

ボーリング孔を利用した新しい原位置岩盤強度評価法

高田 誠¹・川内野 新²・山本茂雄³・北村良介⁴

¹正会員 工博 中央開発株式会社 鹿児島支店 (〒890-0052 鹿児島市上之園町 14-30-202)

²中央開発株式会社 九州事業部 (〒814-0103 福岡市城南區鳥飼 6-3-27)

³中央開発株式会社 鹿児島支店 (〒890-0052 鹿児島市上之園町 14-30-202)

⁴正会員 工博 鹿児島大学教授 工学部海洋土木工学科 (〒890-0065 鹿児島市郡元一丁目 21-24)

岩盤の強度パラメータは、ボーリングコアを用いて一軸圧縮強さ試験や超音波速度測定を実施したり、ボーリングコアの状態から岩級区分を行い、既往資料を参考に設定されるケースが多い。しかし、ボーリングコアを用いた室内試験では、亀裂等の少ない良質なコアを用いることが多く、原位置岩盤の強度パラメータを室内試験結果のみで判断することは困難であること、岩級区分からの強度パラメータ推定では個人誤差が入ることに問題がある。また原位置せん断試験を実施するには、多額の経費と時間が必要となり、試験数に自ずと制約が生じる。本論文では、このような問題点をクリアするため、ボーリング孔内で容易に、連続的・経済的に実施できる原位置岩盤の引張り強度試験を提案する。

Key Words : in-situ test, rock mass, tensile strength, test procedure

1. まえがき

岩石は、岩種や岩盤の生成過程（火山岩か堆積岩か）、節理・亀裂の発達程度、風化の程度の差異等によって岩級区分され、強度パラメータは、これらの影響を強く受ける。したがって、岩盤の強度パラメータを求める場合、目的を設定し、経費や時間に応じた調査方法を提案する必要がある。

一般に岩盤の強度パラメータは、ボーリングコアによる観察（コアの硬軟や形状区分・割れ目状態・風化・変質区分等）結果から岩盤等級分類を行い、既往資料¹⁾等を参照し、推定することが多い。

本論文では、連続的・経済的かつ容易な方法で、岩盤の原位置引張り強度を求める方法を提案する。

2. 試験の方法と特徴

図-1は、提案するボーリング装置の全体概要を示している。ボーリングマシンにセットされている給圧測定用の圧力計は、通常 $9,800\text{kN/m}^2$ (100kgf/cm^2) のものが主体である。引張り試験時においては、瞬間的破断のピーク値を読みとれるよう、図-1に示すような置針式圧力計 (6.86MN/m^2 (70kgf/cm^2)) を設置する必要がある。また圧力表示計の直径が小さいと読み取りの際に誤差を生じやすいため、直径の大き

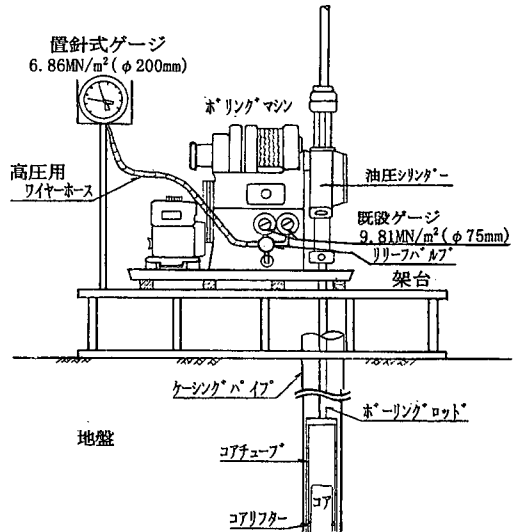


図-1 ボーリング装置の全体概要

な圧力計 (φ200mm) を採用した。

図-2は、図-1のコアチューブと、コアをキャッチアップする際の楔となるコアリフター部分を拡大した図である。図-2に示すように、コアチューブ内にセットしたコアリフターによりコアを固定し、ボーリングコアを油圧シリンダーで引き上げることで、コア先端を引張り破断させようとするものである。

