

조기교통개방 콘크리트의 내구성능 향상에 관한 연구

원종필^{1)*} · 김현호¹⁾ · 안태송²⁾

¹⁾건국대학교 농공학과 ²⁾한국도로공사 도로연구소

(2001년 2월 20일 원고접수, 2001년 7월 17일 심사완료)

Enhanced Durability Performance of High Early Strength Concrete for Early Traffic Opening

Jong-Pil Won^{1)*}, Hyun-Ho Kim¹⁾, and Tae-Song Ahn²⁾

¹⁾ Dept. of Agricultural Engineering, Konkuk University, Seoul, 143-701, Korea

²⁾ Korea Highway Corporation, Sungnam, 461-703, Korea

(Received February 20, 2001, Revised July 17, 2001)

ABSTRACT

The internal or external restraint of thermal and dry shrinkage movements could thus generate tensile stresses in concrete pavement for early traffic opening. Restrained shrinkage and thermal stresses could produce microcracks in concrete which increase its permeability and accelerate its long-term deterioration under weathering and load effects. Fiber reinforced concrete is an effective approach to the control of microcrack and crack development under tensile stresses.

This study aims at evaluation of the durability of high early strength concrete for early traffic opening and increase of service life. Three different types of regulated-set cement which recently has been used much in Korea were adopted. Fibers were added and their mixtures were compared with plain high early strength concrete mixture. The use of fibers increased durability performance of high early strength concrete using regulated-set cement than the corresponding plain mixtures.

Keywords : durability, early traffic opening, fiber, high early strength concrete, regulated-set cement, shrinkage.

1. 서 론

콘크리트포장 보수는 아스팔트포장과 비교하여 장기간의 교통차단을 필요로 하기 때문에 차량의 지체로 인한 경제적 손실을 초래할 수 있다. 이에 대한 보완책으로 국내에서는 초속경시멘트를 사용하여 콘크리트포장 보수를 실시하고 있으며, 국내 도로공사의 경우 빠른시간내(3시간)에 기준 휨강도(35 kgf/cm²)를 발현하여 교통을 개방하고 있다¹⁾. 이러한 조기교통개방에 사용되고 있는 초속경시멘트 콘크리트는 우수한 조기강도를 발현하나 수화반응이 빠르게 진행되어 이로 인한 콘크리트 내에서 열과 수분의 이동을 증가시키고 또한 포장 슬래브의 응력을 전달시키기 위해 설치된 다우웰 바에 의해 구속됨으로써 콘크리트 내부에 균열을 발생시킬 수 있다^{2,3,4)}. 콘크리트포장에 있어서 균열의 발생은 그 자체의 의미뿐만이 아니라 투수성의 증가로 인한 다양한 형태의 파괴를 발생시킴으로써

콘크리트포장의 내구성능을 감소시켜 포장의 공용연수를 단축시킨다. 콘크리트 보강재료로서의 섬유는 이러한 콘크리트의 균열성장을 억제하고 투수성을 감소시켜 장기적인 측면에서 콘크리트의 내구성능을 증진시킬 수 있다⁵⁾.

한편 시멘트 콘크리트포장은 동절기 제설제 포설로 인한 표면 스케일링이 심하게 발생하고 차량의 윤하중으로 인한 심한 마모는 내구성능을 급격히 저하시켜 재보수기간을 단축시키는 결과를 초래한다. 콘크리트 포장의 보수시기 단축 또한 경제적으로 많은 손실을 발생시키는 동시에 교통차단으로 인한 차량지체, 사고위험등의 여러 가지 비효율적인 요소를 내재하고 있다. 이에 본 연구에서는 현재 국내에서 사용되고 있는 3종류의 초속경시멘트를 대상으로 콘크리트 보강재료로서 섬유를 혼입한 경우의 내구성능 증진 효과를 확인하기 위해 초속경시멘트만을 사용한 콘크리트와 초속경시멘트에 섬유를 혼입한 콘크리트의 내구성능을 비교·평가하였다.

* Corresponding author

Tel : 02-450-3750 Fax : 02-2201-0907

E-mail : jpwon@konkuk.ac.kr

2. 실험재료 및 배합설계

2.1 초속경시멘트

초속경시멘트는 국내에서 생산되는 제품중 화학조성이 다른 3종류를 사용하였으며 화학성분은 Table 1과 같다.

2.2 콘크리트 보강섬유

본 연구에서 사용한 콘크리트 보강섬유는 폴리프로필렌 섬유와 셀룰로오스섬유이다. 폴리프로필렌섬유는 비중이 낮은 것이 단점이라고 할 수 있으나, 콘크리트의 인장강도 향상 및 내구성을 증진시키므로 널리 사용되고 있는 콘크리트 보강섬유 중의 하나이다^{6,7,8)}. 본 연구에서 사용된 폴리프로필렌섬유는 국내 S사에서 생산된 제품을 사용하였다.

셀룰로오스섬유는 그 성분이 셀룰로오스로 이루어져 있으며, 배합시 분산성이 우수하고 콘크리트 성능향상에 기여할 수 있도록 특수 가공한 섬유이다. 특히 표면이 수산기로 되어 있어 친수성이라 콘크리트 내에서 우수한 부착성과 분산성을 보이며, 작은 유효직경을 가지고 있어 콘크리트를 밀실하게 만들어준다⁹⁾. 본 연구에서 사용된 폴리프로필렌섬유와 셀룰로오스섬유의 특성은 Table 2와 같다.

