

準岩盤強度とポアホール・ジャッキ試験による降伏強度との相関 について

川崎地質(株) 渡辺 農

1. はじめに

岩盤の強度的な指標は、定性的な岩石の硬さ・風化の程度・割れ目の発達頻度と状態・等と、定量的なピースサンプルの圧縮強度・超音波速度及び地山の弾性波速度等の分類要素を組み合わせる経験的な判断のなされる場合が多いように見受けられる。これは、岩盤の強度が主として地質分離面に支配されるために、ピースサンプルの強度をそのまま岩盤に適用できないことと、現位置での強度試験も経費の高む大掛かりな試験方法しかないために通常の調査では実施され難いことによる。従って、ポアホールを利用した簡便な試験方法が開発され、精度的にも充分実用に供し得るものとなれば非常に有用なものとして普及するものと考えられる。

現在、ポアホールを利用して行計機には、KKT・LLT・プレシオメーター等、幾つかの方法があるが、いずれも岩盤の変形特性を把握する目的で使用されている。これには各試験機の有する載荷能力に原因するところが大きいように思われるが、通常我々の利用する範囲ではむしろ強度的な指標を論議する場合が多いだけに極めて不十分な利用のされ方と考えている。このようななかで佐々等^{1) 2)}はポアホール・ジャッキを用いた新原位置試験PABIJUSTを考案した。試験機の機構は我々の使用しているポアホール・ジャッキに類似性が高いが、試験方法はまったく異なり、我々の実施している試験方法では破壊機構が明確でないのに対し、PABIJUSTではセン断破壊を生じさせる試験となっており、この点明解な試験である。

一方、岩盤の強度が地質分離面(いわゆる亀裂または岩目)に支配されることに着目して、池田他^{3) 4)}によって準岩盤強度の概念が定示され、TBM掘削等の実績と良い相関を示すことが報告されている。この概念は岩盤強度をある单元毎のmassとして評価するうえで、極めて秀れた着想と思われる。筆者は、この準岩盤強度とポアホール・ジャッキ試験の降伏強度との間に有意な相関が得られるのではないかと考え、幾つかのデータについて吟味してみたので、その結果を報告し大方の御批判を仰ぎたい。

2. 準岩盤強度について

準岩盤(圧縮)強度の概念は次のように定義されている。

$$\text{準岩盤(圧縮)強度}(\sigma_c') = \text{ピースサンプルの圧縮強度}(\sigma_c) \times \text{岩目係数}(f)$$

ここに岩目係数は亀裂度とも云い換えられ、次のように定義される。

$$\text{岩目係数}(f) = \left(\frac{\text{地山弾性波速度}(V_p)}{\text{新鮮・無欠なテストピースの弾性波速度}(V_{po})} \right)^2$$

3. 使用した試験機と降伏強度について^{5) 6)}

試験に用いた機種は岩盤用高圧型KKT(最大加圧能力 330 kg/cm²)である。試験機、試験法の概要を図1に示す。ポアホール・ジャッキ試験の降伏強度は、図2に示すように、荷重強度～変位置曲線図から描かれる接線弾性係数の交点(具体的には疑似弾性領域から塑性領域への変化点)とする。実際の測定では、

3点以上の直線で結ばれる最大勾配値と2点以上で結ばれる直線との交点を降伏強度として採用している。従って、良好な岩盤では試験機の載荷能力では降伏強度の得られないことも多いが、その場合の降伏強度は最大荷重以上と云う表現をとる。

