

합성섬유를 혼입한 콘크리트의 강도 및 내구특성

A Study on the Durability and Strength Properties of Incorporating Polypropylene Fiber

정영화* 이주형** 홍창우** 이정호**
Jung, Young-Hwa Lee Ju-Hyung Hong Chang-Woo Lee, Jung Ho

ABSTRACT

Concrete structures has been deteriorated by poor environment. This study was conducted to evaluate durability of concrete which are increasingly demanded recently. Therefore, the research of durability must be executed for application of Polypropylene fiber reinforced concrete real structures. Concrete durability properties incorporating Polypropylene fiber was performed with the variable of Fiber contents, Fiber type and Target strength. specimens were made and subjected to durability and strength tests.

The results show that strength of concrete is increased the Fiber content increase, Mono-Filament fiber and Polypropylene fiber reinforced concrete makes improved durability properties

키워드 : 내구특성, 폴리프로필렌 섬유, 망사형 섬유

Keywords : Durability Properties, Polypropylene Fiber, Mono-Filament Fiber

1. 서 론

콘크리트 구조물에 있어서 이상적인 요구사항은 원래의 성능을 다하면서 공명기간 동안 그 기능을 유지하는 것이다. 그러나 가설되는 순간부터 특수한 물리적, 화학적인 환경조건에 노출된다. 이러한 환경 조건은 콘크리트에 직접 또는 간접적인 영향을 주게 되어 콘크리트의 성능저하(Deterioration)를 일으키게 된다.

콘크리트의 내구성을 향상시키고 취성을 보완하여, 연성을 확보하고자 현재 국내·외에서는 폴리프로필렌 섬유(Polypropylene fiber)를 사용하고 있다.

또한 폴리프로필렌 섬유는 화학적인 안정성과 내구성이 우수하며 건조수축 균열을 억제시킨다는 장점을 가지고 있어 그 사용추세가 증가하고 있는 실정이다.

해외 각국에서는 폴리프로필렌 섬유를 이용하여 콘크리트의 내구성 및 품질을 향상시킬 수 있는 합성섬유보강 포장 콘크리트 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국내에서도 합성섬유보강 콘크리트의 역학적 특성과 건조수축 제어에 대한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 아직까지는 포장용 합성섬유보강 콘크리트의 내구성에 대한 연구는 미비한 상태에 있다.

따라서, 이 연구에서는 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트를 대상으로 폴리프로필렌 섬유의 혼입을 변화에 따라 내구특성 중에서 가장 영향을 미칠 것으로 판단되는 투수저항성과 동결-융해 작용에 의한 길이변화를 분석하여 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사

** 강원대학교 토목공학과 대학원, 박사과정

트의 내구특성을 검토하였다.

그리고, 일반강도용(270kg/cm²), 고속도로용 배합조건에 대해 두가지 형상의 폴리프로필렌 섬유를 각각 세가지 혼입율로 첨가시켜 최적의 혼입율을 제시하고, 그 사용성을 검증하였다.

2. 연구범위 및 방법

이 연구에서는 폴리프로필렌 섬유를 이용한 포장용 콘크리트의 내구특성을 분석하기 위하여, 먼저 합성섬유보강 콘크리트의 강도특성을 압축강도, 휨강도 시험을 통하여 분석하고, 내구특성에 가장 영향을 미칠 것으로 판단되는 투수저항성과 동결-융해 작용에 의한 길이변화를 측정하여 합성섬유보강 콘크리트의 내구성을 검토하였다.

이를 위해 목표강도를 일반강도(270kg/cm²)와 고속도로용으로 하는 배합조건에 대해 콘크리트의 강도와 내구특성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 두가지 형상의 폴리프로필렌 섬유를 각각 세가지 혼입율로 첨가시켰으며, 최적의 혼입율을 제시하고 그 사용성을 검증하고자 하였다.

따라서, 이 연구를 수행하기 위해서 아래와 같이 3단계로 나누어 연구를 수행하였다.

- 첫째, 압축강도, 휨강도 시험을 통해 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트의 강도특성을 분석한다.
- 둘째, 투수저항성 시험과 길이변환 측정을 통하여 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트의 내구특성을 분석한다.
- 셋째, 분석한 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트의 강도특성과 내구특성을 통하여 합성섬유보강 콘크리트에 적합한 섬유혼입율과 섬유 형상을 제시한다.

