

보강토구조물 뒤채움 재료로서 화강풍화토의 적용성

Application of Weathered Granite Soils as Backfill Material
of Reinforced Earth Structure

김 상 규*¹
Kim, Sang-Kyu
이 은 수*²
Lee, Eun-Soo

Abstract

The current practice in construction of reinforced earth retaining walls is to use a granular soil for the backfill material. When the material is available in site, the construction cost can be remarkably reduced. As the weathered granite soils are abundant and widely distributed throughout the Korean peninsula, whether they are suitable or not as the backfill material is considered to be the most important key in economic construction of the wall.

This paper investigates the grain size distribution of the weathered soils which locate at many places throughout the nation and then examines limitation of their use based on the specifications of different countries. The variation of shear strength with both different fine contents and saturation is also investigated.

It is known that the grain size distribution of most weathered soils are not satisfied with the general requirement. However their use is possible in wide range when the backfill keeps in unsaturated condition using good drainage facilities and/or pervious reinforcements.

요 지

현행 시방서는 입상토만을 보강토 뒤채움재로 사용하도록 규정하고 있다. 그러나 보다 경제적인 보강토체를 구축하고자 한다면 현장유용토를 이용하는 것이 가장 이상적이다. 특히 국내에는 매우 넓은 범위에 화강토(화강암풍화토)가 분포되어 있어 현장 유용토의 대부분을 차지하기 때문에 이 재료의 적합성 여부가 보강토공법 채택의 주요한 요소가 되고 있다.

본 연구에서는 전국의 화강토를 대상으로 입도분포를 조사하여 현행 시방규정에 따른 적용의 한계성을 고찰하고 미세립 함유율과 함수비의 변화에 따른 전단강도의 변화가 화강토의 적용한계에 미치는 영향을 분석하였다.

*¹ 정회원, 동국대학교 공과대학 토목공학과 교수

*² 정회원, 동국대학교 대학원 토목공학과 박사과정

본 연구결과 보강토 뒤채움재로서의 화강토는 배수시설 또는 배수성 보강재를 사용하여 불포화상태(배수상태)를 유지하면 보다 많은 범위에서 이용이 가능함을 알게 되었다.

Keywords : Reinforced Earth Retaining Wall, Weathered Granite Soil, Creep, Shear Strength, Frictional Resistance.

1. 서론

보강토 공법은 설계·시공이 간편하고 구조적으로 안정하여 비교적 낮은 지반지력에도 잘 적응하는 특징을 갖고 있으며, 가장 매력적인 특징은 종래의 콘크리트 옹벽 보다 공사비를 크게 절감할 수 있는 대체공법이라는 점이다. 그러나 현장유용도가 보강토체 구축에 부적당한 경우, 즉 원거리에서 뒤채움재료를 운반해야 하는 경우에는 경제적인 공법이 되기 어렵다. 이러한 관점에서 미세립자 함유율이 많은 점성토를 보강토 구조물의 뒤채움재로 이용하려는 노력이 계속되고 있으며 이의 성공적인 수행결과도 발표되어 있어 점성토 또는 불량한 뒤채움재료에 대한 설계방법이 곧 정립될 것으로 기대되고 있다.

특히 국내의 지질적인 지반조건은 화강암풍화토(화강토)가 매우 폭 넓게 발달하고 있어, 동 화강토의 보강토 뒤채움재의 이용은 불가피한 실정이나 그 입도분포가 현행시방규정을 충족하지 못하는 경향이다. 그러나 근본적으로 이해해야 할 것은 화강토가 입상토이며 비교적 높은 투수성의 재료로서 점토 또는 실트와 동일시 되어서는 안되며 양질의 뒤채움재료를 얻기 어려운 현지 여건에서 기존 시방규정만을 고집할 수 없는 현실이라는 점이다.

따라서 본 논문에서는 화강암풍화토의

- 미세립 함유율에 따른 전단강도 특성
 - 함유비 변화(포화도)에 따른 전단강도의 변화
 - 다짐의 효과에 따른 투수계수의 저하로 인한 비배수 상황의 발생여부
- 등을 검토하고 현장유용토인 화강암풍화토를

보강토 벽체 뒤채움재로 확대·적용하기 위한 방안을 연구·검토하였다.

