

油圧式削岩機のダンピング圧変動を利用した地山の圧縮強さ推定

(株) 奥村組 正会員 ○塚本 耕治, 古河ロックドリル (株) 小泉 匡弘
 山口大学大学院創成科学研究科 フェロー会員 進士 正人

1. はじめに

トンネル工事に用いられる油圧式削岩機には、地山を削孔する際に地山からの反発エネルギーを吸収する図-1 のダンパ装置が装備されている。削孔する地山の硬軟によって破碎に消費されるエネルギーが変わることから反発エネルギーも変化し、その変化の大きさがダンピング圧の圧力変動（脈動という）として現れる。すなわち、削孔する地山が硬質であるほど、1 打撃あたりの地山の破碎に消費される破碎エネルギーが小さく、反発エネルギーが大きくなることでダンピング圧の脈動振幅が大きくなる。その逆に地山が軟質であると破碎エネルギーが大きく反発エネルギーが小さくなることでダンピング圧の脈動振幅が小さくなるのが想定される。本研究では、油圧式削岩機 HD210 を用いて圧縮強さが既知である試験体の削孔実験を行い、このダンピング圧の脈動振幅の大きさと圧縮強さの関係について検討した。

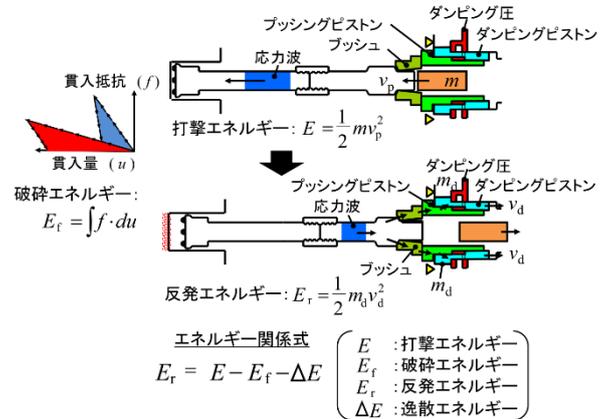


図-1 油圧ドリフタのダンパ機構

2. ダピング圧の脈動に着目した削孔実験

2.1 試験体の製作

削孔する試験体は、2 個の稲田花こう岩ブロックを使用して製作した。油圧式削岩機にφ127mm のビットを装着して、図-2 のように岩石ブロック 1 では、一面の 6 か所から深さ 40cm の削孔を行い、急結モルタルを充填して試験体を製作した。また、岩石ブロック 2 では、一面の 7 か所から深さ 70cm の削孔を行った後、3 種類のモルタルをそれぞれの充填厚さが 20cm になるよう 3 回に分けて充填した。さらに、厚さ 10cm のキャップ用モルタルを最上部に充填した。

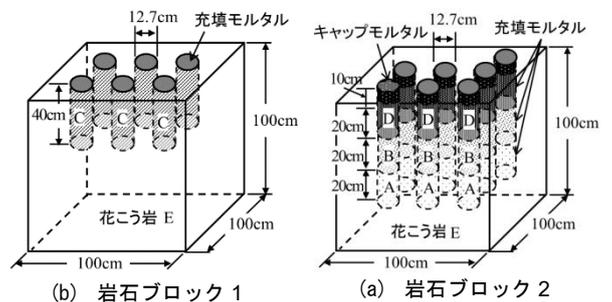


図-2 試験体の製作

表-1 削孔実験の作動圧条件

ブロック	削孔ケース	試験体種別	打撃圧 (MPa)	回転圧 (MPa)	フィード圧 (MPa)	ダンピング圧 (MPa)
1	S1	C-1, E	15.0	8.0	5.0	10.0
	S2	C-2, E	15.0	5.0	8.0	10.0
	S3	C-3, E	15.0	5.0	8.0	10.0
	S4	C-1, E	15.0	5.0	6.0	10.0
	S5	C-2, E	15.0	5.0	6.0	10.0
	S6	C-3, E	15.0	5.0	6.0	10.0
2	T1	D, B, A, E	13.0	6.0	5.0	8.0
	T2	D, B, A, E	14.5	6.0	4.0	6.0
	T3	D, B, A, E	14.5	6.0	5.0	8.0
	T4	D, B, A, E	14.5	6.0	6.0	8.5
	T5	D, B, A, E	16.0	6.0	4.0	6.0
	T6	D, B, A, E	16.0	6.0	5.0	8.0
	T7	D, B, A, E	16.0	6.0	6.0	8.5

