

「応答音圧パルス勾配法」による層状岩盤のボーリングコアの定量的評価（その1）
—— 四万十帯南帯の頁岩の葉理面の走向・傾斜と応答音圧パルス勾配の関係 ——

（株）国土開発コンサルタント 正 員 稲森光洋

（株）熊谷組 正 員 御手洗良夫

（株）建設技術研究所 正 員 船曳伸二

宮崎大学 工学部 正 員 瀬崎満弘

1. はじめに

岩盤分類の要素の一つに、「ハンマー打診による判定方法」がある。これまで、著者らはマイクロフォン等を使ってハンマーの打診音波形（音圧の時刻歴変化）を測定し、その波形の形状や振動数特性を分析することで、岩石や岩盤の力学的性質や物性値を定量的に評価することを試みている。その中で、セメントモルタルやセメントベントナイトモルタル等の材料で人工的に製作した模擬岩石を対象にした打診音実験の結果からは、供試体の形状・寸法や境界条件に影響されことなく、模擬岩石等の力学的性質や物性値を評価する指標になり得るものが音圧の立ち上がりに見られることを見出し、「応答音圧パルス勾配法」を提案した¹⁾。また、金属（ステンレス鋼、銅、アルミニウム）、塩化ビニール、天然ゴム等といった供試体の製作や加工が容易な材料を対象にした打診音実験の結果からは、音圧の立ち上がりの勾配に影響を及ぼす領域が

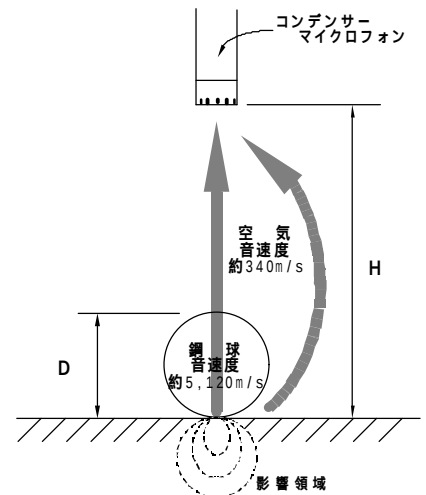


図-1 伝播経路と影響領域

供試体の打診方向および打診直角方向にわたって存在することを確認し、この打診条件（鋼球の直径、質量、落下高さ）に応じた影響領域の大きさによって供試体の最小寸法が定められること、すなわち「応答音圧パルス勾配法」によって供試体の打診位置近傍の一定領域内の物性や状態が評価できることを示した²⁾。さらに、「応答音圧パルス勾配法」の実際問題への適用として、宮崎県児湯郡木城町で採取された中新世中期の中粒木城花崗閃緑岩（塊状岩）の岩盤ボーリングコアを対象にした打診音実験からは、土質地盤のボーリングコア

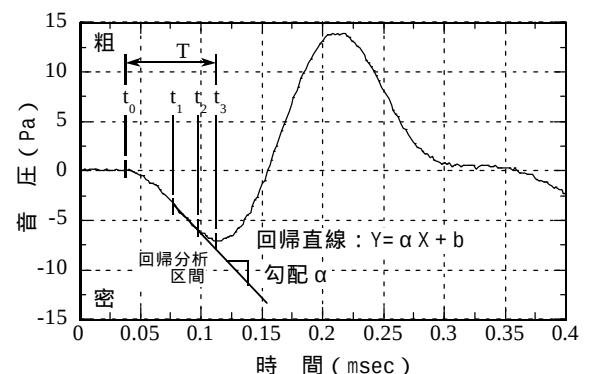


図-2 回帰分析区間

柱状図における標準貫入試験のN値のように地層の強度変化や変形性の変化を定量的に表現しうる指標、すなわち岩盤のボーリングコア柱状図において構成岩石の強度や変形性に関する定量的指標として、「応答音圧パルス勾配」は適用性があることを示した³⁾。

本報告では、実際の層状岩盤のボーリングコアの一例として、宮崎県東臼杵郡北郷村で採取された中新世前期～古第三紀の四万十累層群日向層群渡川層の頁岩を対象に打診音実験や一軸圧縮試験を行うとともに、従来の方法で地質調査の専門家による岩級判定を行い、「応答音圧パルス勾配」とボーリングコア試料の力学的性質や物性値などとの相関性や、層状岩盤のボーリングコアにおける強度や変形性に関する定量的指標としての本指標の適用性について考察する。（報告その1）では、（1）音圧原波形の初期部分と物性値の関係、（2）頁岩の葉理面の走向・傾斜と応答音圧パルス勾配の関係について述べる。

2. 「応答音圧パルス勾配」の定義¹⁾

打診直後の音がマイクロフォンに伝播するまでの伝播経路を考えると、図-1に示すように、鋼球中を通過して空気中を伝播してくる音と、鋼球中のみを伝播してくる音の2通りが考えられる。この経路の違いに

key words：岩盤分類，層状岩，異方性，ハンマー打診音，応答音圧パルス勾配法，材料の非破壊試験

連絡先：〒880-0015 宮崎市大工町3丁目155 TEL.0985-24-3334

よって生じる到達時間差： T には最初に鋼球中を通して伝播してきた音のみが存在する．すなわち，この時間帯には空気の音速度（約 340m/s）と鋼球の音速度（約 5,120m/s）の違いから打診直後に鋼球中を最初に伝播してくる「被打診物の材質特性を含んだ音圧」が現れていると考えられる．また種々の音圧波形の立ち上がり部分を見ると，図-2 の例に示すように到達時間差： T の間において音圧波形は曲線的な変化から直線的な変化に移行することが認められたので，今回の解析ではこの直線的に変化する音圧の勾配に着目した．ここで，図-2 に示すように音圧波形の立ち上がり部分の一定時間（ $t_1 \sim t_2$ 間）において，回帰分析した回帰直線の勾配の値を「応答音圧パルス勾配」と定義する．

