

10. 古第三系原石山の評価 — 圧縮試験における寸法効果 —

田村ボーリング(株)○山田 敏昭
伊勢田光伯
宮本 妙美

1. はじめに

四国南東部の山体において、原石山開発を目的とする地質調査が行われた。

調査地は、安芸断層の南側に広く分布する室戸半島層群の北縁部にあり、古第三系の砂岩及び砂岩優勢互層からなる。

原石山の調査にあたっては、質、量、経済的な評価が必要となる。岩石材料は、利用目的によって評価が異なり、それは岩質・形状・大きさ等によって決まる。

今回必要とする岩石材料は、10kg以上の硬質な($\sigma_c=4903.3\text{N}/\text{cm}^2$ 以上)土木・建築等で使用できる石材採掘の可否が主目的であった。

調査は、弾性波探査、鉛直オールコアボーリング(1本;100m)の現地調査とボーリングコアを用いた室内岩石試験(比重, 吸水率, 一軸圧縮試験)である。

ここでは、石材利用の可否を判定するためのボーリングコアの観察方法及び一軸圧縮試験における寸法効果について発表する。

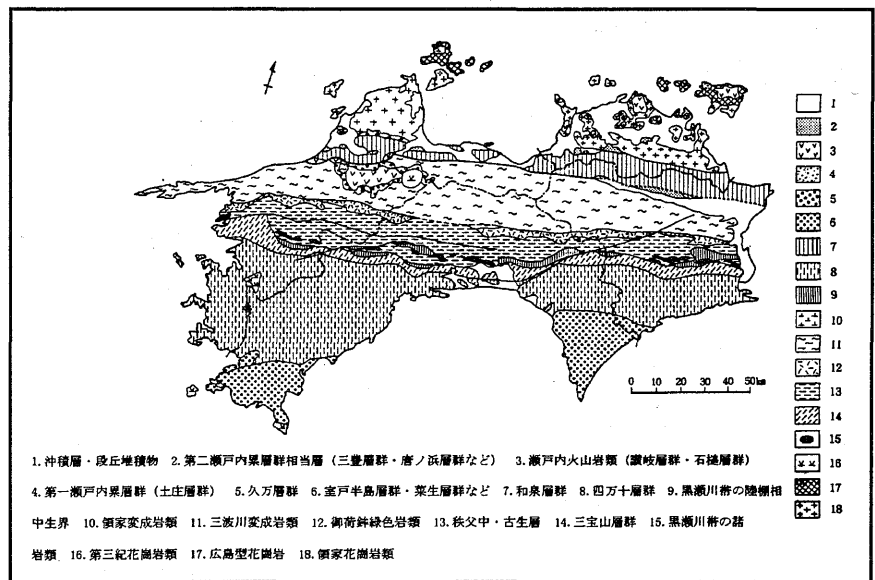


図-1 四国の地質概要図¹⁾

2. 原石山評価のためのボーリングコア観察の方法

一般に、ボーリングコアの観察は、色調、硬軟、形状、割れ目の状態、RQD、最大コア長等を指標に、目視、ハンマー打診等によって岩級区分が行われる。

原石山調査の場合、岩石材料を採掘することが目的であり、材質、形状、大きさが問題となってくる。「(JIS.A.5006)割ぐり石」の規定では以下のようなものである。

1) 材質については、圧縮強さによって、表-1のように区分されている。

表-1 圧縮強さによる区分

種類	圧縮強さ N/cm ²	参考値	
		吸水率 %	見かけ比重 g/cm ³
硬石	4903.3以上	5未満	約2.7~2.5
準硬石	4903.3未満	5以上	約2.5~2
	980.66以上	15未満	
軟石	980.66未満	15以上	約2未満

←今回必要とする岩石

2) 形状については、原石を破碎したものであって薄っぺらなもの細長いものであってはならない。薄っぺらとは厚さが幅の1/2以下のもので、細長とは長さが幅の3倍以上のものをいう。

3) 大きさについては、質量によって割ぐり石1号(質量10kg)から100号(質量1000kg)までの10種類に区分されている。

今回必要とする岩石材料は、10kg以上の硬質な($\sigma_c = 4903.3 \text{ N/cm}^2$)岩石(砂岩)である。これをボーリングコアのコア長に換算する場合、下記の方法で算出した。

