

SCP 모듈 충전용 고유동 콘크리트의 최적배합 도출 및 채움성능 평가

박기준¹, 김성욱^{*}, 박정준¹, 이동규²
¹한국건설기술연구원 구조융합연구소, ²동남기업 중앙연구소

Evaluation of Optimum Mix Proportion and Filling Performance of High-fluidity Concrete for SCP Module charging

Gi-Joon Park¹, Sung-Wook Kim^{*}, Jung-Jun Park¹, Dong-Gyu Lee²

¹Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Research & Development Center, Dongnam

요약 최근 특수 구조물의 경량화를 위해 프리스트레스트 콘크리트 대신 SCP(Steel Concrete Plate)와 같은 합성형 강판 콘크리트 구조모듈의 사용이 증가하고 있다. 다량의 스테드가 결합된 SCP 모듈의 경우 복잡한 단면과 내부구조로 인하여 유동성과 충전성이 우수한 고유동 콘크리트의 사용이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 팽창제 및 수축저감제 사용에 따른 영향을 검토하여 스테드에 의한 수축거동을 방지하고, 잔골재율 및 잔골재 종류별 혼입비율을 검토하여 재료의 사용성 및 충전성을 극대화 시킬 수 있는 최적 배합을 도출하고자 하였다. 그 결과 팽창제 또는 수축저감제의 단독사용보다 병행하여 사용할 경우 가장 적은 수축거동을 나타내어 SCP 모듈 충전용 고유동 콘크리트의 제조에 가장 적합한 것으로 판단된다. 잔골재율이 너무 높은 경우 강도 저하 및 수축량 증가의 우려가 있어 최종배합으로 부순모래와 세척사의 비율을 5:5로 선정하였으며, 잔골재율은 55.6%가 적합한 것으로 판단된다. 대형 SCP 모듈 내 고유동 콘크리트 채움성능 평가를 위해 타설을 진행한 결과 SCP 모듈내 고유동 콘크리트 채움성은 양호한 결과를 나타냈다.

Abstract In recent years, to reduce self-weight of structural elements, the use of SCP (Steel Concrete Plate) instead of prestressed concrete is increasing. Because SCP has a complicated sectional shape and includes a large number of studs, the use of high-fluidity concrete is required. Therefore, in this study, to prevent the restrained shrinkage behavior by the stud, the effects of using an expansive agent (EA) and shrinkage reducing agent (SRA) were investigated, and the optimal mixture proportions to maximize the filling capacity were determined based on the fine aggregate ratio. The test results indicated that the combined use of EA and SRA exhibited the smallest shrinkage. The ratio of the crushed sand and washed sea sand was determined to be 5:5, and the proper fine aggregate ratio was found to be 55.6%, because when the ratio was too high, a decrease in strength and an increase in shrinkage strain were expected. The high-fluidity concrete effectively filled the large-sized SCP module.

Keywords : High fluidity concrete, Steel Concrete Plate, SCP Module, Mix Proportion, Filling Performance

1. 서론

최근 원자력발전소 및 액체 저장탱크 등 특수 구조물

의 경량화를 위해 프리스트레스트 콘크리트 대신 SCP(Steel Concrete Plate)와 같은 합성형 강판콘크리트 구조모듈(이하 SCP 모듈)의 사용이 증가하고 있다[1, 2].

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 13IFIP-C113546-01).

*Corresponding Author : Sung-Wook Kim (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

Tel: +82-31-910-0128 email: swkim@kict.re.kr

Received December 26, 2016

Revised (1st January 24, 2017, 2nd February 3, 2017)

Accepted March 10, 2017

Published March 31, 2017

SCP 모듈은 Fig. 1(a)에 나타난 바와 같이 철판과 철판 사이에 설계기준 압축강도 35MPa의 콘크리트가 채워진 구조이며, 철판과 콘크리트의 일체 거동을 위해 다량의 스티드를 이용하여 연결한다[3].

SCP 모듈 내부는 Fig. 1(b)와 같이 40 mm 간격으로 좁은 스티드 간격을 유지하고 있고, 이로 인해 일반적인 콘크리트보다는 유동성과 충전성이 우수한 고유동 콘크리트의 사용이 요구된다[4-7]. 한편 다량의 스티드는 콘크리트의 수축거동을 방해하여 내부 균열이 발생할 수 있기 때문에 이에 대한 균열발생 저감 대책과 채움성능 향상을 위한 배합 검토도 함께 요구된다.

