

# 堆積岩 風化土의 工學的 特性

—大邱·慶北 地域을 中心으로—

The Engineering Characteristics of Weathered Sedimentary Rock Soils  
—In Taegu and Kyungpook Areas—

김 영 수\*<sup>1</sup>  
Kim, Young-Su  
이 상 복\*<sup>2</sup>  
Lee, Sang-Bok  
정 성 관\*<sup>3</sup>  
Jung, Sung-Gwan

---

## Abstract

Much of Taegu and Kyungpook areas are composed of sedimentary rocks. This paper is concerned with the engineering characteristics of weathered shale soils and mudstone soils.

In this study, the engineering characteristics of weathered shale soils and mudstone soils are investigated by performing tests such as compaction, gradation, CBR, permeability and crushability according to compaction energy and water content. The experiments were carried out to obtain the relationships of the ratio of surface area( $S_w'/S_w$ ) and the index of crushing(IC)

The results are found as follows :

(1) Weathered shale soils are larger than weathered mudstone soils in maximum dry density, but weathered shale soils are smaller than weathered mudstone soils in OMC.

(2) Minimum permeability is found in OMC's 1~2% wet side, and the more compaction energy is high, the more the change's range of permeability becomes narrow.

(3) There is linear correlation between the ratio of surface area and the index of crushing.

$$IC = 14.286S_w'/S_w - 8.429 (r=0.9937)$$

(4) Soaked CBR value becomes maximum in OMC's dry side, and it decreases as the water content increases. Whereas the more compaction energy is high, the more unsoaked and soaked CBR values are high in OMC's dry side, unsoaked and soaked CBR values are opposed to that in OMC's wet side.

---

\*1 정희원, 경북대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*2 한국수자원공사 낙동강사업본부

\*3 정희원, 경북대학교 농과대학 조경학과 부교수

## 요 지

대구·경북지역의 대부분은 퇴적암으로 구성되어 있으며, 퇴적암 풍화토중에서 혈암풍화토와 이암풍화토의 공학적 특성에 대하여 연구하였다. 혈암 및 이암풍화토의 공학적 특성을 파악하기 위하여 다짐시 다짐에너지와 함수비 변화가 입도, 수침 및 비수침CBR, 투수 및 파쇄성에 미치는 영향에 대하여 연구하였고 또한, 표면적비( $Sw'/Sw$ )와 파쇄지수(IC)사이의 상관성을 검토하였다. 그 결과는 아래와 같다.

(1) 최대 건조단위중량은 혈암풍화토가 이암풍화토보다 큰 값을 갖는 반면, 최적함수비는 혈암풍화토가 이암풍화토보다 작은 값을 갖는다.

(2) 최소 투수계수는 최적함수비보다 1~2% 습윤측에 나타났으며, 다짐에너지가 증가할수록 투수계수의 변화폭이 작게 나타났다.

(3) 표면적비와 파쇄지수사이에는 직선적인 상관성이 있는 것으로 나타났다.

$$IC = 14.286Sw'/Sw - 8.429(r=0.9937)$$

(4) 각각의 다짐에너지에서 수침CBR값은 최적함수비의 건조측에서 최대가 되었다가 함수비가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 또한, 최적함수비를 기준으로 하여 건조측에서는 다짐에너지가 커질수록 비수침 및 수침CBR값이 크게 나타나는 반면, 습윤측에서는 그와 반대의 현상이 나타났다.

## 1. 서 론

한국의 지질은 선캄브리아기층에서 신생대층에 이르기까지 다양하게 분포하고 있으나, 한반도의 기반을 이루는 것은 선캄브리아기의 변성암류와 중생대의 화강암류로서 여러차례의 지각변동과 백악기 이후의 융기 및 삭박작용에 의하여 크게 노출되어 우리나라 지질 분포 면적의 태반을 차지한다. 이와 같이 한국의 지질은 대부분 화성암과 변성암으로 구성되어 있지만, 대구·경북 지역은 퇴적암으로 구성되어 있는 국내 지질 분포상 특이한 지역이며, 이 지역의 퇴적암은 대부분 중생대 백악기 및 신생대 제3기 지층으로 구성되어 있다.

암석과 토사의 중간단계인 풍화토의 특성연구에 있어서, 화강암 풍화토의 경우에는 국내 외적으로 활발한 연구가 진행되어 왔으나 퇴적암 풍화토에 대한 연구는 외국에서만 어느 정도 진행되었을 뿐, 국내에서는 거의 연구가 수행되지 않고 있다. 따라서 퇴적암 풍화토에 대한 공학적 특성에 대한 연구가 부족하여 설

계 및 시공상에 상당한 문제를 일으키고 있는 실정이다. 본 연구는 대구 앞산지역(대덕산, 산성산, 비파산)의 혈암(shale)풍화토와 경북 포항지역의 미고결된 이암(mudstone)풍화토를 대상으로 하여 두 풍화토에 대한 구성 성분, 물리적 및 공학적 특성을 연구하였으며 이들의 특성을 상호 비교검토하였다.

## 2. 시료의 특성과 입도분포

본 연구에 사용된 이암풍화토와 혈암풍화토의 액소성 한계 및 비중은 이암풍화토의 경우 59%, 34.5% 및 2.502이고 혈암풍화토의 경우 32.68%, 16.4% 및 2.67이며, 자연 상태 시료(혈암의 경우에는 19.1mm통과시료를 사용)의 입도특성과 입도분포곡선은 표 1 및 그림 1과 같다. 두 풍화토의 투수성 및 파쇄성을 파악하기 위한 실험은 4.76mm체를 모두 통과한 시료를 사용하였다.

표 1 및 그림 1에서 보는 바와 같이 자연상태의 이암풍화토 및 혈암풍화토의 입도분포는

상당히 양호한 것으로 판단되어진다.