2.3 골재

굵은골재로는 최대치수 25 mm의 부순골재가 사용되었으며, 잔골재로는 비중 2.61의 강모래가 사용되었다. 본 연구에 사용된 골재의 물리적 특성은 Table 3과 같다.

2.4 배합설계

본 연구에서는 한국도로공사 시방기준인 교통개방강도 3시간에 휨강도 35 kgf/cm²를 설계기준강도로 하여 최적 배합비를 도출하였다. 굳지않은 콘크리트의 슬럼프는 5~7 cm, 공기량은 4~6%로 고정하였다. 폴리프로필렌섬유와 셀룰로오스섬유의 혼입량은 적정혼입률이라 알려진 0.9 kg/m³

과 1.3 kg/m³을 각각 사용하였다^{5,6,9)}. 목표 슬럼프치를 맞추기 위해서 많은 양의 고유동화제를 첨가하였으며, 섬유 보강 콘크리트에서는 섬유 혼입에 따른 공기량 증가로 공기연행제는 첨가하지 않았다. 배합설계는 Table 4와 같다.

2.5 응결시간

종류별 초속경시멘트 콘크리트의 응결특성을 알아보기 위하여 KS F 2436(관입저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험방법)에 의해 응결시간을 측정하였으며 시험결과는 Fig. 1과 같다. 배합설계에 있어서 Type C 초속경시멘트가 낮은 물-시멘트비와 다량의 시멘트량이 첨가된 것은 Type A, B와 비교하여 상대적으로 응결시간이 늦기 때문이다.

3. 실험방법

3.1 염화물투과시험

콘크리트의 간접적인 투수성을 평가하기 위하여 ASTM C

Table 2 Properties of cellulose and polypropylene fiber⁷⁾

Property	Type of fiber	
	Cellulose fiber	Polypropylene fiber
Elastic modulus(kgf/cm ²)	61×10 ⁴	3.5×10 ⁴
Bond strength(kgf/cm ²)	15.3	4.1
Specific gravity	1.5	0.9
Fiber length(mm)	3.0	19
Effective diameter(mm)	0.015	0.1
Length-to-diameter ratio	200	190
Tensile strength(kgf/cm ²)	5100	6120
No. of fibers per gram	1,200,000	12000
Fiber count(1/cm ²)	1480*	0.6**

* 1.3 kg/m³

** 0.9 kg/m³

Table 1 Chemical compositions of regulated-set cements

Type of cement	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	L.O.I
A	11.22	17.83	1.37	0.02	45.27	1.07	0.51	0.37	0.14	0.85	4.79
B	12.31	14.36	1.41	0.03	46.02	1.66	0.46	0.17	0.13	0.15	3.93
C	15.33	8.80	1.94	0.03	53.60	0.69	0.98	0.24	0.07	0.40	1.69
OPC*	21.81	4.94	2.60	0.06	63.03	2.99	0.91	0.16	0.06	0.32	0.77

* Type I ordinary portland cement

Table 3 Physical properties of fine and coarse aggregates

Type of aggregate	Specific gravity			Absorption(%)	F.M.
	Bulk	Bulk(SSD)	Apparent		
Fine aggregate	2.59	2.61	2.63	0.67	2.99
Coarse aggregate	2.80	2.62	2.83	0.35	6.92

Table 4 Mixture proportions

Type of cement	Slump (cm)	Air content (%)	W/C (%)	s/a (%)	Unit weight (kg/m ³)								
					W	C	S	G	Cellulose fiber	Polypropylene fiber	RA*	AE**	SP***
A	5.5	5.2	39	39	148.2	380	702	1100	-	-	1140	11.4	-
	6.0	5.0							1.3	-		-	
	6.5	5.0							-	0.9		-	3800
B	6.0	4.9	37	45	148	400	789	968	-	-	1200	12	8800
	5.5	5.8							1.3	-		-	
	6.0	5.2							-	0.9		-	12000
C	6.0	4.0	30	40	150	500	677	1020	-	-	0	-	3000
	6.0	4.2							1.3	-		-	
	6.5	4.5							-	0.9		-	6000

* Retarder admixture (g/m³)

** Air entraining admixture (g/m³)

*** Superplasticizer (g/m³)

1202-94 와 AASHTO T 259에 준하여 시험을 실시하였다. $\phi 100 \times 50$ mm의 공시체를 2개씩 제작하여 3시간, 7일, 28일에 시험을 실시하였다. 시험은 2회 반복하였다.

3.2 마모저항성시험

마모저항성능을 측정하기 위해서 ASTM C 944의 시험 방법으로 마모시험을 실시하였다. 공시체는 $\phi 150 \times 60$ mm의 공시체를 각 재령별로 2개씩 제작하여 3시간, 7일, 28일에 시험을 실시하였으며 2회 반복하였다. Fig. 2는 본 시험에 사용된 마모시험장치이다.

3.3 동결융해저항성시험

동결융해저항성을 측정하기 위해서 $100 \times 100 \times 400$ mm의 각주형 공시체를 제작하여 KS F 2456에 따라 동결융해시험을 수행하였다. 1 사이클을 4시간으로 하였으며, 기준 공시체를 제작하여 공시체 중심에서의 온도를 4 °C에서 -18 °C로 떨어뜨리는 동결작용과 다시 4 °C로 올리는 융해작용을 300회 반복하였다. 매 30 사이클에서 상대동탄성계수를 측정하였다.

3.4 표면박리저항성시험

우리나라에서 현재 동절기에 제설제로 제빙염을 사용하고 있어 이로 인한 콘크리트포장 표면에 박리현상이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 포장콘크리트 표면의 동결융해에 의한 표면박리저항성을 측정하기 위해서 ASTM C 672에 준하여 시험을 실시하였다. Fig. 3은 본 시험에 사용된 공시체이고 표면 육안판독에 의한 등급은 Table 5와 같다.