따라서 이 연구에서는 설계기준 압축강도 35 MPa를 만족하는 고유동 콘크리트의 제조를 위해 상용되는 레미콘 배합을 기준으로 사전실험을 통해 단위결합재량을 430 kg/m³로 구성하고, 고로슬래그 미분말과 플라이애시 등의 결합재를 적정 비율로 구성하였다. SCP 모듈의 스티드에 의한 영향을 최소화하기 위해 팽창제와 수축저감제의 사용에 따른 수축저감 대책과 잔골재 사용방법에 따른 충전성 향상방법을 검토하여 SCP 모듈 충전용 고유동 콘크리트의 최적배합을 도출하였다.

한편 대형 SCP 모듈 채움성능 실험을 통해 도출된 최적배합의 충전성능을 확인하고자 하였다.

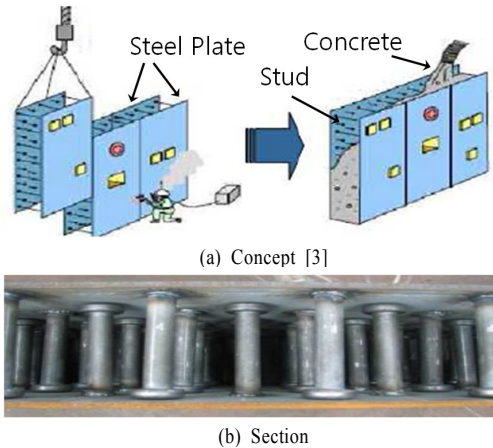


Fig. 1. Steel concrete plate(SCP) module

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 결합재 및 혼화재료

결합재로 1종 포틀랜드 시멘트, 고로슬래그 미분말,

플라이애시를 사용하였으며, SCP 모듈 충전용 콘크리트의 수축거동을 방지하고자 CSA계 팽창제를 사용하여 각각의 물리·화학적 성질을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical properties of materials

Composition % (mass)	Cement (OPC)	Blast furnace slag (BS)	Fly-ash (FA)	Expansion admixture (EA)
CaO	61.33	42.26	-	13.55
Al ₂ O ₃	6.40	14.92	16.60	18.66
SiO ₂	21.01	35.08	3.80	3.80
Fe ₂ O ₃	3.12	0.32	5.58	-
MgO	3.02	6.41	0.82	-
SO ₃	2.30	0.11	0.51	51.35
Specific surface (cm ² /g)	3,413	4,500	3,117	3,117
Loss ignition (%)	1.40	2.1	3.82	-
Density (g/cm ³)	3.15	2.91	2.98	2.98

2.1.2 골재

굵은 골재는 SCP 모듈의 스티드 간격을 고려하여 최대 치수를 10 mm 이하의 쇄석을 사용하였고, 잔골재는 세척사와 부순 모래를 혼합하여 사용하였다. 사용된 골재의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Physical properties of aggregate

Classification	Sea sand (SS)	Crushed sand (CS)	Coarse aggregate (G ₁₀)
Density (g/cm ³)	2.62	2.59	2.65
Absorption (%)	1.23	1.57	2.96
Amount of passing 0.08 mm (%)	1.85	2.96	0.30

2.1.3 화학혼화제

고성능 감수제는 폴리칼본산계로 증점성분이 포함된 특수 고성능 감수제를 사용하였으며, 수축저감제는 표면장력 감소에 우수한 특성이 있는 액상 글리콜계를 사용하여 각각의 물리·화학적 성질을 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Physical and chemical properties of chemical admixture

Classification	Compo-sition	Color	Shape	Density (g/cm ³)	Solid content(%)
High range water reducing agent (AD)	Polycarboxylate	Light brown	Liquid	1.03	20.0
Shrinkage reducing agent (RS)	Glycol	None	Liquid	0.85	-

