

동적하중에 의한 단섬유 보강토의 침하 특성

Settlement Characteristics of Short-fiber Reinforced Soil under Dynamic Loading

*박 영 곤·김 정 기·황 선 근·신 민 호(철도연)

*Park, Young-Kon · Kim, Jung-Ki · Hwang Seon-Keun · Shin, Min-Ho

Abstract

To analyze the settlement characteristics of short-fiber reinforced soil(SFRS) under dynamic loading, a series of tests with loading condition of 5 Hz frequency and 500,000 cycles were performed. The materials used for tests are a soil of SM type and short-fibers with polypropylene and monofilament or fibrillated type.

From the tests, average plastic settlement of SFRS at PPF38(0.3%), PPF38(0.5%), PPM60(0.2%) is low. Elastic settlement of SFRS is low at PPM60(0.2%) and is high at PPF60(0.5%).

I. 서론

단섬유 보강토에 대한 연구는 새로운 건설재료에 대한 요구 그리고 콘크리트 구조물에 비해 상대적으로 취약한 토구조물의 안정성을 증가시키기 위한 하나의 대안으로써 이미 20여년 전부터 그 기초연구가 수행되어 왔다. 그러나 국내의 경우에는 1993년에 비로소 조삼덕 등(1993)이 폴리에스테르 단섬유와 흙을 혼합하여 시험을 수행, 단섬유가 흙의 전단강도에 크게 영향을 미친다는 연구결과를 발표하였다. 그 후 장병욱 등(1998)은 단섬유를 흙과 혼합하여 구조물 벽체로 이용하고자 하는 연구에서 콘크리트 섬유로 사용되는 망사형 섬유(fibrillated fiber)를 이용하여 보강블록을 제작하였을 경우, 흙만을 사용한 블록에 비해 강도가 크게 증진되는 것을 보였다. 또한 박영목 등(1999)은 해성준설점토에 단섬유를 보강할 경우 단섬유 혼합에 따른 강도증가비가 준설점토의 자연함수비와 무관하게 약 50% 이상 증가됨을 보였다. 최근 김낙경 등(2001)은 망사형 섬유를 이용하여 사면을 보강하고자 하였는데, 실내 및 현장시험을 통해 단섬유의 성토재료의 이용가능성을 보였고, 단섬유 보강시 23%의 안전률 및 26%의 지지력 계수 증가된다는 것을 보고하였다.

본 연구에서는 상기와 같이 최근 활발히 연구되고 있는 단섬유의 활용도를 제고하기 위해 동적하중을 단섬유 보강토체에 재하함으로써 단섬유의 침하에 대한 영향을 규명하고자 하였다.

II. 재료 및 시험

동적하중 재하횟수에 따른 단섬유 보강토체의 침하 특성을 파악하기 위해 모형토조(직경 47.5cm, 높이 50cm)를 제작하였고 여기에 SM 흙시료를 최대건조밀도의 90% 다짐도로 다져 시험을 수행하였다. 이때 다짐시료의 총 높이는 36cm이며, 다짐도 관리를 위해 4cm 씩 9층으로 다졌다(Fig. 1 참조).

Table 1은 모형지반에 사용된 흙시료의 물성치를 보여준다.

Table 1 Physical properties of soil

Site	Specific Gravity	LL (%)	PI (%)	USCS	OMC (%)	$\gamma_{d_{max}}$ (tf/m^3)	OMC at 90% deg. of compaction (%)	$\gamma_{d_{max}}$ at 90% deg. of compaction (tf/m^3)
Suwon	2.75	N.P	N.P	SM	23.0	1.61	17.9	1.45

