

플라이애시 및 석회석 미분말을 사용한 고유동 노출 콘크리트의 품질특성에 관한 연구

A Study on the Quality Properties of Exposed High Fluidity Concrete using Fly Ash and Limestone Powder

최연왕^{1*} · 오성록² · 김지훈³ · 김경환²

Yun-Wang Choi^{1*} · Sung-Rok Oh² · Ji-Hoon Kim³ · Kyung-Hwan Kim²

(Received May 15, 2013 / Revised June 14, 2013 / Accepted June 25, 2013)

Recently, the interest is increasing about the exposed concrete, accordingly, exposed concrete is expanding the use. However, concrete structures is difficult to apply the general concrete for exposed concrete, due to complex section and compact reinforcement, increasingly. Therefore, in this paper, for application of high fluidity concrete as exposed concrete, exposed high fluidity concrete using fly ash and lime stone powder was manufactured and observed quality property(fluidity properties, mechanical properties and Surface Properties) of exposed high fluidity concrete. The experiments are based on the OPC and LSP10, was evaluated Impact on the quality of concrete according to mixing ratio of FA(0 , 10, 15 and 20). As a result, fluidity properties, mechanical properties and Surface Properties of exposed high fluidity concrete were satisfied to requirement conditions, fluidity and surface finishability was improved depending on mix of fly ash and limestone powder. Through this, we utilize of basic research data for development of high fluidity concrete for exposed concrete.

키워드 : 플라이애시, 석회석 미분말, 고유동, 노출 콘크리트, 품질특성

Keywords : Fly Ash, Limestone Powder, High Fluidity, Exposed Concrete, Quality Property

1. 서론

노출 콘크리트는 콘크리트 구조물을 시공한 후 표면에 마감 재료를 따로 시공하지 않고 콘크리트 자체가 나타내는 색상 및 질감을 강조하여 표면을 마감하는 콘크리트로서, 20세기 초부터 다양한 건축물의 의장 표현으로 사용되기 시작하였다(Sin, Jung, Lee, and Ha, 1999).

이러한 노출 콘크리트는 일반적인 콘크리트와는 다르게 마감면의 평활도, 색상 및 질감 등의 표면특성이 중요한 평가요인이기 때문에 노출 콘크리트로 적용되는 콘크리트의 품질관리가 매우 중요하다. 그러나 국내의 경우 현재 노출콘크리트와 관련된 정형화된 배합설계 및 시공 시스템이 마련되어 있지 않으며, 특히, 기존에

노출 콘크리트로 적용되는 일반적인 콘크리트의 경우에는 낮은 유동성으로 인하여 거푸집 내에 밀실한 충전물 위해서는 다짐 작업이 필수 불가결하게 요구되고 있다(Kim, Bae, Cho, Nam, Lee and Kim 2010). 다짐작업의 경우 작업자 및 숙련도에 따라 다짐정도가 달라지며, 과도하게 이루어 질 경우에는 재료분리 등의 문제가 발생하게 된다. 또한 다짐이 부족한 경우에는 콘크리트 내부에 다량의 기포 발생 및 공동부가 발생할 뿐만 아니라 노출콘크리트의 표면에 문제가 발생하게 되어 2차적인 표면 마감 등의 추가적인 유지보수 작업이 필요하게 된다(Jung 2011).

이러한 노출 콘크리트의 시공불량은 노출 콘크리트의 역학 및 내구성을 저하 등의 문제점도 발생시키기 때문에 노출 콘크리트의 품질 대한 신뢰성도 현저히 떨어질 수 있으며, 이와 같은 이유로

* Corresponding author E-mail: crete77@semyung.ac.kr

¹세명대학교 토목공학과 교수 (Semyung University, Jecheon, 390-711, Korea)

²세명대학교 박사과정 (Semyung University, Jecheon, 390-711, Korea)

³세명대학교 석사과정 (Semyung University, Jecheon, 390-711, Korea)

Table 1. Chemical and physical properties of used powder

Items Types	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	L.O.I	Density (g/cm ³)	Specific Surface Area (cm ² /g)
OPC	21.60	6.00	3.10	61.40	-	-	3.40	2.50	0.03	3.15	3,539
FA	58.20	26.28	7.43	6.51	0.80	-	1.10	0.30	3.20	2.20	3,550
LSP	11.06	4.13	1.14	43.80	0.18	1.02	1.42	0.30	35.66	2.69	4,170

Table 2. Physical properties of aggregate

Items Types	Gmax (mm)	Density (g/cm ³)	Absorption (%)	F.M.	Organic Impurities	Unit Mass (kg/m ³)	Solid Volume(%)
S	-	2.58	2.07	2.76	O.K	1,659	62.3
G	20	2.68	1.01	5.94	-	1,626	59.9

노출 콘크리트의 품질 및 시공과정 관리가 무엇보다도 중요하다.

또한 최근 콘크리트 구조물의 경우 복잡한 형상 및 조밀한 철근 배근으로 이루어짐에 따라 기존 노출 콘크리트에 일반적인 콘크리트를 적용할 경우에는 원활한 다짐도 어려울 뿐만 아니라 시공 효율 및 안정된 품질을 확보하는 데도 어려움이 따르기 때문에 이에 대한 해결방안이 필요한 실정이다.

