

# 보강 흙벽돌의 일축압축 강도특성 분석

## Unconfined Compressive Strength of Reinforced Soil Brick

장 병 옥 · 강 상 옥\* · 박 영 곤(서울대)

Chang, Pyoung Wuck · Kang, Sang Wook · Park, Young Kon

### Abstract

To analyze the characteristics of unconfined compressive strength of reinforced soil bricks made of clayey and sandy soils mixed with cement, lime, staple fiber and their combinations, a series of unified compressive tests was performed. The results are summarized as follows : 1) Reinforcing effect of reinforced soil brick of clayey soil mixed with cement and staple fiber is 2 times greater than no reinforced clayey soil and that of soil brick of sandy soil mixed with cement and staple fiber is 8 times greater than no reinforced sandy soil. Therefore, the reinforcing effect seems to be greater in sandy soil than in clayey soil. 2) Lime shows a negative reinforcing effect in clayey soil but a little reinforcing effect in sandy soil. 3) It is appeared that strain at failure of soil brick reinforced with staple fiber is greater than that of unreinforced brick regardless of soil's type.

### I. 서론

인류는 오래 전부터 흙을 벽돌, 벽체 등 건축구조물의 재료로 사용해왔다. 따라서 흙의 강도 및 벽체의 안정성 증가는 매우 중요한 관심사였다. 과거에는 흙의 보강을 위해 짚, 뿌리 등의 식물성 섬유를 사용해왔고, 근래에는 시멘트, 석회, 플라이애쉬 등의 분말형태의 재료와 토목섬유를 이용하였다. 그러나 흙의 보강과 관련된 연구들은 주로 옹벽이나 기초 지반 등 토류 구조물을 대상으로 이루어져왔고 건축 구조물의 재료로서의 흙의 보강에 대한 연구는 미흡한 편이다.

따라서 본 연구에서는 점토질 흙과 모래질 흙에 보강 재료로 널리 사용되고 있는 시멘트, 석회, 토목 섬유를 혼합한 보강 흙벽돌을 제작하여 무보강된 흙벽돌의 일축압축강도와 상호 비교 분석함으로써 가장 큰 강도를 나타내는 보강재를 밝혀내어 보강 흙벽돌의 실제 건축 구조물로서의 이용 가능성을 도모하고자 하였다.

### II. 재료 및 실험방법

#### 2.1. 재료

##### 2.1.1 흙 시료

본 연구에서 사용한 흙은 국내에서 널리 분포하며 물리적 특성이 크게 차이나는 모래질 흙과 점토질 흙을 사용하였다. 점토질 흙과 모래질 흙의 채취장소는 각각 수원과 발안이며 입도분포는 Fig. 1과 같고 기초 물성치는 Table 1과 같다.

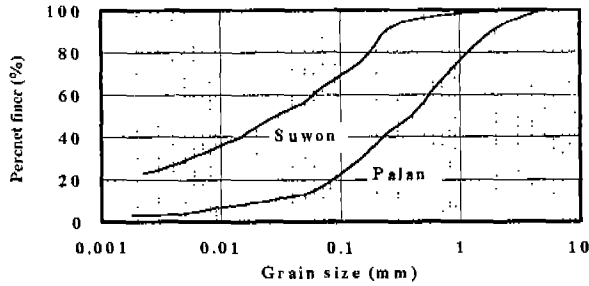


Fig. 1 Grain size distribution curve

Table 1. Physical properties of soils

Place	Specific Gravity	Liquid Limit(%)	Plastic Index(%)	USCS*	OMC**(%)	Max.Dry Density (kN/m <sup>3</sup> )
Suwon	2.62	38	21	CL	19.6	16.67
Palan	2.67	N.P	N.P	SM	14.1	17.45

\* USCS : Unified Soil Classification System

\*\* OMC : Optimum Moisture Content

## 2.1.2 보강 재료

본 연구에서는 일반적으로 널리 보강재료로 사용되고 있는 시멘트, 석회, 토목 섬유를 사용하였다.

### 2.1.2.1 시멘트, 생석회

시멘트와 생석회는 시중에서 구득이 용이한 재료를 사용하였다.

