

岩盤 分類 基礎 物性 調査

許 墳*

Basic properties survey report on the rock classification

Huh, Ginn

Abstract

On the ground foundation works for Bldg site, Rock classification test can be obtained as follows due to the International Society for Rock Mechanics.

1. In-situ test : Compressive strength, Point load test.
2. In-situ test : Schmidt hammer test.

Burden test finally the convenient co-relation table between strength and S. H. test were carried out for site-engineer.

This project is one of continuous works regarding to Burden test from Jack leg drill(ϕ 75mm) use.

Burden and Bit gage Table

| Rock classification | | Burden(cm) | |
|---------------------|---------------------|--------------|-------------|
| | | Bit gage(mm) | |
| phase | Kinds | ϕ 36mm | ϕ 75mm |
| I | Fresh Rock(경 암) | 60cm | 125cm |
| II | Moderately(보통암) | 65 | 135 |
| III | Partly friable(연 암) | 70 | 145 |
| IV | Weathered(풍화암) | 75 | 155 |
| V | Residual(마사토) | 80 | 165 |

1. 調査 目的

施工 敷地内の 岩盤의 等級分類를 위하여 現地에서 採取된 岩石 試驗片에 對한 耐壓強度와 彈性波 傳播速度를 測定하고 아울러 試驗發破를 通하여 最少抵抗坑線을 計測하는데 있음.

2. 調査 內容

(株) 東洋高速 建設事業本部에서 施工中인 ○○ 地域 施設工事現場에서 引受한 岩石 實驗片에 대

* (株) 三中엔지니어링 代表理事會長. 工博

하여 다음과 같은 物性試驗을 I. S. R. M(International Society for Rock Mechanics)試驗法에 準하여 實施하였다.

- ① 強度 試驗 :
單軸 壓縮強度, 引張強度
- ② 最小抵抗線
漏斗試驗, 試驗發破
- ③ 反撥硬度 調査
Schmidt hammer에 의하여 岩塊의 反撥值를 求함
- ④ 強度와 反撥硬度의 調査結果로부터 相關性을 檢討하고 이로부터 現場에서 쉽게 強度를 推

定할 수 있는 早見表를 提供

- (가) 單軸壓縮強度
 試驗片 成型에 의한 強度調查
- (나) 引張強度
 點荷重試驗(point load test)
- (다) P波 傳播 速度
- (라) Schmidt hammer의 反撥硬度 測定
- (마) 漏斗孔과 試驗發破에 의한 最小抵抗線 算出

3. 試驗方法, 裝置, 試驗片 製作

現場 各工區別로 代表的인 原 岩石을 그 크기가 대략 0.4~0.2m²의 發破岩塊 狀態로 總 21個를 引受하였다.

이 岩塊는 實驗室 코아 採取機(core drilling machine ss-c-629)로 內徑이 3.1cm되는 코아로 製作하였다.

다음에 길이 大體로 5~10cm되는 것만을 골라 core cutter(공신사, Model 22-R)를 利用하여 直徑 對 길이 的 比가 壓縮試驗의 경우 1:2程度(때로는 1:1.5)되게 切斷한 後 Mineral polisher(Katha 5627-56) 및 400mesh carborundum으로 斷面을 研磨하여 成型하였으며 成型 精密度는 ±2/100mm 以內가 되도록 하였다.

(2) 單軸壓縮強度의 測定

本 實驗에서 使用된 壓縮試驗機는 美國 SBEL (Structural Behaviour Engineering Laboratories)社의 岩石 壓縮試驗用 서보 시스템(Electro-Hydraulic closed loop servo dynamic test system)으로 加壓用 프레임, 調整部(control panel), 油壓 pump의 3部分으로 크게 나누어져 있다.

最大 加壓 容量은 100t이며 戰荷形態나 入出力 命令, 測定資料와의 處理 等은 16bit 個人用 컴퓨터로 이루어진다.