표 1 입도 특성

시료	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>10</sub> (mm)	Cu	Cc	USCS
이암풍화토	13.28	4.95	0.705	18.837	2.617	SW
혈암풍화토	3.7	1.2	0.26	14.23	1.5	SW

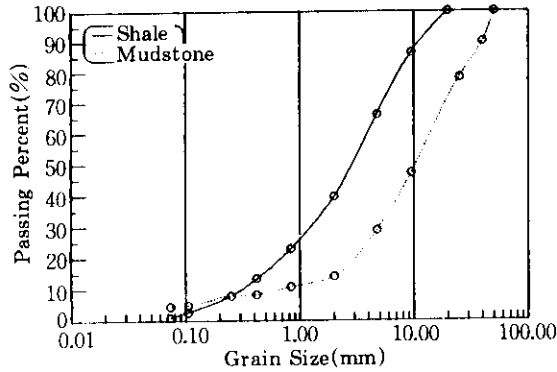


그림 1. 입도분포곡선

### 3. 광물 조성

자연 건조상태에서 #200체를 통과한 미고결된 이암풍화토와 혈암풍화토의 입자크기를 알아보기 위해 편광 현미경 분석을 하였고 풍화토의 광물 조성을 파악하기 위하여 X-선 회절분석을 하였으며, 그 결과를 표 2 및 그림 2에 나타냈다. 그리고 표 2에는 각 회절 정점(diffraction peak)이 생긴 2θ, 면간 거리 d(Å) 및 회절 정점의 상대강도(I/I<sub>0</sub>)가 나타나 있으며, 그림 2는 X-선 회절분석도이며 각 정점들이 나타내는 광물을 명기하였다.

표 2 및 그림 2의 X-선 회절시험으로부터 두 풍화토는 풍화에 의한 풍화쇄설물들로 구성되어 있음을 알 수 있고 이러한 풍화쇄설물들은 점토광물, 세립의 석영(quartz) 및 소량의 장석(albite) 등으로 구성되어 있다. 이와같이 풍화쇄설물들은 일차광물 즉, 석영, 장석, 운모로부터 풍화, 운반, 퇴적된 것으로 사료된다. 또한 편광현미경 분석을 통한 두 풍화토의 입자크기는 30μm이하인 Matrix가 75%이상으로

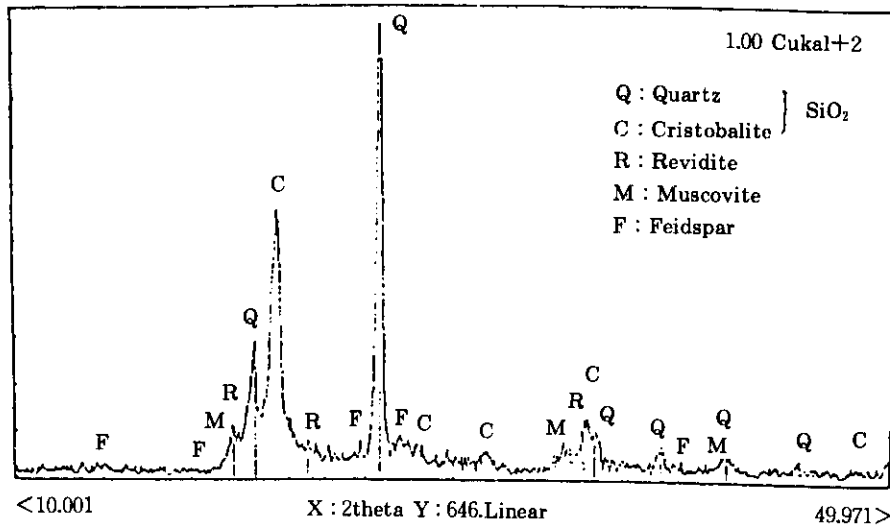
존재하며, 이와 같은 사실로부터 두 풍화토가 실트와 점토가 굳어서 된 이암 및 혈암풍화토임을 알 수 있으며, 특히 혈암은 이암에 비해서 외관상 뚜렷한 층상구조를 갖고 있는 것으로 나타났다.

### 4. 공학적 특성

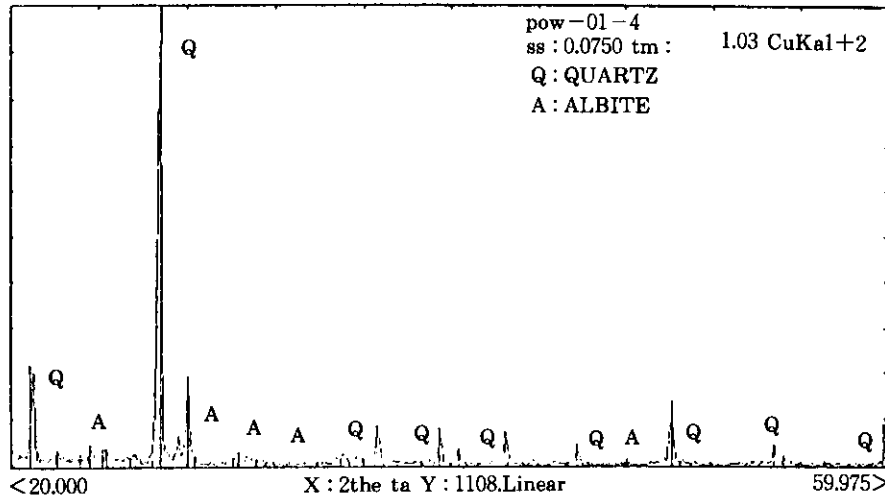
다짐 및 CBR특성, 투수 및 파쇄특성을 알아보기 위하여 다짐몰드의 크기를 각각 다르게 하여 시험을 행하였다. 전자의 경우 직경이 150mm인 몰드에 각층당 다짐회수를 달리하면서 5층 다짐을, 후자의 경우 직경이 100mm인 몰드에 각층당 다짐회수를 달리하면서 3층 다짐을 행하였다. 다짐시료의 사용방법은 건조법 및 비반복법을 사용하였다. 그리고 파쇄후의 입도변화를 알아보기 위한 방법으로 이암풍화토는 KS F 2302에 준하여 #10체의 통과 시료를 비중계법(hydrometer test)으로 시험을 행한 반면, 혈암풍화토는 건조와 입자 분리(입자 파쇄가 일어나지 않는 범위에서)를 반복한 후 체분석을 행하였다. 이는 사용 시료의 함수량에 따라 입도분포가 크게 달라지는 특성을 지