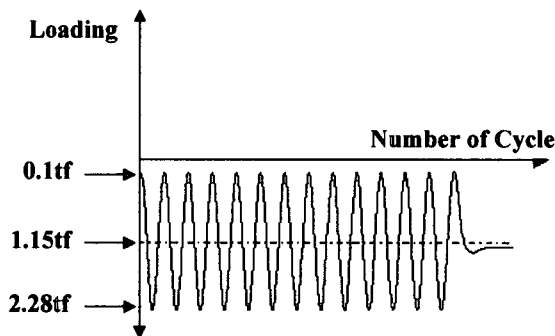
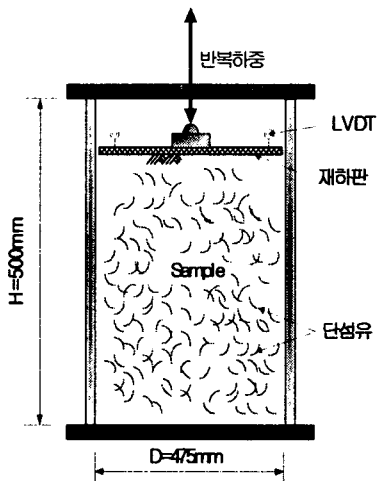


Fig.1 Schematic view of compaction mold

Fig.2 Curve of loading

시험에 사용된 하중크기 및 반복재하 횟수는 Table 2, Fig.2와 같다.

Table 2 Magnitude and cycle no. of loading

Type	Force(tonf)/Stress(kgf/cm ²)		Cycle No.
	Max.	Min.	
cyclic loading	2.28/1.29	0.1/0.06	500,000

반복재하시험은 Table 3과 같이 조건을 달리하여 9회 실시하였다.

Table 3 Schedule of tests

No.	Condition of soil	Condition of short-fiber		Notation
		Type	Mixing ratio(%)	
1	soil only			
2	soil+short-fiber	PPF19	0.3	PP:Polypropylene F:Fibrillated
3			0.5	
4			0.3	
5		PPF38	0.5	
6			0.2	
7			0.5	
8		PPM60	0.2	M:Mono-filament
9			0.5	

III. 단섬유 보강토체의 침하특성

1. 평균 소성침하량

본 시험에서는 단섬유의 종류, 단섬유의 혼합비를 달리한 보강토체의 침하특성을 규명하는 것이 주목적이다. 침하량은 각 재하횟수에 따라 변위센서를 이용하여 다짐면에서 측정하였다. 측정데이터는 재하횟수에 대한 평균값을 사용하여 정리하였다.

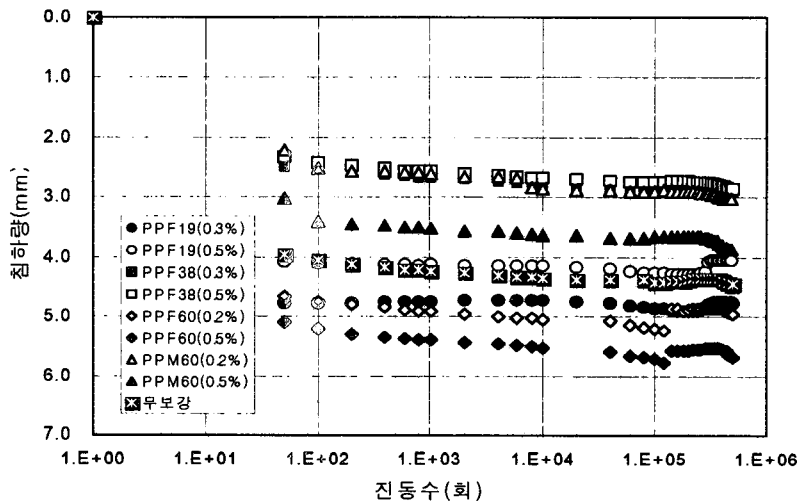


Fig.3 Plastic settlement of soil and short-fiber reinforced soil

Fig.3에서 섬유 조건에 따른 침하 정도는 PPF38(0.3%), PPF38(0.5%), PPM60(0.2%)에서 가장 작게 나타났고, PPF60(0.5%)에서 가장 크게 나타났다. 이는 망사 38mm의 섬유를 혼합하였을 경우 0.3% 또는 0.5%는 거의 동일한 경향을 보여주기 때문에 0.3% 혼합이 상대적으로 경제적임을 알 수 있으며 길이 60mm인 경우는 망사보다는 단사의 형태가 단섬유 보강토체의 침하억제에 더 효과적임을 알 수 있다. 실제 60mm 단사 혼합에 있어 기계혼합을 할 경우 섬유의 분산성이 다른 여타 혼합토에 비해 아주 좋게 나타났으며 다짐 작업도 크게 뛰어났다. 또한 무보강된 시료보다 더 큰 침하를 보인 것은 PPF19(0.3%), PPF60(0.2%), PPF60(0.2%)으로, 이는 섬유가 오히려 침하에 (-)효과를 준 것으로 사료된다. 19mm 섬유의 경우 0.3% 혼합시 섬유의 양이 극히 미미하고, 길이가 짧아 섬유의 인장력이 제대로 발휘되지 않았기 때문으로 판단되며, 60mm 망사 섬유의 경우에는 단사와는 달리 섬유와의 혼합에 있어 분산성이 좋지 않고, 섬유 자체가 영겨 있는 경우가 많았기 때문으로 사료된다.

