

폴리카보산계 고성능 감수제의 종류와 시멘트 페이스트의 레올로지 특성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

Experimental study on types of polycarboxylate superplasticizers and their on the rheological properties of the cement paste

고혜빈*
Ko, Hye-Bin

공태웅**
Kong, Tae-Woong

조인성***
Cho, In-Sung

이한승****
Lee, Han-Seung

Abstract

Cement paste is the basic material constituting concrete and the most basic data of workability. This study quantitatively evaluated the measured data using a ring flow and a rotary viscometer to estimate the flow of cement paste, and also evaluated the flow and rheology over time. For this, the current work has studied admixtures that affect the fluidity of cement paste. As a result of the experiment, since fluidity and plastic viscosity are inversely proportional to each other, more experimental studies are needed to obtain high fluidity and high viscosity at the same time.

키워드 : 시멘트 페이스트, 레올로지, 폴리카보산계 고성능감수제
Keywords : cement paste, rheology, polycarboxylate superplasticizers

1. 서론

최근 대형건설사를 중심으로 일반강도 영역에서 고유동성을 확보하기 위한 콘크리트의 개발과 실용화 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 일반강도 영역의 고유동 콘크리트는 기존의 고유동 콘크리트에 비해 결합재량이 상대적으로 낮기 때문에 자기충전성 확보 및 재료분리 방지를 위한 레올로지 특성을 파악하는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 폴리카보산계 고성능감수제의 특성별 조합에 따른 시멘트 페이스트의 유동성 및 레올로지 특성을 파악함으로써 일반강도 고유동 콘크리트에 적용가능한 고성능감수제를 평가하고, 이에 대한 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 실험 계획 및 방법

본 연구에 사용된 재료로서 시멘트는 KS L 5201에 규정된 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 일반강도 고유동 콘크리트에 적용할 고성능감수제로는 폴리카보산계 고성능감수제 중 감수형 4종(A,B,C,D), 유지분산형 2종(E,F), 유지형 4종(G,H,I,J)을 조합하여 시멘트 페이스트의 물성을 비교 검토하였다.

시멘트 페이스트의 혼합은 KS L 5109에 준하여 실험하였다. 유동성 평가를 위해 링플로우콘과 유리판을 사용하여 낙하시험 없이 흐름이 멈췄을 때 페이스트의 직경을 측정하였다. 레올로지 특성을 파악하기 위해 회전형점도계(Brookfield DV-III)를 사용하여 전단변형속도를 단계별로 0.13, 0.3, 0.6, 1.3, 2.5, 5.0, 12.5, 25.0s⁻¹와 같이 변화시켜 토크를 측정하였으며, 식 1과 같은 빙햄모델(Bingham model)을 적용하여 소성점도와 항복응력을 산출하였다.

$$\tau = \tau^{\circ} + \eta_p \dot{\gamma} \quad \text{-----} \quad (1)$$

여기서 τ 는 전단응력, τ° 는 항복응력, η_p 는 소성점도, $\dot{\gamma}$ 는 전단변형속도이다. 실험에 적용한 시멘트 페이스트의 배합은 표 1과 같으며, 폴리카보산계 고성능감수제를 총 32가지 조합으로 제조하여 실험을 진행하였다.

표 1. 시멘트 페이스트 배합

W/C	C(g)	W(g)	AD(g)
0.25	500	125	5

※ 감수형 : 유지분산형 : 유지형 = 6 : 3 : 1

* 한양대학교 스마트시티공학과 석사과정

** 한양대학교 건축시스템공학과 박사과정, 선일공업(주)기술연구소 부소장

*** 한양대학교 ERICA 산학협력단 연구원

**** 한양대학교 ERICA 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

3. 실험 결과

시멘트 페이스트의 플로우, 소성점도 및 항복응력의 실험결과에 대한 평가는 각각 5단계(최상,상,중,하,최하)로 구분하여 표 2와 같이 평가한 결과, AEH, AFI, CEI의 배합이 상대적으로 가장 양호한 결과를 나타내었다. 또한 플로우가 증가함에 따라 소성점도 및 항복응력은 감소하는 결과를 나타내었으며, 플로우, 소성점도 및 항복응력에 대한 상관관계를 그림 1~3과 같이 분석한 결과 플로우-소성점도, 플로우-항복응력, 항복응력-소성점도 간의 상관계수는 각각 0.902, -0.931, -0.881로 비교적 높은 상관성을 나타내었다.

