

# 보강 점성토의 워커빌리티 특성

## Workability Characteristics of Reinforced Clayey Soil

이 상 호 · 김 상 철\* · 차 현 주(경북대)  
Lee, Sang Ho · Kim, Sang Chul · Cha, Hyun Ju

### Abstract

This study was performed to find the basic data, as needed on the reinforced clayey soil construction work, by estimating job difficulty and optimum moisture content of the reinforced clayey soil, according to its slump test and workability test.

As a result, it has been found that the more increasing reinforced clayey soil's moisture content, the higher its slump value.

Its 25% moisture content: the reinforced clayey soil except the fiber reinforced soil was able to work with hand; the fiber reinforced soil with the 0.5% or 1.0% of fiber ratio was poor cohesion because of surplus quantity of fiber.

Its moisture content between 30% and 35%: shoveling is somewhat difficult but troweling is possible.

This study will be needed to modify and add by another.

### I. 서론

지구상에서 지각(地殼)의 대부분을 덮고 있는 흙은 매우 흔하고 얻기 쉬우며 예로부터 각종 토기, 주거공간 등에 사용해온 자연 친화적인 재료이다. 하지만 흙은 불연속체이기 때문에 그 자체로는 임의의 형상을 가진 구조물로써 기능을 유지하기가 어렵다. 또한 흙은 전단력에는 어느 정도 강하나 인장력에는 약한 강도적인 측면의 약점도 가지고 있다. 이러한 약점을 보완하고 흙의 하중지지력을 증가시키기 위해 흙에 보강 재료를 섞은 것이 보강토이다.

지금까지 보강토는 공학적, 물리·화학적 성질에 대해 많은 연구가 이루어져 왔고 실제 공사에서도 많이 사용되어져 왔다. 근래에는 보강토를 일반 토목공사용이 아니라 흙의 친자연적이며 뛰어난 보온, 보습성 등에 주목해 구조물의 벽체로써 이용하기 위한 여러 가지 연구도 진행되고 있다.

이러한 실정을 고려해 볼 때, 보강토에 대한 연구는 강도적 측면이나 보강토의 효과에 대해서만 이루어져 왔을 뿐 시공 난이도에 대한 연구는 전무한 상황이다. 구조물의 시공에 있어서는 그 강도나 효과뿐 아니라 시공의 경제성 측면에서 적정 시공조건도 반드시 고려되어져야 한다. 이에 본 연구는 슬럼프 및 워커빌리티 시험을 통해 작업의 난이도와 적정함수비를 판단하여 보강 점성토의 시공에 있어서 필요한 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

## II. 사용재료

### 1. 흙 시료

본 연구에 사용된 흙 시료는 점토질 성분을 많이 함유하였으며, 입도분포곡선과 기초 물리적 특성은 Fig. 1 및 Table 1과 같다.

Table 1. 흙의 물리적 특성

비중	액성한계 (%)	소성지수 (%)	최대건조밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	OMC (%)	USCS
2.63	38.5	21	1.652	18.23	CL

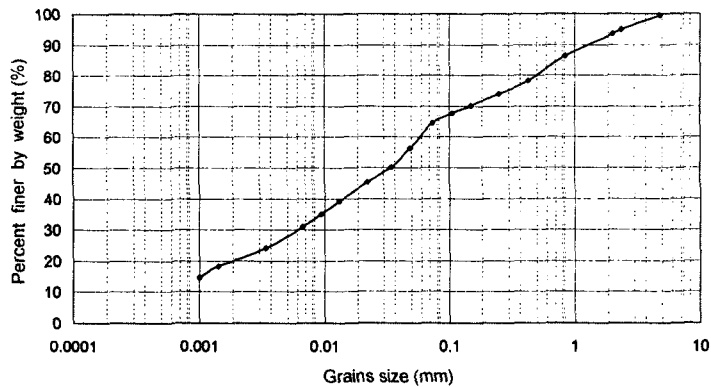


Fig. 1. 흙 시료의 입도분포곡선

### 2. 탄산석회

탄산석회는 중질 탄산석회로 물리·화학적 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. 탄산석회(CaCO<sub>3</sub>)의 물리·화학적 특성 (Unit: %)

비중	흡수량 (cc/g)	함수율 (%)	pH	평균 입경 (μm)	325체 잔류량 (%)		
2.70	0.3	0.16	8.7	3.6	0.01		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Ig-Loss	Total
1.28	0.24	0.15	54.48	0.64	43.21	100	

### 3. 시멘트

국내 H사에서 생산된 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 물리적 특성은 Table 3과 같다.

Table 3. 시멘트의 물리적 특성

비중	비표면적 (cm <sup>2</sup> /g)	응결시간		압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		
		초 결 (분)	종 결 (시간)	3 일	7 일	28 일
3.15	3,507	4:28	6:05	259	321	404

#### 4. 촉진제

석회의 응결경화를 촉진하기 위해 염화칼슘을 사용하였다..