한편, 다짐작업없이 자중만으로 거푸집 구석구석까지 밀실하게 충전이 가능한 고유동 콘크리트는 일반적인 콘크리트와 비교하여 재료분리 없이 높은 유동성을 갖기 때문에 작업자의 숙련도 및 시공방법에 따라 품질변동이 적으며, 이에 따라 안정된 품질 및 고내구성의 콘크리트 제조가 가능하다(Choi, Kim, Park and Jung 2010). 이러한 고유동 콘크리트의 장점으로 인하여 노출콘크리트에 고유동 콘크리트를 적용하는 것이 매우 유효한 것으로 평가되고 있으며, 일본의 경우에는 노출 콘크리트에 고유동 콘크리트를 적용하고 있는 실정이지만 국내의 경우에는 아직 미비한 수준이다.(Lee and YooH 2001).

따라서 본 논문에서는 노출 콘크리트에 고유동 콘크리트를 적용하기 위하여 플라이애시 및 석회석 미분말을 사용한 고유동 노출 콘크리트를 제조하였으며, 고유동 노출 콘크리트의 품질특성 평가를 통하여 노출콘크리트로서 고유동 콘크리트의 적용성을 검토하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용 재료

2.1.1 시멘트 및 혼화재

본 연구에서 사용된 시멘트는 밀도 3.15 g/cm³ 의 보통포틀랜드

시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하였으며, 혼화재는 밀도 2.2 g/cm³의 플라이애시(이하 FA로 약함) 및 밀도 2.69g/cm³ 의 석회석 미분말(이하 LSP로 약함)을 사용하였다. Table 1은 사용된 분체(이하 P로 약함)의 화학적 성분 및 물리적 성질을 나타낸 것이다.

2.1.2 골재

본 연구에서 사용된 잔골재는 밀도 2.58 g/cm³ 의 낙동강산 강모래(이하 S로 약함)를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대 치수 20mm인 화강암질 분순골재를 사용하였다. Table 2는 사용된 골재의 물리적 성질을 나타낸 것이다.

2.1.3 화학혼화제

본 연구에서 사용된 화학혼화제는 고유동 노출 콘크리트의 소요의 유동성 및 공기량 조절을 위하여 국내 H사의 폴리칼본산계 고성능 감수제(이하 SP라 약함) 및 양질의 공기연행제(이하 AE로 약함)를 사용하였다.

2.2 실험계획

2.2.1 배합설계

고유동 노출 콘크리트 배합은 NanSu가 제시한 골재채움률에 따른 PF(Packing Factor)를 수정·보완한 최의 간편배합설계 방법에 따라 고유동 노출 콘크리트를 제조하였으며 JSCE(Japan Society of Civil Engineers, Standard Test Methods for Self-Compacting Concrete)에서 제안된 고유동 콘크리트의 등급 2를 목표로 하였다. Fig. 1 및 Fig. 2는 최의 간편배합설계 방법(Choi, Kim and Moon 2005)에 따른 PF 결정 방법 및 콘크리트 혼합방법을 나타낸 것이며, Table 3은 JSCE에서 제안된 고유동 콘크리트의

Table 3. Grade of high fluidity concrete proposed by JSCE

Items	Rank	Grade 1	Grade 2	Grade 3	
		Construction condition	Minimum gap between reinforcement(mm)	35-60	60-200
		Amount of reinforcement(kg/m ³)	≥ 350	100-350	≤ 100
Flowability		Slump flow(mm)	600-700	600-700	500-650
Segregation resistance ability		Time required to flow through V-funnel(s)	9-20	7-13	4-11
		Time required to reach 500mm of slump flow(s)	5-20	3-15	3-15
		Filling height of U-box test(mm)	≥ 300	≥ 300	≥ 300
		Absolute volume of coarse aggregate per unit volume of SCC(m ³ /m ³)	0.28-0.30	0.30-0.33	0.32-0.35

Table 4. Mix of exposed high fluidity concrete

Type	PF	S/a (%)	W/P (%)	Unit mass (kg/m ³)					
				W	P			S	G
					C	FA	LSP		
OPC	1.09	0.49	0.35	180	514	-	-	769	842
LSP10FA0				180	462	-	44	769	842
LSP10FA10				180	411	36	44	769	842
LSP10FA15				180	385	54	44	769	842
LSP10FA20				180	360	72	44	769	842

등급을 나타낸 것이다.

또한 본 연구에서 사용된 고유동 노출 콘크리트의 경우 분체량으로 점성을 확보하는 매커니즘을 가지는 분체계 고유동 콘크리트를 대상으로 하였으며, 수화열 저감 뿐만 아니라 점성 및 유동성 확보 할 수 있는 FA 및 LSP를 사용하였다. 고유동 콘크리트의 유동성에 관련된 기연구된 결과를 바탕으로(Jung 2011) 고유동 노출 콘크리트에 적합한 배합수준을 결정하여 각각의 성능을 평가하였다. Table 4는 본 연구에서 사용된 배합표를 나타낸 것이다.

