

# 조강시멘트를 이용한 도로포장 박층 덧씌우기 공법의 실용화 연구

## Application of Thin Bonded Concrete Overlay for Concrete Pavement Rehabilitation using Type III Cement

박 정 준\*    백 상 현\*    정 재 현\*\*    엄 주 용\*\*\*    윤 경 구\*\*\*    엄 태 선\*\*\*\*  
Park, J. J.    Paik, S. H.    Jeong, J. H.    Um, J. Y.    Yun, K. G    Um, T. S.

Many concrete pavements closed to the end of service life in our country need to repair. We investigated material and mix designs for thin bonded concrete overlay and applied it to concrete pavement rehabilitation. The concrete with Type III cement showed earlier strength and better durability than the concrete with Type I cement. Designed concrete mixture with Type III cement made it possible to open the road earlier against heavy vehicles, increased traffic despite of cold weather in winter. In the field examination after four month, there was no defects like as shrinkage crack, spalling, surface abrasion and scaling, and good traffic condition has been maintained.

### 1. 서론

국내 콘크리트 포장의 그 내구 연한인 20년에 가까워짐에 따라 많은 구간에서 부분적인 보수와 기능향상을 필요로 하고 있다. 그러나 대표적인 보수공법인 덧씌우기의 경우 콘크리트 덧씌우기는 많은 장점을 가지고 있지만, 장기양생/신구면 접촉/내구성 등의 기술적으로 해결해야할 문제로 인한 차량지체 및 민원발생 등의 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기술적인 문제점을 개선하기 위한 방안으로 조강에 교통개방이 가능하고 내구성이 확보된 박층 덧씌우기 포장용 조강/고강도 콘크리트를 개발하고자 하였다. 또한 고속도로 포장의 보수구간에 확대 적용을 위해 조기 교통개방의 가능성과 현장 추적조사를 통하여 내구성 및 공용성을 확인하였다.

### 2. 조강시멘트의 일반적 특성

#### 2.1 조강시멘트의 화학성분 및 물리적 특성

조강 시멘트의 일반적인 화학성분 및 물리특성을 각각 표 1 및 표 2에 나타냈다.

- \* 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 연구원
- \*\* 쌍용양회 특수시멘트 사업팀원
- \*\*\* 한국도로공사 도로연구소 책임연구원
- \*\*\*\* 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 책임연구원(공학박사)

표 1 조강시멘트의 화학성분

시멘트	화 학 성 분 (%)								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Ig-loss
3종	19.7	5.9	3.0	63.1	3.0	0.10	0.75	4.2	1.1
1종	20.7	5.9	3.2	62.1	3.2	0.09	0.84	1.6	1.2

표 2 조강시멘트의 물리적 특성

시멘트	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	용 결		압 축 강 도 (kgf/cm <sup>2</sup> )		
		초결(m)	종결(h:m)	3 일	7 일	28 일
3종	4520	185	4 : 45	243	355	466
1종	3430	300	7 : 10	202	287	363

### 2.2 조강시멘트의 콘크리트 특성

동일 시멘트, 작업성의 콘크리트 배합에 대해 조강시멘트는 1종시멘트에 비해 조강특성은 물론이고 진 채령에서 압축강도가 증가하고 있다.(표 3 참조) 내구특성도 건조수축 약 20%감소, 중성화특성 약 40% 감소와 함께 동결융해 저항성이 향상되었다.

표 3 조강시멘트 콘크리트의 압축강도 특성

	배 합 조 건				Slump (cm)	Air (%)	압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )			압축강도 (%)		
	W/C (%)	S/a (%)	W	C			3일	7일	28일	3일	7일	28일
3종	47.9	40	181	378	5.0	5.4	328	424	496	66	85	100
1종	45.5	40	172	378	6.5	5.2	217	312	417	52	75	100

표 4 조강시멘트 콘크리트의 내구특성

	배 합 조 건				S/P (cm)	Air (%)	건조수축(x10 <sup>-4</sup> )			중성화(mm)			동결융해(x10 <sup>-4</sup> )		
	W/C	S/a	W	C			1W	1M	3M	1W	2W	4W	0	120	240
3종	45	42	157.5	350	11.6	4.3	120	321	513	3.5	4.7	7.7	100	98.6	93.7
1종					13.2	4.1	158	396	642	6.0	8.0	13.0	100	92.3	86.8

### 3. 시방배합의 실험실적 선정실험

#### 3.1 실험조건

본 실험에 사용된 원재료의 특성은 표 5와 같으며, 덧쇠우기 박층 콘크리트포장의 목표품질(농마산 T/G 영업소 적용)은 표 6과 같다.

