

콘크리트 포장재료에 관한 연구(Ⅱ)

任 昌 惠

雙龍洋灰工業株式會社
〈中央研究所 2次製品研究室 責任研究員〉

☒ 목 차 ☒

1. 서 론
2. 포장 콘크리트의 개요
 - 2.1 국내 고속도로 포장 콘크리트의 특징
 - 2.2 포장용 콘크리트의 요구특성 및 시멘트
 - 2.3 포장용 시멘트의 콘크리트 특성
 - 2.4 포장설계
 - 2.5 배합설계
3. 포장 콘크리트의 조강화
 - 3.1 각국의 도로개방 시기 및 국내 현황
 - 3.2 혼화제를 이용한 조강화
 - 3.3 시멘트량 증량에 따른 조강화
 - 3.4 결과검토
4. 포장 콘크리트의 도로 보수 실험
 - 4.1 국내 현황 및 문제점
 - 4.2 보수재료 선정 및 시험개요
 - 4.3 사용재료 특성
 - 4.4 콘크리트 배합
 - 4.5 실험결과 고찰
 - 4.6 결과검토
5. 종합결론

3.3 시멘트량 증량에 따른 조강화

포장 콘크리트의 단위 시멘트량 결정은 휨강도나 내구성 측면에서 설계되고 있으나 도로포장의 내마모성 또는 지역적으로 잔골재의 미립분이 부족할 때 단위 시멘트량을 설계 배합보다 10-30kg/m³ 증가시켜 시공하는 경우가 많다.

중부 고속도로의 경우를 보더라도 일부 구간에서는 설계 배합이 단위 시멘트량 400kg/m³ 이상을 요구⁴⁾하고 있으므로 지역에 따라 시멘트량 증가에 따른 조강화는 가능하리라 본다. 따라서 본 항목은 콘크리트 조강화라는 관점에서 단위 시멘트량 증대에 따른 콘크리트 도로 개방시기 단축과 휨강도 향상 가능성을 검토하였다.

1) 배합 설계

단위 시멘트량 증대에 따른 콘크리트 조강화 가능성을 검토하기 위한 배합 설계는 Table 14와 같다.

〈Table 14〉 Mix proportions of concrete

Cement content(kg/m ³)	S/a (%)	Slump (cm)	W/C (%)	weight of material(kg/m ³)			
				C	W	S	G
280	40	4.0	61.8	280	173	768	1160
320	38	3.9	50.9	320	163	726	1194
360	36	4.0	44.4	360	160	680	1217
400	34	4.1	39.5	400	158	632	1236

* Admixture is not Used

2) 강도

시멘트양 증대에 따라 강도는 Table 15 및 Fig. 12, 13과 같이 증가하는데 도로 개통시기 단축 관점에서 변동 계수를 고려한 휨 배합 강도($\sigma_w = 38\text{kg/cm}^2$)가 7일 이내에 만족하기 위해서는 단위 시멘트량이 360kg/cm^2 이상이 되어야 한다.

3.4 결과 검토

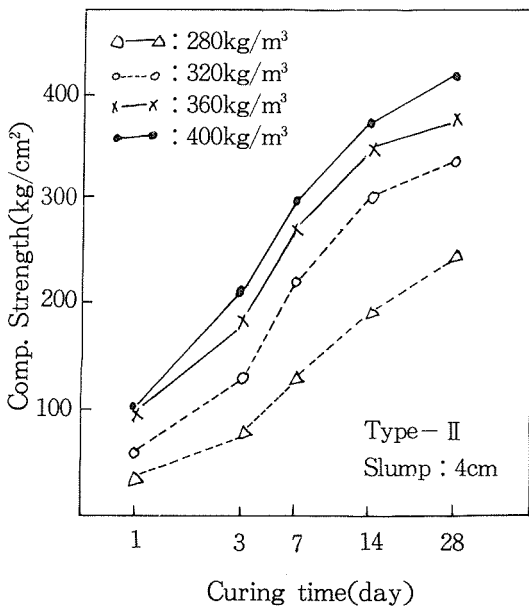
콘크리트 도로 개통시기 단축과 휨강도 향상을 위한 콘크리트 조강화 시험 검토결과는 다음과 같다.