#### 5. 섬유

섬유는 보강구조물의 재료로 널리 사용되고 있는 폴리프로필렌 섬유를 사용하였으며 물리적 특성은 Table 4에 나타내었다.

Table 4. 섬유(망사형)의 물리적 특성

비중	인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	탄성계수 (kg/cm <sup>2</sup> )	융점 (°C)	입경 (mm)
0.91	3287.6	39,550	168	0.08

### III. 시험방법 및 장치

#### 1. 슬럼프 시험

흙에 대한 슬럼프 시험은 규정된 시험법이 없어 시멘트 슬럼프시험 규정 KS F 2402의 시험 방법으로 실시하였다.

#### 2. 워커빌리티(Workability)시험

본 연구는 작업 난이도 및 적정 함수비에 따른 시공조건을 파악하고자 다짐봉으로 다져보기, 손으로 뭉쳐보기, 봉으로 찌르기, 벽면 바르기 등의 시험을 실시하였다.

#### 3. 시료 조성

보강 점성토에 대한 워커빌리티 및 슬럼프 시험의 시험목록은 Table 5와 같다.

Table 5. 시험목록 - 보강 점성토에 대한 워커빌리티 및 슬럼프 시험

사용재료	혼합비 (%)				초기 함수비 (%)	비고
	석회	시멘트	섬유	촉진제		
흙 시료	0	0	0	0	25, 30, 35, 40	• 점성토 자체
석회 혼합토	6, 9	0	0	0	25, 30, 35, 40	
시멘트 혼합토	0	6, 9	0	0	25, 30, 35, 40	• 석회, 시멘트, 섬유 혼합비: 노건조 흙에 대한 중량비
섬유 혼합토	0	0	0.1	0	25, 30, 35, 40	
			0.2		25, 30, 35, 40	
			0.3		25, 30, 35, 40	
			0.5		25, 30, 35, 40	
촉진제 혼합토	9	0	0	1	25, 30, 35, 40	
				2	25, 30, 35, 40	
				3	25, 30, 35, 40	

### IV. 결과 및 고찰

흙 시료 및 석회 혼합토의 함수비에 따른 슬럼프값은 Fig. 2와 같으며 함수비가 25%일 때 흙 시료와 6, 9%석회 혼합토는 혼합시 시료가 부정형 소괴로 뭉쳐지고 일부가 삽에 부착되어 뭉쳐 던지기 시공이 타당할 것으로 나타났다. 흙 시료의 경우 함수비 30% 및 35%에서는 전반적으로 시료의 상당부분이 삽에 부착되어 삽에 의한 작업이 난이하므로 흙손에 의한 바르기 시공이 타당할 것으로 판단된다. 그리고 6, 9%석회 혼합토의 경우 동일한 함수비에서의 슬럼프값이

흙 시료에 비해 높게 나타났으며 함수비 30%일 때는 시료가 삽에 많이 부착되어 삽작업은 난이했으나 함수비를 1%정도 증가시키면 흙손 작업이 양호할 것으로 생각된다. 함수비 35%의 경우 삽작업은 난이하나 함수비를 1%정도 증가시키면 흙손에 의한 바닥 바르기 시공은 가능할 것으로 생각된다.

Fig. 3은 시멘트 혼합토의 함수비에 따른 슬럼프값을 나타낸 것으로, 동일한 함수비인 경우, 타혼합토보다 슬럼프값의 증가폭이 작게 나타났다. 함수비 25%에서는 흙 시료 및 석회 혼합토의 위커빌리티와 동일한 작업성을 보였으며 함수비 30% 및 35%의 경우 삽작업은 난이하였으나 함수비를 2%정도 증가시키면 흙손에 의한 벽면 및 바닥 바르기 시공이 가능할 것으로 판단된다.