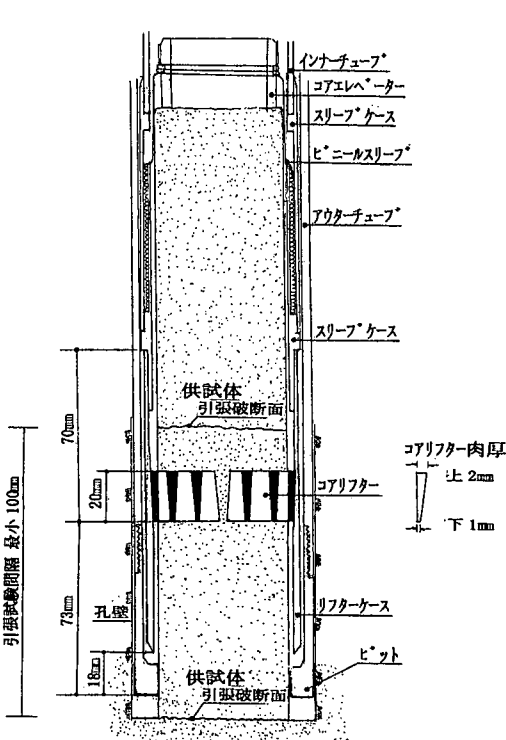


図-2 コアチューブとコアリフター部分の拡大図

なお、試験に際しては、ボーリング孔壁の崩壊を防ぐ必要があること、試験前にスライムの除去が重要であること、掘進は孔壁仕上げの問題や供試体に与える衝撃を軽減する必要があること等を考慮すると、メタルビットと比較して歯の突起が小さく滑らかで、切削時の衝撃が小さく、スライム粒子も微細となるダイヤモンドビットの使用が肝要である。

また、引張り試験時には、次の点にも留意した。

- ①引張り試験時送水量；試験時に過度な送水は、コアチューブと孔底及び孔壁に水撃圧を発生させるので、引張り時の送水量は5ℓ/分程度にコントロールした。
- ②油圧バルブのコントロール；载荷速度の増大とともに、圧縮強さや引張り強さは大きくなる。よって、载荷速度は地盤工学会²⁾で規定している10～100kN/m²/sec (0.1～1kgf/cm²/sec)の範囲で破断させる必要があり、油圧回路に微調整可能なリリーフバルブを組込み、油圧バルブのコントロールを小刻みにした。
- ③コアリフター設置位置；切断されるコアは、下部が地山と繋がっている状態（下部チャック相当）であることから、上部をコアリフター（上部チャック相当）で挟み、引張り上げることにより、コアが破断される。供試体長は室内一軸引張り試験に準拠して(1.5～2.0)d (d;コア直径)となるよう