음과 같다.

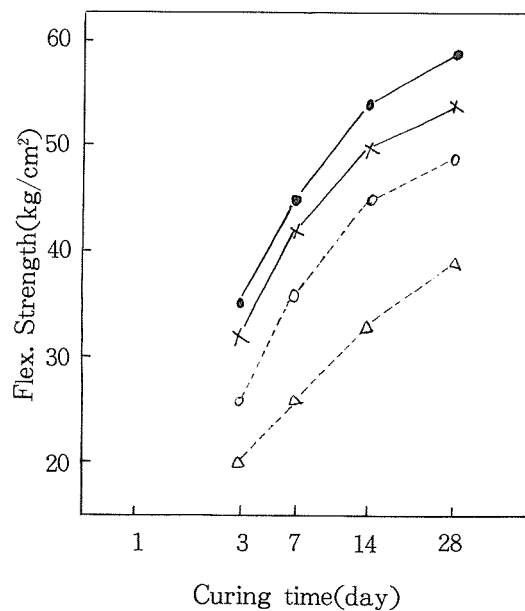
- 1) 혼화제를 이용한 콘크리트 조강화는 촉진형 일반 감수제나 고유동화제 사용으로 도로 개통시기 단축이 가능할 것으로 사료된다(단, 현장관리 및 경제성 등을 고려할 때 촉진형 일반 감수제 사용이 더 바람직하다).
- 2) 단위시멘트량 증대에 따른 콘크리트 조강화는 단위 시멘트량이 360kg/m^3 이상이면 가능할 것으로 보여지나 경제성 등을 고려할 필요가 있다.

<Table 15> Comp. strength and flexural strength according to changing cement content per unit volume of concrete

Cement (kg/m^3)	W/C (%)	Comp. strength(kg/cm^2)					flexural strength(kg/cm^2)			
		1d	3ds	7ds	14ds	28ds	3ds	7ds	14ds	28ds
280	61.8	31	75	127	190	241	20	26	33	39
320	50.9	54	125	215	298	331	26	36	45	49
360	44.4	91	176	264	343	372	32	42	50	54
400	39.5	96	209	293	370	417	35	45	54	59



<Fig. 12> Change of compressive strength according to adding cement content



<Fig. 13> Change of flexural strength according to adding cement content

4. 포장 콘크리트의 도로보수 실험

4.1 국내 현황 및 문제점

도로는 교통하중, 기상조건 등 외적작용을 받아 점차 열화되어 주행의 안전성과 쾌적성이 저하하게 된다.

특히 중교통인 경우 콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비해 공용(供用)후 상당 기간에 걸쳐 양호한 노면 상태를 유지하지만 일단 파괴가 되면 급속히 악화되는 단점을 나타낸다.

'88고속도로가 개통 1년이 지난 시점에서 지적되었던 내용을 보면

- 줄눈 부위의 파손
- 보조기층 및 연약지반처리 미흡으로 인한 콘크리트 상판(床版) 균열
- 보수재료의 부적합 등이 있으나

특히 보수측면에서의 보수재료를 Resin 몰탈로 처리하므로써 기존 콘크리트와 색도 차이로 인한 이색화(異色化) 현상과 보수후 박리 또는 균열현상이 발생 되는점, 보수 방법의 표준화가 부족한 점 등도 지적되고 있다.

따라서 보수재료에 대한 재료의 선정과 보수시공 표준화는 콘크리트 도로의 지속(持續)화 측면에서 선행되어야 할 과제이므로 본 항목에서는 보수재료의 선정과 보수재료의 특성을 중점 검토하고자 한다.

