

(16) 岩石物性におけるデータベース化の試み

清水建設(株)大崎研究室 正会員 今津 雅紀

1. はじめに

土木構造物とりわけ大規模な岩盤構造物を設計・施工する際には、調査の段階で数多くの室内岩石試験や原位置試験が行われている。しかし、これらの試験結果は、当初の目的を果たした後、各関係機関や調査会社に散在している。また、近傍で工事が行われる場合、地層の關係で周辺地域と同一とみなして使う可能性が多い。このような場合、上記の試験結果が、データベース化され、同一の様式で整理・収集されることが望ましい。地盤の地層データなどは、各所でデータベース化が検討されているが^{1), 2)}、岩盤物性についてのデータベース化は、ほとんどないのが現状である。そこで、第一ステップとして、現在までに調べあげられた岩石の物性をデータベース化し、その岩石特性を把握することを目的として、代表的岩種の岩石物性すなわち(a)密度、(b)弾性係数、(c)変形係数、(d)ポアソン比、(e)一軸圧縮強度、(f)引張強度 おおのの頻度分布、および物性相互間の相関を調べたものである。

2. データベースの仕様

今回のデータベースの基礎は、R. D.Lamaら³⁾が調べた室内岩石試験結果とする。これは、世界各地の岩石物性について収集したものである。データベースは、表-1に示す一試料十一項目について一枚のデータファイルとして、編集する。入力単位は、SI単位とし、データそのものから換算することなしに、チェックできるよう、今回の目的が研究であるということから考えあわせて、コード化は極力避け、『④岩石の種類』及び『④国名』については、そのまま英名で入力することとする。また、データベースの基礎となる室内岩石試験結果が明らかな誤りと考えられる場合、たとえばポアソン比が0.5以上の場合などはデータなしとして登録する。ここで、全体のシステムについて呼ぶときはデータベースとし、一つ一つを構成する要素についてはデータファイルと呼ぶことにする。データベース名は、『ROCKBAN1』と名付け、表-2に示す入力フォーマットを用い、一試料一枚とした。このデータベースを運用していくにあたってのシステムフローを、図-1に示す。『ROCKBAN1』に登録されている岩石物性のデータベースをデータ処理プログラム『DALMNG』によってデータ処理し、プログラム『ALYS』及び『NGRAPH』によって、それぞれ統計処理及び図化処理を行うものである。データベース化したデータは、148岩種、2143試料に及んだが、試験条件が様々であることや一定地域のデータが多いなどデータに片寄りがあることにも注意しておかねばならない。

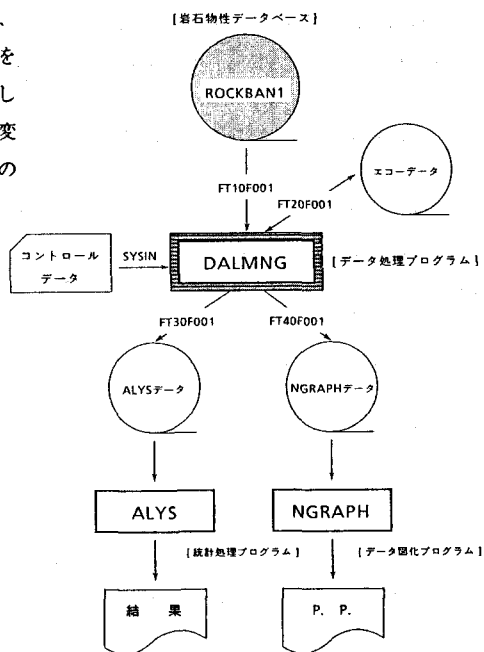


図-1 システムフロー

表-1 データファイルの項目

	データファイル項目	データ名
①	データベース種別 (L-)	SEC
②	データ番号	NUM
③	岩石の種類	ROK
④	国名	NAT
⑤	密度	DEN
⑥	弾性係数	ELE
⑦	変形係数	RIG
⑧	ポアソン比	POI
⑨	圧縮強度	COM
⑦	引張強度	TEN
④	備考	REM

表-2 カード入力フォーマット

フィールド	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫					
データ名	-	NUM	ROK	NAT	DEN	ELE	RIG	POI	COM	TEN	REM						
タイプ	A2	I4	A8	A8	F7.0	F7.0	F7.0	F7.0	F7.0	F7.0	A8						
コラム	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80