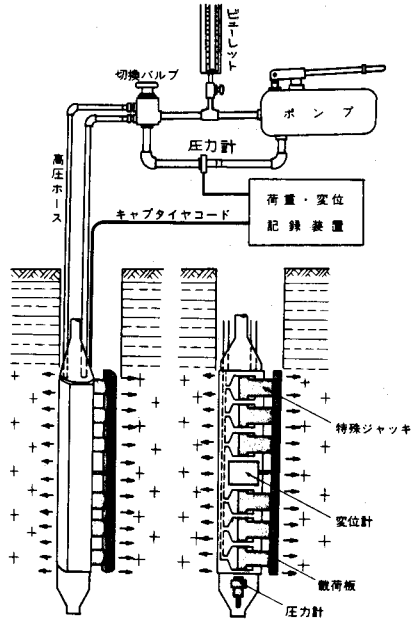


図-1 ホアホルシマキ試験の概要

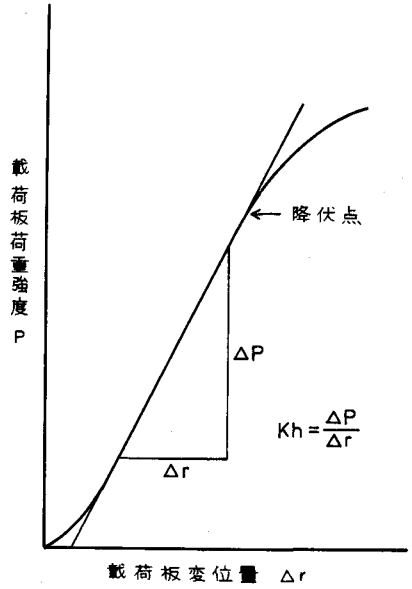


図-2. 荷重～変位模式図(段階載荷)

4. 試験対象地盤の地質

試験対象地盤の岩種は、丹波帯古生層、領家帯花崗岩類、有馬層群流紋岩質岩、和泉層群、神戸層群の各

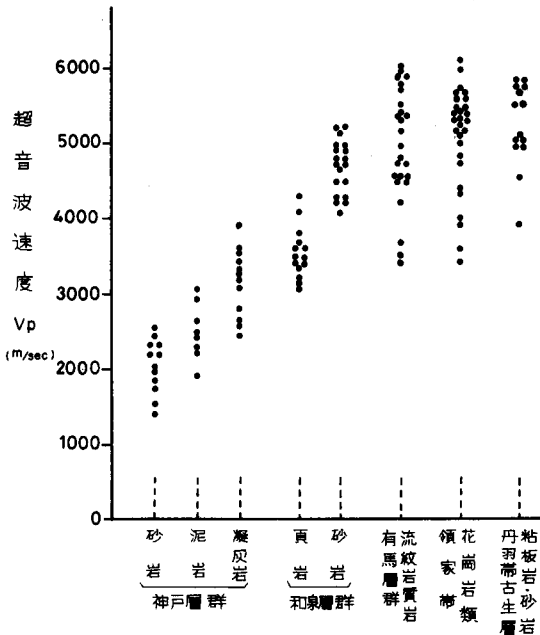


図-3 超音波速度の実測値

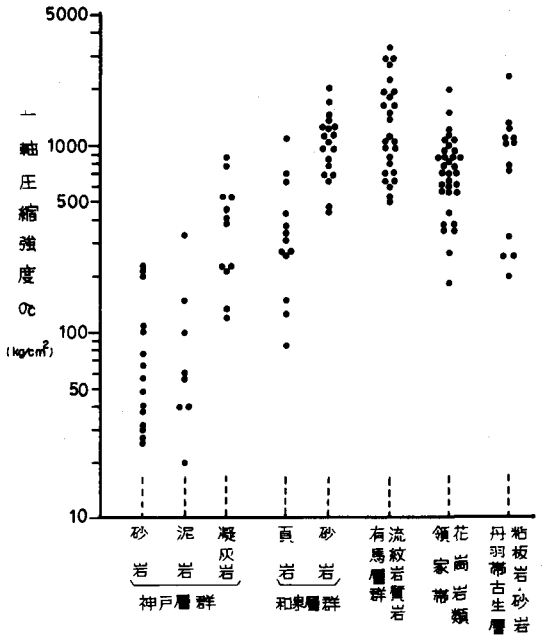


図-4 一軸圧縮強度の実測値

構成岩種である。ポアホール・ジャッキ試験に合せて、地山の弾性波速度及びピースサンプルの圧縮強度・超音波速度測定を行ったものに限定したが、地山弾性波速度の測定については速度検層・孔間速度測定として得たものは少なく、大半は通常の探査手法による速度層区分（並に速度値の決定）によっている。