2.2 실험계획

2.2.1 팽창재 및 수축저감제 최적 혼입량 검토

본 연구에서는 고유동 콘크리트의 수축거동을 방지하기 위해 팽창재 및 수축저감제의 최적 혼입량을 검토하고자 하였다. 결합재(OPC : BS : FA)의 사용비율을 7:2:1로 하고 총 결합재량 430 kg/m³, 물-결합재비 40.7%를 기준으로 수축저감용 혼화제 사용을 검토하였다. 팽창재 및 수축저감제를 단독사용한 경우와 병용 사용한 경우로 구분하였으며, 고성능 감수제는 재료분리가 발생하지 않는 범위에서 최대량을 사용하였다. 수축저감제를 사용할 경우 초기 배합 설정과 달리 유동성능에 영향을 미치게 되므로 이를 고려하여 단위수량에서 수축저감제 사용량만큼을 제외하였고, Table 4 및 5에 나타난 실험계획 및 배합표와 같이 총 4배치의 실험을 진행하였다.

Table 4. Experimental factors of series I

Variation	Item	Factor	
Proportion	W/B (%)	1	·40.7
	Binder	1	· OPC(70)+BS(20)+FA(10)
	Target slump flow (mm)	1	·600±50
	Target air content (%)	1	·3.0±1.0
	Admixtures for reducing drying shrinkage of concrete	4	·EA 10% ·EA 5% ·EA 2% + RS 1% ·RS 1%
Measure-ment	Fresh concrete	3	· Slump flow · 500 mm reaching time · Air content
	Hardened concrete	3	· Compressive strength (drying)(3, 7, and 28 days) · Compressive strength (water)(3, 7, and 28 days) · Drying shrinkage length change(1, 2, ..., 56 days)

Table 5. Concrete mixing design of series I

Mix ID	W	Unit Mass (kg/m ³)							AD (%/B)	RS (%/B)
		B				S		G ₁₀		
		C	BS	FA	EA	CS	SS			
A	175	271	77	39	43	472	467	755	1.80	0
B		286	82	41	21				1.70	
C	171	295	84	42	9	301	86	43	0	
D		301	86	43	0					1.60

2.2.2 잔골재율 및 잔골재 종류별 혼입비율 검토

고유동 콘크리트 배합에 사용되는 부순 모래와 세척사의 비율 및 잔골재율 등에 변수를 주어 최적의 충전성을 확보하고자 하였으며, SCP 채움 콘크리트의 충전성

극대화를 위한 실험계획 및 배합사항을 Table 6과 7에 나타내었다.

Table 6. Experimental factors of series II

Variation	Item	Factor	
Proportion	W/B (%)	1	·40.7
	Binder	1	· OPC(70)+BS(20)+FA(10)
	Target slump flow (mm)	1	·600±50
	Target air content (%)	1	·3.0±1.0
	S/a (%)	3	·54.0 ·55.6 ·57.2
	CS : SS	3	·7 : 3 ·6 : 4 ·5 : 5
Measure-ment	Fresh concrete	3	· Slump flow · 500 mm reaching time · V-Lot / U-Box
	Hardened concrete	3	· Compressive strength (drying)(3, 7, and 28 days) · Compressive strength (water)(3, 7, and 28 days)

Table 7. Concrete mixing design of series II

Mix ID	S/a (%)	Unit Mass (kg/m ³)							AD (%/B)	RS (%/B)	
		W	B				S				G ₁₀
			C	BS	FA	EA	CS	SS			
A	54	171	295	84	42	9	642	278	781	1.30	1
B							550	371	781	1.35	
C							459	464	781	1.40	
D							472	478	754	1.45	
E							486	491	727	1.45	

2.3 실험방법

2.3.1 슬럼프 플로 및 500 mm 도달시간

고유동 콘크리트의 유동성 및 점성을 평가하기 위하여 KS F 2594에 따라 슬럼프 플로 및 500 mm 도달시간을 측정하였다. 슬럼프 콘을 들어올린 직후부터 콘크리트의 흐름이 완전히 멈춘 후 최대 지름과 이와 수직된 방향의 지름을 측정하여 평균을 슬럼프 플로로 결정하였으며, 굳지 않은 콘크리트가 500 mm의 플로에 도달하는 시간을 측정하였다.

2.3.2 공기량

고유동 콘크리트의 내구성 확보를 위해 공기량 목표 수준을 3.0±1.0%로 설정하였으며, KS F 2421에 따라 압력법에 의한 공기량 시험을 실시하였다.

