

고유동 콘크리트의 투수성에 관한 연구

Permeability of Self-Consolidating Concrete

김민석* 최석환**

Kim, Min-suk Choi, Sokhwan

ABSTRACT

Large amount of binders and high-range AE water-reducing (HRWR) agent are required for self-consolidating concrete in order to achieve flowability and segregation resistance. In this study, the initial permeability of SSC(self-consolidating concrete) until the age of 28 days is measured and compared with those of other SSCs, in which some parts of cement are substituted with fly ash or blast furnace slag. The strengths of SSC samples are also examined along with the permeability change.

1. 연구배경 및 목적

최근 건설인력의 부족, 노령화, 3D현상 등에 따른 기계화 시공이 많아지면서 콘크리트 품질이 문제가 되는 경우가 종종 있다.1) 이런 문제로 인해서 다짐을 하지 않아도 과밀 배근된 철근 사이에서 거푸집의 구석까지 채워서 수밀성 및 내구성의 향상을 시도한 고유동 콘크리트의 연구개발의 필요성이 제기되었다. 고유동 콘크리트는 다량의 광물질 혼화재, 증점제 및 고성능 AE 감수제를 첨가하기 때문에 응결 및 경화가 늦어지는 경향이 있다. 본 연구에서는 고유동 콘크리트에서의 재령 28일까지의 투수성과 강도를 기존에 연구되어진 유동화되어지지 않은 콘크리트와 비교하였다.

2. 콘크리트의 유동화 방법

증점제의 첨가에 의해 콘크리트를 유동화 시키는 방법은 고성능 AE감수제를 증점제와 함께 첨가해서 유동성과 재료분리 저항성을 확보하는 것이다. 그리고 결합재에 의해서 고유동화 시키는 방법이 있는데, 그것은 결합재량을 증가시키면 시멘트풀(cement paste)의 항복치 및 점도는 높아지고 고성능 AE감수제나 유동화제를 첨가하면 항복치는 낮아지는 반면 점도는 그대로 유지된다는 특성을 이용하여 콘크리트 중 결합재량을 높여 제조하는 것이다.

3. 콘크리트 배합과 시편 제작

본 연구에서는 고유동 콘크리트(Self-consolidating concrete; SSC)는 결합재를 플라이애시, 고로슬래그로 치환한 것(SCC-F30, SCCB30)과 치환하지 않은 시편(SCC)으로 나누어 초기 재령부터 28일 양생까지의 투수성의 변화와 강도를 알아보기 위하여 다음과 같은 배합비로 시편을 제작하였다.

* 정희원, 국민대학교 대학원 건설시스템공학과 공학석사

** 정희원, 국민대학교 공과대학 건설시스템공학부 조교수

시편 종류	물-결합재비 (%)	고강능수제첨가율 (%)	잔골재율 (%)	단위 수량 (kgf/m ³)	단위중량(kgf/m ³)				
					시멘트	플라이애시	고로슬래그	잔골재	굵은골재
SSC	30	1.3	50	175	583	0	0	806	835
SSC-F30	30	1.3	50	175	408	175	0	806	835
SCC-B30	30	1.3	50	175	408	0	175	806	835

표 2 배합표

4. 실험장치 및 방법

4.1. 실험 장치

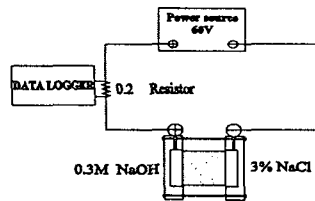
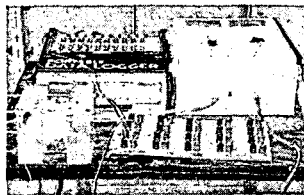


그림 1 염소이온 투과시험의 직류 회로도 및 장치



그림 2 A.V. Cell

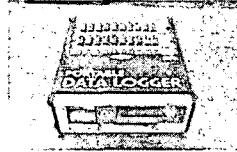


그림 3 Data logger

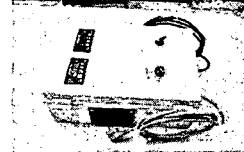


그림 4 전원 공급 장치

4.2. 실험 방법

A.V. Cell의 (-)극에는 3.0%의 염화나트륨(NaCl)용액을 채워 넣고 (+)극에는 0.3M의 수산화나트륨(NaOH)용액을 채워 넣는다. 실험중의 용액의 온도는 90℃이어야 하며, 실험은 6시간동안 진행하며 시험 중 30분마다 저항에 걸리는 전압을 데이터로거(data logger)로 측정한다.