ピースサンプルの圧縮強度・超音波速度の測定結果もバラツキが大きく、同一地区・同一岩種の試験結果でも10倍近く値のバラツキのものもある（図3，図4参照）。従って、ピースサンプルの試験値については既存の資料を参照しながら、各測定孔の実測値の平均的な数値を定め、その結果を用いて算出することとした。

本資料に示す各岩種のピースサンプルの試験個数と試験結果を表1（図3，図4参照）に、地山弾性波速度の測定結果を表2に示す。

表-1 ピースサンプルの弾性波速度と圧縮強度

地層名	岩種	試験個数	超音波速度 (km/sec)		一軸圧縮強度 (kg)	
			分布範囲	平均値	分布範囲	平均値
神戸層群 (新第三紀)	砂岩	15	1.41~2.51	2.0	25~233	80
	泥岩	8	1.90~3.05	2.4	19~320	100
	凝灰岩	17	2.45~3.89	3.3	120~860	400
和泉層群	頁岩	14	3.10~4.30	3.6	85~1050	350
	砂岩	19	4.04~5.20	4.7	285~2000	1000
丹波帯古生層	粘板岩・砂岩	13	3.80~5.86	5.5	193~2300	1000
有馬層群	流紋岩質岩	25	3.42~5.98	5.2	495~3300	1400
領家帯	花崗岩類	32	3.46~6.10	5.4	175~1900	750

表-2 各岩種別の速度層区分と速度値

種別		速度層	第1速度層	第2速度層	第3速度層	第4速度層	第5速度層	低速度帯
神* 戸 層 群	砂岩	350~600		900~1500	2000~2200			
	泥岩			900~1500	2000~2200			
	凝灰岩			1500~2000	2700~2800			
和泉層群		300~500		800~1000 1200~1500	1800	2400		
古生層*		400~600		800~1000	1400~1500	3000~3300	3800以上	1800~2000 2200~2400
有馬層群流紋岩		300~400		500~900	1100~1300 1500~1800	2100~2500	3200~3500 4000以上	1500~1900
領家帯花崗岩*		300~600		800~1000	1300~2000	2200~3000	4000以上	

*はPS波検層の結果を考慮した。

5. 準岩盤強度と降伏強度との相関

各速度層区分に対応した位置で測定したポアホール・ジャッキ試験の降伏強度を拾い出し、ボーリング結果から判定した岩質区分と対応させ、各区分について複数個の測定値の得られたものについて準岩盤圧縮強度との相関図として描いたものが図5である。図が非連続となるのは、全区間の測定値が得られていないことと、速度値が不連続となることによる。図5に示したように、ほぼ1:1対応が成立し、岩種による差は余り見られない。このことは、岩盤の強度が亀裂・岩目などと呼ぶ地質分離面に支配される度合いが強いためと思われる。しかしこれも、テストピースのどの強度を用いるかによって更にバラツキの幅は大きくなる。基岩が硬岩である程、強風化領域での差が大きくなるが、これは岩目係数のみでは表現し得ない変質の影響が現れるためと考えられる。よって本資料では肉眼で認められる欠陥がない限り、同一地区（それも出来るだけ同一孔）のピースサンプルの測定値を用いて準岩盤強度の算出を行った。

