속경성 자기충전 콘크리트의 기초특성 연구(I)

A Study on Basic Properties of Super Early Strength Self Compacting Concretes(I)

엄 태 선* 임 채 용** 유 재 상*** 이 종 열**** 이 근 호***** 한 재 명******
Um, Tai Sun Lim, Chae Yong Lyu Jae Sang Lee, Jong Ryul Lee, Geun Ho Han, Jae Myung

ABSTRACT

We carried out the feasibility study of super early self compacting concrete having the characteristics of 1 day demoulding without steam curing, high flowable concrete with self compacting, high strength and high durability etc.

Here, We test and selected by several methods using high early cement with and without admixtures for the condition of super early strength self compacting concrete's manufacture (SSCC). we sucessed to meet at the goal of SSCC with 20~35N/㎟ at 1 day, without steam curing and with slump flow about 60~65㎝.

We continue to search the effectual conditions of SSCC's manufacture by changing mix designs, several of admixture (superplasticizer, stabilising agent), slag, fly ash, high early cement and apply the products for practical use

1. 서론

콘크리트 제품은 생산효율을 올리기 위해 가능한 된 반죽으로 하여 강제 진동 또는 성형법으로 다짐해 증기양생을 실시하는 것이 일반적이다. 여기서 부재 두께가 얇고 철근이 밀실히 배근된 제품은 양호한 콘크리트의 충진이 얻어지지 않으며 또한 증기양생을 하기 위해 보일러 설비, 전문 관리자 및 대량의 에너지가 요구된다. 또한 프리 캐스트 제품에서는 유동성의 유지시간이 짧고 더욱 대상제품의 형상, 용적 등에 의해 제품별로 유동성의 유지가 미조정 가능한 콘크리트가 바람직하다.
최근, 상기 문제를 해결하고 제품 차별화, 제품 다양화 및 작업환경 개선 등을 위해 자기충전 콘크리트의 응용이 유효 선택의 하나로 속경성 자기충전 콘크리트의 충전성, 재료분리 저항성, 미려한 제품 표면을 얻는 타설방법의 장점 이외에 1일 2교대의 무 증기양생법으로 그의 활용성이 제시되고 있다.

한편, 1일 공용 Whitetopping포장시공, 대형 PC Box 제작, PC Beam 제작 등의 현장 타설용도에서도 콘크리트의 소요 양생단축에 의한 신속 공용성과 공기단축 그리고 대형 복잡형상 및 과밀 배근의 대

* 정회원, 쌍용기술연구소 책임연구원
** 정회원, 쌍용기술연구소 연구원
*** 정회원, 쌍용기술연구소 수석연구원
**** 정회원, 쌍용기술연구소 소장
***** 정회원, 신흥콘크리트 전무
****** 정회원, 선진콘크리트 사장

안으로 속경성 자기 충전성콘크리트(super early strength self compacting concrete)의 도입이 요구되고 있다.

따라서 본 자료는 제품의 생산효율, 인력의 성력화 및 양생비용 절감을 위해 속경성 자기충전 콘크리트(SCC)의 장점을 살릴 수 있는 콘크리트의 자체 수화열의 유효이용과 무 다짐형의 고유동콘크리트의 특성을 최대로 살리고자 용도에 따라 적정 요구 기초성상을 표준화하기 위한 기초작업으로써 이들 기초 성상의 특성을 조사해 속경성 자기충전 콘크리트의 개발방향을 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

1종과 3종 시멘트를 대상으로 속경성을 부여하기 위한 조강재와, 유동성을 주기 위한 고성능감수제 그리고 재료분리를 방지하기 위한 증점제를 조합원료로 하였다.

표 1 사용재료의 성분

		화 학 성 분(%)									광 물 조 성(%)				비 고
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	I-loss	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	
시멘트	1종	20.7	6.2	3.1	62.2	2.8	2.1	0.84	0.10	2.1	44.0	26.2	11.1	9.3	-
	3종	19.9	5.6	3.0	62.3	2.8	4.2	0.84	0.10	1.4	48.49	20.47	9.76	9.13	-
조강재		속경성 클링커, 응결조정재, 경화촉진재의 조합물													속경성
고성능감수제		폴리 카본산계 감수제(SP-8N), 나프타렌계 감수제(Mighty-150)													유동성
F-20		polysaccharide 20% (증점제 : 재료분리방지)													-

