

## 암석강도에 따른 흡수율특성에 관한 실험적연구

### An Experimental Study on the Absorption Properties by Rock Strength

신 방 응\*·신 진 환\*\*·이 봉 직\*\*\*

Bang-Woong Shin·Jin-Hwan Shin·Bong-Jik Lee

#### ABSTRACT

Rock seems to be the ultimate excellent reaction for engineering loads, and often it is. But the term rock includes a variety of types and conditions of material, some of which are surely not excellent and some that are potentially dangerous. Therefore, it is necessary to research absorption properties by rock strength.

In this aspect the present paper deals essentially with the absorption exhibited by some Gneiss and Shale relation to its point load index and specific gravity.

In order to verify the rock strength, point load tester and two types rock specimen were used.

Experimental results show that the absorption properties are highly dependent on rock strength. (suggested)

#### 1. 서 론

##### 1.1 연구목적

지하구조물 및 도로상에 축조된 사면의 안전은 오랜시간이 지나면서 불안정한 상태로 변화하거나, 더 나아가 붕괴가 발생하는 경우가 종종 있다. 이것은 지반의 응력 및 강도특성이 풍화변질 작용

을 받아 약화되기 때문에 발생하는 현상이다.

자연상태 그대로는 상당한 고결력을 지닌 암석이라도 지하수위 변동, 굴착 등에 의한 응력변형과 흡수팽창, 풍화 등에 의하여 암석고결력이 저하하는 경우로, 특히 연암일수록 이들 환경변화에 의거한 건조, 습윤 반복에 의하여 급격히 고결력을 잃고 조직이 파괴되는 현상이 현저하다.

이와같은 특징은 나타내는 암석에는 대개 점토

\* 충북대학교 공과대학

\*\* 충주산업대학교 산업안전공학과

\*\*\* 충주산업대학교 산업안전공학과

함유분이 높은 경우가 많아 사면붕괴나 지압문제 등 암반공학적으로 중요한 각종 문제와 관련되어 있다.

따라서, 본 연구는 이러한 풍화변질의 원인조건·습의 반복과정인 흡수율의 변화가 암석의 강도에 따라 어떻게 변화하는지, 암석의 강도가 풍화변질 진행속도에 어떠한 영향을 미치는 지를 규명하여 사면의 안전성을 증대시키는데 그 목적이 있다.

### 1.2 연구방법

본 연구에서는 우리나라 전역에 걸쳐 있는 편마암과 노출된 지반에서 비교적 많은 문제를 일으키는 혈암의 시편을 채취하여 실험을 실시하였다. 각각의 암종에 대하여 부정형 시편에서도 강도실험이 가능한 점하중실험과 흡수율실험을 실시하였으며, 그중에서 5개씩의 시편을 선택하여 건·습 반복실험을 5회 실시하여 암석의 흡수율특성을 고찰하였다.

흡수율특성은 각 암종별로 구분하여 비교 고찰하였으며 같은 암종에 대하여 암석의 강도에 따른 흡수율특성을 고찰하였다.

또한 건·습반복에 의한 흡수율변화를 측정하여 각각의 강도에 따라 흡수율의 변화 과정을 추정하고 유사한 강도를 지닌 편마암과 혈암에 대한 흡수율변화를 비교, 고찰하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 흡수율실험

흡수율이란 암석시료의 공극에 물이 어느 정도 침투하는가를 나타내는 것으로, 암석시료가 흡수할 수 있는 최대의 물량이 그 시료의 실질부분의 질량에 대하여 어느 정도인가를 나타내는 비율을 말한다.

측정방법은 측정대상 암편을 90℃의 온도로 48시간 노건조시킨 후 실온까지 냉각시켜 그 중량을 측정하고 표준 4℃ 온도에서 24시간 침수시킨 다음 물에서 꺼내어 Fig. 1에서와 같이 실험을 실시하였다.

$$\text{흡수율}(W) = \frac{W_{wn} - D_{wn}}{D_{wn}} \times 100(\%) \dots\dots (2.1)$$

여기서, W : 흡수율  
 W<sub>wn</sub> : N회째 침수후의 시료중량  
 D<sub>wn</sub> : N회째 건조후의 시료중량 이다.