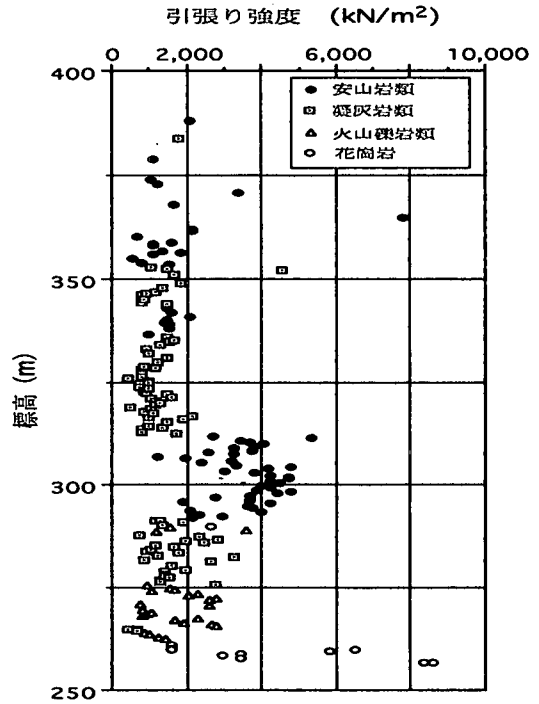


図-3 原位置引張り強度の深度分布

に、コアリフター設置箇所を決定した。

- ④エンジンによる振動伝達防止；引張り試験時にマシンやロッドを介して、供試体へエンジンの振動が伝達する。よって、試験時はエンジンを停止し、ワンタッチ式の油圧ホースを給圧シリンダーに接続できるようなユニットを採用した。
- ⑤引張り強度の定義；本試験により得られる引張り強度は、次式により定義した。

$$\text{引張り強度} = \frac{\text{全荷重} - \text{ロッド・コアチューブ有効重量}}{\text{コア断面積}}$$

3. 試験結果

図-3は、鮮新世～更新世に渡って不連続に堆積した火山岩類(溶岩や火砕岩)が分布する地域において50cm毎に実施した引張り試験結果の深度分布である。図より岩種、深度により異なった特性を有する結果が得られている。例えば安山岩類は、深度により引張り強度のバラツキが大きいこと、凝灰岩類は標高300～350mの範囲においては引張り強度が深度にあまり関係なく概略1,000kN/m²程度であること、火山レキ岩類はややバラツキがあるものの、概略引張り強度が2,000kN/m²程度であること、花崗岩はバラツキが非常に大きいことなどである。

このように、本試験は引張り強度の深度分布が、任意の深度で、かつ連続的に測定できるという特徴がある。

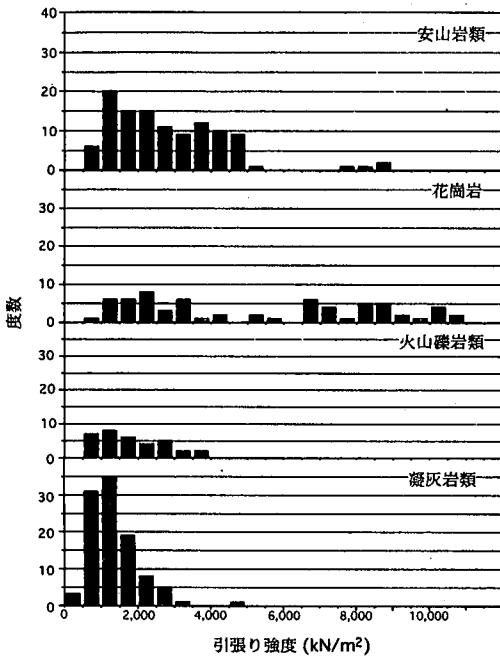


図-4 岩種別引張り強度の度数分布

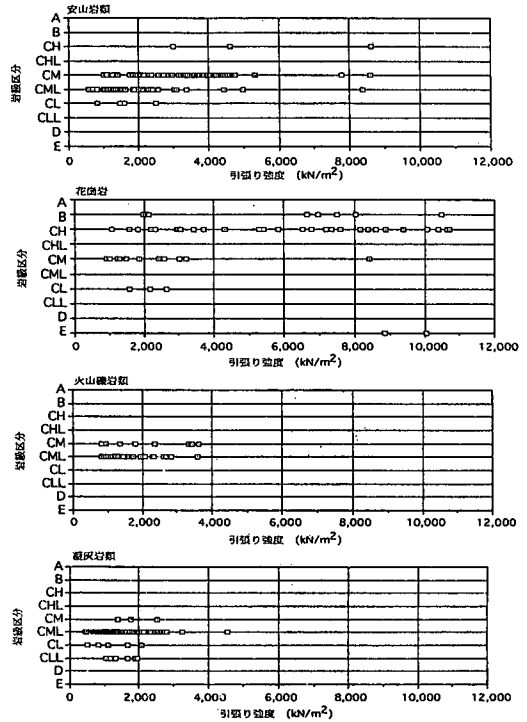


図-5 岩種別岩級区分と引張り強度の関係

4. 試験結果の評価

(1) 岩種別引張り強度の度数分布

図-4は、図-3で得られた試験値の岩種別度数分布を示したものである。図に示すように、安山岩においては500~5,000kN/m²の範囲、凝灰岩類においては500~3,500kN/m²の範囲に強度が集中している。花崗岩・火山礫岩類においては、強度のバラツキが大きく、明瞭な強度の範囲が見られない。