표 2 X-선 회절시험 결과

이암 풍화토			혈암 풍화토		
position (2θ)	d(Å)	I/I <sub>0</sub>	position (2θ)	d(Å)	I/I <sub>0</sub>
20.781	4.2710	27.2	20.878	4.2497	21.98
21.950	4.0461	59.1	26.903	3.3101	100
22.531	3.9431	13.3	27.907	3.1932	16.17
24.319	3.6570	7.1	34.433	2.6015	7.16
25.760	3.4556	8.5	36.441	2.4626	6.42
26.650	3.3422	100	39.454	2.2812	3.58
35.227	2.5456	7.1	42.466	2.1261	6.42
39.538	2.2775	6.7	50.498	1.8052	3.33
			51.001	1.7885	9.88
			55.017	1.6671	5.06



(a) 이암풍화토



(b) 혈암풍화토

그림 2. X-선 회절 분석도

년 퇴적암 풍화토에 대한 분류 방법으로 비중 비계법을 사용하기에는 한계점이 있기 때문에 이암풍화토와 혈암풍화토의 실험 방법을 다르게 하여 결과를 산출하였다.

그리고 파쇄량 파악을 위한 연구에서는 화강암 풍화토에 널리 사용되고 있는 福本武明의 이론과 퇴적암 풍화토에 널리 사용되고 있는 Aughenbaugh의 이론을 사용하였으며, 또한 福

本武明의 이론식에서 다짐전후의 입자의 파쇄 정도를 나타내기 위해 사용하는 표면적비( $Sw'/Sw$ )와 Aughenbaugh의 이론식에서 다짐전후의 입자의 파쇄 정도를 나타내기 위해 사용하는 파쇄지수(IC: Index of Crushing)와의 상관성을 고찰하였으며, 표면적비와 파쇄지수를 구하기 위해 사용한 식은 아래와 같다.

$$Sw'/Sw = (\sqrt[3]{2})^{SL}$$

$$S.I.=2(P_2'-P_2)-(P_1'-P_1)(P_1'+P_1-2) \quad (1)$$

위의 식(1)에서  $S_w$ 와  $S_w'$ 는 입자의 파쇄전 후의 비표면적이며,  $P_1$ 과  $P_2$ 는 파쇄전의 1회째 와 2회째의 가적통과율 總和의 1/100이고  $P_1'$  와  $P_2'$ 는 파쇄후의 것이다. 또한, S.I.는 입자 파쇄량으로 정의되고 있으며, 이 파쇄량(S.I.)은 토립자 표면적비의 對數에 비례하는 양이다.

$$IC = \frac{B_0 - B_1}{B_0} \times 100(\%) \quad (2)$$

$$B = \sum(D_i \times A_i)$$

$$D = \sum(D_i \times A_i) / \sum A_i$$

위의 식(2)에 의하여 파쇄량을 다짐전의 입 경간의 잔류중량과 평균입경의 곱들의 總和 ( $B_0$ )에 대한 다짐후의 입경간의 잔류중량과 평균입경의 곱들의 總和( $B_1$ )에 대한 항으로 계산 하여 다짐전후 전체입도의 평균입경(D)의 변화정도를 파쇄지수의 항으로 구하고 있다. 여기서,  $A_i$ 는 각체에 잔류하는 시료의 중량이다. 식(2)에서 처럼 각각에 대해서 다짐에너지가 커질수록 입자의 세립화에 따른 파쇄량의 증가로 인하여  $B_1$ 값이 감소하게 되며,  $B_0$ 값의 감소량이 커질수록 파쇄지수의 값이 증가됨을 알 수 있다.

표 3 다짐특성

층당 다짐 (회)	표준 다짐				층당 다짐 (회)	수정 다짐			
	이암풍화토		혈암풍화토			이암풍화토		혈암풍화토	
	최적 함수비 (%)	최대 건조 밀도(g/cm <sup>3</sup> )	최적 함수비 (%)	최대 건조 밀도(g/cm <sup>3</sup> )		최적 함수비 (%)	최대 건조 밀도(g/cm <sup>3</sup> )	최적 함수비 (%)	최대 건조 밀도(g/cm <sup>3</sup> )
10	53.4	1.000	22.60	1.588	10	-	-	20.40	1.694
17	51.5	1.035	-	-	25	-	-	18.71	1.740
25	51.3	1.044	21.00	1.645	35	49.20	1.054	-	-
33	50.9	1.046	-	-	40	-	-	17.40	1.772
40	50.6	1.050	18.60	1.705	45	48.80	1.070	-	-
50	50.0	1.058	-	-	55	48.20	1.085	16.86	1.788
55	-	-	17.65	1.737	65	47.80	1.100	-	-
70	-	-	17.30	1.753	70	-	-	16.53	1.797
					100	-	-	15.88	1.810

#### 4.1 다짐특성

다짐특성을 파악하기 위하여 표준다짐과 수정다짐을 행하였으며, 전자의 경우는 투수성 및 파쇄성과의 상관성을, 후자의 경우에는 수침 및 비수침 CBR과의 상관성을 파악하기 위하여 두 종류의 방법으로 시험을 행했다. 두 퇴적암 풍화토에 대한 다짐특성은 표 3과 같다. 표 3에서 보는 바와 같이 퇴적암 풍화토는 흙의 종류에 따라서 최적함수비와 최대 건조밀도가 상당한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 특히 최적함수비에 있어서는 이암풍화토(수정다짐의 경우 49~51% 사이의 값)가 혈암풍화토(수정다짐의 경우 15~21% 사이의 값)보다 2배 이상 큰 값을 갖는 것으로 나타났다. 그림 3은 두 풍화토의 다짐에너지에 따른 최대 건조밀도의 변화를 나타낸 것으로서 다짐에너지 증가에 따른 최대 건조밀도의 증가율은 작지만, 동일한 다짐에너지에서 최대 건조밀도는 혈암 풍화토(수정다짐의 경우 1.69~1.81g/cm<sup>3</sup>)가 이암풍화토(수정다짐의 경우 1.05~1.1g/cm<sup>3</sup>)보다 1.5배 가량 큰 값을 갖는 것으로 나타났다. 그림 4는 두 풍화토의 다짐에너지에 따른 간극비의 변화를 나타낸 것으로서 다짐에너지 증가에 따른 간극비의 변화율은 작지만, 동일한 다짐에너지 사이에서 두 풍화토의 간극비는

