

고유동성을 갖는 초조강 콘크리트의 품질설계와 실용화를 위한 적용연구

엄태선* · 이종열 · 유재상 · 임채용 · 이순기 · 김상용

<쌍용양회 기술연구소>

1. 서 론

최근, 건설환경의 많은 시공적 제한은 특수기능의 콘크리트를 필요로 하며 특히, 조기개통, 출하, 생산성 향상은 필수적이다. 이런 용도로 고유동 초조강 콘크리트가 요구되고 있는데 현재 사용되는 초조강콘크리트는 유동손실이 커서 현장혼합으로 소규모 보수공사에 제한되어 사용되며 짧은 가사시간으로 시공 불량에 자주 발생되고 있다.

본 연구는 가사시간과 유동성이 일반 콘크리트와 같게 개선된 초조강 콘크리트를 개발하여, 실용적 적용과 시공을 통한 활용성을 제시하며 특히, 개발품질은 운반성, 가사시간, (자기)충진성, 1일 재령이내 사용되는 실용적 물성을 개발하고자 한다.

이런 목적을 위해 적정 재료선정과 배합설계를 통해 인자별 영향을 평가하여 고유동성 초조강 콘크리트의 품질을 설계하였고 설계된 고유동화 초조강콘크리트는 1일 공용 박층 덧씌우기 포장재(overlay)의 제조 및 시험시공, 무 증기양생용 SCC(self compacting concrete)의 시작품, 지하철 도상개량용 긴급공사 등의 적용성을 평가하였다. 이 때 생산설비, 운반수단, 시공법 등을 달리하였고 이때 특성평가는 비파괴적 검사방법도 함께 추진되었다.

2. 실험내용 및 방법

2.1 조합인자별 영향 및 품질설계

1시간 이상의 가사시간 확보가 가능한 초조강 콘크리트의 설계는 조강시멘트, 조강재, 촉진제, 지연제(표 1, 2 참조) 등을 출발원료로 하였다.

2.2 재현성 및 내구성 검토

실험실적으로 검토된 인자를 조합한 초조강 레미콘을 생산하여 생산품질, 수송성 및 대량 시공성 등의 품질을 평가하였다.

2.3 용도 개발 및 적용성

고유동성을 갖는 초조강콘크리트의 실용적 용

첨가재의 종류	성 분
고성능AE감수제	폴리 카본산계
	나프탈렌계
지연제	SG, BA, LG
촉진제	CN, NN, NR, CF

<표 2> 사용재료별 특성

<표 1> 아원클링커와 무수석고의 화학성분

구 분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Ig-loss
무수석고	3.7	0.7	0.1	38.3	0.0	0.01	0.03	54.4	2.9
아원클링커	7.8	35.9	0.8	42.0	1.3	0.25	0.32	10.3	1.3

<표 3> 전용 시멘트의 선정을 위한 콘크리트의 배합조건

구 분	S/a (%)	W/C (%)	단위시료량(kg/m ³)		혼화제(C×%)	
			C	W	SP-8K*	AE**
조강 시멘트	40	36	460	165	1.3	0.02
초조강 시멘트	40	36	460	165	1.3	0.02

<표 4> 콘크리트의 물성

구 분	슬럼프(cm)			압축강도(N/mm ²)			
	0 분	30 분	60 분	1일(전)	1일(후)	2일	28일
조강	23.5	22.1	16.0	12.2	21.5	42.7	66.2
초조강	19.6	8.0	-	35.1	42.5	49.1	67.6

용성을 다양한 시공분야에서 검토하였다.

- ① 박층 OL 포장재의 활용 및 1일 교통개방 (인력시공, 기계시공)
- ② 무 증기양생 SCC 콘크리트 제품 (맨홀, PC Box Culvert) 생산
- ③ 지하철 도상개량 긴급공사 시공(동호대교)

연형을 사용하였고 1일강도는 혼합직후, 30 분, 60 분 경과후 조건으로 물성을 검토하였다. 조강 시멘트 경우는 혼합직후 제작 1일강도는 약 12N/mm², 60분 경과후 제작 1일강도는 21N/mm²으로 목표 배합강도(약 30N/mm²이상)보다 낮으며 초조강시멘트는 1일강도가 35N/mm² 이상으로 목표강도를 상회하나, 슬럼프 손실량이 매우 컸다.