(2) 岩種別岩級区分と引張り強度の関係

図-5は、ボーリングコアの観察(コア形状、硬軟、割れ目状況、風化・変質区分等)から岩級区分を行った結果と引張り強度の関係をまとめたものである。なお岩級区分に際しては、各岩級の下位に相当するものを特にCLL, CML, CHLと表現した。図に示すように、岩級区分と引張り強度の関係は、コア形状・硬軟の影響を強く受け、安山岩類と花崗岩において非常にバラツキのある結果を呈し、明瞭な相関が見いだせない。これは岩種の違いに加え、コア形状、硬軟、岩級区分を行う上で、個人誤差(主観の違い)が入ることに起因したものと考えられる。

(3) 一軸圧縮強さと引張り強度の関係

図-6は、ボーリングコアを用いた一軸圧縮強さ(JIS M 0301, 0302)と原位置引張り強度の関係を示したものである。図に示すように、岩種に関わらず圧

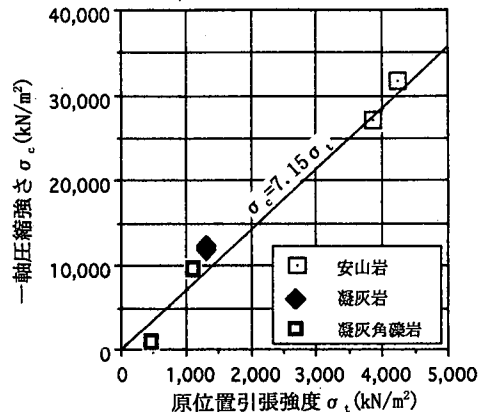


図-6 一軸圧縮強さと引張り強度の関係

縮強さと引張り強度は平均値の関係のみだと相関係数0.967で、潜在クラックの影響が無い場合には非常に高い一次相関が確認される。

(4) 圧裂引張り強度と原位置引張り強度の関係

図-7は、ボーリングコアを用いた圧裂引張り強度(JIS M 0303)と原位置引張り強度の関係を示したものである。この図に示すように、岩種に関わらず圧裂引張り強度と原位置引張り強度の平均値の関係は、高い一次相関が確認される。なお一般にはボーリングコアの強度は原位置地盤強度よりも大きくなるが、