2.2.2 거푸집

노출 콘크리트의 표면은 그대로 외적으로 노출되는 부분이자 특징이기 때문에 표면마감에 대한 품질특성은 매우 중요하다. 노출 콘크리트의 표면특성에 영향을 미치는 요소로는 사용되는 원재료, 배합설계 및 관리에 따라 그 품질이 변하게 되지만 기본적으로 노출 콘크리트가 타설되는 거푸집 자체의 특성에 따라 표면에 영향을 미치게 된다. 노출 콘크리트에 사용되는 거푸집은 사용 출처 및 용도에 따라 다양한 종류가 존재하지만 본 연구에서는 노출 콘크리트에 대표적으로 사용되는 PE거푸집, 목재거푸집 및 강재거푸집에 대하여 노출 콘크리트 표면에 발생하는 기포량을 평가하였으며, 광택을 목적으로 하는 PE거푸집의 경우 표면 광택도를 측정하였다.

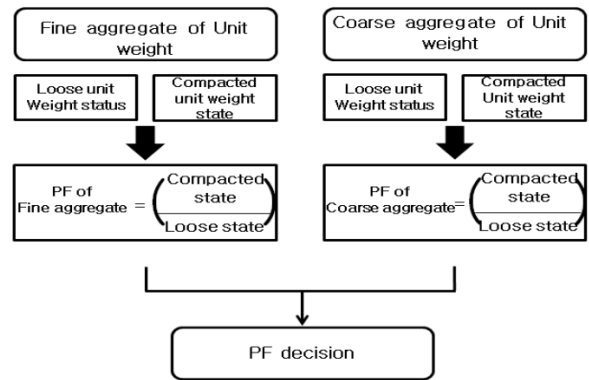


Fig. 1. Determination method of PF

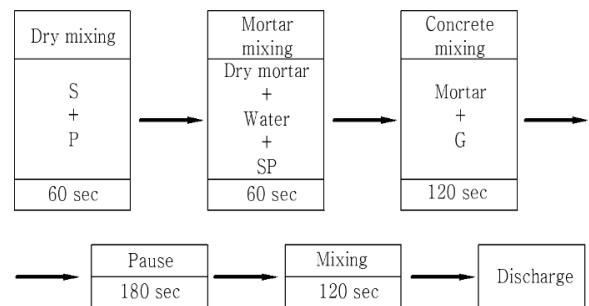


Fig. 2. Mix method of exposed high fluidity concrete

2.3 실험방법

2.3.1 레올로지 시험

고유동 노출 콘크리트의 레올로지 특성을 평가하기 위하여 실린더형 스피ndl을 사용한 B사의 레올로지 미터를 이용하였으며, 고유동 노출 콘크리트 배합에서 굵은 골재를 제외한 모르타르 수준에서 소성점도 및 항복응력을 평가하였다.

2.3.2 슬럼프 플로, 500mm 도달시간 및 V-Lot 유하시험

고유동 노출 콘크리트의 슬럼프 플로, 500mm 도달시간(이하 T_{500} 으로 약함) 및 V-Lot 유하 시험은 JSCE에서 제시된 “고유동 콘크리트의 시험방법”에 준하여 실험을 실시하였다.

2.3.3 공기량

고유동 노출 콘크리트의 공기량 시험은 KS F 2421에 준하여 공기량을 평가하였다.

2.3.4 압축강도

고유동 노출 콘크리트의 압축강도는 KS F 2405에 준하여 재령에 따라 압축강도를 측정하였다.

2.3.5 표면 광택도

고유동 노출 콘크리트의 표면 광택도는 ASTM D-523 “Standard Test Method for Specular Gloss”에 준하였으며, Sheen 사의 GLOSS meter 60°를 사용하여 표면 광택도를 평가하였다. Fig. 3은 실험에 사용된 광택도 측정기를 나타낸 것이다.



Fig. 3. Specular Gloss meter

2.3.6 표면 기포

고유동 노출 콘크리트의 표면기포는 300×300×100mm 공시체를 제작하여 거푸집 종류에 따라 단위 면적당 기포 발생량을 육안 관찰하여 고유동 노출 콘크리트의 기포발생량을 평가하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 고유동 노출 콘크리트의 유동특성