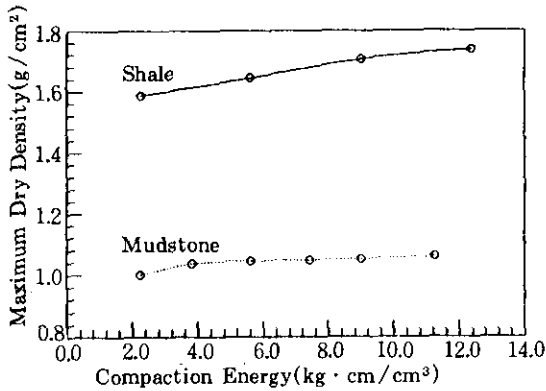


그림 3. 다짐에너지에 따른 최대 건조밀도의 변화

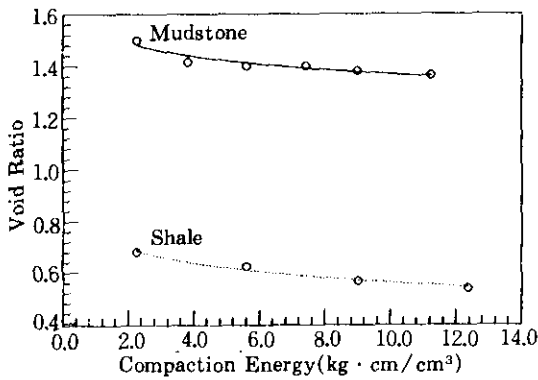


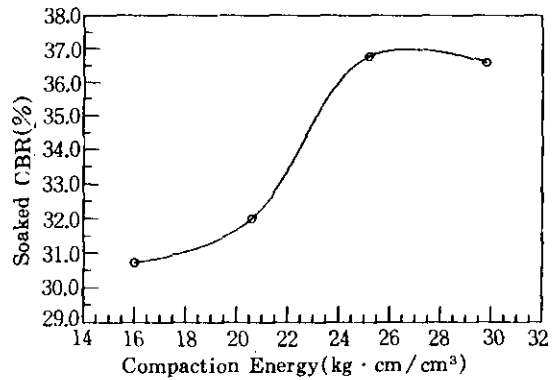
그림 4. 다짐에너지에 따른 간극비의 변화

상당한 차이를 보이는 것으로 나타나 그림 3의 결과를 입증하고 있다.

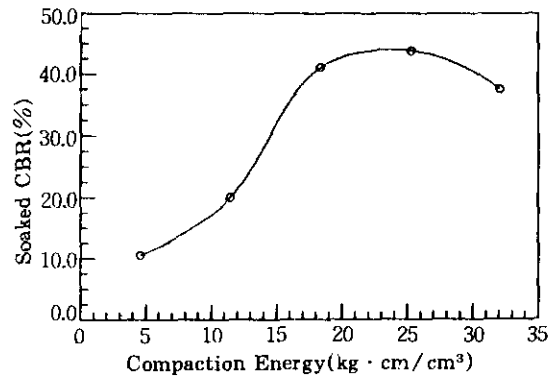
#### 4.2 CBR 특성

두 풍화토에 대한 CBR 특성은 그림 5, 6, 7 및 그림 8과 같다. 그림 5에서 보는 바와 같이 이암풍화토 및 혈암풍화토의 최대 수침 CBR은 다짐에너지가 각각  $27.25 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{cm}^3$ 에서 나타났으며 그 이상의 다짐에너지에서는 다소 감소하는 경향을 보였다. 그림 6은 혈암풍화토의 최적함수비에서 다짐에너지 증가에 따른 수침 및 비수침 CBR의 변화를 나타낸 것으로서 다짐에너지 증가에 따른 수침 CBR은 다짐에너지가  $25 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{cm}^3$ 까지는 증가하다가 그 이후에는 다소 감소하는 경향을 보이지만 비수

침 CBR은 일정 에너지까지는 급격한 증가, 그 이후에는 완만한 증가를 보이면서 전체적으로는 계속 증가하는 경향을 보인다. 그림 7을 통해서 혈암풍화토의 비수침 CBR은 최적함수비가 작을수록 그리고 최대 건조밀도가 클수록 큰 값을 갖는 것으로 나타났다. 그림 8은 각각의 다짐에너지에서 혈암풍화토의 함수비 증가에 따른 비수침 및 수침 CBR의 변화를 나타낸 것으로 모든 다짐에너지에서 비수침 CBR은 함수비가 증가할 수록 감소하는 반면, 수침 CBR은 최적함수비의 약간 건조측에서 최대가 되었다가 그 이후의 함수비에서는 감소하는 경향을 보이고 수침 CBR곡선도 Proctor의 다짐곡선과 비슷한 변화를 보이고 있으며 다짐에너