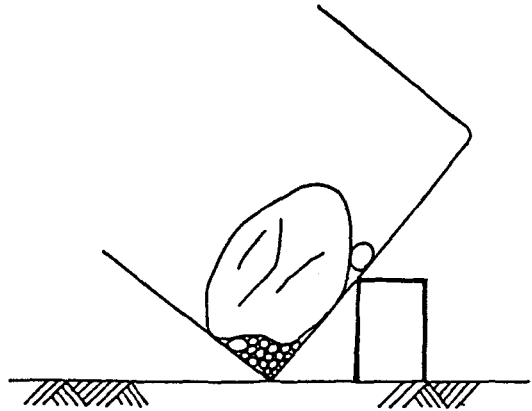


Fig. 1 Method of experiment

### 2.2 점하중실험

일반적으로 일축압축강도실험이 곤란한 경우 및 현장에서 부정형시료의 강도를 측정하기 위하여 점하중실험을 실시한다.

점하중실험은 암석코아의 파괴시 하중을 측정하고 점하중지수를 산출하여 암석의 강도를 구하는 실험으로, 시료의 상하양쪽에서 점으로 압축을 가하여 시료내에 인장강도를 발생시켜 암석을 파괴시키는 실험법이다.

작용하중에 의한 점하중지수(Is)는 식(2.2)에서와 같이 구한다.

$$I_s = P/D_e \dots\dots\dots (2.2)$$

여기서, I<sub>s</sub> : 점하중지수  
 P : 작용하중  
 D<sub>e</sub> : 직경 이다.

그러나 점하중실험 결과에서 산출되어 사용되는 I<sub>s</sub>(50)은 50mm 코아시료를 기준으로 한 것이기 때문에 식(2.2)에서 구한 점하중지수(I<sub>s</sub>)는 50mm 코아에 해당되는 값으로 환산보정하여야 한다.

보정하는 방법은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 보정곡선을 사용하는 방법(ISRM Suggested Method, 1972, Oct.)과 식(2.3)의 보정공식을 사용하는 방법이 있다.

$$F = (D_e/50)0.45 \dots\dots\dots (2.3)$$

여기서, F : 환산계수  
D<sub>e</sub> : 직경 이다.

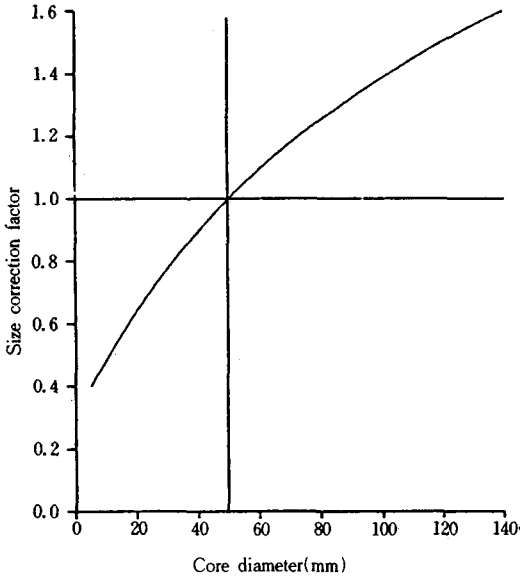


Fig. 2 Graph of correction on scale coefficient

이상의 식(2.3)과 Fig. 2를 이용하여 구한 환산 계수를 이용하여 다음 식(2.4)로 50mm 코아에 해당되는 값인 점하중지수(Is(50))를 구한다.

$$Is(50) = F \cdot Is \dots\dots\dots (2.4)$$

여기서, Is(50) : 50mm 직경의 보정 점하중지수  
F : 환산계수  
Is : 점하중지수 이다.