3.1.1 레올로지 특성

Fig. 4는 LSP 10%가 혼합된 상태에서 FA 혼합률에 따른 소성점

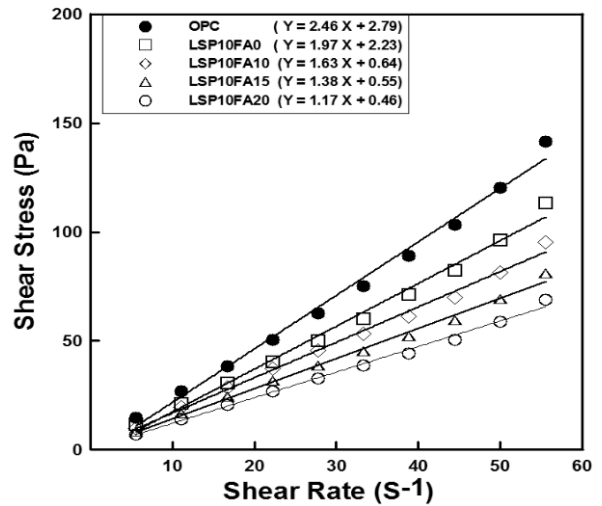


Fig. 4. Plastic viscosity and yield stress on mixing ratio of FA

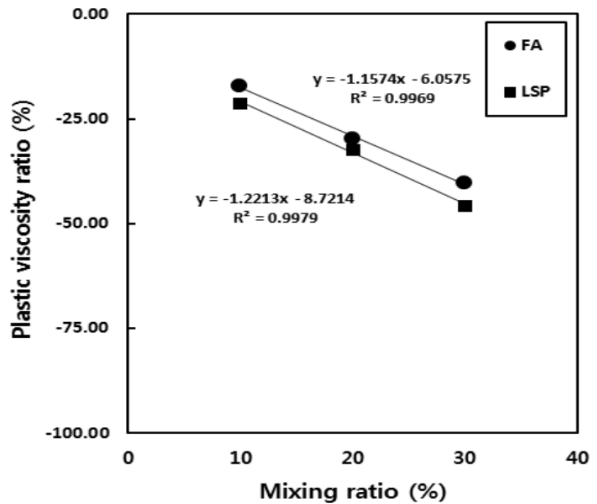


Fig. 5. Relationship between mixing ratio and plastic viscosity

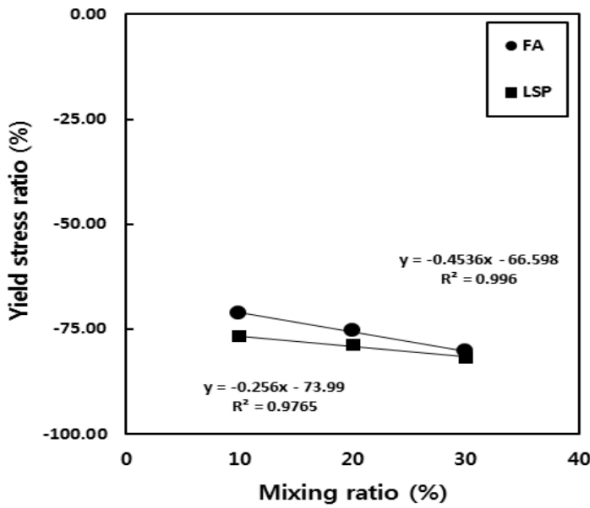


Fig. 6. Relationship between mixing ratio and yield stress

도 및 항복응력 측정결과를 나타낸 것이다. Fig. 4의 결과 FA 및 LSP가 혼합된 경우에는 혼합되지 않은 경우와 비교하여 낮은 소성점도와 낮은 항복응력으로 나타났으며, FA 혼합률에 따라 소성점도 및 항복응력 모두 비례적으로 감소하는 경향이 나타났다.

LFA의 혼합률이 소성점도 및 항복응력에 미치는 영향은 FA 10의 경우 LSP10FA0과 비교하여 약 17.3% 및 65.3% 감소하는 것으로 나타났으며, FA 5% 증가에 따라 약 11.6% 및 4.0% 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다. Fig. 5는 FA 및 LSP의 혼합률에 따른 소성점도 변화에 대한 상관관계를 나타낸 것이다. Fig. 5의 결과 FA 및 LSP의 혼합률이 증가할수록 소성점도는 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다. Fig. 6은 FA 및 LSP의 혼합률에 따른 항복응력 변화에 대한 상관관계를 나타낸 것이다. Fig. 6의 결과 FA 및 LSP의 혼합률이 증가할수록 항복응력은 비례적으로 감소하는 것으로 나타났다.

3.1.2 슬럼프 플로 및 500mm 도달시간

Fig. 7 및 Fig. 8은 고유동 노출 콘크리트의 슬럼프 플로 및 슬럼프 플로 500 mm 도달시간 측정결과를 나타낸 것이다. Fig. 7의 결과 모든 배합은 JSCE에서 제안된 고유동 콘크리트 등급 2의 범위를 만족하는 것으로 나타났다. Plain 배합인 OPC의 슬럼프 플로는 610 mm로 나타났으며, 동일한 조건에서 LSP10FA0는 665mm, LSP10FA10은 650mm, LSP10FA15는 640mm, LSP10FA20은 625mm로 나타나 OPC를 기준으로 LSP가 10% 혼합된 배합의 경우 약 9.0% 증가하는 것으로 나타났다.

