

증점제 첨가량 변화에 따른 병용계 고유동 자기충전 콘크리트의 유동특성

Flowability Properties of Combined High Flowing Self-Compacting Concrete to the Addition of Viscosity Agent

최연왕* 정재권** 엄주한*** 최욱**** 김경환***** 문대중*****
Choi, Yun Wang Jeong, Jae Gwon Eom, Joo Han Choi, Wook Kim, Kyung Hwan Moon, Dae Joong

ABSTRACT

In this research experimentally analyzes the flow characteristics of a combined High flowing Self-Compacting Concrete of which the viscosity agent and defoaming agent addition amount are changed, to make the combined High flowing Self-Compacting Concrete that can secure the required flow performance and air amount. As a result of the experiment, the slump flow of the combined High flowing Self-Compacting Concrete added with viscosity agent increases when the viscosity agent addition amount is 0.2%(×W %). When viscosity agent addition amount increases, viscosity agent shows that it largely deviates from the regulation value in the flow time of V-funnel, which is presented in the JSCE standards (grade 2). Also, all mixtures, except for mixtures added with viscosity agent, defoaming agent, and AE agent, do not meet a target air amount 4.5±1.5%. High flowing Self-Compacting Concrete mixture added with defoaming agent shows that although time passes after its first mixture, its air amount reduces a little. Based on the experiment, we can know an optimal polymer amount to obtain the required flow performance

요약

본 연구에서는 소요의 유동성능 및 공기량을 확보할 수 있는 병용계 보통강도 고유동 자기충전 콘크리트를 제조하기 위하여 증점제 및 소포제 첨가량을 변화시킨 병용계 고유동 자기충전 콘크리트의 유동 특성을 실험적으로 분석 고찰하였다. 실험결과 증점제를 첨가한 병용계 고유동 자기충전 콘크리트의 Slump flow는 증점제 첨가량이 0.2%(×W %)일 때 가장 증가하였으며 증점제 첨가량이 높아질 경우 JSCE 기준안(2등급)에서 제시한 V-funnel의 유하시간 규정값을 크게 벗어나는 결과가 나타났다. 또한 증점제, 소포제 및 AE제를 첨가한 배합을 제외한 모든 배합이 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하지 못하였으며, 소포제를 첨가한 병용계 고유동 자기충전 콘크리트 배합은 최초 배합 후 시간의 경과에도 불구하고 공기량(A1=1.5%)이 다소 감소하는 결과가 나타났다. 이러한 결과를 통하여 병용계 고유동 자기충전 콘크리트 제조시 소요의 유동성능을 얻기 위한 최적의 혼화제량을 알 수 있었다.

* 정회원, 세명대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 세명대학교 토목공학과 박사과정

*** 정회원, 세명대학교 토목공학과 석사과정

**** 정회원, 한국시설안전공단 네트워크 연구단 팀장

***** 정회원, (주)에이치비티 대표이사

***** 정회원, (주)이제이텍 기술연구소 소장

1. 서론

최근 국내의 경우 콘크리트의 유동 및 점성을 개선시켜 무진동·무다짐이 가능하며 균질한 콘크리트 구조물 제조가 가능한 고유동 자기충전 콘크리트(High flowing Self-Compacting Concrete ; 이하 HSCC라 약함)에 관한 연구 개발이 활발히 진행되고 있으며, 또한 초고층 빌딩과 같은 특수구조물에 대한 시공사례가 점차 증가하고 있다. 그러나 HSCC에 대한 연구개발 및 적용은 대부분 고강도 영역을 중심으로 이루어진 반면 콘크리트 구조물의 90%이상을 차지하고 있는 보통강도 영역에 대한 HSCC의 연구개발 및 적용실적은 미흡한 실정이다.

또한, HSCC는 일반 콘크리트 경우보다 골재의 품질변동(특히, 표면수 변동)에 대한 영향이 유동성능에 있어서 보다 크게 받기 때문에 이러한 골재품질변동에 대한 민감도를 저하시킬 목적으로 증점제를 사용한 병용계 HSCC가 주로 현장에 적용되고 있다. 특히, 고강도 영역의 HSCC보다 분체량이 적은 보통강도 영역의 HSCC의 경우 골재의 품질변동이 유동성능에 미치는 영향이 크기 때문에 적절한 증점제 첨가량에 대한 결정은 소요의 유동성 및 점성을 확보하기 위하여 중요하다. 그러나 이러한 증점제 사용은 콘크리트 내부 공기량을 증가시키는 요인으로 작용하기 때문에 일반적으로 증점제에 의하여 발생된 공기량을 제거하기 위하여 소포제를 증점제와 함께 사용하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 소요의 유동성능 및 공기량을 확보할 수 있는 병용계 보통강도 HSCC를 제조하기 위하여 증점제 및 소포제 첨가량을 변화시킨 병용계 HSCC의 유동 특성을 실험적으로 분석 고찰하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 분체 및 골재

시멘트는 밀도 3.15g/cm³의 보통포틀랜드시멘트(이하, OPC로 약함)를 사용하였고, 분체는 국내 S사의 석회석 미분말(이하, LSP로 약함)과 플라이애시(이하, FA로 약함)를 사용하였다. 골재는 밀도 2.56의 낙동강산 강모래와 최대 치수(Gmax) 20mm인 부순 골재를 사용하였다.