2. 화강토의 분포현황

한국의 지질은 그 반이상이 화강암, 화강편마암 및 화강암질 편마암으로 구성되어 있다. 이는 대체로 전신생대(precambrian)의 암석에 관입된 화강암과 이로부터 변성된 화강편마암 및 전백악기 암석이 화강암화 작용으로 변성되어 화강암질 편마암이 각 지각변동시기와 백악기 이후에 일어난 용기작용으로 지표에 나타나게 된 데 기인한다.(정창희, 1970)

이러한 화강암류가 풍화되어 잔류토 또는 퇴적토의 형태로 한반도에 널리 분포하고 있으며, 최근 한국토지공사의 연구보고서에 따르면 동 공사의 사업지구 전 면적의 56.1%에 달하는 지역에 동 화강암 풍화토가 분포하고 있다.

자료의 수집을 위해서 한국토지개발공사가 1979년 이후 10여년에 걸쳐 전국에서 주택 및 공업단지조성을 위해 시행된 73개구-서울(4), 인천(6), 경기(8), 충남(9), 충북(8), 경북(4), 경남(15), 전남(7), 전북(7)-의 토질조사보고서와 각종 토목공사 시행을 위하여 수행된 토질조사보고서를 수집하여 이들의 자료를 분석하였다(그림 1., 표 1. 참조). 총 892개의 자료-서울 76, 부산 16, 인천 30, 광주 54, 대전 61, 대구 15, 강원 37, 경기 363, 경남 27, 경북 72, 전남 17, 전북 51, 충남 11, 충북 62-에서 아래의 기본특성 및 상관관계를 분석하였다.

- 토질분류(통일분류법)
- 시료채취의 깊이(2 ~ 5 m)

-입도분포(No. 200체, 0.015 mm를 중심으로)

3. 보강토 뒤채움재로서의 적용성

3.1. 현행 규정

현행규정에 따르면 입도가 양호하고 배수가 원활한 입상재료만이 보강토 옹벽 뒤채움재로서 사용이 가능하다. 여러나라의 규정을 살펴보면 그 내용이 거의 유사하며(표 2. 참조), 뒤채움재의 소성지수는 6 이하이고 황산마그네슘의 화학적안정성은 4회 소실율을 30%이하로 규정하고 있다.



그림 1. 화강토 분포지역 및 시료 채취 현황

표 1. 시료채취 위치별 수량

기호	지명(시료수)	기호	지명(시료수)	기호	지명(시료수)	기호	지명(시료수)
●	경기-구리(40)	●	경기-오산(38)	●	경남-다대(2)	●	전남-광주(54)
●	경기-양주 하남(34)	●	경기-수원(26)	●	부산-만덕(16)	●	전북-이리(21)
●	경북-안동(28)	●	경기-송탄(30)	●	경남-울산(2)	●	전북-전주(15)
●	서울-서초(33)	●	경기-안양(43)	●	경남-김해(7)	●	경남-합천(4)
●	경기-의왕(37)	●	충북-제천(24)	●	경남-장승포(3)	●	충남-보령(4)
●	강원-인제(10)	●	충북-청주(38)	●	경남-거제(4)	●	전북-부안(15)
●	경기-안산(19)	●	강원-춘천(10)	●	경남-창원(5)	●	전남-영광(2)
●	경북-영주(19)	●	강원-강릉(6)	●	경북-포항(18)	●	전남-강진(2)
●	서울-강동 강(43)	●	강원-삼척(2)	●	경북-영천(2)	●	전남-온도(3)
●	인천-북구 남동(30)	●	강원-태백(2)	●	경북-대구(15)	●	강원-정선(7)
●	경기-가좌(28)	●	충남-천안(3)	●	경북-경주(3)		
●	경기-부천(33)	●	충남-온양(4)	●	경북-점촌(2)		
●	경기-평택(35)	●	충남-대전(61)	●	전남-여천(10)		
							총 892개 자료

보강토 구조물에서 미세립자 함유율이 큰 뒤채움재의 사용시 예상되는 문제점은 아래와 같다.(Mitchell (1981), Jewell and Jones (1981))

○ 뒤채움재의 마찰강도가 비점성토에 비하여 본질적으로 작다.

○ 배수가 불량하며 함수비 변화에 따라 전단강도가 불안정하다.