3.5 건조-습윤반복시험

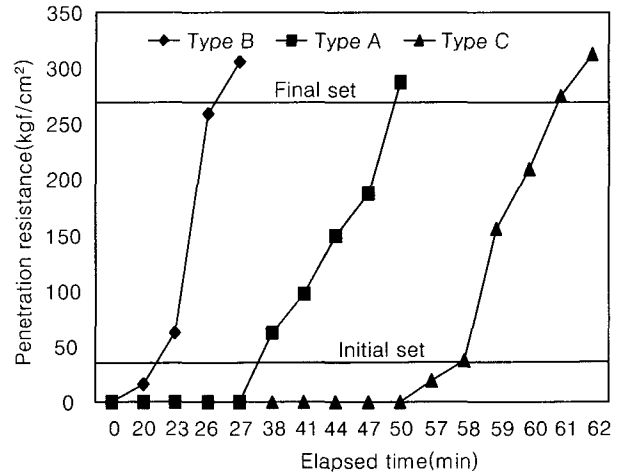


Fig. 1 Setting time of high early strength concrete

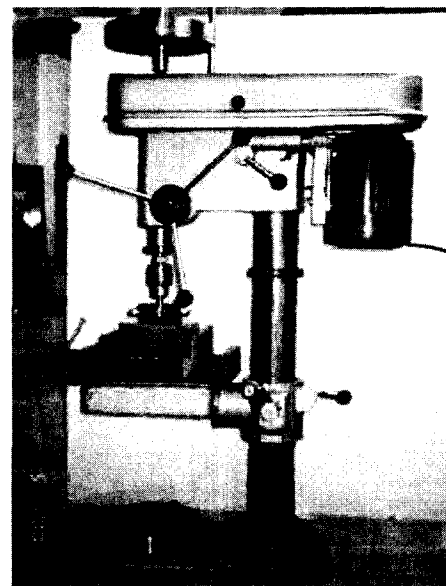


Fig. 2 Abrasion resistance apparatus

우리나라는 하절기에 건조와 습윤이 반복되는 기후특성을 가지고 있어 이로 인한 콘크리트표장의 강도에 미치는 영향을 평가하고자 건조-습윤 반복실험을 실시하였다.

본 실험은 현재 규정된 실험방법이 없어 28일간 습윤양생한 공시체를 12시간동안 23 ± 2 °C의 물속에서 포화시킨 후, 12시간동안 60 °C의 오븐에서 건조시키는 것을 1사이클로 하여 총 25사이클을 수행한 후, 공시체의 압축강도 및 휨강도시험을 실시하였다¹¹⁾.

4. 실험결과 및 분석

4.1 염소이온투과시험

3종류의 초속경시멘트를 사용한 일반 콘크리트와 섬유보강 콘크리트의 염소이온투과시험에 대한 결과는 Fig. 4와 같다. 염소이온 투과시험은 정확한 투수계수값을 구하기 위한 것이 아니라 전기 전도성을 통해 개략적인 콘크리트의 투수특성을 추정하는 시험방법이다¹²⁾. 실험결과 3종류 모두 재령 3시간에서는 상대적으로 높은 투과성을 보였으나 재령이 지날수록 빠른 에트린자이트의 생성으로 인해 투과성이 감소하였다. 또한 일반 콘크리트보다 섬유보강 콘크리트가 다소 낮은 투과성을 보였는데 이는 초기

의 높은 수화열로 인한 온도응력으로 발생된 균열을 섬유가 제어함으로써 나타난 결과라고 판단된다.

시멘트 종류별로 보면 Type C 초속경시멘트는 Type A와 B 초속경시멘트에 비해 재령 3시간에서는 상대적으로 높은 투과성을 보였지만 7일, 28일에서는 유사한 경향을 보였다. 이는 초기에 상대적으로 낮은 응결시간에 의해

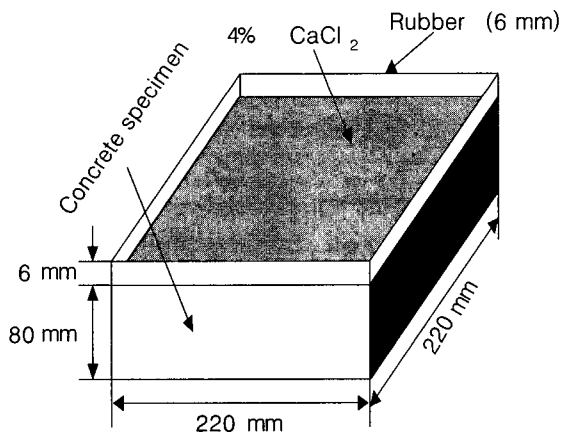
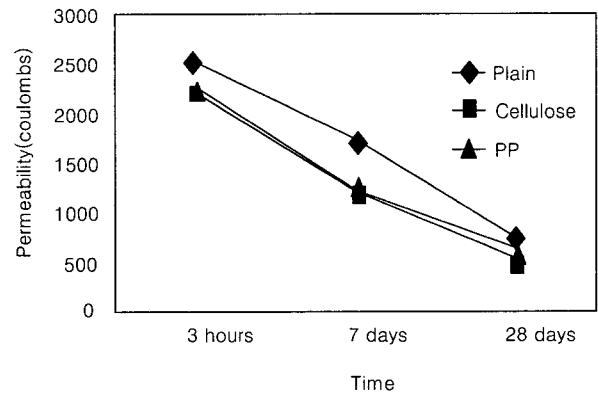