위의 식(2.4)로부터 구한 Is(50) 값으로부터 일축압축강도를 추정할 수 있으며 실험에 의한 점하중지수와 일축압축강도의 일반적인 상관관계수 K는 22~25의 값을 나타낸다.

### 2.3 비중실험

암석의 물리적 성질이라 함은 비중, 함수비와 탄성파속도 등의 기본적인 물성과 강도나 변형에 관한 역학적 성질에 관한 것을 통칭한 것으로, 이 중 중요한 물리학적인 성질중의 하나가 비중이다. 이 비중은 물리학적으로는 시료의 질량과 같은 체적의 물(1기압, 4℃에서의 순수한 물)의 질량과의 비율로 표시된다.

겉보기 비중을 구할 경우 실험방법은 콘크리트 골재 실험법으로서 KS F 2504 「잔골재 비중 및 흡수량 실험방법」 KS F 2503 「굵은골재 비중 및 흡수량 실험방법」에서는 강제습윤상태를 기본으로 하고 있다. 그러나, 아직 시료에서는 대상으로 하는 암반의 함수상태가 변화하기 쉬우므로 물성에 관한 검토 목적에 따라 함수상태를 변화시켜 실험할 경우가 많다.

실험방법은 먼저 50g 이상의 임의 형상의 덩어리(3개 정도)를 선정한 다음, 우선 자연상태 시료의 중량(W1)을 측정 후, 강제습윤 상태의 수중중량(W3)을 측정한다. 다음으로 시료를 침수용기로부터 꺼내어 습기찬 형겅으로 표면의 물을 닦아내고 강제습윤상태의 중량(W2)을 측정한다. 이때 표면수만을 닦아냄과 동시에 암편을 분실하지 않도록 주의해야 한다.

이와 같은 실험결과를 통해 다음의 비중이 구해진다.

$$G = \frac{W1}{W2 - W3} \dots\dots\dots (2.5)$$

여기서, G : 자연 상태의 비중  
W1 : 자연상태의 중량  
W2 : 강제습윤상태의 공기 중량  
W3 : 강제습윤상태의 수중 중량 이다.

## 3. 결과분석 및 고찰

### 3.1 편마암의 흡수율특성

편마암에 대한 흡수율특성은 Table 1 및 Fig. 3과 같이 흡수율은 암석의 강도에 의해 매우 큰 영향을 받음을 알 수 있다.

암석의 점하중지수 값이 5이하인 경우는 17~25%의 매우 큰 흡수율을 보임을 알 수 있었으며, 5~30사이에서는 2~7%의 흡수율분포를 보였고 점하중지수값이 30이상에서는 흡수율이 2%이하의 매우 작은 값을 보임을 알 수 있었다.

따라서, 점하중지수가 클수록 흡수율은 감소하며, 점하중지수가 5이하인 경우에서는 25%의 흡수율을 나타내는 경우도 있으므로 암석의 강도가 작은 경우에는 흡수율에 대한 신중한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 1 Experimental value in Gneiss

Sample	Gravity (G)	Dry weight (W2)	Wet weight (W3)	Point load index(Ip)	Ratio of absorp. (%)
1	3.16	904	907.8	63.4	0.42
2	3.14	473.4	480.6	35.7	1.53
3	2.97	368.8	399.1	5.10	8.21
4	2.72	385.8	453.8	1.70	17.63
5	2.99	332	355.9	11.0	7.21
6	3.18	321	822.0	85.7	0.12
7	3.10	438.2	447.1	27.4	2.04
8	2.68	320.3	378.0	1.7	18.02
9	2.62	390.9	472.1	0.7	20.77
10	3.02	345.6	363.6	13.4	5.21
11	3.17	821	822.1	80.6	0.14
12	2.60	460.0	563.3	1.00	22.45
13	2.63	315.0	382.9	1.20	21.56
14	2.58	387.0	485.1	0.90	25.34
15	3.00	362.0	391.1	6.50	8.04
16	3.15	803.0	842.9	78.90	0.19
17	3.08	410.0	430.4	15.40	4.97
18	2.62	306.0	378.2	1.00	23.58
19	2.66	407.0	492.6	0.70	21.02
20	3.08	373.0	402.8	6.50	7.98
21	3.12	544.4	560.0	24.0	2.87
22	3.09	337.3	347.6	21.90	3.06
23	3.17	453.4	460.0	42.90	1.43
24	3.08	529.6	546.1	27.40	3.12
25	3.14	711.1	730.0	72.00	2.66
26	3.12	745.5	763.5	77.00	2.41
27	3.05	584.4	602.1	24.00	3.03
28	3.01	663	702.6	12.00	5.97
29	3.03	786.5	815.0	18.90	3.62
30	3.01	390.1	405.2	17.10	3.88

