

화강풍화토의 거동 특성 규명을 위한 비교란 시료채취기 개발

Undisturbed Sampler for Characterizing the Behaviour of Weathered
Granite Residual Soils

정 순 용* ¹	김 동 수* ²
Jeong, Soon-Yong	Kim, Dong-Soo
이 승 래* ²	권 기 철* ³
Lee, Seung-Rae	Kweon, Gi-Chul

Abstract

In Korea, granite is abundant and occupies around two-thirds of the country's ground. Even though weathered granite residual soils are widely distributed, undisturbed sampling of this soil is extremely difficult because of the particulate structure. This difficulty has kept away the researchers from investigating the deformational characteristics of weathered granite residual soil.

Thus, a special undisturbed sampling device was developed and undisturbed samples were prepared for triaxial compression (TX), resonant column(RC), and torsional shear(TS) tests. Local deformation transducer(LDT) was fabricated for internal strain measurements during TX tests. Both undisturbed samples and statically compacted samples of same density were tested by using TX with LDT, RC, and TS test equipments.

The behaviour of statically compacted specimens was almost the same as that of undisturbed samples in the strain ranges below 1 percent. The stiffness and strength decreased with increasing degree of weathering. In case of undisturbed specimens, strains at failure are widely varied from 2 percent to 11 percent, and planes of failure are irrelevant to the angle of internal friction due to the inhomogeneous nature.

요 지

화강풍화토는 국내 지반의 2/3 이상을 차지할 정도로 광범위하게 분포하며 도로, 지하철, 사면조성, 건물의 기초설치 등 여러 건설현장에서 빈번히 접할 수 있다.

화강풍화토의 입자구조는 풍화도와 모암의 구성광물에 의해 영향을 받고 특히 보통의 구속압에서도 입자 파쇄가 발생하며 비교란 지반의 특성과 다짐토 지반의 특성이 큰 차이가 있다. 본

*¹ 한국과학기술원 토목공학과 박사과정

*² 정희원, 한국과학기술원 토목공학과 부교수

*³ 정희원, 한국과학기술원 토목공학과 박사과정

연구에서는 현장에서 직접 삼축시험용 비교란 화강풍화토시료를 채취할 수 있는 시료채취기를 개발하였고 이를 이용하여 채취한 비교란 시료와 정적으로 다져진 시료에 대하여 공진주/비틀전단시험과 삼축압축시험을 수행하였다. 시험결과로부터 미소한 변형률에서의 거동특성과 비교란 및 다짐 화강풍화토의 강도특성을 검토하였다. 대상으로 한 지반의 경우 1% 이내의 미소한 변형률 영역에서는 다짐시료와 비교란시료의 탄성계수가 거의 일치하였으며 강도의 뚜렷한 차이 또한 발견할 수 없었다. 비교란화강풍화토의 경우는 시료의 불균일성 등으로 인하여 파괴시의 변형률이 매우 넓게 분포하였다.

Keywords : Undisturbed sampling device, Weathered granite soil, Internal strain measurement

1. 서론

화강풍화토는 화강암질 암석이 풍화된 잔적토를 의미하며, 넓게는 이에 의해 형성된 붕적토를 포함시키기도 한다. 이러한 화강풍화토는 우리나라 전역에 걸쳐 광범위하게 분포하는 흙으로 도로, 지하철, 사면조성, 건물의 기초 등의 공사가 화강풍화토지반에서 빈번히 행해지고 있다.

화강풍화토의 입자구조는 풍화도와 모암의 구성광물에 의해 영향을 받는다. 특히 일상적으로 주어지는 구속압에서도 입자 파쇄가 유발되며 비교란 잔적토지반의 특성과 다짐토지반의 특성에는 큰 차이가 있다. 따라서, 현장에서 접하게 되는 화강풍화잔적토의 특성을 연구하기 위해서는 교란되지 않은 상태의 시료를 채취하는 것이 매우 중요하다. 그럼에도 불구하고 비교란 화강풍화토에 대한 연구는 미비한 실정이며, 여러 연구자들이 화강풍화토의 비교란시료 채취를 위한 장비개발에 주력하여 몇몇 우수한 방법들이 개발되었으나 블록형태의 비교란시료로부터 삼축시험용 시료를 성형하기는 매우 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 화강풍화토지반의 비교란시료를 채취하기 위하여 시료채취기를 개발하였고 개발된 시료채취기의 구조, 채취방법 등에 대하여 상세히 기술하였다. 또한 시료의 입자파쇄를 최소화하며 교란된 화강풍화토를 실내에서 재성형하기 위한 정적시료다짐기를

제작하고 이를 이용한 시료성형방법을 살펴보았다. 개발한 시료채취기를 이용하여 현장에서 채취한 화강풍화토의 비교란시료와 다짐시료에 대하여 공진주/비틀전단(RC/TS)시험과 국부변형측정기(LTD)를 이용한 삼축압축시험을 수행하였고, 각 시료에 대하여 일반적인 삼축압축시험 또한 수행함으로써 비교란 화강풍화토와 정적으로 다져진 화강풍화토의 거동특성차이를 살펴보았다.