또한 FA 5% 증가에 따라 슬럼프 플로가 비례적으로 약 4.0%

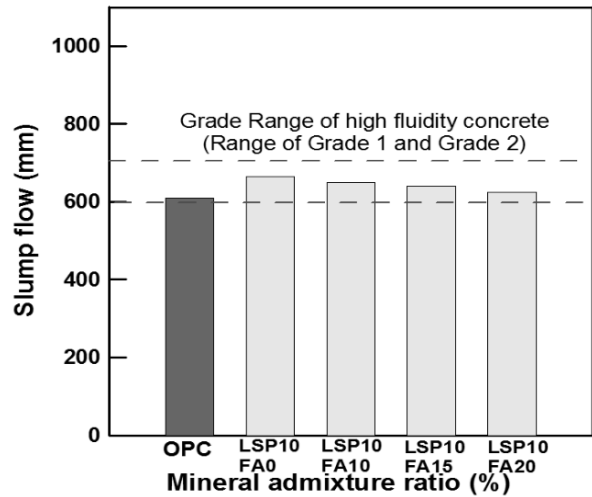


Fig. 7. Slump flow of exposed high fluidity concrete

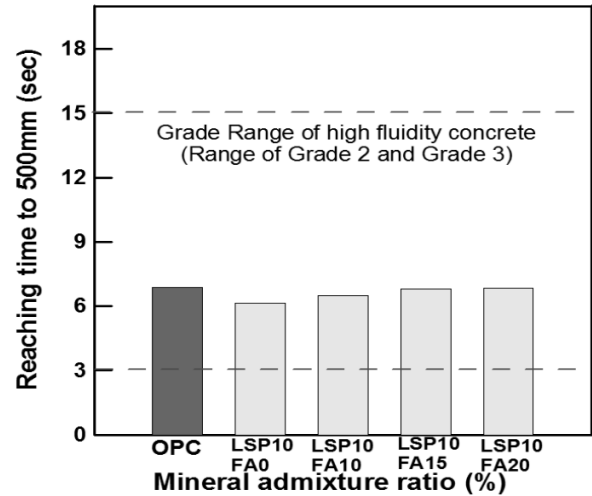


Fig. 8. Time required to reach 500mm of slump flow of exposed high fluidity concrete

감소하는 경향이 나타났으나 OPC와 비교하여 모두 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 LSP가 SP체에 대하여 민감도가 크기 때문에 페이스트 자체의 항복응력을 감소시켜 슬럼프 플로가 커진 것으로 판단되며, FA의 경우 FA 자체 특성의 볼베어링 효과 등에 의하여 유동성을 향상시키는 것으로 알려져 있으나 FA에 포함된 미연소탄소분이 많이 포함된 경우에는 거친 입자의 함유비율이 높아지기 때문에 단위수량을 증가시키게 되며, AE제의 흡착으로 인한 연행공기가 감소되기 때문에 본 연구결과의 경우 FA 혼합률이 증가할수록 슬럼프 플로가 감소한 것으로 판단된다.

Fig. 8의 결과 모든 배합은 JSCE에서 제안된 고유동 콘크리트 등급 2 및 등급 3의 범위를 만족하는 것으로 나타났다. Plain 배합

인 OPC의 T_{500} 은 6.87s로 나타났으며, 동일한 조건에서 LSP10 FA0는 6.13s, LSP10FA10은 6.48s, LSP10FA15는 6.79s, LSP10 FA20은 6.84s로 나타나 OPC를 기준으로 LSP가 10% 혼합된 배합의 경우 약 10.8% 감소하는 것으로 나타났다.

또한 FA 5% 증가에 따라 T_{500} 은 비례적으로 약 5.4% 감소하는 경향이 나타났으나 OPC와 비교하여 모두 작은 것으로 나타났다.

이러한 결과를 통하여 LSP의 경우 고성능 노출 콘크리트 제조 시 유동성 증가 및 점성을 감소시키는 효과가 있는 것으로 판단되며, FA의 경우 슬럼프 플로의 결과에 기인하여 점성을 증가시키는 것으로 판단된다.

3.1.3 공기량

Fig. 9는 고유동 노출 콘크리트의 공기량 실험 결과를 나타낸 것이다. Fig. 9의 결과 모든 배합은 목표 공기량인 $4.5 \pm 1.5\%$ 범위를 만족하는 것으로 나타났다. Plain 배합인 OPC의 공기량의 경우 4.8%로 나타났으며, 동일한 조건에서 LSP10FA0는 4.9%, LSP10FA10은 4.3%, LSP10FA15는 4.3%, LSP10FA20은 3.4%로 나타나 OPC를 기준으로 LSP가 10% 혼합된 배합의 경우 다소 증가하는 경향이 나타났으나 증가량이 매우 미소하므로 LSP 사용이 고유동 노출 콘크리트의 공기량에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다. 또한 FA의 5% 증가에 따라 공기량은 비례적으로 약 12.2% 감소하는 경향이 나타났으며, 이러한 결과는 FA내 포함된 미연소 탄소분에 의하여 AE제 흡착으로 인한 연행공기의 감소가 원인인 것으로 판단된다.

3.1.4 V-Lot 유하시험

Fig. 10은 고유동 노출 콘크리트의 V-Lot 유하시험 결과를 나타낸 것이다. Fig. 10의 결과 모든 배합은 JSCE에서 제안된 고유동 콘크리트 등급 2의 범위를 만족하는 것으로 나타났다. Plain 배합인 OPC의 V-Lot 유하시간은 12.22s로 나타났으며, 동일한 조건에서 LSP10FA0는 9.33s, LSP10FA10은 9.59s, LSP10FA15는 9.76s, LSP10FA20은 9.93s로 나타나 OPC를 기준으로 LSP가 10% 혼합된 배합의 경우 약 23.7% 감소하는 것으로 나타났다.

