

단섬유 보강토의 투수 및 침식특성

Permeability and Erosion Characteristics of Short Fiber Reinforced Soils

차 경 섭* · 장 병 육 · 김 성 필 · 박 재 성(서울대) · 박 영 곤(철도연)

Cha, KyungSeob · Chang, PyoungWuck · Kim, SungPil · Park, JaeSung · Park, YoungKon

Abstract

A study for permeability and erosion characteristics of short fiber reinforced soils was performed. As mixing ratio increases from 0 to 1.0% permeability of short fiber reinforced soils increased but, maximum increment ratio($k_{1.0\%}/k_0\%$) was 8.47. As a result of permeability test with 19, 38 and 60mm fiber reinforced soils, there were no difference in fiber length. Void ratio increased with increment of mixing ratio and decrease of compaction energy and as a result of plotting permeability and void ratio, log k increased linearly by void ratio. As a result of erosion test, soil erosion was decreased sharply by increase of fiber mixing ratio up to 1.0%. Despite increase of soil erosion by slope angle, the increment ratio was decreased by mixing ratio.

I. 서론

흙의 낮은 인장력과 재료분리가 쉽게 일어나는 성질을 개선하기 위하여, 토체에 강성 또는 연성의 평면 보강재를 삽입하여 취약한 흙의 인장력을 보완하고 강성을 증가시키는 연구가 진행되어 왔다. 용벽 및 성토구조물과 훑댐, 방조제처럼 물과 접하거나 강우에 의해 영향을 크게 받는 구조물의 경우, 토체의 안정성은 재료의 강도뿐만 아니라, 투수 및 배수의 형태로 물의 흐름이 생길 때도 매우 중요한 영향을 받게 된다. 또한, 토양침식은 인공 및 자연사면 혹은 제방의 안정성을 저하시키고, 토지의 자연비옥도와 생산성을 저하시키는 요인이 되므로 국토보전과 생명·재산상 매우 중요한 환경인자로 취급되고 있다.

지금까지 단섬유혼합토의 강도특성에 대한 연구가 주로 되어 왔으며, 투수 및 침식특성에 대한 연구는 미흡하다. 본 연구에서는 강도 증진에 효과가 입증된 단섬유 보강토에 대하여 섬유 혼합비의 증가에 따른 투수특성 및 내침식성을 살펴보고자 한다.

II. 재료 및 시험방법

가. 재료

본 연구에서 사용한 SM 계열의 흙의 물리적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Physical properties of soils

Sample	Location	Gs	LL/PL (%)	U.S.C.S	OMC (%)	T_{dmax} (g/cm ³)	Grain size distribution(%)			
							NO.40	NO.200	0.01 mm	0.002 mm
SM	Suwon	2.75	N.P	SM	23.0	1.61	76.9	41.2	11.1	4.3

200번 채 통과량은 41.2%이었고, 육안관찰 결과 다소 풍화정도가 큰 흙으로 판단되었다. 점토분의 양은 10%미만인 것으로 나타났다. 단섬유 보강재는 콘크리트 혼합재료로 사용되는 가볍고 인장강도가 큰 폴리프로필렌 망사형(fibrillated type) 섬유를 선정하였고, 길이는 19, 38 및 60mm를 선정하였다. 폴리프로필렌 섬유의 물리적 특성은 아래 Table 2와 같다.

Table 2 Physical properties of fiber

Fiber Type	Specific Gravity	Tensile Strength(kPa)	Melting Point(°C)	Young's Modulus (kPa)
Polypropylene	0.91	$3.5\text{--}7.7 \times 10^3$	163	3.5×10^6

나. 시험방법

(1) 섬유혼합토의 투수특성(변수위 투수시험)

다짐에너지에 따른 영향을 평가하기 위하여 A-1 다짐에너지의 90% 및 80%로 다짐을 실시하였다. 섬유의 길이에 따른 효과를 살펴보기 위하여, 망사 19mm, 38mm 및 60mm를 적용하였다. 또한, 섬유의 혼합비에 따른 효과를 살펴보기 위하여 섬유의 중량혼합비는 0%, 0.2%, 0.5% 그리고 1%를 사용하였다.