2. 화강풍화토의 비교란시료 채취방법

2.1 기존의 채취방법

화강풍화토 지반은 불균질하고 불연속적이며, 불규칙하게 분포하는 무수한 불연속면이 거동에 결정적인 역할을 하는 경우가 많다. 불균질하고 불연속적인 화강풍화토지반의 특성을 표현하기 위해서는 교란되지 않은 시료의 채취와 이를 이용한 시험이 필요하고 현장에서 대형 원위치시험 또한 요구된다. 그러나, 현재까지도 교란되지 않은 상태의 시료채취 방법이 충분히 개발되지 않아 비교란화강풍화토의 거동특성에 대한 연구가 상당히 늦어지고 있다.

최근들어 비교란시료의 확보를 위한 연구가 비교적 활발히 진행되어 여러 방법이 개발되었다. 예로서 못 타설법(nail sampler)이 개발되어 지표면에서 안정적으로 블록샘플을 얻을 수 있게 되었고 액체질소를 이용하여 일시적으로

시료를 동결시켜 채취하는 방법도 시도되고 있다.

강도시험과 관련해서는 전단시험을 할 수 있는 방법이 개발되어 시험이 수행되었다. 전단 시료상자에 칼날을 붙여 정적으로 시료에 관입시켜 주위의 흙을 깎으면서 시료를 전단상자에 채우는 방법과 부정형의 시료를 전단상자에 넣고 틈새를 석고로 채워서 시험하는 방법이 있다.

그러나 화강풍화토의 경우 블록샘플로부터 실내에서 비교란시료를 성형하는 과정이 매우 어렵고, 동결법을 이용할 경우 입자의 파쇄와 시료의 교란이 우려된다. 따라서, 본 연구에서는 현장에서 원통형의 시료를 직접 성형할 수 있는 비교란 시료채취기를 제작하였다. 지표면 부근과 굴착에 의하여 노출된 지반에서의 시료 채취가 가능하며 성형과정에서 부주의로 인하여 시료가 부서지는 것을 방지하고 안전한 운반을 위하여 시료의 성형과 동시에 고무막(membrane)이 씌워지도록 하였다.

2.2 비교란 시료채취기의 구조

그림1은 시료채취기를 나타낸 것으로 D는 시료의 직경이고 H는 시료의 높이이다. 본 연구에서는 직경 71mm, 높이 142mm 크기의 시료를 채취할 수 있는 시료채취기를 제작하였다. 그림 1의 (가)는 원형 단면의 시료를 성형하는 부분이며 끝을 칼날과 같이 날카롭게 하여 시료성형이 쉽게 하였다. (나)부분은 성형된 시료를 안전하게 보관하는 역할과 성형된 시료에 고무막을 씌우는 역할을 하며, 내경은 시료의 직경 D와 고무막의 두께를 더한 길이로 제작하였으며 그림2와 같이 양쪽으로 분리되도록 제작하여 시료를 뽑아낼 때 생길 수 있는 충격을 최소화하였다. (나)부분의 시료를 삼축시험에 바로 사용할 수 있도록 진공압을 가하여 미리 고무막(membrane)을 씌우고 채취기를 부착 시킨후 시료채취를 수행하도록 제작하였다. (다)는 시료채취기와 지지대를 연결하는 역할을 하는 동시에 지표면 부근의 교란된 시료를

제거할 수 있게 한다.

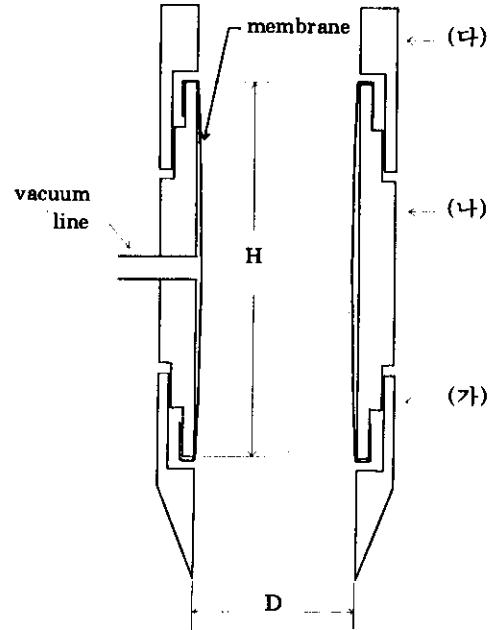
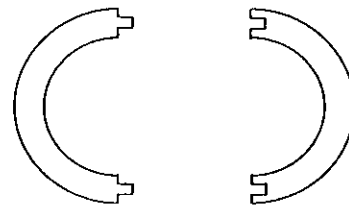
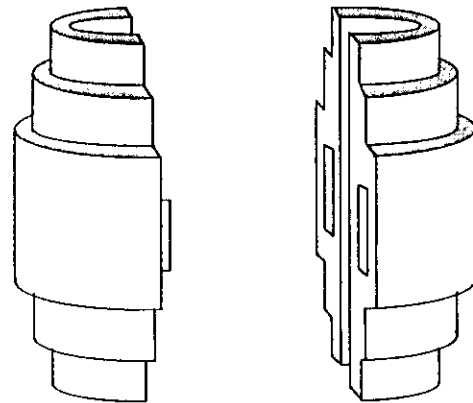


그림 1. 비교란 시료채취기의 개요도



(a) 몰드의 횡단면



(b) 몰드의 맞물림장치

그림 2. 좌우분리형 시료채취기 몰드

2.3 현장에서의 시료채취 방법

현장에서 시료채취기를 조립하고 지지대를 대상지반에 설치한 후 시료를 채취하는 상세한 과정은 다음과 같다.