표 5 사용 원재료의 특성

	관 재				혼 화 재				S.F(steel fiber)	
	관 물 재		굵은관재		AE		HR		TYPE	형상계수
	비중	조립율	비중	조립율	종류	감수효과	종류	감수효과		
3종	2.60	2.50	2.69	7.60	AE감수제	10%	고성능감수제	15%	double hook end	50/0.7=71

표 6 도로포장 콘크리트의 품질목표

	3일 휨강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Slump(cm)		공기량(%)	비 고
		초기	타설		
실계	30-35	-	8±1	4.5±1.5	합층계수: 변동계수16% 고려 1.15 적용
배합	41-48 <sup>+</sup>	12±1	8±1	5.0±1.0	보정계수: 예상온도 5-9 °C 고려 1.2 적용

\* 배합 3일 휨강도 : 실계강도 x 도로포장 합층계수x 온도보정계수

### 3.2 실험결과

#### 3.2.1 휨강도 특성 및 W/C 결정

표 7은 휨강도-C/W 관계식을 도출하기 위한 시험결과를 나타내었으며, 배합 휨강도 48 kgf/cm<sup>2</sup>의 값을 갖는 콘크리트의 추정 배합조건은 휨강도-C/W 관계식에 의해 약 43.5 % 내외의 W/C사용이 필요한 것으로 나타났다.(그림 1)

표7 W/C 변화에 따른 휨강도 특성

	W/C (%)	S/a (%)	AE/C (%)	단위재료량(kgf/m <sup>3</sup> )				Slump (cm)	Air (%)	휨강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	
				W	C	AE	S.F			3일	7일
A	48.0	40	0.4	190	396	1.58	35	12.0	5.7	42	50
B	50.0	40	0.4	190	380	1.52	35	13.0	5.2	39	47
C	53.0	40	0.4	190	358	1.43	35	13.1	5.6	36	43

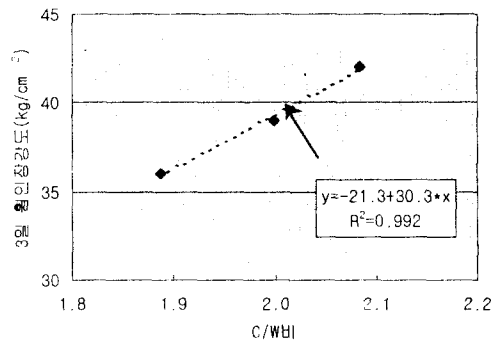


그림 1 3일 휨강도-C/W 관계식

#### 3.2.2 경시변화 특성

AE감수제를 사용한 AE배합, 고성능감수제를 사용한 HR배합, 두 종류의 혼화제를 병용한 AH배합의 슬럼프 경시변화를 그림 2에 나타내었다. AE배합은 시간경과에 따른 슬럼프변화는 다소 작아 유리하나 단위수량이 증가하였으며, 고성능감수제를 사용한 HR배합은 단위수량이 작게 요구되었으나, 시간경과에 따른 슬럼프손실은 컸다. 그러나 두 종류의 혼화제를 병용한 AH배합은 시간 경과에 따른 슬럼프손실이 작고 또한 현저하게 단위수량도 감소하고 있다. 그림 3은 AH배합에서 고성능 감수제를 후첨가할 때의 시간경과에 따른 슬럼프의 변화를 나타냈다. 이 결과 분할 후 첨가는 타설시간까지 초기 유동성을 유지하는 것이 가능하였다.

표 8 혼화제 종류에 따른 슬럼프 및 공기량의 경시변화 특성

	W/C (%)	S/a (%)	단위재료량 (kgf/m <sup>3</sup> )					슬럼프(cm)			공기량(%)	
			C	W	AE	HR	SF	0분	20분	40분	0분	20분
AE	50.0	40	380	190	0.4%	-	35	13.0	6.0	4.2	5.2	4.6
HR	49.3	40	375	185	-	0.5%	35	11.6	1.5	-	3.1	2.0
AH	1	44.5	411	183	0.2%	0.5%	35	11.0	4.0	5.0	4.2	
	2								7.6	10.5		

\* 2 : 고성능 감수제 후첨가 (20분 0.25%, 40분 0.25 %)