4.2 보수재료 선정 및 시험개요

도로의 유지관리에 이용되고 있는 보수 재료는

- 1) 보수후 4-6시간 이내에 교통이 개방⁹⁾ 되어야 하는 특수성과
- 2) 장기적으로 내구성이 커야하며
- 3) 시공이 용이하고 경제적이어야 한다.

등의 제약으로 보수재료 선정에 어려움이 많으나 근간 국내에서도 시멘트계 보수재료인 초속경 제품도 국산화된 상태이므로 이들 제품을 현재 사용중인 수지계 몰탈과 보수 측면에서 비교 검토코자 한다.

4.3 사용 재료 특성

보수재료 특성 파악 시험에 이용된 보통시멘트, 조강시멘트, 초속경시멘트의 화학분석, 물리성능 및 기타 물성은 아래와 같다.

1) 화학 분석

Table 16은 보통, 초속경시멘트 분석 결과로서 초속경시멘트는 Blaine이 높고, Al_2O_3 함량이 많은 것이 특징이다.

2) 물리 성능

시멘트 종류별 물리성능은 Table 17과 같다.

3) 수화열

시멘트 수화발열 특성은 시멘트 광물의 수화 특성과 강도 발현에 밀접한 관계가 있다. Table 18 미소 반응 열량계와 KSL5112의 시멘트 수화열 측정 방법에 따라 측정한 시멘트 재료의 1차 수화발열 속도와 1, 7, 28일 수화열을 나타낸 결과로서 초속경시멘트가 가장 높고 조강, 보통시멘트 순으로 수화열이 낮음을 나타내고 있다.

<Table 16> Chemical composition of cement types

Cement	Chemical composition(%)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig. loss
Type - I	21.4	5.7	3.4	61.6	3.5	1.9	1.2
Type - III	19.2	5.9	2.8	61.7	3.6	4.2	1.3
Jet cement	13.6	11.5	1.7	58.8	0.9	10.5	1.5

* Jet cement(Ssang Yong Super-Q)

<Table 17> Physical properties of cement types

Cement	SP. Gr	Fineness			Setting time			Comp. Strength(kg/cm ²)			
		Blaine (cm ² /g)	44 μ (%)	88 μ (%)	W/C (%)	Ini. (min)	Fin. (hr : min)	1d	3ds	7ds	28ds
Type - I	3.15	3290	10.8	1.1	25.0	275	7 : 00	70	158	236	315
Type - III	3.13	5010	5.4	0.6	28.5	200	5 : 20	197	338	373	448
Jet cement	3.00	5010	3.3	0.1	33.6	5	0 : 10	235(2h)	270(6h)	450	530

* Comp. strength W/C : 48.5%

<Table 18> Heat of hydration of cement types

Cement	1st peak (cal/g/hr)	Heat of hydration(cal/g)		
		1d	7ds	28ds
Type - I	9.4	35.7	73.3	88.5
Type - III	24.9	58.5	86.3	96.4
Jet Cement	35.1	79.4	94.1	102.6

<Table 19> Color of cement types

Cement	L	a	b	Remark
Type - I	56.0	-0.4	7.8	L : Lightness
Type - III	63.0	-0.8	8.6	a : Red(+) or Green(-)
Jet Cement	80.5	1.1	8.2	b : Yellow(+) or Blue(-)

* Hunter Lab. Co의 Color & Color Difference meter

<Table 20> Mix proportion of Resin

material	Ref. ⁹⁾	actual	Remark
Resin(Sol'n)	9-11	11.3	acryl Resin
filler	10-13	10.0	silica powder
sand	30-40	34.5	
Gravel	31-50	44.3	5-13mm
hardener	-	Resin \times 2%	Benzyl peroxide
Total		100	

* Weight Percent

4) Color

시멘트 종류별로 측정한 color는 Table 19와 같으며 특히 초속경시멘트는 보통이나 조강시멘트에 비해 매우 Light하며 약간 Yellow 빛을 띠고 있다.