(a) 이암풍화토



(b) 혈암풍화토

그림 5. 다짐에너지에 따른 수침 CBR의 변화

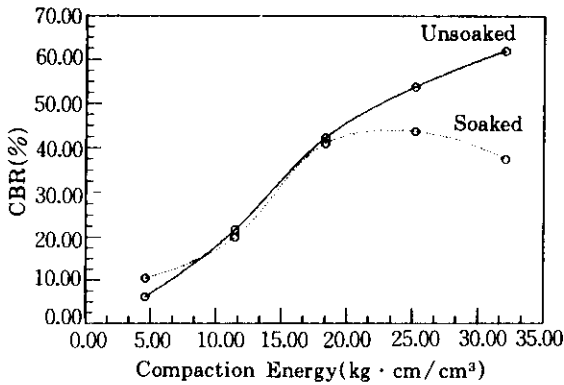


그림 6. 다짐에너지에 따른 CBR의 변화

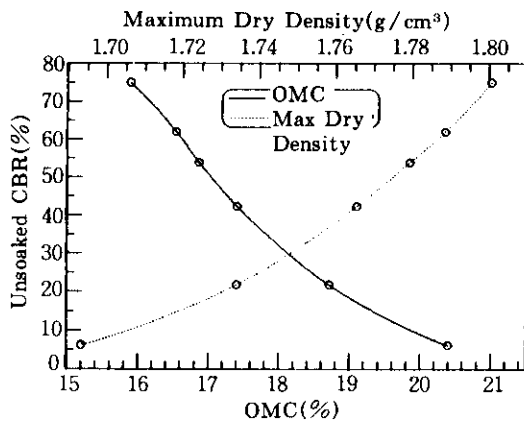


그림 7. OMC 및 최대 건조밀도에 따른 비수침 CBR의 변화

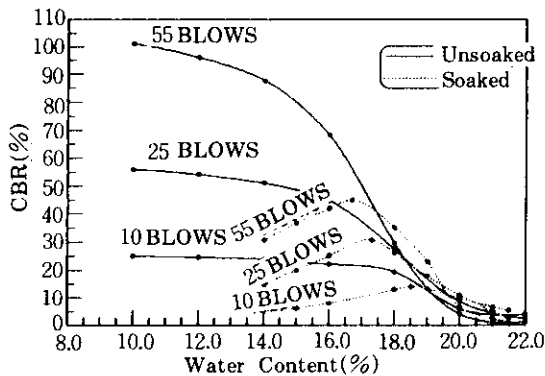


그림 8. 함수비에 따른 CBR의 변화

지의 증가에 따라 최적함수비와 최대 수침 CBR을 나타내는 함수비는 건조측으로 이동하는 경향을 보였다. 또한 다짐에너지에 따른 비

수침 및 수침 CBR이 최적함수비의 좌측에서는 다짐에너지가 클수록 큰 값을 갖는 반면, 최적함수비 우측에서는 다짐에너지가 클수록 작은 값을 갖는 경향을 보였다. 이와 같은 사실들을 종합해 볼 때, 혈암 및 이암풍화토를 다짐작업의 성토재료로 사용할 경우에 있어서 성토지반의 강도를 높이기 위한 방법으로 다짐에너지를 증가시키는 것은 비수침CBR의 경우에는 효과가 있지만, 수침CBR의 경우에 있어서는 어느 정도까지는 효과를 낼 수 있으나 그 이상의 다짐에너지에서의 다짐작업은 별효과가 없을 뿐만 아니라 입자의 세립화로 인한 성토지반의 강도를 감소시키는 역효과를 얻을 수 있으므로 여기에 대한 적절한 주의가 요망된다.

#### 4.3 투수특성

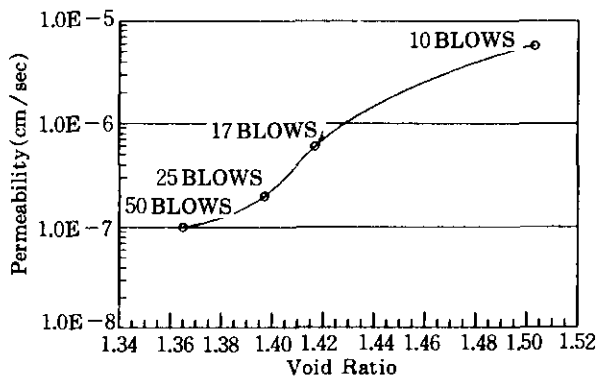
두 풍화토에 대한 투수성을 파악하기 위하여 표준 다짐시험으로 함수비 및 각층당 다짐에너지를 변화시켜 가면서 다짐을 행하여 그 시료에 대한 변수위 투수시험을 행하였고 투수시험의 원활화와 정확도를 높이기 위해 고압진공펌프를 이용하여 600mmHg의 진공도를 유지하여 10분 정도 방치한 후 정상류 상태에서 시험을 행하였다. 시료는 기준입도에 거의 비슷하게 입도를 인위 조정하여 사용하였다. 그 결과는 표 4, 그림 9 및 그림 10과 같이 나타났다. 표 4에서 같이 이암풍화토의 투수계수는  $1.52 \times 10^{-4} \sim 3.1 \times 10^{-7}$  cm/sec의 값을 가지고 혈암풍화토의 투수계수는  $8.5 \times 10^{-4} \sim 3.5 \times 10^{-6}$  cm/sec의 값을 가지므로 두 풍화토는 흙댐 (earth dam)의 코어(core)재료 등과 같은 불투수성 재료로 사용이 가능하다. 그리고 혈암풍화토의 투수계수가 이암풍화토보다 약간 큰 값을 갖는 것으로 나타났다. 그림 10에서는 두 풍화토의 간극비에 따른 투수계수의 변화를 나타낸 것으로서 다짐에너지 증가에 따른 입자의 파쇄량 증가에 따라 투수계수가 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같이 퇴적암 풍화토의 다짐에 의한 토립자의 파쇄현상은 입자의 변화에 따른 간극비의 변화 및 투수성의 저하를 동시

에 일으키므로 이에 대한 적절한 검토가 요망되며, 이러한 특성은 그림 15와 그림 16에 나타나고 있다. 그리고 그림 10에서 두 풍화토의 최소 투수계수는 각 다짐에너지의 OMC의 1~2% 정도 습윤측에 존재하는 것으로 나타났다. 그리고 다짐에너지의 변화에 따른 최소투수계수와 최적함수비에서의 투수계수의 차이는 다

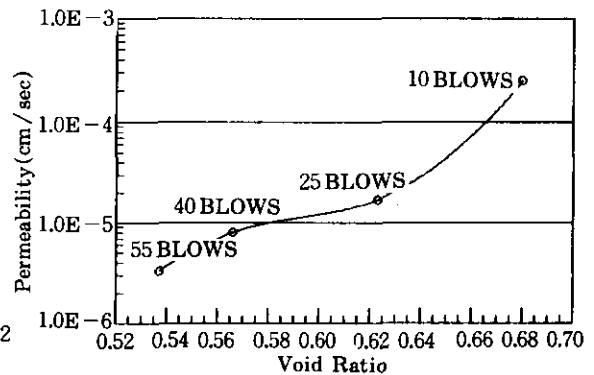
짐에너지가 낮은 경우가 높은 경우보다 크게 나타났다. 이와 같이 시공현장의 여건에 따라 불투성재료로 두 풍화토를 사용할 경우에 최소 투수계수를 얻기 위해서는 최적의 다짐에너지 및 최적의 함수비에 대한 정확한 연구가 있어야 한다.