○ 구조물이 완성된 이후 creep에 의한 응력 변화에 따라 전면판의 수평변위로 인한 수직선형변형이 발생할 수 있다.

○ 포화도(함수비)가 크고 화학적 특성이 강하기 때문에 철제보강재의 부식률이 높다.

○ 시공시 다짐관리가 어렵다.

그러나 이런 제반문제들이 실제상황에서는 예상보다 극히 미미하게 나타나기 때문에 크게 우려할 바가 아니며 철제strip형 보강재로 보강토 옹벽을 구축함을 전제한 경우에만 해당된다. 따라서 본 연구에서는 철제보강재의 부식이나 다짐에 관한 사항을 논외로 하고 전기 조건의 상위 2개 부분으로 연구대상을 국한하였다.

표 2. 각국의 뒤채움재 선정 기준

구 분	일 반 기 준 입도크기 및 특성	최 소 기 준 입도크기 및 특성
프랑스 (MOT, 1980)	250mm 100% 80 μ m \leq 15%	80 μ m > 15% 경우 1.15 μ m \leq 10% 2.15 μ m : 10~20% - $\phi' \geq 25^\circ$ (돌기형) - $\phi \geq 22^\circ$ (편평형)
영 국 (BBA, 1983)	125mm 100% 90mm 85~100% 10mm 25~100% 600 μ m 10~65% 63 μ m 0~10%	425 μ m 통과율의 LL \leq 45% PI \leq 20% 2 μ m \leq 10%
미 국 (David, 1978)	10in.(254 mm) 100 4in.(101.6 mm) 100~75% No.200체 (75 μ m) 0~15%	PI : 벽체 \leq 6%, 경사면 \leq 20% 안정성소실률 < 30% $\phi > 25^\circ$
일 본 (米倉豪三, 1989)	최대입경 350mm 150mm \leq 25% 74 μ m \leq 15%	최대입경 350mm 150mm \leq 25% 74 μ m \leq 25% 5 μ m \leq 7%
한 국 (國立建設研究所, 1983)	최대입경 254mm(10 in.) 101.6mm(4 in.) 100~75% 74 μ m(No.200체) 0~15%	$\phi > 25^\circ$

3.2 입도 분석(현행규정과의 비교)

수집된 전체자료를 No.200체 통과량에 따라 분석하면 그림 2.와 같이 나타나며, 그림 3.의 누적분포곡선을 보면 현행 뒤채움재료 시방에서 요구하는 No.200체 통과량 15%미만을 충족하는 화강토는 불과 15% 미만으로서 85%에 해당하는 대부분의 화강토는 불만족스럽다는 결론에 도달한다. 다만 15 μ m 이하의 입경 함유율 10%미만인 최소 조건에는 그림 4.와 같이 No. 200체 통과량이 약 25%미만인 경우에 사용가능하다고 추정할 수 있으며 이 경우에는 전체의 35%정도 사용이 가능하다.

화강토는 통일분류법상 대부분 SM에 해당하며(그림 5. 참조), 비소성을 나타내므로 대부분의 화강토는 입상토이다. 따라서 종전의 연구 결과는 점성토로 구축한 보강토체를 대상으

로 하였으므로 creep현상 또는 토체의 수직수평 변위의 발생등 점성토체로 구축한 보강토체에서의 문제가 화강토로 구축한 보강토체에서도 동일하게 발생하지는 않으리라는 추정이 가능하다.

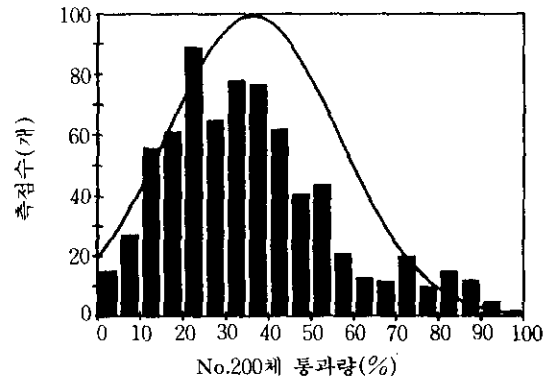


그림 2. No.200체 통과량의 정규분포곡선

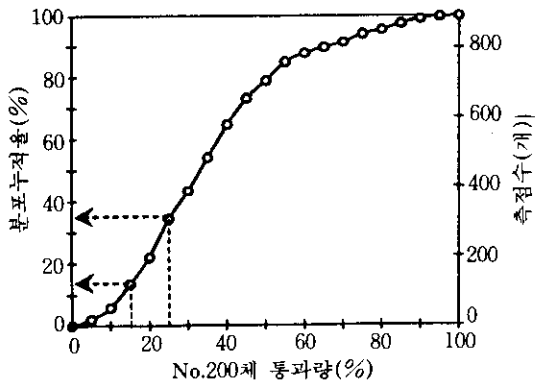


그림 3. No.200체 통과량의 누적분포곡선.