3. 실험결과

3.1 재료인자별 영향 검토

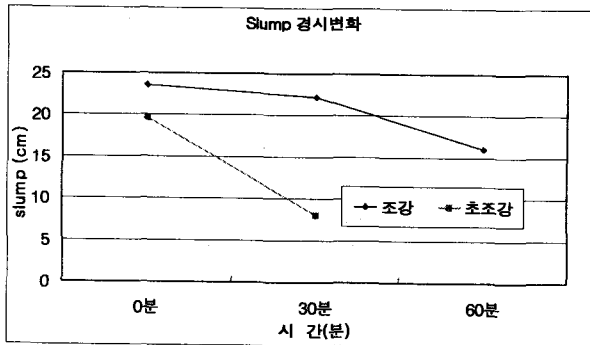
3.1.1 조강시멘트와 초조강시멘트의 영향

1시간 운반성을 갖는 초조강 콘크리트의 기초 시멘트로 조강시멘트와 초조강시멘트를 평가하였다. 이 때 고성능AE감수제는 폴리카본산계 지

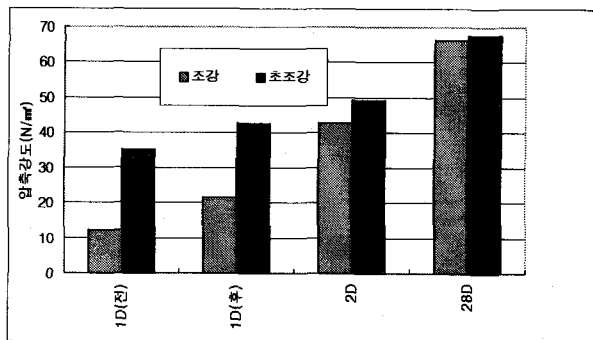
3.1.2 촉진제의 영향

조강시멘트의 초기강도를 향상하기 위해 촉진제 종류별 강도와 유동성의 영향을 검토하였다.

촉진제의 첨가량이 많을수록 플로우가 증가하나, 유지율은 조강시멘트 단독에서 약 91% 유지에 비하여 촉진제 사용한 조건은 약 77~85%로 낮았다. 이는 물-결합제비가 낮고, 수화가 촉진



<그림 1> 시간경과에 따른 슬럼프의 변화



<그림 2> 압축강도 특성

<표 5> 촉진제 조건별 조강시멘트의 특성

구분	F (%)	촉진제		Flow(%)			압축강도(N/mm ²)		
		종류	량	초기	30분	유지율	1일	2일	28일
3P	0.0	-	-	88.0	80.0	90.9	19.4	25.5	42.1
3FCN3	12.5	CN	28.5	117.0	98.0	83.8	28.2	35.0	50.7
3FCN2	10.5	CN	23.9	132.0	100.0	75.8	28.1	37.3	49.9
3FCN1	7.5	CN	17.1	126.0	101.0	80.2	25.0	33.6	46.1
3FNN3	12.5	NN	28.5	121.0	95.0	78.5	29.5	39.0	50.9
3FNN2	10.5	NN	23.9	116.0	98.0	84.5	31.1	39.0	51.5
3FNN1	7.5	NN	17.1	108.0	84.0	77.8	26.5	32.3	48.2
3FNRR3	12.5	NR	28.5	110.5	91.0	82.4	25.3	34.9	49.3
3FNRR2	10.5	NR	23.9	114.0	91.0	79.8	23.6	33.7	49.1
3FNRR1	7.5	NR	17.1	112.0	87.0	77.7	23.5	33.4	47.9
3FCF3	12.5	CF	28.5	121.0	94.0	77.7	22.0	29.8	35.3
3FCF2	10.5	CF	23.9	117.0	92.0	78.6	21.2	29.1	36.2
3FCF1	7.5	CF	17.1	115.0	88.0	58.6	19.8	28.6	36.3

되었기 때문이다. 한편, 강도는 사용량에 따라 초기강도가 증가하는 경향이나 CF를 사용한 경우 초기강도는 약간 증가하지만 장기강도는 크게 감소하여 조강시멘트와는 적절하지 않은 촉진제이다. 보통시멘트에서 CF가 우수한 강도증진 효과를 나타내는 것과 비교하면, 시멘트의 성분, 특성에 따라 촉진제의 효과가 달라짐을 확인하였다.

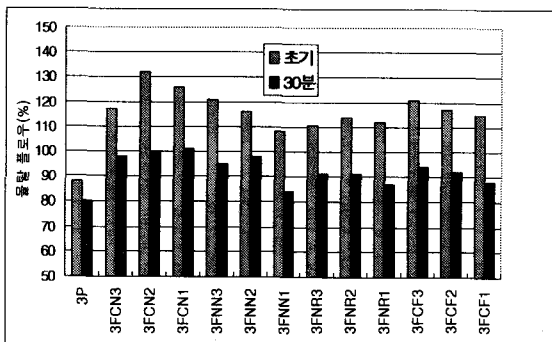
3.1.3 혼합방법의 영향

혼합조건을 달리한 경우, 혼합직후(S)와 혼합후 60분 경과(L)의 몰드를 제작했다. 재료를 일

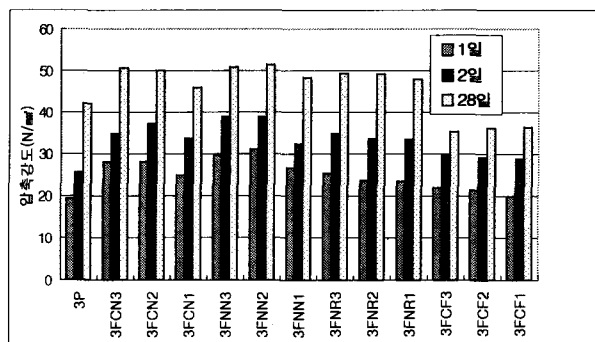
괄 투입후 90초간 혼합한 A조건은 초기 슬럼프도 낮고, 1일강도도 낮았다. B조건은 C조건에 비해 60분에서 슬럼프도 다소 높고, 1일 강도도 양호하였다.