・ 10kgのコアの考え方

$$10\text{kg} / 2.6 (\text{見かけ比重}) = 3846\text{cm}^3 \text{ (体積 ; } V)$$

$$\text{球体として、} V = \pi d^3 / 6$$

$$d = \sqrt[3]{(V \times 6 / \pi)}$$

$$= 19.4 \approx 20\text{cm}$$

となることから、通常のコア観察(RQD)に加えて、特にここでは20cm以上のコア長の比率に着目してコア観察を行った。

観察結果を図-2に示す。図-2は深度1m毎に所要のコアが採取できる長さ(比率)を示したもので、これを地層区分及び原石採掘量の歩留まりの算定に反映した。

コア長の観察に際しては、たとえ棒状コアで採取されていても、発破後、運搬時等に割れると思われる潜在的なクラック(節理・層理等)は全て分離面としてカウントした。

なお、コンクリート骨材、道路用砕石等に利用することも考慮して10cm未満のコア、10cm以上20cm未満のコアについても同様に観察し記録をとった。

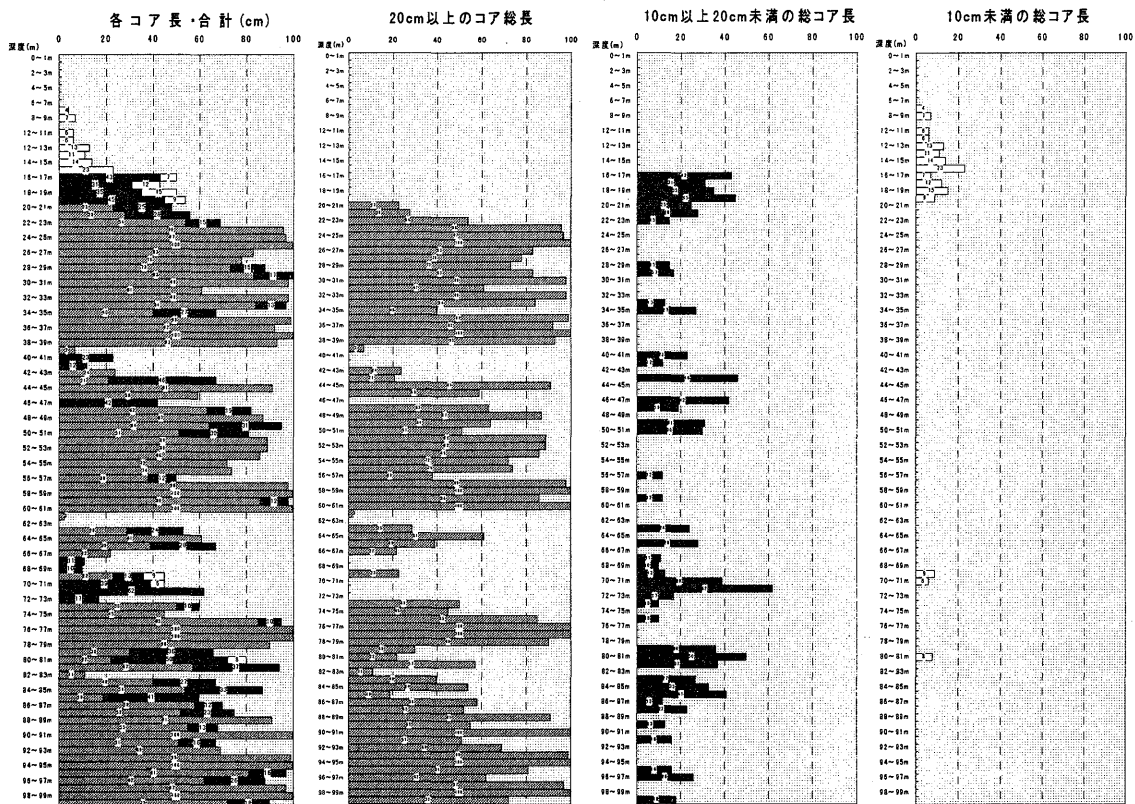


図-2 1m毎の各コア長の合計(比率)

3. 圧縮試験における寸法効果

3.1 試験概要

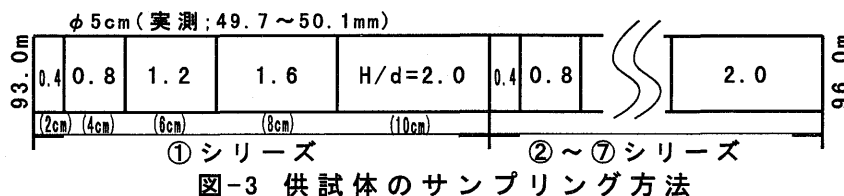
岩石の圧縮試験は、JIS.M.0302では供試体高さ(H)と直径(d)の比(H/d)は2.0を標準としており、1.8~2.2の範囲内にあることが望ましいとされている。