4.4 콘크리트 배합

콘크리트 배합설계는 '88고속도로에서 사용된 수지계 보수재료(수지+골재)와 시멘트계 보수재료로 구분하여 실험하였다. 특히 수지계

는 아크릴 수지를 이용하여 Table 20과 같이 배합 설계하였으나 현장에서는 시공시 온도나 경화제 양에 따라 강도와 경화시간에 변동이 클 것으로 예상된다. 한편 시멘트계는 2-4시간에 200kg/cm² 이상의 초기강도를 발현시키기 위하여 Table 21과 같이 부배합으로 하였으며 보통시멘트, 조강시멘트, 초속경시멘트외에 2종 시멘트에 polymer(SBR latex)를 이용한 콘크리트 특성도 검토하였다.

4.5 실험 결과 및 고찰

1) 강도

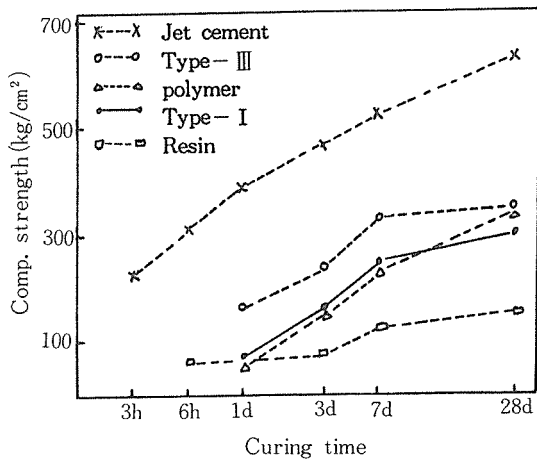
Fig. 14, 15에서 보는 바와같이 도로 개통에 지장이 없는 실용 압축 강도인 2-4시간에서 200kg/cm² 이상 만족되는 재료는 초속경 시멘트 사용시 가능할 것으로 생각된다.

2) 건조 수축

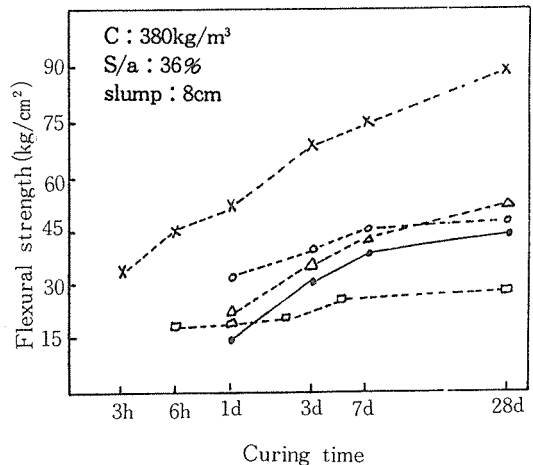
<Table 21> Mix proportion of concrete

Sample	Slump (cm)	air content (%)	W/C (%)	unit weight(kg/m ³)				Remark
				C	W	S	G	
Type - I	9.0	1.0	47.4	380	180	652	1173	
Type - III	8.0	-	51.3	380	195	638	1148	
Jet cement	8.0	-	38.9	380	148	678	1219	· J.S : 0.1% · 전용감수제(C×1%)
Polymer (SBR Latex)	8.0	2.5	43.4	380	165	633	1139	· Type - II C/M · Polymer Ratio : 10%

배합과정중 초속경시멘트 10-20분 정도에서 경화되므로 전용 응결 지연제를 적당량(0.0-0.3%) 사용하여 응결시간을 조절하였으며 Polymer 시멘트는 Polymer 중에 함유된 유화제나 안정제 영향으로 Polymer 입자 자체가 Ball Bearing 역할로 단위 수량이 감소된 것으로 사료된다.