3.1.4 지연제의 영향

초조강 콘크리트는 슬럼프가 커도 시간경과에 신속하게 유동성과 연성을 잃는다. 따라서 슬럼프가 작은 초조강콘크리트는 운송과 타설시간의 제한을 받는다. 본 절은 장거리 운송과 가사시간을 확보하기 위한 유동성이 작은 초조강 콘크리트를 제조하기 위한 목적에서 검토하였다. 검토



<그림 3> 촉진제 조건별 플로우



<그림 4> 촉진제 조건별 강도특성

<표 6> 혼합 방법별 콘크리트 물성

	슬럼프(cm)			공기량(%)			압축강도(N/mm ²)			
	즉시	30분	60분	즉시	30분	60분	제작시기	1일	2일	28일
A	23.5	24.0	21.0	2.9	2.5	2.5	즉시(AS)	15.8	33.0	60.2
							60분후(AL)	25.2	44.3	66.7
B	25.0	22.2	23.3	5.5	2.8	3.1	즉시(BS)	18.2	35.6	59.8
							60분후(BL)	29.1	47.8	71.0
C	25.0	-	22.6	5.5	-	6.8	60분후(CL)	24.4	37.5	57.5

<표 7> 콘크리트 배합과 혼합조건

실험 조건	배 합 비		단위재료량 (kg/m ³)				공시체 제작 시기
	S/a (%)	W/C (%)	C	W	SP-8N	AE제	
AS	43.0	35.4	460	163	6.9	0.184	혼합후 즉시 제작
AL	43.0	35.4	460	163	6.9	0.184	60분 경과 후 제작
BS	43.0	35.4	460	163	6.9	0.184	혼합후 즉시 제작
BL	43.0	35.4	460	163	6.9	0.184	60분 경과 후 제작
CL	43.0	35.4	460	163	6.9	0.184	60분 경과 후 제작

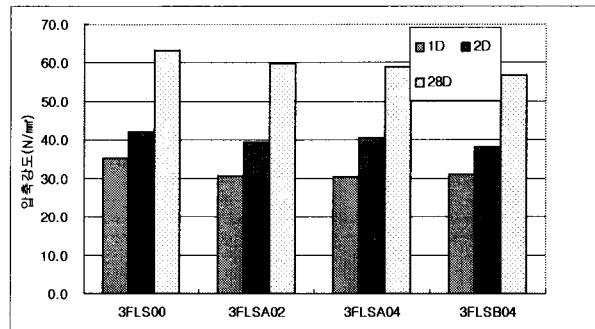
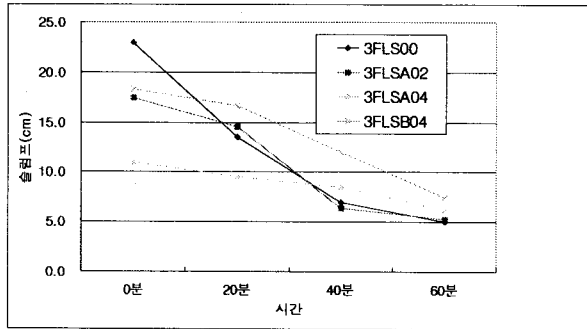
A : 일괄투입, 건비빔(30초)→90초 혼합
 B : 시멘트,모래의 건비빔(30초)→물투입(3분 혼합)→정치(3분)→자갈투입 후 2분 혼합
 C : B와 동일조건(단, 혼합후 30분경과시점에서 재혼합을 안함)

<표 8> 지연제 효과를 평가하기 위한 배합조건

배합	W/C (%)	s/a (%)	배합조건(kg/m ³)			혼화제(%)			비고
			C	AG	W	SP	AC	LS	
3FLS00	38.1	45.0	420	8.4	160	1.5	2.0	0.0	A Type
3FLSA02	39.3	45.0	420	8.4	165	1.5	2.0	0.2	
3FLSA04	39.3	45.0	420	8.4	165	1.5	2.0	0.4	
3FLSB04	38.2	45.0	440	8.8	168	1.5	2.0	0.4	B Type

<표 9> 지연제를 사용한 초조강콘크리트의 특성

구 분	공기량(%)				슬럼프(cm)				압축강도(N/mm ²)		
	0분	20분	40분	60분	0분	20분	40분	60분	1일	2일	28일
3FLS00	6.4	5.0	4.8	4.6	23.0	13.5	7.0	5.0	35.2	42.3	63.2
3FLSA02	4.7	4.8	4.8	5.0	17.4	14.5	6.4	5.3	30.5	39.4	59.9
3FLSA04	4.2	4.8	5.5	5.2	11.0	9.5	8.5	6.2	30.3	40.5	59.1
3FLSB04	9.0	8.4	8.0	7.1	18.3	16.7	12.0	7.5	31.2	38.3	56.8



1) 슬럼프

2) 강도

<그림 5> 지연제 종류와 사용량에 따른 물성

한 지연제중에 다른 지연제는 지연효과는 우수하나 초기강도의 저하가 크고 회복속도도 늦어 적정지연제로 A Type LS(1)와 B Type LS(2)로 2가지로 한정하여 검토하였다. 지연제 사용량은 0.0, 0.2, 0.4%로 하여 콘크리트 특성을 평가하였다. 검토결과, 미사용 배합조건은 60분에서 약 18cm의 슬럼프 저하가 발생하나 A-type의 지연제 0.2%를 사용한 배합은 약 12cm, 0.4%를 사용한 배합은 약 5cm의 슬럼프감소가 발생하였다.