(2) 섬유혼합토의 침식특성(침식시험)

모형토조의 크기는 23cm×100cm×10cm(가로×세로×높이)로 제작하였다. 다짐조건은 A-1다짐에너지의 90%를 이용하였고, 경사도의 조절은 절·성토사면의 경사기준에 따라 1:1과 1:2(V : H)를 선택하였다. 강우의 강도는 100, 30mm/hr의 두 가지 경우를 설정하였고, 시험은 2시간 측정을 원칙으로 하였다. 시험시작 후 매 30분마다 유실토량을 측정하고, 유실형태를 촬영하였으며, 매 1시간마다 침투수량을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

가. 투수특성

혼합토의 성토체로서의 사용가능성을 평가하기 위하여 강도특성과 더불어 중요한 인자인 투수특성에 대하여 살펴보았다. 섬유의 혼합비에 따라서, 투수성의 변화양상을 Cho & Kim(1995)의 실험결과와 함께 Fig. 1에 도시하였다. Fig. 1에서 섬유혼합비의 증가에 따라 투수계수가 증가하는 것으로 나타났고, 이번 실험결과를 살펴보면 1.0%를 혼합하였을 경우 투수계수가 비혼합토에 비해 7.62~8.47배 증가하였다. Cho & Kim(1995)의 연구에서도 마찬가지로 투수계수의 증가경향은 나타났으나, 그 크기는 10배미만으로 크지 않은 것으로 나타났다. 한편, Fig. 1의 본 연구결과에서 섬유의 길이에 따른 투수계수의 증가경향을 찾을 수 없었으며, 차이는 나타나지 않았다.

시공시 다짐에너지 저하에 따른 투수성의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2), 다짐에너지 저하에 따라 투수계수가 증가하였으나, 혼합비 0%를 제외하면, 두 개의 다짐에너지간의 투수성의 차이는 최대 2.84배로서 크지 않은 것으로 나타났다.

