실리카흄의 겉보기 밀도에 따른 80MPa급 고강도 콘크리트의 경화 전후 물성

Comparison of Properties of 80MPa-High Strength Concrete According to the bulk density of Silica Fume

조홍범[1] · 김영선[2*] · 전현수[3] · 손원일[4] · 석원균[5] · 이재명[6]
Cho, Hong-Bum[1] · Kim, Young-Sun[2*] · Jeon, Hyun-Soo[3] · Son, Weon-Il[4] · Seok, Won-Kyun[5] · Lee, Jae-Myung[6]

Abstract : In the production of high-strength concrete of 80 MPa or more, silica fume is widely used as a binder to ensure the strength safety and pumpability of concrete. The bulk density of silica fume is an important physical property that can have a significant impact on the performance of concrete. Therefore, Understanding the effect of silica fume density on the physical properties of concrete and selecting the appropriate material with the correct density is crucial to ensuring optimal performance in construction projects.

키워드 : 80MPa 고강도 콘크리트, 실리카흄, 겉보기 밀도
Keywords : 80MPa high-strength concrete, silica-fume, bulk density

1. 서 론

80MPa 이상의 고강도 콘크리트의 제조에 있어 콘크리트의 강도 안전성 및 펌프 압송성 확보를 위해 결합재로서 실리카흄(Silica-fume, 이하 SF)이 널리 사용되고 있다. SF의 특성은 콘크리트의 경화 전후 콘크리트의 물성에 큰 영향을 미치므로 적합한 SF의 선정과 배합기술은 초고층 건축 프로젝트의 수행에 필수적인 요소기술 중 하나이다. 특히 실리카흄의 겉보기 밀도(Bulk density)는 콘크리트 성능에 큰 영향을 미치는 중요한 물리적 특성으로서, SF는 겉보기 밀도에 따라 고밀도 실리카흄(Densified Silica-fume, 이하 DSF)과 저밀도 실리카흄(Undensified Silica-fume, 이하 USF)으로 구분할 수 있다[1]. 이에 본 논문에서는 DSF와 USF를 사용한 80MPa 고강도 콘크리트의 경화 전후 물성을 비교 검토하였다.

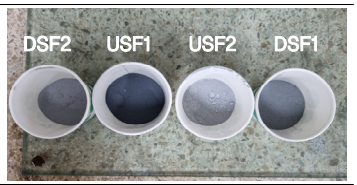
2. 실험계획

SF의 겉보기 밀도에 따른 콘크리트의 경화 전후 물성평가를 위해 표 1의 SF 4종(DSF 2종과 USF 2종)을 제외하고는 사용재료 및 배합비를 동일하게 적용하여 굳지않은 콘크리트의 물성(슬럼프 플로우, T500, 공기량)과 재령별 압축강도를 비교 평가하였다.

결합재는 보통포틀랜드시멘트(OPC), 고로슬래그시멘트(SC), 플라이애시(FA), SF를 사용하였으며, SF 4종의 SiO_2 함유량은 콘크리트 제조에 일반적으로 사용되는 85~94% 이상이며, 분말도는 15~16m^2/g이다. 굵은골재는 20mm 부순돌, 잔골재는 세척사와 부순모래를 50%씩 사용한 혼합사, 혼화제는 S사의 고성능 AE 감수제를 사용하였다.

표 1. 실리카흄 종류별 특성

SF Type	DSF 1	DSF 2	USF 1	USF 2
Bulk Density (kg/m^3)	450–750		200–350	
SiO_2 Contents (%)	92	92	92	94
Color / Particle Type	Gray	Gray	Dark gray	Light gray
Manufacture	Korea	Malaysia	China	China



1) 롯데건설, 부산롯데타워 신축공사, 공학박사
2) 롯데건설, 기술연구원 건축기술연구팀, 공학박사, 교신저자(youngsun.kim@lotte.net)
3) 롯데건설, 기술연구원 건축기술연구팀, 팀장
4) 롯데건설, 부산롯데타워 신축공사, 현장소장
5) 롯데건설, 기술연구원, 원장
6) 롯데건설, 부산롯데타워 신축공사, 주재임원

콘크리트 배합은 20-80-650 규격의 표 2와 같으며, 물결합재비 22.5%, 결합재로서 OPC 65%, SC 20%, FA 10%, SF 5%를 사용한 4성분계 배합을 적용하였다.

