 기존의 연구에서 백설탕을 이용해 응결시간을 수 시간에서 수 일까지 자유롭게 조절이 가능한 초지연제를 개발한 바 있으며, 현재는 초지연제를 이용한 이음부 일체화 공법을 연구하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 당류계 종류에 따른 시멘트 페이스트의 응결 및 압축강도 측정하고, XRD 분석을 통해 시멘트 페이스트의 수화물을 확인함과 동시에 리트벨트법을 이용하여 수화물을 정량적으로 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 먼저 배합사항으로 W/C는 27.5%로 결정하였는데, 이는 표준주도에 맞도록 실험을 통해 배합설계한 것이다. 결합재는 OPC 100%, 당류계는 백설탕, 사카린, 아스파탐, 나한과 4수준, 당류계의 혼입율은 0, 0.2% 2수준으로 계획하였다.

실험사항으로 응결시간은 KS L ISO 9597에 의거하여 실험하였으며, 압축강도는 KS L 5105를 참고하였다. XRD 분석은 응결시간 및 압축강도를 고려하여 특정 시료만을 선정 후 측정하였는데, 기준이 되는 Control 배합, 백설탕 및 사카린을 혼입한 배합에 한하여 실시하였다. 재령 1일 및 7일 시점에서 압축강도 측정 후 시료를 채취하였는데, 백설탕의 경우에는 재령 1일에서 강

표 1. 실험계획

구분	실험요인	실험수준
배합 사항	W/C (%)	27.5
	결합재 조성비 (%)	OPC 100
	당류계 초지연성 혼화제 종류	백설탕 ¹⁾ , 사카린 ²⁾ , 아스파탐 ³⁾ , 나한과 ⁴⁾
	당류계 혼입율 ⁵⁾ (%)	0, 0.2
실험 사항	굳지않은 페이스트	응결시간
	경화 페이스트	압축강도(1, 3, 7일) XRD ⁶⁾ (1, 7일)

1) $C_{12}H_{22}O_{11}$ 2) $C_7H_5NO_{3S}$ 3) $C_{14}H_{18}N_2O_5$ 4) $C_{48}H_{82}O_{19}$
5) 물:당류계=1:1로 혼합하여 사용하였으나, 아스파탐의 경우 1:0.01로 혼합하여 사용(상온 용해 최대치)
6) 백설탕의 경우 재령 1일 강도가 발휘되지 않아 재령 3일에서 측정

* 청주대학교 건축공학과 박사과정, 교신저자(yc0933@naver.com)

** 청주대학교 건축공학과 석사과정

*** 청주대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

**** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

***** 청주대학교 건축공학과 명예석좌교수, 공학박사

도가 발휘되지 않아 재령 3일 시점에서 시료를 채취하였다.

3. 실험 결과 및 분석

그림 1은 당류계 종류 변화에 따른 시멘트 페이스트의 응결시간을 나타낸 것이다. 먼저, 당류계를 혼입하지 않은 배합(Control)의 경우에는 초결까지 3.5시간, 종결까지 4.7시간 소요되는 것으로 나타났으며, 백설탕 및 나한과를 혼입할 경우 응결시간 지연, 사카린 및 아스파탐을 혼입한 경우 촉진되는 것으로 나타났다.

그림 2는 당류계 종류 변화에 따른 시멘트 페이스트의 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저 모든 배합에서 재령 경과에 따라 압축강도가 증진되는 것으로 나타났다. 백설탕의 경우 재령 1일에서 압축강도가 측정되지 않는 것으로 나타났으나, 재령 7일에서 여타 배합에 비해 가장 높은 압축강도를 발휘하는 것으로 나타났다.

그림 3은 재령별 당류계 종류에 따른 XRD 분석 결과를 나타낸 것이고, 표 2는 리트벨트법에 의한 정량 분석 결과이다. 모든 배합에서 재령이 경과함에 따라 C₃S의 양은 감소, Ca(OH)₂의 양은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 시멘트 화합물인 C₃S가 수화 속도가 가장 빠르기 때문에 H₂O(물)와 반응하면서 CaO의 결합이 끊어져 Ca²⁺가 용해되고, Ca²⁺가 과포화 농도가 되면 Ca(OH)₂로 석출됨에¹⁾ 기인한 것으로 판단된다.

