

100MPa급 이상의 초고강도 콘크리트의 특성에 관한 연구 - 유동성 및 rheology 특성

A study on properties of ultra high strength concrete of above 100MPa - fluidity and rheology properties

서 일* 이진우** 박희곤*** 배연기**** 조성현***** 이한승*****
Seo il Lee, Jin-Woo Park, Hee-Gon Bae, Yeon-Ki Cho, Sung-Hyun Lee, Han-Seung

ABSTRACT

In recent year, the ultra high strength concrete has highly increased and been used in many parts of the world. However, the viscosity of the ultra high strength concrete is high because of a low water to binder ratio (w/b). So that in this paper, the shear stress and the shear strain rate are directly measured by the viscometer in order to estimate the rheological properties of the ultra high strength concrete and a linear regression analysis was carried out to determine the plastic viscosity and the yield stress as slope. According to the test results, the yield stress and plastic viscosity are correlated to slump-flow, V-funnel flow time, O-lot flow time

요약

본 연구는 최근 건축물의 대형화 다양화 되어감에 따라 초고강도 콘크리트에 대한 높은 관심과 연구가 활발하게 이루어지고 있는 상황에서 국내에서도 200MP급 이상의 초고강도 콘크리트가 개발되었고, 150MPa의 초고강도 콘크리트의 실용화 연구가 진행되고 있는 상황이다. 하지만, 100MPa급 이상의 초고강도 콘크리트는 물-결합재비가 낮기 때문에 점성이 높아 기존의 슬럼프 실험만으로는 유동성을 평가하기에는 부족하기 때문에 레올로지(rheology)를 이용한 평가와 O-lot, V-funnel 실험 평가를 하여 상관 관계를 밝힘으로써 100MPa급 이상의 초고강도 콘크리트의 실용화를 위한 기본 정보를 제공하는데 그 목적을 두었다. 실험 결과, Yield stress과 slump flow, V-funnel는 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었고, plastic viscosity도 O-lot시간과 V-funnel시간과 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

-
- * 정희원, 한양대학교 대학원 건축환경공학과, 석사과정
 - ** 정희원, (주)렉스콘 연구개발팀, 대리
 - *** 정희원, (주)렉스콘 연구개발팀, 전임연구원
 - **** 정희원, (주)렉스콘 연구개발팀, 과장
 - ***** 정희원, 한일시멘트(주) 중앙연구소 선임연구원, 공학박사
 - ***** 정희원, 한양대학교 건축학부 친환경건축연구센터 부교수, 공학박사

1. 서 론

최근 건축물의 대형화 다양화 되어감에 따라 초고강도 콘크리트에 대한 높은 관심과 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 일본의 경우는 130~150MPa급 초고강도 콘크리트의 실용화 연구 및 실제 구조물에 적용이 되고 있으며, 국내에서도 200MPa이상의 초고강도 콘크리트가 개발 되었으며, 150MPa의 초고강도 콘크리트의 실용화 연구가 진행 되고 있는 상황이다.¹⁾ 이런 초고강도 콘크리트는 물-결합재비가 낮기 때문에 점성이 높아 기존의 슬럼프 실험만으로 유동성을 평가하기에는 부족하기 때문에, 레올로지(rheology)를 이용한 평가가 필요하다²⁾. 따라서 본 연구는 150MPa의 초고강도 콘크리트의 유동특성을 비교하기 위한 측정항목으로서 Slump-Flow, O-Lot, V-Funnel 실험을 통해 150MPa의 초고강도 콘크리트의 유동성과 rheology 특성을 비교함으로써 초고강도 콘크리트 실용화를 위한 기본 정보를 제공하고자 한다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 시멘트는 4성분계로 이루어진 국내 H사의 프리믹스 시멘트를 사용하였고, 물리적인 성질은 표1과 같다. 또한, 혼화제는 국내 B사의 폴리카르본산계 고성능 AE감수제를 사용했으며, 골재는 잔골재 5mm이하, 굵은골재는 13mm이하를 사용하였다.

표 1. 사용재료의 물리적 특성

Blaine (cm ² /g)	응결시간(분)		Paste flow(mm)		압축강도(MPa)		
	초결	종결	초기	경시	3일	7일	28일
6,480	130	200	171	185	38	50	62

2.2 실험 방법

본 연구의 배합은 표2와 같으며, 굵지 않은 콘크리트의 유동 평가 실험으로 Slump-Flow, O-Lot, V-Funnel을 실시했으며, 모르타르의 rheology 측정을 위해 Brookfield DV-III를 이용하여 22~25°C 인 실내에서 SC4-29의 Spindle를 이용하여 5, 10, 20, 40, 50, 60, 100rpm으로 회전 속도를 상승시키면서 구해진 전단응력과 전단속도를 Bingham model로 해석하여 소성점도와 항복응력을 구하였다.³⁾

표 2. 콘크리트 배합표

No.	MPa	W/B (%)	S/a (%)	AD (%)	Unit Weight (kg/m ³)				비고	
					W	C	S	G	팽창재 (%)	셀룰로오스 칩 화이버 (kg)
1	100	22	43	2.0	165	750	630	870	-	-
2	120	20	40	2.5	165	820	570	860	-	-
3	150	13	30	3.0	150	1,100	340	830	-	-
4	150	13	30	3.0	150	1,100	340	830	10	
5	150	13	30	3.0	150	1,100	340	830	20	
6	150	13	30	3.0	150	1,100	340	830	-	1
7	150	13	30	3.0	150	1,100	340	830	-	2
8	150	13	30	3.0	150	1,100	340	830	10	1

3. 결과 및 고찰

3.1 유동성 검토 및 분석

굳지 않은 콘크리트 물성시험 결과는 표3에 나타난 바와 같다. 표 3에 나타나 있는 것처럼 콘크리트의 배합 직후 Slump-Flow는 평균 698mm 정도로 측정되었다. V-Funnel flow time은 평균 30.6초를 보이고 있다. O-Lot flow time은 평균 38.2초를 나타내었다.