3.1.5 온도의 영향

양생온도에 따른 초조강성을 평가하였다. 이는 양생온도에 따른 공용시기를 예측하기 위한 것으로 온도조건별 시험을 실시하고 이를 기초로 maturity와 강도의 관계식을 구하였다. 실험온도

는 10, 15, 20℃으로 하였다. 양생온도 10~20℃에서 1일강도는 결정계수 0.99 이상을 만족하였다.

$$\text{Strength}(\text{kg}/\text{cm}^2) = 335.13 \times \text{Ln}(\text{maturity}(\text{h} \cdot \text{°C})) - 1627.4$$

3.2 재현성 및 내구성검토

3.2.1 유동성을 갖는 초조강콘크리트 (Slump 15cm 이상)

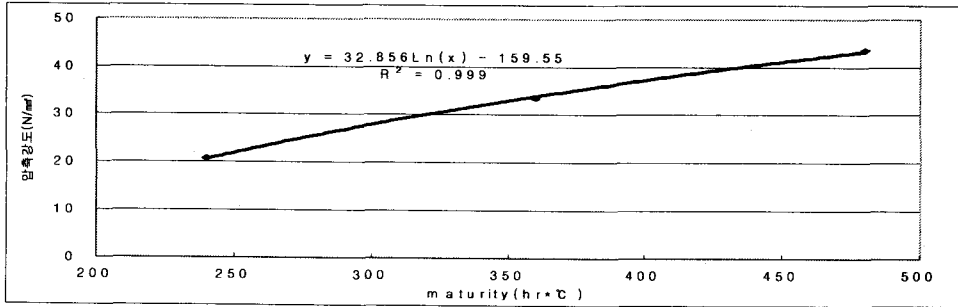
본 배합은 현장 batch plant를 이용하여 제조하고 외기 조건(25~30℃)에서 10분, 30분, 60분 교반 후에 슬럼프와 공기량을 측정하고, 1일강도 측정용 물드를 각각 3개씩 제작하였고, 약 60분 교반 후에는 2일, 28일 압축강도 공시체와 1일, 2일 재령의 휨강도 공시체를 제작하였다.

<표 10> 온도영향을 파악하기 위한 배합조건

s/a (%)	W/C (%)	단위 시멘트량 (kg/m³)	조강제		SP		AE	
			(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)
45	35.9	437	5	23	1.5	6.90	0.08	0.368

<표 11> 온도조건별 물성

양생 온도	슬럼프(cm)		공기량(%)		압축강도(kg/cm²)		
	0분	40분	0분	40분	1일	2일	28일
10℃	24.2	22.2	5.2	3.6	20.7	42.8	62.4
15℃					33.4	47.5	64.5
20℃					43.5	51.3	62.9



<그림 6> maturity와 강도의 관계

슬럼프 손실은 조강시멘트에 촉진제를 사용한 배합이 크나 지연제를 병용한 경우, 1시간경과 후에 슬럼프 손실량이 4cm 이하로 적용성이 양호하였다.

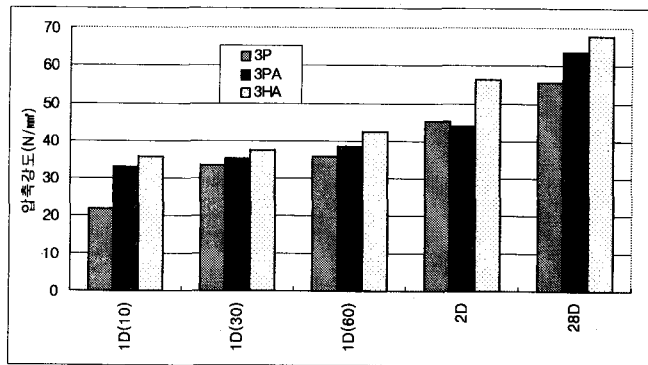
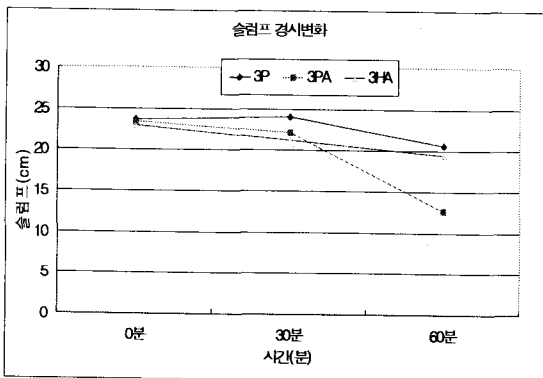
휨강도는 50kg/cm² 이상으로 28일 설계강도 48kg/cm²를 상회하였다. 특히 촉진제를 사용한 배합과 조강재와 촉진제를 사용한 배합의 1일 휨강도 60kg/cm² 이상의 값을 나타냈다. 압축강도는 조강시멘트 단독배합을 제외하고, 1일 강도 300kg/cm² 이상으로 양호한 특성을 나타내었다.

