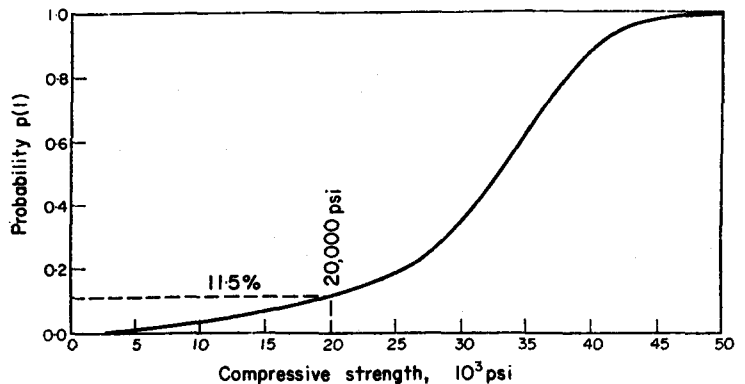


## 2孔間せん断法による岩盤強度試験について

東北大学工学部資源工学科 正会員 小林良二

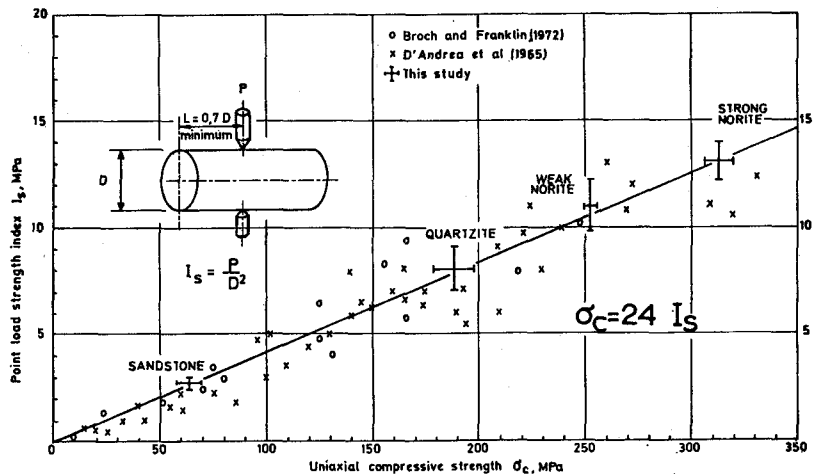
地下岩盤構造の設計資料を得る目的で、現位置における岩盤強度試験、あるいは、岩盤より採取した岩石試験片による各強度試験が行われている。しかし前者は、現位置において、大型岩石ブロックを試料とする点で、現地岩盤に最も近い試験法といえるが、莫大な試験費用を要し、また試験個数を多くとることが難しいという欠点がある。また後者は、岩盤の各所から多数の試料を採取し、これらを整形した試験片について強度試験を行ない、試験値の分布から岩盤強度を推定しようとするものである。例えば、Košťák<sup>1)</sup>は、鉱柱の破壊過程と鉱柱

Fig. 1 Probability related to pillar strength in the cumulative distribution function of uniaxial compressive strength. Matinenda sandstone, size D = 2.14 in (after B. Košťák)



より採取された代表的な試験片の強度分布とを関係づけることによって鉱柱強度を推定している。すなわち、Fig. 1 に示すような圧縮強度の累積分布関数を求め、寸法効果の測定結果から破壊確率を 11.5% としている。いまここで、Košťák の提案をうけいれたとしても、問題となるのは、層理、節理、ひび割れなどの多くの弱面をもつ岩盤から、如何にして、その岩盤を代表するような試験片を多数得るかということである。現地岩盤から多数の強度資料を得る方法として、Broch と Franklin<sup>2)</sup>により開発された Point-loaded test が、試験が容易で、しかも現地で試験できるという点で注目される。この試験法は、現地岩盤をボーリ

Fig. 2 Relationship between "Point loaded index"  $I_s$  and uniaxial compressive strength  $\sigma_c$  for NX cores (after Z.T. Bieniawski)



