JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS JAN. 2002, pp. 116-124

한국농공학회지
제44권 제1호

섬유 혼합토의 공학적 특성

Engineering Properties of Fiber Mixed Soil

장 병 욱* · 박 영 곤** · 이 상 호*** · 송 창 섭****

Chang, Pyoung Wuck · Park, Young Kon · Lee, Sang Ho · Song, Chang Seob

Abstract

Natural resources for the construction materials such as good soil, sand, and coarse aggregates have been encountered to be short due to excessive use by human. Even though some soil has been found to be unsuitable for construction materials, soil with reinforcement can naturally be an answer to these alternatives. According to recently published papers on fiber mixed soil, fiber mixed with soil can improve shear strength, compressive strength and post-peak load strength retention. In this study, a series of tests were performed to clarify the characteristics of fiber mixed soil and to give basic data for design and construction and their engineering properties, that is, unconfined compressive strength, splitting tensile strength, shear strength, crack by drying, freeze-thaw, creep and Poisson's ratio, were investigated and analyzed. It has been shown that fiber mixed soil is one of good alternatives for the civil and building construction materials.

Keywords : Fiber mixed soil, Unconfined compressive strength, Shear strength, Crack, Freeze-thaw, Creep, Poisson's ratio

I. 서 론

모래, 자갈, 돌 등과 같은 건설재료의 고갈 그리고 콘크리트 이용에 따른 전체 환경의 부조화 등은 새로운 대체재료에 대한 요구를 가져오고 있으며 자연재료, 특히 흙 자체를 구조물로 이용하거나 개선하려는 연구에 그 관심이 증대되고 있다.

흙은 예로부터 각종 건설재료는 물론 토기 등에 사용해 왔으며 쉽게 구득할 수 있는 자연 친화적인 재료이고, 흙으로 만든 구조물은 다른 재료로 만든 구조물보다 탁월한 기능을 갖는 경우도 많다. 이와 같이 만들어진 흙구조물은 보온 및 보습 성질이 뛰어나 각종 작물의 저장고로 많이 이용되어 왔다. 최근 연구에 의하면, 흙에 섬유를 혼합할 경우 역학적으로 취약한 토체의 강도를 증진시키고 급작스런 파괴를 방지할 수 있다고 한다.[2),6),7),17)] 이러한 공학적 특성은 향후 지반개선 또는 흙구조물 축조 등에 적용 가능하다. 즉, 단섬유를 모래 말뚝에 혼

* 서울대학교 농업생명과학대학
** 한국철도기술연구원 시설연구본부
*** 경북대학교 농과대학
**** 충북대학교 농과대학
* Corresponding author. Tel.: +82-31-290-2365
fax: +82-31-294-1816
E-mail address: pwchang@snu.ac.kr

합하면 모래말뚝의 강도가 증진되고 연약토의 지지력을 향상시킬 수 있으며,[7] 저등급 비포장 도로의 안정화와 제방, 노상, 보조기층 등의 지지력 개선을 위한 공법에도 이용될 수 있다.[1] 또한 매립장의 점토 라이너 및 복토 등에 단섬유를 혼합함으로써 지반의 유연성을 증가시켜 폐기물의 부등침하로 인한 인장 균열을 현저히 저하시킬 수 있고[2] 더 나아가 섬유혼합토의 이러한 장점을 이용하면 흙벽 등과 같은 건축재 및 보강토 옹벽 등 토류 구조물에 이용될 수 있다.

본 연구에서는 실내 실험을 통하여 단섬유 혼합토의 각종 공학적인 특성을 규명하고 설계 및 시공의 기초자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 시험방법

1. 재 료

본 연구에서 사용한 흙은 국내에 널리 분포하며 물리적 특성이 크게 차이나는 모래질 흙과 점토질 흙이다. 점토질 흙은 각기 다른 공학적 특성을 규명할 목적으로 수원 시료와 하동 시료를 사용하였는데, 수원 시료는 실트와 점토가 64.5%이고 중간 소성의 모래질 점토로서 현장에서 채취하였으며 하동 시료는 실트 및 점토가 100%이며 회백색의 소성도가 낮고 카올린이 주성분인 시중에서 판매되는 흙이다. 모래질 흙은 발안지역에서 채취하였으며 실트 및 점토가 17.4%로서 비소성인 실트질 모래이다. 사용된 흙의 물리적 특성을 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1 Physical properties of soils

Location	Specific gravity	Liquid limit (%)	Plasticity index(%)	γ_{dmax} (kN/m^3)	OMC (%)	USCS
Suwon	2.62	38	21	16.7	19.2	CL
Hadong	2.62	44	8	14.4	27.7	CL
Balan	2.67	N.P	N.P	17.5	14.1	SM

Table 2 Physical properties of fiber elements

Fiber element	Specific gravity	Tensile strength (MPa)	Melting point(℃)	Young's modulus (MPa)	Diameter (mm)
Polypropylene	0.91	350~770	164	3500	0.083
Polyester	1.38	700~900	240	8000	0.27

Table 3 Fiber types and notations

Fiber element \ Fiber length (mm)	6	12	19		25	38
Polypropylene	Monofilament type			Fibrillted type		
	PP6	PP12	PP19	PPF19	PPF25	PPF38
Polyester	PE0.20 : diameter 0.20mm (Monofilament type)					

섬유는 보강용 재료로서 널리 사용되는 폴리프로필렌과 폴리에스테르의 2가지를 선정하였고 물리적인 특성은 Table 2와 같다. 섬유는 형태에 따라 단사(monofilament type)와 망사(fibrillated type), 2종류를 사용하였는데 각각에 대한 기호는 Table 3과 같다.

