

보강혼합토분의 물리적 특성

Physical Properties of Reinforced Soil-Mixture Powder

이 상 호 · 차 현 주 · 김 철 영*(경북대) · 장 병 욱(서울대)

Lee, Sang Ho · Cha, Hyun Ju · Kim, Chul Young · Chang, Pyoung Wuck

Abstract

This study was performed to evaluate the physical properties of reinforced soil-mixture powder. Soil was used to be powder that passed by the No. 200 mesh and the reinforcement as calcium carbonate, quicklime and portland cement used for this study to improve soil. We resulted from fineness, setting time, and compressive strength test of reinforced soil-mixture powder. We've got the two conclusions. The first, in case that we were used reinforced soil-mixture powder included some portland cement, the higher the mixture rates of the reinforcement, the wider the difference theoretical data with experimental data. The second, the setting time of reinforced soil-mixture powder is faster than soil powder itself and the reinforcement for promoting strength was proved that calcium carbonate was proper than others if we compared it with other reinforcement.

I. 서론

보강토란 흙에 다른 이질의 재료를 합성한 것을 말하며 60년대 말, 프랑스의 Henri Vidal이 흙 중에 있는 보강재의 마찰효과를 연구한 결과로부터 출발하였다. 기존의 보강토에 관한 연구는 옹벽구조물의 뒤채움 부분의 성토에 강제나 토목섬유로 보강하는 방법으로 비점착성의 조립토를 대상으로 주로 이루어져왔다. 옹벽 구조물에 있어서 성토재료의 강도증진을 위한 보강토 개념을 점착력이 있는 흙에 도입하여 건설재료로서의 보강토라는 의미를 부여하고 이를 이용하고자 하였다.

우리 나라에서는 전통주택의 벽이나 토담을 축조함에 있어서 흙에 짚이나 생석회를 혼합한 기록이 남아있다. 그러나 이런 재료에 대한 공학적인 연구는 국내외적으로 미흡한 실정이어서 현대구조물에 적용하기는 어려움이 있다. 그래서 자연상태의 흙이 지닌 성질을 개선하고 농업 구조물 특히, 곡물저장고 및 농가주택의 비내력벽에 부재료로서 이용하기 위해서는 구조물에 적합한 재료의 개발이 필요하다. 보강재를 사용한 보강혼합토를 구조물의 비내력벽에 사용할 경우 실내 온·습도를 조절로 인한 에너지 절감효과와 콘크리트 구조물에 비해 구성재료비가 저렴하여 공사비를 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 보강혼합토의 이러한 장점에 적합한 보강재를 선정하고 보강흙벽의 재료 개발에 대한 기초자료를 제공하기 위하여 생석회와 탄산 석회 및 시멘트를 보강재로 사용하여 분발도 및 응결시간, 재령별 압축강도시험을 실시하였다.

II. 재료 및 시험방법

1. 사용재료

가. 흙

본 연구에 사용된 흙 시료는 수원지역에서 채취한 것으로 시험에 적합하도록 200번체물 통과한 토분을 사용하였다.

나. 석회

한국오미아(주)에서 생산된 탄산석회와 백광소재(주)에서 제조된 생석회를 사용하였다.

다. 시멘트

한일시멘트(주)에서 제조된 보통포틀랜드 시멘트 1종을 사용하였다.

라. 촉진제

보강 혼합토분의 응결시간 및 압축강도에 촉진제가 미치는 영향을 규명하고자 염화칼슘을 사용하였다.

2. 시험방법

200번체를 통과한 토분에 노건조 토분중량에 대한 보강재의 혼합비율을 증가시키면서 배합을 하였고 혼합토분의 분말도 시험은 KS L 5106, 응결시간은 KS L 5103, 압축강도시험은 KS L 5105에 의하여 시험을 하였다. 그리고 항온항습기는 온도 25℃, 습도 50%로 일정하게 하였다.

III. 결과 및 고찰

토분 및 보강재의 비중, 비표면적, 응결시간 및 표준주도와 응결상태의 함수비를 표 1에 정리하였다.