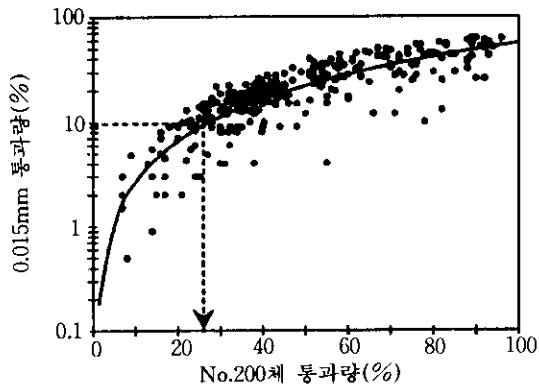


그림 4. No.200체와 15 μ m 통과량의 관계

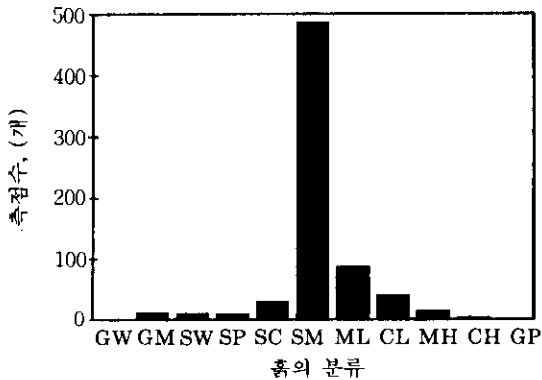
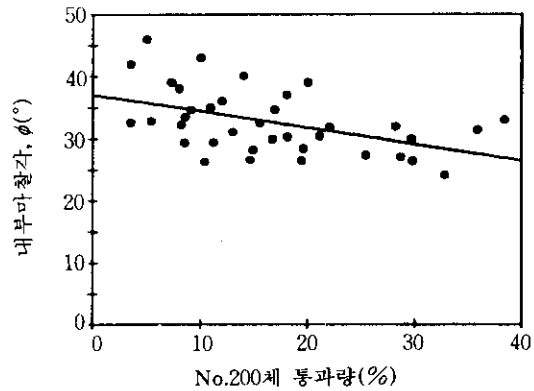


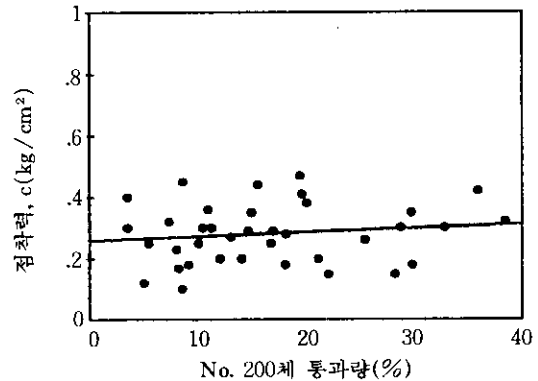
그림 5. 화강토의 분류

3.3. 화강토의 강도특성

보강토벽체의 설계시방은 직접전단시험에 의한 배수상태의 내부마찰각 ϕ 를 설계에 적용하도록 규정하고 있다. 대표적인 몇개의 시료에 대하여 시행한 직접전단 시험결과는 No. 200체 통과량이 증가함에 따라 ϕ 는 감소하고 반대로 점착력은 다소 증가한다.(그림 6. 참조) 현행 시방규정에 따라 분석하면 돌기형 대상 (ribbed strip)보강재(판상 띠형으로서 가로방향으로凸형의 돌기를 붙인 보강재)에 대해서는 내부마찰각이 25°이상이면 사용가능하며 편평보강재에서는 보강재와의 마찰각, δ 값이 22° 이상이어야 한다. 따라서 돌기형 대상 보강재의 경우 그림 6. 에서 화강토의 No.200체 통과량 35%까지는 대부분이 만족하는 상황이다.