3. 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트의 역학적 특성

폴리프로필렌 섬유는 콘크리트의 취성을 개선시킨다는 것 이외에도 양생초기에 균열을 제어시킨다는 특성을 가지고 있다. 합성섬유보강 콘크리트는 적절히 배열된 철근에 비해 높은 비표면적을 지니므로 큰 균열저항성을 갖는다. 즉 소성수축 균열, 건조수축 균열, 수화열에 의한 균열 등에 대한 저항성을 갖는다. 이밖에도 다른 섬유에 비하여 많은 물리적·화

학적 장점을 지고 있다.

폴리프로필렌 섬유의 장점을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고도의 결정성과 탄소 고리의 입체 규칙적 배열을 하고 있어, 인장강도가 크다.
- 2) 고융점(165℃)을 가지고 있어서 단시간에 100℃ 이상의 온도에서도 사용할 수 있다.
- 3) 여러 화학약품에 대해 불활성을 나타내어 산 및 알칼리에 대한 저항성이 크다.
- 4) 콘크리트의 연성을 증대시켜 에너지 흡수력이 증가하여 파괴의 위험을 감소시키며, 지진과 바람 등의 동적 하중과 충격 하중에 대한 저항성이 크다.

3.1 섬유보강 콘크리트의 강도이론식

합성섬유보강 콘크리트의 역학적 강도특성은 섬유의 혼입율에 따라 강도의 증가효과가 영향을 받게 되는데, 섬유의 혼입율에 따른 강도의 증감 관계는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\sigma_c = \sigma_{fu} V_f + \sigma_m(\epsilon_{fu})(1 - V_f) \quad (1)$$

여기서, σ_c : 복합재료의 인장강도, σ_{fu} : 섬유의 인장강도, V_f : 섬유 혼입률, $\sigma_m(\epsilon_{fu})$: 섬유파단시 매트릭스의 응력

위 식은 섬유가 일방향으로 배향되었을 때의 보강효과를 고려할 경우 연성매트릭스인 섬유보강 플라스틱(FRC)의 인장강도이다.

그러나 섬유의 혼입량이 대단히 적은 경우에는 위의 식이 성립되지 않는다. 이런 경우는 하중재하에 의하여 섬유에 응력이 집중적으로 작용하여 파단하고 남은 매트릭스만으로 하중을 분담하여 복합체의 파단에 이른다.

이러한 FRC의 강도는 매트릭스의 파단하중에 의해서 결정되므로 섬유를 첨가한 효과는 복합체의 단면적을 감소시키는데 그치고 이러한 경우의 강도는 아래와 같은 식으로 계산된다.

$$\sigma_c = \sigma_{mu}(1 - V_f) \quad (2)$$

취성매트릭스인 강섬유보강 콘크리트(SFRC)인

경우 인장강도는 매트릭스의 파괴시 변형에서의 섬유
의 응력을 σ_f 라고 하면 다음 식과 같이 된다.

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_{mu}(1 - V_f) \quad (3)$$

위의 식 (3)은 혼입량이 많아지면 파괴시 변형에
이른 매트릭스의 균열에 의하여 매트릭스는 여러 부
분으로 나누어지고 하중은 섬유를 따라 진행하며 이
후는 섬유의 파단에 의하여 파괴에 이르게 되어 식
(3)은 성립되지 않는다.

이 경우 SFRC의 강도는 섬유의 강도와 혼입량에
따라 결정되어 아래와 같은 식으로 구해진다.

$$\sigma_{cu} = \sigma_{fu} V_f \quad (4)$$

위와 같이 복합재료는 파괴에 이르기까지 파괴
과정을 비교하면 FRC와 SFRC는 많은 차이를 보인다.

연성매트릭스 경우는 섬유가 파괴된 후 변형량이
상대적으로 큰 매트릭스가 파괴되는 거동을 보이므
로 섬유 혼입량이 적은 경우에는 매트릭스에 따라
그 강도가 결정되며, 취성 매트릭스인 SFRC인 경우
는 매트릭스의 파괴 후 섬유가 파괴되어 그 강도가
섬유의 혼입량 및 강도에 의해 지배된다.