2. 시험방법

섬유혼합토의 공학적 특성을 분석하기 위해 다짐시험(KSF 2312), 일축압축강도시험(KSF 2405), 할렬인장강도시험(KSF 2423 및 ASTM C496), 삼축압축시험, 수축균열시험, 동결융해시험, 크리프(KSF 2453) 및 푸아송비 시험(KSF 2438)을 수행하였다.

다짐시험은 다른 시험과의 연계성을 고려하여 직경 10 cm, 높이 20 cm의 몰드를 사용하였고, 한 시험당 2개 이상의 공시체를 제작하여 그 평균치를 이용하였다. 할렬인장강도시험은 Narain과 Rawat[11]가 행한 연구에서와 같이 고무띠(rubber strip)를 재하판에 부착하고 재하하였으며 재하속도는 3 mm/min로 일정하게 하였다. 삼축압축시험은 측압,

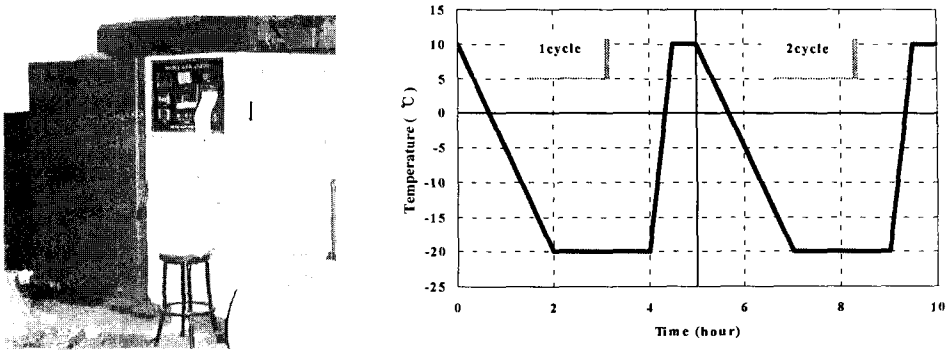
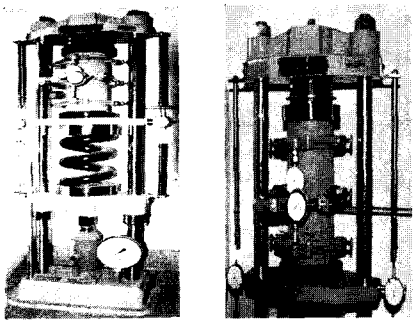


Fig. 1 Tester and cycle for freeze-thaw test



(a) (b)

Fig. 2 Creep(a) and Poisson's ratio(b) tester

배압, 축압이 조절되는 3개의 압력조절기(digital controller)와 간극수압 변환기(transducer)가 컴퓨터로 조작되는 영국의 GDS사의 시험기를 사용하였고,[13] 수축균열시험은 60 cm×90 cm×2.5cm의 소성 수축판[16]을 자체 제작하여 시간 경과에 따른 균열의 폭, 길이, 개수를 육안으로 측정함으로써 각각에 대한 값을 산정하였다. 흙에 대한 동결융해시험은 콘크리트의 동결융해시험(KSF 2456)과는 달리 공기중에서 동결시키고 공기중에서 융해시키는 방법을 채택하였으며 사용된 동결융해시험기와 동결주기는 Fig. 1과 같다. 크리프 시험은 단사 19 mm를 0.3% 혼합한 재령 7일과 14일의 공시체를 일축압축강도시험을 통해 파괴하중을 구한 다음 Table 4와 같은 시험하중을 가하였다. 또한 푸아송비 시험은 컴프레소미터와 익스텐소미터를 사용

Table 4 Loading values at creep and Poisson's raio test of 0.3% fiber mixed soil

Age (day)	Failure load (kN)	Failure stress (kPa)	Test load (kN)	Test stress (kPa)
7	18.2	1032	4.9	277
14	24.7	1397	9.8	555

하여 공시체 중앙부에서 2개소 이상의 직경을 길이 방향에 직각으로 0.01 mm 단위까지 측정하여 이것의 평균치를 공시체의 직경으로 정하고 공시체의 길이를 0.01 mm 단위까지 측정하였으며, 각 측정시간에 대한 종방향 및 횡방향 변형량을 기준으로 하여 푸아송비를 산출하였다. 크리프 시험과 푸아송비 시험에 사용된 기기들은 Fig. 2와 같다.

섬유의 혼합에는 흙의 건조중량에 대한 섬유의 중량비 개념을 사용하였고, 혼합방법은 상하로 회전하는 8개의 10 cm×2 cm 크기의 날개판(blade)에 의해 흙과 섬유를 흩뿌려주고 서로 엉키기 시작하는 섬유 덩어리들은 시료통 벽면에 부착된 4개의 고정 날개판(10 cm×2 cm 크기)과 회전 날개판 사이에서 흩어질 수 있도록 되어 있는 섬유혼합기[10]를 이용하였다.