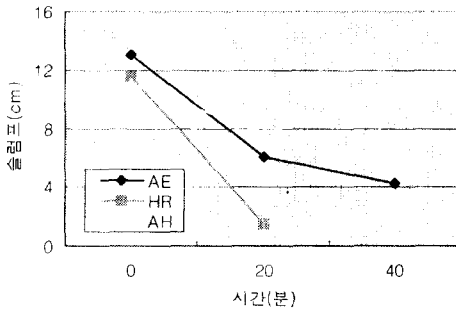


그림 2 혼화제에 따른 슬럼프 경시변화

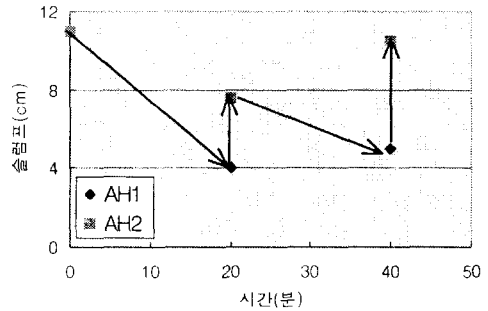


그림 3 고성능 감수제 후첨가에 따른 슬럼프 경시변화

#### 4. 현장 시험시공 및 추적조사

##### 4.1 현장 시험시공

###### 4.1.1 현장개요 및 시험시공

조강시멘트를 이용한 도로포장 박층 덧씌우기 보수공사의 시험시공현장은 한국도로공사 경남지사산하 동마산 T/G영업소이며 그의 시공규모는 4m x 25m x 0.1m (12 m<sup>3</sup>) 이다. 본 현장은 표면박리현상이 심하므로 박층 덧씌우기 보수공사를 시행하기로 결정되었는데, 보수공사후 3~7일재령에서 교통개방을 하기 위하여 조강시멘트와 강섬유를 이용하여 강섬유 조강콘크리트배합을 제조하고, 레미콘 수동으로 박층 덧씌우기 보수공사를 실시하였다. 본 현장의 시공 전 모습과 시공모습을 그림 4와 그림 5에 나타내었다.

본 현장의 타설제품은 추천 시방대로 고성능감수제를 후첨가하여 타설 콘크리트의 배출 슬럼프를 8cm로 하였으나, 시공중에 급격한 슬럼프 손실과 인력타설에 의한 작업시간의 지체로 인하여 배출 콘크리트의 목표 슬럼프를 12 cm로 변경하는 것이 요구되었으며 이에 따른 변경 목표품질 및 적용배합조건은 표 9와 같다.

###### 4.1.2 시험시공 결과

시험시공의 압축강도 및 휨강도 결과는 그림 6 과 그림 7에 나타내었다.

시험시공결과 5.5일 만에 휨강도가 30.7 kgf/cm<sup>2</sup> 압축강도가 249 kgf/cm<sup>2</sup>이 발현되어 6일 개통을 하였다. 당초 목표품질에 비해 다소 특성이 저하되었는데, 이는 타설슬럼프가 12-14 cm 범위로서 고강

도 발현에 어려움이 있었고, 특히 겨울철 시공으로 인한 온도저하(타설 콘크리트 온도 2~4 ℃)에 기인한 것으로 판단된다.

표 9 도로포장 콘크리트의 수정 품질목표 및 적용배합

	목표 품질			적용 배합								
	3일 휘강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Slump (cm)	공기량 (%)	W/C (%)	S/a (%)	단위 재료량 (kgf/m <sup>3</sup> )					Slump (cm)	Air (%)
						C	W	AE	HR	S.F		
추진	48	8±1	4-6	43.8	40.0	445	195	0.67	1.34	35	-	-
수정	30	12±1		42.0	40.0	500	500	0.5	-	25	11-13	4.0