3.2.2 유동성이 작은 초조강콘크리트 (Slump 4~15cm 조건)

유동성이 작은 초조강콘크리트를 장거리 수송 후에도 작업성을 유지하도록 품질을 설계하는 것은 어려운 과제이다. 본 절은 수송방법에 제약이 있는 유동성이 작은 초조강콘크리트의 수송 후에 제반 특성을 평가하였다. 레미콘 트럭을 운반수단으로 한 초조강콘크리트는 초기 20분에 약 3cm 정도의 슬럼프 로스가 발생하고 이후 60분까지 동일한 작업성을 유지하였다 1일강도는

<표 12> 유동성을 갖는 초조강콘크리트의 품질설계를 위한 배합조건(예)

실험 조건	배 합 비		단위시료량(kg/m ³)			혼화제(C%)				비고
	S/a(%)	W/C+F(%)	C	F	W	SP-8N	AE	NN	지연제	
3P	45.0	35.4	472	-	167	1.5	0.025	-	-	* F 아원+석고
3PA	45.0	35.9	460	-	165	1.5	0.025	1	-	
3HA	45.0	36.3	437	23	152	1.5	0.025	-	0.5	



슬럼프

압축강도

<그림 7> 유동성이 큰 초조강콘크리트의 품질설계(예) 및 물성 재현성

<표 13> 유동성이 작은 초조강콘크리트의 배합설계(예)

운반조건	W/C (%)	S/a (%)	배합조건(kg/m ³)						
			C	AG*	W	SP	AC	LS	AE
Agitator	41.7	45.0	440	8.8	186	8.8	8.8	4.4	0.010
Dump	38.6	45.0	411.6	8.4	162	8.4	8.4	4.2	0.017

<표 14> 레미콘 수송조건의 유동손실 및 특성(예)

운반 조건	공기량(%)				슬럼프(cm)				압축강도(N/mm ²)		
	0	20	40	60	0	20	40	60	1D	2D	28D
Agitator	3.0	2.2	2.5	2.6	14.5	11.5	11.0	11.0	32.8	39.9	56.2

1일 32.8N/mm²이고 28일 강도는 56N/mm²이다. 여기서 레미콘수송은 지속적으로 교반하기 때문에 수화가 촉진되고 강도발현도 우수하지만, 타설 슬럼프가 최소 8cm 이상을 요구하고 있다. 이때 적정 W/C비는 38~42%, 초기 슬럼프는 12~14cm의 범위이다.

또한 덤프트럭 수송(슬럼프 8cm 이하 배합)은 초기 슬럼프가 7.5cm에서 45분간 운행한 결과, 재료분리는 거의 없었다. 이는 물-시멘트비가 낮아 재료분리 저항성이 때문으로, 초기 슬럼프 약 10cm까지는 재료분리 발생이 심각하지 않다. 통상 포장콘크리트의 타설 슬럼프는 3.0~5.0cm 범위이며 덤프트럭 수송은 paver시공에 적절하다. 여기서 덤프트럭 운송으로 1시간 이상 작업성이 유지되고, 1일 교통개방이 가능한 초조강 배합은 W/C 38~40%, 슬럼프는 6~8cm 수준이다.

3.2.4 내구성 평가

강도발현이 빠른 콘크리트는 조직이 치밀하지 않고 화학적으로도 안정하지 않아 내구성에 문제가 있을 수 있다. 본절은 초조강 콘크리트의 내구성을 평가하였으며, 일반 콘크리트와 비교하였다. 배합조건과 강도시험 결과는 다음과 같다.

1) 건조수축

일반 콘크리트는 건조수축은 약 500~700 $\mu\epsilon$ 이며, 통상적인 1종시멘트와 3종시멘트 배합과 비교할 때 초조강 콘크리트의 단위시멘트량이 크나 고성능 감수제의 사용으로 단위수량이 낮아 일반 콘크리트에 비해 건조수축이 작다.

2) 동결융해특성

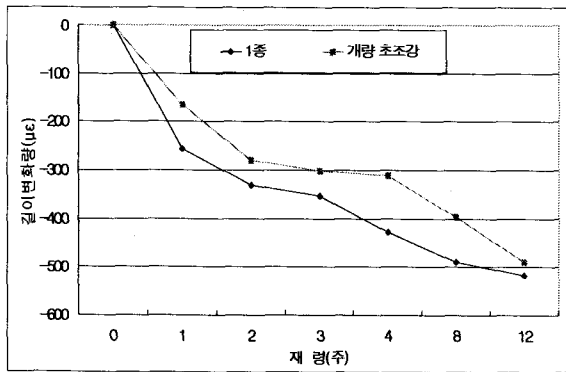
보통시멘트는 150~210 cycle에서, 조강시멘트는 240 cycle에서 상대동탄성계수가 60% 이하로

<표 15> 덤프 수송조건의 유동손실 및 특성(예)

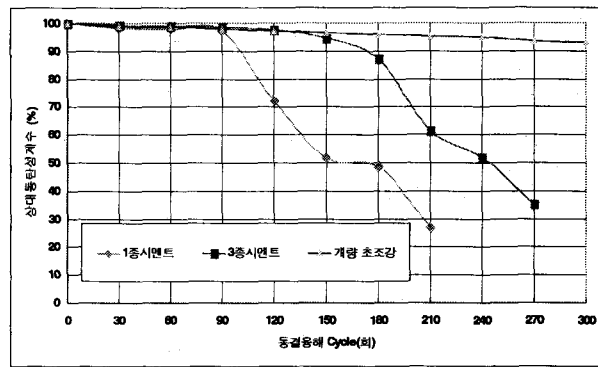
운반 조건	공기량(%)		슬럼프(cm)		압축강도(N/mm ²)				휨강도(N/mm ²)
	초기	45분	초기	45분	18시간	1일	2일	28일	18시간
Dump	3.0	2.8	7.5	3.0	30.9	35.3	42.8	55.6	4.9