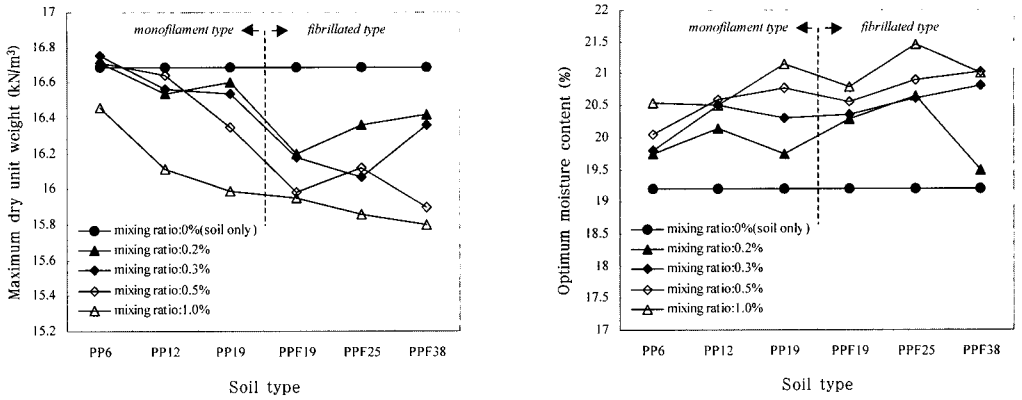


Fig. 3 Maximum dry unit weight and optimum moisture content of clayey soil (Suwon) mixed with polypropylene fiber

Ⅲ. 섬유혼합토의 공학적 특성

1. 다짐 및 강도 특성

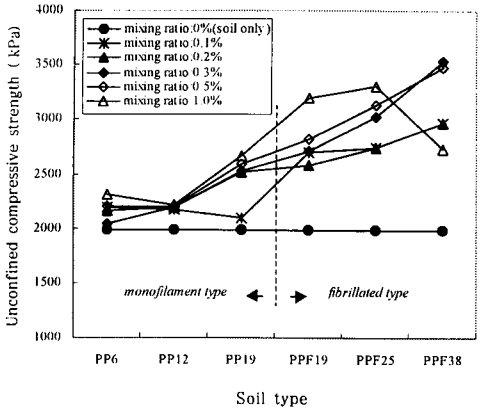
섬유혼합토의 공학적 특성을 분석하기 위해 먼저, 다짐 및 강도시험 결과를 살펴보았다.

Fig. 3(a)는 점토질(수원) 시료에 폴리프로필렌 섬유를 각각 달리 혼합한 섬유혼합토의 최대건조단위중량을 나타낸 것으로, 섬유혼합비가 증가할수록 최대건조단위중량은 감소하며, 섬유의 길이가 짧은 경우 최대건조단위중량은 더 큰 값을 보였다. 또한 섬유의 형태에 따른 최대건조단위중량은 단사가 망사보다 크게 나타났는데, 이는 단사가 망사보다 흙 사이의 공극을 더 잘 채우기 때문인 것으로 사료된다.

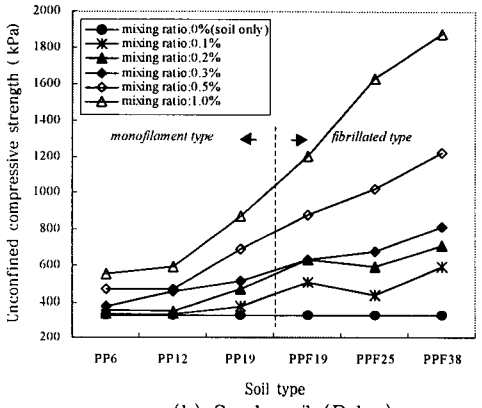
Fig. 3(b)는 점토질(수원) 시료에 대해서 섬유혼합비에 따른 최적함수비의 변화를 나타낸 것으로, 섬유의 양이 증가함에 따라 최적함수비는 증가하였다. 여기서 섬유의 길이나 형태에 따른 최적함수비의 일관된 특징은 찾아내기 어렵지만 대체적으로 섬유의 길이가 길어질수록 최적함수비가 커지며 단사보다 망사가 더 큰 변화를 보이는 것으로 나타났다. 섬유의 양이 증가함에 따라 최적함수비가 증가하는 이유는 섬유 자체의 신축성에 의한 스펀지 현상이 크게 증대하기 때문이지만,[17] 폴리프로필렌 섬유는 물을 흡수하지 않기 때문에 섬유의 길이가 길어질수록 그리고 망사가 단사보다 더 큰 변화를 보이는 것은 다짐에 의한 흙입자만의 치밀한 구조가 섬유의 길이, 형상에 따라 크게 흐트러지기 때문으로 사료된다.