표 2 사용 시멘트의 물성

	분말도 (cm^2/g)	비 중 (g/cm^3)	응 결		압 축 강 도(kgf/cm^2)			
			초 결 (min)	종결 (hr:min)	1일	3일	7일	28일
1종시멘트	3224	3.15	260	6:49	100	213	293	373
3종시멘트	4350	3.12	185	4:50	150	270	366	470

2.2 실험조건 및 계획

표 3 실험계획 및 조건

인 자	Cement	단위 Cement량	*F	단위수량	SP(%)	혼합재	증점제 (Foxcrete)	양생조건
수 준	1종	500	A	170	1.5±0.3	0	0	표준양생
	3종		B	175	(Slump Flow	Slag 20%	0.6%	증기양생
	3종+조강재		C	180	65±5cm)	Fly ash 20%		

※ F A조건-속경성 클링커 : 응결조정재 : 경화촉진재 = 0.0 : 2.0 : 2.0 % ⇒ 4 %
B조건-속경성 클링커 : 응결조정재 : 경화촉진재 = 2.0 : 3.0 : 2.0 % ⇒ 7 %
C조건-속경성 클링커 : 응결조정재 : 경화촉진재 = 2.5 : 2.5 : 2.0 % ⇒ 7 %

표 4 속경성클링커 및 응결조정재의 성분

구 분	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	Ig-loss
응결조정재	3.7	0.7	0.1	38.3	0.0	0.01	0.03	54.4	2.9
속경성 클링커	7.8	35.9	0.8	42.0	1.3	0.25	0.32	10.3	1.3

2.3 평가항목

굳지 않은 콘크리트에서는 유동성과 재료분리 특성을 평가하였고, 굳은 콘크리트는 속경성, 요구강도 확보, 장기 내구성 등을 종합적으로 평가하고자 표. 5와 같은 항목을 선정하여 평가하였다.

표 5 속경성 자기충전 콘크리트의 특성평가를 위한 시험항목

구 분	평 가 물 성	비 고
굳지 않은 콘크리트	Slump, Slump Flow 경시변화, U-박스 단차	유동성, 작업성
굳은 콘크리트	압축강도(12, 18시간, 1, 2, 14일), 길이변화, 동결융해	강도, 내구성

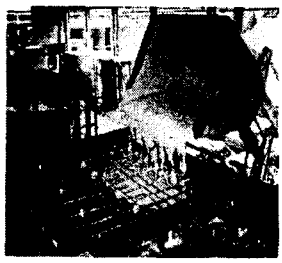
3. 검토 및 실험결과

3.1 자기충전 콘크리트의 적용

1) 타설 방법

자기충전 콘크리트의 타설은 시료 용기, 배출구, 이동성을 갖는 장비로 가능하다.

a) 공장 타설bucket

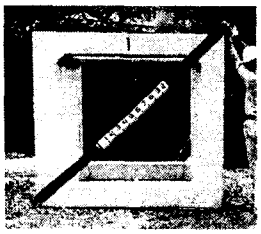


b) bucket dozer

c) 야외 crane bucket

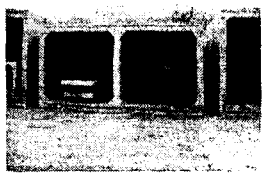
2) 적용 제품군

제품생산은 공장 내 또는 외부에서 형틀 만 갖추면 현장 혼합타설 또는 수송 이동타설도 모두 가능하다.

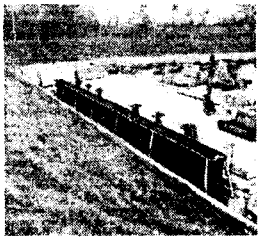


a) 통신, 수조암거

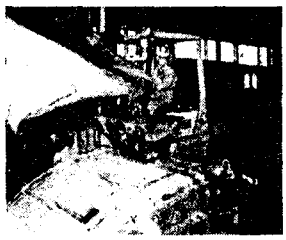
b) 벽체 등 pannels



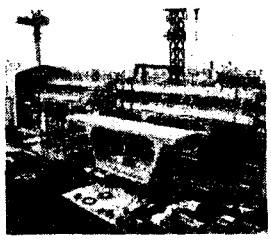
c) 수로 box culvert



d) 교량 PC beam



e)철도, 터넬segment



f) 교량용 segment

3.2 요구 물성

적용대상으로 검토되는 국내외 제품의 품질 사양을 고려한 자기 충전콘크리트의 요구품질은 표 5와 같다.