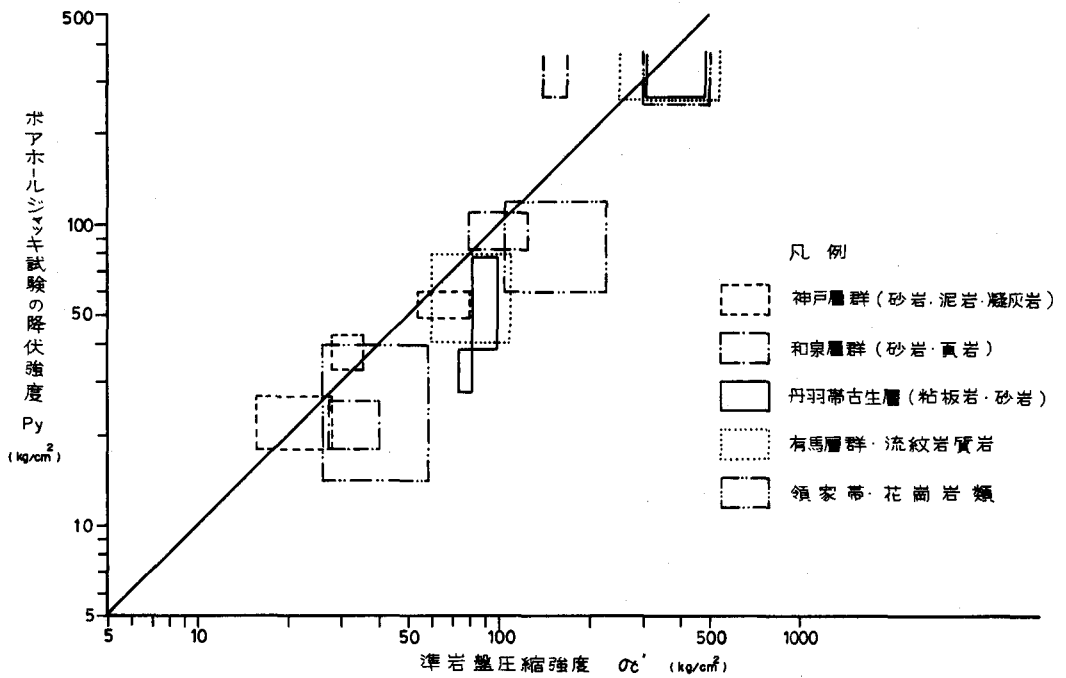


図-5 準岩盤強度と降伏強度の相関

6. まとめ

準岩盤圧縮強度とポアホール・ジャッキ試験の降伏強度の間には、可成り明瞭な相関性が得られる。ピースサンプルのバラツキの扱い方と試験区間の地山速度がより明確に測定出来るならば、更に信頼度の高い資料となるものと確信している。ポアホール・ジャッキ試験による孔壁の破壊のメカニズムが圧縮によるものか、引張りによるものか等について多くの問題を残しているとしても、通常の地盤調査で多用されているN値以上の信頼性をもって、この降伏強度の示す強度定数は設計用の数値として使用し得るのではないかと考え、乏しい資料ではあるがここに報告する次第である。

最後に、本報告を行うにあたり、当社技術研究所の三木幸蔵博士を始めとする研究所の各位には多大なる御教示を与えられ本文の御校閲を賜った。ここに明記し感謝の意を表する。

参考文献：1) 佐々、渡、湊元：平行ボーリング原位置ジャッキせん断試験について、第11回 土質工学研究発表会、1976 2) 佐々、日浦、小川：新原位置せん断試験PABIJUSTとその試験結果について、第5回 岩の力学国内シンポジウム、1977 3) 池田、小林、桜井：岩目の岩石強度に及ぼす影響、物理探査、第25巻、第5号、1972、 4) 三沢、高橋、桜井：RTMに関する岩石、岩盤調査法、鉄研速報、72-6、1972、 5) 三木幸蔵編：KKT特報、川崎地質技術研究所報、No.3 1976、 6) 三木幸蔵編：岩盤用KKTの試験方法と活用、川崎地質(株)技術研究所資料(未公表) 1977。

RELATIONS BETWEEN SEMI-STRENGTH AND YIELD STRENGTH
BY BOREHOLE JACK TESTS IN ROCKS

Atsushi WATANABE*

It is well known that geological discontinuous planes have much influences on the strength of rocks. The borehole jacks (High Pressure type KKT) is conveniently used to measure the strength of rocks.

The objective of this paper is to clarify the relations between the yield strength by means of borehole jacks and the semi-strength of rocks, which is proposed by Ikeda et al. To consider the relations, many tests were conducted in different areas. The areas are individually formed by Palaeozoic clayslate and sandstone, Mesozoic shell and sandstone, Neogene sediment, Granitic rocks (the Ryonke group), and acidic igneous rocks.

The conclusions obtained through this investigations are follows.

- (1) The relation between the yield strength and the semi-strength was relatively good with a little scattering.
- (2) The strength of rocks is more influenced by lithologic character, especially flaws, than kinds of rock.

To obtain more reliable data, it is necessary to consider handling of the piece-samples of rock and measuring methods of seismic velocity of test area.

* KAWASAKI Geological Engineering Co., Ltd.