이상에서 살펴 본 폴리프로필렌 섬유와 점토질 흙을 혼합한 섬유혼합토의 다짐특성을 요약하면, 최대건조단위중량은 섬유의 혼합비 증가로 감소폭이 1.0 kN/m^{3}까지 감소하였으며 최적함수비는 증가폭이 2.2%까지 증가하였다. 혼합비의 증가에 따른 최대건조단위중량은 Nataraj 등,[12] 조 등,[4] Wang 등[17]은 감소한다고 하였지만, Mayer와 Ho[9]는 변화가 없다고 하였고 혼합비와 최적함수비의 관계는 모두 증가한다고 하였지만 Wang 등[17]은 물을 흡수하지 않는 폴리프로필렌 섬유의 경우 혼합비에 따른 최적함수비는 거의 변화가 없다고 하였다.

Fig. 4는 점토질(수원) 시료 및 모래질(발안) 시료를 대상으로 섬유를 혼합하였을 경우 일축압축강도 특성을 나타낸 것이다. 그림에서 점토질(수원) 시료의 경우 가장 높은 압축강도는 망사 38 mm를 0.3% 혼합하였을 경우 약 3500 kPa의 값을 나타

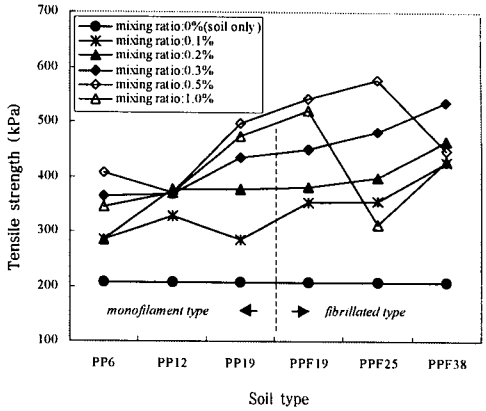


(a) Clayey soil (Suwon)

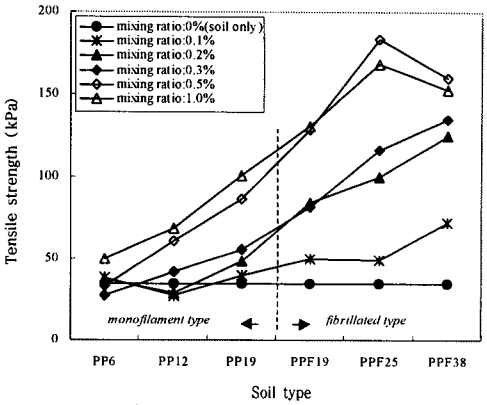


(b) Sandy soil (Balan)

Fig. 4 Unconfined compressive strength of clayey soil and sandy soil mixed with polypropylene fiber



(a) Clayey soil (Suwon)



(b) Sandy soil (Balan)

Fig. 5 Splitting tensile strength of clayey soil and sandy soil mixed with polypropylene fiber

내었고, 무혼합한 경우보다 1.5배 큰 값을 보였다. 마찬가지로 모래질(발안) 시료의 경우에도 망사 38 mm가 가장 높은 값을 보였지만 혼합비의 증가에 따라 압축강도의 값이 선형적으로 증가하는 경향을 보였다.

원기둥형의 공시체에 대한 할렬인장강도시험을 통해서 인장강도와 직경방향의 변위를 컴퓨터 제어에 의해 측정하였다. Fig. 5는 폴리프로필렌섬유와 점토질 흙, 모래질 흙을 혼합한 섬유혼합토에 대한 인장강도를 나타낸 것으로, 섬유혼합토의 인장강도는 모두 무혼합토의 인장강도보다 큰 값을 보이고 있다. 점토질 흙의 경우 25 mm 망사에 대해서 혼합비를 0.5%로 하였을 경우 580 kPa로서 무혼합토(210 kPa)의 약 2.8배의 강도를 나타냈으며, 모래질 흙의 경우에는 185 kPa로서 무혼합토(35 kPa)의 약 5.3배의 강도를 나타내었다.

2. 강도증가 특성

섬유의 혼합비에 따른 전단강도 특성을 살펴보기 위해 점토질(하동) 시료를 재성형 및 다짐하여 직경 5 cm, 높이 10± α cm 공시체에 대한 압밀비배수 삼축시험을 수행하였다.[13]

Fig. 6은 형상비(η=섬유의 길이/섬유의 직경)가

용하였던 방법에 따라 실시하였다.[1),7)]

본 실험방법은 실험실에서는 실제 현장조건에 맞은 환경조건 및 설계조건을 그대로 재현할 수 없기 때문에 실험실에서 균열발생을 촉진할 수 있는 구속조건을 고려하여 실험을 실시하였다. 본 실험은 많은 연구자들이 모르타르 및 콘크리트의 소성수축 균열 특성을 알아보기 위하여 사용하였던 900×900×19 mm의 얇은 판 모양의 모르타르 시편을 제작하고 바닥은 모르타르의 수축이 자유롭도록 비닐막을 설치하였다. 또한 구속효과가 나타나 인장응력을 집중시키도록 900×600 mm 둘레에 100 mm 간격으로 12×25 mm의 구속섬유를 설치하였다(Fig. 1).[1),7)]

실험은 모르타르 시편을 28℃의 온도와 45±5%의 상대습도에 노출시키고 모르타르 표면에는 3.4 m/s~4.0 m/s의 바람을 작용시켜 12시간 동안 관찰하였다.