표 6 속경성 자기 충전크리트의 요구 물성

항 목	항 목	요 구 품 질	속경성 자기충전 콘크리트
강 도	탈 형	15~35 N/㎟	16 N/㎟ 이상
	14일	35 N/㎟이상	제품 요구강도
	양 생	증기양생	무 증기양생
유 동 성	60~70 ㎝	-	60 ㎝ 이상
동해 저항성	-	-	80 % 이상
길이 변화	-	-	8×10^{-4} 이하
중 성 화	-	-	일반 이하
표 면	-	얼룩, 기포	일반 이하

3.3 인자별 특성실험

1) 공장배합의 양생조건별 특성

속경성 자기충전 콘크리트의 요구성능으로 기본적인 특성으로 초기강도(탈형시간 또는 1일강도 약 16 N/㎟ 이상을 만족하고 또한 유동성(slump flow 60 ㎝ 이상)을 만족해야 한다. 통상적인 1종시멘트와 3종시멘트의 배합으로는 요구하는 탈형강도 확보와 유동성이 확보가 매우 어렵다.

표 7 공장배합의 양생조건별 특성평가 실험조건

No	조건	S/A (%)	C (kg/㎥)	F (%)	W (kg/㎥)	혼화제	양생조건
1	1종	48	460	0	200	1.5%	표준양생, 증기양생
2	3종	48	460	0	200	1.5%	표준양생, 증기양생
3	3종+조강재	48	500	A	200	2.0%	표준양생
4	3종+조강재	48	500	A	205	2.0%	표준양생

표 8 공장배합의 양생조건별 특성

No	slump (cm)		slump flow (cm)		U-box 단차(cm)	압축강도 (N/㎟)				
	0	30	0	30	0	양생	18hr	1d	2d	14d
1	25.0	25.0	55	53	12	표준	-	4.9	21.6	54.1
						증기	-	19.9		44.2
2	26.0	22.5	58	45	5	표준	-	19.6	38.1	54.9
						증기	-	34.1		49.2
3	27↑	23.5	60	47	0	표준	27.5	35.9	46.7	57.0
4	27↑	24.5	64	50	0	표준	25.7	32.3	45.5	52.8

* 증기양생 : 전치-3시간 유지, 60℃/2시간 상승, 6시간 유지- 60℃

2) 조강시멘트와 조강재를 사용한 예비배합의 특성

조강재 A조건에서 조강시멘트와 고유동화제의 사용량을 증가하면 유동성과 초기강도가 속경성 자기충전콘크리트의 요구특성을 만족하는 것을 확인하였으나 장기간 유동성 확보와 함께, 형틀 충전에서 발생되는 충전 취약부의 재료분리를 제어하는 방안 모색이 요구되었다.

표 9 조강시멘트와 조강재를 사용한 실험조건

No	조건	S/A (%)	C (kg/㎥)	F (%)	W (kg/㎥)	혼화제	양생조건
1	3종+조강재	48	460	A	200	PC 1.5%	표준양생
2	3종+조강재	48	460	A	200	PC 1.5%	표준양생
3	3종+조강재	48	500	A	200	PC 2.0%	표준양생
4	3종+조강재	48	500	A	205	PC 2.0%	표준양생

표 10 조강시멘트와 조강재를 사용한 배합의 특성

No	slump (cm)		slump flow (cm)		U-box 단차(cm)	압축강도 (N/㎟)				
	0	30	0	30	0	12Hr	18Hr	1D	2D	14D
1	27↑	26	59.0	54.0	2.5	4.0	19.0	25.3	36.4	
2	27↑	26	64.0	55.0	1.0	2.5	18.3	25.9	35.9	
3	27↑	26	65.0	51.0	0.0	3.5	24.5	32.9	42.8	
4	27↑	26	65.0	55.0	0.0	2.7	20.1	30.7	41.5	

3) 고성능감수제 및 증점제를 변경 배합의 특성

조기 표면 마무리와 재료분리 방지를 위해 폴리 카본설폰산계와 나프타렌계 고성능감수제를 선정하고 분체계 이외 증점계의 자기 충전콘크리트도 검토하였다. 현 실험결과로는 판단하기 곤란하나, 나프타렌계 감수제는 초기 유동성이 다소 떨어지고 12시간 초기강도 발현에 유리하다. 한편 polysaccharide의 20% 희석 증점제는 자기충전 콘크리트의 분리현상을 억제하나 초기강도가 다소 저하한다.