- (a) Hydraulic pump of loading system
- (b) Loading frame
- (c) Control frame
- (d) 16bit personal computer
- (e) X-Y recorder

이때 單軸壓縮強度는 다음式에 의하여 구하였다.

$$Sc = P / A(\text{kgf} / \text{cm}^2) \dots \dots \dots (1)$$

여기서 P; 最大荷重 즉 試驗片의 破壞時 荷重(kgf)

A; 試驗片의 斷面積(cm²)

(3) 點荷重(point load)試驗에 의한 引張強度 測定

(1) 試驗片 製作에서 얻어진 코아中 길이 3cm 未滿인 比較的 짧은 試驗片에 대하여 間接引張強度를 구하였다.

이때 使用된 裝置는 點荷重 試驗機(Kyoung Do 製)이며 引張強度는 다음式으로 求하여진다.

$$St = 0.9p / d^2(\text{kgf} / \text{cm}^2)$$

여기서

d = 試驗片 코아의 直徑

p = 破壞強度

(4) P波의 傳播速度

單軸壓縮強度 試驗을 위하여 製作된 試驗片에 대하여 P波의 傳播速度를 測定하는데 使用된 裝置는 SBEL社의 Model SA 200B이다.

試驗片의 兩쪽에 Piezo electric crystal을 接續시키고 振動子가 1秒에 250回 發振토록 하여 compressive wave(P-wave)의 經過時間을 測定하였다.

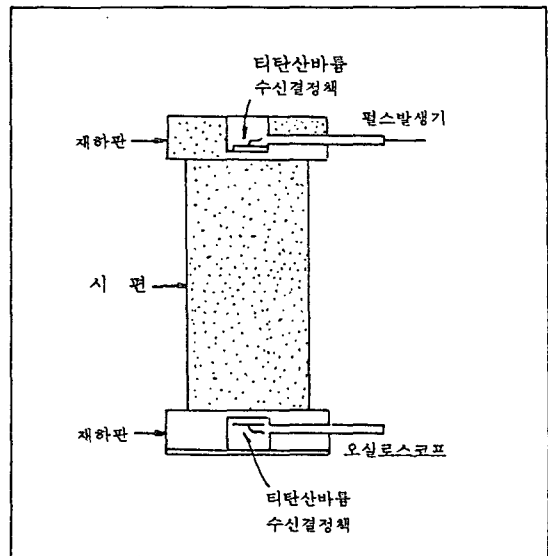


그림 1. 암석의 P파 속도 측정 원리

P波의 傳播速度 測定時는 crystal과 試驗片 兩面사이에 실리콘 그리스를 발라 接觸을 圓滑히 하였다.

이때 P波의 傳達時間(tp)과 振動子와 受信子 사이의 距離(1)로부터 다음式으로 計算된다.

$$V_p = 1 / t_p \dots\dots\dots(3)$$

여기서

V_p = P波의 速度(Km/sec)

(5)Schmidt hammer의 反撥硬度 測定

Schmidt hammer(Schmidt concrete test hammer)의 原理는 shore의 硬度計와 마찬가지로 反撥硬度를 測定하는 試驗機이다.

처음 콘크리트의 強度試驗機로서 E. O. Schmidt에 의하여 發明되었는데 現在の 岩石의 強度를 測定하기 위해서도 使用되고 있다.

Schmidt hammer의 主要部分은 그림 2와같이 子壓spring a로서 岩盤의 表面에 압착한 衝擊棒 e와 衝擊spring b의 復元力에 의하여 衝擊棒의 수명 d를 때리는 反撥추 c로 되어있다.

먼저 反撥추를 所定의 位置까지 끌어 올려놓고, 衝擊棒을 測定하여야할 岩石의 測定面에 直角으로 눌러주면 子壓spring이 一定한 길이만큼 줄었을때에 反撥추를 잡고있던 손톱모양의 짐게가 튕겨지며, 反撥추는 衝擊spring의 힘에 의하여 衝擊棒의 수명을 내리친다. 그래서 反撥추는 岩石의 種類와 性質에 따라 一定距離만큼 衝擊

spring의 힘에 抵抗해서 튀어오른다. 튀어오른 거리를 반발 중추가 衝擊를 주기전에 衝擊spring에 의하여 움직인 거리의 百分率로 표시해서 이것을 反撥值(R)라 한다.