4. 실험

4.1 실험 개요

본 연구에서는 폴리프로필렌 섬유를 이용한 합성
섬유보강 콘크리트의 내구특성을 분석하기 위하여
폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트의 강도특성과 내구
특성에 영향을 주는 배합인자에 대한 분석을 하였다.
따라서, 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트에 영향을
미치는 배합인자별 재료실험 및 배합설계, 시험용 시
편의 정확한 제작, 실험방법에 따른 양생, 그리고 재
령에 따른 각종 시험을 주의 깊게 실시하였다. 본 연
구를 위해 수행된 각종 실험은 ASTM 및 KS의 시

험방법에 따라 수행하였다.

먼저, 합성섬유보강 콘크리트 특성에 큰 영향을
미칠 것으로 사료되는 섬유의 혼입량과 섬유 형상을
주요 요인으로 채택하였다. 여기서 섬유 형상은 국내
에서 생산하고 있어 구입이 쉬운 S사의 25mm 망사
형 섬유와 영국산 J사의 12mm 단사형 섬유를 채택
하였으며, 섬유의 혼입량은 각 회사에서 권장하고 있
는 혼입량을 기준으로 각 3가지를 채택하였다. 또한
합성섬유보강 콘크리트의 사용성을 고려하여 목표강
도를 일반강도, 고소도로용 콘크리트 2가지로 구분하
였다. 그리고 시멘트는 포장 콘크리트에서 일반적으
로 가장 많이 사용하고 있는 보통포틀랜드 시멘트를
선택하였다.

이와 같은 주요 요인을 사용하여 먼저 합성섬유
보강 콘크리트의 강도특성을 분석하기 위해 압축, 휨
강도 시험을 실시한 후, 내구특성을 분석하기 위해
투수저항성과 길이변화 측정을 실시하였다.

4.2 사용 재료

4.2.1 폴리프로필렌 섬유

본 연구에서 사용된 폴리프로필렌 섬유는 국내 S
사의 25mm 망사형(Fibrillated Bundle) 섬유와 영국
산 J사의 12mm 단사형(Mono-Filament) 섬유를 사
용하였으며, 이들 섬유의 물리적 특성은 Table 4-1
과 같다.

Table 4-1. Physical Properties of Polypropylene Fibers

	Fibrillated Bundle fiber	Mono-Filament fiber
Fiber length	25 mm	12 mm
Density	0.92 g/cm ³	0.91 g/cm ³
Elastic modulus	46000 kg/cm ²	50973 kg/cm ²
Ultimate stress	5117 kg/cm ²	4570 kg/cm ²
Ultimate strain	16.5 %	18 %
Specific surface area	24 m ² /kg	255 m ² /kg

4.2.2 시멘트 및 골재

본 실험에 사용된 시멘트는 KS 규격에 따른 국
내 H사 제품으로 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였
다. 굵은 골재는 강원도 홍천 지역에서 생산되는 레
미콘용 쇄석을 사용하였으며 최대치수는 일반강도용
인 경우 25mm와 고소도로인 경우 32mm를 사용하
였고, 잔골재는 홍천강 유역에서 채취된 천연 강모래
를 이용하였다.

4.3 배합 설계

합성섬유보강 콘크리트의 강도 및 내구특성을 검토하기 위해 폴리프로필렌 섬유의 혼입량과 섬유의 형상을 주요 요인으로 하여 일반강도용(270kg/cm²)과 고속도로용에 대해 고려하여 각 실험을 실시하였다. 이때 일반강도용 콘크리트는 목표 압축강도를 270kg/cm², 고속도로용 콘크리트는 목표 휨강도를 45kg/cm²로 하였다.

또한 소정의 내구성을 확보하기 위해서 AE제를 사용하여 기준(Control) 콘크리트에 있어서 공기량을 3~5%의 수준이 되게 콘크리트 배합설계를 실시하였으며, 콘크리트 배합설계는 Table 4-4과 같다.

5. 실험 결과 및 분석

5.1 압축 강도

섬유혼입율에 따른 압축강도 변화를 알아보기 위하여 실시한 압축강도시험과 탄성계수시험 결과치를 Table 5-1과 Fig. 5-1~Fig. 5-2에 각각 나타내었다.

단사형 섬유인 경우 혼입율이 증가할수록 압축강도가 약 7.27~9.02% 정도 선형적인 증가를 하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 망사형 섬유인 경우 0.10% 혼입율까지 압축강도가 8.53~8.72% 정도 선형적인 증가를 보이나 0.15%에서는 4.89~5.85% 정도 섬유를 0.1% 혼입했을 경우보다 약간 감소함을 알 수 있었다. 하지만 이것은 Control 시편보다는 강도가 약간 증가된 것을 알 수 있었다.

