

섬유보강토의 전단특성에 관한 연구

A Study on the Shear Characteristics for Synthetics Fiber Reinforcement Soils

송창섭(충북대) · 임성윤*(충북대) · 이용범(충북대)
Song, Chang Seob · Lim, Sung yoon · Lee, Yong Bum

Abstract

This study has been done to investigate the characteristics of synthetic fiber reinforcement soil with fully saturated. To this end, consolidated undrained triaxial test was performed on synthetic fiber reinforcement soil using the soft clay and polypropylene fiber. From the results of test, it was formed that the mixing ratio for weight and the aspect ratio of synthetic fiber have an effect on the shear characteristics of synthetic fiber reinforcement soil.

Especially shear parameter C has liner relationship for mixing ratio of fiber, and ϕ has parabolic relationship for mixing ratio of fiber.

I. 서론

흙이 다른 재료에 비해 근본적으로 다른 점은 불연속체로 토립자들이 쉽게 분리되며 외력을 받았을 때에 입자 상호간에 변형이 쉽게 일어난다는 점이다. 따라서 흙의 보강은 흙의 강도 및 안전성을 증가시키는데 효과적이고 신뢰성 있는 기술로서 최근에는 합성섬유를 보강재로 이용하는 추세이다. 그리고 이 섬유에 대한 연구들은 현재까지 조립토 및 점토에 대해 이루어져 왔다. 연구 결과에 따르면 흙 속에 섬유를 보강한 경우 흙의 전단강도는 크게 증가되며 정직하중 하에서 섬유보강토는 파괴 후에도 잔류강도를 유지하기 때문에 흙과는 달리 파괴가 갑자기 일어나지 않고 전단면에 대한 섬유의 방향, 강성 및 혼합비등과 같은 매개변수들이 강도를 증가시키는데 영향을 미침이 확인되었다. 그러나 이와 같은 연구에도 불구하고 섬유보강토의 실제 현장 설계를 위한 각종 이론적인 연구들이 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 섬유보강토에 대한 압밀 비배수 삼축압축시험의 결과로부터 섬유의 형상비 및 혼합비, 구속응력에 따른 축차응력, 강도정수의 크기에 대한 상호 관계를 분석하여 섬유보강토의 전단특성에 대해 규명하는 것을 목적으로 한다.

II. 재료 및 실험방법

2.1 재료

2.1.1 흙

본 연구에 사용된 흙은 충청북도 청원군 오창면 학소리에서 채취하였고 Table-1은 이 흙의 물리적 특성을 나타내었다.

Table-1. Physical properties of soil

LL(%)	PI(%)	GS	Grain size distribution(%)						γ_{dmax} (tf/m^3)	OMC (%)	USCS
			No.4	No.10	No.40	No.200	m/m 0.01	m/m 0.002			
39.7	21.2	2.70	100	98.4	91.3	78.5	51.6	21.2	1.63	21.8	CL

2.1.2 섬유

섬유는 국내 S사의 폴리프로필렌 섬유를 사용하였으며, 섬유의 형태는 당사형을 사용하였으며, 섬유의 구성성분비와 물리적 특성은 Table-2와 Table-3과 같다. 섬유의 형상비는 섬유의 길이에 대한 직경의 비이며 혼합비는 건조토에 대한 중량비로 나타내었다. 여기서 사용된 섬유의 길이는 6mm, 19mm, 30mm이다.

Table-2. Chemical components of Fiber used

Components	NaCl	KCl	MgCl ₂	CaCl ₂	FeCl ₂	Na ₂ SO ₄	C ₆ H ₈ O ₇	Others	Total
values(%)	20	31	20	15	2	3	3	6	100

Table-3. Physical properties of Fiber used

Specific Gravity	Melt Point	Acid Resistance	Alkali Resistance	Tensile Strength	Young's Modulus
0.91	162°C over	very high (inactivity)	very high (inactivity)	3500~7700 kg/cm ²	35×10 ⁴ kgf/cm ² over

2.2 실험방법

2.2.1 공시체 제작

자연건조시킨 후 4번 체를 통과한 흙에 섬유를 적량 첨가하여 혼합한 후 최적함수비 상태로 시료를 조제하였다. 그후 직경 35mm, 높이 70mm의 몰드에 3층으로 나누어 넣고 A-다짐에너지($E=5.625 \text{ kg/cm}^2$)에 해당하는 정압을 가해 공시체를 제작하였다.