표 2. 리트벨트법에 의한 정량분석 결과

당류계 종류		미혼입		백설탕		사카린	
재령(일)		1	7	3	7	1	7
Reitveld (%)	C ₃ S	62.9	54.1	63.8	54.1	61.8	51.1
	Ca(OH) ₂	25.9	31.5	26.0	33.0	25.0	32.7
	CaCO ₃	11.2	14.3	10.2	12.9	13.2	16.2

4. 결 론

본 연구에서는 XRD 분석을 통해 당류계 초지연성 혼화제 종류에 따른 응결 및 압축강도 특성을 확인하고자 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 백설탕 혼입시 응결이 가장 많이 지연되는 것으로 나타났고, 사카린 및 아스파탐 혼입시 응결이 촉진되는 것으로 나타났다.
- 2) 백설탕 및 나한과 혼입시 Control 배합에 비해 압축강도가 높게 발휘되는 것으로 나타났다.
- 3) 재령 경과에 따라 C₃S의 양은 감소하고, Ca(OH)₂의 양은 증가하는 것으로 나타났다.

Acknowledgement

본 논문은 2021년 한국연구재단의 개인기초연구사업(중견연구)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다. (과제번호:2021R1A2C2011273)

참 고 문 헌

1. 민태범, 조인성, 이한승, 경화촉진제와 조강시멘트를 사용한 시멘트 페이스트의 초기강도 발현 메커니즘에 관한 실험적 연구, 한국구조물진단유지관리공학회 논문집, 제18권 제1호, pp.84~92, 2014.1

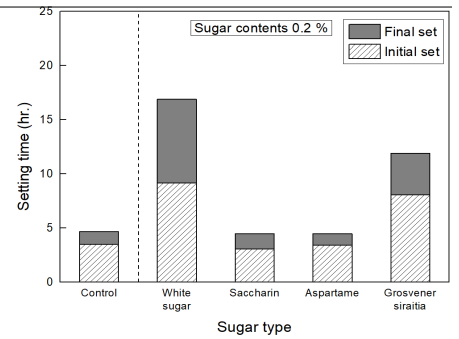


그림 1. 당류계 종류에 따른 응결시간

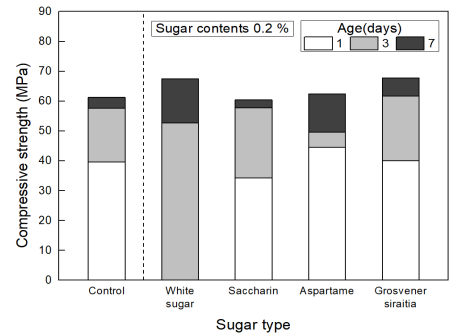


그림 2. 당류계 종류에 따른 압축강도

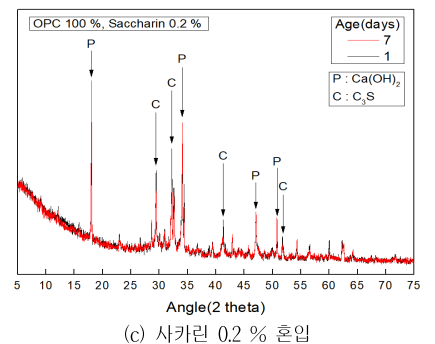
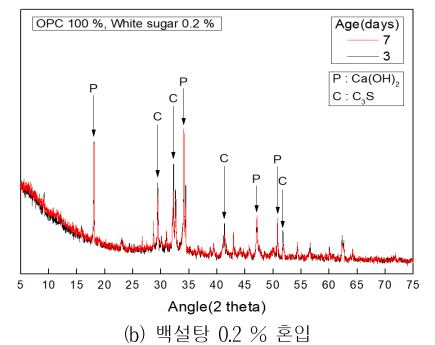
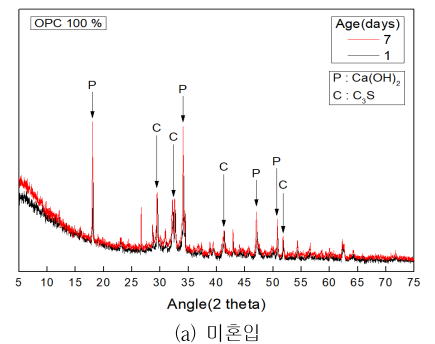


그림 3. 당류계 종류에 따른 XRD 분석 결과