이것은 섬유가 건조수축 균열을 억제시키고 또한 양생초기에 섬유의 표면을 따라 섬유상 공극이 형성되어 콘크리트내의 수분 이동 통로를 효과적으로 형성함으로써, 초기의 수분 손실을 유발시킴으로써 유효 물-시멘트비를 낮추어졌기 때문으로 판단된다.

망사형 섬유인 경우 혼입율이 0.15% 혼입을 하였을 때에는 배합시 약간의 섬유뭉침(Fiber Ball) 현상이 관찰되었는데 이 섬유뭉침 현상으로 강도가 저하된 것으로 판단된다.

Table 4-3. Compressive Strength and Elastic Modulus Test Result

Specimen Series	Mean (Std.Dev)			Relative Strength (%)	
	(kg/cm ²)				
Control	HN-0	257.32	268.79	280.25	0.00
		268.79 (7.64)			
Control	SN-0	289.17	261.15	282.80	0.00
		277.71 (11.04)			
HF-0.075		273.89	280.25	254.78	0.32
		269.64 (9.91)			
HF-0.10		267.52	301.91	305.73	8.53
		291.72 (16.14)			
HF-0.15		286.62	292.99	273.89	5.85
		284.50 (7.08)			
SF-0.075		261.15	280.25	264.97	-3.21
		268.79 (7.64)			
SF-0.10		310.83	294.27	300.64	8.72
		301.91 (5.94)			
SF-0.15		278.98	309.55	285.35	4.89
		291.30 (12.17)			
HM-0.056		262.42	278.98	280.25	1.90
		273.89 (7.64)			
HM-0.075		289.17	272.61	303.18	7.27
		288.32 (10.47)			
HM-0.10		301.91	289.17	270.06	6.79
		287.05 (11.32)			
SM-0.056		261.15	294.27	275.16	-0.31
		276.86 (11.61)			
SM-0.075		299.36	305.73	273.89	5.50
		292.99 (12.74)			
SM-0.10		290.45	312.10	305.73	9.02
		302.76 (8.21)			

* H : Highway, S : Structure Concrete

* F : Fibrillated Bundle fiber, M : Mono-Filament fiber

0.056 : Fiber Contents

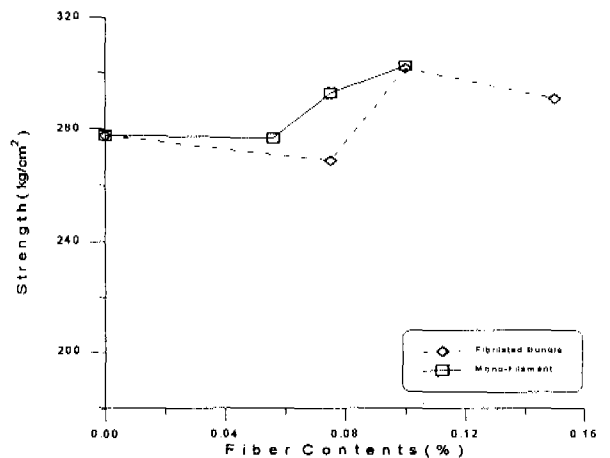


Fig. 5-1 Compressive Strength versus Fiber Contents (Structure concrete)

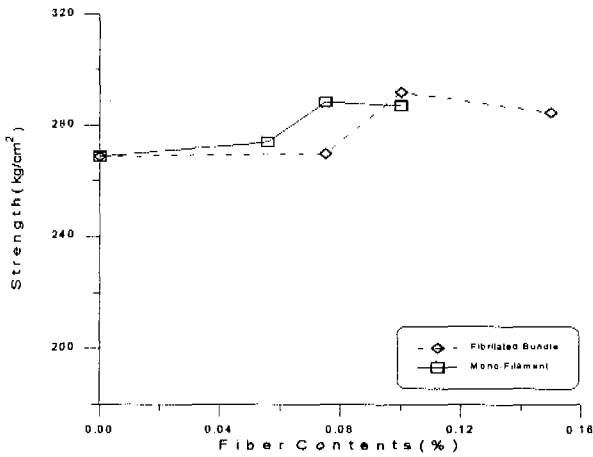


Fig. 5-2 Compressive Strength versus Fiber Contents (Highway)

5.2 휨 강도

섬유혼입율에 따른 휨강도 변화를 알아보기 위하여 실시한 휨강도시험 결과치를 Table 5-2와 Fig. 5-3~Fig. 5-4에 각각 나타내었다.