しかし、ボーリングコアを試料とする場合、コア状況の悪い岩(岩片~短棒状で採取されるような軟岩及び亀裂の多い岩)では標準的な供試体を作製することは困難な場合が多い。そこで、H/dが2.0以下の供試体を作製して試験を行い、H/dの比率による圧縮強度の違いを比較した。

3.2 試験方法

供試体作製用試料として、コア観察の結果、分離面の少ない深度(GL-93.0~-96.0m間)のコアを選定した。

供試体は、選定したコアを浅い深度(GL-93.0m)からH/d;0.4 0.8 1.2 1.6 2.0(2cm 4cm 6cm 8cm 10cm)とする5タイプの供試体を連続的に切断した。この組合せを「1シリーズ」として、「5タイプ7シリーズ」の供試体を作製した。(図-3参照)



作製した全供試体について、比重・吸水率・有効間隙率・超音波速度試験を行ない、物理的性質をチェックした。そのうち、タイプ(H/d)毎の試験結果の最小値と最大値を除く「5タイプ5シリーズ」の供試体を圧縮試験に使用した。

圧縮試験は、JIS.M.0302の規定に従い、一定速度で载荷した。圧縮試験機は硬質な砂岩であることから、980kN油圧アムスラー型を使用した。

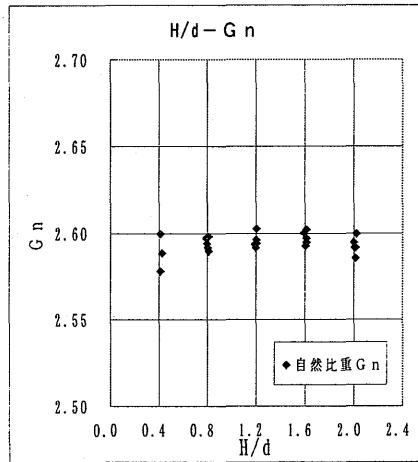
3.3 試験結果

3.3.1 物理試験結果

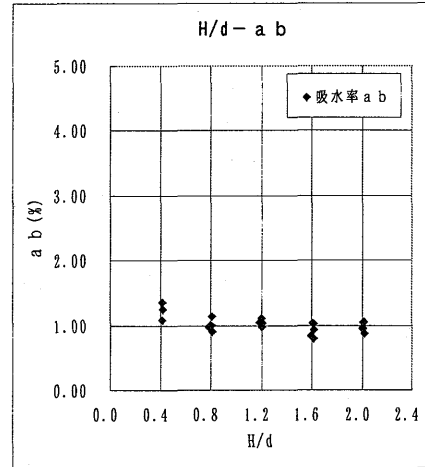
圧縮試験前に行った物理試験の結果を表-2及び図-4に示す。各試験結果ではH/dの小さいほどバラツキが大きく、Vs, Vpの速度はやや遅くなる傾向がみられたが、比較的均一な試料であった。

表-2 物理試験結果の平均値

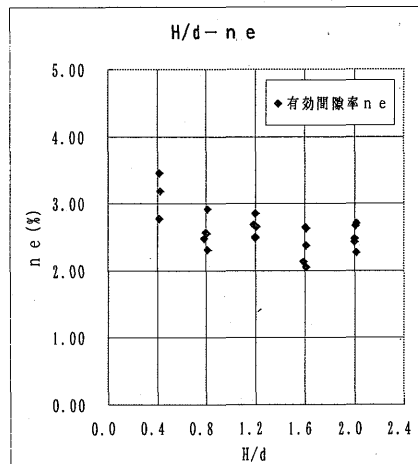
H/d(高さ)	自然比重 Gn	湿潤比重 Gt	乾燥比重 Gd	吸水率 ab(%)	有効間隙率 ne(%)	Vs km/s	Vp km/s
0.4(2cm)	2.592	2.602	2.574	1.10	2.82	2.02	3.96
0.8(4cm)	2.595	2.602	2.577	1.00	2.57	2.23	4.19
1.2(6cm)	2.596	2.604	2.578	1.02	2.63	2.43	4.32
1.6(8cm)	2.596	2.602	2.578	0.93	2.40	2.44	4.33
2.0(10cm)	2.593	2.600	2.575	0.97	2.50	2.46	4.26
全平均	2.594	2.602	2.576	1.00	2.58	2.32	4.21