### 2.1.2.2 토목 섬유

토목 섬유는 국내의 S사에서 제작된 폴리프로필렌 단섬유(staple fiber)로써 콘크리트 보강재료로 널리 사용되고 있다. 본 연구에는 그 중에서도 흙에 대해 보강효과가 가장 높은<sup>5)</sup> 길이 19mm인 망사형태의 섬유를 선정하여 사용하였다. 섬유의 물리적인 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Physical properties of fiber elements

Specific Gravity	Tensile Strength (MPa)	Melting Point(°C)	Young's Modulus (MPa)	Thickness (mm)
0.91	350 ~ 770	164	3500	0.082

## 2.2 시험방법

### 2.2.1 시료의 혼합

흙 시료 각각의 최적함수비를 기준으로 이미 계량된 시멘트, 석회, 톱목 섬유 등의 보강재와 흙, 물을 섬유혼합기(fiber mixer)<sup>5,6)</sup>에 넣고서 약 5~10분 가량 재료를 혼합하였다. 각 재료의 혼합비는 건조토의 중량에 대한 보강재의 중량비로써 각각 시멘트 9%, 석회 3%, 섬유 0.3%의 비를 사용하였다<sup>6)</sup>.

### 2.2.2 시험기구

시험에 사용된 만능재료 시험기(Universal Testing Machine)은 최고 100tf의 하중을 재하할 수 있다.

### 2.2.3 벽들의 제작과 건조

벽들의 크기는 가로, 세로, 높이가 각각 15, 30, 10cm 이다. 보강재를 포함하여 총 중량이 9kg 인 재료를 특수 제작한 벽돌 제작용 몰드에 넣고 만능재료 시험기를 이용하여 5tf의 하중을 재하 하였다(Fig. 2). 각 조건의 실험에 대해서 2개의 벽돌을 제작하여 평균값을 취하였다. 제작된 벽돌은 60℃의 건조로에서 1일 건조한 후 약 40℃정도의 실외 온실에서 5일간 더 건조하였다(Fig. 3).

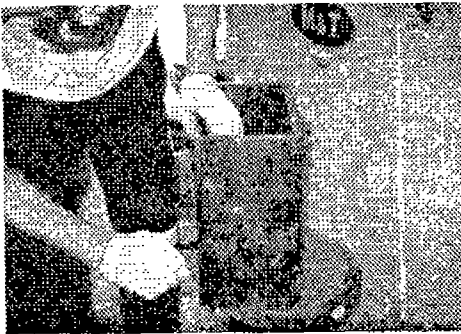


Fig. 2 View of brick mold

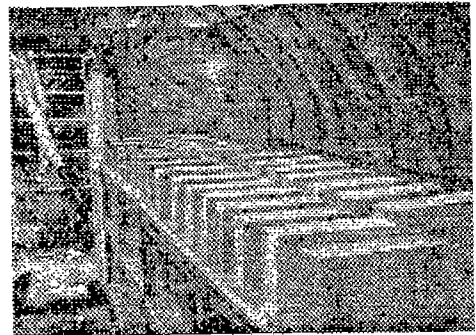


Fig. 3 View of drying soil brick in vinyl house

## III. 결과 및 고찰

### 3.1 보강재에 따른 보강 흙벽들의 강도 특성

흙과 보강재의 종류에 따른 벽들의 일축압축강도는 Fig. 4와 같다. 그림에서 보강재의 종류에 따라 강도의 차이가 현저히 발생하였다. 특히, 시멘트와 섬유를 함께 혼합한 경우 강도가 최대로 나타났으며 시멘트만 혼합한 경우에도 상당히 큰 강도 증가를 가져왔고 섬유 또한 약간의 보강효과를 나타내었다. 하지만 석회는 점토질 흙의 경우 급격한 강도의 감소를 가져와 무보강된 경우보다 강도가 크게 감소했고 다른 보강재와 함께 석회를 섞은 경우에도 강도의 감소를 가져왔다. 그러나 모래질흙에서는 석회가 약간의 강도증진 효과를 내었다. 이와 같은 현상은 점토질 흙의 경우 투수계수가 적고 물과 석회간에 화학반응이 발생할 시간에 건조가 신속히 진행되어 화학반응이 충분히 일어날 수 없었기 때문인 것으로 사료된다.