두 섬유 모두 혼입율이 증가할수록 휨강도가 선형적으로 약간 증가함을 알 수 있었다. 이것은 휨에 의하여 균열이 발생되면 균열면에 위치한 섬유가 약간의 인장력을 받아주는 효과(Bridging effect)와 섬유의 표면에 배합수가 흡착함에 따라 유효 물-시멘트비가 낮아져서 휨강도가 증가하는 것으로 판단된다.

섬유의 종류에 따른 영향은 망사형 섬유보다는 단사형 섬유가 휨강도가 약간 큰 것으로 나타났다. 즉, 망사형 섬유 경우 0.15% 혼입율까지 휨강도가 1.87~5.91% 정도 증가를 보인 반면, 단사형 섬유인 경우 0.10% 혼입율까지 5.62~5.91% 정도 휨강도가 증가하는 것으로 나타내어 단사형 섬유가 휨강도 증진에 효과적임을 알 수 있었다.

이것은 배합시에 망사형 섬유보다 단사형 섬유가 섬유의 분산효과가 양호하여 섬유의 인장력을 받아주는 효과가 증진되었기 때문으로 판단된다.

따라서 폴리프로필렌 섬유가 휨강도를 증진시키는 역할을 함으로써 콘크리트포장에 사용가능함을 알 수 있었다.

Table 5-2. Flexural Strength Test Result of Specimen

Specimen Series	Mean (Std.Dev) (kg/cm ²)			Relative Strength (%)	
Control	HN-0	51.00	51.00	50.40	0.00
		50.80 (0.27)			
Control	SN-0	52.20	54.00	54.00	0.00
		53.40 (0.80)			
HF-0.075		52.20	49.80	51.60	0.79
		51.20 (0.93)			
HF-0.10		51.00	51.00	53.40	1.97
		51.80 (1.97)			
HF-0.15		52.80	53.40	55.20	5.91
		53.80 (0.93)			
SF-0.075		54.00	53.40	52.80	0.00
		53.40 (0.40)			
SF-0.10		55.20	51.60	51.00	-1.50
		52.60 (1.73)			
SF-0.15		55.20	54.00	54.00	1.87
		54.40 (0.53)			
HM-0.056		52.80	51.00	53.40	3.15
		52.40 (0.93)			
HM-0.075		52.80	54.60	51.60	4.33
		53.00 (1.07)			
HM-0.10		53.40	54.60	53.40	5.91
		53.80 (0.53)			
SM-0.056		57.00	53.40	54.00	2.25
		54.80 (1.47)			
SM-0.075		57.00	54.00	55.80	4.12
		55.60 (1.07)			
SM-0.10		57.60	56.40	55.20	5.62
		56.40 (0.80)			

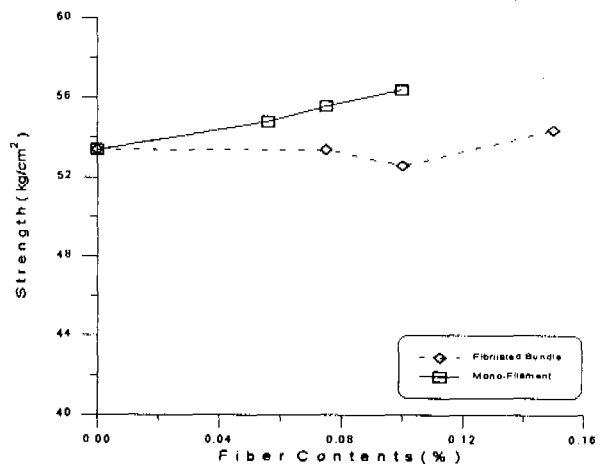


Fig. 5-3 Flexural Strength versus Fiber Contents (Structure concrete)

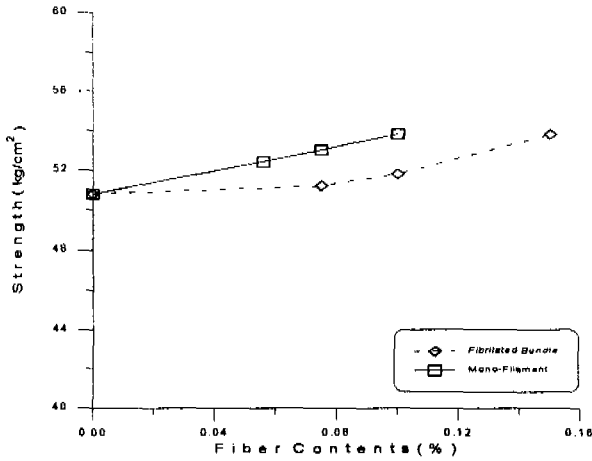


Fig. 5-4 Flexural Strength versus Fiber Contents (HighWay)