(1) 30분마다 측정된 전압 값은 다음과 같다. 여기서, I = 전류, V = 전압, R = 저항이다.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0.2}$$

(2) 30분마다 측정된 전류 값의 총 전하량은 다음과 같다. 여기서, Q = 회로를 통과한 전하량, I_n = 실험 시작 후 n분 경과 후 전류이다.

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360})$$

(3) 염소이온의 투과되는 직경이 95mm가 아닐 때의 보정식은 다음과 같다. 여기서, Q_S = 직경 95mm를 통과한 전하량, Q_X = 직경 X mm를 통과한 전하량이다.

$$Q_S = Q_X \times \left(\frac{95}{X}\right)^2$$

5. 실험결과

그림 5에서 보는 바와 같이 SCC는 양생기간 28일 동안 전반적으로 일반 콘크리트와 비슷한 양상을

따어, 재령1일 강도는 28일 강도에 27%로 진전 되었으나, SCC-F30과 SCC-B30 시편은 1일 강도가 28일 강도에 각각 19%, 20%로 더디게 진행되었다. 재령 3일까지는 시편 모두 강도가 일반 콘크리트와 다름없이 진전 하였고, SCC-F30시편과 SCC-B30시편 모두 재령 1일~7일에는 28일 강도의 2%만 증가하였고 SCC-F30시편은 7일~14일에는 28일 강도에 30%로 정도의 강도 진전을 보인 반면, SCC-B30시편은 3%정도만 증가하였다. 그러나, SCC-B30시편은 재령 14일~28일에서 30%정도 강도가 증가하였다.

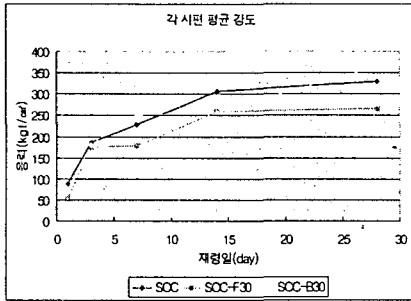


그림 5 각 시편의 재령별 평균강도

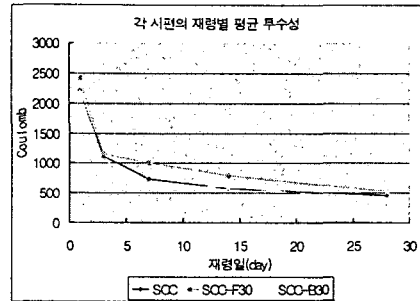


그림 6 각 시편의 재령별 평균투수성

Type	$f_{ck}(kgf/cm^2)$	통과 전하량(Coulomb)
N1[3]	240	1523
N2[3]	300	1183
N3[3]	400	1066
NF201[3]	240	1115
NF202[3]	300	780
NF203[3]	400	579
H [2]	590	1891
SCC	330	455
SCC-F30	266	524
SCC-B30	363	391

표 3 보통 콘크리트와 SCC와의 28일 염소이온 투과량 비교표

시편 종류	물-결합재비 (%)	고성능 AE감수제 첨가율 (C×%)	Super-plasticizer (C×%)	AE제 (C×%)	AE 감수제 (C×%)	잔골재율 (%)	단위수량 (kgf/m³)	단위중량(kg/m³)					슬럼프 (cm)	슬럼프 플로우
								시멘트	플라이애시	고로슬래그	잔골재	굵은골재		
N1[3]	55	-	-	-	0.09	46	-	345	-	-	784	945	16	-
N2[3]	44	-	-	-	0.15	44	-	430	-	-	720	941	16	-
N3[3]	33	0.5	-	-	0.25	41	-	521	-	-	658	973	16	-
NF201[3]	50	-	-	0.15	0.10	46	-	293	73	-	775	935	17	-
NF202[3]	42	-	-	0.15	0.10	42	-	360	90	-	670	951	17	-
NF203[3]	33	0.5	-	0.15	0.2	40	-	417	104	-	631	972	17	-
H[2]	28	-	1.8	-	-	-	-	550	-	-	609	1142	19.5	-
SCC	30	1.3	-	-	-	50	175	583	0	0	806	835	-	60
SCC-F30	30	1.3	-	-	-	50	175	408	175	0	806	835	-	61
SCC-B30	30	1.3	-	-	-	50	175	408	0	175	806	835	-	66

표 4 시편 종류별 배합표

SCC-B30시편은 마찬가지로 7일까지 투수성이 낮아지다가 재령 7일~14일까지는 투수성 진전이 거의 없었다. 재령 28일에 투수성은 SCC-F30시편이 가장 높았지만 이 값을 강도와 비교하여 볼 때 가장 적은 값이 나온 것으로 생각된다.