2.3.3 V-lot / U-box

고유동 콘크리트의 흐름 경로 변화에 대한 유연성

(flexibility)과 골재의 블록 현상 없이 제한된 지역을 통과할 수 있는 지 검토하기 위하여 KSCE 2003에 따라 V-lot 및 U-Box 시험을 수행하였다. V-lot은 깔때기에 콘크리트를 표면까지 채우고 개폐장치를 열어 모두 유출할 때까지의 시간을 측정하였으며, U-Box는 A실에 콘크리트를 채운 후 경계판을 열었을 때 B실에 채워지는 콘크리트의 바닥으로부터 윗면까지의 높이를 측정하였다.



Fig. 2. V-lot test

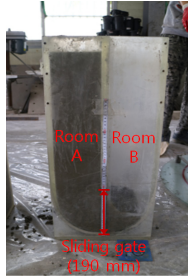


Fig. 3. U-Box test

2.3.4 압축강도

압축강도 평가를 위해 KS F 2405에 따라 $\phi 100 \times 200$ mm 크기의 원주형 공시체를 양생방법 및 채령 등 변수별로 제작하고, 최대용량 3,000 kN의 만능재료시험기 (Universal Testing Machine, UTM)을 이용하여 0.7 mm/min의 재하속도에서 압축강도를 측정하였다.

2.3.5 건조수축 길이변화

팽창제 및 수축저감제 혼입 시 고유동 콘크리트의 수축변화를 검토하기 위하여 KS F 2595에 따른 건조수축 길이변화를 측정하였다. 구속 수축 변형률 측정을 위해 $940 \times 170 \times 100$ mm 크기의 시험체를 제작하고, 제작일로부터 56일까지의 수축변화를 시험체별 매일 1회 측정하였다.

2.3.6 SCP 모듈 채움성능 평가

이 연구에서 선정된 최종배합을 이용하여 대형 SCP 모듈 채움성능 평가를 실시하였다. SCP 모듈 시험체의 크기는 $3.3 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$ 이며, 고유동 콘크리트 타설시 배관(Tremie pipe)을 시험체의 양쪽으로 1.2 m 높이에 위치시켰다. 배관을 통해 먼저 하부를 충전시키고 약 1/3 지점 이후부터 자유낙하 방식으로 타설을 진행하여 낙차 및 스티드에 의한 콘크리트 내 시멘트 페이스트의 손실을 줄임으로써 재료분리가 발생되지 않도록 유도하였다.

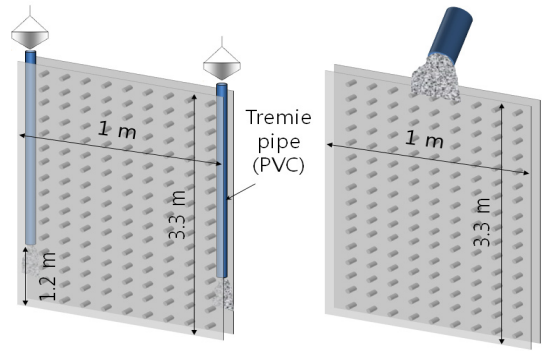


Fig. 4. Filling performance test of high-fluidity concrete on the SCP module

3. 실험결과 및 고찰

3.1 팽창제 및 수축저감제 최적 혼입량 검토

고유동 콘크리트의 수축거동을 방지하고자 팽창제 및 수축저감제 사용에 따른 영향을 검토하였다. 굳지않은 콘크리트의 일반적인 물리적 특성 실험결과는 Fig. 5-8에 나타내었고, 양생방법(기건양생, 수중양생) 및 채령(3, 7, 14, 28일)에 따른 압축강도 실험결과 및 채령 56일까지의 건조수축 길이변화 결과는 Fig. 9~11에 나타내었다.