- (1) 그림2와 같이 분해된 시료채취기의 몸체 부분중 결합될 때 서로 맞닿는 부분에 vacuum grease를 얇게 바르거나 테프론 테이프를 끼우고 서로 맞물리게 한다.
- (2) 맞물린 몸체 부분의 안쪽으로 고무막을 넣고 양쪽으로 뒤집어 씌운다. 이때 너무 팽팽하게 당기거나 너무 느슨하지 않아야 한다.
- (3) 그림1과 같이 (가)와 (다)부분을 끼워서 시료채취기를 조립하고 그림3의 (마), (바)와 같이 볼트로 단단히 조인다. 일반적으로 판매되는 고무막은 길이가 길어서 계단식 단면중 (가) 부분에 끼울 부분까지 씌워지게 되는데, 사전에 미리 자르거나 접어서 (가)부분을 끼우는데 방해가 되지 않도록 한다.
- (4) 시료를 채취할 위치의 지반 표면을 평평하게 고른다.
- (5) 평평하게 고른 지반 위에 지지대를 올려 놓고 앵커를 박아 고정시킨다. 이때 그림 3의 베어링 장치가 있는 부분을 지표면에 닿게하면 이후의 과정에서 상하이동이 쉽다.
- (6) 조립된 시료채취기를 지지대에 연결한다. (다)부분의 윗면에 홈을 파고 나사선을 내서 지지대에서 볼트로 조이도록 제작하였다(그림3의 (라)).
- (7) 시료채취기의 (가)부분에 해당되는 주위지반을 제거한다. 시료의 직경 D보다 약 1mm정도 여유를 남겨두고 주위지반을 제거하는 것이 적당하다. 이때 시료로 채취될 부분이 손상되지 않도록 세심한 주의가 요구된다(그림3).
- (8) 시료의 단면 주위지반을 제거한 후 시료채취기의 자중에 의해서 또는 가볍게 누르면 시료채취기가 아래로 전진하면서

시료채취기 내부로 직경D의 원형단면인 시료가 들어오게 된다. 지반의 풍화도에 따라 차이가 있으나 한번에 약 1cm 정도씩 밀어넣는 것이 좋다.

- (9) 위 (7)과 (8)의 과정을 수회 반복하여 시료가 그림1의 (나)부분에 가까이 오면 진공압을 가하여 공기를 뽑아내어 고무막이 시료채취기의 내벽에 밀착되게 한 후 시료채취기를 아래로 전진시킨다. 시료채취기 주위의 흠을 제거하는 작업을 할 때는 진공압을 켜켜하여 고무막이 채취된 시료를 구속하게 하여 안정되도록 한다.
- (10) 과정 (9)를 반복하여 시료를 성형한다.
- (11) 시료채취기 안에 시료가 가득차면 아랫부분을 절단하고 지지대와 시료채취기를 분리하고 양쪽 단면을 고른 후 시료를 비닐로 밀봉하여 실험실로 운반한다.

이상의 과정을 통해 화강풍화토의 비교란시료를 채취할 수 있으며 현장간극비와 현장의 함수비를 측정할 수 있다. 시료채취도중 석영 입자덩어리가 시료채취기 선단에 걸리는 경우가 있다. 화강풍화토내의 석영 입자덩어리는 화학적풍화에는 안정하지만 물리적 풍화가 상당히 진행되어 무수한 균열이 발달되어 있어 핀셋을 이용하여 작은 조각을 떼어내며 작업을 계속한다.

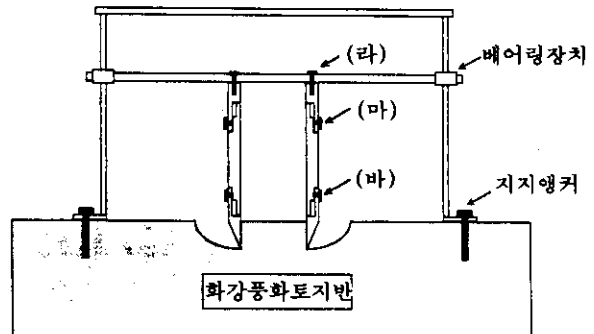


그림 3. 시료채취시의 단면

이와같이 채취한 시료의 상태는 육안으로 보기에 아주 양호하다. 모암의 층상구조를 선명하게 볼 수 있으며, 가끔 모암의 절리면에 끼어 있는 녹을 볼 수 있다. 또한 시료를 채취할 단면을 경사지게 고르고 지지대를 경사지게 설치하여 연직방향이 아닌 방향의 시료채취도 가능할 것으로 예상되며, 이를 이용하여 화강풍화토의 이방성에 대한 연구도 가능하리라 생각된다.

2.4 실험실에서의 작업 과정

현장에서 채취한 비교란시료를 실험실로 운반하여 시료채취기에서 시료를 분리해 내는 과정은 다음과 같다.