표 1. 토분 및 보강재의 시험 결과

시료명	토분	탄산석회	생석회	시멘트	
비중	2.63	2.70	2.76	3.15	
비표면적 (cm ² /g)	4,028	5,801	3,388	3,230	
응결시간 (hr)	52.0	11.8	6.0	3.0	
함수비 (%)	표준주도	48.46	29.13	45.13	26.80
	응결	30.33	20.00	41.51	19.20

1. 토분 및 보강혼합토의 분말도 시험

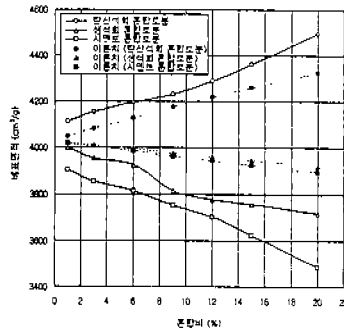


그림 1. 보강혼합토분의 비표면적

보강혼합토분의 보강재 혼합에 따른 비표면적의 변화는 그림 1과 같다. 토분에 탄산석회의 혼합량이 증가하면 혼합토분의 비표면적은 증가한 반면 생석회, 시멘트의 혼합량이 증가하면 혼합토분의 비표면적은 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 토분에 혼합된 보강재의 양이 증가함에 따른 비중의 차이가 비표면적의 감소에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

2. 토분 및 보강혼합토의 응결시간 시험

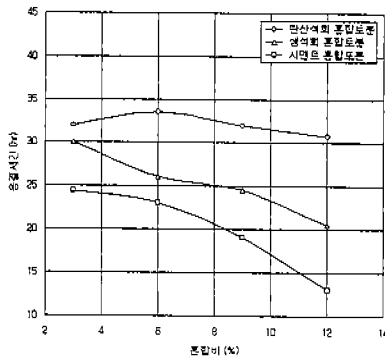


그림 2. 탄산석회, 시멘트 및 생석회 혼합토분의 응결시간

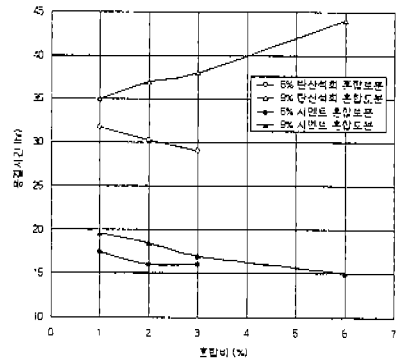


그림 3. 축진제-보강혼합토분의 응결시간

그림 2는 탄산석회, 생석회 및 시멘트 혼합토분에 대한 응결시간을 나타낸 것이다. 보강재를 혼합한 혼합토분에서는 토분 자체의 응결시간에 비해 전반적으로 빨라졌다. 탄산석회 혼합토분에서는 탄산석회 혼합비가 혼합토분의 응결시간에 거의 영향을 미치지 못하는 것으로 나타난 반면 생석회나 시멘트혼합토분에서는 상당한 영향이 있는 것으로 나타났다. 특히 시멘트를 12%혼합한 보강혼합토분에서는 토분 자체의 응결시간에 비해 39시간이나 빨라지는 것으로 나타났다. 시멘트혼합토분에서 응결시간이 빠른 것은 시멘트의 수화작용으로 인해 입자의 크기가 작은 토분과의 응집력이 커져서 혼합비가 증가됨에 따라 응결이 촉진되는 것으로 판단된다.

그림 3은 촉진제 혼합비에 대한 보강혼합토분의 응결시간을 나타낸 것이다. 6%탄산석회혼합토분의 경우 촉진제의 혼합량이 증가함에 따라 혼합토분의 응결을 촉진하는 것으로 나타난 반면 9%탄산석회혼합토분에서는 촉진제의 혼합량이 증가함에 따라 혼합토분의 응결을 지연시키는 작용을 하였다. 촉진제를 첨가한 시멘트혼합토분에서는 촉진제를 혼합하지 않은 경우보다 응결시간이 다소 빨라지는 것으로 나타났다.