ングして採取した NX コアを Fig. 2 のように点載荷して、Point load strength index を求め、この Point load strength index よりコアの一軸圧縮強度を求めようとするもので、各種岩石試料の Point load strength index と一軸圧縮強度との関係は Fig. 2 のようになると述べている。図によると、Point load strength index と一軸圧縮強度との間に、かなりよい相関性がみとめられ、次の実験式が求められている。

$$\sigma_c = 24 I_s \text{ ----- (1)}$$

上式において、

$\sigma_c$  : NX コアの圧縮強度 (MPa)

$I_s$  : Point load strength index (MPa)

しかし、Point loaded test は、ボーリングコアに対する点載荷法をとっているため、この試験法によって、節理、ひび割れなどの弱面を含む岩盤の強度を表現することは難しい。

本研究は、現位置において、岩盤の強度分布を測定する目的で、まず岩盤に NX ビットを用いて、近接した2本の平行なボアホールを穿ち、一方のボアホールに、試作した2孔間せん断試験機を挿入し、油圧により2孔間の岩盤をせん断させて、岩盤内各所の強度分布を求めようとするものである。

Fig. 3 は本研究において試作した2孔間せん断試験機である。また Fig. 4 はせん断試験機の写真である。

Fig. 3 Schematic diagram of borehole-type shear instrument

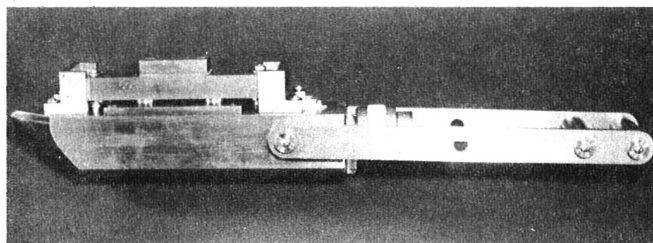
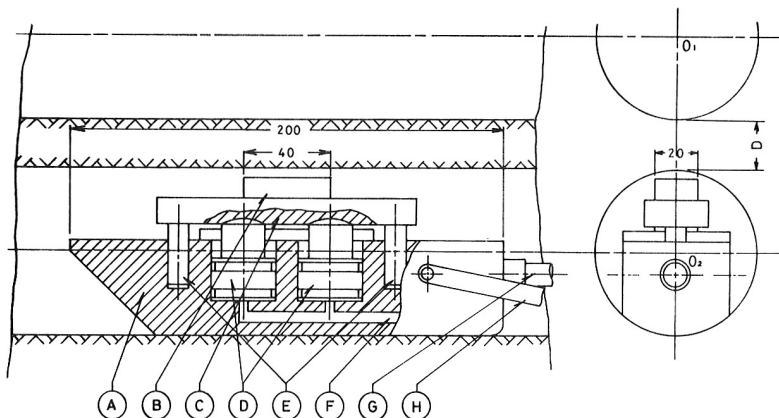


Fig. 4 Photograph showing borehole-type shear instrument

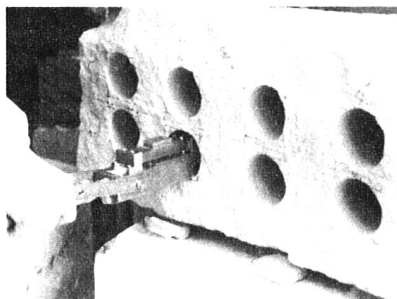


Fig. 5 Photograph inserting shear instrument into EX borehole

試験機の主要部の名称について述べると、(A) は試験機本体、(B) はせん断刃 (40 mm × 20 mm × 12 mm)、(C) はせん断刃保持板、(D) は押し上げピストン、(E) はせん断刃ガイド棒、(F) は送油孔、(G) は高压ゴムホース、(H) は試験機挿入棒である。

測定にあたっては、Fig. 3 に示すように、下のボアホール内の所定の位置まで、せん断試験機を挿入し、せん断刃 (B) の方向が2本のボアホールの孔軸を結ぶ線、すなわち、O<sub>1</sub>-O<sub>2</sub> 線に沿うように設置する。Fig. 5 はせん断試験機をボアホール内に挿入する際の写真である。次に高压ポンプを作動させて、Fig. 3 の送油孔 (F) を経て、押し上げピストン (D) に油圧を加えると、せん断刃 (B) が押し上げられ、2孔間の岩盤にせん断力がかかり、岩盤が破断される。岩盤の破断後、高压ポンプのバルブを開き、油圧を開放すると、せん断刃ガイド棒 (E) 内のスプリングの力により、せん断刃は元の位置に押しもどされるようになっている。なお、本せん断試験機は NX ボアホール (孔径約 78 mm) 用に設計されたもので、試験機の前進、後退、せん断方向の調整は試験機挿入棒 (H) により行なわれる。