4. 내구특성 평가

가. 염소이온 투과시험

콘크리트에서 투수성은 강도 뿐만 아니라 내구성에서도 중요한 의미를 갖는다. 투수성의 증가는 균열의 확장에 의해 강도를 저하시키는 작용뿐만 아니라 동결·융해 및 마모등 내구성능을 악화시킨다. 본 연구에서는 콘크리트 투수성을 실험하기 위해서 ASTM C 1202-94 와 AASHTO T 259에 준하여 시험을 실시하였다.[6)] ASTM 기준에 따라 시험은 Φ10×20 cm의 실린더형 공시체를 3개 제작하여 재령 28에서 공시체의 가운데 부분을 Φ10×5 cm로 절단해서 시험을 실시하였다. 절단후 공시체 내부의 갇힌 공기를 제거하기 위해 데시게이터 안에 넣고 진동펌프를 3시간 동안 작동시킨 후, 다시 공시체를 물로 포화시키기 위하여 데시게이터에 물을 넣어 1시간 동안 펌프를 작동시켰다. 그 후에 진공펌프의 작동을 중지시키고 공시체를 물속에서 완전히 포화시킨 상태로 18±1시간 동안

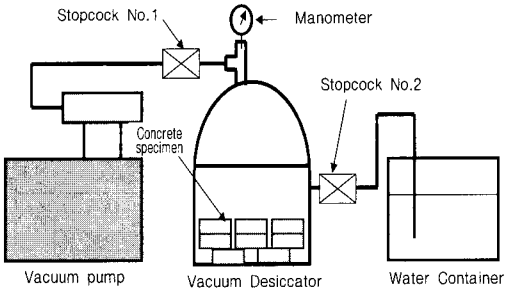


Fig. 2 Prepare of test specimens

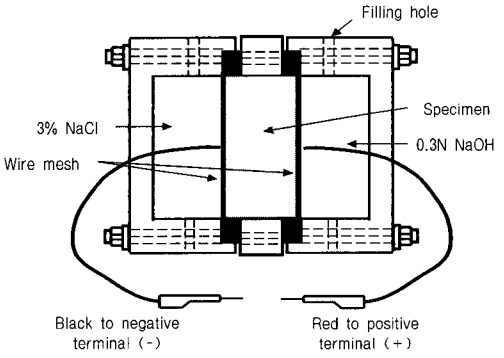


Fig. 3 A.V. Cell

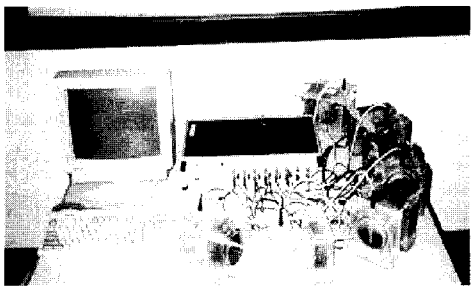


Fig. 4 Chloride permeability test set-up

유지하였다. Fig. 2는 투수실험전의 공시체 준비장치를 도식화한 것이며, Fig. 3은 염소이온투과시험 시편을 보여준다.

위와 같이 투수실험을 위한 공시체 준비단계가 끝난 후 투수성을 실험하기 위하여 공시체를 A.V. Cell(Fig. 3)에 고정시킨다. Fig. 3의 (+)전극에는 0.3N의 NaOH 용액을 채우고, (-)전극에는 3%의 NaCl 용액을 채운 후 공시체에 직류 60V를 공급

하여 6시간 동안 전류값을 측정하였다. Fig. 4는 염소이온투과시험 장치이다.

나. 건조-습윤반복실험

우리나라는 하절기에 건조와 습윤이 반복되는 기후특성을 가지고 있어 반복적인 건조-습윤이 기계화 경작로포장의 강도에 미치는 영향을 평가하고자 건조-습윤 반복실험을 실시하였다. 본 실험은 현재 규정된 실험방법이 없어 28일간 습윤양생한 공시체를 12시간 동안 23±2℃의 물속에서 포화시킨 후, 12시간 동안 60℃의 오븐에서 건조시키는 것을 1사이클로 하여 총 25사이클을 수행한 후, 공시체의 압축강도실험을 실시하였다.[8] 이 결과를 건조-습윤반복실험과 동일한 기간 동안 수중양생한 공시체의 압축강도실험 결과와 비교, 분석하였다.

다. 마모시험

콘크리트의 마모에 대한 저항성 역시 콘크리트 포장의 경우 내구성 평가요소로서 중시되는 부분이다. 콘크리트의 마모저항성은 콘크리트의 구조와 직결되며 일종의 수밀성과도 관계된다고 볼 수 있다. 즉 조직이 치밀하면 마모에 대한 저항성도 증가된다고 볼 수 있을 것이다.