- (1) 밀봉을 해제한다.
- (2) 시료채취기를 시료 채취 작업을 할 때와 같은 방향으로 세우고 그림1의 (다)부분을 뽑아낸다. 먼저 조여진 볼트를 풀고 시료 위에 약간의 하중을 올려놓거나 가볍게 눌러서 시료가 인장을 받는 것을 방지한다.
- (3) 스페츨라를 이용하여 (다)부분에 들어있던 흙을 제거한다. 이때 세심한 주의가 필요하며 제거된 흙으로 함수비를 측정한다.
- (4) 고무막이 손상되지않게 주의하면서 시료의 단면을 평평하게 고른다.
- (5) 과정 (4)에서 고른 단면에 평평하고 넓은판을 대고 시료채취기 전체를 작업대 바닥에 거꾸로 세운다.
- (6) 과정 (2)에서와 같은 요령으로 (가)부분을 뽑아내고, 단면을 평평하게 고른다.
- (7) 시료채취기의 몸체를 옆으로 눕히고 뒤집어서 씌운 고무막을 바로 편 후 (나)부분을 조심스럽게 좌우로 분리하면 고무막이 씌워진 비교란시료를 얻을 수 있다. 시료의 직경과 높이를 측정한 후 삼축시험기에 정치한다.

3. 정적시료다짐기

3.1 정적시료다짐기의 구조

화강풍화토의 Proctor다짐을 하는 경우 입자파쇄의 발생으로 입도분포가 변하여 현장지반의 특성을 재현하기가 어려우며 다짐 후 시료 추출시 자립하기 힘들어 시험용 시료의 성형이 매우 어렵다. 이러한 입자파쇄를 최소화하기 위하여 정적시료 다짐기를 제작하여 본 연구에 사용하였다(그림 4).

이용된 정적시료다짐기는 시료를 다질 때 가해지는 응력을 측정하거나 조절할 수 없으나, 다져진 시료의 건조밀도와 함수비를 비교적 정확히 조절할 수 있다. 그림4는 제작한 정적시

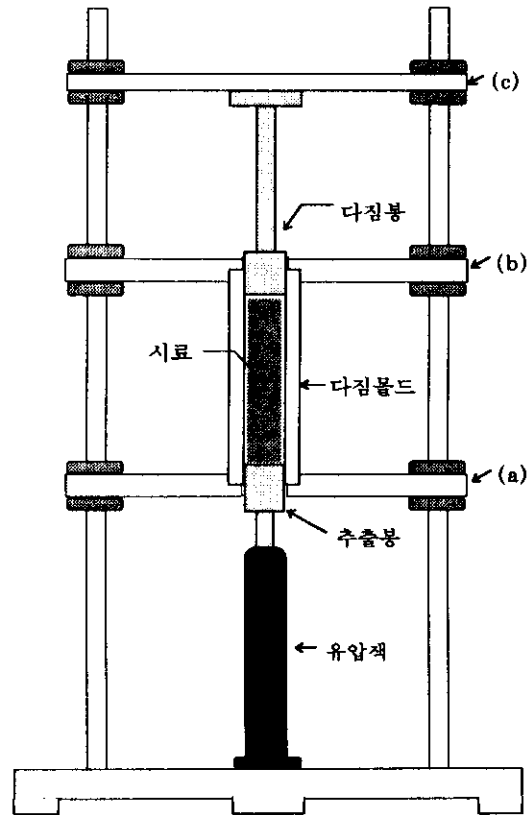


그림 4. 정적시료다짐기의 개요

료다짐기의 개요도이며 다짐몰드 속에 일정량의 시료를 넣고 유압잭을 이용하여 밀어 올려서 다진다. 몰드의 직경은 71mm로 시료의 직경과 동일하게 하여 다진 후 추출하여 바로 실험이 가능하도록 하였다.

3.2 다짐시료 성형방법

정적시료다짐기를 이용하여 시료를 성형하는 과정은 아래와 같다.

- (1) 시료를 성형하기 위하여 조건조시킨 시료에 물을 첨가하면서 고무 섞어서 함수비를 맞춘다.
- (2) 다짐몰드의 직경과 원하는 시료의 높이로부터 시료의 부피를 계산하고 원하는 단위중량과 부피를 곱하여 다짐할 시료의 무게를 구한다.
- (3) 시료의 무게를 달아서 몰드속에 넣고 유압잭으로 밀어올려 계산된 부피로 다진다.
- (4) 응력의 고른 분배를 위하여 약 1시간정도 기다린 후 유압잭의 하중을 제거한다.

다짐 과정에서 함수비가 너무 낮은 경우에는 추출 과정에서 시료가 부서져 실험이 불가능하고, 함수비가 너무 높으면 다짐과정에서 몰드의 아래와 위로 물이 흘러나와 함수비가 변하였다. 그러나, 이러한 현상은 극단적인 경우에만 발생하였고 일반적인 함수비 범위에서는 다짐 상태가 양호하여 계산된 건조밀도와 함수비를 가진 시료를 성형할 수 있었다.

4. 비교란 및 다짐 화강풍화토의 거동특성

본 연구에서 개발된 비교란 시료채취기와 정적시료다짐기의 적용성을 살펴보기 위하여 비교란시료 및 다짐시료를 대상으로 화강풍화토의 거동특성을 살펴보았다.

4.1 시험시료

본 연구에서는 대전광역시 금고동 장기위생매립지 건설현장에서 시료를 채취하였다. 채취된 시료의 200번 체 통과량은 건조법과 수세법으로 측정하였고 실험에 사용된 시료의 기본물성과 입도분포곡선은 표1과 그림5에 나타내었다.