3. 実験方法

実験では，直径が約 50mm，長さ約 10cm のボーリングコア供試体をマット（厚さ 2mm の長繊維ポリエステル不織布）の上に設置して打診を行った．打診は図-1 に示すように供試体の鉛直上方から電磁石を用いて鋼球（直径 27.0mm，質量 80.20g，落下高さ 12.5mm）を自由落下させて行った．

4. 結果と考察

(1) 音圧原波形の初期の部分と物性値の関係

一軸圧縮試験の供試体（29 本）を用いた打診実験のなかで，物性値が異なる代表的な 4 供試体の音圧原波形の初期部分を拡大して重ねたものを図-3 に示す．また表-1 にこれらの物性値を示す．これから，初期の音圧原波形の中でも特に立ち上がりの勾配には，表-1 に示した縦波伝播速度，弾性係数，一軸圧縮強さ，密度の値の違いが現れていることが分かる．具体的には，これらの値が大きくなるほど，音圧波形の立ち上がりの勾配が大きくなっていく傾向がある．このように，層状岩においても音圧波形の立ち上がり部分には「供試体の材料特性を含んだ音圧」が現れていることが分かる．

表-1 代表的な供試体の物性値

供試体	縦波伝播速度 Vp [km/s]	弾性係数* E [MPa]	一軸圧縮強さ qu [MPa]	密度 ρ [t/m ³]
a	2.46 (1.0)	1,862 (1.0)	11.0 (1.0)	2.57 (1.0)
b	3.80 (1.5)	2,940 (1.6)	5.6 (0.5)	2.69 (1.0)
c	4.99 (2.0)	30,772 (16.5)	25.1 (2.3)	2.71 (1.1)
d	5.57 (2.3)	49,588 (26.6)	58.2 (5.3)	2.71 (1.1)

*一軸圧縮強さの 1/3 の応力状態での割線係数，() 内の数字は比率を表す．

(2) 頁岩の葉理面の走向・傾斜と応答音圧パルス勾配の関係

層状岩においては，層理面や葉理面の影響が応答音圧パルス勾配に現れることが考えられたので²⁾，葉理面の走向・傾斜が明確に目視できた 9 個の供試体を用いて，1 個の供試体に対して図-4 に示す 40 箇所（8 方向×5 断面）の位置で打診した．解析ではまず各断面毎に 8 方向の応答音圧パルス勾配の平均値を求め，各断面毎に 8 方向の各値をこの平均値で除して規準化した．次に，規準化した合計 45 断面（9 供試体×5 断面）×8 方向の値を各打診方向毎に平均し，整理したものを図-5 に示す．この図から，葉理面の走向に直角方向の打診では応答音圧パルス勾配が相対的に小さくなる傾向や，葉理面の走向方向の打診では応答音圧パルス勾配が相対的に大きくなる傾向にあることが把握され，頁岩の異方性が示される．

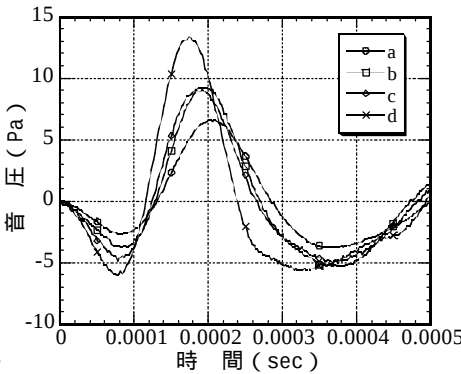


図-3 代表的な 4 供試体の音圧原波形（横打診）

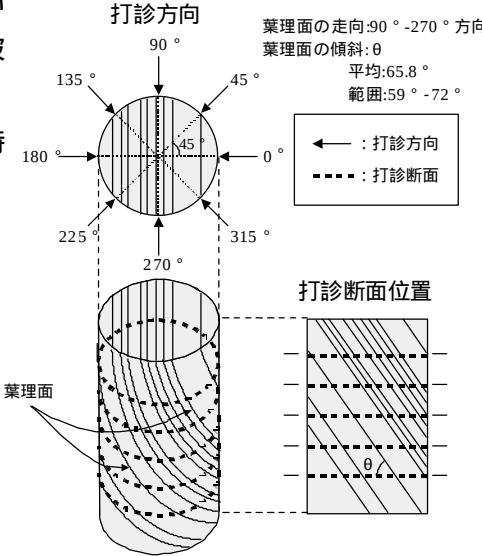


図-4 葉理面の走向・傾斜と打診点位置

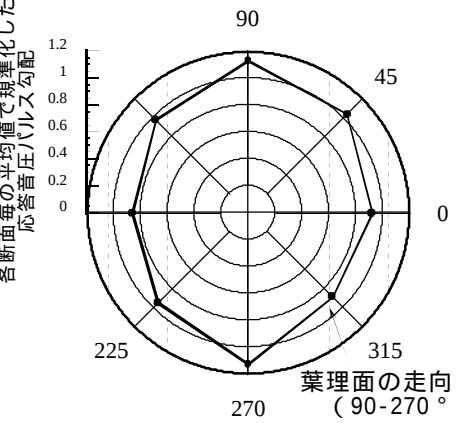


図-5 葉理面の走向と応答音圧パルス勾配の関係