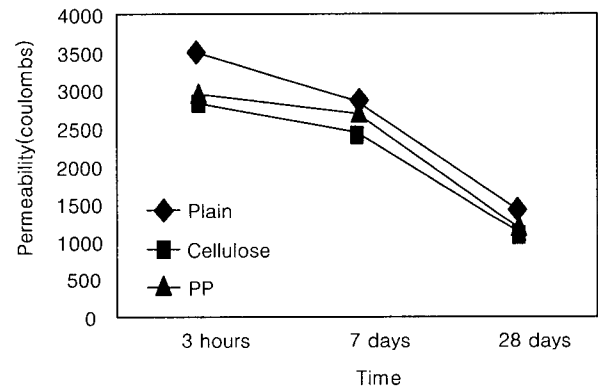
Fig. 3 Test specimen for deicing salt scaling resistance of concrete surface

Table 5 Visual rating of the surface⁸⁾

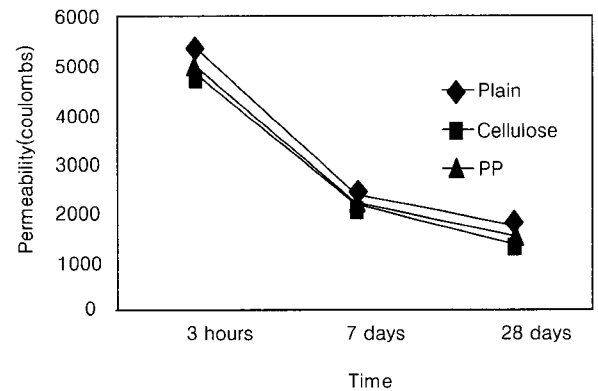
Rating	Condition of Surface
0	no scaling
1	very slight scaling (3.2mm depth, max, no coarse aggregate visible)
2	slight to moderate scaling
3	moderate scaling (some coarse aggregate visible)
4	moderate to severe scaling
5	severe scaling (coarse aggregate visible over entire surface)



(a) Type A cement



(b) Type B cement



(c) Type C cement

Fig. 4 Chloride permeability of high early strength concrete

침상구조의 에트린자이트의 생성이 지연되어 3시간에서는 높은 투과성을 보였으나 낮은 물-시멘트비와 높은 단위시멘트량으로 재령이 지날수록 고강도화 되어 투과성이 낮아지는 경향을 보인 것이라 판단된다.

4.2 마모저항성시험

3종류의 초속경시멘트를 사용한 일반 콘크리트와 섬유보강 콘크리트의 마모저항성에 대한 결과는 Fig. 5와 같다. Type A, B, C 초속경시멘트 모두 일반 콘크리트보다 섬유보강 콘크리트가 마모저항성을 증진시켰다. 셀룰로오스 섬유보강 콘크리트의 경우 일반 콘크리트보다 Type C 초속경시멘트의 재령 28일에서 최고 44%의 마모저항성을 보였으며 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트는 Type B 초속경시멘트의 재령 28일에서 최고 42%까지 마모저항성이 우수한 것으로 나타났다. 이는 섬유가 마모에 대한 마찰력을 감소시킴으로써 마모저항성이 증가된 것으로 판단된다.

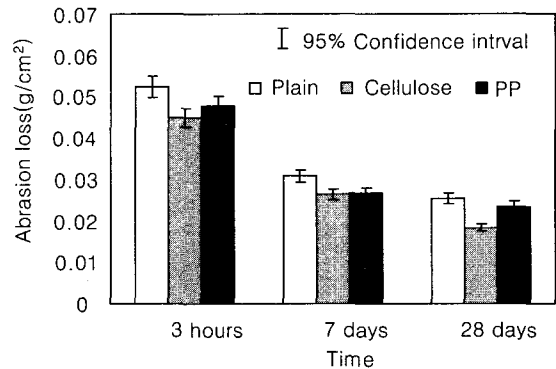
시멘트 종류별로 볼 때 재령 3시간에서는 3종류의 초속경시멘트 모두 유사한 결과를 나타냈지만 재령 7일, 28일에서는 Type C 초속경시멘트가 Type A보다 79%, 88% 그리고 Type B보다 126%, 125% 우수한 마모저항성을 나타냈다. 이는 Type C 초속경시멘트가 초기에는 응결시간이 늦으나 재령에 따라 낮은 물-시멘트비와 높은 단위시멘트량에 의해 상대적으로 고강도화 되었기 때문이라 판단된다.

4.3 동결융해저항성시험

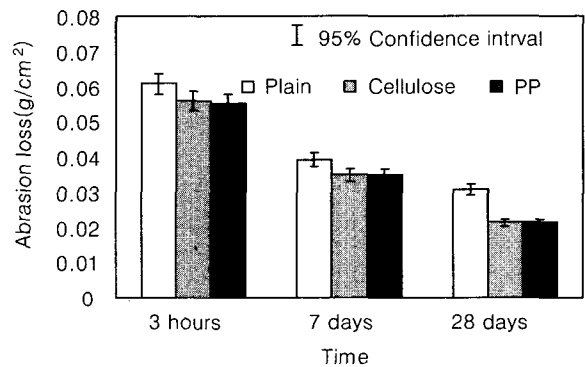
Fig. 6은 3종류의 초속경시멘트를 사용한 일반 콘크리트와 섬유보강콘크리트의 동결·융해 저항성에 대한 결과를 나타낸 것이다.