표 1. 실험에 사용된 시료의 기본 물성

통일분류법에 의한 분류		SP
체가름 시험결과	Cc	1.23
	Cu	2.5
#200체 통과량(건조법)		6.52(%)
#200체 통과량(수세법)		19.57(%)
다짐시험	최적함수비	21.5(%)
	최대건조밀도	1.52(t/m ³)
비중(Gs)		2.77
Atterberg 한계		NP

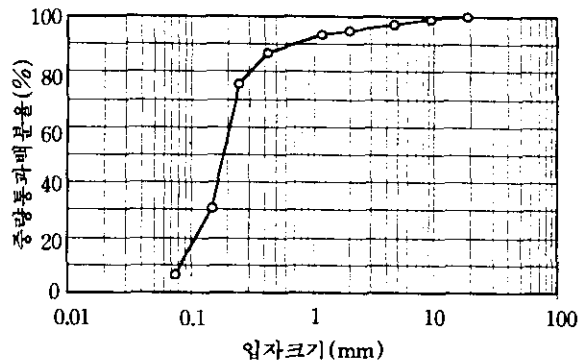


그림 5. 화강풍화토의 입도분포곡선

총 13개의 비교란시료를 채취하였으며 대부분 시료의 현장간극비가 0.5~1.0 사이에 존재하였고 Nishida와 Aoyama(1984)의 풍화등급구분에 의하면 풍화등급 II에 해당하였다. 본 연구에서 사용한 비교란시료의 함수비, 간극비 및 시험종류 등을 표2에 나타내었다. 또한 다짐시료는 현장에서 채취한 교란시료를 이용하

여 비교란시료의 함수비 및 간극비가 동일하게 설정하였다.

표 2. 비교란시료의 물성과 실험조건

시료 번호	함수비 (%)	간극비	풍화 등급 ^①	실험 종류 ^②	구속압 (기압)
#1	17	0.95	Ⅱ	LDT	0.8
				TX	0.8
#2	22	1.07	Ⅲ	LDT	1.6
#3	20	0.91	Ⅱ	TX	1.6
#4	16	0.76	Ⅱ	TX	3.2
#5	17	0.65	Ⅱ	TX	0.4
#6	23	0.88	Ⅱ	TX	1.6
#7	17	0.80	Ⅱ	TX	1.6
#8	15	0.71	Ⅱ	LDT	0.8
				TX	1.6
#9	16	0.60	LDT Ⅱ	0.8	
				TX	3.2
#10	18	0.80	Ⅱ	TX	0.8
#11	16	0.88	Ⅱ	TX	0.4
#12	17	0.41	Ⅰ	RC	0.8
#13	-	0.95	Ⅱ	RC/TS	0.8

① Nishida와 Aoyama(1984)의 풍화등급에 따라, $0.5 \leq e$ 인 경우 등급Ⅰ, $0.5 \leq e \leq 1.0$ 인 경우는 등급Ⅱ, $1.0 \leq e \leq 1.5$ 인 경우는 등급Ⅲ이며 다시 재압축되어 간극비가 1.2정도인 경우를 등급Ⅳ로 분류

② RC/TS: 공진주/비틀전단시험
LDT: LDT를 이용한 삼축압축시험,
TX: 일반삼축압축시험

4.2 시험결과

4.2.1 저변형률(10% 이하)에서의 거동

낮은 변형률에서 비교란시료와 다짐시료의 거동을 비교하기 위하여 비교란시료와 이와 동일한 간극비와 함수비로 재형성한 시료에 대하여 LDT를 이용한 삼축압축시험을 수행하였다.

그림6과 그림7은 간극비가 0.71(풍화등급Ⅱ)

이고 함수비가 14.6%인 비교란시료와 다짐시료의 삼축시험에서 얻은 응력-변형률관계와 변형률 크기에 따른 탄성계수의 변화를 나타낸다. 1%이내의 변형률에서는 비교란시료와 이와 동일한 조건의 재성형시료가 거의 일치하는 결과를 보여주고 있다.

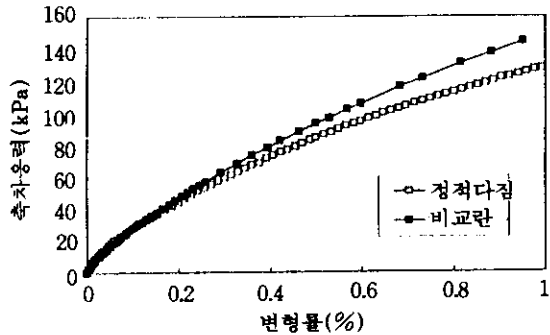


그림 6. 비교란시료와 정적다짐시료의 응력-변형률관계 (간극비 0.71)

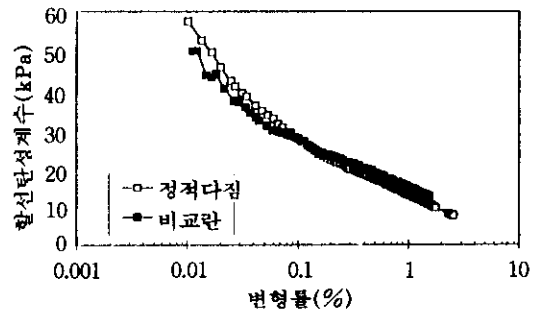


그림 7. 비교란시료와 정적다짐시료의 저변형률에서의 강성도(간극비 0.71)