Schmidt hammer에 의한 測定은 反復해서 實施하지만 한곳에서만 反復해서 打撃해서는 안된다.

콘크리트의 경우에는 反撥值(R)와 壓縮強度(Sc)의 사이에는 一般的으로 一定한 關係가 成立되므로 反撥值로부터 壓縮強度를 求할 수 있다.

岩石의 경우에는 反撥值와 壓縮強度와의 關係가 반드시 一定하지 않으면 岩石의 種類에 따라 差異가 있다. 그러나 成人이나 種類가 거의 類似한 岩石에는 反撥值로부터 強度를 推定하는데 有用하게 利用되고 있다.

「日本, 韓國의 경우 서울地下鐵公社에서 (SH)^{2.03}」 따라서 本 調査에서도 現地 岩盤의 強度를 推定하기 위하여 이의 平均값을 구한것이 표 1이다.

또한 強度調査를 위하여 提供된 21個의 岩石들의 여러點에서 岩塊마다 20個의 값을 구하여 이의 平均 反撥值를 구하였는데 이의 關係는 표 2와 같다. 표에서 —는 最低값과 最高값等 範圍를 意味하여 中央의 點은 平均값을 나타낸다.

표 1. 현지 암반에 대한 Schmidt hammer 반발치(R)

| 시공구역 | | R 값 | | | | | 평균치 | |
|------------|-----------|-----|----|----|----|----|-----|----|
| 구역 | EL | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | | 70 |
| E-16-6 | EL 196.15 | | 33 | | | | 62 | 46 |
| E-16-7 | EL 206.32 | | 30 | | | | 70 | 48 |
| E-16-7 | EL 204.47 | | 34 | | | 58 | | 43 |
| E-16-9 | EL 228.24 | 26 | | | | 55 | | 38 |
| E-16-14 | EL 236.81 | 25 | | | | 58 | | 39 |
| E-16-14 | EL 233.63 | | 31 | | | 59 | | 44 |
| E-16-20 | EL 233.21 | 25 | | | | 57 | | 34 |
| E-11-7.8 | EL 170.45 | 26 | | | | 58 | | 41 |
| E-11-9.10 | EL 175.61 | | 33 | | | | 56 | 53 |
| E-11-11.12 | EL 184.05 | | 30 | | | | 71 | 48 |
| E-63-2 | EL 189.24 | | | 48 | | | 78 | 50 |
| 통합막사 | EL 148.70 | | 35 | | | | 78 | 56 |
| E-18-4 | EL 224.25 | | 30 | | | | 71 | 48 |
| S-18NO10 | EL 272.84 | | 38 | | | | 78 | 46 |
| NO44 | EL 239.82 | 28 | | | | 60 | | 42 |