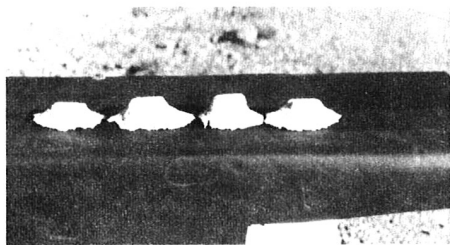


Fig. 6 Photograph showing rock fragments failed by shear instrument

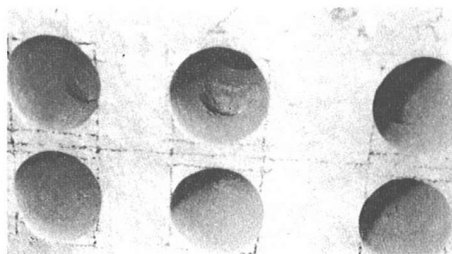


Fig. 7 Photograph showing borehole failed by shear instrument

Fig. 6 は、本試験機でせん断した後の岩石片であり、また Fig. 7 は、せん断後のボアホールを示したものである。Fig. 6、Fig. 7 より、せん断刃が接触する附近の岩盤、すなわち、Fig. 3 の O<sub>2</sub> ボアホールに近い岩盤は明らかにせん断されている様子が見とめられるが、O<sub>1</sub> ボアホールに近くなると引張割れがあらわれ芽状の破片ができる。このような破断状況からみて、2孔間せん断試験より求めた打抜き強度とせん断強度とすることは問題があるので、本研究ではこれを Shear strength index ということにする。なお Shear strength index は、打抜き荷重とせん断刃の四周の辺長と Fig. 3 の D とを勘案して算定したせん断面積で除して求めた。

Shear strength index より岩盤の強度を求めるためには、まず、Shear strength index と他の強度値との関係を求めなければならない。そこで、各種岩石ブロックについて、2孔間せん断試験を行ない、また2孔をボーリングすることによって得られるコアを用いて、せん断箇所附近の圧縮強度と圧裂強度とを求め、これらの値と Shear strength index との関係を調べた。

岩石試料としては、比較的均質な福島県耶麻郡高郷村産凝灰岩 (萩野凝灰岩)、静岡県賀茂郡南伊豆町産凝灰質砂岩 (伊豆青石)、福島県須賀川市江持産安山岩 (江持安山岩)、石灰石粉を混入したセメントモルタルを用いた。なお萩野凝灰岩試料、江持安山岩試料については、強度に変化をもたせる意味で、気乾状態にあるものと約2週間水中に浸漬したものをを用いた。

Fig. 8 は、各種岩石試料の Shear strength index と一軸圧縮強度との関係を描いたものである。図を見ると、Shear strength index と一軸圧縮強度との間にかなりよい相関が見とめられ、現在までのところ、次の実験式が求められている。

$$\sigma_c = 3.14 S_I \text{ ----- (2)}$$

上式において、

$\sigma_c$ : NXコアの一軸圧縮強度 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$S_i$ : Shear strength index ( $\text{kg/cm}^2$ )

Fig. 8 Relationship between shear strength index  $S_i$  and uniaxial compressive strength  $\sigma_c$  for NX cores