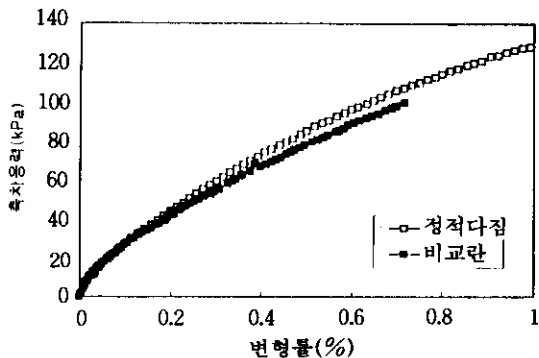


그림 8. 비교란시료와 정적다짐시료의 응력-변형률관계 (간극비 1.07)

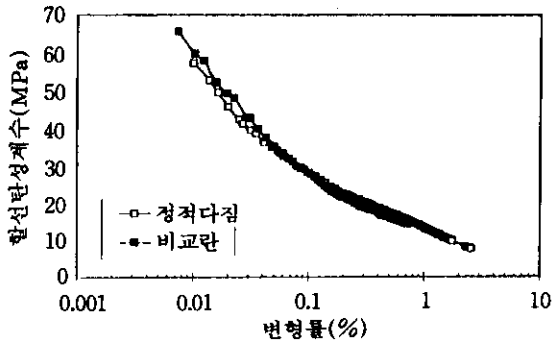


그림 9. 비교란시료와 정적다짐시료의 저변형률에서의 강성도(간극비 1.07)

간극비가 1.07(풍화등급Ⅲ)이고 함수비가 22%인 비교란시료와 다짐시료의 삼축시험 결과는 그림8과 그림9에 나타내었으며, 간극비가 0.71인 시료와 동일한 경향을 나타낸다.

화강풍화도는 풍화의 정도에 따라 그 특성이 변하므로 풍화도에 따른 변형특성을 살펴보기 위하여 풍화정도가 각각 다른 간극비 0.41, 0.71, 0.95의 비교란시료를 0.8기압의 구속압에서 LDT를 이용한 삼축압축시험과 RC/TSS시험을 수행하였다. 그 결과는 그림 10과 같으며, 미소 변형률에서의 탄성계수는 간극비가 작은 시료, 즉 풍화도가 낮은 시료의 경우 더 크게 나타났다.

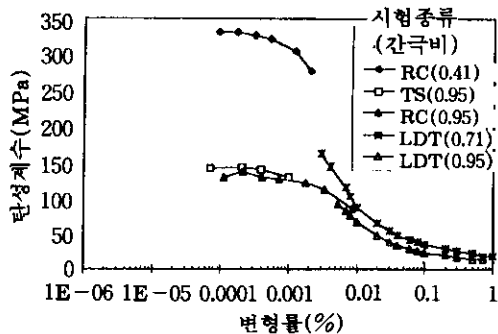


그림 10. 풍화도에 따른 변형특성 (비교란, 구속압 0.8기압)

4.2.2 고변형률($10^{-1}\%$ 이상)에서의 거동 고변형률에서의 비교란 화강풍화도시료와

다짐시료의 응력-변형률 관계를 연구하기 위하여 9개의 비교란시료와 간극비가 0.95이고 함수비가 18%인 다짐시료 3개를 제작하여 일반적인 삼축압축실험을 실시하였다. 그림 11은 다짐시료와 비교란시료의 전형적인 응력-변형률 관계를 나타내고 있다. 다짐시료는 뚜렷한 침투강도가 나타나지 않고 일정한 값에 수렴하며, 비교란시료는 침투강도가 나타나고 그 이후에 변형률연화현상이 나타난다. 다짐시료는 시료내에 파괴면이 형성되지 않고 파괴시 시료의 벌징(bulging)현상이 나타난다.

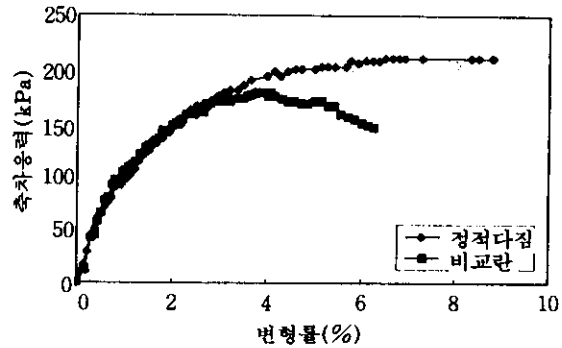


그림 11. 비교란시료와 정적다짐시료의 전형적인 응력-변형률관계(구속압 0.8 기압, 간극비 0.95)

구속압에 따른 다짐시료와 비교란시료의 응력-변형률관계는 그림12에 나타낸 바와 같으며, 다짐시료의 간극비가 크어도 불구하고 각각의 구속압에서 일반적으로 다짐시료의 파괴시 축차응력이 비교란시료의 파괴시 축차응력보다 크게 나타났다. 비교란 시료에서 나타나는 파괴면은 일반적인 흙에서 볼 수 있는 것과 비슷한 경우도 있으나 모암의 성질과 풍화의 과정에서 생성된 불연속면의 성질 및 방향에 따라 특이하게 나타나는 경우도 있었다. 즉 파괴각이 시료의 내부마찰각 ϕ 와 관계없이 나타나기도 하고, 하나의 파괴면이 형성되어 진전되다가 진전된 방향이 급격하게 바뀌는 현상이 나타나기도 하였다. 또한 파괴면이 시료의 가운데 부근이 아닌 양쪽 끝부분에 형성되는 경우는 파괴면이 형성된 후 축차응력의 증가는 없고 top cap이 기울어지면서 시료가 편심을

받아 한쪽으로 휘는 현상이 발생하였다.