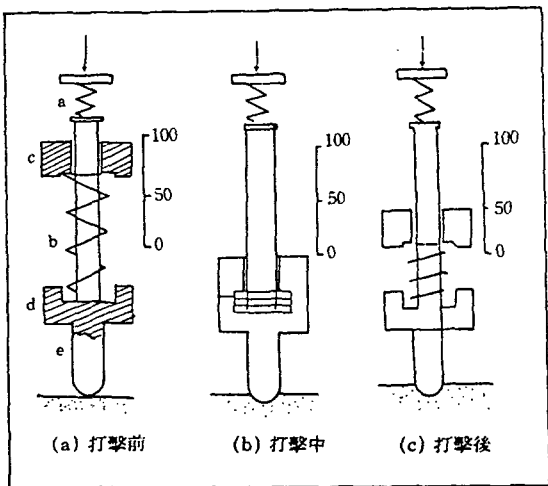


그림 2. Schmidt hammer의 작동기구

표 2. 실험실 암석괴에 대한 Schmidt hammer 반발치
 — 분포범위 • 평균치

| 시공구역 | R 값 | 평균치 | | | | | |
|------------|-----------|--------|----|----|----|----|----|
| | | | 구역 | EL | 20 | 30 | 40 |
| E-16-7 | EL 206.32 | 28, 52 | 31 | | | | |
| E-16-7 | EL 204.37 | 28, 57 | 37 | | | | |
| E-16-9 | EL 228.24 | 29, 59 | 32 | | | | |
| E-16-9 | EL 219.56 | 43, 79 | 52 | | | | |
| E-16-14 | EL 233.63 | 25, 63 | 36 | | | | |
| E-16-20 | EL 225.30 | 25, 58 | 33 | | | | |
| E-11-7,8 | EL 174.60 | 25, 55 | 34 | | | | |
| E-11-11,12 | EL 178.55 | 30, 54 | 47 | | | | |
| E-11-13,14 | EL 187.81 | 28, 51 | 38 | | | | |
| E-11-13,14 | EL 177.61 | 28, 53 | 41 | | | | |
| 통합막사 | EL 148.70 | 35, 55 | 38 | | | | |
| E-12-7,8 | EL 160.04 | 27, 52 | 39 | | | | |
| E-12-9,10 | EL 157.62 | 34, 63 | 46 | | | | |
| E-12-11,12 | EL 147.07 | 39, 60 | 49 | | | | |
| E-14-1 | EL 196.29 | 30, 60 | 47 | | | | |
| E-18-4 | EL 218.35 | 28, 52 | 37 | | | | |
| E-18-6 | EL 220.22 | 34, 67 | 52 | | | | |
| E-18-6 | EL 211.72 | 31, 58 | 46 | | | | |
| S-14 | EL 199.75 | 30, 54 | 42 | | | | |
| S-18NO10 | EL 260.84 | 38, 55 | 48 | | | | |
| S-18NO44 | EL 224.82 | 40, 58 | 49 | | | | |

표 3. 암석 항력 계수(kg/ m²)

| 암석이름 | g의 값(폭약소요량 kg/m ³) | | |
|-------|--------------------------------|------|------|
| | 최대 | 최소 | 평균 |
| 경 규 암 | 4.32 | 2.70 | 3.26 |
| 경각섬암 | 3.08 | 2.56 | 2.88 |
| 규 암 | 2.85 | 2.54 | 2.68 |
| 경석회암 | 2.55 | 2.34 | 2.46 |
| 경 사 암 | 2.35 | 2.16 | 2.26 |
| 경점판암 | 2.16 | 2.16 | 2.16 |
| 화 강 암 | 2.34 | 1.85 | 2.09 |
| 섬 록 암 | 2.32 | 1.84 | 2.08 |
| 편 마 암 | 2.30 | 1.84 | 2.07 |
| 조 면 암 | 2.27 | 1.85 | 2.02 |
| 안 산 암 | 2.16 | 1.44 | 1.80 |
| 세 일 | 1.66 | 1.66 | 1.66 |
| 석 회 암 | 1.85 | 1.44 | 1.62 |
| 사 암 | 1.98 | 1.22 | 1.44 |
| 편 암 | 2.58 | 1.08 | 1.30 |
| 응 회 암 | 1.80 | 1.08 | 1.28 |
| 명 반 석 | 1.08 | 0.72 | 1.00 |

(6)漏斗孔과 實驗發破에 의한 最小抵抗線 算出
 岩盤은 그 構成岩石의 種類에 따라 發破效果 및 穿孔能率이 다르고 또 같은 種類의 岩盤이라도 岩石의 抗力係數에 따라 發破效果에 큰 差異를 보인다. 즉 같은 種類의 岩石으로서 類似한 單軸壓縮強度를 갖는 岩盤이라 할지라도 爆藥을 裝藥하고 發破했을 때 發破效果가 좋은 岩盤과 나쁜 岩盤(通俗的으로 不發이 잘 일어난다, 안일어난다라고 일컬어짐)으로 나누어지기 때문에 發破에 의한 施工效果를 比較할때는 반드시 岩石抗力係數가 對比되어야 한다.