<표 16> 내구성평가를 위한 배합조건(예)

Cement Type	S/A (%)	W/C (%)	Cement	SP (%)	Slump(cm)	공기량(%)
개량형 초조강	45.0	37.6	460	1.5	18.0	3.4
3종		35.0	472	1.5	23.0	3.4
1종		34.1	472	1.5	22.5	3.0



<그림 8> 초조강콘크리트의 건조수축



<그림 9> 초조강콘크리트의 동결융해

저하되었었다.(단 공기량 3.0~3.4%범위). 그러나, 개량형 초조강 콘크리트는 3종시멘트와 동일한 3.4%의 공기량 조건에서 300 cycle까지 상대 동탄성계수가 90% 이상으로 나타나 일반 콘크리트에 비해 내구성이 우수하다. 일반적으로 속경성 콘크리트에서 나타나는 동결융해저항성의 우려가 없음을 확인하였다.

3) 중성화

촉진중성화시험은 12주까지 전 수준에서 탄산화 깊이가 1mm 이하로 나타나 일반콘크리트에 비해 매우 우수한 특성을 나타내고 있으며, 이는 단위시멘트량이 460kg/m³ 이상으로 높고, 물-시멘트비가 38% 이하로 낮아 콘크리트의 미세조직이 치밀하여 CO₂의 확산계수가 낮은 때문이다.

3.3 초조강콘크리트의 용도개발 및 적용성

생산성, 운반성, 시공성을 갖는 초조강 콘크리트는 다양한 용도로 적용될 전망이고 본 절에서는 용도와 공법에 따라 품질설계를 달리하여 용도별로 적용성을 평가하였다.

3.3.1 1일 교통개방 박층 OL 포장제의 시공

1일공용 Overlay 포장재로의 검증과 한국적 도로환경에서 박층 OL포장 설계법을 개발할 목적으로 수행하였다. 본 결과는 향후 국도, 고속국도, 활주로, 교차로, 항구 부두 야적장 등 아스팔트 재포장을 콘크리트 OL포장으로 전환 목적의 기초자료로 활용할 예정이다.



아스팔트와 콘크리트의 밀착성



FWD의 비파괴 검사

줄눈 간격		A	B	B'	C	C'	B,C
두께	70mm	1	2	3			6
	140mm				4	5	7

※ 1,2,3,5,6,7번 구간 : 조강시멘트+조강재, 4번 구간 : 조강시멘트 단독

<그림 10> 덕평 시험시공구간의 계획도



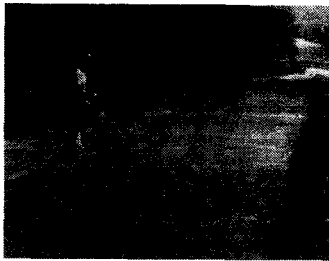
아스팔트표면절삭



절삭면의 청소



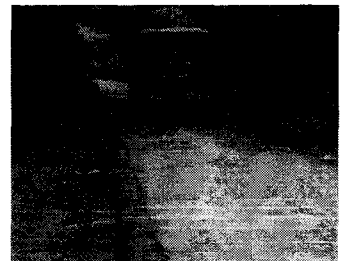
1일공용 레미콘의 타설



타설면의 양생제살포



양생면의 줄눈작업(5시간)



차량통과(24시간)

사진. 1 초조강콘크리트의 1일공용 OL 포장제 시공장면(인력시공)

① 현장시험포장 (덕평폐도 : 인력시공, 레미콘, 1시간 수송)

호법 IC에서 수원방향으로 약 2km에 위치한 덕평에서 시험시공한 결과 아스팔트와 밀착시공이 되었고 40분 수송후 시공한 후 5시간에 줄눈 작업과 1일후 차량이 통과하였다. 총 시공구간은

<그림 10>와 같이 R1~R7구간과 예비구간으로 총 길이는 140m, 폭 3.6m이며, 타설량은 47m³이다.

② 현장시험포장 (덕평폐도 : 기계시공, 덤프, 1시간 수송)

1일공용 OL(Whitetopping)포장의 신속포설을



반건식 paver



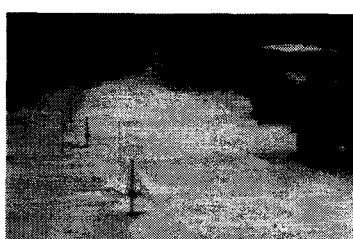
포장콘크리트 타설(덤프트럭)