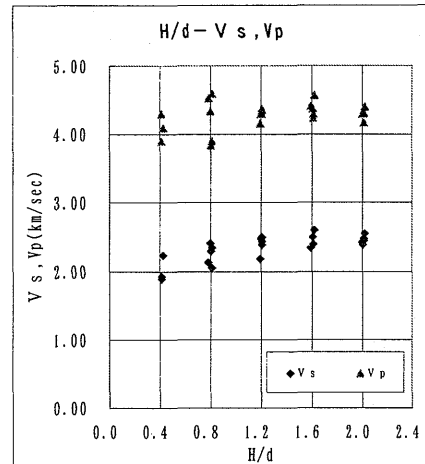
(a)



(b)



(c)



(d)

図-4 物理試験結果

3.3.2 圧縮試験結果

圧縮試験の結果を表-3及び図-5に示す。供試体のH/dが1.6 1.2 0.8 0.4と短くなるにつれて圧縮強度が増大しているのが分かる。ただし、H/d=2.0の垂宿強度が1.6 1.2 0.8のものより大きかったことと、②シリーズではH/dが減少するにつれて圧縮強度が減少する傾向を示したこと等は、予測に反する結果であった。

表-3 圧縮試験結果; σ_c (MPa)

H/d	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
シリーズ	(2cm)	(4cm)	(6cm)	(8cm)	(10cm)
①シリーズ	241	135	127	109	161
②シリーズ		87	125	140	141
③シリーズ	171	136	95	92	140
④シリーズ	200	135	134		149
⑤シリーズ		122	96	99	121
平均	204	123	115	105	142

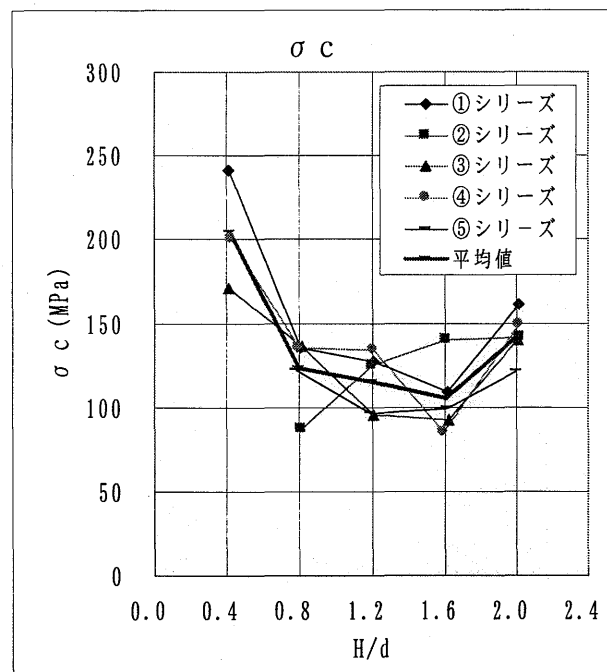


図-5 H/dに対する圧縮強度の変化

3.3.3 試験結果の考察

試験結果よりH/dが2.0~1.6間は、圧縮強度は減少する傾向がみられた。H/d=1.6~0.4まで減少する間では圧縮強度は増加の傾向にを示した。H/d=0.8~0.4間では急激に増加した。

この結果より、H/dが2.0の強度を1としたときの強度比率を表-4に示した。

表-4 H/d; 2.0に対する強度比率

シリーズ \ H/d	0.4 (2cm)	0.8 (4cm)	1.2 (6cm)	1.6 (8cm)	2.0 (10cm)
①シリーズ	1.50	0.84	0.79	0.68	1.00
②シリーズ		0.62	0.89	0.99	1.00
③シリーズ	1.22	0.97	0.68	0.66	1.00
④シリーズ	1.34	0.91	0.90	0.57	1.00
⑤シリーズ		1.01	0.79	0.82	1.00
平均	1.35	0.87	0.81	0.74	1.00
②シリーズを除く平均	1.35	0.93	0.79	0.68	1.00