2.1.2 화학혼화제

HSCC의 유동성 조절을 위하여 사용된 고성능감수제(이하, SP로 약함)는 국내 H사에서 생산되는 폴리카르본산계 SP제를 사용하였다. HSCC의 유동성능 조절하기 위하여 폴리카르본산계 SP제에 적합한 폴리-사카이드계 황색 분말형 증점제(이하, VA로 약함)를 사용하였으며, 수중에서 분산효과가 높은 백색 분말형 소포제(이하, DA로 약함)를 사용하였다. 표 1 및 2는 본 연구에서 사용된 증점제 및 소포제의 물리·화학적 성질이다.

표 1. 증점제의 물리·화학적 성질

Item Type	Series	Appearance	Solubility	Moisture content (mg/g)	Viscosity (mPa·s)	PH	Sieve analysis
VA	Poly-saccharide	Yellowish powder	Cold water soluble	95~145	8,00~11,00	6.0~9.5	≤30mg/g on 3000 micro

표 2. 소포제의 물리·화학적 성질

Item Type	Appearance	Color	Ash	Consistency	Apparent density (g/l)	Solubility
DA	powder	white	approx. 33%	free flowing power	approx. 260	dispersible

2.2 실험방법

HSCC성능평가는 일본토목학회(이하 JSCE로 약함)의 “자기충전형 고유동 콘크리트의 시험방법”에

준하여 Slump flow, Slump flow 500mm 도달시간 및 V-funnel 유하시간을 실시하였다. 또한 VA의 첨가율을 변화시킨 병용계 HSCC의 공기량을 측정하기 위하여 KS F 2421에 준하여 HSCC의 공기량을 믹싱후 5수준(0, 30, 60, 90 및 120분)의 경과시간에 걸쳐 측정하였다. 표 3은 JSCE 기준안(2등급)에서 제시하는 병용계 HSCC의 유동성능 값이다.

표 3. JSCE 2등급 및 타설 전 HSCC의 유동성능 값

Item	Types	Slump-flow (mm)	Slump-flow 500mm Reaching time (sec)	V-funnel dropping time (sec)	U-box level (mm)
병용계		600~700	3~15	7~20	≥300

2.3 콘크리트의 배합

HSCC의 배합은 JSCE기준안의 2등급에 준하여 실시하였고 LSP 15% 및 FA 30%의 3성분계 HSCC 배합을 하였으며, 총 8종류의 HSCC에 대하여 SP제, VA, DA 및 AE제를 첨가하여 배합을 실시하였다. 표 4 및 5는 병용계 HSCC 배합에 사용된 배합표 및 각 배합의 혼화제 첨가량이다.

표 4. 병용계 HSCC 배합표

Type	PF	S/a (%)	W/P (%)	LSP/(C+LSP+FA) (%)	FA/(C+FA) (%)	Unit mass(kg/m ³)					
						W	P			S	G
							C	LSP	FA		
Combined	1.12	48	39	30	20	175	298	64	88	769	864

표 5. 병용계 HSCC 배합의 혼화제

Mix No	SP (×P %)	VA (×W%)	DA (×VA%)	AE (×C%)	Mix No	SP (×P %)	VA (×W%)	DA (×VA%)	AE (×C%)
1	0.9	-	-	-	5	0.9	0.4	-	-
2		0.1	-	-	6		0.3	20	-
3		0.2	-	-	7		0.3	20	0.002
4		0.4	-	-	8		0.3	-	0.002