<Fig. 14> Compressive strengths according to repairing materials



<Fig. 15> flexural strengths according to repairing materials

<Table 22> Dry shrinkage of concrete according to Repairing materials

Cement	Dry shrinkage($\times 10^{-4}$)			
	1W	4W	2M	3M
Type - I	1.14	2.13	3.68	3.95
Type - III	1.39	2.25	3.64	3.88
Jet cement	0.27	0.81	1.77	1.92
Polymer	0.84	1.51	2.55	2.69
Resin	7.62	11.12	16.34	16.82

<Table 23> Resistance of concrete abrasion for cement types

Cement	No. of rotation	abrasion loss(%)					
		0	3,000	5,000	10,000	15,000	20,000
Type - I	0	0	3.27	4.10	5.91	6.95	7.86
Type - III	0	0	1.99	2.61	4.28	5.08	5.89
Jet Cement	0	0	1.39	1.88	3.33	4.15	4.79
Polymer	0	0	1.06	1.33	2.60	3.38	4.24
Resin	0	0	1.89	2.31	3.59	4.40	5.40

* Surface of sample on testing : Upper surface

<Table 24> Flexural strength contact with surface

Flexural strength contact with surface(kg/cm ²)				
Type - I	Type - III	Jet cement	Polymer	Resin
22	28	41	25	9

각 보수재료의 건조 수축 크기는 Table 22와 같이 Resin계가 (보통 시멘트 콘크리트 수축량의 5-6배로*) 가장크며 시멘트계에서는 초속경 시멘트가 가장 작은 것을 알 수 있다. 이는 수지계 보수 재료가 도로보수 현장에서 쉽게 박리되거나 균열 현상을 일으키는 원인도 이러한 건조 수축이 크기 때문인 것으로 사료되며 건조 수축이 작은 시멘트계 보수재료로 사용 시에는 이러한 문제점이 해결되리라 생각된다.

3) 내마모성

재령 14일을 기준으로 하여 콘크리트 종류별 표면 내마모성 비교 결과는 Table 23과 같으며 보통 시멘트를 제외하고는 전부 양호한 수준이

다(몰드 크기 : $\phi 10 \times 2\text{cm}$, steel Ball Mixture : 175g, 연마제 : 3g, 증류수 : 20cc 사용).

4) 계면 접착 휨강도

충분히 경화된 구(舊) 콘크리트에 시멘트 종류별로 제작한 콘크리트를 타설하여 콘크리트의 28일 계면 접착 휨강도를 측정할 결과 Table 24와 같으며 이중 초속경 시멘트가 가장 양호하며 기타 시멘트는 모두 비슷한 수준을 보이고 있다.

5) 투수성

시멘트 종류별 콘크리트 몰탈을 $\phi 15 \times 4\text{cm}$ 크기의 몰드에 제작 14일간 수중 양생후 수압 0.1kg/cm² 상태에서 1시간동안 가하여 용출한 수량

을 보통 시멘트와의 비율로 나타낸 결과는 Table 25와 같으며 이중 polymer가 가장 우수하고 초속경, Resin 순으로 양호함을 알 수 있다.

6) 응결시간 및 Bleeding

응결시간으로 보아 현장 적용이 가능한 보수재료로써는 초속경 시멘트와 Resin계가 이용될 수 있을 것으로 보이나 polymer 콘크리트는 응결이 크게 지연되므로 현장 도로보수 적용시에는 약간의 가열조건하에서 경화시키는 방법이 고려되어야 한다. 한편 Bleeding 양은 초속경 시멘트나 polymer에서 발생치 않아 laitance로 인한 표면박리 현상 문제 등은 없을 것으로 추정된다(Table 26).

4.6 결과 검토

포장 콘크리트 보수재료의 콘크리트 물성을 검토한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 1) 콘크리트 포장에 가장 많이 사용되는 보수재료는 국내의 경우 대부분 Resin계통이나 이는 기존 콘크리트와 색도 차이로 인한 이색화와 건조 수축 증가로(보통 콘크리트의 5-6배) 보수후에는 쉽게 박리 현상을 일으켜 동결 용

해를 일으킬 수 있는 요인을 제공해주며, 또한 시공 조건이 까다로워 여의치 못할 경우에는 Resin 콘크리트의 장점을 충분히 발휘할 수 없다는 약점 등을 고려할 때 건조 수축이 적고, Color가 유사한 초속경 계통의 보수 재료로 선정됨이 바람직하다.