Table 2 Experimental value in Shale

Sample	Gravity (G)	Dry weight (W2)	Wet weight (W3)	Point load index(Ip)	Ratio of absorp. (%)
1	2.61	490.1	528.2	46.3	7.86
2	2.34	369.6	440.0	6.2	20.13
3	2.58	525.5	578.2	25.7	10.02
4	2.32	340.2	426.7	4.50	25.43
5	2.57	312.2	347.6	23.7	11.34
6	2.60	672.6	724.2	36.4	7.67
7	2.52	336.2	379.0	18.9	12.72
8	2.44	547.9	642.8	10.3	17.32
9	2.40	641	758.4	7.90	18.34
10	2.37	586.7	699.5	8.60	19.22
11	2.62	487.1	523.0	41.2	7.36
12	2.32	372.6	452.2	6.5	21.36
13	2.60	522.5	578.6	32.6	10.73
14	2.50	339.7	398.2	8.6	17.21
15	2.63	311.6	342.1	27.1	9.78
16	2.64	488.2	527.4	44.6	8.03
17	2.36	373.7	452.3	6.0	21.04
18	2.62	530.3	583.2	25.0	9.97
19	2.28	345.6	431.2	4.0	24.78
20	2.30	346.6	430.1	5.1	24.09
21	2.56	422.7	477.3	20.0	12.92
22	2.61	569.3	630.0	24.0	10.67
23	2.62	682.9	757.5	26.4	10.92
24	2.57	465.5	532.2	15.77	14.32
25	2.63	549.4	591.3	44.6	7.63
26	2.68	480.0	484.9	84.0	1.02
27	2.25	372.0	472.5	3.10	27.02
28	2.23	685.1	940.6	1.70	37.3
29	2.60	625.7	690.5	31.6	10.36
30	2.64	518.5	530.5	56.0	2.32

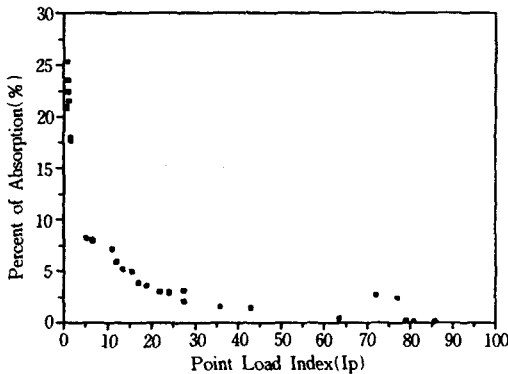


Fig. 3 Experimental result in Gneiss

### 3.2 혈암의 흡수율특성

혈암의 흡수율은 점하중지수값에 따라 커다란 차이를 나타내며, 흡수율 차이는 강도에 따라서 25%이상의 차이를 보임을 알 수 있었다.

Fig. 4에서와 같이 점하중지수값이 10이하에서는 16~27%의 매우 큰 흡수율을 보였으며 10~50의 점하중 지수에서는 7~16%의 흡수율을 보임을 알 수 있다. 또한 점하중 지수가 50이상에서는 5% 이하의 매우 작은 흡수율을 보임을 알 수 있다.