*一軸圧縮強さ: A (1.1MPa), B (10.9MPa), C-1 (23.0MPa), C-2 (33.3MPa), C-3 (43.1MPa), D (65.5MPa), E (187.4MPa)

2.2 削孔実験手順

実験では、図-3 のように油圧式削岩機にφ65mm のビットを装着して花こう岩ブロックに充填した試験体を 80cm の深度まで再削孔を行い、打撃圧、回転圧、フィード圧、ダンピング圧、削孔速度の削孔データを 5kHz のサンプリング周波数で計測した。削孔実験の作動圧条件を表-1 に示す。作動圧による影響を確認するため、打撃圧、回転圧、フィード圧、ダンピング圧を変化させた。試験体の一軸圧縮強さは、C-1, C-2, C-3 が 23.0MPa, 33.3MPa, 43.0MPa であり、A, B, D, E が 1.1MPa, 10.6MPa, 65.5MPa, 187.4MPa であった。

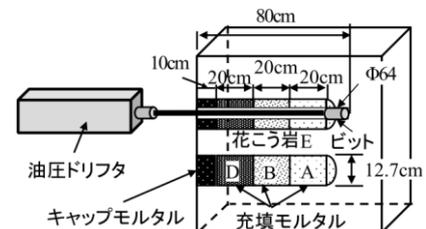


図-3 試験体の削孔方法 (岩石ブロック2)

キーワード：油圧式削岩機, ダンピング圧, 圧力脈動, 一軸圧縮強さ

連絡先 : 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 3 8 7 (株) 奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521

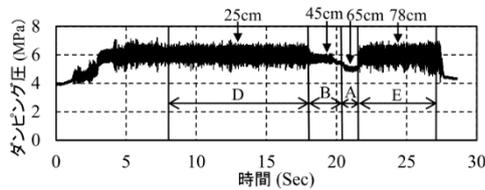


図-4 ダンピング圧の時刻歴波形 (T2)

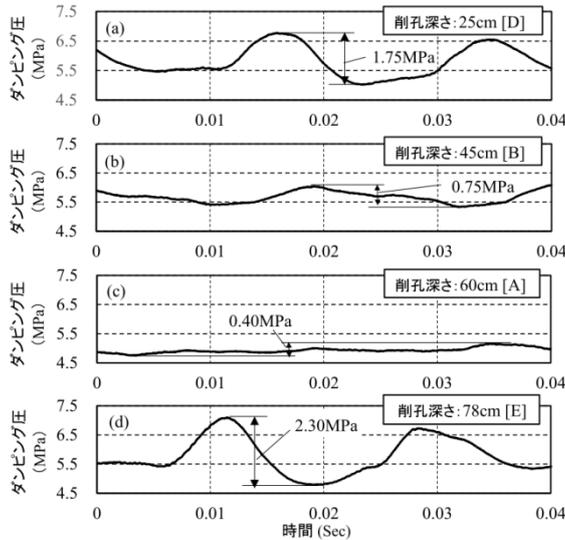


図-5 各削孔深度におけるダンピング圧波形 (T2)

2.3 圧縮強さによるダンピング圧脈動振幅の変化

削孔ケース T2 におけるダンピング圧の時刻歴波形を図-4 に示す。削孔した試験体の範囲で区分している。また、削孔する試験体の削孔深度が 25cm, 45cm, 65cm, 78cm における時間区間 0.04 秒間のダンピング圧波形を図-5 に示す。削孔深度 25cm の試験体 D の脈動振幅は 1.75MPa, 試験体 B 内の削孔深度 45cm での脈動振幅は 0.75MPa である。さらに、試験体 A の脈動振幅は、0.40MPa と小さくなる。花こう岩である試験体 E では、削孔深度 78cm での脈動振幅が 2.30MPa と大きくなる。このように試験体の圧縮強さが高くなるほどダンピング圧の脈動振幅が大きくなることがわかった。