(a) No.200체 통과량과 내부마찰각과의 관계



(b) No. 200체 통과량과 점착력과의 관계

그림 6. 95%수정다짐 화강토의 직접전단시험결과

다만 편평형(plain strip) 보강재(판상 띠형으로서 표면에凹凸이 없는 보강재)를 이용할 경우는 보강재와 흙과의 마찰각, δ 값이 22° 이상이어야 하므로 식(1)에서의 상관계수, μ 값이 매우 중요한 요소이다.

$$\tan\delta = \mu \tan\phi \quad (1)$$

여기서 δ : 흙과 보강재의 마찰각($^\circ$)

μ : 마찰계수의 비

ϕ : 흙의 내부마찰각($^\circ$)

대표적인 대상(帶狀) 보강재의 경우 $\mu=0.5$ (Schlosser(1973) $\phi=43^\circ$ 인 양질의 뒤채움재인 경우 $\delta=25^\circ$), $\mu=0.75$ (한양대 산업연구소(1986) $\phi=35.6^\circ$ 인 화강토, $\delta=28.5^\circ$)로서 매우 큰 차이가 있으나 일반적으로 $\mu=0.6$ 을 적용하면 $\phi \geq 34^\circ$ 이어야 하므로 편평형 철제 대상 보강재의 사용은 No.200체 통과량 15% 이하로서 전체 화강토의 15%만이 제한적으로 이용될 뿐이며, 편평보강재를 사용할 경우 화강토를 확대적용할 가능성은 없다고 판단된다. 지금까지의 입도분석과 마찰저항구조에서의 강도특성을 분석한 결과에 따르면, 편평형(plain strip) 보강재에 대한 화강토의 사용은 매우 비관적이며 돌기형(ribbed strip) 보강재를 사용할 경우 No.200체 함유량이 25%이하이면 직접전단시험에서 30° 이상의 마찰저항각을 용이하게 얻을 수 있으므로 사용에 제한을 받지 않는다.

4. 함수비 변화에 따른 영향

한국 화강토와 유사한 미세립함유율의 뒤채움재를 사용한 보강토체의 실패사례가 Elias와 Swanson(1983)에 의하여 연구·발표되었다. 연구대상은 1978~1979년 겨울에 건설한 높이 7.0m의 철제 대상 보강재를 사용한 보강토 벽체로서 토공이 완료된 후 전면판의 상부에서 추를 내려 측정된 수평변위의 크기가 250~

300mm에 달했다. 이러한 문제의 원인은 그림 7.에서 나타난 바와 같이 미세립분이 많고 함수비가 높은 뒤채움재 때문이며, 이 때의 미세립 함유율이 30%~50%이었음이 판명되었다. (Mitchell, 1995) 이 연구로부터 Elias와 Swanson(1983)은 철제 대상 보강재가 사용된 보강토 벽체에 미세립 함유율이 25%이상의 뒤채움재를 사용하면 현저하게 인발저항력이 감소하고 결과적으로 벽체의 내적 안정성을 상실한다는 결론을 얻었다.