5.3 투수 저항성

섬유혼입율에 따른 투수성 변화를 알아보기 위하여 실시한 염화이온 투수저항성시험 결과치를 Table 5-3와 Fig. 5-5~Fig. 5-6에 각각 나타내었다.

Table 5-3와 Fig. 5-5~Fig. 5-6에서와 같이 일반강도 콘크리트 배합을 제외한 단사형 섬유와 망사형 섬유 모두 섬유의 혼입율이 증가할수록 총 통과전하량이 약간 감소하는 경향을 보여 투수성이 약간 감소하는 것으로 나타났다. 일반강도 콘크리트 배합인 경우에는 섬유의 혼입율이 증가할수록 총 통과전하량이 Control 시편에 비해 약간 증가하는 것으로 나타났다.

섬유 형상에 따른 총 통과전하량의 변화는 모든 배합에 있어서 망사형 섬유보다는 단사형 섬유가 총 통과전하량이 작게 나타나 투수저항성이 더 우수한 것으로 나타났다.

앞의 강도시험에서 단사형 섬유 콘크리트의 강도가 망사형 섬유 콘크리트보다 크게 나타났는데, 이것은 단사형 섬유가 망사형 섬유보다 콘크리트 속에서 더 분산효과가 뛰어나 콘크리트가 더 치밀한 조직을 가진다는 것을 의미한다. 따라서 투수 저항성 시험에서 망사형 섬유보다 단사형 섬유가 투수성이 더 낮게 나온 것으로 판단된다.

하지만 섬유의 혼입율의 변화에 따라 총 통과전하량이 약 2000~3000 Coulombs 사이로 약간 증가하는 경향을 보이고 있으나 모두 투수성은 양호한 것으로 나타났다.

따라서 폴리프로필렌 섬유를 고속도로에 사용하였을 경우 약간의 투수 저항성 증진 효과를 확인할

수 있었다.

Table 5-3. Resist Chloride Ion Penetration Test Result of Specimen

Concrete Type	Fiber Contents	Fibrillated Bundle fiber (Coulombs)	Mono-Filament fiber (Coulombs)
High Way	0.0	2109.74	2109.74
	0.056	-	1642.91
	0.075	1812.99	1809.15
	0.1	1869.15	1770.18
	0.15	1938.56	-
Structure Concrete	0.0	1951.34	1951.34
	0.056	-	1880.23
	0.075	2330.39	1936.37
	0.1	2622.42	2131.85
	0.15	2480.81	-

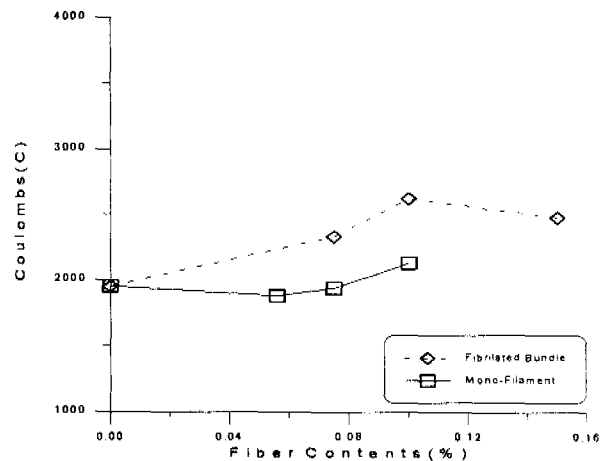


Fig. 5-5 Coulombs versus Fiber Contents (Structure concrete)