Type A, B, C 초속경시멘트 콘크리트 모두 300사이클에서 상대동탄성계수가 85%이상으로서 동결·융해에 대한 저항성이 우수한 것으로 나타났다. Type A 초속경시멘트의 경우 300사이클에서 일반 콘크리트는 상대동탄성계수가 85.3%, 셀룰로오스섬유보강 콘크리트와 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트는 각각 90.3%와 86.3%로 나타났다. Type B 초속경시멘트는 300사이클에서 일반 콘크리트 86.2%, 셀룰로오스섬유보강 콘크리트 89.0%, 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트 87.6%의 상대동탄성계수를 나타냈다. Type C 초속경시멘트는 각각 90.6%, 92.1%, 91.2%의 상대동탄성계수를 나타냈다. 이상의 결과로 볼 때 섬유보강 콘크리트는 일반 콘크리트와 비교하여 상대동탄성계수의 다소 개선효과를 보여주었다. 이는 혼입된 섬유가 동결융해 작용으로 인한 팽창압에 대하여 섬유의 부착력에 의해 콘크리트 매트릭스내의 구속력이 증대되었기 때문으로 사료된다.

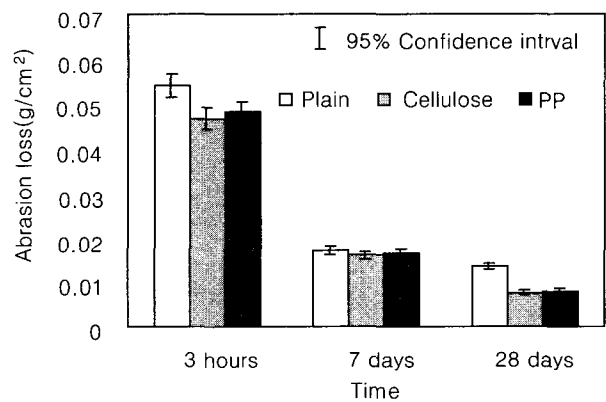
또한 시멘트 종류별로 보았을 때 Type A, B 초속경시멘트보다 Type C 초속경시멘트의 동결융해 저항성이 다소 우수하게 나타났는데 이는 배합설계에서 볼 수 있듯이 낮은 물-시멘트비와 높은 단위시멘트량으로 인해 강도가 증가하여 동결융해 저항성이 증가한 것으로 판단된다. 즉 강도가 증가함으로써 동결융해 작용으로 인한 팽창압에 저항할 수 있는 인장강도 또한 증가하여 동결융해 저항성이 커 졌기 때문이라 판단된다.



(a) Type A cement



(b) Type B cement



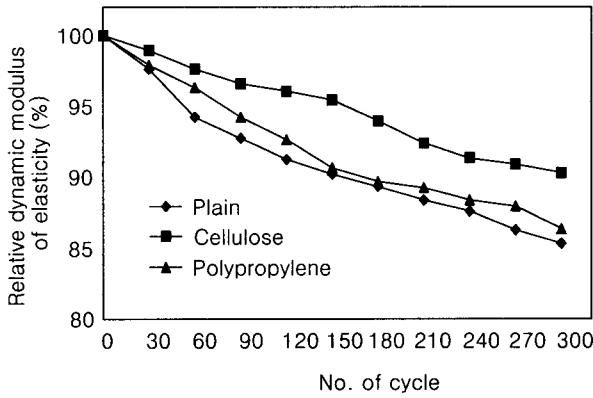
(c) Type C cement

Fig. 5 Effects of abrasion resistance of high early strength concrete

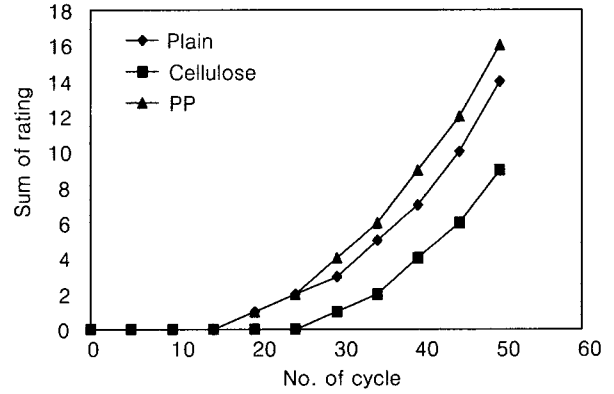
4.4 표면박리저항성시험

Table 6은 3종류의 초속경시멘트를 사용한 일반 콘크리

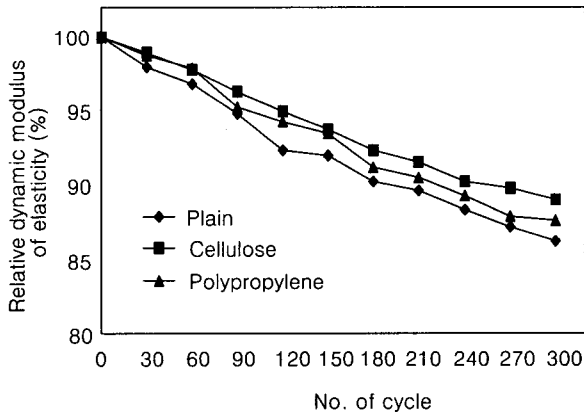
트와 섬유보강콘크리트의 표면박리저항성시험 결과를 나타낸 것이며 Fig. 7은 표면박리저항성에 대한 육안판독결과를 각 사이클에서 합산하여 나타낸 것이다.