3. 岩石物性の頻度分布

データファイル化した148種の岩石のうち、比較的試料数の多い主な岩石36種を選んで、おのおのの岩石物性すなわち(1) 密度、(2) 弾性係数、(3) 変形係数、(4) ポアソン比、(5) 一軸圧縮強度、(6) 引張強度に関する頻度分布を調べ、図-2に花崗岩及び砂岩の例を示しておく。また、一例として、密度および弾性係数についての各岩石におけるデータ個数、平均値、標準偏差および変動係数を、表-3に示す。平均値については、岩石相互の比較をするため、各物性値ごとに図-3に示しておく。変動係数のばらつきが大きい要因は、岩種の地域的特質や供試体の大きさ、状態の違い及び物性を測定する際の方法や測定機器の相違によるものと考えられる。密度については変動係数が1ケタと小さく、同一岩種でばらつきも小さいと考えられる。

4. 各物性間の相関

ここでは、一軸圧縮強度を指標として、種々の物性との比較を行う。一軸圧縮強度に対する弾性係数、ポアソン比および引張強度との比較をしたものが図-4である。ポアソン比を除いて、他の物性は一軸圧縮強度と相関があると考えられるので、一軸圧縮強度で除したおのおのの値の頻度分布を調べてみる。弾性係数と引張強度の例が、図-5である。これは、全データを表したものであるから、極端な地域特性を含むものや、特殊な岩石すなわち磁鉄鉱や赤鉄鉱などを含んでいる。密度 / 一軸圧縮強度と一軸圧縮強度に関しては、明らかな相関関係が認められるので、 $y = p / \sigma_c$, $x = \sigma_c$ において、関係式を式(1)と推定する。

$$y = \frac{c}{x} + d \quad (1)$$

ここで、最小二乗法を用いて、603試料のデータを代入すると、 $c=2.40$, $d=0.00179$ となる。ゆえに、一軸圧縮強度と密度の関係は、下式のようになる。

$$\frac{p}{\sigma_c} = \frac{2.40}{\sigma_c} + 0.00179 \quad (2)$$

$$p = 2.40 + 0.0017 \cdot \sigma_c \quad (3)$$

式(3)の関係式及びその基礎データを図-6に示す。

以上のことより、一軸圧縮強度 σ_c (MPa) をパラメーターとして、密度については(3)式、他の物性については一軸圧縮強度で除したものの頻度分布から、以下のような関係式を提案できる。ポアソン比については、一軸圧縮強度に関わりなく、(平均値 $\pm$ 標準偏差)で考えることとする。ただし、算出にあたって、極端な値を取り除くため、 $\pm 2\sigma$ ($2 \times$ 標準偏差) 以上の値を除外してある。

$$(1) \text{ [密度 g/cm}^3\text{]} \quad p ; \quad p = 2.40 + 0.00179 \times \sigma_c$$

$$(2) \text{ [弾性係数 MPa]} \quad E ; \quad E = (303 \pm 141) \times \sigma_c$$

$$(3) \text{ [変形係数 MPa]} \quad G ; \quad G = (120 \pm 42) \times \sigma_c$$

$$(4) \text{ [ポアソン比]} \quad \nu ; \quad \nu = (0.21 \pm 0.08)$$

$$(5) \text{ [引張強度 MPa]} \quad \sigma_t ; \quad \sigma_t = (0.074 \pm 0.037) \times \sigma_c$$

上式は、一軸圧縮強度を指標として、おのおのの岩石物性を示したものである。設計などの際、一軸圧縮強度しか得られていないときに、密度、弾性係数、変形係数、引張強度を算出する簡便式であり、ともにFEMで用いられる岩石物性の一つである。このうち、引張強度は、破壊規準に対する一つのパラメーターとしてとらえられることが多く、有用な式と考えられる。