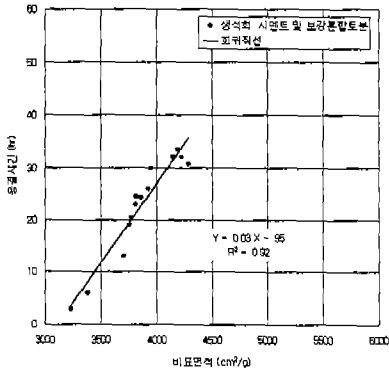


그림 4. 비표면적과 응결시간의 상관도

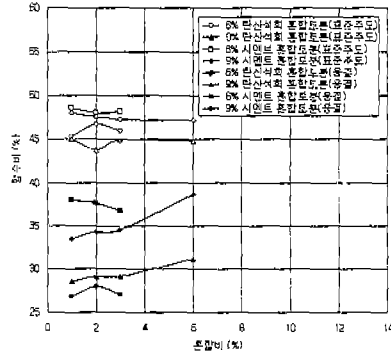


그림 5. 촉진제-보강혼합토분의 표준주도 및 응결상태의 함수비

그림 4는 보강혼합토분의 비표면적과 응결시간에 대한 상관관계를 나타내었다. 각종 보강혼합토분에 대해 비표면적과 응결시간의 관계는 다음과 같은 직선식으로 나타났다.

$$Hr \approx 0.03A_s - 95 \quad R^2 = 0.92$$

$$A_s \approx 33Hr + 3,167$$

여기서, Hr : 응결시간 (hr)

A_s : 비표면적 (cm^2/g)

탄산석회 및 시멘트 보강혼합토의 촉진제 혼합비에 따른 표준주도 및 응결상태의 함수비를 그림 5에 나타내었다. 각 혼합토분에서 촉진제의 첨가에 대한 표준주도의 함수비는 촉진제를 첨가하지 않은 경우와 비교하여 크게 차이는 없는 것으로 나타났다.

촉진제의 첨가유·무에 대한 혼합토분의 응결상태일 때 함수비는 촉진제를 첨가한 6%탄산석회혼합토분에서는 함수비가 다소 감소하였고 9%탄산석회 혼합토분에서는 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한 6%시멘트혼합토분의 경우 촉진제의 첨가량이 증가함에 따라 응결상태의 함수비는 감소하였지만 9%시멘트혼합토분에서는 함수비가 증가하는 경향을 보였다.

3. 토분 및 보강혼합토분품의 압축강도 시험

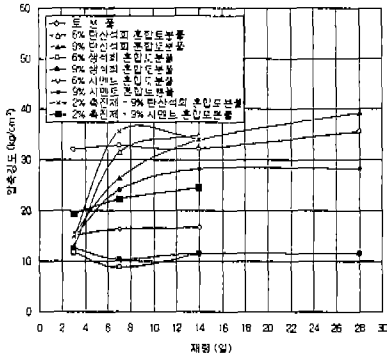


그림 6. 토분 및 보강혼합토분품에 대한 재령과 압축강도의 관계

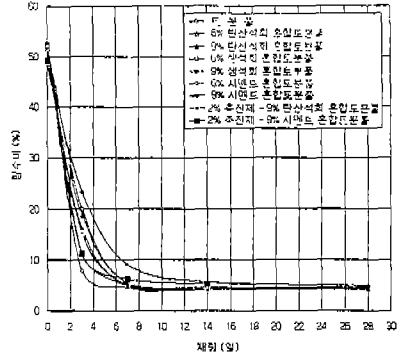


그림 7. 토분 및 보강혼합토분품에 대한 재령과 함수비의 관계

토분 및 보강혼합토분품의 재령에 따른 압축강도를 시험한 결과 그림 6과 같이 나타났다. 토분 및 대부분의 보강혼합토분품에서 재령이 증가함에 따라 다소 압축강도가 증가하였으나 토분 자체의 압축강도보다는 낮게 나타났다. 그러나 탄산석회를 혼합한 보강혼합토분품의 경우 7일강도는 토분의 강도보다 적었지만 14일 이후 장기강도는 토분보다 높게 나타났다. 축진제 2%를 사용한 탄산석회 혼합토분의 경우 축진제가 응결지연의 효과를 나타냈지만 7일강도발현에는 상당한 효과가 있었다.

