

地下ダム作業床造成時の振動測定から得られた琉球石灰岩の振動特性

前田建設工業株式会社 正会員 ○角 翼 松本拓真 前田啓太 青柳貢司
内閣府宮古伊良部農業水利事業所 非会員 石原正一 馬場和孝

1. はじめに

地下ダムとは地下に止水壁を設けることでポーラスな琉球石灰岩の中に水を貯める地中のダムである。本案件は、沖縄県宮古島の仲原地区に建設中の地下ダム（全長約 2.3km）のうち延長 240m の止水壁を築造する工事であり、特徴は仲原鍾乳洞に近接して施工することである。仲原鍾乳洞は観光鍾乳洞として活用されており地域の重要な資源であるため、施工工程で振動が最も大きい作業床造成時の岩掘削の振動による洞内の崩壊やつらら石の損傷が起きないように配慮する必要がある。鍾乳洞保全のために、掘削機械は標準施工であるブレーカ掘削やリッパ掘削に比べて低振動である油圧式切削機（＋防振マット敷設）を採用し、施工中は洞内の振動を自動測定して変状を監視しながら掘削作業を行った。本稿では、掘削時の鍾乳洞保全のための施工管理の取組みと振動測定結果から得られた琉球石灰岩の振動特性（内部減衰係数）について報告する。

2. 施工中の管理方法

(1) 試験施工の実施

施工中の振動管理基準を見出すことを目的に、本施工に先立って、鍾乳洞からなるべく離れた箇所において岩掘削の試験施工を実施した。

振動源として、油圧式切削機のほか振動低減効果確認のためにブレーカ掘削の測定を行った。

測定値を基に、振動予測式を用いて振動源が鍾乳洞に最接近時の振動を予測し、管理基準を定めた。振動予測には次式¹⁾を用いた。

$$L(r) = L(r_0) - 20n\log_{10}(r/r_0) - 8.68\alpha(r-r_0)$$

 $L(r)$ ：予測点における振動レベル (dB)
 $L(r_0)$ ：基準点における振動レベル (dB)
 r ：振動源から予測点までの距離 (m)
 r_0 ：振動源から基準点までの距離 (m)
 n ：幾何減衰係数
 α ：地盤の内部減衰係数

管理基準値は表-1のとおり定めた。試験施工の結果から、岩掘削箇所と鍾乳洞の最小離隔（13m）における振動レベル予測値55dBを管理レベル1に設定し、管理レベル3は振動規制法の管理値65dBを引用した。これらの数値は、2009年に発生した地震（震度 4（振動レベル85～95dB））や重要構造物への発破振動管理値（0.25cm/s（≒71dB））²⁾と比べても小さい値のため管理基準値として妥当と判断した。

(2) 振動の自動測定による鍾乳洞監視体制の強化

岩掘削中は洞内 5 箇所で振動レベルの自動測定を行い、管理基準値超過時は自動警報（現地警告灯及び警報メール）により施工者に周知した。また、1 回/週ごとに測定値を集計して内部減衰係数 α を逆算し、試験施工時に定めた数値の検証を行った。

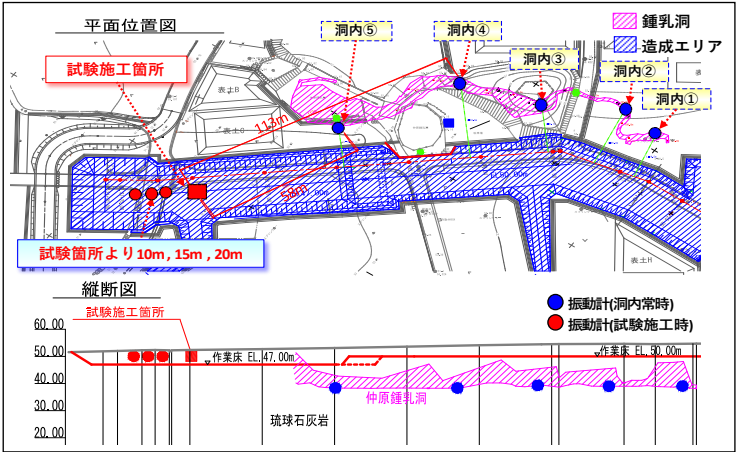


図-1 洞内振動測定箇所並びに試験施工時の測定位置図

表-1 本施工時の振動レベル管理基準

管理区分	基準		対応
レベル1	55dB	（予測値）	注意体制（計測強化）
レベル2	60dB	（中間）	警戒体制（対策工検討）
レベル3	65dB	（環境基準）	作業中断（対策工実施）

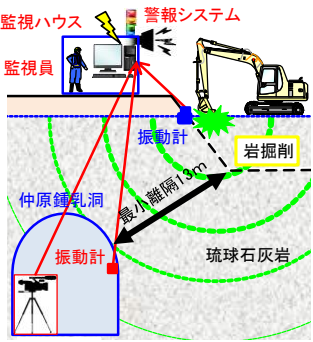


図-2 振動監視イメージ

キーワード 琉球石灰岩、岩掘削、施工機械、地盤の内部減衰係数、鍾乳洞

連絡先 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東 2-14-1 前田建設工業（株）九州支店 TEL 092-451-1549