5. 今後の課題

今回、データベースの試みとして、岩石物性を取り上げたが、問題点も多い。今後の課題を箇条書きにすると、(1) 原位置試験結果のデータベース化、(2) 岩盤地下構造物物性のデータベース化、(3) 計測結果(NATMなど)のデータベース化、(4) 国内データの追加・補充、(5) 登録データの内容吟味、(6) 岩石物性と岩盤物性の相関、(7) データベースSYSTEMの整備、(8) 対話型への発展、ミニコンへの展開、(9) 設計・営業用データベースSYSTEMへの拡張、(10) サイトごとのデータベースへの展開 などがあげられる。

参考文献

- 1) 幾志新吉；情報の集め方と利用の方法 12. 地盤資料（土質柱状図）の電算化と検索法，土と基礎，vol.21，No.3，1973.3，pp.89～94
- 2) 多賀直恒，富樫豊，岩佐政徳；都市地盤資料のデータベース化の試み，第18回土質工学研究発表会，1983.6，pp.23～24
- 3) Lama R. D., Vutukuri V. S. ; Handbook on Mechanical Properties of Rocks volume II, Series on Rock and Soil Mechanics, Trans Tech Publications, 1978, pp.315～453

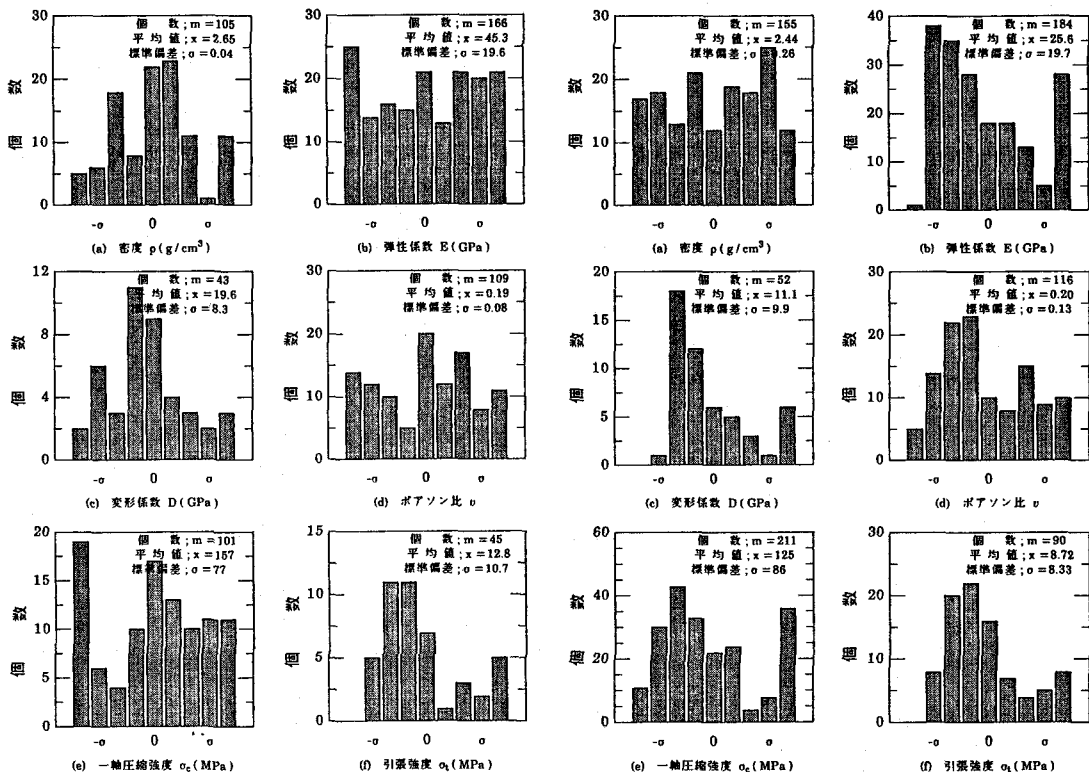
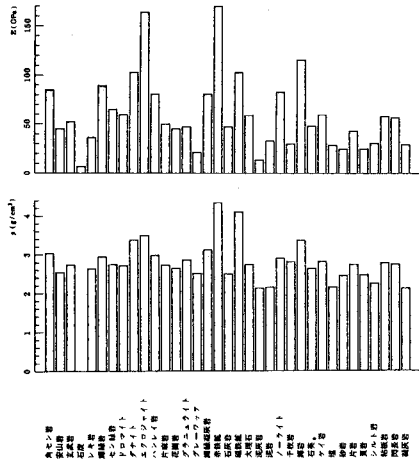