표 2. 콘크리트 배합표

Grade	W/B (%)	S/a (%)	Unit Weight (kg/m³)							
			W	C	SC	FA	SF	S	G	AD
20-80-650	22.5	46.0	160	462	141	71	36	696	828	10.65

3. 실험결과

SF 종류별 콘크리트 믹싱 시간은 DSF의 경우 3분~3분 20초, USF의 경우 2분 30초 내외로서 DSF보다 USF 사용시 결합재의 분산성능이 양호한 것으로 나타났다. 굳지 않은 콘크리트의 특성인 슬럼프 플로우와 T500 측정값은 그림 1과 같이 USF 적용 배합이 슬럼프 플로우는 높게 T500은 짧게 측정되어 콘크리트의 유동성 확보 및 점성 저감 측면에서 유리한 것으로 판단된다.

표 3. 굳지않은 콘크리트의 물성

SF Type	Mixing Time (sec)	Slump flow (mm)	T500 (sec)	점도 (상/중/하)	Air (%)
DSF1	3분	690	6	중	1.7
DSF2	3분 20초	685	6	중	1.5
USF1	2분 30초	660	5	하	1.6
USF2	2분 10초	720	4	하	1.5

콘크리트 압축강도는 100×200 원주형 공시체 3개 측정값의 평균값이며, SF 종류에 따른 3일, 7일, 28일 압축강도는 그림 2와 같다. SF 종류별 강도발현 특성을 살펴보면 USF 사용 대비 DSF를 사용한 콘크리트가 재령 28일 압축강도가 5~10% 높게 나타났다.

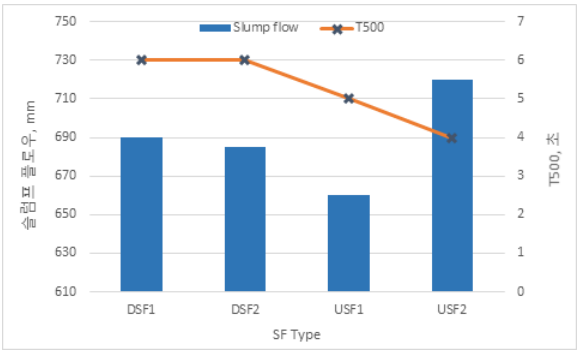


그림 1. SF 종류별 슬럼프-플로우 및 T500

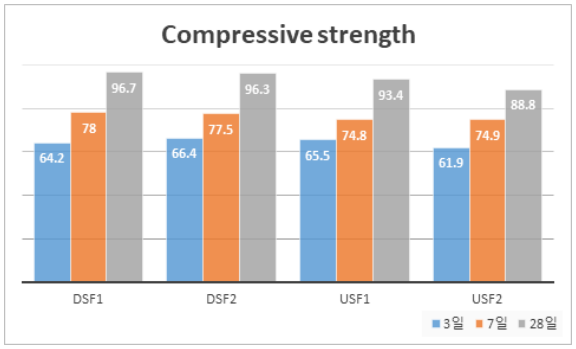


그림 2. SF 종류별 콘크리트 압축강도

4. 결 론

80MPa 콘크리트에서 SF 종류별 경화 전후의 콘크리트 물성을 비교·평가한 결과, 콘크리트의 유동성 증가 및 점성 저감 측면에서는 USF를 사용한 콘크리트가 DSF 사용 대비 우수한 것으로 평가되었지만, 압축강도는 DSF를 사용한 콘크리트가 5~10% 높게 나타났다.

본 논문의 SF의 겉보기 밀도가 다른 DSF와 USF를 사용한 콘크리트의 경화 전후의 물성평가 결과는 80MPa 이상의 고강도 콘크리트의 제조에 있어 SF 선정의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. SFA(Silica Fume Association). Silica Fume User's Manual(2nd Edition). 2022. p. 7-11.