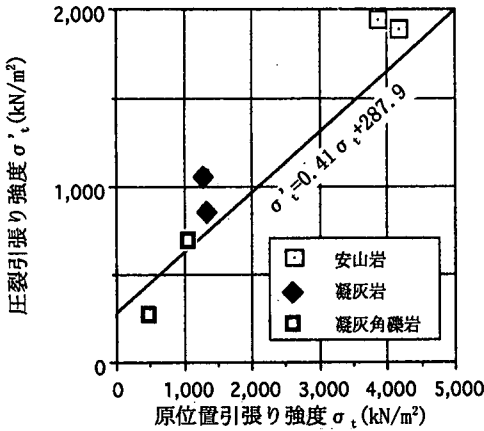


図-7 圧裂引張り強度と原位置引張り強度の関係

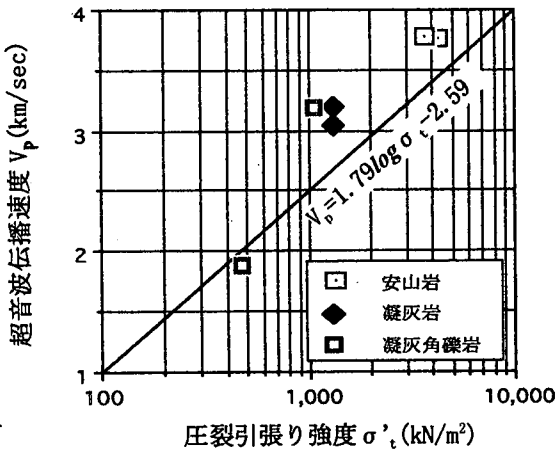


図-8 超音波伝播速度と原位置引張り強度の関係

図-7 はこれとは逆の傾向を示している。これは試験に供したコアが応力開放による強度低下を起こした可能性に因るものと考えられる。

(5) 超音波(縦波)伝播速度 V_p と引張り強度の関係

図-8 は、ボーリングコアを用いた超音波伝播速度³⁾ V_p と原位置引張り強度の関係を示したものである。図-8 に示すように、岩種に関わらず超音波伝播速度と原位置引張り強度の平均値の関係は、相関係数 0.873 で、高い指数相関が確認される。

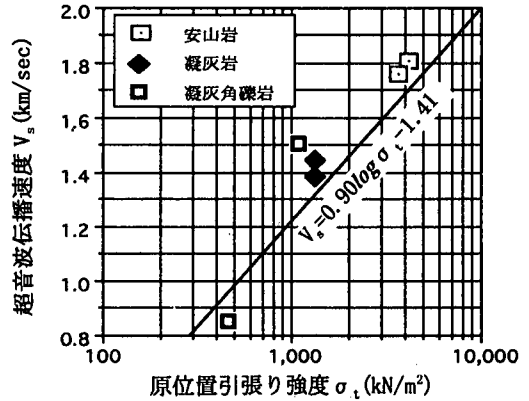


図-9 超音波伝播速度と原位置引張り強度の関係

(6) 超音波(横波)伝播速度 V_s と引張り強度の関係

図-9 は、ボーリングコアを用いた超音波伝播速度 V_s と原位置引張り強度の関係を示したものである。図-9 に示すように、 V_s と引張り強度の関係と同様に、岩種に関わらず V_s と原位置引張り強度の平均値の関係は、相関係数 0.888 で、高い指数相関が確認される。

5. おわりに

今回提案した方法により得られる原位置引張り強度は、ボーリングコアを用いた一軸圧縮強さ、圧裂引張り、超音波伝播速度と高い相関があることを明らかにした。

今後はデータの蓄積を図るとともに、他の強度パラメータとの相関についてもまとめ、本試験の有用性を確認するとともに、岩盤ボーリングにおいても深さ方向に連続的に測定される原位置引張り強度が、力学特性の指標となるよう提案したいと考える。

参考文献

- 1) 菊池宏吉, 藤枝 誠, 岡 信彦, 小林隆志: ダム基礎岩盤の耐荷性に関する地質工学的総合評価, 応用地質, 特別号, pp. 111-112, 1984.
- 2) 桑原啓三, 赤井浩一, 山本和夫: 岩の工学的性質と設計施工への応用-第3章岩石試験法-, 土質工学会(現地盤工学会), pp. 110-120, 1988.
- 3) 建設省: 土木試験基準(案), pp. 101~102, 152~153, 1968.

(1999. 5. 27 受付)

A NEW AND SIMPLE IN-SITU TENSILE TEST ON ROCK IN BORE HOLE

Makoto TAKADA, Arata KAWACHINO, Shigeo YAMAMOTO and Ryosuke KITAMURA

The uniaxial compression test on core sample, the measurement of ultrasonic wave velocities through core sample and the observation of core sample have commonly used to estimate the strength of rock with the reference of previously obtained data. However the uniaxial compression test on intact sample without cracks and the subjective observation lead to the incorrect estimation of in-situ strength of rock. The conventional in-situ tensile and shear tests need a large amount of cost and time, which limits the number of these tests. In this paper a new and simple in-situ tensile test on rock in bore hole is proposed to overcome the above problems and proved to be valid by some test data.