또한 FA의 5% 증가에 따라 V-Lot 유하시간은 비례적으로 약 2.3% 감소하는 경향이 나타났으나 각 배합의 유하시간의 차는 매우 작기 때문에 LSP 및 FA가 고유동 노출 콘크리트의 재료분리 저항성에 미치는 영향은 매우 작은 것으로 판단된다.

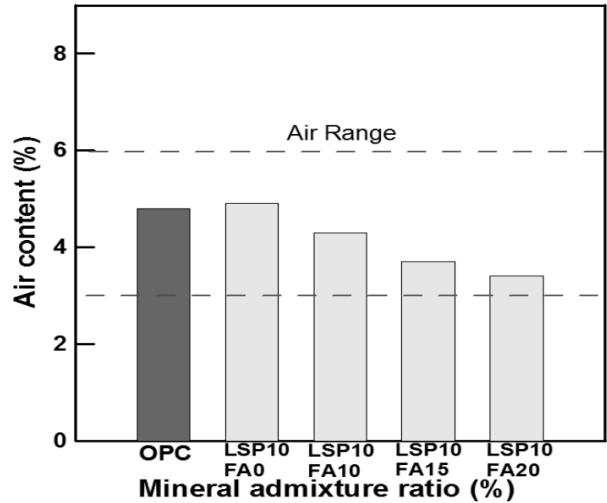


Fig. 9. Air content of exposed high fluidity concrete

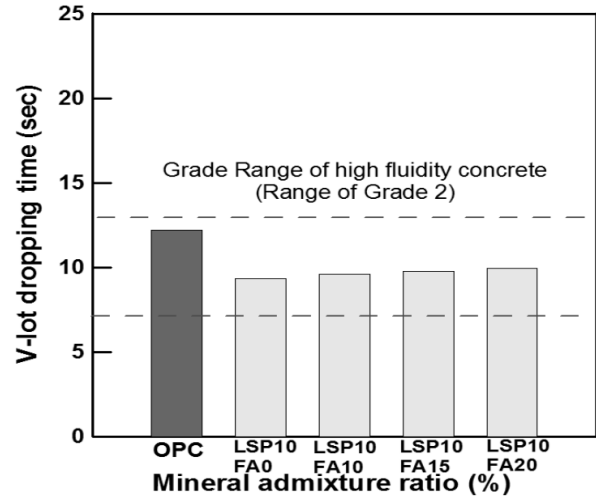


Fig. 10. V-Lot dropping time of exposed high fluidity concrete

3.2 고유동 노출 콘크리트의 역학특성

3.2.1 압축강도

Fig. 11은 고유동 노출 콘크리트의 재령별 압축강도 측정결과를 나타낸 것이다. Fig. 11의 결과 설계기준강도 50 MPa 수준인 OPC의 압축강도와 비교하여 LSP를 10% 혼합한 경우 약 14.8% 감소하는 것으로 나타났으며, FA 혼합률에 따라 2.1~7.4% 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 LSP의 경우 반응성이 없는 분체이기 때문에 강도가 감소한 것으로 판단되며, FA의 경우 혼합률에 따라 감소하지만 강도 감소율이 크지 않은 것은 FA의 포졸란 반응에 기인한 것으로 판단된다.

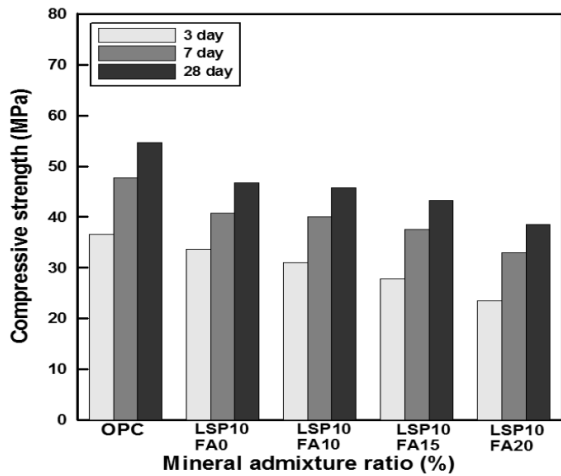


Fig. 11. Compressive strength of exposed high fluidity concrete

3.3 고유동 노출 콘크리트의 표면특성

3.3.1 표면 광택도

Fig. 12는 고유동 노출 콘크리트의 표면 광택도 측정 결과를 나타낸 것이다. Fig. 12의 결과 Plain 배합인 OPC의 표면 광택도는 48.3 GU로 나타났으며, 일반적인 노출 콘크리트의 표면 광택도인 40 GU 범위와 비교하여 약 10.1% 증가하는 경향이 나타났다.