생석회의 혼합에 의한 혼합토분품의 강도증진은 기대할 수 없었으며 이것은 생석회의 발열 반응으로 인한 팽창과 토분과의 응집력 감소로 토분 자체의 강도에 비해 생석회혼합토분품의 강도는 증진되지 않는 것으로 사료된다.

그림 7은 토분 및 보강혼합토분품의 재령에 따른 함수비의 변화를 나타내었다. 보강혼합토분품의 건조상태를 결정하는 함수비는 전반적으로 재령 7일까지는 급격하게 감소하였으나 그 이후로는 완만하게 감소하여 재령 14일 이후부터는 거의 변화가 없는 것으로 나타났으며 토분 자체에서는 보다 조기에 안정되어 4일 이후에는 변화가 없는 것으로 나타났다.

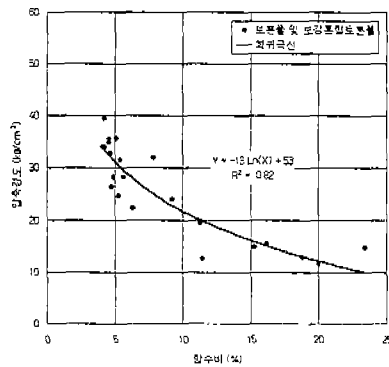


그림 8. 함수비와 압축강도의 상관도

토분풀 및 보강혼합토분풀의 함수비에 따른 압축강도의 상관관계는 그림 8과 같다. 이 결과 함수비가 증가할수록 보강혼합토분의 압축강도는 감소하는 것으로 나타났으며 그 관계식은 다음과 같다.

$$\sigma = -13 \ln(\omega) + 53 \quad R^2 = 0.82$$

$$\omega = 33 e^{-0.08\sigma + 4.08}$$

여기서, σ : 압축 강도 (kg/cm^2)

ω : 함수비 (%)

IV. 요약 및 결론

보강흙벽의 재료 개발을 위한 기초연구로서 수원지역에서 채취한 흙 시료에 탄산석회, 생석회 및 시멘트를 각각 일정한 비율로 혼합하여 분말도 및 응결시간, 압축강도시험을 실시하였다. 또한, 축진제를 탄산석회혼합토분과 생석회혼합토분에 1, 2, 3%를 첨가하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 보강혼합토분의 비표면적은 토분과 보강재의 혼합으로 인한 비중의 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 특히 시멘트혼합토분에서 비표면적의 변화가 다른 혼합토분에 비해 큰 것으로 나타났다.
2. 보강재의 혼합으로 인한 응결시간은 토분자체의 응결시간보다 빨라졌고 시멘트혼합토분에서 응결시간의 변화가 가장 큰 것으로 나타났다.
3. 생석회와 시멘트의 혼합토분풀보다 탄산석회혼합토분풀에서 강도증가의 변화가 컸으며 탄산석회혼합토분풀에 대한 축진제의 첨가는 7일강도 증진에는 효과가 있었으나 재령이 증가할수록 점차 강도가 감소하는 것으로 나타났다.
4. 재령 14일까지 시멘트혼합토분풀의 강도는 증가하였으나 이후 강도는 변화가 없었으며 축진제의 첨가에 의한 강도증진효과는 미흡한 것으로 나타났다.
5. 혼합토분풀의 강도증진을 위한 보강재료로는 탄산석회가 가장 적합한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 류능환, 1983, 보강토공법에 관한 연구, 한국농공학회지, 25(2) pp.54~66
2. 문한영, 1985, 건설재료학, 동명사
3. 성상열, 1985, 점토분이 석회혼합토에 미치는 영향, 한양대학교 석사학위논문
4. 신영훈, 1995, 한국의 살림집, 설화당
5. 윤재환, 1997, 포틀랜드 시멘트 및 콘크리트, 세진사
6. 조성정, 강예묵, 1985, 흙의 입도분포가 석회혼합토의 강도특성에 미치는 영향, 한국농공학회지, 27(2) pp.54~66