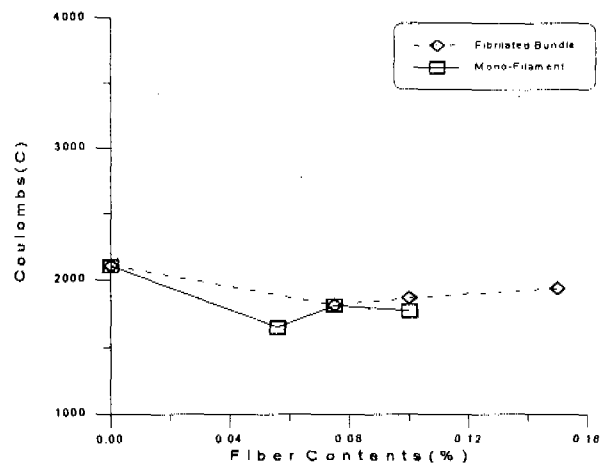


Fig. 5-6 Coulombs versus Fiber Contents (HighWay)

5.4 동결-융해 길이변화

섬유혼입율에 따른 동결-융해 작용에 의한 길이 변화를 알아보기 위하여 실시한 염화이온 투수저항성시험 결과치를 Table 5-4와 Fig. 5-7~Fig. 5-8에 각각 나타내었다.

섬유의 혼입율이 증가에 따른 길이변화는 고속도로와 일반강도 배합에서는 길이변화량을 뚜렷하게 경향이 나타나지는 않았지만 약간 증가함을 알 수 있었다. 고속도로배합인 경우 동결-융해 300사이클에서 Control 시편의 길이변화량이 0.01445mm/m이었는데 섬유의 혼입율이 증가할수록 길이변화량이 0.0545~0.0729mm/m로 약 60%정도 감소하는 것으로 나타났다.

이것은 동결-융해 작용으로 발생하는 내부 팽창인장 응력을 섬유가 받아주어 300사이클에서 길이변화량이 감소하는 것으로 판단된다.

섬유 형상에 따른 길이변화는 망사형 섬유보다는 단사형 섬유가 길이변화량이 작은 것으로 나타났다. 이것은 단사형 섬유가 망사형 섬유보다 분산효과가 뛰어나 내부 팽창인장 응력을 받아주는 효과가 증가되기 때문으로 판단된다.

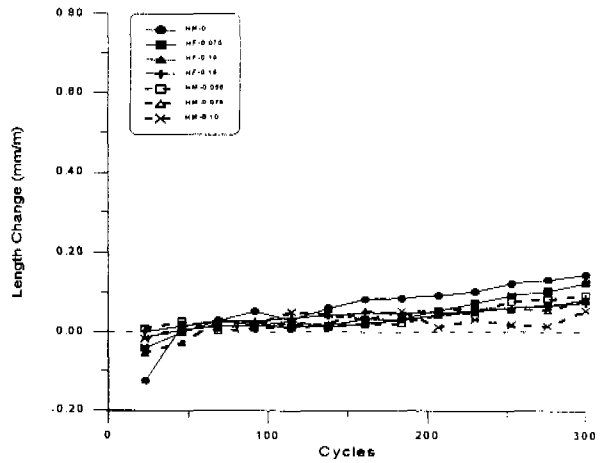


Fig. 4-16 Length Change versus Fiber Contents (HighWay)

6. 결 론

이 논문에서는 폴리프로필렌 섬유를 이용한 포장용 콘크리트의 내구특성을 분석하기 위하여 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 강도시험을 통하여 강도 특성 분석과 투수저항성시험, 길이변화시험을 통하여 내구특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다

1. 압축강도와 탄성계수의 관계로부터 단사형 섬유인 경우 혼입율이 증가할수록 6.79~14.08%, 망사형 섬유인 경우 0.10% 혼입율까지 8.53~11.79%, 0.15%에서는 4.97~10.92% 압축강도가 증가하였으며, 탄성계수는 섬유의 혼입율이 증가함에 따라 감소함을 알 수 있었다.
2. 휨강도는 망사형 섬유보다는 단사형 섬유가 휨강도가 큰 것으로 나타났다. 즉, 망사형 섬유 경우 0.15% 혼입율까지 휨강도가 1.87~7.62% 정도 증가를 보인 반면, 단사형 섬유인 경우 0.10% 혼입율까지 5.62~10.00% 정도 휨강도가 증가하는 것으로 나타내어 단사형 섬유가 휨강도 증진에 효과적임을 알 수 있었다.
3. 투수저항성 시험을 분석한 결과 섬유의 혼입율이 증가할수록 총 통과전하량이 고속도로 배합에서 감소하여 투수저항성이 약간 증가하는 것으로 나타났다으며, 단사형 섬유인 경우 망사형 섬유보다 투수저항성이 더 증가함을 알 수 있었다.

