

III-463 孔内簡易打撃応答試験機の 原位置岩盤への適用

東京電力株式会社 正会員○野沢是幸 正会員 鈴木英世
東電設計株式会社 正会員 菊地宏吉
応用地質株式会社 正会員 曽根好徳

1.はじめに 著者らは、ボーリング孔を利用した簡易な試験により、岩盤の強度・変形係数等の諸物性を推定することのできる試験機の開発を進めてきた。その結果、既に報告しているように¹⁾ ボーリング孔壁をゾンデに内蔵したハンマーで打撃し、この際のハンマーの衝突挙動及び孔壁沿いの弾性波速度を同時に測定できる「孔内簡易打撃応答試験機(ボアホールハンマーと呼ぶ)」を開発することができた。これまでに、同試験機を用いた実証試験を行い、その有効性を確認してきており、昨年の第43回年次学術講演会でも「孔内簡易打撃応答試験機」の原位置岩盤での試験結果について報告²⁾している。また、ハンマーの衝突挙動を定量化するために選んだ「打撃応答量」の持つ物理的な意味についても既に明らかにしてきた³⁾。本報では、これらの成果を基に新たに改良を加えた試験機についての、室内試験結果とそのデータをもとにした原位置岩盤への適用例を紹介する。

2.試験機の主な改良点 これまでインデックスとして用いてきた打撃応答量 P_{max}/W (打撃ハンマーに取り付けた加速度計の波形の振幅 P_{max} とパルス幅 W の比)は、岩盤の減衰等を無視した簡単なモデルによる計算から、次式のように表されることがわかっている³⁾。

$$P_{max}/W = \frac{1}{\pi} \cdot V_0 \cdot \frac{k}{m} \quad \left(\begin{array}{l} k: \text{岩盤をバネと仮定したときのバネ定数, } m: \text{ハンマー質量} \\ V_0: \text{ハンマーが孔壁に当たる直前の速度} \end{array} \right)$$

この式より、 P_{max}/W を V_0 で割った値 $P_{max}/(W \cdot V_0)$ を新しいインデックスとして選べば、これは岩の弾性係数にのみ依存した値であることが分かる。そこで V_0 を直接測るために、ハンマーに取り付けた加速度計を速度計に換え、その波形を微分回路で微分することで $P_{max}/(W \cdot V_0)$ を求める方式に改良した。

3.室内試験結果 $P_{max}/(W \cdot V_0)$ と岩盤物性値の関係について岩石供試体を用いて試験した結果のうち、一軸圧縮強度・静弾性係数・S波速度と $P_{max}/(W \cdot V_0)$ の関係を図-1、図-2、図-3に示す。これらの図より、打撃応答量 $P_{max}/(W \cdot V_0)$ と岩盤の諸物性に良い相関のあることがわかる。

4.原位置試験結果 当試験機の原位置での実証試験のために、福島県白河の白河石採石場において、φ66mm、深さ12mのボーリングを行った。地質は均質な白河溶結凝灰岩であり、孔内水はなく、キャリパー検層結果によると孔壁の凹凸は1mm程度という仕上がり状況であった。

以下に、一軸圧縮強度とS波速度を例にとりて原位置試験結果について紹介する。

(1)一軸圧縮強度 打撃応答試験結果から一軸圧縮強度を推定するために、先に示した図-1のデータについてベキ乗回帰を行い、当地点の $P_{max}/(W \cdot V_0)$ の測定値に当てはめた結果を、コアサンプルによる一軸圧縮強度と比較して図-4に示す。この図より当試験機が原位置試験にも十分対応できるということがわかる。

(2)S波速度 図-3の V_s と打撃応答量の関係に原位置での打撃応答量の測定結果を当てはめて求めた V_s ($V_{s,p}$ と呼ぶ)と、孔壁を伝わる弾性波の走時を捉える機能を用いて求めた弾性波速度($V_{s,m}$ と呼ぶ)をPS検層結果と比較して図-5に示す。この図より $V_{s,p}$ 、 $V_{s,m}$ ともに良い結果を与えることがわかる。

当地点の場合地質が比較的均一であることから、 $V_{s,p}$ と $V_{s,m}$ であまり差はなかったが、点としての情報である $V_{s,p}$ とマスとしての情報である $V_{s,m}$ では、節理性の岩盤においては差が出てくるものと考えられる。

5.おわりに 岩盤諸物性の推定のための新しいインデックス $P_{max}/(W \cdot V_0)$ を導入することで、ボアホールハンマーの信頼性を高めるとともに、原位置岩盤への適用の可能性を確認でき、当試験機が岩盤物性評価の上で有望であるとの見通しが得られた。