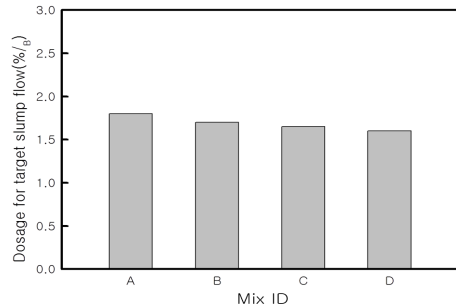


Fig. 5. Dosage of high range water reducing agent for target slump flow

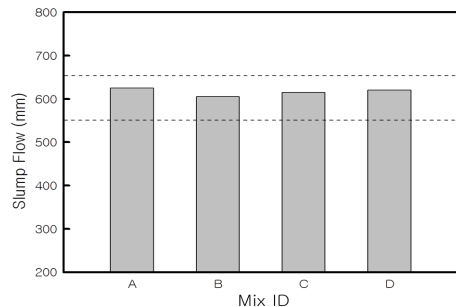


Fig. 6. Slump flow test result

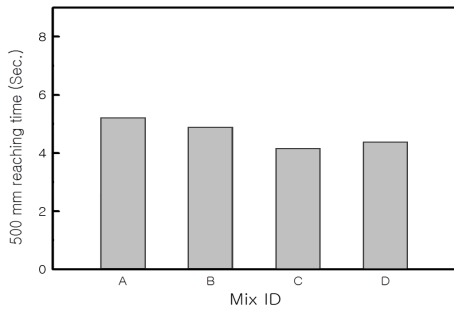


Fig. 7. 500 mm reaching time test result

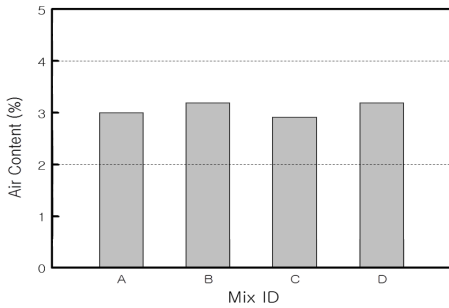


Fig. 8. Air content test result

배합실험 결과 팽창재의 사용량이 증가할수록 동일한 유동성을 확보하기 위해 많은 양의 감수제가 요구되는 것으로 나타나 팽창재의 사용량 증가는 유동성을 저해하는 요인으로 작용하는 것을 확인할 수 있었다. 수축저감제가 사용된 경우 혼화제의 사용량이 줄어들며 500 mm 도달시간이 단축되어 콘크리트의 점성이 저감되는 것을 확인할 수 있었는데 이는 글리콜계인 수축저감제가 콘크리트의 표면장력을 저감시키기 때문으로 판단된다. 각 수준별 공기량은 큰 차이를 보이지 않는 것으로 확인되었으며, 목표수준이었던 $3.0 \pm 1\%$ 을 모두 만족하였다.

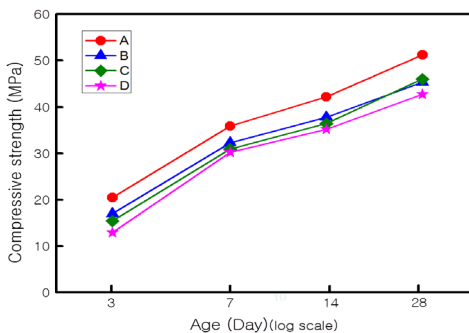


Fig. 9. Compressive strength test result at dry curing

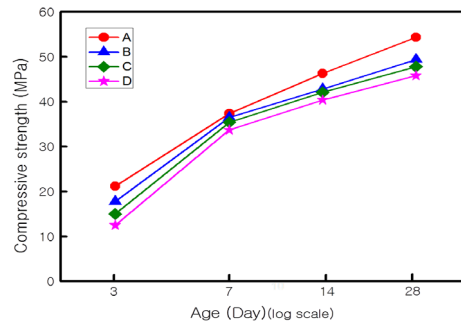


Fig. 10. Compressive strength test result at water curing

SCP 채움용 콘크리트의 물리적 특성을 검토하기 위해 표준양생인 수중양생과 더불어 현장에서 제작되는 시험체 조건과 동일한 기건양생도 동시에 실시하였다. 그 결과 압축강도는 동일한 온도조건(20°C) 및 재령에서 수중양생이 기건양생과 대조시 약 6~9% 정도 높은 강도를 나타내었다. 그러나 이는 온도조건을 동일하게 한 결과이며 실제 부재제작 환경조건에 따라 변동은 있을 것으로 판단된다.