또한 LSP 혼합 및 FA의 경우 혼합률에 따라 표면 광택도가 비례적인 증감이 나타나지 않았으나, 이러한 결과는 노출 콘크리트의 표면 광택의 전사가 양호하게 이루어지기 위해서는 밀실한 피막의 형성이 요구되기 때문에 OPC보다 LSP 및 FA가 혼합된 경우 광택도가 증가하는 것으로 판단된다. 본 배합수준의 경우에는 LSP10FA10의 표면 광택도가 70GU로 가장 큰 것으로 나타났으며,

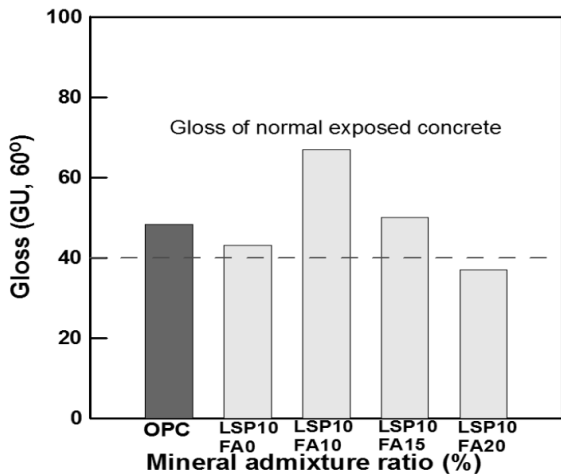


Fig. 12. Gloss of exposed high fluidity concrete

FA 10% 이후로 혼합률 증가에 따라 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 결과를 통하여 고광택의 소요조건이 요구되는 고유동 노출 콘크리트를 제조하는 경우에는 사용분체의 적절한 비를 적용하여야 할 것으로 판단된다.

3.3.2 표면 기포

Fig. 13 및 Fig. 14는 목재 거푸집 및 강재 거푸집을 사용한 고유동 노출 콘크리트의 표면 기포 발생량을 나타낸 것이다. PE 거푸집의 경우 모든 배합에서 기포는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

Fig. 13의 결과 목재 거푸집을 사용한 OPC의 표면 기포 발생량은 23개로 나타났으며, LSP10FA0는 12개, LSP10FA10은 16개, LSP10FA15는 17개, LSP10FA20은 20개로 나타나 LSP를 혼합할

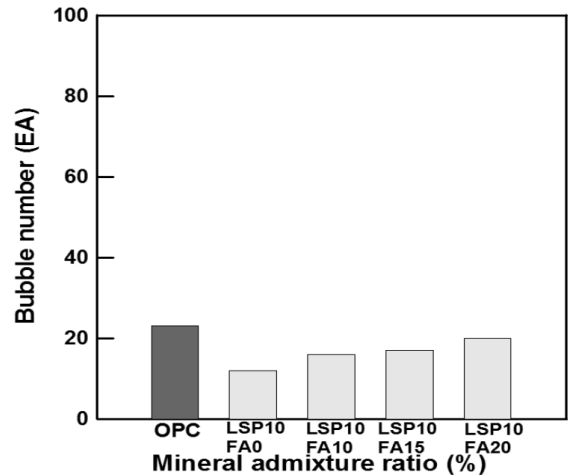


Fig. 13. Bubble number of wood formwork

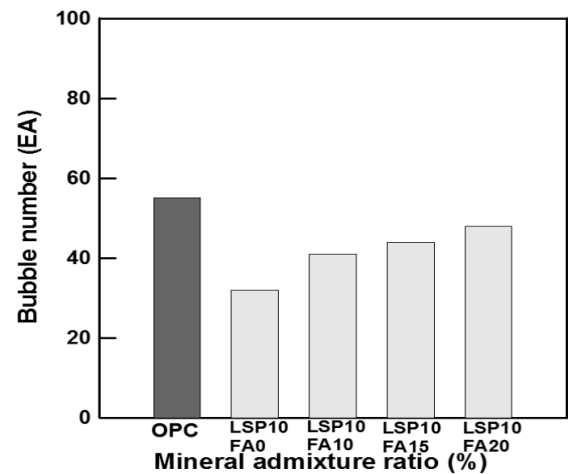


Fig. 14. Bubble number of steel formwork

경우 표면 기포량이 약 50% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 FA를 혼합한 경우에는 5% 증가에 따라 약 20% 증가하는 것으로 나타났으나 큰 영향은 없는 것으로 나타났다.