따라서, 혈암에서도 암석의 강도값에 따라 흡수율이 크게 변화함을 알 수 있다.

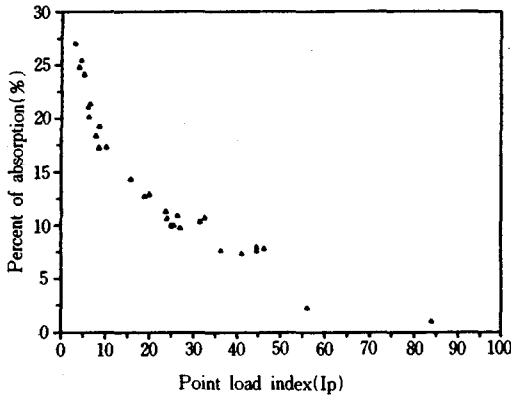


Fig. 4 Experimental result in shale

### 3.3 편마암과 혈암의 흡수율 관계

Fig. 5와 같이 편마암과 혈암의 흡수율은 암석의 강도가 큰 경우에는 큰 차이를 보이지 않았으나 암석의 강도가 작은 경우에는 동일한 점하중 지수에서도 혈암이 편마암보다 약 6~10% 정도 더 큰 흡수율을 보임을 알 수 있었다. 이것은 암석의 흡수율은 암석의 강도와 성인에 따른 영향을 뜻한다.

따라서 동일한 강도에서도 암석의 성인에 따라 흡수율이 크게 다른 경향을 보인다는 것을 알 수

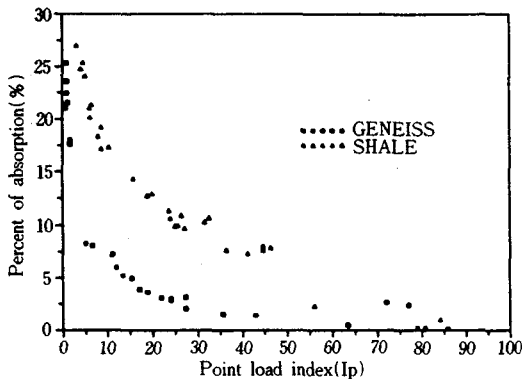


Fig. 5 Relationship of gneiss and shale

있다. 또한 암석의 강도와 풍화진행 속도의 관계는 어느 정도의 상관성을 가지며 암석의 종류에 따라서 풍화속도에 차이가 발생함을 알 수 있다.

### 3.4 건·습 반복 횟수에 따른 흡수율의 변화

편마암과 혈암의 시편중에서 각각 5개씩의 시편을 선택하여 반복실험을 실시한 결과는 Fig. 6, 7, 8과 같다.

Fig. 6은 편마암의 실험결과를 나타낸 것으로 건·습반복횟수가 진행됨에 따라 흡수율도 일정하게 증가하였으며, 점하중지수가 85.7인 큰 강도에서는 그 증가량이 크지 않았지만 점하중지수가 0.8의 작은 강도에서는 흡수율증가량이 비교적 크게 됨을 알 수 있다.

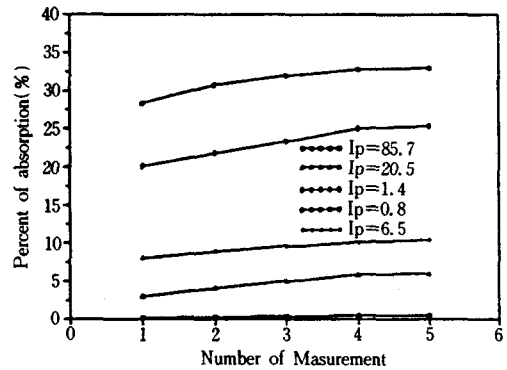


Fig. 6 Variation of absorption in gneiss

Table 3. Variation of absorption by point load index in Gneiss

Variation of absorption by point load index						
Point load index	0.8	1.4	6.5	20.5	85.7	
Test No.	1	28.32	20.07	8.03	3.02	0.14%
	2	30.78	21.85	8.97	4.12	0.23%
	3	32.02	23.37	9.62	5.03	0.35%
	4	32.83	25.03	10.11	5.87	0.42%
	5	33.02	25.32	10.43	6.02	0.44%