2.4 ダンピング圧の脈動振幅と一軸圧縮強さの関係

試験体 A~E ごとの削孔データの平均値を求め、打撃圧、フィード圧、ダンピング圧の脈動振幅の互いの関係について調べた。打撃圧とダンピング圧の脈動振幅の関係を図-6 に示す。打撃圧が高くなると、打撃エネルギーが大きくなりダンピング圧の脈動振幅も大きくなる。このことから、ダンピング圧の脈動振幅を打撃圧で除して正規化すること

とで、一定の打撃エネルギーにおける地山の反発力に換算できると考え、その値を地山の圧縮強さを推定する指標とした。

正規化したダンピング圧の脈動振幅と打撃圧の関係を図-7 に示す。正規化したダンピング圧の脈動振幅は、打撃圧に関係なく一定値をとることから、正規化することにより打撃圧による影響を取り除くことができる。

正規化したダンピング圧の脈動振幅とフィード圧の関係を図-8 に示す。フィード圧の値に関係なく正規化したダンピング圧の脈動振幅の大きさから試験体を識別できる。

圧縮強さと正規化したダンピング圧の脈動振幅の関係を図-9 に示す。相関係数が 0.98 であり、圧縮強さは次式により推定できる。

$$\sigma_c = 127650(D_p/P)^{3.14} \quad (1)$$

ただし、 σ_c : 一軸圧縮強さ(MPa),
 D_p : ダンピング圧の脈動振幅(MPa),
 P : 打撃圧(MPa)である。

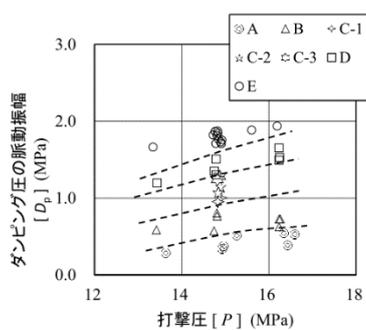


図-6 ダンピング圧の脈動振幅と打撃圧の関係

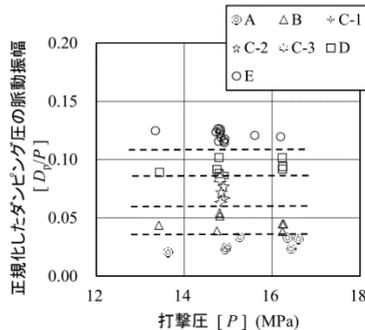


図-7 正規化ダンピング圧の脈動振幅と打撃圧の関係

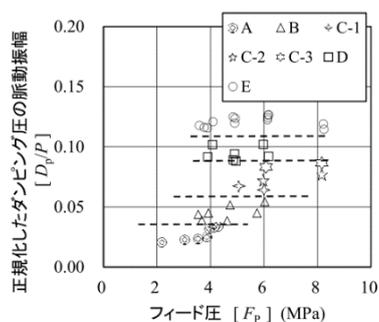


図-8 正規化ダンピング圧の脈動振幅とフィード圧の関係

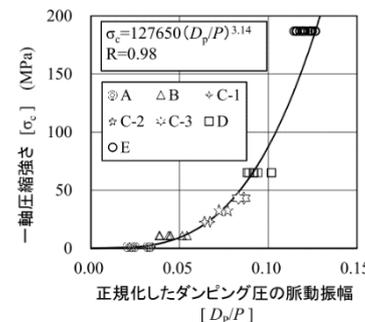


図-9 一軸圧縮強さと正規化ダンピング圧の脈動振幅の関係

3. おわりに

正規化したダンピング圧の脈動振幅を指標として、地山の圧縮強さを推定できることがわかった。今後、トンネル切羽前方地山を対象に本推定法を適用し、ダンピング圧による圧縮強さの推定精度を把握したい。