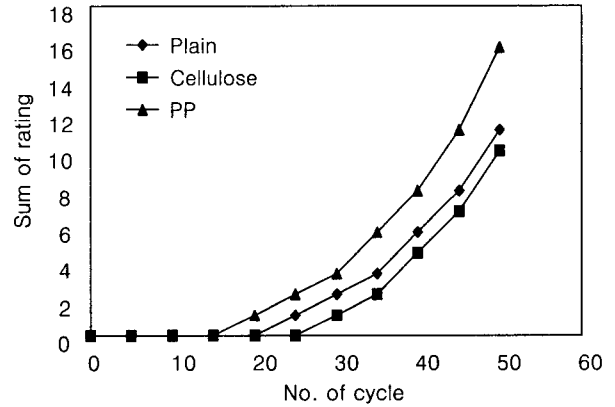
(a) Type A cement



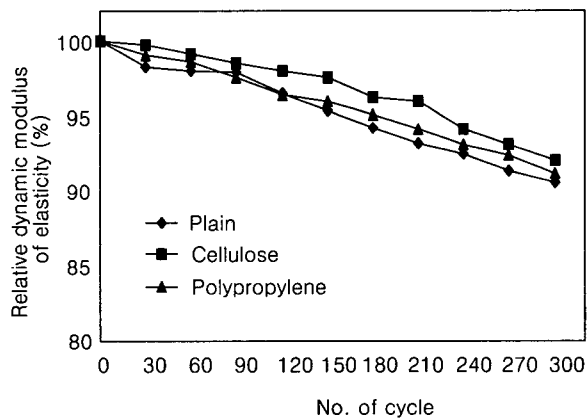
(a) Type A cement



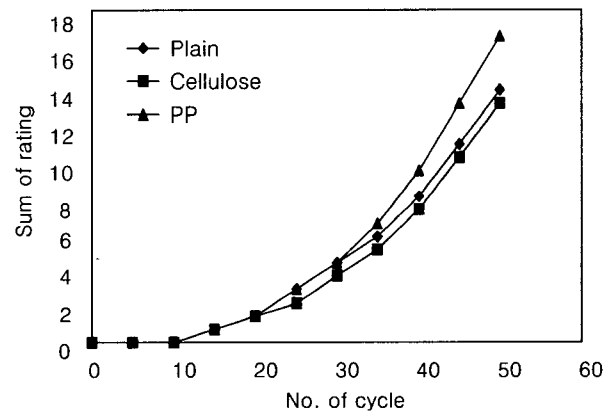
(b) Type B cement



(b) Type B cement



(c) Type C cement



(c) Type C cement

Fig. 6 Effects of freezing and thawing on relative dynamic modulus of elasticity of high early strength concrete

Fig. 7 Effects of surface scaling resistance of high early strength concrete

Table 6 Visual rating of deicer salt scaling resistance test for concrete surface

Type	Cycles	Cycles									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
A	plain	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4
	cellulose	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3
	pp	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4
B	plain	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3
	cellulose	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3
	pp	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4
C	plain	0	0	1	1	2	2	2	3	4	4
	cellulose	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4
	pp	0	0	1	1	2	2	3	4	5	5

* Visual rating (0=Best, 5=Worst)

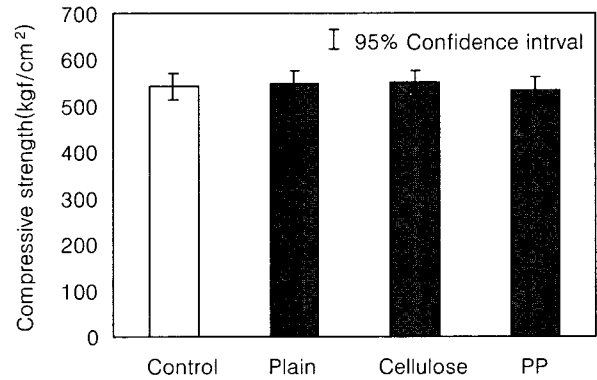
육안판독 결과, Type A, B, C 초속경시멘트 모두 일반 콘크리트와 비교해 보았을 때 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트는 표면박리저항성이 다소 감소하는 것으로 나타났고 셀룰로오스섬유보강 콘크리트는 증가하는 경향으로 나타났다. 50사이클을 마친 후 비교해 본 결과 셀룰로오스섬유보강 콘크리트는 일반 콘크리트보다 최고 36%까지 표면박리저항성이 증가하였다. 반면에 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트는 일반 콘크리트보다 최고 40%까지 표면박리저항성이 감소하는 것으로 나타났다. 폴리프로필렌섬유는 비친수성재료로서 매트릭스와 화학적인 부착보다는 기계적 부착에 의존하고 있다. 따라서 매트릭스와 폴리프로필렌섬유 사이의 부착력이 낮은 곳으로 염화물에 약한 콘크리트 내부에 염화칼슘(CaCl₂)이 침투하여 표면박리저항성을 저하시킨 것이라 판단된다.

시멘트 종류별로 보면 Type A와 B 초속경시멘트는 유사한 경향을 보였지만 상대적으로 Type C 초속경시멘트는 표면박리저항성이 낮게 나타났다. 이는 Type C 초속경시멘트가 겨울철 응빙제로 사용하는 염화칼슘(CaCl₂)에 대한 화학적 저항성이 낮기 때문이라 판단된다.