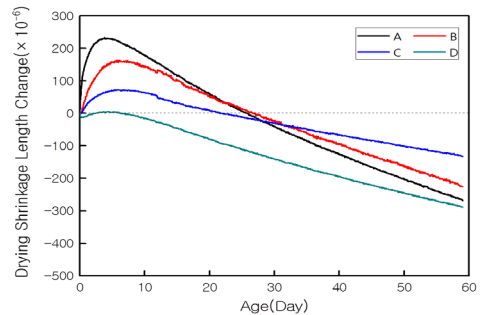


Fig. 11. Drying shrinkage length change test result

재령일 경과에 따른 콘크리트의 수축특성을 검토한 결과 팽창재를 바인더 대비 5, 10% 사용한 경우 초기 재령에서의 팽창이 매우 커 팽창에 의한 초기 균열발생의 가능성이 있었으며, 수축저감제의 단독 사용은 콘크리트의 수축발생량 자체를 줄여주는 결과를 나타냈다. 팽창재와 수축저감제를 병행 사용한 경우 초기 팽창에 의한 보상과 수축발생량 저감효과에 기인하여 가장 적은 콘크리트 길이변화를 확인할 수 있어 이를 SCP 모듈 채움용 콘크리트의 기본 배합으로 선정하였다.

3.2 잔골재율 및 잔골재 종류별 혼입비율 검토

고유동 콘크리트의 충전성을 검토하기 위해 잔골재율

및 세척사와 부순모래 비율에 따른 특성을 평가하고자 하였다. 먼저 굳지않은 콘크리트의 일반적인 물리적 특성 실험결과는 Fig. 12~15에 나타내었으며, 양생방법(기건양생, 수중양생) 및 재령(3, 7, 14, 28일)에 따른 압축강도 실험결과는 Fig. 16, 17에 나타내었다.

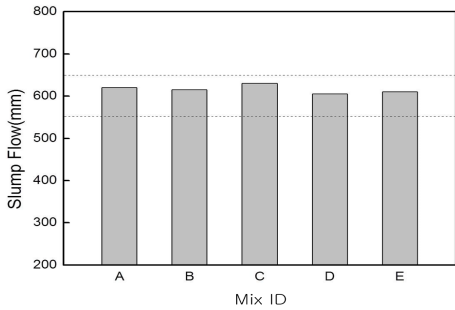


Fig. 12. Slump flow test result

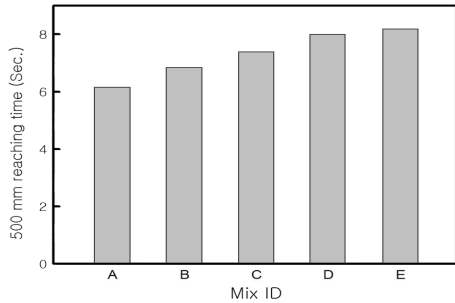


Fig. 13. 500 mm reaching time test result

잔골재율에 변화를 준 결과 콘크리트의 유동성에는 큰 차이를 보이지 않았으나 세척사의 혼합비율이 증가할수록 약간의 유동성 증가가 확인되었다. 이는 부순 모래의 불연속 입도가 세척사의 증가로 인해 소폭 개선되기 때문으로 판단된다. 한편 슬럼프 플로 실험에 따른 500 mm 도달시간을 측정한 결과 잔골재율이 증가하거나 세척사의 비율이 증가함에 따라 소폭 상승하는 경향을 나타냈다.