Table 4. Variation of absorption by point load index in Shale

Variation of absorption by point load index						
Point load index	46.3	6.2	25.7	4.5	23.7	
Test No.	1	3.12	18.21	8.53	22.32	9.23
	2	3.96	19.76	9.32	23.93	10.36
	3	4.21	21.13	10.06	25.23	11.27
	4	4.53	21.79	10.32	25.89	11.92
	5	4.61	22.02	10.50	26.21	12.20

Fig. 7은 혈암의 실험결과를 나타낸 그림으로서 건·습 반복이 진행됨에 따라 일정한 크기로 흡수율이 증가하는 경향을 보임을 알 수 있었으며, 점하중 지수가 46.3인 큰 강도에서는 그 증가량이 크지 않지만, 점하중지수가 4.5의 작은 강도에서는 흡수율증가량이 비교적 크게 됨을 알 수 있었다.

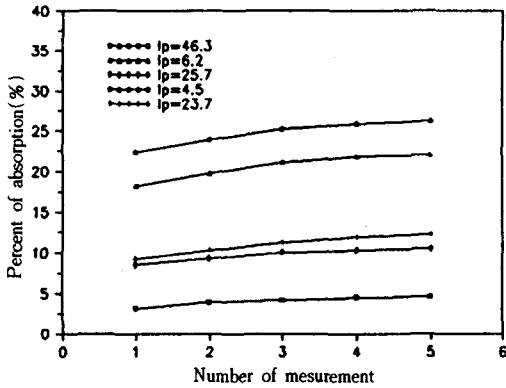


Fig. 7 Variation of absorption in Shale

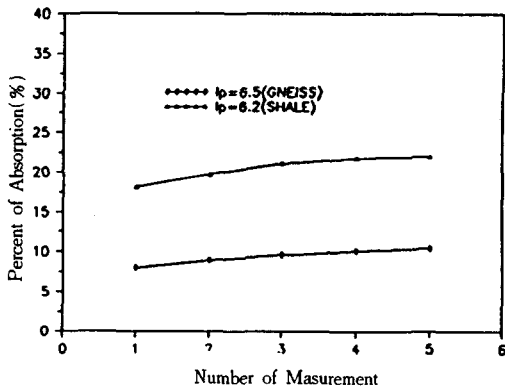


Fig. 8 Comparison of absorption in Gneiss and Shale

Fig. 8은 비슷한 강도를 지닌 편마암과 혈암의 흡수율 증가량을 나타낸 그림으로서 편마암과 혈암의 흡수율차이는 10%정도로 나타났으며, 흡수율 증가량도 혈암이 편마암보다 약간 큰 경향을 보임을 알 수 있다.

따라서, 비슷한 강도를 지닌 암석이라도 암석의 성인 및 구성 입자의 차이에 의하여 흡수량은 현저한 차이를 보임을 알 수 있었다.

### 3.5 비중에 따른 흡수율 변화

암석의 비중에 따른 흡수율변화는 Fig. 9, 10과 같이 흡수율은 비중이 증가함에 따라 일정하게 감소하는 경향을 보였으며, 편마암의 비중은 2.60~3.20, 혈암은 2.25~2.70의 비중을 나타냈다.