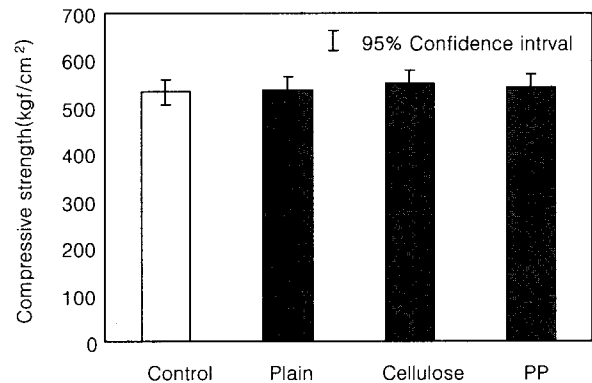
4.5 건조습윤반복실험

3종류의 초속경시멘트를 사용한 일반 콘크리트와 섬유보강 콘크리트의 건조-습윤 반복실험에 대한 결과는 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다. 본 실험은 우리나라 하절기 기후 특성상 건조와 습윤이 반복되는 경우, 섬유유의 기능 약화로 인한 콘크리트 강도가 저하될 수 있다는 관점에서 실시하였다. 실험결과 Type A, B, C 초속경시멘트 모두 28일양생 후 건조-습윤 반복을 25사이클 시킨 공시체와 28일 양생 후 25사이클을 건조-습윤 반복실험을 할 동안

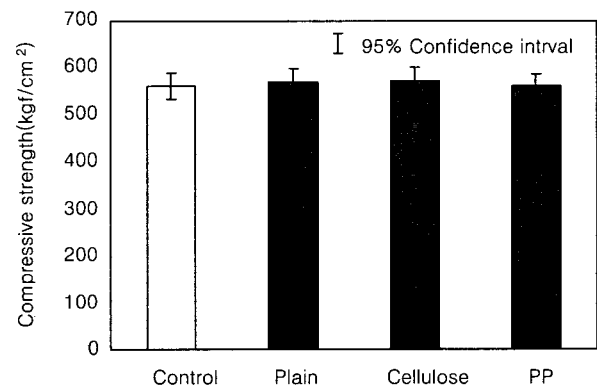
에 습윤양생을 시킨 공시체(control)와 비교하여 볼 때 압축강도와 휨강도 모두 통계적으로 95%신뢰구간에서 유의차가 없었다. 이와 같은 결과로서 건조-습윤이 반복되는 기후조건에서 섬유유는 그 기능이 저하되지 않으므로 콘크리트 강도에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.



(a) Type A cement

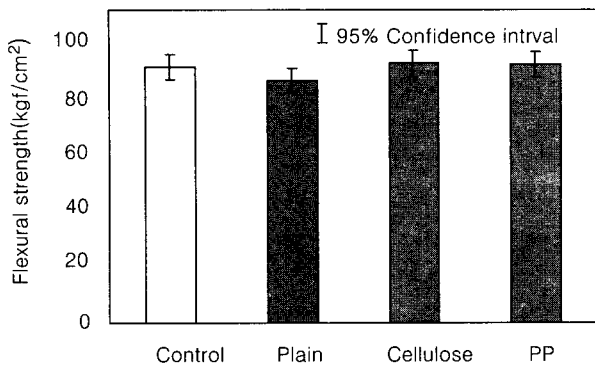


(b) Type B cement

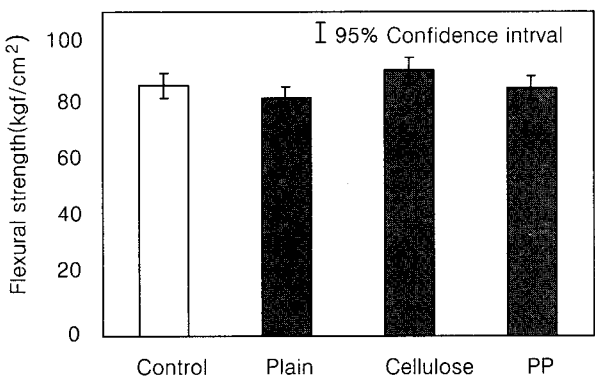


(c) Type C cement

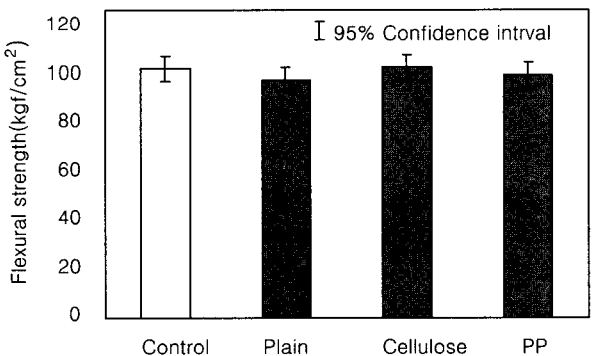
Fig. 8 Effects of repeated wetting and drying on compressive strength of high early strength concrete



(a) Type A cement



(b) Type B cement



(c) Type C cement

Fig. 9 Effects of repeated wetting and drying on flexural strength of high early strength concrete

5. 결 론

초속경시멘트를 사용한 일반 콘크리트와 섬유보강 콘크리트의 내구특성인 염소이온투과성, 마모저항성, 동결·융해 저항성, 표면박리저항성, 건조-습윤반복실험을 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 염화물투과시험 결과 Type A, B, C 초속경시멘트를 사용한 일반 콘크리트보다 섬유보강 콘크리트가 염소이온

에 대한 투과성이 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 초기의 높은 수화열로 인한 콘크리트 내부의 균열을 섬유가 제어함으로써 나타난 결과라고 판단된다.