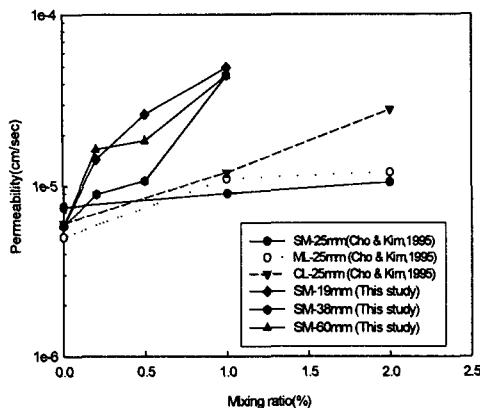


Fig. 1 Relationship between permeability and fiber mixing ratio

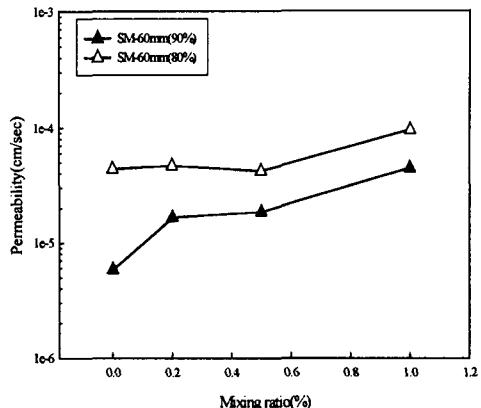


Fig. 2 Relationship between permeability and mixing ratio by compaction energy

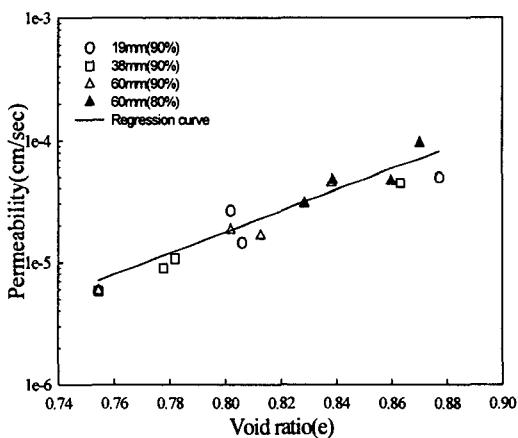


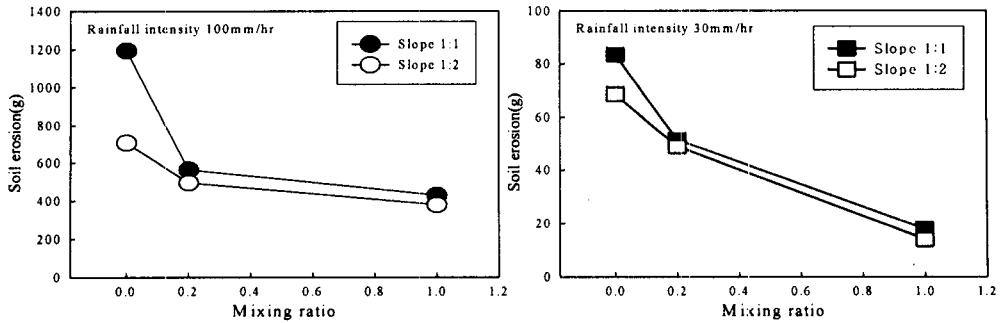
Fig. 3 Relationship between permeability and void ratio

단섬유 섬유혼합비, 다짐에너지 등에 따른 투수계수의 변화를 투수성의 인자 중 하나인 간극비로 변환하여 간극비에 따른 투수계수의 변화를 Fig. 3에 도시하였다. 다짐 후 측정한 공시체의 무게 및 체적으로부터 공시체의 간극비를 산정한 결과 혼합비의 증가 및 다짐에너지의 감소에 따라 간극비가 증가하는 것으로 나타났다. 60mm 섬유에 대하여 80% 다짐에너지로 다진 공시체의 간극비 및 투수계수는 90%에 대해 우상향으로 이동되는 것을 볼 수 있다. 투수계수는 간극비에 대하여 $e - \log k$ 관계가 선형적으로 나타났으며, 아래의 회귀식으로 표현할 수 있었다.

$$\log k = -11.31 + 19.99 e \quad (R^2 = 0.89)$$

나. 침식특성

경사도에 따른 토양유실량의 변화를 섬유혼합비에 대하여 살펴보았다(Fig. 4). 섬유혼합비가 증가할수록 토양침식량이 감소하였으며, 이는 강우량이 클수록 그 감소정도가 더 큰 것으로 나타났다. Fig. 4(a),(b) 양쪽 모두 비혼합토일 때는 경사도에 따라 토양유실량 차이가 상당히 발생하는 것으로 나타났으나, 섬유의 혼합량이 증가할수록 그 차이가 현격히 줄어드는 것으로 나타났다.



(a) Rainfall intensity 100mm/hr (b) Rainfall intensity 30mm/hr

Fig. 4 Relationship between soil erosion and mixing ratio by slope

한편, 강우강도에 따른 토양유실량의 변화를 살펴본 결과, 100mm/hr의 강우강도시에는 매우 큰 토양유실량을 나타내었으나, 30mm/hr일 때에는 100g 이내로 매우 작은 토양유실량을 나타내었고, 섬유혼합비에 따라 그 양이 감소하는 경향을 보여주고 있다. 이러한 경향은 경사도 1:1 및 1:2에서 유사하게 나타나고 있다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 실내시험을 통하여 단섬유혼합토의 혼합비 및 함수비에 따른 강도특성을 살펴보고, 평면보강재의 층수 및 섬유혼합에 따른 전단특성 및 단섬유 혼합토에 대한 투수특성을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 섬유의 양이 증가할수록 단섬유 혼합토의 투수계수는 증가하였으나, 섬유의 길이에 따른 차이는 나타나지 않았고, 1.0%까지는 증가량이 10배 미만으로 나타났다. 혼합비 및 다짐 에너지에 따른 투수성의 변화를 간극비로 표현한 결과 간극비에 따라 $\log k$ 가 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다.
2. 섬유혼합비의 증가에 따라 침식량이 현저하게 감소하였다. 경사도 및 강우강도에 따라 침식량이 증가하나, 섬유혼합비에 따라 침식량이 감소하였으며, 단섬유혼합토의 침식저항능력을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Cho, S. D. and Kim, J. M. 1995. The experimental study on engineering properties of fiber-reinforced soil. Journal of the korean geotechnical society. 11(2): 107-120 (in Korean)
2. Jie, Y.X., Chen, P., Li, G.X. & Feng, S.H., 2002, Erosion test on the fibre-reinforced soil, Geosynthetics-7th ICG-Delmas, Gourc & Girad(eds), pp.619-622
3. Miki, H. Mochimaru, S., Kumada, T., Mori, K., and Tajima, K., 1996, Erosion resistance properties of fiber-reinforced soil, Earth reinforced, Ochiai, Yasufuku