岩石抗力係數(g)는 岩石의 發破에 대한 抵抗性을 나타내는 係數로서 裝藥量(L), 最小抵抗線(W) 사이에는 다음의 關係가 成立된다.

$$L = f(n)gdW \dots\dots\dots(4)$$

- 여기서 f(n) ; 漏斗指數의 函數
- g ; 岩石抗力係數
- e ; 爆藥의 威力係數
- d ; 填塞 係數

표 3은 各 鑛山의 坑道掘進에서 얻어진 岩石抗力計數의 例이다.

標準으로 하는 爆藥을 바꾸거나 發破의 目的과 破壞의 程度 等에 따라 다른 값을 나타내지만 岩石의 發破에 대한 抵抗性의 一般의인 傾向을 考慮할 때는 좋은 參考資料가 된다.

施工 對象地域의 岩盤이 大體로 片麻岩(gneiss)과 片岩(schist)으로 構成된 點을 勘案할때 표 3에서 이들의 抗力係數는 각각 2.07(2.3~1.84) 1.30(2.58~1.08)임을 알 수 있다.

한편 強度가 大端히 높은 超硬岩인 安山岩은 1.80이고 花崗岩의 2.09에 比하면 片麻岩과 片岩의 경우 抗力係數가 相對的으로 큰 값을 보이고 있음을 알 수 있다.

따라서 發破效果에 重要한 變數인 岩石抗力係數의 直接的인 測定法에 關係서는 具體的으로 알려진바 없기 때문에 式(4)의 關係로부터 試驗發破를 實施하여 岩石抗力係數의 比較를 最小抵抗線의 값을 통하여 求하기로 한다.

(6-1) 試驗 發破

合理的인 發破를 하자면 우선 試驗發破를 實施해야 한다. 즉 破壞岩石의 크기, 採石量 等を 考慮하여 試驗發破時 岩石과 爆藥에 대한 諸係數를 決

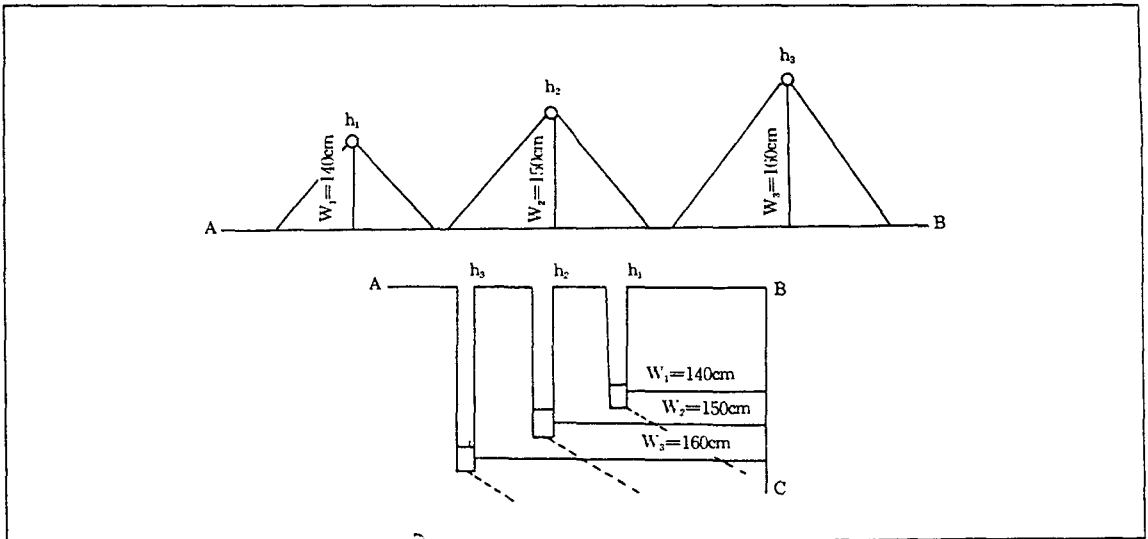


그림 3. 시험발파에서 천공 배치도

定하여야 한다. 係數의 決定은 그 自由面을 갖는 岩盤에다 抵抗線을 달리하면서 最適條件을 選擇하여 岩石 抗力係數(Ca)를 求한다.