SCC-F30의 28일 강도를 100%로 볼때, 1일은 19%, 3일은 65%, 7일은 67%, 14일은 97%정도 나왔으며, 3일에서 7일 사이에는 거의 강도 진전이 없었으며 7일에서 14일에는 강도가 급진전하는 양상을 띠었다. 플라야에서는 장기강도 증진효과가 있는 혼화재 이므로 28일 이후에도 많은 강도 증진효과가 있을 것으로 예상되어진다.

투수성도 마찬가지로 3일에서 7일 사이에는 작은 진전을 보였으며, 고강도로 갈수록 콘크리트는 내부 구조가 치밀해지므로 투수성 진전이 거의 없는 것은 당연한 결과이다.

표 3과 표4의 결과로 볼 때 결합재를 시멘트로만 배합하여 시멘트량이 500 kgf/m^3 이상인 SCC와 N3, H를 비교하여 보면 일반적인 콘크리트라면 전하량이 1000 Coulomb 이상의 값을 갖지만 유동화를 시킨 SCC시편의 투과전하량 값은 455 Coulomb 의 값을 갖는다. NF20시편은 N의 배합비에서 시멘트량의 20%를 치환한 것인데, 46%의 투수성 진전을 보였지만, 결합재의 30%를 치환한 고유동 콘크리트(SCC-F30)는 그에 비해서 재령28일의 투수성이 15%가 더 나왔다. 투수성을 낮추기 위해 혼화재를 치환하려면 다른 형태의 치환물을 이용해서 연구 되어져야 할 것으로 생각된다. 고로슬래그로 치환한 SCC-B30시편은 SCC-F30에 비해서 투과전하량 133 Coubomb 낮은 값이 나옴을 알 수 있다.

5. 결론

1. 시편 SCC, SCC-F30, 그리고 SCC-B30을 이용하여 고유동 콘크리트의 투과전하량을 재령28일에 측정하였는데, 각각 455C, 524C, 그리고 391C을 얻었다. 이는 고유동 콘크리트는 다짐을 하지 않아도 조적이 치밀해진다는 것을 보여주고 있다.
2. 플라야시를 30% 치환한 SCC-F30시편은 SCC에 비교하여 재령 28일 강도는 19%정도 떨어지고 투과전하량은 69C 정도 높게 나왔다. 장기 강도 증진 효과가 있는 혼화재인 플라야시는 포졸란(pozzolan)반응으로 생성된 수화물로 인해서 경화체 내의 공극을 막아 침투성이 감소하게 된 것이다.
3. 고로슬래그를 30% 치환한 SCC-B30시편은 결합재를 시멘트만으로 쓴 SCC시편과 비교 하여 재령 28일의 강도는 10% 증진 되었고, 투과전하량은 133C 낮아지는 효과를 나타내어, 고로슬래그의 잠재수경성 반응으로 인해서 투수성도 낮아졌다고 할 수 있다.
4. 고성능 감수제만으로 유동화 시킨 SCC는 일반적인 콘크리트와 같은 강도 진전을 보였지만, SCC-F30과 SCC-B30은 초기 재령 1일에서는 강도발현이 늦고 28일까지의 강도 진전 양상은 불규칙하게 일어나는 경향을 보인다.
5. 내구성의 대표적인 지표값인 투수성을 낮추기 위해 혼화재를 치환하려면 기존에 연구했던 유동화를 시키지 않은 일반적인 콘크리트와는 다른 치환물로 더 연구 되어야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. 윤상대, "고유동콘크리트의 메카니즘을 중심으로한 현상과 전망" 콘크리트학회지, 1995년, 제7권, No.5, PP.90-100.
2. 오병환, 정원기, 차수원, 장봉석, "콘크리트의 투수성측정 및 초저투수성, 콘크리트의 개발연구" 콘크리트학회논문집, 1996년 10월, 제8권, 5호.
3. 한국콘크리트학회, "최신 콘크리트공학", 1997년 10월 pp. 144-155, pp. 453-476.
4. ASTM C1202-94 "Electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration"
5. 한국콘크리트학회, "콘크리트표준시방서", 1999년.