표 11 고성능감수제 및 증점제 사용에 따른 실험조건

No	조건	S/A (%)	C (kg/㎥)	F (%)	W (kg/㎥)	혼화제	증점제 (%)	양생조건
1	3종+조강재	48	500	A	200	PC 2.0%	0.6	표준양생
2	3종+조강재	48	500	A	200	M-150 2.0%	0	표준양생
3	3종+조강재	48	500	A	200	M-150 2.0%	0.6	표준양생

표 12 고성능감수제 변경와 증점제 사용 유무에 따른 물성

No	slump (cm)		slump flow (cm)		U-box 단차(cm)	압축강도 (N/㎟)				
	0	30	0	30	0	12Hr	18Hr	1D	2D	14D
1	27↑	24.0	60.0	48	2.0	4.1	26.9	35.1	44.3	
2	24	20.0	50.0	40	3.0	18.3	27.1	31.2	37.5	
3	22	16.5	45.0	30	4.0	12.7	24.5	29.6	35.8	

4. 결과해석 및 향후계획

일반적으로 속경성 시멘트 및 콘크리트를 이용한 제품은 속경특성을 갖는 장점에 반하여 고가이며 내구성(동결융해, 건조수축, 철근부식, 중성화, 염해 등) 특성이 저조한 것이 단점이다. 또한 콘크리트 공장제품은 신속탈형, 출하 등의 생산성 향상과 몰드회전율을 증대하기 위한 목적으로 증기양생을 한 후에 14일 양생을 기준으로 출하를 하므로써 증기양생비. 몰드재고비, 제품재고비. 인력관리비 등이 고효율이 요구되고 있다. 조강시멘트와 조강재를 병용한 고내구 속경성 자기충전콘크리트는 콘크리트 제품의 생산성에 도움이 될 것이고 본 예비적인 실험에서 그 가능성을 확인하였다. 본 사상은 아스팔트 도로포장의 파손을 보수을 위해 개발하고 있는 1일 공용 시멘트 덧씌우기 공법용 whitetopping 포장재의 설계재료와 시대적인 제품의 요구특성이 결합한 것이다. 무 증기양생. 무 다짐, 당일 출하제품의 생산은 본 예비실험결과, 그의 가능성이 확인되었고 향후, 조강재의 B, C 조건과 고유동화제의 종류별 및 분체계와 증점계를 선별하여 속경성 자기충전콘크리트의 생산성을 최대화하는 조건을 관련회사 그리고 생산업체와 연계하여 검토된 제품을 대상으로 단계적으로 개발접목시킬 예정이다.

5. 결론

(1) 시대적으로 속경성 고유동 무 증기양생용 고품질의 콘크리트가 설비투자의 간소화와 인력감소 및 소음환경의 대책, 표면미려성의 증진 요구확대 등의 이유로 생산현장에서 그의 적용을 위해 요구되고 있다.

(2) 속경성 자기충전콘크리트는 1일 공용 포장콘크리트 그리고 공장제품 등이 주 대상이 되며, 특히 공장제품은 box culvert, 수로관 류, 철도, 터넬, 교량용 세그멘트 등에 집중적으로 요구되어 이런 용도의 속경성 자기충전콘크리트의 요구품질에 적합한 품질설계가 필요하다.

(3) 조강시멘트, 조강재, 고성능감수제, 증점제 등의 재료를 선정하여 분체계 및 증점제계의 속경성 자기충전콘크리트의 특성을 평가한 결과, 18시간 이내 무 증기양생의 속경성 자기충전 콘크리트의 제조조건을 확인하였으며, 향후, 생산성 증대의 세부설계를 위한 조강재 종류별로 또한 분체계, 증점제계의 속경성 자기충전콘크리트의 제품설계와 및 내구성을 추진할 예정이다.

본 과제는 한국과학재단이 지원하는 콘크리트 신제품 신기술 연구회(신기회 : 회장 이종렬, 쌍용기술연구소장)의 회원사가 공동으로 추진하고 있습니다.

참 고 문 헌

1. 川島 滿成, 고유동콘크리트에 의한 공장제품의 제조, 日, ｺﾝｸﾘｰﾄ工學 Vol.38, No. 5, 2000.5.
2. 高田 和法, J C Walraven, W. Bennenk, 자기충전콘크리트 실용화의 현상과 금후의 전망 (네덜란드), 日, ｺﾝｸﾘｰﾄ工學 Vol.38, No. 3, 2000. 3).
3. 콘크리트 신기회(회장,이종렬), 속경성 자기충전콘크리트 '02년 연구계획 및 기술보고, 2000. 2.
4. 石森正樹, 조강성혼화재와 단열양생을 조합한 콘크리트제품의 제조실험, 일, 토목학회, 제55회 연차학술강연회.