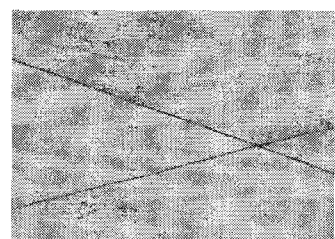
반건식 paver 포장



양생제 살포



1일공용 OL재 타설포장면



줄눈작업후 포장면

사진. 2 유동성이 작은 초조강콘크리트의 기계식 OL 포장제의 시공

<표 17> 유동성이 작은 초조강콘크리트의 OL포장 결과

구분	슬럼프(cm)			공기량(%)			재령	압축강도(N/mm ²)			휨강도(N/mm ²) 30분
	초기	30분	50분	초기	30분	50분		초기	30분	50분	
DP	12.5	7.0	3.5	6.3	3.8	3.8	1일	29.2	32.1	31.2	4.3
	Concrete 온도 27 °C						2일	37.7	40.4	41.7	4.6
							28일	58.3	57.5	60.6	7.2
D1	10.5	9.5	7.5	2.5	1.9	2.0	1일	31.7	30.6	31.4	4.6
	Concrete 온도 30 °C						2일	37.3	37.3	38.5	5.0
							28일	57.3	57.8	57.5	7.4
D2	13.5	15.5	10.5	2.3	3.2	1.8	1일	28.5	30.8	30.4	4.9
	Concrete 온도 31 °C						2일	36.7	37.1	36.4	5.0
							28일	54.4	56.4	59.2	8.7
D3	7.5	6.0	5.5	3.0	2.1	2.0	1일	39.0	40.6	40.1	5.5
	Concrete 온도 31 °C						2일	46.3	46.6	47.9	5.3
							28일	61.4	61.0	63.9	8.1
D4	9.0	7.5	5.5	5.7	2.0	2.0	1일	35.1	37.7	39.2	5.5
	Concrete 온도 32 °C						2일	44.2	45.2	47.6	5.2
							28일	55.1	62.5	62.9	8.3

위해 기계시공을 추진하고 저유동성 초조강배합의 현장 B/P 생산하여 시공품질을 검증하였다. 이천시 소재 T사에서 2002년 8월에 3일간 생산

후 인력시공 현장과 동일한 현장에서 하였다. 본 시험은 슬럼프 7.5~13.5cm조건에서 실시하였다. 재료분리의 문제는 발견되지 않았으나 슬럼프가



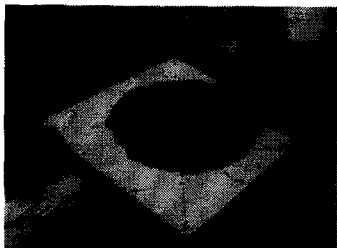
기존 타설(충진성불량)



기존타설(진동다짐 : 30분이상)



초조강 SCC(휴식중)



슬럼프 프로(65cm이상)



양생제 살포



무다짐 무양생 14시간 탈형

사진. 3 초조강 자기충진 콘크리트의 제품(무다짐 무 증기양생, 14시간 탈형)

<표 18> 초조강 SCC를 활용한 PC제품의 제작결과(무다짐 무 증기양생, 14시간 탈형)

시료충진	다짐	slump flow (cm)	재령강도(N/mm ²)				제품외관
			14시간	18시간	1일	2일	
buket dozer	무 다짐	65~70	20	30	35	48	1) 미충전부위의 일부 확인 2) 기존제품보다 미려 3) 미진동으로 충전완료

10cm 이상인 경우 수송거리에 따라 재료분리의 가능성이 있어, 슬럼프 경시변화를 5~10cm 범위로 하는 것이 타당하다. 한편, 대량의 신속타설을 목적으로 슬럼프 10cm 내외 배합을 적용할 경우는 레미콘 트럭과 반건식 Paver를 활용하는 것이 타당한 것으로 판단되었다. (표. 18 참조)

확하여 증기양생과 진동다짐 작업을 생략하여 생산성을 향상하는 생산계획을 수립하였다. 통상 3~6m²부피의 콘크리트 제품은 과밀배근을 하게 되며 이에 따라 콘크리트 충전이 어렵고 제품당 2인이 30분~1시간이상의 진동다짐을 하며 증기양생비는 톤당 5000원이상이 소요될 뿐만 아니라 제품가는 100~150만원/개이고 또한 수송비도 약 50~100만원/개가 소요된다. 이런 현안에 대처하기위한 방안으로 무진동, 무양생, 현장제작을 시도하였다.

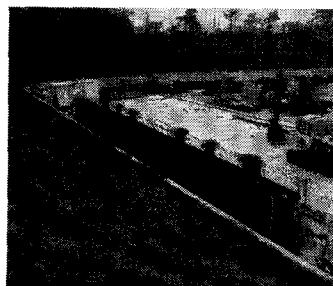
3.3.2 대형 PC제품의 생산

(증기양생, 진동공정 생략)

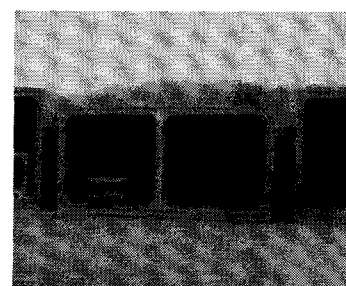
초조강 SCC(Self Compacting Concrete)를 계



교량용 암거

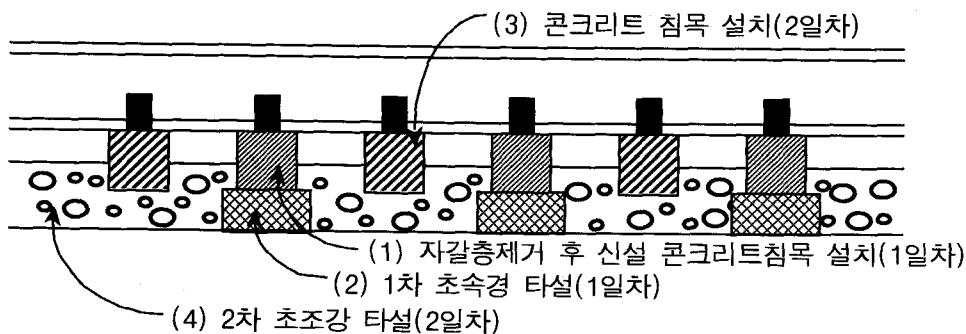


장경간PC 빔(40m)



double box culvert

사진. 4 다양한 현장제작 PC 암거종류 및 적용(예)