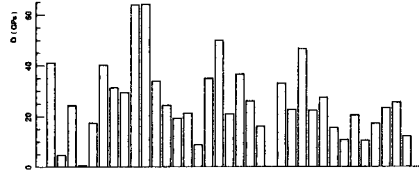
図 - 2 (a) 岩石物性の頻度分布図 (花崗岩)

図 - 2 (b) 岩石物性の頻度分布図 (砂岩)

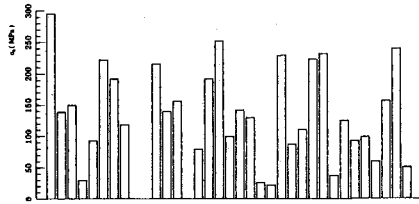


(a) 密度 ρ

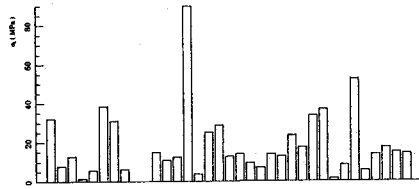
(b) 弾性係数 E



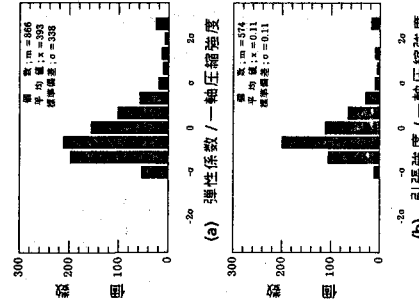
(c) 変形係数 D (d) ポアソン比 ν



(e) 一軸圧縮強度 σc



(f) 引張強度 σt



(g) 引張強度 / 一軸圧縮強度

図 - 3 各岩石の物性平均値

表 - 3 (a) 主たる岩石の密度 ρ (g/cm³) 一覧

岩石名	密度 ρ (g/cm³)	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν	一軸圧縮強度 σ _c (MPa)	引張強度 σ _t (MPa)	σ _c /σ _t
花崗岩	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
玄武岩	2.80	70.0	0.20	120.0	12.0	10.0
砂岩	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
粘土岩	2.10	20.0	0.30	60.0	6.0	10.0
石灰岩	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
大理石	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
石英岩	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
片麻岩	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
gneiss	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
schist	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0
sedimentary	2.35	30.0	0.25	80.0	8.0	10.0
metamorphic	2.70	50.0	0.25	90.0	9.0	10.0
igneous	2.65	60.0	0.25	100.0	10.0	10.0

(16) DATA BASE SYSTEM FOR LABORATORY MECHANICAL PROPERTIES OF ROCKS

masanori IMAZU

Ohsaki Research Institute

Shimizu Construction Co., Ltd.

In case of designing and constructing the structures, especially large scale rock caverns, there have been many laboratory tests and in situ tests to determine mechanical properties of rock until now. But after construction, these test results has not been used effectively. In case of next construction near the location, where test results have already been obtained, there are many opportunities to use these data with relation to similar layers. Thus, it is hoped that these test results should be included in the data base system with the same format of collection and arrangement. There have been many data base systems for soil properties and layer data, but scarcely for mechanical properties of rock. Therefore, the data base system "ROCKBAN1" is developed to collect the laboratory test results of the rock's mechanical properties, that is, (a)density, (b)modulus of elasticity, (c)modulus of rigidity, (d)poisson's ratio, (e)compressive strength, (f)tensile strength. An example is shown in Fig-1.

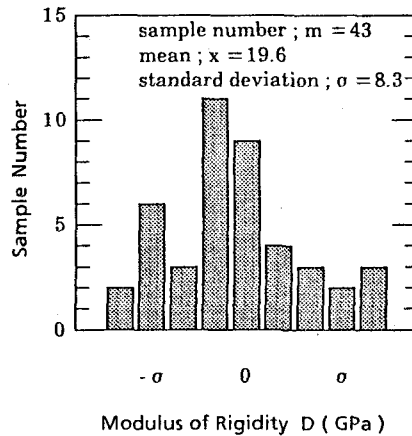


Fig - 1 Frequency Distribution of Rock Materials (GRANITE) --- Example ---