2.2.2 시험의 종류 및 방법

시험은 섬유의 형상비를 각각 71.43, 226.19, 357.14하여 건조토에 대해 0.3%, 0.5%, 1.0%에 해당하는 중량비를 채택하여 삼축압축시험을 실시하였다.

본 연구에서 실시한 삼축압축시험은 압밀 비배수 시험으로 하중제어 방식은 변형제어로 실시하였다. 공시체의 포화는 배압과 진공을 가하여 B값이 0.97이상 되도록 한 후 압밀을 실시하였고 공시체의 전단시 재하장치의 전단속도는 2mm/min로 실시하였다. 압밀 과정에서 수직형태의 필터를 사용하여 측면배수를 실시하였고 멤브레인은 두께가 0.2mm를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1 형상비에 따른 전단특성

Fig.1은 구속응력 2kg/cm^2 , 혼합비 0.5%일 때의 응력-변형률을 도시한 것이다. Fig.2는 섬유 각각의 혼합비를 대상으로 구속응력 4kg/cm^2 로 압밀시킨 후 전단시험을 실시하였을 때의 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 형상비가 증가할수록 전단강도는 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

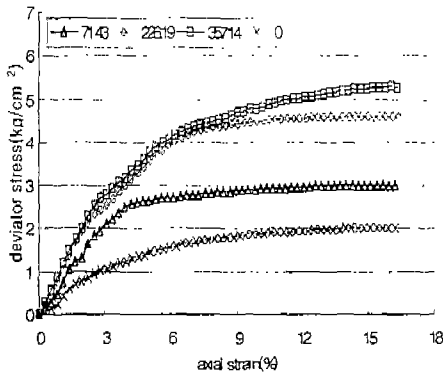


Fig.1 Stress-strain relationship of fiber reinforced soil according to aspect ratio

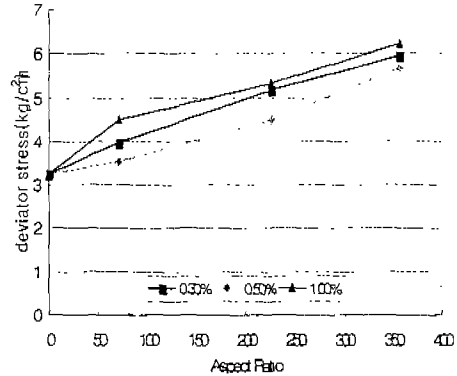


Fig.2 Shear characteristics of fiber reinforced soil according to aspect ratio

3.2 혼합비에 따른 전단특성

Fig.3은 구속응력 2kg/cm^2 , 형상비 71.43일 때의 응력-변형률 곡선을 도시한 것이다. 그리고 Fig.4는 섬유 각각의 형상비를 대상으로 구속응력 4kg/cm^2 로 압밀시킨 후 전단시험을 실시하였을 때의 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 섬유의 혼합비가 증가할수록 전단강도는 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 혼합비가 0.5%까지는 전단강도가 선형적으로 증가하나 1.0%에 가까울수록 변화가 미비한 것을 볼 수 있다.

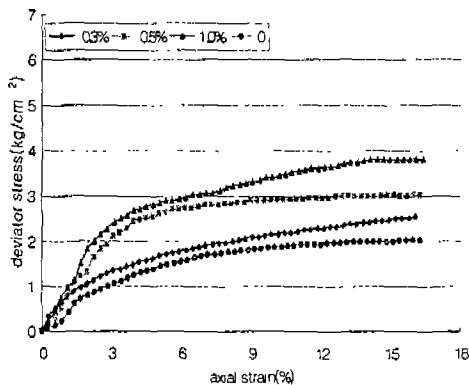


Fig.3 Stress-strain relationship of fiber reinforced soil according to mixing ratio