2. 탄성침하량

탄성침하량은 반복하중에 의해 발생하는 침하량으로, 토체의 영구변형을 일으키는 소성침하량과는 다르다. 재하횟수에 따른 각 조건별 탄성침하량을 정리한 결과 Table 4와 같다.

Table 4. Elastic settlement of soil and short-fiber reinforced soil (unit : mm)

Condition		No. of Cycle					
Type	Mixing ratio(%)	1,000	10,000	60,000	100,000	300,000	500,000
Soil	-	0.262	0.234	0.244	0.238	0.220	0.208
PPF19	0.3	0.180	0.175	0.174	0.171	0.145	0.150
	0.5	0.310	0.304	0.289	0.286	0.282	0.279
PPF38	0.3	0.157	0.177	0.149	0.137	0.125	0.116
	0.5	0.367	0.363	0.325	0.315	0.302	0.280
PPF60	0.2	0.260	0.238	0.221	0.235	0.202	0.193
	0.5	0.631	0.530	0.493	0.491	0.469	0.456
PPM60	0.2	0.184	0.177	0.155	0.154	0.141	0.110
	0.5	0.411	0.380	0.353	0.349	0.342	0.354

상기 표에서 가장 작은 침하량을 보여 주는 것은 혼합비가 0.2%인 PPM60이며, 가장 큰 침하량을 보여주는 것은 혼합비 0.5%의 PPF60이다. 대부분의 경우 무보강토와 마찬가지로 10,000회 이전에 침하가 거의 완료되었고 하중재하에 따른 영향은 0.1mm를 넘지 않는다.

IV. 결 론

단섬유 보강토체의 침하 특성을 분석하기 위해 모형토조를 제작하였고, 단섬유 보강토체에 5Hz의 재하주파수를 가진 하중을 50만회 반복재하한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 단섬유 보강토체의 평균 소성침하량은 PPF38(0.3%), PPF38(0.5%), PPM60(0.2%)에서 가장 작게 나타났고, PPF60(0.5%)에서 가장 크게 나타났다.
2. 무보강된 시료보다 더 큰 평균 소성침하를 보인 것은 PPF19(0.3%), PPF60(0.2%), PPF60(0.2%)으로, 이는 섬유가 오히려 침하에 (-)효과를 준 것으로 사료된다.
3. 무보강토의 탄성침하량은 재하횟수 4,000회~6,000회 이전에 침하가 거의 완료되었으며 전체적인 침하량은 4.3mm 정도였다. 또한 가장 작은 침하량을 보여 주는 것은 혼합비가 0.2%인 PPM60이며, 가장 큰 침하량을 보여주는 것은 혼합비 0.5%의 PPF60이었다.

감사의 글

본 연구는 산학연 공동연구개발사업의 일환으로 건교부의 연구지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 건교부, 2002, 배면토체에 단섬유 보강 매트릭스를 적용한 철도 보강옹벽 공법 개발, 2001년 산학연 공동연구개발사업 1차년도 연차보고서(안)
2. 농림부, 1999, 농업구조물체의 이용을 위한 보강옹벽 및 공법개발, 최종보고서
3. 박영근, 1999, 섬유혼합토의 파괴예측 모델의 개발과 비배수 강도 특성 분석, 서울대학교 박사학위논문
4. 박영근, 장병욱, 2000, 재생형된 단섬유 보강점토의 구성과 보강 효과, 한국지반공학회 논문집, 16(6), pp.87-95