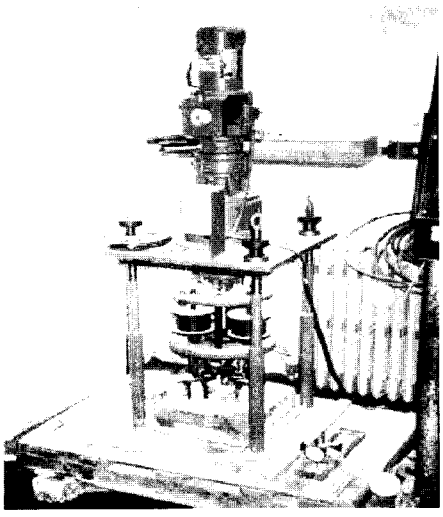


Fig. 5 The abrasion resistance test set-up

본 연구에서는 마모저항성을 측정하기 위해서 ASTM C 779-89(a)의 B방법에 따라서 실시하였다. 공시체는 300 × 300 × 100 mm인 공시체를 2개 제작하여 28일간 수중양생한 후 측정하였다. Fig. 5는 마모저항 시험장치를 보여준다.

Ⅳ. 실험결과 및 분석

1. 워커빌리티 및 공기량

폴리프로필렌섬유보강 콘크리트는 보통 콘크리트에 비하여 슬럼프 값이 약간 감소되는 결과를 보여주었다. 이와 같은 결과는 폴리프로필렌섬유의 첨가에 따른 점착력과 부착력의 증가로 인한 뭉침(balling)현상에 의한 유동성의 감소에 따른 것이라 판단되지만, 실제 현장에서 작업성에 영향을 줄 정도로 큰 감소는 보여주지 않았다.

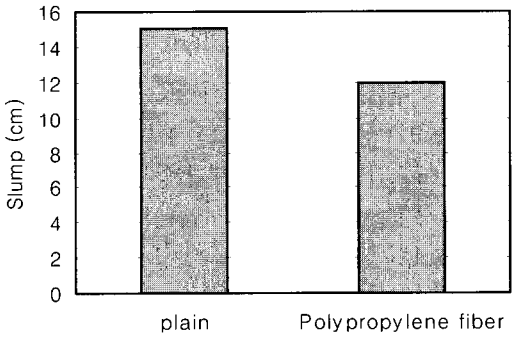


Fig. 5 Slump test results of plain and polypropylene fiber reinforced concrete

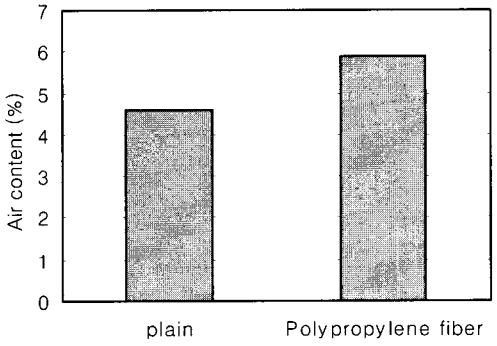


Fig. 6 Air content test results of plain and polypropylene fiber reinforced concrete

공기량 시험결과는 보통 콘크리트와 비교하여 증가하였는데 이것은 폴리프로필렌섬유의 첨가에 따른 섬유와 시멘트 매트릭스 사이의 공극의 증가에 의한 것이라 판단된다. 시험결과는 Fig. 5 및 6과 같다.

2. 압축강도 특성

폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 압축강도는 보통 콘크리트와 비교하여 거의 차이가 없었다. 일반적으로 섬유보강 콘크리트의 압축강도는 초기 재령에서는 보통 콘크리트보다는 감소하나 28일 재령에서는 보통 콘크리트와 거의 동일하거나 약간 크게 나타난다.[1),2),6)] 본 연구에서도 이와 같은 경향을 보여주었으며 시험결과는 Fig. 7에 나타내었다.

3. 균열제어 특성

소성수축으로 인한 균열은 모르타르 타설 후 165분에서 175분 사이에 발생되었으며 균열의 발생은 모르타르가 타설된 후 6시간 후에 최종적으로 안정화되었다. 균열의 최종적인 관찰은 모르타르 타설 12시간 후에 균열의 형상과 균열 폭, 균열의 길이 등을 측정함으로써 실시하였다. 균열면적은 균열의 길이에 균열의 폭을 곱하여 구하였는데 균열의 길이 대신에 면적을 균열의 특징으로 나타낸 것은 폭이 넓은 균열과 미소 균열이 동시에 존재하기 때문이다.

폴리프로필렌섬유의 첨가에 따른 최대 균열 폭의 측정결과 보통 모르타르에서는 폭이 큰 균열이 발생하였으나 폴리프로필렌섬유보강 모르타르에서는 균열 폭이 상당히 감소하였다. 보통 모르타르에서 발생한 최대 균열 폭은 3 mm이었으며 폴리프로필렌섬유보강 모르타르에서는 1.2 mm이었다. 이와 같은 결과는 폴리프로필렌섬유가 섬유의 가교(bridging)작용으로 균열의 성장을 억제하고 조절하기 때문인 것으로 보인다. 실험결과는 Fig. 8에 나타내었다.