표 4 투수시험 결과

이암 풍화토의 투수계수 ( $10^{-5}$ cm/sec)							혈암 풍화토의 투수계수 ( $10^{-5}$ cm/sec)				
함수비 (%)	각 층당 다짐에너지						함수비 (%)	각 층당 다짐에너지			
	10회	17회	25회	33회	40회	50회		10회	25회	40회	55회
25.0	2.6	1.4	1.0	0.87	0.38	0.30	14.0	67	4.8	0.99	0.43
35.0	9.0	3.6	2.0	0.4	0.34	0.31	16.0	85	6.3	0.89	0.4
42.5	-	-	2.7	-	-	-	17.65	-	-	-	0.35
45.0	15.2	4.3	2.0	0.362	0.28	0.228	18.6	-	-	0.8	-
50.0	6.2	1.3	1.0	0.048	0.033	0.031	21.0	48	1.7	0.83	0.35
55.0	1.2	1.1	0.9	0.2	0.041	0.031	22.6	25	-	-	-
60.0	1.4	1.3	1.0	-	0.1	0.1	25.0	28	3.4	0.97	0.39



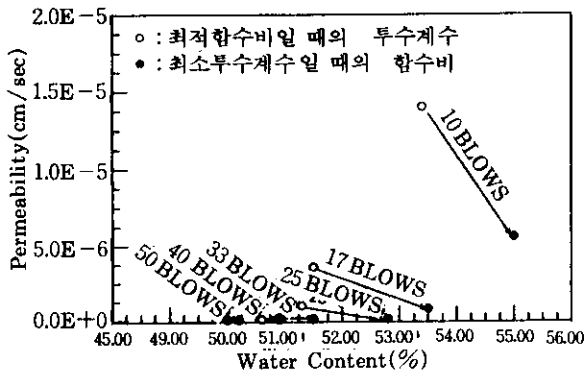
(a) 이암풍화토



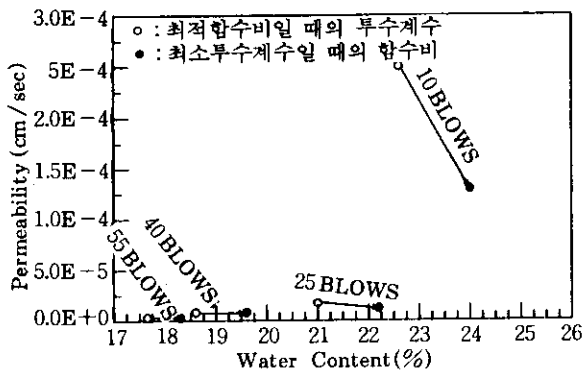
(b) 혈암풍화토

그림 9. 간극비에 따른 투수계수의 변화





(a) 이암풍화토



(b) 혈암풍화토

그림 10. 최소 투수계수와 OMC의 투수계수

#### 4.4 파쇄 특성

파쇄특성은 福本武明의 파쇄량 이론과 Aughenbaugh, N.B.의 파쇄량 이론을 통하여 고찰하였고 시료의 입도는 투수시험에 사용한 입도와 동일하게 인위 조정하여 사용하였다. 두 풍화토에 대한 각 다짐에너지의 OMC에서 다짐 전후의 입도변화는 그림 11과 같다. 그림 11에서 보는 바와 같이 다짐으로 인한 입도 변화는 혈암풍화토보다 이암풍화토가 훨씬 크게 나타났다. 그리고 퇴적암풍화토도 화강암풍화토에서처럼 다짐전의 입도로서 그 시료의 성질을 판단하기는 어려우며 다짐후의 시료의 입도로서 재료의 良否를 판단할 필요가 있다고 생

각된다. 그림 12는 다짐에너지 증가에 따른 두 풍화토의 #200체 통과율의 변화를 나타낸 것으로 에너지 증가에 따른 #200체 통과율의 변화폭은 혈암풍화토에서보다 이암풍화토에서 훨씬 크게 나타났다. 그림 13과 그림 14는 두 풍화토의 각각의 다짐에너지별 함수비 증가에 따른 표면적비의 변화 및 혈암 풍화토의 파쇄지수의 변화를 나타낸 것으로서 모든 다짐에너지에서 함수비 증가에 따라 표면적비 및 파쇄지수는 증가를 하며, 그 증가량이 최적함수비의 부근에서 최대가 되었다가 그 이후의 함수비에서는 감소하는 경향을 보였다. 또한, 다짐에너지가 커질수록 파쇄량의 증가로 인한 표면적비 및 파쇄지수는 큰 값을 갖는 반면, 표면적비 및 파쇄지수의 변화폭은 작게 나타났다.