本 實驗에서는 그림 3과 같은 그 自由面에서 crawler drill에 의한 穿孔徑 75mm, 裝藥量을 穿孔徑의 10倍로 하고 抵抗線의 길이 (W₁, W₂, W₃)를 1次로 100, 110, 120cm, 2次로 120, 130, 140cm, 3次로 140, 150, 160cm로 順次的으로 調整해 가면서 各 發破孔을 爆發시킨 結果, 抵抗線이 140cm일때 標準發破가 얻어졌다.

그림 11에서 h₁, h₂, h₃孔의 깊이를 각각 D₁, D₂, D₃라 하면

$$D = W + m / 2 \dots \dots \dots (5)$$

여기서

D : 各 發破孔의 깊이

W : 最小抵抗線

m : 裝藥量의 길이

(5) 式에서 最終段階의 試驗發破 條件은 다음과 같이 주어진다.

$$D_1 = W_1 + \frac{m_1}{2} = 120 + \frac{10 \times 7.5}{2} = 158 \text{cm}$$

$$D_2 = W_2 + \frac{m_1}{2} = 130 + \frac{10 \times 7.5}{2} = 168 \text{cm}$$

$$D_3 = W_3 + \frac{m_1}{2} = 140 + \frac{10 \times 7.5}{2} = 178 \text{cm}$$

4. 結 果

4-1. 強度와 Schmidt hammer의 反撥值

單軸壓縮強度, 引張強度 및 Schmidt hammer의 反撥值를 綜合하면 표 4와 같다.