그림13은 동일한 구속압(1.6 기압)에서 풍화도가 다른 4개의 비교란시료에 대한 실험 결과이다. 풍화도가 증가할수록 최대축차응력이 감

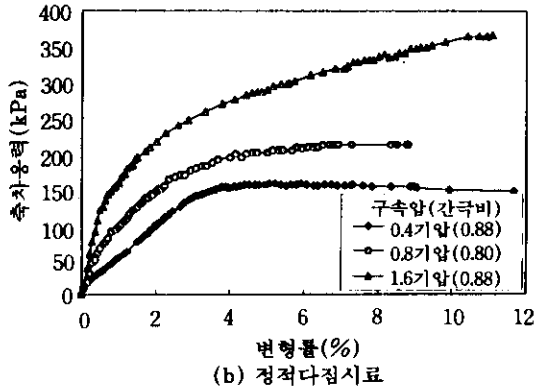
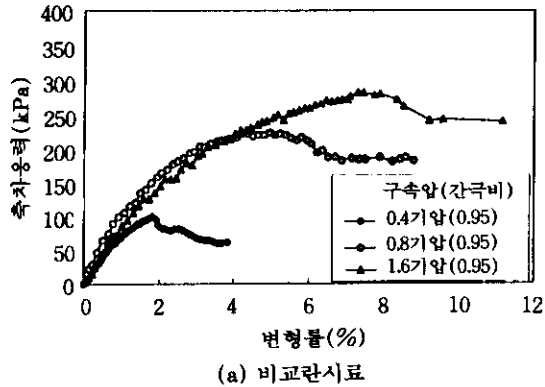


그림 12. 구속압에 따른 비교란시료와 정적다짐시료의 응력-변형률관계

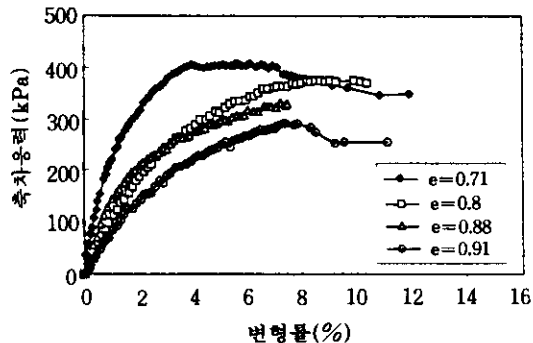


그림 13. 풍화도에 따른 최대축차응력 변화 (구속압 1.6기압)

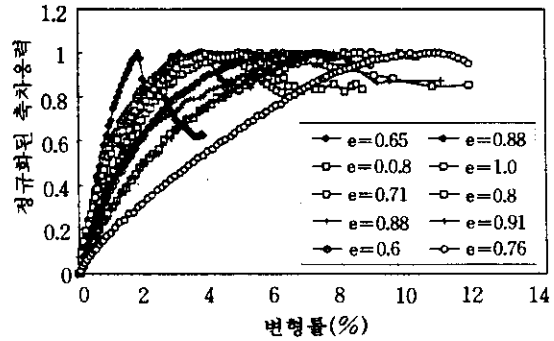


그림 14. 비교란시료의 정규화된 응력-변형률관계

소하나, 최대축차응력에 대응하는 변형률과 풍화도와는 경향성은 발견할 수 없었다. 그림14는 비교란시료에 대한 삼축압축시험결과를 각각의 최대축차응력으로 정규화하여 나타낸 것으로 파괴시의 변형률이 2%정도부터 11%정도까지 넓게 분포하였다.

4.2.3 강도특성

본 연구에서 사용된 비교란시료는 시료에 따라 간극비가 다르므로 간극비를 맞추어 비교하기는 어렵다. 이들 중 파괴강도에 이르기까지 실험한 시료의 간극비는 0.6부터 0.9까지로 풍화도는 모두 등급 II에 해당한다. 따라서 이들을 좀더 세분하여, 간극비가 0.6~0.8인 시료는 풍화도가 낮은 것으로 분류하였고, 0.8~0.95인 시료는 풍화도가 높은 것으로 분류하였다.

그림15는 풍화도가 다른 비교란시료와 다짐시료의 경우 얻어진 p-q 관계도를 나타내고 있다. Mohr-Coulomb 파괴규준으로부터 얻어진 점착력(c)과 내부마찰각(ϕ)는 풍화도가 낮은 시료의 경우 $c=32.02\text{kPa}$, $\phi=27.4^\circ$ 였으며 풍화도가 높은 경우는 $c=12.15\text{kPa}$ 이고 $\phi=27.9^\circ$ 였다. 이로부터 판단할때 점착력(c)는 풍화도가 낮을수록 더 커지고 내부마찰각(ϕ)는 풍화도에 따라 거의 차이가 없는 것으로 여겨진다. 다짐시료의 점착력(c)는 22.93kPa 이며 내부마찰각(ϕ)는 28.4° 로 비슷한 조건의 비교란시료보다 약간 크게 나타났다. 비교란시료의 강도는 화강풍화토시료내에 존재하는 불연속면과 취

약면에 의존하며, 다짐시료는 시료가 균일하여 유사한 조건의 비교란시료($0.8 < e < 0.95$)보다 강도가 큰 것으로 판단된다. 아래의 표3에 화강풍화토시료의 강도정수를 요약하였다.