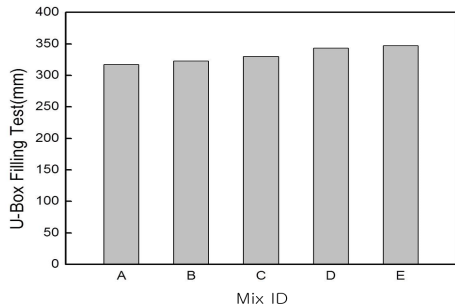


Fig. 14. U-Box test result

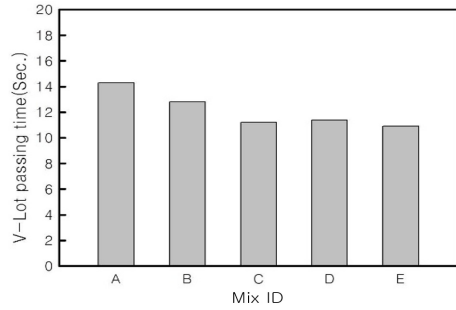


Fig. 15. V-Lot test result

부순 모래의 비율이 커질수록 유동성은 약간 저하하고 충전성이 떨어지는 결과를 나타냈는데, 이는 부순 모래가 세척사에 비해 미분이 많아 자유수가 적어지고, 모래의 입형이 거칠기 때문으로 사료된다. 세척사의 사용량이 커질수록 U-Box 충전성 및 V-Lot 통과시간이 개선되는데 이는 잔골재의 입도개선에 따른 결과로 사료된다. 또한 잔골재의 증가로 인해 충전성이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

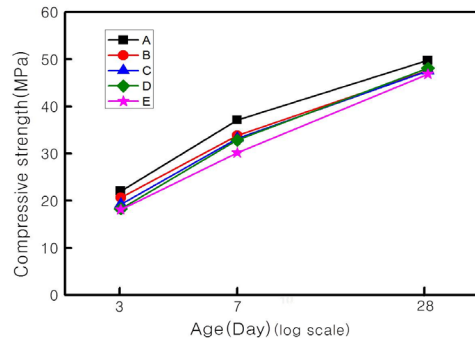


Fig. 16. Compressive strength test result at dry curing

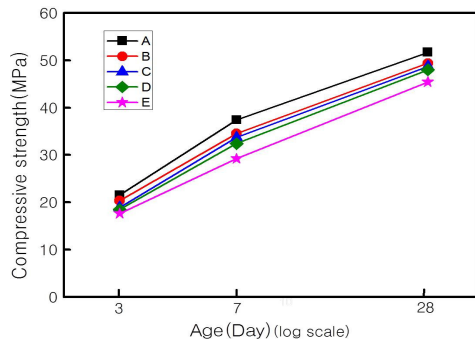


Fig. 17. Compressive strength test result at water curing

실험결과 기건 및 수중양생 조건의 차이는 크지 않은 것으로 확인되었으며, 세척사의 사용비율과 잔골재율이 증가할수록 강도는 소폭 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 부순 모래의 미분이 감소하여 자유수가 증가되었기 때문으로 판단된다.

3.3 SCP 모듈 채움성능 평가

도출된 배합을 통해 대형 SCP 모듈 채움성능 평가를 수행하였다. 배관을 통해 시험체 하부를 먼저 충전시키고 1/3 지점 이후부터 자유낙하 방식으로 타설을 진행하였으며, 그 결과 Fig. 18와 같이 고유동 콘크리트의 채움성능은 양호한 결과를 나타낸 것을 알 수 있었다. 향후 대량생산체제에서는 배관을 이용하여 하부에서부터 채워 올라가는 방법을 이용한다면 SCP 모듈 내 콘크리트 채움성능은 보다 우수한 효과를 나타낼 것으로 판단된다.



Fig. 18. Evaluation of filling performance in the SCP module

4. 결론

본 연구에서는 SCP 모듈 충전용 고유동 콘크리트의

최적배합을 위하여 팽창제와 수축저감제의 최적 사용량 검토, 잔골재율 및 세척사와 부순모래의 혼입비율 검토 등을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 배합실험 결과 팽창제의 사용량이 증가할수록 동일한 유동성을 확보하기 위해 요구되는 감수제가 증가하는 등 팽창제는 콘크리트의 유동성을 저해하는 요인으로 작용하였으나, 강도발현에는 유리한 것으로 확인되었다.
- 2) 팽창제 및 수축저감제를 단독사용하는 것보다 병행 사용할 경우 초기 팽창에 의한 보상 및 수축발생량 저감효과에 기인하여 가장 적은 수축거동을 나타내었으며, 이는 고유동 콘크리트의 제조에 가장 적합한 것으로 판단된다.
- 3) 세척사의 사용비율이 커질수록 유동성은 증가하는 경향을 보였으나 강도는 오히려 저하하는 경향을 나타내었으며, 잔골재율이 증가함에 따라 유동성 및 채움성이 양호해지는 경향을 나타냈다.
- 4) 하지만 잔골재율이 너무 높은 경우에는 강도가 저하하는 경향을 나타내며, 잔골재율의 증가로 인한 수축량 증가의 우려가 있어 최종배합으로 부순모래와 세척사의 비율을 5:5로 선정하였으며, 본 실험결과에 의하면 잔골재율은 54~55.6%가 적합한 것으로 판단된다. 하지만 잔골재율이 54%인 경우 감수제에 대한 사용량 검토를 통해 유동성을 좀 더 개선해야 할 것으로 판단된다.
- 5) 대형 SCP 모듈의 고유동 콘크리트 채움성능 평가를 위해 콘크리트 타설 시 배관을 통해 시험체 하부를 먼저 충전시키고 1/3 지점 이후부터 자유낙하 방식으로 타설을 진행한 결과 SCP 모듈 내 콘크리트 채움성능은 양호한 결과를 나타냈다.