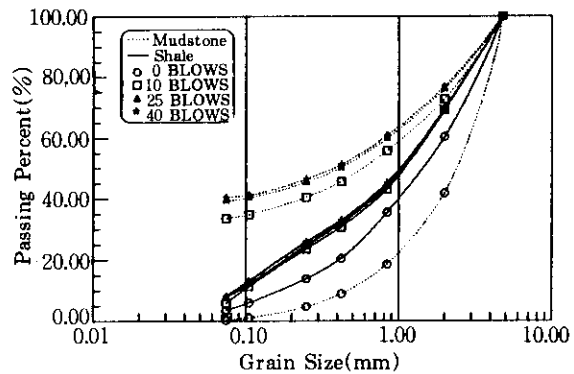


그림 11. 다짐전후의 입도변화

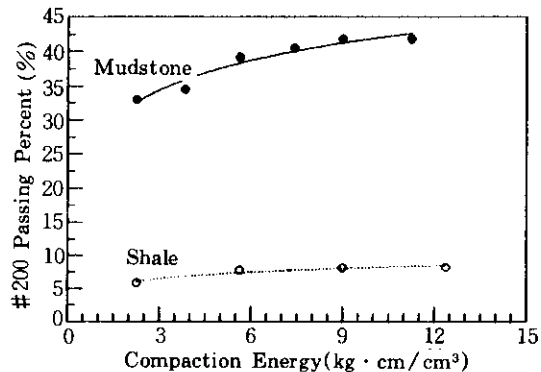
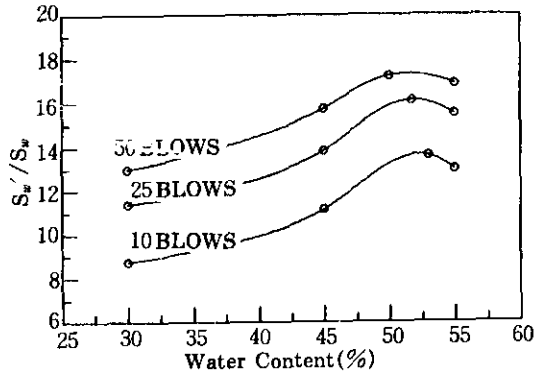


그림 12. 다짐에너지에 따른 #200체 통과율의 변화



(a) 이암풍화토

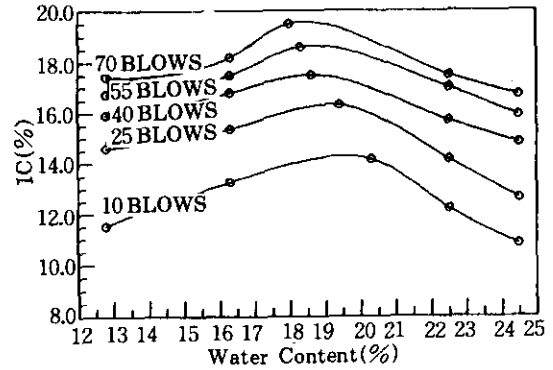
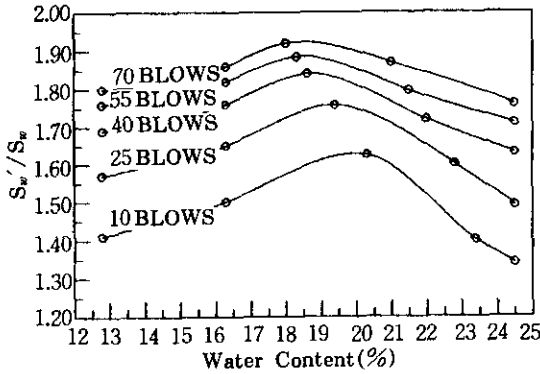
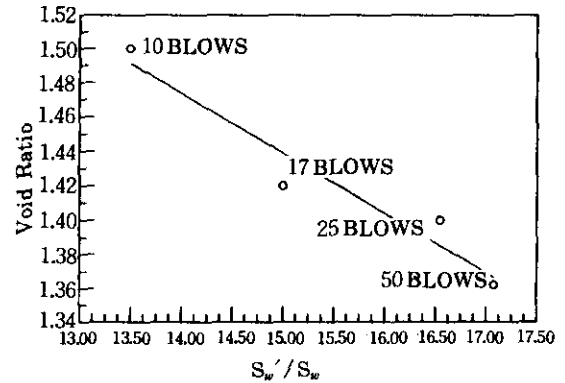


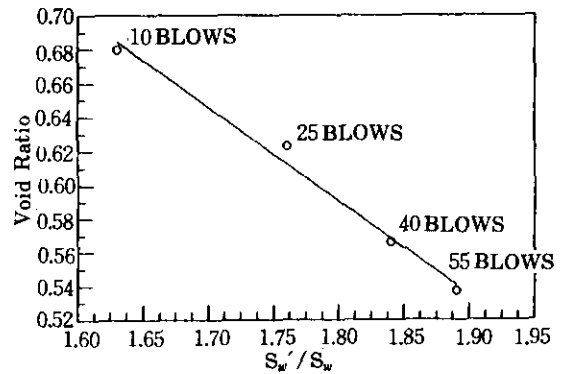
그림 14. 다짐에너지별 함수비에 따른 파쇄지수의 변화



(b) 혈암풍화토



(a) 이암풍화토



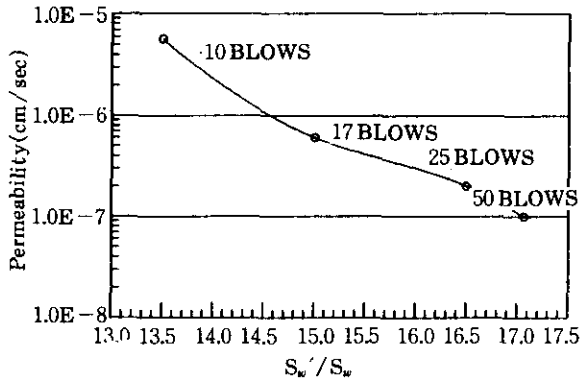
(b) 혈암풍화토

그림 13. 다짐에너지별 함수비에 따른 표면적비의 변화

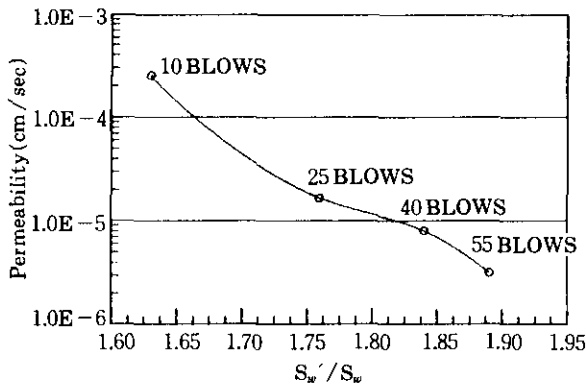
그림 15와 그림 16은 두 풍화토의 각각의 다짐에너지에서 표면적비의 변화에 따른 간극비 및 투수계수의 변화를 나타낸 것으로서 표면적비가 증가할수록 간극비 및 투수계수가 감소하는 경향을 보였으며, 이와 같이 퇴적암 풍화토에 있어서는 표면적비, 간극비 및 투수계수 사이에는 상당한 관계성이 있으므로 이에 대한 충분한 고찰이 요망된다.