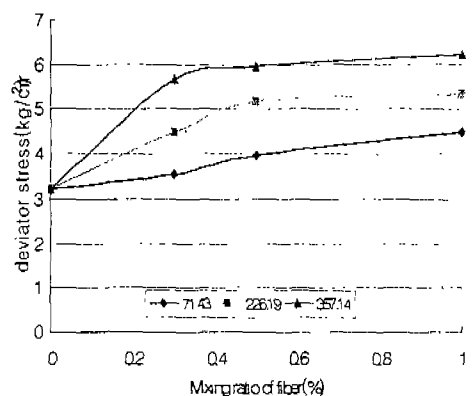


Fig.4 Shear characteristics of fiber reinforced soil according to mixing ratio

3.3 구속응력에 따른 전단특성

섬유보강토의 구속응력에 따른 전단특성의 변화는 Fig.5, 6과 같다. Fig.5는 혼합비 0.5%일 경우를 대상으로 섬유의 형상비에 따른 특성을 도시한 것이고 구속응력이 2kg/cm^2 이상일 경우 전단강도는 비보강토에 비해 약 20% 이상 증가하였다. Fig.6은 형상비 226.19일 경우를 대상으로 섬유의 혼합비에 따른 특성을 도시한 것이다. 여기서 구속응력이 2kg/cm^2 이상일 경우 전단강도는 비보강토에 비해 약 30% 이상 증가하였다.

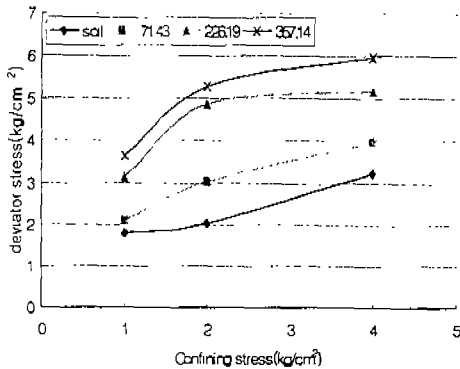


Fig.5 Comparison of deviator stress at failure vs. confining stress according to aspect ratio

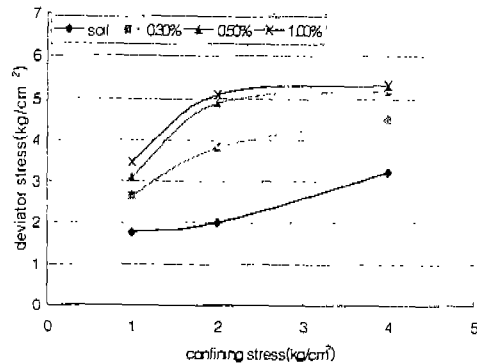
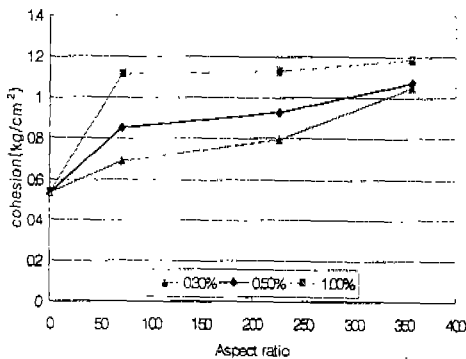


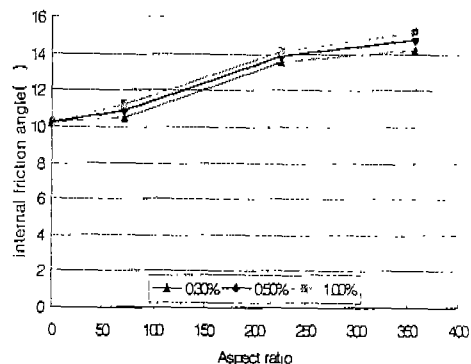
Fig.6 Comparison of deviator stress at failure vs. confining stress according to mixing ratio

3.4 강도정수의 변화

섬유보강토의 강도정수의 변화는 Fig.7, 8과 같다. Fig.7은 섬유 각각의 혼합비를 대상으로 형상비 변화에 따른 C값과 ϕ 값의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 비보강토에 비해 섬유의 형상비가 71.43일 때 점착력은 약 15% 이상 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 내부마찰각은 약 3% 이상 증가하는 것으로 나타났다. Fig.8은 섬유 각각의 형상비를 대상으로 혼합비 변화에 따른 C값과 ϕ 값의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 비보강토에 비해 혼합비가 0.3%일 때 약 15% 이상 증가하는 것으로 나타났고 그리고 내부마찰각은 약 3% 이상 증가하는 것으로 나타났다.