2) 마모저항성의 경우 Type A, B, C 초속경시멘트 모두 일반 콘크리트보다 섬유보강 콘크리트가 우수한 것으로 나타났다. 이는 섬유가 매트릭스내에서 마모에 대한 마찰력을 감소시킴으로써 마모저항성이 증가된 것으로 판단된다.

3) 동결·융해시험결과 Type A, B, C 초속경시멘트 모두 섬유보강 콘크리트가 일반 콘크리트보다 다소 높은 동결·융해 저항성을 나타냈다. 이와 같은 결과는 혼입된 섬유가 동결융해 작용으로 인한 팽창압에 대하여 섬유의 부착력에 의해 콘크리트 매트릭스내의 구속력이 증대되었기 때문으로 판단된다.

4) 표면박리저항성 시험결과 Type A, B, C 초속경시멘트 모두 일반 콘크리트보다 셀룰로오스섬유보강 콘크리트는 표면박리저항성을 증가시켰으나 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트는 감소하는 경향이 나타났다. 이와 같은 결과는 비친수성재료인 폴리프로필렌섬유가 시멘트 매트릭스와 부착될 때 화학적인 부착보다는 기계적 부착에 의존함으로써 매트릭스와 폴리프로필렌섬유 사이의 부착력이 낮은 곳으로 염화물(CaCl_2)이 침투하여 표면박리저항성을 저하시킨 것이라 판단된다.

5) 건조-습윤 반복실험을 실시한 결과 Type A, B, C 모든 배합에서 압축강도, 휨강도 모두 일반 콘크리트와 섬유보강 콘크리트와 비교하여 보았을 때 95%신뢰구간에서 유의차가 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 섬유가 건조-습윤이 반복되는 기후에서 그 기능을 상실하지 않는 것으로 판단된다.

6) 이상의 결과로부터 조기교통개방을 위한 초속경시멘트의 사용에 있어서 섬유를 보강재료로 사용하면 내구성능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국도로공사의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 이병철의 “조기교통개방 콘크리트 포장공법에 대한 실험적 연구,” 한국도로공사 연구보고서, 1996, pp.50~55.
2. Soroushian P. and Ravanbakhsh S. “High-Early-Strength Concrete : Mixture Proportioning with Processed Cellulose Fibers for Durability,” *ACI Materials Journal*, Vol. 96, No. 5, Sep.-Oct. 1999, pp.593~599.

3. Whiting, D., Nagi, M. and Okamoto, P. A. "Early Strength Gain of Rapid Highway Repair Concrete," *Concrete International* Vol. 16, No. 8, Aug. 1994, pp.28~35.
4. 김중구 "보수재료의 내구성" 한국콘크리트 학회지, 제8권 5호, 1996, pp.83~89.
5. Sarigaphuti, M., Shah, S. P. and Vinson, K. D. Shrinkage Cracking and Durability Characteristics," of Cellulose Fiber Reinforced Concrete," *ACI Materials Journal*, Vol. 90, No. 4, Jul.-Aug. 1993, pp.309~318.
6. 원종필, 박찬기, 안태송 "폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 수축균열 및 내구특성," 대한토목학회 논문집, 제19권, 1-5호, 1999, pp.783~790.
7. Soroushian, P., Khan, A. and Hsu, J. W. "Mechanical Properties of Concrete Materials Reinforced with Polypropylene or Polyethylene Fibers," *ACI Materials Journal*, Vol.89, No.6, Nov.-Dec. 1992, pp.535~540.
8. 오병환, 이명규, 유성원, 백상현 "폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트의 강도 및 건조수축균열 제어", 한국콘크리트 학회지, 제8권 6호, 1996, pp.151~161
9. 원종필, 박찬기 "콘크리트 초기 균열 제어를 위한 특수 가공된 셀룰로오스섬유의 적용에 관한 연구," 대한토목학회 논문집, 제20권 2-A호, 2000, pp.311~319.
10. ASTM C 672, "Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals" .
11. Marikunte, S. and Soroushian, P. "Statistical Evaluation of Long-Term Durability Characteristics of Cellulose Fiber Reinforced Cement Composites," *ACI Materials Journal*, Vol. 91, No. 6, Nov.-Dec. 1994, pp.607~616.
12. Shi, C., Stegemann, J. A. and Caldwell, R. J. "Effect of Supplementary Cemention Materials on the Specific Conductivity of Pore Solution and Its Implications on the Rapid Chloride Permeability Test(AASHTO T277 and ASTM C 1202) Results," *ACI Materials Journal*, Vol.85, No.4, Jul.-Aug. 1988, pp.389~394.

요 약

콘크리트포장 보수공사에서 조기교통개방을 위해 현재 국내에서는 초속경시멘트를 사용하고 있으나 이는 초기의 빠른 수화반응과 내·외부적 구속으로 인한 온도수축 및 건조수축이 발생하여 콘크리트포장에 인장응력을 유발한다. 구속으로 인한 수축은 콘크리트내에 균열을 발생시켜 투수성을 증가시키고 장기적으로는 내구성을 약화시킨다. 콘크리트보강재료로서 섬유는 이러한 균열을 제어하는데 효과적이다.

본 연구에서는 국내에서 사용되고 있는 3종류의 초속경시멘트의 내구성을 평가하였고 내구성을 증진시키기 위하여 콘크리트 보강 섬유를 혼입하였으며 일반 콘크리트와 섬유보강 콘크리트를 비교·분석하였다. 실험결과 조기교통개방콘크리트에서 섬유의 혼입은 일반 콘크리트보다 내구성을 증진시키는데 우수한 효과를 나타내었다.

핵심용어 : 내구성, 조기교통개방, 섬유, 조기강도콘크리트, 초속경시멘트, 수축