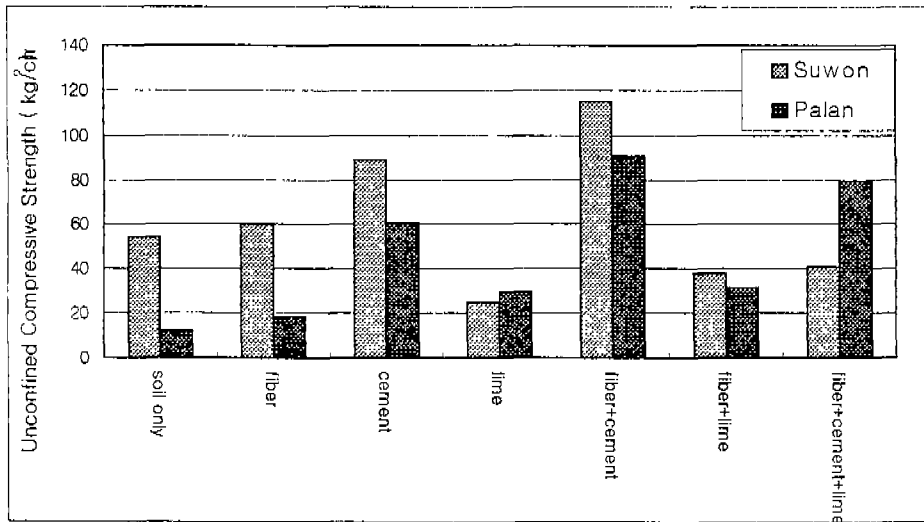


Fig. 4 Unconfined compressive strength of soils with various reinforcements

### 3.2 보강재에 따른 강도-변형 특성

보강흙벽돌의 일축압축강도와 변형률의 관계를 각각의 보강재료에 대해 비교해 보면 Fig. 5, Fig. 6과 같다. 그림에서 섬유를 0.3% 혼합한 벽돌의 경우 그렇지 않은 경우에 비해 파괴시의 변형률이 크게 증가하였고 파괴 후 강도저하가 크게 감소되었다. 따라서 섬유는 흙벽돌의 인장 균열 및 급작스런 파괴를 방지하는데 아주 효과적인 보강재로 판단된다.

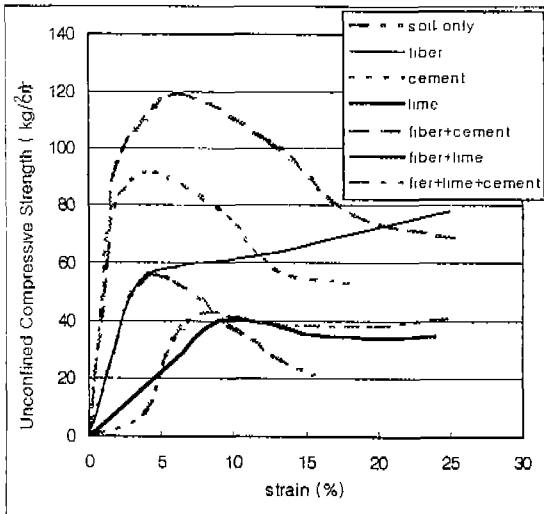


Fig. 5 Relationship between stress and strain of clayey soil (Suwon)

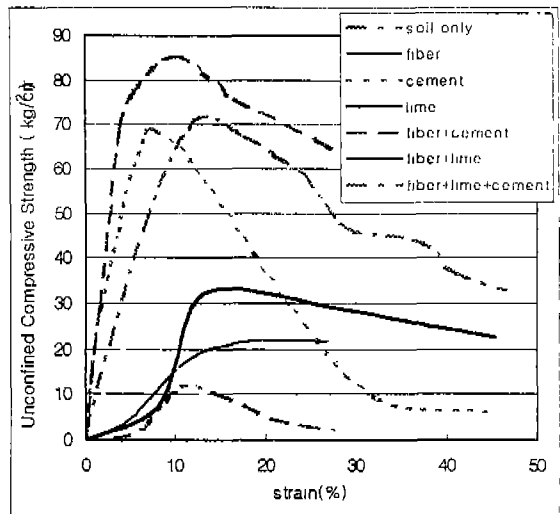


Fig. 6 Relationship between stress and strain of sandy soil (Palan)