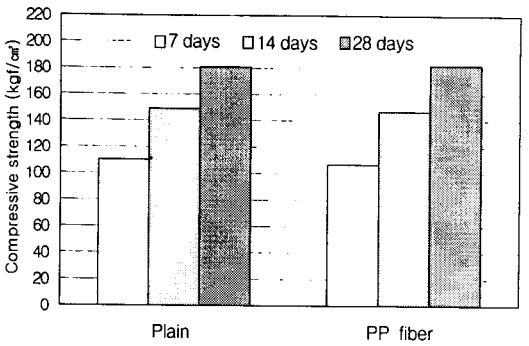


Fig. 7 Results of compressive strength of plain and polypropylene fiber reinforced concrete

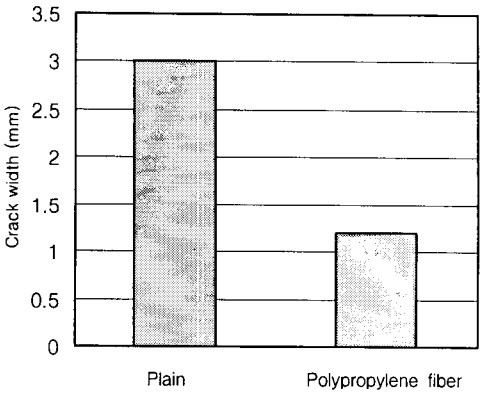


Fig. 8 Maximum crack width of plain and polypropylene fiber reinforced concrete

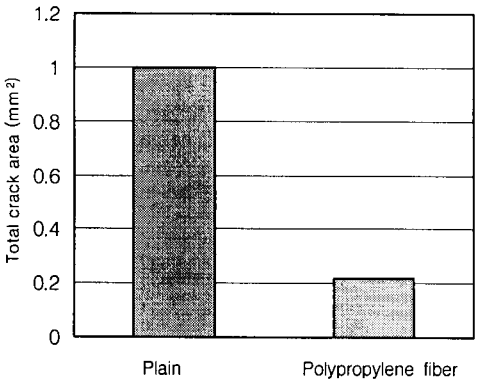


Fig. 9 Total crack area of plain and polypropylene fiber reinforced concrete

폴리프로필렌섬유의 첨가에 따른 총 균열면적은 폴리프로필렌섬유를 첨가한 모르타르가 보통 모르타르 보다 상대적으로 약 72% 감소하였다. 실험결과는 Fig. 9에 나타내었다.

4. 내구특성

가. 염소이온 투과에 의한 전하량 측정시험

염소이온 투과에 의한 전하량 측정시험은 측정의 편리성과 신속성 때문에 최근 널리 사용되고 있는 방법이며, 통과전하량은 투수계수의 정확한 값을 구하기 위한 것이 아니라 콘크리트의 개략적인 투수특성을 추정하는 것으로서, 본 연구에서는 폴리프로필렌섬유 혼입에 따른 영향을 알아보기 위하여 28일 수중양생 후 측정 결과를 보통 콘크리트와 비교하였다.

실험결과는 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 통과전하량이 769.5로서 보통 콘크리트의 976.5보다 낮게 나타났는데 이는 폴리프로필렌섬유를 첨가한 콘크리트가 투수저항성이 우수한 것을 보여준다. 일반적으로 콘크리트에 섬유를 첨가하면 콘크리트의 내부에 발생하는 미세균열을 억제하는 한편 공극을 증가시키지만 섬유가 이와 같은 공극의 연속성을 없애 매우 작고 둥근 미립자의 공극을 증가시켜 투수저항성의 증가 및 동결융해 저항성을 향상시키는데 본 연구에서도 이러한 결과를 보여주었다. 시험결과는 Fig. 10에 나타내었다.

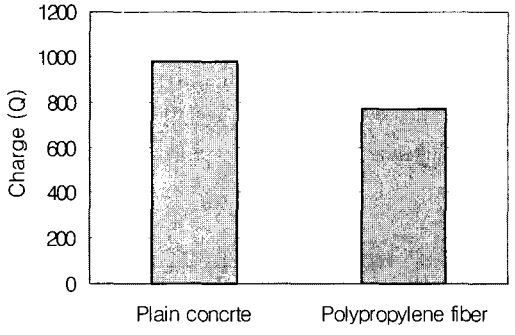


Fig. 10 Chloride permeability of concrete of plain and polypropylene fiber reinforced concrete

나. 건조-습윤반복실험

건조-습윤반복실험 결과 보통 콘크리트와 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트 모두 건조-습윤반복 후 압축강도가 증가하는 결과를 나타내었으며, 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 압축강도와 보통 콘크리트의 압축강도는 차이가 없었다. 실험결과는 Fig. 11에 나타내었다.

다. 마모저항성

폴리프로필렌 섬유의 첨가에 따른 마모 시험결과는 Fig. 12와 같다. 시험결과 폴리프로필렌섬유를 첨가한 콘크리트가 마모 저항성이 증가하는 경향을 보여주었다. 이와 같은 결과는 폴리프로필렌섬유가 가교작용을 통하여 마모에 의한 콘크리트의 분리를 막아 우수한 마모저항성을 보여준 것으로 판단된다.