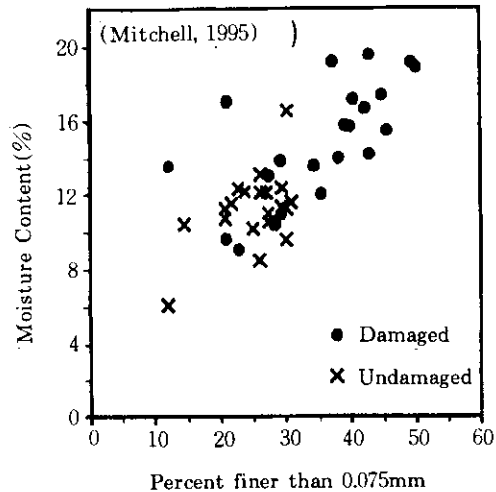


그림 7. 함수비와 미세립 함유율에 따른 철제 대상 보강재를 사용한 보강토 벽체의 파괴

일정한 미세립 함유율을 갖는 화강토가 함수비의 변화에 따라 강도정수가 어떤 형태로 변화하는가를 관찰하기 위하여 D-2 다짐에 의한 상대밀도 95%의 시료에 대하여 직접전단시험을 행하였다. 이 시험에서는 최적함수비 상태로 다진 시료를 습도조절로 수분을 증가시켜 시험하고 시험후의 함수비를 측정하는 방법으로 포화상태에 이르도록 진행하였다. 또한 풍화도에 따라 다짐중 입도분포가 변할 수 있으므로 동일시료의 연속사용을 배제하였다. 시험대상으로 선정된 3개의 시료에 대한 입도분포 곡선은 그림 8. 과 같으며 No.200체 통과량은

각각 7.28%, 19.58%, 35.86% 이다. 재하하중을 달리하여 측정된 전단강도는 포화도 변화에 따라 No.200체 통과량이 증가할수록 크게 변화하여 안정성에 문제가 있음을 나타내었다.(그림 9. 참조)

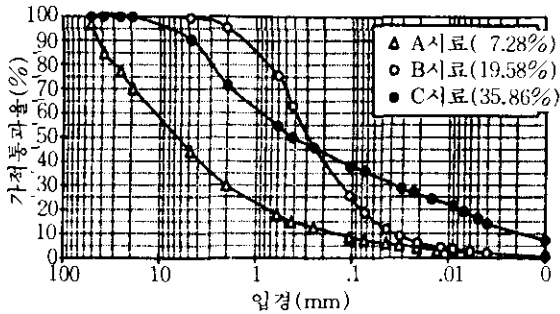


그림 8. 대상시료의 입도분포곡선

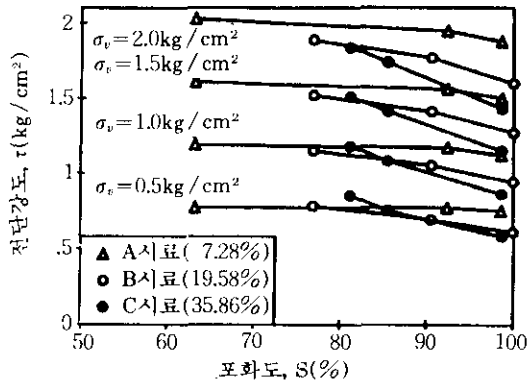


그림 9. 전단강도와 포화도의 관계

No.200체 통과량에 따른 포화도 90% 전단강도의 비($\tau_{s=90\%} / \tau_{0.M.C}$)를 분석해 보면 그림 10.에 나타난 바와 같이 미세립함유율이 20% 인 경우 0.9 이상으로서 매우 안정적이며 30% 정도까지도 불포화조건만 유지한다면 직접전단시험결과를 보강도의 설계에 적용하는데 무리가 없다고 판단된다.

이러한 전단강도를 구성하는 두 개 요소, 즉 점착력 c 와 내부마찰각 ϕ 를 분리하여 포화도 변화에 따른 c, ϕ 의 변화를 보면(그림 11. 참조) 전단강도의 감소현황에서와 같은 경향을 나타낸다.

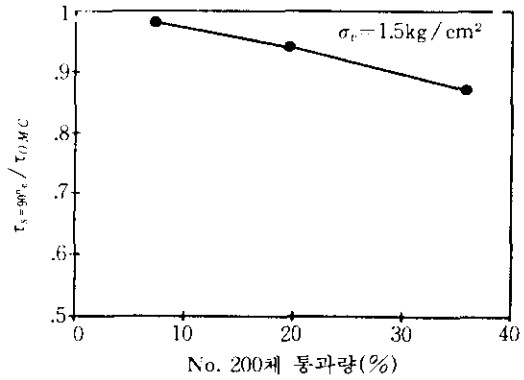
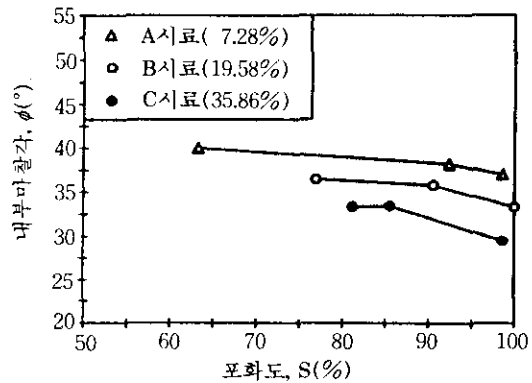
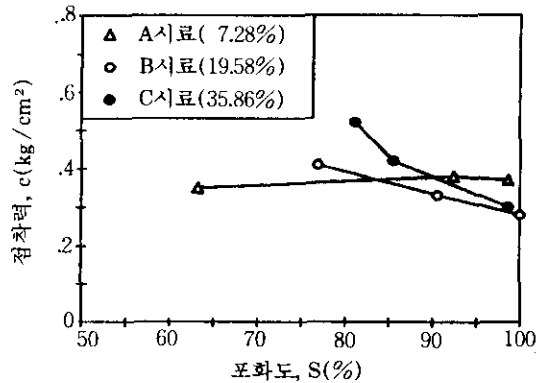


