



削孔時のロッド応力波を用いた 地山の圧縮強度推定に関する基礎的研究

Basic Study on Estimation of Compressive Strength of the Ground Using Rod Stress Waves During Drilling

塚本耕治*
Koji Tsukamoto

研究の目的

山岳トンネルの工事では、施工中に行う切羽の観察調査や変位計測に基づいて、事前調査から求めた地山等級を見直し、適切な支保パターンの選定が行われる。このうち観察調査では、切羽の写真撮影やスケッチ図作成などの目視調査のほか、地山の圧縮強度を把握するため、地山をハンマーで打撃する場合、さらに点載荷試験、シュミットハンマー試験を実施する場合がある。これらの試験では、計測精度や切羽近くの作業で安全性に問題がある。そこで、本研究では、油圧式削岩機のロッドを伝播する応力波の振幅が削孔する地山の状態により変化することに着目し、圧縮強度が既知である試験体を用いた削孔実験を行い、応力波の振幅から地山の圧縮強度を精度良く計測する方法の開発を目的とした。

研究の概要

ロッド応力波に着目した削孔実験では、図-1 に示すようにスリーブの中央からビット側 50cm の位置に測点 1、さらに 170cm 離れた位置に測点 2 の 2 か所にひずみゲージを設置して計測を行った。φ127 mm のビットを装着した削岩機を用いて 4 個の花崗岩ブロックの一面から深さ 60cm の垂直方向に削孔を行い、削孔した孔にブロックごとに固化後の一軸圧縮強度 f が異なるモルタルを注入して試験体 A ($f=0.3\text{MPa}$)、試験体 B ($f=6.6\text{MPa}$)、試験体 C ($f=49.8\text{MPa}$)、試験体 D ($f=72.0\text{MPa}$) を製作した。また、試験体 E ($f=187.4\text{MPa}$) は試験体 D の岩石ブロックの花崗岩部分を新たに削孔する場合とした。モルタルの固化後、削岩機に φ64 mm のビットを装着し、図-2 のようにモルタル試験体を水平方向に削孔した。

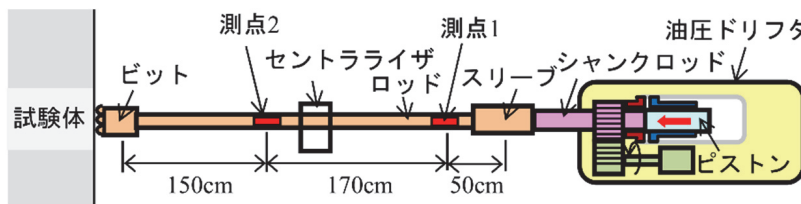


図-1 ロッド応力の計測位置

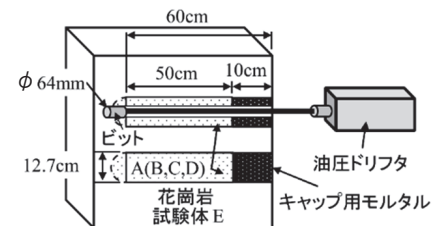


図-2 試験体の削孔方法

油圧ドリフタ内のピストンがシャックロッドを打撃することにより発生した応力波がビットに伝播し、打撃力を試験体へ与えた際、ビット先端から削岩機側に向かう反射波が発生する。ビット先端で最初に反射する第 1 反射波の波形を試験体 B、D、E について比較した例を図-3 に示す。圧縮強度が大きい試験体ほど引張応力の最大振幅が小さくなり、逆に圧縮応力の最大振幅が大きくなる。このような結果から式(1)で求まる反射波の正負の応力振幅比に基づく係数（以下、反射波の正負振幅比係数）を圧縮強度推定の指標とした。反射波の正負振幅比係数と試験体の一軸圧縮強度の関係を図-4 に示す。両者には正の相関関係を確認できる。

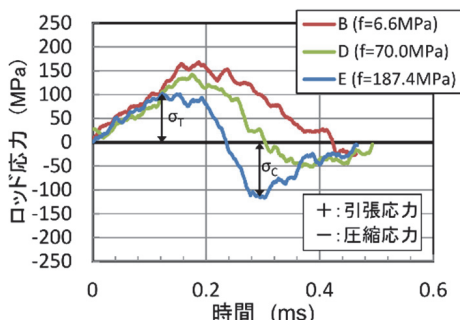


図-3 圧縮強度による第 1 反射波形の比較
(図中の σ_T と σ_C は試験体 E の場合)

反射波の正負振幅比係数

$$\alpha_R = \frac{\sigma_C - \sigma_T}{\sigma_C + \sigma_T} \quad (1)$$

ここに、

α_R : 反射波の正負振幅比係数

(自由端反射: -1、固定端反射: 1)

σ_C : 第 1 反射波の最大圧縮応力振幅

σ_T : 第 1 反射波の最大引張応力振幅

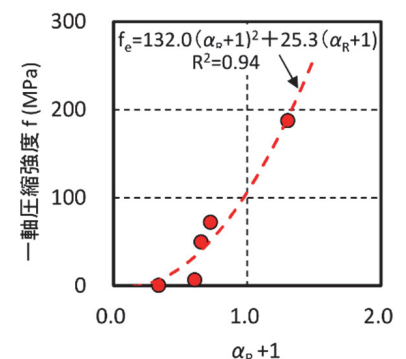


図-4 反射波の正負振幅比係数 (α_R) と一軸圧縮強度 (f) の関係

研究の成果

削孔中の削岩機のロッドを伝播する応力波のうち、第 1 反射波形の振幅から求まる正負振幅比係数は、試験体の一軸圧縮強度との相関が高く、地山の圧縮強度を推定する際の有効な指標であることを確認した。

*技術研究所土木研究グループ