3. 振動測定値から得られた琉球石灰岩の振動特性

試験施工～実施工における岩掘削時の振動測定結果から以下の知見を得た。

(1) 施工機械の違いによる振動比較（試験施工）

試験施工時の掘削機械として、本工事で採用した油圧式切削機（防振マット敷設）に加えて、比較対象として油圧式切削機（防振マット無し）と 1300kg 級ブレーカの 3 台について振動測定を行った。いずれもベースマシンは 0.7m³級のバックホウであり、振動測定時間は 3 分間である。振動測定位置は、振動発生源と同じ標高の地表で離隔 10m, 15m, 20m の 3 箇所とし、同時に鍾乳洞内 2 箇所（図-1 中の「洞内 4」と「洞内 5」）の測定も行った。

図-4 に振動値比較（振動レベルと振動変位速度）グラフを示す。油圧式切削機はブレーカより低振動であり、物体の破損影響の指標となる振動変位速度で見た場合、油圧式切削機はブレーカの半分以下となった。洞内 4 の油圧式切削機（防振マット無し）の振動測定値のみ傾向が違うが、振動源と洞内 4 の位置関係が中間に鍾乳洞を横断していることに起因していると考えられる。

前述の振動レベル予測値 55dB は試験施工時の測定値から逆算した内部減衰係数の平均値を用いている。

(2) 地盤の内部減衰係数について

試験施工時の振動測定データ並びに本施工 1 ヶ月間の振動測定データから逆算した内部距離減数について図-5 に示す。洞内 5 において近距離（離隔 20m）施工時に大きな値となっているが、これは洞内 5 が比較的空間が大きく地上が開けていることに起因していると考えられる。一般的に、固結地盤：0.001, 未固結地盤：0.01³⁾や粘土：0.01～0.02, シルト 0.02～0.03⁴⁾といった数値が知られているが、今回の平均値：0.017 は、琉球石灰岩が固結地盤でありながらポーラスな地質のために未固結地盤に近い値になったと考えられる。

4. まとめ

監視体制を強化して施工を進めたことにより鍾乳洞に損傷を与えることなく施工を終えることができた。また、監視時の振動測定結果から以下の知見を得た。

- ・油圧式切削機による振動抑制効果の程度。
- ・振動予測の際に重要となる内部減衰係数について、地盤の種類による細分化された資料が少ない中、今回得られた琉球石灰岩の岩掘削時のデータが、琉球石灰岩掘削時の振動対策検討の際に有効に活用できると考える。

参考文献

- 1) 日本建設機械化協会：建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック第 3 版，2001
- 2) 日本火薬工業会：あんな発破こんな発破，2002
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 No.714，2013
- 4) 塩田正純：公害振動の予測手法，1986



図-3 試験施工状況写真

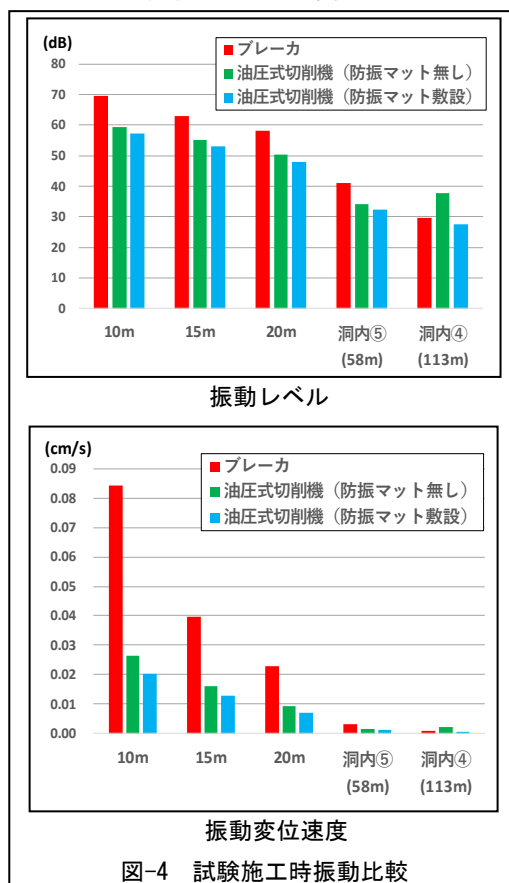


図-4 試験施工時振動比較

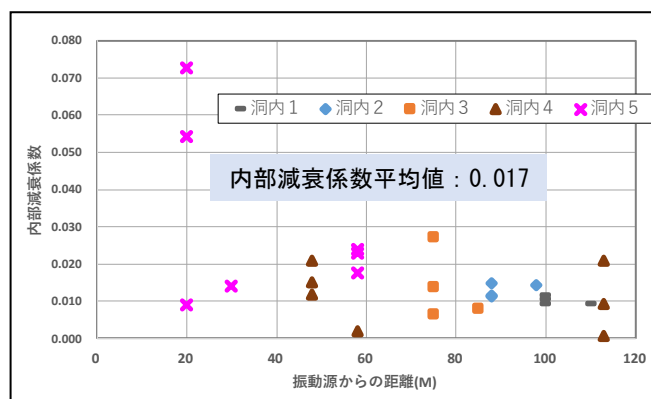


図-5 振動測定データから逆算した内部減衰係数