- 2) 시멘트의 약점은 타설후 장기간 양생을 해야 하므로 교통소통에 지장이 큰 단점으로 되어 있으나 초속경시멘트 경우 2-4시간 이내에 실용 강도를 얻을 수 있으므로 보수용 재료로써 최적 최상 재료로 판단된다.

5. 종합 결론

지금까지 도로포장의 콘크리트 재료 특성 범위 내에서 도로포장의 조강화(시공 기술 제외)와 보수재료의 특성을 검토한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) Type-I 과 Type-II 시멘트의 물성 시험결과 Type-II의 물성 특히 수화열 및 건조수축 등이 우수하므로 향후 포장 콘크리트에 사용되는 시멘트

<Table 25> Mortar permeability ratio according to the cement types

mortar permeability ratio				
Type-I	Type-III	Jet cement	Polymer	Resin
100	67	30	19	41

<Table 26> Setting time and Bleeding for cement types

Item Cement	Setting time		Bleeding	
	Ini.(hr : min)	Fin.(hr : min)	ml/cm ²	%
Type-I	6 : 20	8 : 20	0.12	2.73
Type-III	4 : 00	5 : 40	0.01	0.30
Jet cement	0 : 38	0 : 44	tr.	tr.
Polymer	16 : 10	18 : 00	tr.	tr.
Resin	0 : 40	0 : 50	-	-

* Jet cement(작업 여건에 따라 응결시간 조절가능)

는 Type-I 보다는 Type-II 시멘트 사용이 바람직하다.

- 2) 포장 콘크리트의 도로 개방시기 단축과 휨강도 향상을 위한 조강화 방법은 축진형 감수제와 고유동화제가 가장 효과적이나 현장 관리, 경제성 등을 고려할 때 축진형 감수제 사용이 권장된다.
- 3) 콘크리트 도로보수를 위한 재료로써 Resin 계통은 기존 콘크리트와 색도 차

이로 인한 이색화 현상 발생과 건조 수축 증가로 보수 후에 쉽게 표면 박리 현상을 일으켜 동결 용해를 일으킬 수 있는 요인을 제공해 주며 또한 시공 조건이 까다로워 여의치 못할 경우에는 Resin 콘크리트의 강점을 충분히 발휘할 수 없다는 약점 등을 고려할 때 건조 수축이 적고 color가 유사한 초속경 시멘트 계통의 보수 재료가 바람직하다.

미니상식

● 불공정거래 Unfair trade

독점자본주의 단계에서는 기업집중의 촉진이나 독점의 형성·유지 때문에 공정한 자유경쟁을 유지하기 위해서는 부정 경쟁과 공정한 경쟁의 제한을 금지할 필요가 있다. 불공정경쟁이란 특허권의 침해, 타인의 명의·상호·상표의 사용, 허위·과대광고 등을 통하여 고객을 기만하고 특정 또는 일반경쟁자의 이익을 침해하는 것이며 공정경쟁의 제한이란 차별대가나 구속약관부 거래에 의해 자유·공정한 경쟁이 행해지지 않는 경우이다. 이같은 불공정거래는 국민경제에 중대한 영향을 미치기 때문에 각국에서는 이를 금지·제한하는 법규를 설정하고 있는데 우리나라에서도 1962년 부정경쟁방지법이 공포·실시되고 있으며, 자유·공정한 경쟁을 유지하기 위해서 1975년 공정거래법을 제정, 공포하였으며 1981년에는 이를 개편하여 「독점규제및 공정거래에 관한 법률」이 실시되고 있다.