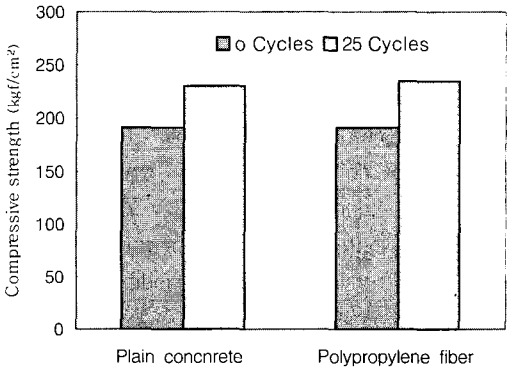


Fig. 11 Repeated wetting-drying cycles of plain and polypropylene fiber reinforced concrete

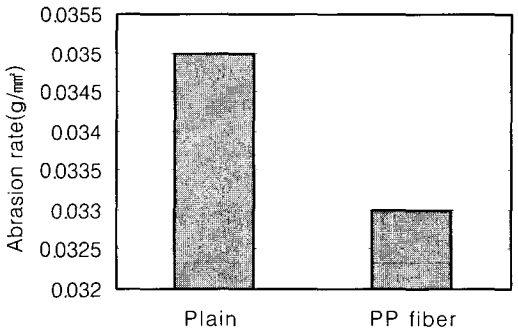


Fig. 12 Abrasion rate of plain and polypropylene fiber reinforced concrete(g/cm^2)

V. 결 론

본 연구는 기계화 경작로 포장에 사용되고 있는 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 굳지 않은 콘크리트, 강도, 수축균열제어 및 내구특성을 평가하기 위하여 실시하였다. 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 굳지 않은 콘크리트 특성으로 슬럼프 및 공기량시험을 실시하였으며 강도특성을 알아보기 위하여 압축강도시험을 실시하였다. 또한 수축균열제어 특성을 알아보기 위하여 균열의 발생을 원활하게 실험할 수 있는 모르타르를 이용한 소성수축균열실험을 실시하였으며 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 내구특성을 평가하기 위하여 염소이온투과시험, 건조-습윤반복실험, 마모시험을 실시하였다. 시험결과는 폴리프로필렌섬유를 첨가하지 않은 보통 콘크리트와 비교하였으며 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 슬럼프 시험결과는 섬유의 첨가량이 증가할수록 슬럼프는 감소하였다.

2. 일반적으로 섬유보강 콘크리트의 압축강도는 보통 콘크리트와 비교하여 조기강도는 약간 작으나 28일 재령에서의 강도는 동일하거나 약간 크게 나타나는데 본 연구도 폴리프로필렌섬유의 첨가는 압축강도에 큰 영향을 주지 않았다.

3. 폴리프로필렌섬유는 우수한 균열제어 특성을 보여주는데, 실험을 통한 결과는 폴리프로필렌섬유 첨가는 균열 폭, 균열면적을 상당히 감소시켰다.

4. 폴리프로필렌섬유를 첨가한 콘크리트가 투수저항성이 우수한 것을 보여주었다.

5. 건조-습윤반복실험 결과는 보통 콘크리트와 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트 모두 건조-습윤반복 후 압축강도가 증가하는 결과를 나타내었으며, 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 압축강도와 보통 콘크리트의 압축강도는 차이가 없다.

6. 폴리프로필렌섬유의 첨가에 따른 마모 시험결과 폴리프로필렌섬유를 첨가한 콘크리트가 마모 저항성이 증가하는 경향을 보여주었다.

Reference

1. Christos A. Shaeles and Kenneth C. Hover. 1988. Influence of Mix Proportions and Construction Operation Plastic Shrinkage Cracking Thin Slabs. *ACI Materials Journal*, November December: 495-504.
2. Dahl, P.A. 1989. Influence of Fiber Reinforcement on Plastic Shrinkage Cracking. *Proceeding of International Conference on Recent Development on Fiber Reinforced Cement and Concrete*: 435-441.
3. Isabel Pardorn and Ronald F. Zollo. 1990. Effect of Synthetic Fibers on Volume Stability and Cracking of Portland Cement Concrete and Mortar. *ACI Materials Journal*. July-August: 327-332.
4. Kong, K. Y. and Chang, B. W. 2001. Subbase Treatment for Farm Road Using Geo-cement. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineering*(in korea). Vol. 43 No. 3: 77-84.
5. P.Balaguru. 1994. Contribution of Fibers to Crack Reduction of Cement Composites During the Initial and Final Setting Period. *ACI Materials Journal*. May-June: 280-288.
6. Parviz Soroushian, and Faiz Mirza, and Abdulrahman Alhozaimmy. 1995a. Permeability Characteristic of Polypropylene fiber reinforced concrete. *ACI Materials Journal*. March-April: 182-190.
7. Parviz Sououshian, Faiz Mirza, and Abdulrahman Alhozaimy. 1995b. Plastic Shrinkage Cracking of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete. *ACI Materials Journal*. September-October: 553-560.
8. Won, J. P, Moon, J. K and Ahn, T. S. 1997. Improvement of Aging Mechanism on Cellulose Fiber Reinforced Cement Composites(in korea). *Journal of the Korean Society of Civil Engineering*. Vol. 17 No. 1-2: 229-235.
9. Ziad Bayasi and Jack Zeng. 1993. Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete. *ACI Materials Journal*. November-December: 605- 610.