References

- [1] T. Y. Shin, J. H. Kim, D. K. Shin, Y. Y. Hwang, "Filling Ability of Steel-Plate Concrete", Proceedings of the Korea Concrete Institute, vol. 28, no. 1, pp. 433-434, 2016.
- [2] D. K. Shin, Y. Y. Hwang, "An Experimental Study on Bending Capacity of SC(Steel Concrete) Panel", Proceedings of the Korea Concrete Institute, vol. 27, no. 1, pp. 1-2, 2015.
- [3] D. H. Won, T. H. Han, S. J. Kim, J. H. Lee, Y. J. Kang, "Behavior Characteristics of Shear Connector for Composite Behavior of Steel Composite Columns", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation

Society, vol. 14, no. 4, pp. 1993-1999, 2013.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.4.1993>

- [4] H. C. Shin, Y. S. Park, S. H. Cho, H. Y. Choi, G. Y. Kim, M. H. Kim, "A Study on the Evaluation Method of Fluidity of High Flowing Concrete", Journal of the Architectural Institute of Korea Conference, vol. 17, no. 1, pp. 707-709, Apr, 1997.
- [5] J. H. Kim, N. Y. Jee, W. J. Kim, "A Comparative Study on the Composition of using Materials through refering to The High Fluidity Concrete of Korea and Japan", Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, vol. 14, no. 12, pp. 111-118, Dec, 1998.
- [6] S. W. Kim, J. J. Park, S. H. Bae, J. I. Park, "Optimum Mix Proportions of High Fluidity Antiwashout Underwater Concrete Using Ground Granulated Blast Furnace Slag", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 13, no. 8, pp. 3704-3712, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.8.3704>
- [7] D. U. Lee, M. G. Lee, H. J. Park, "A Study on Fluidity ability, Filling ability Properties of High Fluidity Concrete with Illite Powder", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 16, no. 12, pp. 8363-8369, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8363>

박 기 준(Gi-Joon Park)

[정회원]

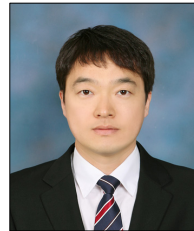


- 2013년 2월 : 세종대학교 공과대학 건설환경공학과 (공학학사)
- 2015년 2월 : 세종대학교 일반대학원 건설환경공학과 (공학석사)
- 2015년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원, 연구원

<관심분야>
토목공학, 건설재료

박 정 준(Jung-Jun Park)

[정회원]



- 1998년 2월 : 계명대학교 토목공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 계명대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2013년 8월 : 고려대학교 대학원 건축사회환경공학과 (공학박사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원, 수석연구원

<관심분야>
콘크리트, 건설재료

이 동 규(Dong-Gyu Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 청주대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 청주대학교 일반대학원 건축공학과 (공학박사)
- 2014년 8월 ~ 2016년 3월 : 충청대학교 공학기술연구원 선임연구원
- 2016년 4월 ~ 현재 : 동남기업 중앙연구소 책임연구원

<관심분야>
콘크리트, 건설재료

김 성 욱(Sung-Wook Kim)

[정회원]



- 1984년 2월 : 영남대학교 토목공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 영남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 동국대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2003년 12월 ~ 2004년 12월 : 호주 UNSW, 객원연구원
- 1989년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원, 선임연구원

<관심분야>
토목공학, 건설재료