<그림 11> 지하철 자갈 도상 개량작업 개념도



사진. 5 지하철 도상개량용 초조강 콘크리트의 긴급공사 장면 및 4시간개통

3.3.3 지하철 도상개량용 콘크리트의 긴급공사

서울시 지하철 선로의 자갈도상 개량작업은 전철이 운행하지 않는 야간에 공사하여 타설 후 3~4시간에 지하철 운행이 이루어지므로 시공성이 양호한 초조강콘크리트가 요구된다.

공사작업의 개요는 1일에 자갈 제거 후 콘크리트 침목을 설치하고, 초속경 콘크리트를 1차 타설하여 선로를 지지하며, 익일에 2차 타설은 초조강 콘크리트를 사용하며 시공도는 <그림 11>와 같다.

초조강콘크리트는 작업성과 1일이내의 조강성을 개선하여, 슬럼프 8±1cm에서 슬럼프를 15~20cm로 변경하였다. 특히 시공시간 지연에 따라서도 콘크리트의 충전성이 유지되며 특히 저온에서도 강도발현이 우수한 것을 동절기 시공으로 확인하였다.

4. 결과 종합 및 결론

초조강콘크리트의 초기 유동성과 강도를 개선하고자 인자별로 영향을 평가하여 품질을 설계하고 그의 적용성을 평가하였다.

1) 운반성과 가사시간을 갖는 초조강콘크리트의 기초시멘트는 조강시멘트가 적정하며 초기강도와 유동성을 1시간이상 유지하도록 수화제어를 위한 촉진제와 지연제가 동시에 사용되어야 한다.

2) 용도별 초조강콘크리트의 품질을 설계하고 특성을 제어하는 목적으로는 혼화제형 초조강콘크리트의 제조가 생산과 적용성에서 편리하며 내구성도 일반 콘크리트에 비해 월등하다.

3) 고유동성을 갖는 초조강콘크리트는 레미콘화가 가능하고, 현장작업의 미흡한 관리는 공장

<표 19> 도상개량용 초조강 콘크리트의 시공품질

콘크리트	Slump(cm)			공기량 (%)	압축강도(N/mm ²)						
	초기	30분	60분		12시간	16시간	20시간	1일	3일	7일	28일
개량	20.0	18.0	15.0	4.0	10	20	23	32	45	50	54
기준	7.0	1.0	0.0	4.0	-	-	-	16.5	35.1	41.2	48.2

내의 관리와 설계로 전환시키므로써 고급화가 가능하며 향후 각종 긴급 도로포장, 지하철 공사 도상개량, 운반이 곤란한 대형 PC제품에 자기충전성과 무 증기양생제법이 적용된 제품으로 활용될 전망이다.

< 참고 문 헌 >

1. 엄태선의, "아원계 조강재를 이용한 1일 공용 콘크리트 개발 연구", 한국콘크리트학회 학술 발표회 논문집 제11권2호, 1999
2. 한국도로공사, 콘크리트 덧씌우기에 의한 포장보강방안 연구(III), 1997. 12.
3. 엄태선의, 신속개통형 콘크리트 도로포장재의 설계를 위한 실험실적 연구, 콘크리트학회 논문집, Vol.13, No. 1, 2001. 5
4. (社)セメント協會, 鋪裝技術專門委員會報告, "薄層付着型 overlay工法에 관한 調査 研究", 2001
5. 川島 滿成, "고유동콘크리트에 의한 공장제품의 제조", 日, Concrete 工學 Vol.38, No. 5, 2000. 5
6. 高田 和法, J C Walraven 외 1인, "자기충전 콘크리트 실용화의 현상과 금후의 전망(네덜란드)". 日, Concrete 工學 Vol.38, No. 3, 2000. 3
7. 正木寬昭 외 1인, "제품공장에서 고유동콘크리트 -타사와의 차별화를 도입목표-", 日 Concrete 技術 Vol.21, No. 3, Mar, 2002. 3
8. TRB 80st Annual. Report Jan. 2001. Washington, DC
9. TRB 81st Annual. Report Jan. 2002. Washington, DC
10. 엄태선의 "신속개통형 (1일공용) Whitetopping 포장재의 설계 및 시공성에 관한 평가연구" 한국포장학회, 추계 학술발표논문집, 2002년
11. 엄태선 "신속개방형 콘크리트포장재의 설계를 위한 평가연구(3)" 한국콘크리트학회, 학술발표논문집, 제 14권 1호, 2002년
12. 엄태선 "Whitetopping 포장재의 시험포설 및 시공품질에 대한 평가연구" 한국콘크리트학회, 추계 학술발표논문집, 제 14권 2호, 2002년