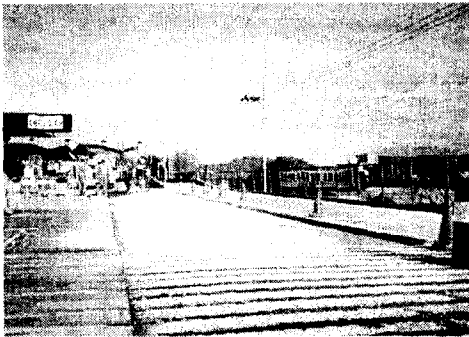


그림 4 동마산 T/G현장 시공 전 모습



그림 5 동마산 T/G 현장 시험타설 모습

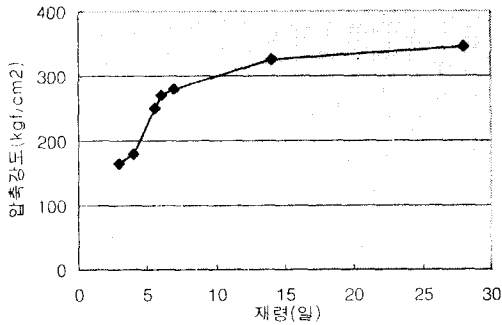


그림 6 현장타설 제품의 압축강도

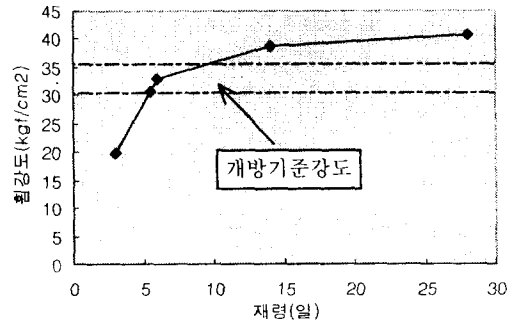


그림 7 현장타설 제품의 휨강도

#### 4.2 현장 추적조사 결과

현장 추적조사는 교통개방 1일 전(98년 11월 30일)과 교통개방 후(99년 3월 18일)에 걸쳐 두 차례 실시하였다. 추적조사는 육안관찰 및 schmidt hammer에 의한 반발경도시험과 초음파탐사 등의 비파괴 검사를 수행하였다. 추적조사 시의 현장모습을 그림 8과 그림 9에 나타내었고, 비파괴 검사 결과표를 표 10에 나타내었다. 보수구간 육안관찰 결과 포장면 상태는 2차조사 시점까지 수축균열이나 열화현상이 발견되지 않았다. 비파괴 검사결과 1차 추적조사의 강도수준은 현장 공시체 강도수준(5일 248 kgf/cm<sup>2</sup>)을 발휘하고 있는 것으로 추정되었으며, 2차 추적조사의 강도수준은 적어도 현장공시체의 28일강도 수준을 발휘하고 있는 것으로 추정된다.

표 10 비파괴시험에 의한 부재강도 추정결과

	반발경도법 (일본재료학회)		반발경도법 (CNDT)		조음파법 (CNDT)		조합법 (CNDT)	
	1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차
S1	250	363	354	417	-	264	-	357
S2	239	356	347	413	225	254	230	340
S3	245	346	351	407	209	268	213	351
S4*	215	343	334	406	183	237	163	310
평균	237	352	347	411	206	256	202	340
표준편차	15	10	9	5	21	14	35	21

\* S4 타설슬럼프 : 약 14cm로 다소 큼

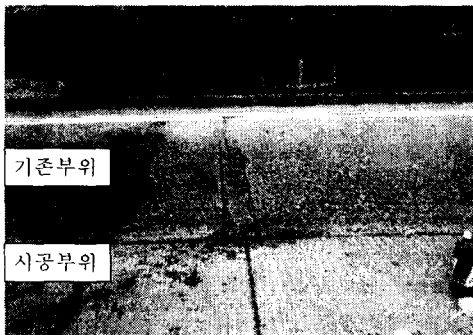


그림 8 동마산 T/G 현장 시공부위 비교모습



그림 9 동마산 T/G 현장 2차조사 모습

## 5. 결론

조강 시멘트를 이용한 도로포장 박층 덧씌우기 공법의 실용화 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 실험실적으로 검토한 결과, 조기개방 박층 덧씌우기 도로포장용 시멘트는 조강시멘트가 1종시멘트보다 조기개방, 고강도, 내구성, 신구접착 특성에서 유리하고, 외국의 사례에서는 조강/초조강 시멘트를 기본으로 사용하고 있다.
- (2) 현장 시험시공 결과, 인력시공에 의한 덧씌우기 포장의 타설 슬럼프는 최소 12 cm 이상의 슬럼프가 필요하였으며, 기계식 포설은 4-8 cm 타설이 요구된다.
- (3) 동절기 시공으로 시험타설 6일 후 교통개방을 하였는데, 이는 낮은 타설온도 및 고 슬럼프의 배합 조건이며 작업환경으로 볼 때 본 개발 콘크리트는 우수한 박층 덧씌우기 포장재료로 판단된다.
- (4) 현장 추적조사 결과, 1회 동절기 경과에서는 현재까지 포장면 상태는 수축균열이 발견되지 않는 양호한 상태이며, 비파괴 검사에서도 양호한 결과를 나타냈다.

## 참고문헌

- 1) 신성우, 정현수, "최신 콘크리트공학", 한국콘크리트학회, 1997, pp.519-547
- 2) 문한영외 3, "콘크리트 혼화재료", 한국콘크리트학회, 1997, pp.19-96
- 3) "Fast Track Overlays," Concrete Construction, Volume 35,, December 1990