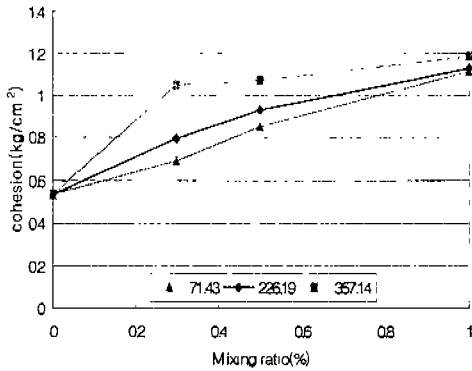


(a) cohesion

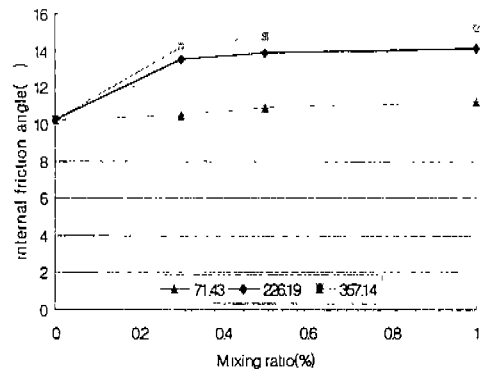


(b) internal friction angle

Fig.7 Changes of C and ϕ according to aspect



(a) cohesion



(b) internal friction angle

Fig.8 Changes of C and ϕ according mixing ratio

IV. 결론

섬유보강토의 전단특성을 규명하기 위해 섬유의 형상비 및 혼합비를 달리하여 각각에 대한 압밀 비배수 삼축압축시험을 실시하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 섬유의 형상비에 따른 전단특성은 섬유의 혼합비 및 구속응력이 일정할 경우 형상비가 증가할수록 전단강도는 증가하였다. 이는 섬유의 혼합비 및 구속응력이 일정할 때 섬유의 길이가 증가하고 직경이 감소할수록 전단강도가 증가한다는 것을 알 수 있었다.
2. 섬유의 혼합비에 따른 전단특성은 섬유의 형상비 및 구속응력이 일정할 경우 혼합비가 증가할수록 전단강도는 증가하였다. 그러나 혼합비가 0.5%일 때까지는 전단강도가 선형적으로 증가하나 1.0%에 가까워질수록 그 변화는 미비하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 전단강도 보강 측면에서 섬유의 적정 혼합비는 0.5%가 타당하다고 판단된다.
3. 섬유보강토의 구속응력에 따른 전단강도는 구속응력이 2kg/cm^2 이상일 경우 비보강토에 비해 형상비가 증가할수록 약 10%, 혼합비가 증가할수록 약 17% 이상 증가하였다.
4. 섬유보강토에서 구속응력이 일정할 경우 섬유의 형상비 및 혼합비가 증가할수록 강도정수 C값과 ϕ 값도 증가하는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 윤호창, 1991. 이방압밀이 정규압밀점토의 비배수강도에 미치는 영향, 인하대학교 석사학위논문
2. 정한용, 1998. 토목섬유의 종류 및 시험방법. 1998년도 토목섬유 기술세미나, 한국원사직물 시험연구원, pp.229-267.
3. 고흥석, 1987. 토목섬유 보강이 점토의 역학적 거동에 미치는 영향, 서울대학교 대학원 박사학위논문
4. 박영근, 1999. 섬유혼합토의 파괴예측 모델의 개발과 비배수 강도 특성 분석, 서울대학교 대학원 박사학위논문
5. Donaghe, R.T., Chaney, R.C., Silver, M.L., 1988. Advanced Triaxial Testing of Soil and Rock, ASTM

6. Bardet, J.P., 1997. *Experimental Soil Mechanics*, Prentice Hall, pp.443-469
7. Head, K.H., 1986. *Manual of Soil Laboratory Testing*, Vol.2-3, Pentech Press