그림 10. 미세립함유량과 전단강도비 ($\tau_{s=90\%} / \tau_{0.M.C}$)와의 관계



(a) 포화도와 내부마찰각과의 관계



(b) 포화도와 점착력의 관계

그림 11. 포화도에 따른 c, ϕ 의 변화

A시료의 경우 점착력이 포화도 증가에 따라 다소 증가하는 경향을 보이는 현상은 사질토의 걸보기 점착력의 증가로 판단되며 일반적으로 감소한다. 마찰저항구조(표면마찰에만 의존하는 저항구조)의 대상보강재에서는 ϕ 만이 유용하게 저항력 유발에 동원되기 때문에 보강재의 인발저항력이 포화상태에서 크게 저하한다는 점을 알 수 있다.

5. 배수조건에 따른 영향

보강토체가 급속시공 또는 완성후의 배면 침투수, 강우 등으로 포화되어 보강토체가 비배수조건에 이르면 전단강도가 감소할뿐만 아니라 과잉간극수압이 발생하여 유효수직응력을 상실하고 보강재의 인발저항력에는 점착성분만이 남게된다. 이 경우 마찰저항구조의 대상보강재는 인발저항력의 대부분을 상실하게 되어 보강재로서의 기능을 잃게 된다.

또한 완전 비배수상황은 아니더라도 수침조건에서는 수평토압이 증가하고 반대로 유효수직응력이 감소하여 보강토체의 안정성에 큰 영향을 주게된다. 즉 보강토체의 건조조건에 대한 수침조건을 비교하면 각각의 보강재가 담당하여야 할 발생토압은 약 2배로 증가하고 인발저항력은 상대적으로 1/2로 감소하게 되므로 안전율은 1/4로 감소하게 된다. 이러한 이유 때문에 보강토체의 뒤채움재는 투수성이 양호한 사질토로서 비배수 및 침수조건을 원인을 배제한 것이다.

따라서 배수조건을 판단하는 뒤채움재의 투수계수는 대단히 중요한 인자이다. 수정다짐도 95%인 경우 연구대상 화강토의 미세립함유량 변화에 따른 투수계수의 변화는 그림 12. 와 같다. 이 시험결과로부터 미세립함유량이 25% 이하인 경우 배수가 양호한 재료로 판단된다. 다시 말하면 미세립함유량 25% 이상의 화강토를 하천제방용과 같은 침수조건에 보강토용 벽에 적용하기는 불가능하며, 육상성토부의 경우에도 외부 침투수압을 적극 차단하여 불포

화 조건을 유지하도록 주의하여야 한다.

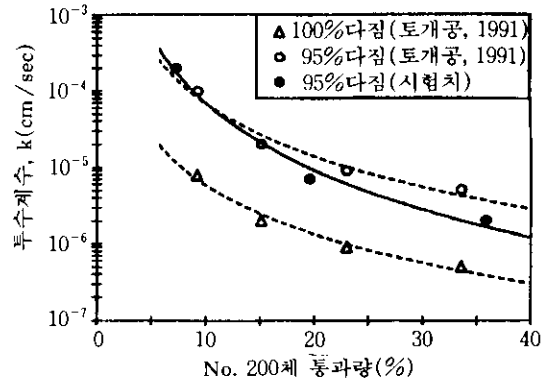


그림 12. 미세립함유율과 투수계수와의 관계

6. 결론

본 연구의 결과를 종합하면 돌기형 대상보강재를 사용하면 미세립함유율(No.200체 통과량)이 25%이하이면 보강토 뒤채움재로서 만족한 재료이며 편평형 대상보강재는 15%이하이어야 한다는 점이 명백하다.(표 3. 참조)