3. 실험결과 및 고찰

3.1 유동평가

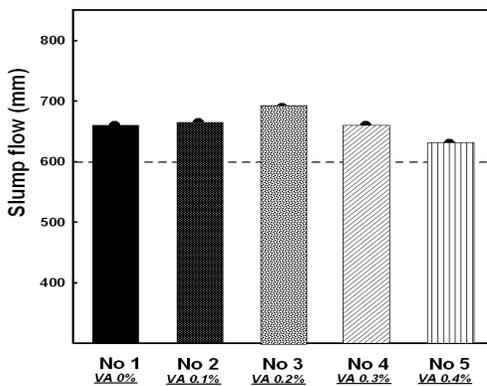


그림 1. VA 변화에 따른 Slump flow값

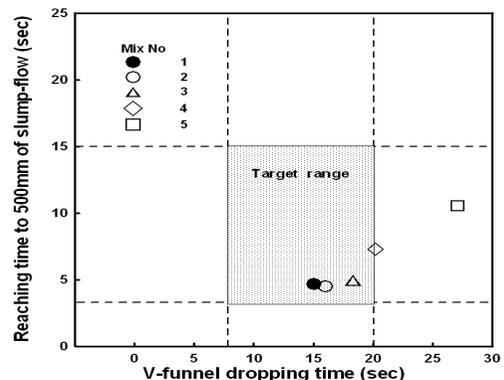


그림 2. V-funnel유하시간 및 Slump-flow 500mm 도달시간의 관계

그림 1은 굳지 않은 콘크리트의 유동성 평가를 위하여 VA 첨가량을 변화시킨 병용계 HSCC의 Slump flow에 대한 값을 정리한 것이다. 그림 1의 결과 VA 첨가량이 증가할수록 Slump flow값이 다소 감소하였지만 VA의 첨가량이 0.2%(×W %)일 때 가장 증가함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 VA를 첨가한 병용계 HSCC의 Slump flow가 최대값을 이루기 위하여 VA의 최적 사용량이 있는 것으로 판단된다. 그림 2는 굳지 않은 병용계 HSCC의 재료분리저항성을 평가하기 위하여 V-funnel의 유하시

간과 Slump-flow 500mm 도달시간을 정리한 것이다. 그림 2의 결과 병용계 HSCC의 점성은 VA의 사용량이 증가할수록 높았으며, VA 사용량이 가장 많은 NO 5배합은 V-funnel의 유하시간 규정값(20sec)를 크게 벗어나는 결과가 나타났다. 이러한 결과는 VA를 첨가한 병용계 HSCC를 과밀 배근된 부재에 타설할 경우 HSCC의 높은 점성으로 타설이 어려울 것으로 판단된다.

3.2 공기량 평가

그림 3은 혼화제(VA, DA 및 AE제)를 첨가한 병용계 HSCC의 배합 30분 후 공기량 측정 결과를 정리한 것이다. 그림 3의 결과 VA, DA 및 AE제를 첨가한 NO 7 배합을 제외한 모든 배합이 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하지 못하였다. 그림 4는 DA 첨가 유무에 따른 병용계 HSCC의 시간 경과로 발생한 공기량 값이다. 그림 4의 결과 DA를 무첨가한 NO 8 배합은 최초 30분 후에 많은 공기량(A2=3.8%)이 저감하는 결과가 나타났지만 DA를 첨가한 NO 7 배합은 공기량(A1=1.5%)이 다소 감소하는 결과가 나타났으며 배합 30분 이후 큰 공기량 변화가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 병용계 HSCC의 높은 점성으로 발생한 콘크리트 내부의 기포를 DA에 의하여 상당량이 제거된 것으로 판단된다. 따라서 VA에 의하여 발생한 기포를 제거하기 위하여 병용계 HSCC 제조시 적정량의 VA 첨가가 있어야 할 것으로 판단된다.

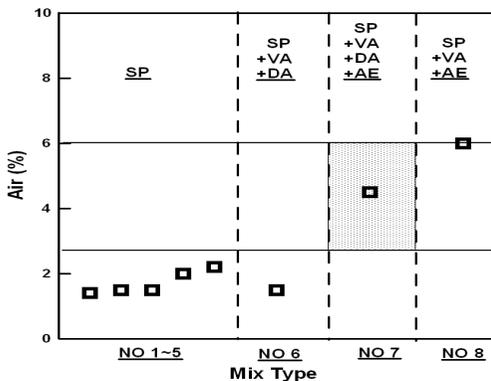


그림 3. 각 배합별 공기량

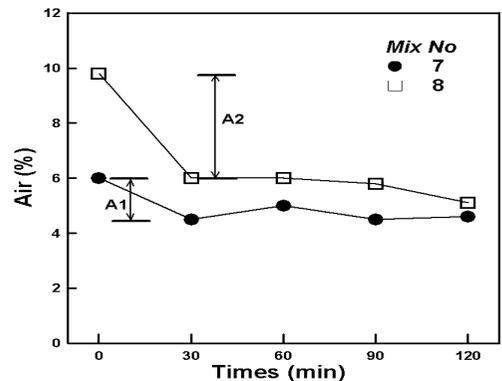


그림 4. HSCC의 시간경과에 따른 공기량 변화

4. 결론

- (1) VA를 첨가한 병용계 HSCC의 Slump flow는 VA 첨가량이 0.2%(×W %)일 때 가장 증가하였으며 VA를 첨가량이 높아질 경우 JSCE 기준안(2등급)에서 제시한 V-funnel의 유하시간 규정값(20sec)을 크게 벗어나는 결과가 나타났다.
- (2) VA, DA 및 AE제를 첨가한 병용계 HSCC 배합을 제외한 모든 배합이 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하지 못하였으며, DA를 첨가한 병용계 HSCC 배합은 최초 배합 후 시간 경과에도 불구하고 공기량(A1=1.5%)이 다소 감소하는 결과가 나타났다.

감사의글

본 연구는 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 고성능·다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술(05 건설핵심 D11-1)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 최연왕 외 4인, “터널라이닝 적용을 위한 자기충전 콘크리트의 유동 특성,” 대한토목학회 학술발표회 논문집, Vol A, 2006, pp.331