今後引き続きデータの蓄積を図り、当試験機の一層の信頼性向上に努める所存である。

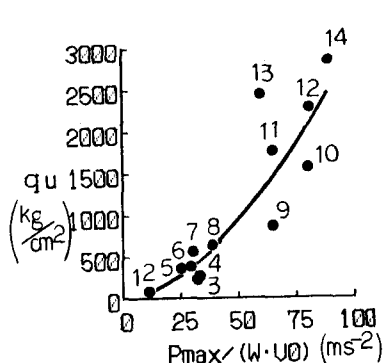


図-1 一軸圧縮強度と打撃応答量の関係（室内試験結果）

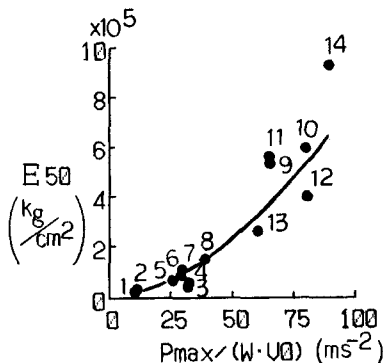


図-2 静弾性係数と打撃応答量の関係（室内試験結果）

凡 例	
1 :	大谷石①
2 :	大谷石②
3 :	野沢凝灰岩
4 :	白河 溶結凝灰岩
5 :	萩野凝灰岩
6 :	来待砂岩
7 :	河津凝灰岩
8 :	伊豆青石
9 :	秋吉大理石
10 :	稲田花崗岩
11 :	論山花崗岩
12 :	村田安山岩
13 :	小松安山岩
14 :	ボタン石
J :	ジュラコン
G :	ゴム

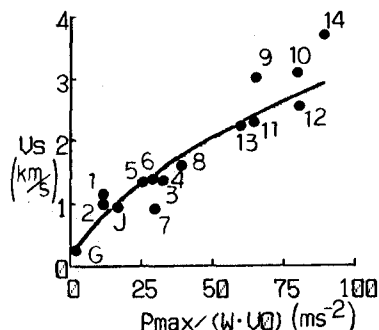


図-3 S波速度と打撃応答量の関係（室内試験結果）

図-1,2,3の回帰式，相関係数

$$q_u = 1.34 \cdot \{P_{\max}/(W \cdot V_0)\}^{1.67} \quad (r=0.90)$$

$$E_{s0} = 2.34 \times 10^{-3} \cdot \{P_{\max}/(W \cdot V_0)\}^{1.77} \quad (r=0.92)$$

$$V_s = 1.87 \times 10^{-1} \cdot \{P_{\max}/(W \cdot V_0)\}^{0.61} \quad (r=0.96)$$

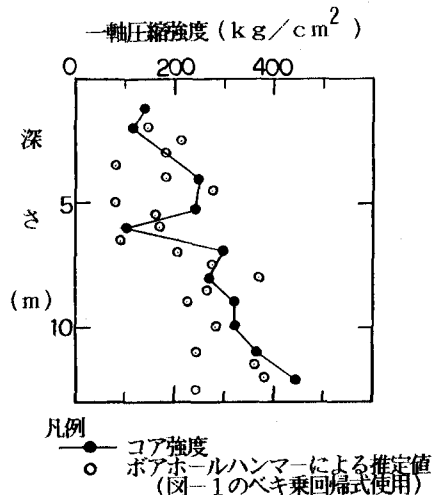


図-4 コア強度とボアホールハンマーによる推定値の比較（白河地点）

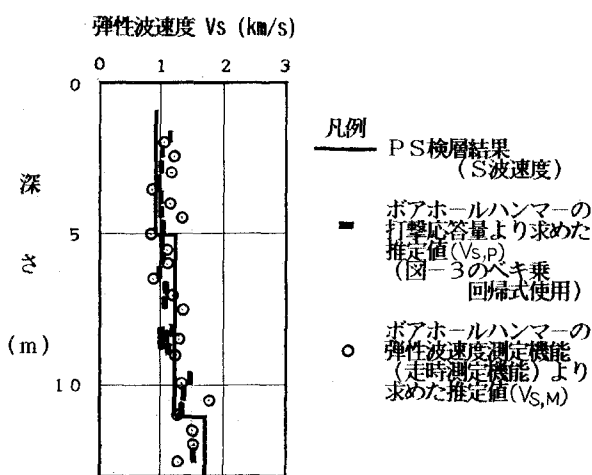


図-5 P-S波速度の結果とボアホールハンマーより求めたS波速度の比較（白河地点）

【参考文献】

- 1) 鈴木英世，野沢是幸，菊地宏吉，藤枝誠，曾根好徳；「ボーリング孔を利用した簡易打撃応答試験機の開発」，第7回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，岩の力学連合会，1987年12月
- 2) 曾根好徳，鈴木英世，野沢是幸，菊地宏吉；「孔内簡易打撃応答試験機による原位置測定結果とその評価」，第43回年次講演会第3部，土木学会，1988年10月
- 3) 野沢是幸，鈴木英世，菊地宏吉，藤枝誠，曾根好徳；「孔内簡易打撃応答試験機の開発と適用（その2）」第21回岩盤力学に関するシンポジウム，土木学会，1989年2月