표 3. 보강토 뒤채움재의 허용 미세립함유량

분석내용	돌기형 대상보강재	편평형 대상보강재
현행시방서와 비교한 입도분석	25% 이하	15% 이하
소요마찰저항력을 위한 강도특성	35% 이하	15% 이하
함수비변화와 전단강도의 안정성	30% 이하	
배수조건에 따른 영향	25% 이하	

따라서 본 연구 결과로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1) 한반도의 화강토는 미세립함유율이 25% 미만인 경우 요구되는 뒤채움재의 내부마찰각 $\phi > 25^\circ$ 조건을 만족하므로 사용에 무리가 없다. 다만 함수비 변화에 따라 포화상태에 이르면

전단강도가 상당히 감소하므로 설계시 현장조건에 따라 직접전단 시험에서 얻은 설계정수에 감소율을 적용하여야 한다.

2) 미세립함유율이 25% 이상이면 포화시 전단강도가 급격히 감소하므로 배수시설을 충분히 하여 외입수를 차단하여야 하며 침수조건외 해안 또는 홍수시 수위상승의 가능성이 있는 제방 등에 대상보강재의 사용은 피해야 한다.

3) 본 연구는 직접전단시험 결과로부터 얻은 전단강도를 대상으로 마찰저항구조의 대상보강재에 대하여 분석한 것이므로 지지 저항구조(지반앵커의 저항구조와 동일) 보강재에 대한 화강토의 적용범위에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 이후 마찰저항구조의 보강재에 대한 인발저항시험을 통한 보다 정확한 역학적 개념을 정립하고, 지지저항구조 보강재에 대한 인발저항시험을 수행하여 함수비 변화에 따른 인발저항력의 역학적 변화에 따른 연구가 수행되어야 할 것이다.

4) 외부 유입수의 보강토체내의 유입을 방지하는 배수기능으로부터 토체내의 Geotextile의 배수필터재, 모래필터재를 이용한 배수기능을 강화하여 불투수토체의 구성으로 인한 간극수압의 발생을 억제하고 불포화조건을 유지하는 방안이 연구·검토되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 國立建設研究所(1983), 補強土工法 시행 지침
2. 정창희(1970), 신지질학개론, 박영사, pp.337~373.
3. 韓國土地開發公社(1991), 花崗岩質 風化土의 基層 및 補助基層 利用方案研究

4. 한양대학교 산업과학연구소(1986), Friction Tie의 인장강도 및 흙과의 마찰계수 시험연구, p.5.
5. 米倉豪三, 兼松 陽, 島田俊介(1989), 最新·補強土工法, 山海堂, p.50.
6. B.B.A.(1983), Websol Frictional Anchor System, Road & Bridges, Certificate No.83/24, Clause 10.2, Soil Structures International Ltd, London
7. David, P.M.(1978), "Reinforced Earth: Application of Theory and Research to Practice", Proc. Symp. Soil Reinforcing and Stabilising Techniques, NSWIT/NSW Univ.
8. Elias, V. and Swanson, P.(1983), "Cautions of Reinforced Earth Residual Soils", Transportation Research Record 919, pp.21~26.
9. M.O.T. of France(1980) Reinforced Earth Structures: Recommendations and Rules of the Art, pp.3~4, 97~102.
10. Jewell, R.M. and Jones, C.J.(1981), "Reinforcement of Clay Soils and Waste Materials Using Grids", Proceedings of Tenth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Sweden, Vol.2, pp.701~706.
11. Mitchell, J.K.(1981), "Soil Improvement: State of Art", Proceedings of Tenth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Sweden, Vol.4, pp.509~565.
12. Mitchell, J.K. and Zornberg, J.G.(1995), "Reinforced Soil Structures with Poorly Draining Backfills Part II: Case Histories and Applications", Geosynthetics International, Vol 2, No.1, pp.265~307.
13. Schlosser, F.(1973), La terre armee dans lechangeur d Setc. Bull. de Liais. LCPC, p.63.

(접수일자 1995. 11. 5)