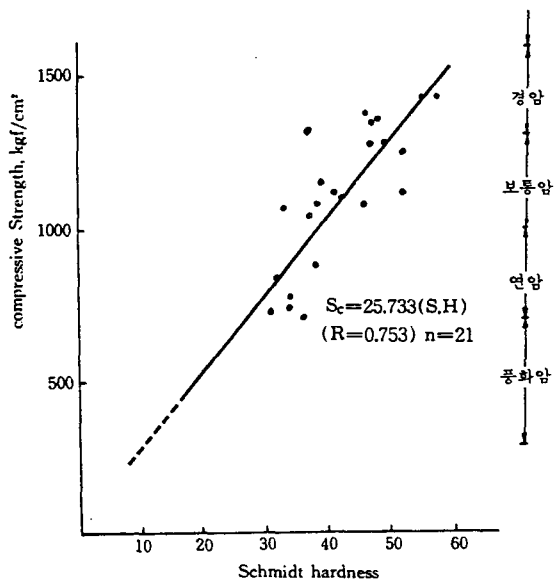


그림 4. Schmidt Hammer 반발강도와 단축압축강도와의 관계

표 4. 단축압축강도, 인장강도 및 Schmidt hammer

| 시료 채취 위치 | 시편의 길이 | 시편의 직경 | S.H 평균값 | | 단축압축 강도 | 인장 강도 | 탄성파 전파속도 | 분 류 |
|----------------------|--------|--------|---------|-----|---------|-------|----------|-----|
| | | | 현 장 | 실험실 | | | | |
| E-16-6 EL 196.15 | | | 46 | | (1150) | | | 보통암 |
| E-16-7 EL 206.32 | 59.0 | 3.1 | 48 | 31 | 730 | 51 | 3.2 | 연 암 |
| E-16-7 EL 204.37 | 61.7 | 3.1 | 43 | 37 | 1040 | 82 | 3.83 | 보통암 |
| E-16-9 EL 228.24 | 60.9 | 3.1 | 38 | 32 | 840 | 71 | 3.47 | 연 암 |
| E-16-9 EL 219.56 | 60.0 | 3.1 | | 52 | 1250 | 108 | 5.2 | 보통암 |
| E-16-14 EL 236.81 | | | 39 | | (975) | | | 연 암 |
| E-16-14 EL 233.63 | 56.0 | 3.1 | 44 | 36 | 1100 | | | 보통암 |
| E-16-20 EL 233.21 | | | 34 | | (850) | | | 연 암 |
| E-16-20 EL 225.30 | 61.4 | 3.1 | | 33 | 1070 | 77 | 4.14 | 보통암 |
| E-11-7,8 EL 174.60 | 38.3 | 3.1 | | 34 | 745 | 59 | 4.02 | 연 암 |
| E-11-7,8 EL 174.45 | | | 41 | | (1025) | | | 보통암 |
| E-11-9,10 EL 175.61 | | | 53 | | (1325) | | | 경 암 |
| E-11-11,12 EL 184.05 | | | 48 | | (1200) | | | 보통암 |
| E-11-11,12 EL 178.55 | | 3.1 | | 47 | 1355 | 119 | 4.85 | 경 암 |
| E-11-13,14 EL 187.81 | 59.2 | 3.1 | | 38 | 880 | 74 | 3.57 | 연 암 |
| E-11-13,14 EL 177.61 | 61.1 | 3.1 | | 41 | 1120 | 89 | 4.24 | 보통암 |
| E-63-2 EL 189.24 | | | 50 | | (1250) | | | 보통암 |
| 통합막사 EL 148.70 | 60.7 | 3.1 | 56 | 38 | 1080 | 96 | 4.7 | 보통암 |
| E-12-7,8 EL 160.04 | 67.2 | 3.1 | | 39 | 1150 | 94 | 4.2 | 보통암 |
| E-12-9,10 EL 157.62 | | 3.1 | | 46 | 1080 | 87 | 4.75 | 보통암 |
| E-12-11,12 EL 147.07 | 64.8 | 3.1 | | 49 | 1280 | 95 | 3.86 | 보통암 |
| E-14-1 EL 196.29 | 60.2 | 3.1 | | 47 | 1290 | 103 | 4.36 | 보통암 |
| E-18-4 EL 224.25 | | | 48 | | (1200) | | | 보통암 |
| E-18-4 EL 218.35 | 59.4 | | | 37 | 1320 | 112 | 6.45 | 경 암 |
| E-18-6 EL 220.22 | 56.0 | 3.1 | | 52 | 1120 | 111 | 5.45 | 보통암 |
| E-18-6 EL 217.72 | 50.0 | 3.1 | | 46 | 1378 | 113 | 4.92 | 경 암 |
| E-14 EL 119.75 | 62.3 | 3.1 | | 42 | 1100 | 90 | 4.37 | 보통암 |
| E-18 NO10 EL 272.84 | | | 46 | | (115) | | | 보통암 |
| E-18 EL 260.84 | | 3.1 | | 48 | 1360 | 107 | 5.2 | 경 암 |
| E-18 NO44 EL 239.82 | | | 42 | | (1050) | | | 보통암 |
| E-18 EL 224.82 | 5.60 | 3.1 | | 49 | 1410 | 115 | 5.3 | 경 암 |

표 4에서 現場의 S. H 平均값은 다음과 같은 要因을 考慮해 볼때 自然狀態의 岩塊에서 얻을 수 있는 反撥値보다 훨씬 낮은 값으로 생각된다.

○ 現場 岩塊에는 自然的인 龜裂外에 發破로 인한 人工龜裂이 多數 包含.

○ 破碎된 岩石들이 서로 쌓이거나 묻혀있는 狀態에서外見上 岩面에 打擊時 낮은 값을 보임.

한편 이들 資料의 相互關係를 表示하면 그림 4와

같다.

4-2. 標準 發破

표준 발파에서 암석 계수 C_a 는 다음 식으로 주어진다.

$$C_a = A/S * W^3 \dots\dots\dots(6)$$

여기서

A ; 약실의 투사면적

S ; 약실의 주변장

표 5. 암종과 최소저항선(허진) 비트지름 36mm

| 암 종 | | I | II | III | IV | V |
|------------------|---------------|----|-----|-----|-----|-----|
| | | 경암 | 준경암 | 보통암 | 풍화암 | 마사토 |
| 항 목 | | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| 최소 저항선(cm) | | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| 공간 거리 (cm) | 터 널 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| | 2자유면 (개착식) | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |