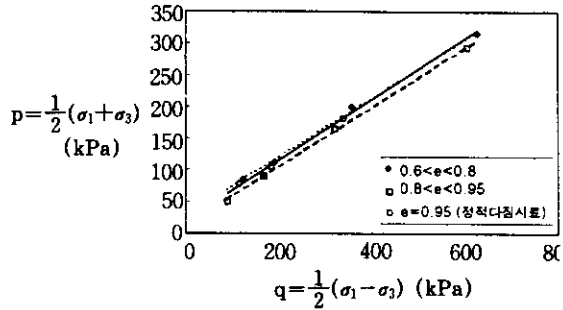


그림 15. 화강풍화토의 강도정수(p-q 관계도)

표 3. 금고동 화강풍화토의 강도정수

시료종류	내부마찰각(ϕ)	점착력(c)
풍화도 낮은 비교란시료 $0.6 < e < 0.8$	27.4°	32.02kPa
풍화도 높은 비교란시료 $0.8 < e < 0.95$	27.9°	12.15kPa
다짐시료 $e = 0.95$	28.4°	22.93kPa

5. 결 론

본 연구에서는 화강풍화토 지반에서 비교란 시료를 채취하기 위한 시료채취기를 개발하였다. 채취한 시료는 상태가 아주 양호하였고 공진주/비틀전단시험과 삼축압축시험에 사용하였다. 풍화도가 다른 화강풍화토의 강도 및 변형특성과, 비교란 화강풍화토시료와 다짐시료의 강도 및 변형특성에 대하여 얻어진 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 미소변형률 상태(1%이내)에서 응력-변형률관계는 비교란 화강풍화토와 이와 동일한 함수비 및 간극비를 가지는 정적 다짐토는 거의 일치하는 거동을 나타내었다.

(2) 비교란 화강풍화토 시료의 파괴면은 내부마찰각과 무관한 각도로 형성되었고, 파괴시의 변형률은 약 2%~11% 정도로 넓게 분포하였다. 파괴면이 명확히 나타나는 경우는 비교적 낮은 변형률에서 파괴되었으며 뚜렷한 파괴면이 나타나지 않는 경우는 비교적 큰 변형률에서 파괴되었으나 풍화도(시료의 간극비)나 함수비와 상관성은 발견할 수 없었다.

(3) 동일한 조건에서 풍화도가 감소하면 강도가 커지는데, 내부마찰각은 거의 비슷하며 점착력이 약간 증가하였다. 즉 풍화도 감소로 인한 간극비 차이에 의한 강도증가는 점착력(압자간 결합력)증가의 효과로 나타나는 것으로 판단된다.

본 연구에서 대상으로 한 시료는 풍화정도를 간극비로 구분할 때 풍화등급 II ($0.5 \leq e \leq 1.0$)에 해당하므로 풍화정도에 따른 강도 및 변형 특성 변화를 구분하기는 곤란하였다. 추후에 풍화도에 따른 거동특성의 규명을 위해서 보다 다양한 풍화도를 갖는 시료에 대한 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구비(961-0100-001-2) 지원으로 수행되었으며 지원에 감사를 드립니다. 또한 시험장소 제공과 시료채취에 협조해주신 한밭개발공사 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참고 문헌

- 김용진, 이인모, 이인근 (1997), "구성식을 이용한 다짐화강토의 공학적 특성(1)" 한국지반공학회지, 第10卷 第3號, pp. 55~78
- 이승래, 김동수, 정순용, 권기철 (1996), "교란 및 불교란 화강풍화토의 변형특성", 토목학회 학술발표회 논문집(Ⅲ), pp.339~402
- 정순용 (1997), "비교란 및 다짐 화강풍화토의

- 응력-변형률관계에 대한 연구”, 한국과학기술원 석사학위논문
4. 西田一彦 著(1986), “風化 殘積土の 工學的 性質”, 박춘식 譯(1996), “화강풍화토의 특성”, 도서출판 엔지니어즈
 5. 홍은수(1993), “화강풍화토의 전단특성에 대한 실험적연구”, 한국과학기술원 석사학위논문
 6. Miura, N. and O-Hara, S.(1979), “Partical-Crushing of a Decomposed Granite Soil under Shear Stresses”, Soil and Foundations, Vol. 19, No.3, pp.1~14
 7. Nishida, K. and Aoyama, C.(1984) “Classification System of Decomposed Granite Soil in Undisturbed State”, 일본 토목학회 논문집, 352券, pp. 159~168(in Japanese)
 8. Onitsuka, K., Yositake, S. and Nanri, M. (1985), “Mechanical Properties and Strength Anisotropy of Decomposed Granite Soil”, Soil and Foundations, Vol.25, No.2, pp.14~30
 9. Onodera, T., Oda, M. and Minami, K.(1976), “Shear Strength of Undisturbed Sample of Decomposed Granite Soil”, Soil and Foundations, Vol.16, No.1, pp.17~26
- (접수일자 1997. 8. 7)