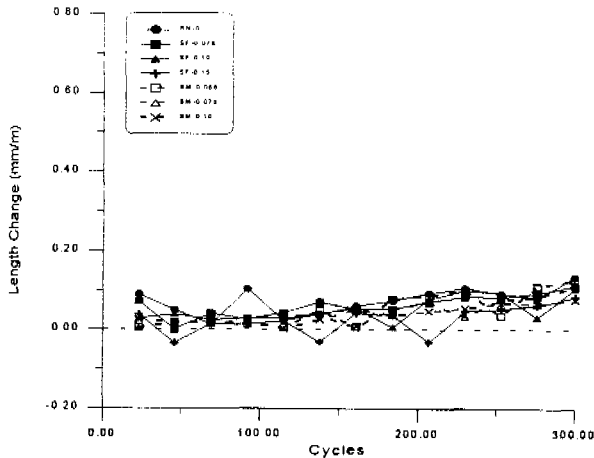


Fig. 5-7 Length Change versus Fiber Contents (Structure concreteh)

4. 길이변화 시험을 분석한 결과 섬유 혼입율이 증가함에 따라 길이변화가 감소하는 것으로 나타났으며 섬유 형상에 따른 길이변화는 망사형 섬유보다는 단사형 섬유가 길이변화량이 작은 것으로 나타났다. 따라서 동결-융해에 대한 저항성은 섬유의 혼입율이 증가할수록, 망사형 섬유보다는 단사형의 섬유가 더 좋아지는 것으로 나타났다.
5. 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트의 강도특성과 내구특성을 분석한 결과 고속도로 배합인 경우 단사형 섬유와 망사형 섬유 모두 혼입율 0.10%에서 강도와 내구성 증진효과가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 또한 망사형 섬유보다는 단사형 섬유가 증진효과가 더 큼을 알 수 있었다.

감사의 글

“본 연구는 강원대학교 석재복합 신소재 제품 연구센터의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.”

참고 문헌

- [1] Antoine, E. and Naaman, Surendra, P., “Some Developments in Polypropylene Fibers for Concrete”, Fiber Reinforced Concrete Properties and Application, ACI SP 81, 1984.
- [2] Bayasi, Z. and Peterson, G., “Use of Small-diameter Polypropylene Fibers in Cement-based Materials”, Fiber Reinforced Cement and Concrete, Edited by R. N. Swamy, RILEM, 1992.
- [3] Bentur, A., Mindess, S., and Skalny, J., “Reinforcement of Normal and High Strength Concretes with Fibrillated Polypropylene Fibers”, Fiber Reinforced Cement and Concrete, Edited by R. N. Swamy, RILEM, 1992.
- [4] Beresford, F. D., “Polypropylene Fiber Reinforcement in Concrete Slab on Ground”, Asia-Pacific Concrete Technology Conference, Jakarta, Indonesia, Oct. 1986.
- [5] C. Ozyildirim and W. Halstead, “Resistance to Chloride Ion Penetration of Concretes Containing Fly Ash, Silica Fume or Slag”, Proceedings, Journal of ACI vol 26, pp. 101-141, 1929.
- [6] Geoff Mays, “Durability of Concrete Structures”, E&FN SPON, 1992
- [7] David Whiting, Arthur Wakit, “PERMEABILITY OF CONCRETE”, ACI SP-108, July, 1988.
- [8] 배주성, 김경수, “섬유의 종류와 혼입율이 섬유보강콘크리트의 물리적 특성 및 강도에 미치는 영향”, 대한토목학회논문, 1998.10, pp.351-354.
- [9] 오병환, 백상현, “폴리프로필렌 합성섬유보강 콘크리트의 강도특성 및 건조수축균열제어특성 연구”, 서울대학교 대학원, 1996.
- [10] 오병환, 한승환, 이형준, 이명규, 백상현, 차수원, 조재열, “폴리프로필렌 합성섬유보강 콘크리트의 역학적 특성 및 활용방안 연구”, 서울대학교 공학연구소, 1995.
- [11] 한만엽, “PPF 섬유의 첨가가 콘크리트 공극구조에 미치는 영향”, 대한토목학회논문집, 1994.9, pp.1081-1089.
- [12] 한만엽, 이상엽, “일반콘크리트 및 특수콘크리트의 투수특성 연구(II)”, 한국도로공사 도로연구소, 1996