이상에서 알 수 있는 바와 같이 편마암이 비중이 혈암보다 더 큰 값을 가지며, 암석의 흡수율은 비중과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

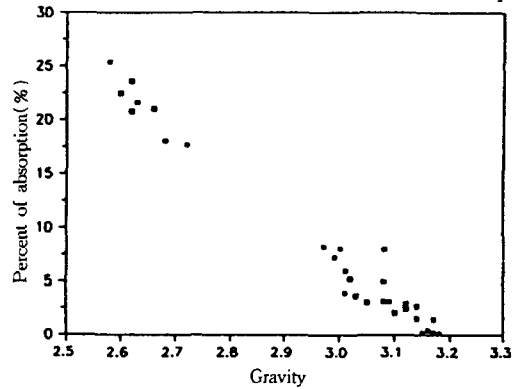


Fig. 9 Variation of absorption by specific gravity in Gneiss

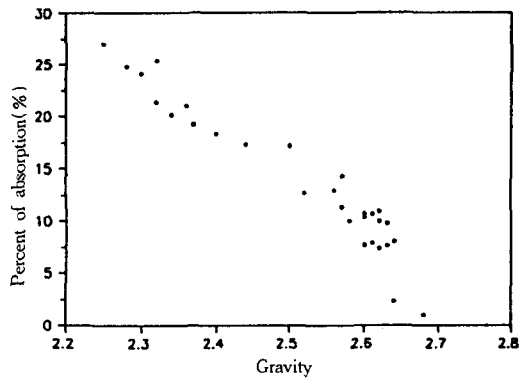


Fig. 10 Variation of absorption by specific gravity in Shale

## 4. 결 론

암종이 서로 다른 편마암과 혈암의 시편을 이용하여 흡수율실험을 실시한 결과 암석의 흡수율은

강도와 암석의 성인에 의하여 변화함을 알 수 있었으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 편마암에 대한 흡수율 특성은 점하중 지수가 5 이하인 경우는 17~25%의 흡수율을 보였으며, 5~30사이에서는 2~7%, 30이상에서는 2%이하의 흡수율을 나타냈다.
- 2) 혈암의 흡수율 특성은 점하중지수값이 10이하에서는 16~27%의 흡수율을 보였으며, 10~50 사이에서는 7~16%, 50이상에서는 5%이하의 흡수율을 나타냈다.
- 3) 편마암은 건·습반복이 진행됨에 따라 흡수율이 일정하게 증가하였으며, 점하중지수가 85.7에서는 흡수율증가량이 크지 않지만 점하중지수가 0.8에서는 흡수율증가량이 비교적 크게 나타났다.
- 4) 혈암의 경우에도 건·습반복이 진행됨에 따라 흡수율은 일정하게 증가하는 경향을 보였으며, 점하중지수가 46.3에서는 흡수율증가량이 크지 않지만, 점하중지수가 4.5에서는 흡수율증가가 비교적 크게 되었다.
- 5) 건·습반복 실험결과 유사한 강도를 지닌 편마암과 혈암의 흡수율차이는 10%정도를 나타냈으며, 흡수율증가량도 혈암이 편마암보다 약간 큰 경향을 보였다.

### 참 고 문 헌

- 1) Mogenstrn, N.R. and Eigenbrod, K.D., "Classification of argillaceous soils and rocks", A. S. C. E, G. T. pp.1137-1156, 1974
- 2) Norman, Size Correction for Point Load Testing, Brook, 1983
- 3) 岩の力學聯合會(譯), ISRM 指針, Vol.1, pp.21-24, 1982
- 4) 土木學會 岩盤力學委員會 第4分課會, 軟岩의 調査, 試驗의 指針, 岩の力學 79, pp.223-226, 1980.
- 5) 建設省, 土木試驗基準(案), pp.98-100, 1968
- 6) 土木工學會編, 堆積軟の工學的性質とその應用, pp.56-62, 1987
- 7) 土木工學會編, 岩の工學的性質と設計, 施工への應用, pp.161-173, 1974
- 8) 윤지선(역), 암석·암반의 조사와 실험, 구미서관, 1991
- 9) 한국동력자원연구소, 영동고속도로 신갈-원주간 확장공사 실시설계를 위한 토목·지질조사보고서, 1991
- 10) 日本道路公團, KODAN111-1975 岩の乾濕繰り返し試驗方法, 1975