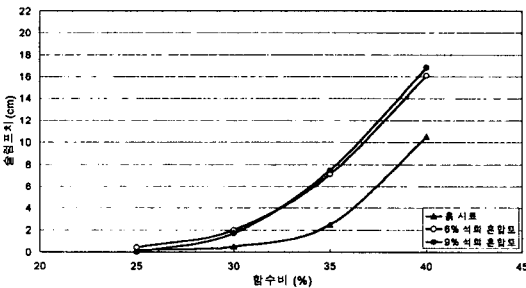


Fig. 2. 흙 시료 및 석회 혼합토의 슬럼프값

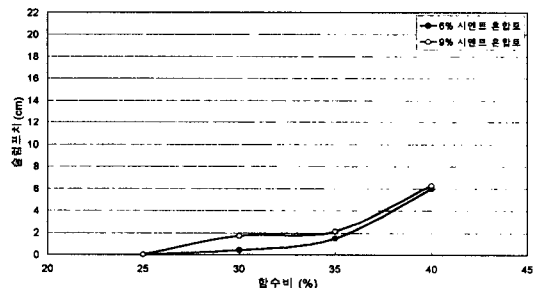


Fig. 3. 시멘트 혼합토의 슬럼프값

촉진제 1, 2, 3%를 첨가한 9%석회 혼합토의 함수비 - 슬럼프값은 Fig. 4와 같으며, 슬럼프 값은 Fig. 2와 유사하게 나타났으나 촉진제 1%를 첨가한 경우 함수비 35~40%에서 슬럼프 값의 변화가 미소한 것은 촉진제의 양이 작아 그 역할을 하지 못하기 때문인 것으로 사료된다. 한편, 촉진제 석회혼합토의 위커빌리티는 흙 시료, 석회 혼합토 및 시멘트 혼합토의 경우와 매우 유사한 특성을 나타내었다.

함수비에 따른 섬유 혼합토의 슬럼프값은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 함수비 25%일 때는 다짐시 응집력이 양호하고 혼합시에는 시료가 삽에 부착되지 않으므로 다짐 시공이 양호한 것으로 나타났으나 0.5, 1.0% 혼합비에서는 섬유 혼합토의 응집력이 불량하여 시공에 부적합한 것으로 판단된다. 한편, 섬유 혼합토의 경우 동일한 함수비에서 흙 시료, 석회 및 시멘트 혼합토보다 반죽질기가 된 것으로 나타났으며 혼합비가 증가함에 따라 더욱 된 반죽으로 나타났다. 그리고 함수비 30, 35%일 때는 혼합시 삽작업이 난이했고 30%의 경우 점착성이 상당히 높게 나타났으나 35%의 경우는 반죽질기가 크며 응집력이 불량한 것으로 나타났다. 이 경우 함수비를 3%정도 증가시키면 흙손에 의한 바르기 시공이 가능할 것으로 사료된다.

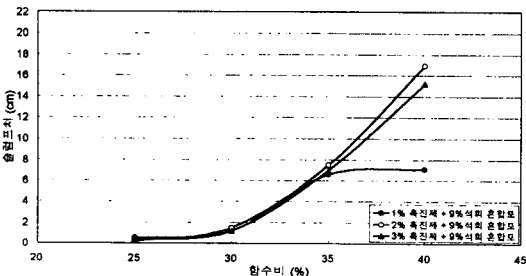


Fig. 4. 촉진제를 첨가한 석회 혼합토의 슬럼프값

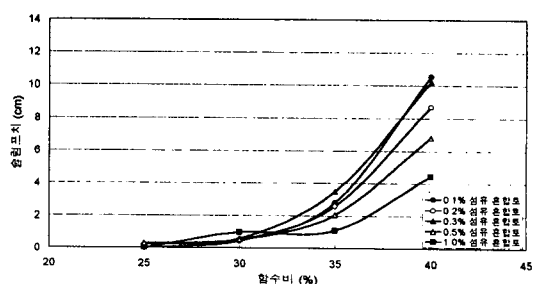


Fig. 5. 섬유 혼합토의 슬럼프값

## V. 결론

보강 점성토의 적정 시공조건을 판단하기 위해 흙에 보강재료의 혼합비와 함수비를 달리하여 슬럼프 및 워커빌리티 시험을 실시한 결과는 아래와 같다.

1. 함수비의 증가에 따라 보강 점성토의 슬럼프값은 증가폭의 차이는 있으나 전반적으로 증가하는 것으로 나타났다.
2. 보강 점성토는 함수비 30~35%의 경우 삽에 의한 작업은 다소 난이하나 흙손에 의한 바르기 시공은 가능할 것으로 사료된다.
3. 함수비 25%일 때 섬유 보강 점성토를 제외한 각 보강 점성토들의 워커빌리티 특성은 뭉쳐던지기 시공에 양호할 것으로 판단된다.
4. 섬유 보강토의 경우 함수비 25%일 때 0.1, 0.2, 0.3%의 섬유 혼합비에서는 다짐시 응집력이 양호하여 다짐 시공이 적합하나 0.5, 1.0% 섬유 혼합비에서는 응집력이 불량하여 시공에 부적합한 것으로 판단된다.
5. 상기분석은 워커빌리티 특성 파악과 적정 시공조건외 보완, 단순화 및 함수비범위 설정을 위해 추가적인 시험이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. Pierre Clement, 1979, Construire en terre
2. 류능환, 1983, 보강토 공법에 관한 연구, 한국농공학회 25(2), pp. 54~66
3. 문한영, 1996, 건설재료학, 동명사
4. 조삼덕, 김진만, 1995, 섬유혼합 보강토의 공학적 특성에 관한 시험연구, 한국지반공학회지 11(2), pp. 107~120
5. 한국콘크리트학회, 1997, 콘크리트 혼화재료, 기문당
6. 성상열, 1985, 점토분이 석회혼합토에 미치는 영향, 한양대학교 석사학위논문