Fig. 14의 결과 강제 거푸집을 사용한 OPC의 표면 기포 발생량은 55개로 나타났으며, LSP10FA0는 32개, LSP10FA10은 41개, LSP10FA15는 44개, LSP10FA20은 48개로 나타나 LSP를 혼합할 경우 표면 기포량이 약 41% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 FA를 혼합한 경우에는 5% 증가에 따라 약 18.8% 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통하여 거푸집 종류에 따른 표면 기포발생량은 PE 거푸집의 경우 기포가 발생되지 않으며, 강제 거푸집보다는 목재 거푸집을 사용하는 것이 표면기포 저감에 효율적일 것으로 판단된다. 그러나 목재 거푸집의 경우 목재 거푸집 자체의 문양이 그대로 나타나기 때문에 매끄러운 표면 또는 광택이 요구될 경우에는 PE 거푸집 또는 강제 거푸집이 유리할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 노출 콘크리트로써 고유동 콘크리트를 적용하기 위하여 플라이애시 및 석회석 미분말을 사용한 고유동 노출 콘크리트를 제조하였으며, 유동, 역학 및 표면특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 고유동 노출 콘크리트의 유동특성은 시멘트를 단독으로 사용한 경우 뿐만 아니라 LSP 및 FA를 혼합한 경우에도 모두 슬럼프 플로 600mm 이상, 슬럼프 플로 500mm 도달시간 3~15sec 및 V-Lot 유하시간 7~13sec 범위를 만족하였으며, JSCE에서 제안한 고유동 콘크리트 등급 2를 만족하는 것으로 나타나 소요 유동성을 확보 할 수 있는 것으로 판단된다. 그러나 공기량의 경우 FA 혼합에 따라 감소하는 경향이 있으므로 목표 공기량을 확보하기 위해서는 AE제 사용량이 증가될 것으로 판단된다.
2. 고유동 노출 콘크리트의 역학특성은 반응성이 없는 LSP를 사용할 경우 압축강도가 감소하는 경향이 나타났으며, FA의 경우 혼합률에 따라 감소하는 경향이 나타남에 따라 소요의 강도를 확보하기 위해서는 요구조건에 따라 LSP 및 FA를 적절하게 사용해야 할 것으로 판단된다.
3. 고유동 노출 콘크리트의 표면특성은 표면 광택도의 경우 표면 광택의 전사가 양호하게 이루어 지기 위해서는 밀실한 피막의 형성이 요구되기 때문에 LSP 및 FA의 혼합률에 따른 영향 보다는 분체의 적절한 비가 반영되어야 할 것으로 판단되며, LSP

및 FA 사용에 따라 표면 기포 저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 통하여 노출콘크리트에 고유동 콘크리트를 적용한 고유동 노출 콘크리트는 고성능 및 안정된 품질의 고유동 노출 콘크리트 제조가 가능한 것으로 판단되며, 플라이애시 및 석회석 미분말을 사용함으로써 고유동 노출 콘크리트의 유동성능 및 표면 마감성능을 향상 시킬수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

—본 연구는 2012년 중소기업청 산·학연 공동기술개발 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

References

Choi, Y.W., Kim, Y.J., and Moon, H.Y. (2005). "An Experimental Study on the High Strength Lightweight Self-Compacting Concrete," Magazine of the Korea Concrete Institute, **17(6)**, 923-930 [in Korean].

Choi, Y.W., Kim, K.H., Park, S.J., and Jung, J.G. (2010). "High Fluidity Concrete," Journal of the Korea Concrete Institute, **22(1)**, 45-47 [in Korean].

Jung, J.G. (2011). "A Study on the Development and Application of Normal Strength High Fluidity Concrete Using Powdered Mixing System," Semyung University, doctorate thesis, [in Korean].

Jung, J.S. (2011). "Quality Control of Exposed Concrete in Construction Stage," Incheon National University, doctorate thesis, 1-12 [in Korean].

Kim, J.B., Bae, J.Y., Cho, S.H., Nam, D.W., Lee, J.H., and Kim, Y.R. (2010). "A Quality Examination of an Exposed Concrete Surface According to Unit Water Content, Slump, and Compaction Time," Proceedings of the Korea Concrete Institute, 107-108 [in Korean].

Lee, H.S., Yoo, S.H. (2001). Mix Design and Manufacture of Exposed Concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, **13(4)**, 1-12, [in Korean].

Sin, S.W., Jung, T.W., Lee, H.H., and Ha, J.D. (1999). "Surface-glossing Architectural Concrete Applying Skin forming on Transition Zone during Hydration," Proceedings of the Korea Concrete Institute, **11(1)**, 30-34, [in Korean].

플라이애시 및 석회석 미분말을 사용한 고유동 노출 콘크리트의 품질특성에 관한 연구

최근 노출 콘크리트에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이에 따라 노출 콘크리트의 사용이 확대되고 있다. 그러나 콘크리트 구조물은 점차 복잡한 단면 및 조밀한 철근으로 인하여 기존의 노출 콘크리트용 일반 콘크리트를 적용하기 어려운 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 노출 콘크리트에 고유동 콘크리트를 적용하기 위하여 플라이애시 및 석회석 미분말을 사용한 고유동 노출 콘크리트를 제조하였으며, 콘크리트의 품질특성(유동특성, 역학특성 및 표면특성)을 평가하였다. 실험배합은 OPC 및 LSP10을 기준배합으로 하였으며, FA 혼합률(0, 10, 15 및 20)에 따라 콘크리트 품질에 미치는 영향을 평가하였다. 실험결과, 고유동 노출 콘크리트의 유동특성, 역학특성 및 표면특성은 소요 요구 조건을 만족하는 것으로 나타났으며, 플라이애시 및 석회석 미분말의 혼합에 따라 유동성 및 표면마감성이 향상되는 것으로 나타났다. 이를 통하여, 노출 콘크리트용 고유동 콘크리트 개발을 위한 기초 연구 자료로써 활용하고자 한다.