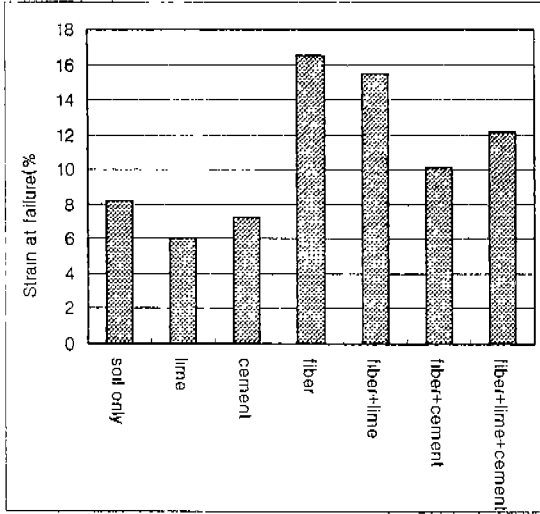


Fig. 7 Strain at failure of clayey soil (Suwon)

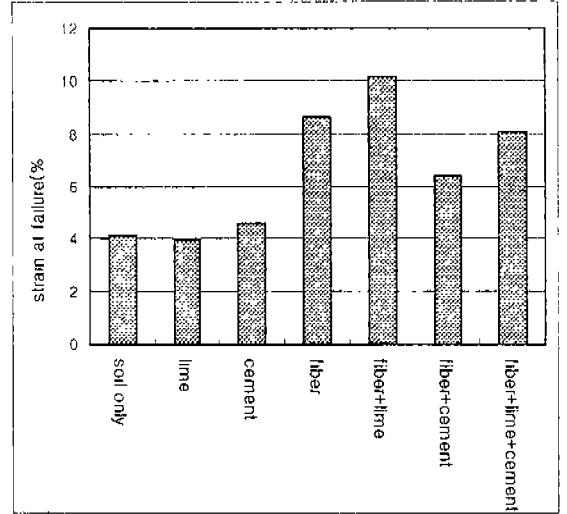


Fig. 8 Strain at failure of sandy soil (Palan)

#### IV. 결론

본 연구는 수원과 발안 지역의 점토질 흙과 모래질 흙에 시멘트, 생석회, 토목 섬유 등의 보강재를 조합하여 제작한 보강 흙벽돌에 대해 일련의 일축압축강도시험을 수행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 점토질 흙에 시멘트와 토목 섬유를 혼합하여 제작한 흙벽돌은 무보강된 흙벽돌에 비해 2배 정도의 강도 증진 효과를 나타내었고, 모래질 흙의 경우는 8배 정도의 강도 증진 효과를 나타내었다. 따라서 보강재로 인한 강도증진 효과는 점토질 흙의 경우보다 모래질 흙에서 크게 나타났다.
2. 석고를 보강재로 사용하였을 경우 점토질 흙에서는 강도를 크게 저하시켰지만 사질토의 경우는 강도 저하가 미비하거나 약간의 강도 증진 효과를 나타내었다.
3. 섬유를 혼합한 흙벽돌에서는 점토질 및 사질 흙 모두 파괴시의 변형률이 증가하는 경향을 나타내었다.

#### 참고문헌

1. 송재선, 1987, 벽돌공학, 한국적연와협회, pp. 48~70
2. 송재선, 1989, 벽돌기술, 한국적연와협회, pp. 27~56.
3. 장기인, 1996, 벽돌, 진성각, pp. 153~157
4. 박영근, 1999, 섬유혼합토의 파괴 예측모델의 개발과 비배수 강도 특성 분석, 서울대학교 박사학위 논문, pp. 11~22
5. 김강석, 1999, 건조된 섬유혼합토의 강도특성에 관한 연구, 서울대학교 석사학위 논문, pp. 4~51
6. 농림부, 1998, 농업용 구조물에의 이용을 위한 보강흙벽 개발, 1차년도 중간요약 보고서