그리고 그림 17은 福本武明이론의 표면적비와 Aughenbaugh, N. B.이론의 파쇄지수사이의 관계를 나타낸 것으로서 두 변수 사이에는

그림 15. 표면적비와 간극비의 관계



(a) 이암풍화토



(b) 혈암풍화토

그림 16. 표면적비와 투수계수의 관계

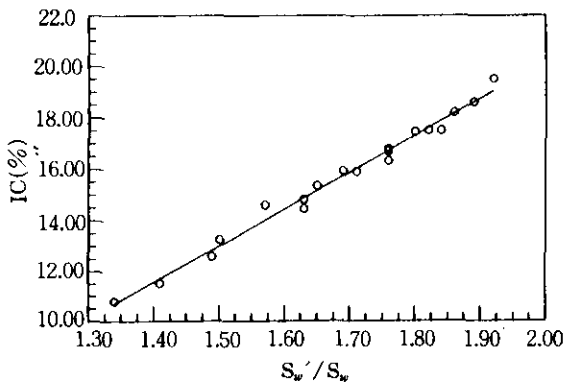


그림 17. 표면적비와 파쇄지수의 관계

아래 식과 같은 상관성이 있음을 알게 되었다.

$$IC = 14.286 Sw' / Sw - 8.429 \quad (3)$$

또한, 두 변수 사이의 상관관계 정도를 나타내는 상관계수  $r=0.9937$ 로서 표면적비와 파쇄지수 사이에는 양의 상관(positive correlation)이 있으며, 상관도의 점이 거의 일직선상에 놓이는 것으로 보아 그 변량은 완전상관에 가깝다고 볼 수 있다. 그러므로 표면적비와 파쇄지수 사이에는 직선적인 상관성이 있음을 알 수 있다.

## 5. 결 론

대구·경북지역에 넓게 분포해 있는 퇴적암(이암, 혈암) 풍화토에 대한 공학적 특성을 파악을 위한 실험에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최대 건조단위중량은 혈암풍화토가 이암풍화토보다 큰 값을 갖는 반면, 최적함수비는 혈암풍화토가 이암풍화토보다 작은 값을 갖는다.

2. 혈암풍화토의 비수침CBR은 다짐에너지가 증가할수록 증가하는 반면, 수침CBR은 다짐에너지가  $25\text{kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$ 까지는 증가하다가 그 이후에서는 다소 감소하는 경향을 보인다.

3. 혈암풍화토에서 비수침CBR은 함수비가 증가할수록 감소하고, 수침CBR은 함수비 증가에 따라 최적함수비 부근에서 최대가 되었다가 그 이후의 함수비에서는 감소하는 경향을 보였다.

4. 혈암풍화토에서 비수침CBR값은 OMC의 건조측에서는 다짐에너지가 클수록 큰 값을 갖지만, OMC의 습윤측에서는 다짐에너지가 클수록 작은 값을 갖는 경향을 보였으며, 수침CBR도 최적함수비의 습윤측에서는 동일한 현상을 보였다.

5. 이암 및 혈암풍화토의 최소 투수계수는 각 다짐에너지의 OMC의 1~2% 정도 습윤측에 존재하는 것으로 나타났다.

6. 다짐후 입자의 파쇄로 인한 이암 및 혈암풍화토의 #200체 통과율은 다짐에너지가 증

가할수록 증가하며, 각 다짐에너지의 OMC 부근에서 #200체 통과율이 가장 크게 나타났다.

7. 다짐에너지가 증가할수록 표면적비 및 파쇄지수가 증가하며, 또한 각 다짐에너지의 OMC 부근에서 표면적비 및 파쇄지수가 가장 크게 나타났다.

8. 표면적비와 파쇄지수 사이에는 아래 식과 같은 직선적인 상관성이 있다.

$$IC=14.286 Sw' / Sw - 8.429 (r=0.09937)$$

### 참 고 문 헌

1. 도덕현, 강예목(1979): "화강암 풍화토의 파쇄성에 관한 연구", 한국농공학회지, 21(3):81-103.
2. 朴炳基(1974): "花崗岩 風化土의 特性 研究-光州地域 透水 및 다짐 特性을 中心으로-", 대한토목학회지, 21(4):83-96.
3. 林炳祚(1974): "물이 花崗土의 工學的 性質에 미치는 影響(특히 剪斷特性的 變化에 대하여)", 大韓土木學會誌, 22(2):75-81.
4. 福本武明(1976): "帝國のマサ土の密度に關する 粒子破碎の影響", 土質工學會論文報告集, Vol. 16(4):93-101.
5. Lumb, P.(1965): "The Properties of Decomposed Granite", Geotechnical Vol. 15: 226-243.
6. Skempton, A.W.(1953): "Colloidal Activity of clays", Proceeding, 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, Vol.1:57-61.
7. 임병조, 김영수(1989): 토질시험법, 형설출판사.
8. Joseph E. Bowles: Engineering Properties of Soil and Their Measurement 2nd, McGRAW-HILL BOOK COMPANY
9. Matsuo, S., Sawa, K.(1975): "Study of Crushability of Decomposed Granite Soil Grains", Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 11:71-76.
10. Aughenbaugh, N.B., Johnson, R.B. and Yoder, F.J.(1963): "Degradation of Base Course Aggregates during Compaction", School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, Indiana, May, 191pp.
11. Bailey, M.J.(1976): "Degradation and Other Parameters Related to the Use of Shale in Compacted Embankments", MSCE Thesis and Joint Highway Research Project Report No. 76-23, Purdue University, West Lafayette, Indiana, August, 208pp.
12. Hale, B.C.(1979): "The Development and Application of a Standard Compaction Degradation Test for Shales", MSCE Thesis and Joint Highway Research Project Report No. 79-21, Purdue University, West Lafayette, Indiana, December, 180pp.
13. Hale, B.C., Lovell, C.W. and Wood, L.E.(1981): "Factors Affecting Degradation and Density of Compacted Shales", Proceeding of International Symposium on Weak Rock, Tokyo, September, 321pp.

(접수일자 1995. 5. 29)