표 6. 최소 저항선과 비트의 지름

| 암반의 등급 | | 비트지름 36mm | 비트지름 75mm |
|--------|-----|-----------|-----------|
| 등급 | 구 분 | 최소저항선(cm) | 최소저항선(cm) |
| I | 경 암 | 60 | 125 |
| II | 준경암 | 65 | 135 |
| III | 보통암 | 70 | 145 |
| IV | 풍화암 | 75 | 155 |
| V | 마사토 | 80 | 165 |

W ; 최소저항선

따라서

$$C_a = \frac{10d^2}{22d \times 140} = \frac{10d}{140 \times 22} = \frac{10 \times 7.5}{140 \times 22} = 0.0243$$

$$A = 10d \times d = 10d^2$$

$$S = 2(10d + d) = 22d \quad W = 140 \text{ cm}$$

以上的 結果를 綜合하면 어떤 條件에서도(岩盤의 條件이 같은때) 最小抵抗線과 裝藥量(L)을 구할 수 있다.

한편 國內 最大의 터널工事라 할 수 있는 “서울 地下鐵建設工事”時 표 5와 같이 岩盤을 最小抵抗線을 基準으로 5等級으로 分類하여 作業의 標準化를 기하였다.

그러나 본 실험에서는 비트의 지름이 75mm이므로 公徑의 차이에 따른 最小 저항선의 보정이 요구된다.

즉

$$\frac{W1}{W2} = \frac{d1}{d2} : (6)$$

$$W2 = W1 \times \frac{d2}{d1} = 60 \times \frac{75}{36} = 125 \text{ cm}$$

같은 방법으로 환산하면 표 6의 결과를 얻을 수 있다.

以上과 같이 본 실험에서 구한 最小抵抗線 140cm는 서울 地下鐵公社의 基準에 의하면 普通岩에 該當되는 것으로 推定된다.

5. 結 論

○○地域 施設工事의 現地 岩盤에 대한 單軸壓縮強度, 點荷重試驗에 의한 引張強度, 彈性波 傳播速度, Schmidt hammer에 의한 反撥硬도를 調査하고 아울러 現場의 2自由面을 갖는 bench에서 實驗發破에 의한 最小抵抗線을 구한 結果는 표 4와 같으며 이를 要約하면 다음과 같다.

1. 단축압축강도와 시료의 수는 내암강도가

700-1,000kgf/cm² : 4개

1,000-1,300kgf/cm² : 12개

1,000-1,378kgf/cm² : 5개이다.

2. 탄성과 전파속도의 범위와 시료의 수는

3.20-3.7km/sec : 3개

3.70-4.7km/sec : 11개

4.70-5.8km/sec : 7개

3. 암석의 인장강도는 압축강도의 크기와 정비례 하지는 않으나 대체로 압축강도가 큰 암석은 인장강도도 큰 값을 보여주고 있다.

4. 실험실 시편의 Schmidt hammer(S. H)의 반발경도와 단축압축강도의 크기(Sc)와는 Sc = 25 × (S. H)의 관계가 성립된다.

5. 4)의 관계식으로부터 현장에서 구한 S. H값을 대입하여 간접적으로 구한 단축압축강도의 크기는 표 4의 ()속에 표시된 값과 같다.

즉 15개 구역의 시료중에서

700-1,000kgf/cm² : 4개

1,000-1,300kgf/cm² : 10개

1,300kgf/cm² 이상 : 1개이다.

6. 발파에 의한 암반의 파쇄효과는 단축강도나 탄성과 전파속도만으로는 표시되지 않는다. 즉 발파에 대한 저항성을 나타내는 암석항력 계수로 표시되는데 문헌조사에 의하면 편마암의 경우 2.07, 편암은 1.30으로 다른 암석에 비하여 큰값을 보인다.

7. 試驗發破 回數가 現場條件때문에 制限을 받아 充分하지 못했지만 2自由面에서 實驗發破에 의해 구한 最小抵抗線의 길이는 140cm로 普通岩에 屬하는 것으로 推定된다.

以上的 結果는 試片에 대한 實驗結果値와 現場에서 調査한 Schmidt hammer의 反撥値와 最小抵抗線의 距離를 基準으로 作成된 것이다.