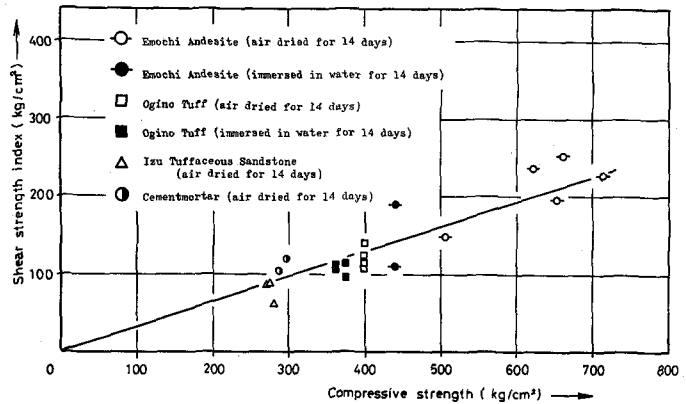
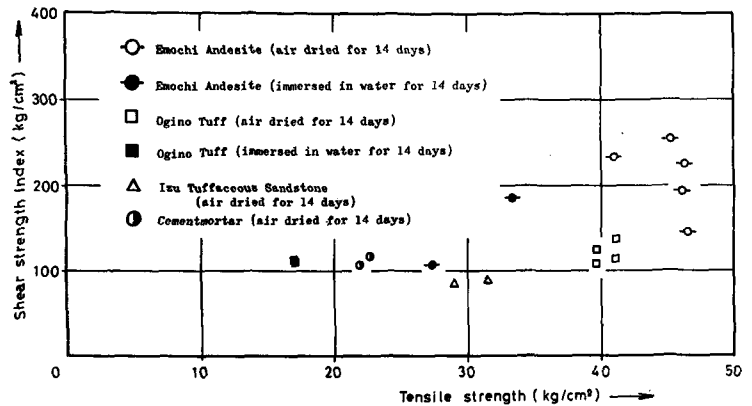


Fig. 9 Relationship between shear strength index  $S_i$  and tensile strength  $\sigma_t$  for NX cores



また、Fig. 9は、各種岩石試料の Shear strength index と円板圧裂強度との関係を示したものである。図よりこれらの間には相関性がみとめられない。

以上より、2孔間せん断試験より得られた Shear strength index を用いて、(2)式の関係から一軸圧縮強度が求められることになる。この方法は、前述の Point loaded test に比べ、節理、ひび割れなどの弱面を含んだ状態の岩盤の一軸圧縮強度を推定できる点に特色がある。一方、本試験法は、平行な2本のボアホールを岩盤内に穿たねばならぬという問題をかかえている。しかし、これは、最近のボーリング技術からすれば解決できる問題であると思う。

#### 参考文献

- 1) Košťák B. : Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 8, pp. 523 ~ 526, 1971
- 2) Bieniawski Z. T. : J. S. Afr. Inst. Min. Metall., Vol. 74, No. 8, pp. 312 ~ 320, 1974

In Situ Method for Determining Rock Strength by  
Shearing Rock between Two Parallel Boreholes

by

Ryoji KOBAYASHI  
(Faculty of Engineering, Tohoku University)

In case of the design of underground opening in rock, it is important to estimate the strength of rock mass precisely. For that purpose, the strength distribution in the rock mass is usually obtained from a large number of representative specimen of the rock mass.

In this paper, it is shown that the strength distribution in the rock mass is obtained by shearing rock between two parallel EX boreholes. A borehole-type shear instrument is trial manufactured for this test, as shown in Fig. 3. The main parts of the instrument are as follows: (A) is a body of the shear instrument, (B) is a shear edge (40mm x 20mm x 12mm), (C) is a holder plate, (D) are pistons, (E) are guide-bars, (F) is an oil port, (G) is a rubber hose, and (H) is a bar, which operates the instrument by hand.

To measure the in situ rock strength, the shear instrument is inserted into one side of the two EX boreholes, as shown in Fig. 3. Upward shear load from the pistons (D), applied by oil pressure, is carried to the rock between two parallel EX boreholes along the line  $O_1-O_2$ .

By the above procedures, the shear strength can be calculated from the applied shear load and the shear area. In this investigation, this shear strength is termed "Shear strength index". Fig. 9 is shown the relationship between the shear strength index and the uniaxial compressive strength of the EX cores drilled from the same place as that of the shear test. From Fig. 9, it will be clear that there is a correlation between the shear strength index and the uniaxial compressive strength.

The experimental equation given above relationship is as follows at this point:

$$\sigma_c = 3.14 S_r$$

where  $\sigma_c$  is the uniaxial compressive strength (kg/cm<sup>2</sup>) and  $S_r$  is the shear strength index (kg/cm<sup>2</sup>).

This proposal for determining the uniaxial compressive strength of rock has an advantage to enable to measure the strength distribution of rock mass, which includes weak planes such as joints.