표 3. 모르타르와 콘크리트 실험결과

No.	MPa	Mortar		Concrete		
		Plastic Viscosity (Pa.s)	Yield stress (Pa)	Slump Flow (mm)	V-Funnel flow time (s)	O-Lot flow time (s)
1	100	5.5	7.74	750	18.5	24
2	120	5.5	6.81	780	11	14.6
3	150	2.7	389.1	650	49	51
4	150	4.8	266.9	720	21	23
5	150	2.7	392.6	675	35	46
6	150	3.4	350.2	690	32	44
7	150	2.8	386.1	660	41	51
8	150	2.3	412	665	38	51

3.2 모르타르의 rheology

Yield stress와 slump-flow의 관계는 그림1과 같으며 Yield stress(σ_m)와 slump-flow(SF)의 관계식을 구하면 식1과 같다. Yield stress가 감소함에 따라 slump-flow는 증가한다. V-funnel (VF)시간과 plastic viscosity(μ_m)관계는 그림2와 같으며 관계식은 식 2와 같다. plastic viscosity가 증가할수록 V-funnel의 유하 시간은 감소하는 것으로 나타났다.

$$\sigma_m = -3.4948 \times (SF) + 2718.4 \quad (R^2 = 0.9049) \quad \text{식(1)}$$

$$VF = -8.9452 \times \mu_m + 64.215 \quad (R^2 = 0.8459) \quad \text{식(2)}$$

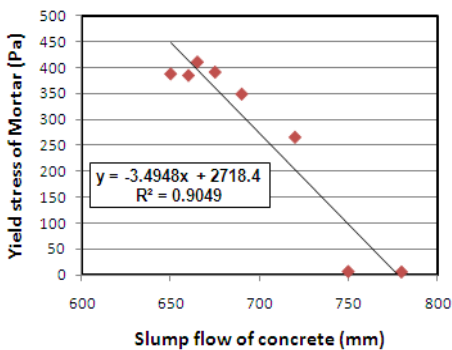


그림 1. Relation between yield stress of mortar and slump flow of concrete

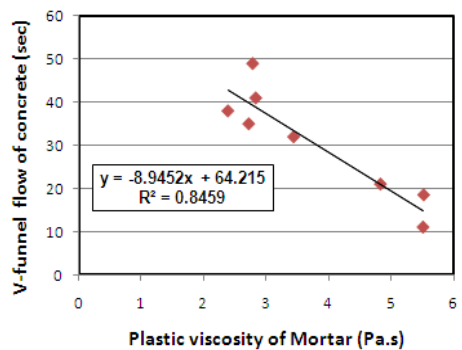


그림 2. Relation between V-funnel flow of concrete and plastic viscosity of mortar

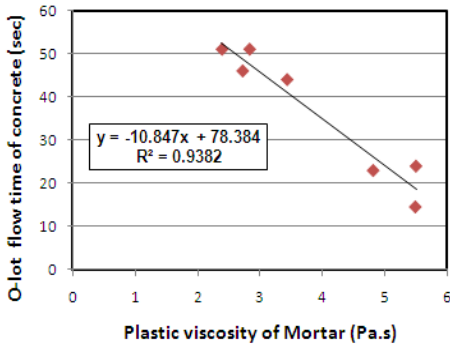


그림 3. Relation between O-lot flow of concrete and plastic viscosity of mortar

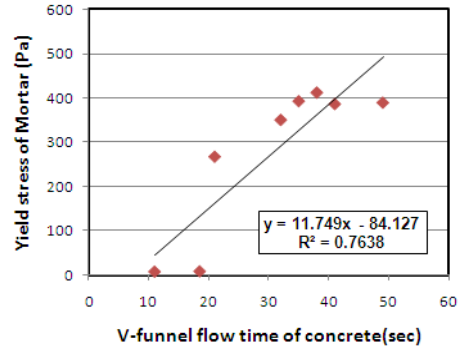


그림 4. Relation between yield stress of concrete and V-funnel flow of concrete

그림 3은 O-lot flow와 plastic viscosity(μ_m)의 관계를 나타내고 있다. plastic viscosity가 증가하면 O-lot 시간이 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 4는 Yield stress(σ_m)와 V-funnel 시간과의 상관관계를 나타내고 있다. 그림 4에서 보면 V-funnel 시간이 증가할수록 Yield stress(σ_m)는 증가하는 것을 알 수 있다.

4. 결론

150MPa의 초고강도 콘크리트의 유동성과 rheology 특성에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Yield stress이 증가함에 따라 slump flow는 감소하지만, V-funnel 시간은 증가하는 것으로 나타나며 Yield stress과 slump flow는 식(1)과 같은 높은 상관관계($R^2 = 0.9049$)를 나타냈다.
- 2) plastic viscosity가 증가함에 따라 O-lot시간과 V-funnel 시간은 감소하는 것으로 나타나며 O-lot 시간과 plastic viscosity는 높은 상관관계($R^2 = 0.9382$)를 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경건축 연구센터의 지원(과제번호 : R11-2005-056-04003)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) 신성우 외, "150MPa 초고강도 콘크리트 배합 및 강도 발현 특성", 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, Vol.20, No.1, 2008, pp. 374
- 2) 이건철, "전단박스 시험에 의한 서스펜션의 레올로지 특성 검토", 대한건축학회논문집, Vol.23, No.8, 2007, pp. 149
- 3) Mitschka P. Simple conversion of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. Rheologica Acta, 1982, Vol21, No.2, pp.207