표 2. 실험결과

종류	플로우	소성점도	항복응력	종류	플로우	소성점도	항복응력	종류	플로우	소성점도	항복응력	종류	플로우	소성점도	항복응력
AEG	상	최하	하	BEG	하	중	중	CEG	중	하	중	DEG	하	상	상
AEH	상	중	중	BEH	중	중	중	CEH	최상	최하	하	DEH	하	중	중
AEI	최상	최하	하	BEI	중	중	중	CEI	상	중	중	DEI	하	중	상
AEJ	상	하	하	BEJ	하	최상	상	CEJ	상	하	중	DEJ	하	중	상
AFG	중	하	중	BFG	하	중	상	CFG	하	상	중	DFG	중	중	중
AFH	중	중	중	BFH	하	최상	상	CFH	상	하	중	DFH	하	상	상
AFI	상	중	중	BFI	최하	최상	상	CFI	하	상	상	DFI	최하	최상	최상
AFJ	중	중	중	BFJ	하	상	상	CFJ	하	상	상	DFJ	중	상	중

※ 평가기준 : 1) 플 로 우 : 단위 mm, 최상(260이상) / 상(260미만~240이상) / 중(240미만~220이상) / 하(220미만~200이상) / 최하(200미만)
 2) 소성점도 : 단위 cP, 최상(1600이상) / 상(1600미만~1500이상) / 중(1500미만~1400이상) / 하(1400미만~1300이상) / 최하(1300미만)
 3) 항복응력 : 단위 Dynes/cm², 최상(75이상) / 상(75미만~60이상) / 중(60미만~45이상) / 하(45미만~30이상) / 최하(30미만)

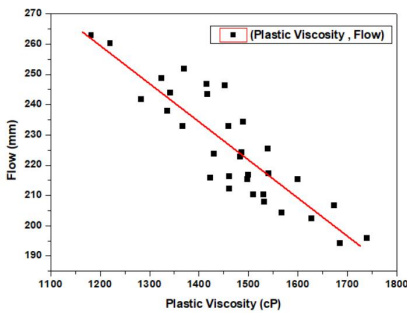


그림 1. 플로우-소성점도

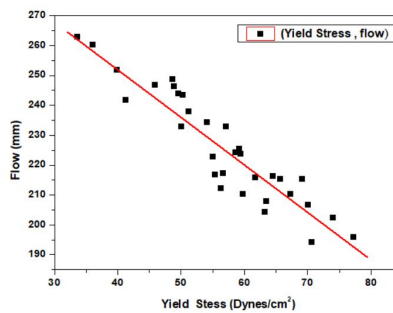


그림 2. 플로우-항복응력

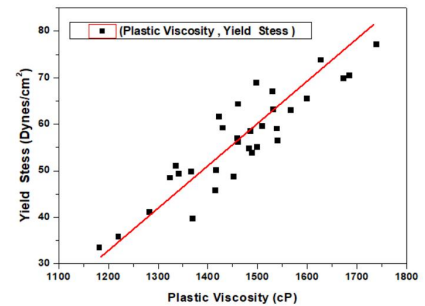


그림 3. 항복응력-소성점도

4. 결 론

- 1) 플로우가 증가함에 따라 소성점도는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 플로우가 증가할수록 공극포화수에 따른 모세관력의 손실 및 시멘트 입자간 응집력 감소가 소성점도에 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.
- 2) 플로우가 증가함에 따라 항복응력도 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 유동성 증가가 페이스트 중에 분산된 시멘트 입자간의 상호작용을 약화시켜 시멘트 페이스트의 전단력을 감소시켰기 때문으로 판단된다.
- 3) 본 연구에서 검토한 총 32가지 폴리카보산계 고성능감수제의 조합 중, AEH, AFI, CEI의 배합이 상대적으로 가장 양호한 결과를 나타내었다. 그러나 일반강도 영역에서 고유동성을 부여하기 위해서는 보다 높은 유동성과 점성을 동시에 확보해야하기 때문에 이에 최적화한 고성능감수제의 개발을 위해서는 물리적·화학적 이론을 접목한 새로운 접근방법을 통해 시멘트 페이스트의 유동성 및 레올로지 특성과 고성능감수제 간의 보다 명확한 메카니즘을 규명할 필요가 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

이 연구는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업이다.(No.2015R1A5A 1037548)

참 고 문 헌

1. 오상균, 잉여페이스트 이론 해석에 의한 고유동콘크리트의 유동성 평가 (Evaluation of the Flowability of Self-Compacting Concrete by Using the Analysis of Excess Paste Theory). 대한건축학회 논문집- 구조계, 제16권 4호, pp.57~62, 2000