H/d=1.6から0.4にかけての圧縮強度の増加傾向は、従来の理論的研究及び実験的研究結果²⁾(図-6)が示すようなH/dの減少とともに強度が増加する傾向と同じである。また、②シリーズのようにH/dの減少とともに強度が減少する傾向は、端面条件の違いによる試験の報告としてKARTASHOVほか(1970)の試験結果³⁾があり、図-7の、各々の曲線は1は、端面に摩擦のある場合(①③④⑤シリーズの傾向)2は、特別に設計された装置で試験を実施した場合、3は、端面をなめらかにした場合の曲線である(②シリーズの傾向)。

なお、②シリーズを除くH/d=2.0~1.6間の強度の減少傾向については、H/d>2.0の試験をしておらず、どのような傾向となるかは推定しがたい。

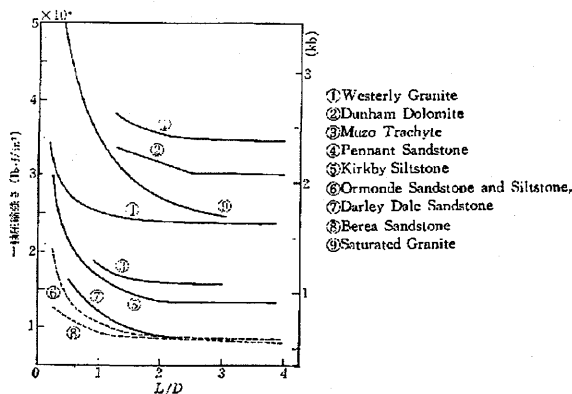


図-6 理論的、実験的研究からのH/d-σcの関係²⁾

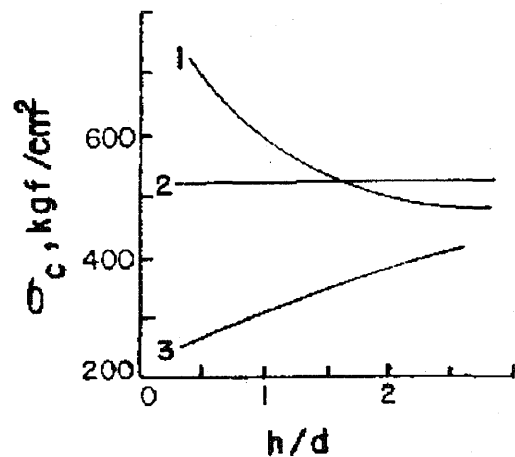


図-7 砂岩の高さ-直径の比に対する圧縮強度の関係³⁾
(KARTASHOVほか, 1970)

4. まとめ

◎ボーリングコアの観察方法

- ①原石山開発を目的とするボーリング調査の場合、必要とする材料によりコアの観察方法は変わる。
- ②岩石材料の大きさを必要重量から求める場合、体積と比重から直径又は短辺長を求め、それをコア長として観察する。また、発破後の運搬時により割れるような節理，層理，潜在クラック等の分離面を詳細に観察する必要がある。

◎圧縮試験における寸法効果

- ①H/dの異なる試料の圧縮試験の結果、H/d=1.6~0.4の範囲では従来の研究結果が示すような強度増加を示したが、研究結果では、H/d=2.0より強度は増加しているのに対し、今回の結果ではH/d=1.6~0.8の範囲では強度は低くなった。
- ②H/d=0.4の強度がH/d=0.8の強度より急激に増加した要因としては、載荷盤の変形係数と供試体の変形係数の違いから、供試体の端面が拘束されることによるものと考えられる。
- ③H/d=2.0~1.8の間で強度は減少する傾向があるが、試験個数が少なく、また、H/d>2.0の試験をしていないため、強度変化の傾向は特定できなかった。
- ④室戸半島層群北縁部に分布する古第三系砂岩は、H/dが1以上あれば、H/d=2(標準供試体)の圧縮強度と同等に扱える。

ボーリングコアの観察方法及び圧縮試験における縦横比の違いによる寸法効果の結果について述べたが、ボーリングコアを観察する際には目的にあった観察を行ない、岩石試験による物性値を把握する際には各種簡便法を研究したいと思っている。また、圧縮試験については、今回の試験試料は古第三系砂岩に限った試験であり、異種の岩石についても検討したいと考えている。

引用文献

- 1) (社)全国地質調査業協会 編 地質と調査 特集「四国の地形と地質」
- 2) 土質工学会 編 岩の力学的性質と設計施工への応用
- 3) V. S. VUTUKURI/R. D. LAMA/S. S. SALUJA 著 増田 秀夫/田中 荘一 訳(1989)
岩の力学的性質 I