レーザードップラー振動計による不安定岩塊模型の振動計測実験

- 実岩石模型を用いた基礎的実験 --

応用地質	正会員	○斎藤	秀樹
鉄道総研	正会員	上半	文昭
鉄道総研	正会員	箕浦恆	真太郎

# 1. はじめに

筆者らは、レーザードップラー振動計を用いた遠隔非接触振動計測によって、岩盤斜面の不安定岩塊の安全 性評価を行うための基礎的検討を実施している<sup>1)</sup>。これまでは、加工の容易さのため主に石膏模型を用いた実 験を行ってきたが、今回は実岩石を用いた模型実験を行ったので報告する。

### 2. 模型材料

石材として、表-1に示す3種類の実 岩石を選択した。振動特性の違いが明瞭 になることを期待して、強度の違いが大 きい石材を選んだ。表に示した試験体寸 法の石材を2体ずつ準備した。試験体は 石材加工用のカッターで切断し、最終的 に剥落する岩塊を模擬したブロックの寸 法は260×340×160mmとした。過年度 の実験結果との比較のため、同じ大きさ の石膏模型も1体作製し実験に供した。

### 表-1 模型材料

	石 材	寸 法	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	質量 (kg)	<ul> <li>一軸圧縮強さ (N/mm<sup>2</sup>)</li> </ul>	圧裂引張り強さ (N/mm <sup>2</sup> )	数量	
1	花崗岩 (G634)	試験体: 600×340×160mm (0.0326m <sup>3</sup> ) 切り出しブロック (岩塊部): 260×340×160mm (0.0141m <sup>3</sup> )	2.576	84.0 36.3	213	7.94	2	
2	砂岩 (来待石)		2.151	70.1 30.3	27.9	2.06	2	
3	溶結凝灰岩 (田下石)		1.913	62.4 27.0	13.4	1.48	2	
4	石膏 (ハイストーン)		1.888	61.5 26.6	32.7	2.73	1	
<ul> <li>・石膏様型は、石膏1:水0.3の配合とした。</li> <li>備 考</li> <li>・密度、一軸圧縮強さ、圧裂引張り強さは、室内岩石試験結果による。</li> <li>・質量の上段は試験体全体、下段は岩塊部。</li> </ul>								

### 3. 実験方法

実験は上記岩石模型を石材加工場に持ち込み、 石材切断装置を用いて行った。図-1 に示すよう に、試験体の約半分を鉄板上に置き、鋼製の治具 で固定し、オーバーハングした岩塊の背面部を上 から順次切断した。切断深さの刻みは、接合残長 10cm までは 2cm 刻み、5cm までは 1cm 刻み、そ の後は 0.5cm 刻みとした。振動計測は、岩石ブロ ック前方約 3m 地点に設置したレーザードップラ 一振動計 2 台によって行った。このうち 1 台はブ



図-1 岩石模型の固定方法模式図

ロック前面上部に、もう1台は台座鉄板前面などにレーザーを照射し、振動を同時に計測した。振動源は、常時微動およびハンマーによる台座鉄板背面打撃、ブロック背面打撃、ブロック前面打撃の4種類とし、それぞれ A/D 変換のサンプリングを1kHz として 30 秒間のデータ取得を行った。30 秒間の波形データに対してフー リエスペクトルを算出し、そのピーク周波数を岩塊の自由振動の卓越周波数と考え、力学的安定性との関係を 調べた。なお、以下の振動計測結果では、ブロック前面上部の計測データのみを示す。

キーワード レーザードップラー振動計,岩盤斜面,不安定岩塊,振動特性,模型実験 連絡先 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2-61-5 応用地質(株) エンジニアリング本部 TEL.048-652-0651

-240

# 4. 振動計測結果

図-2 には、一例として田下石-1 試験体の計測 結果を示す。各接合残長での計測波形のフーリエ スペクトルを示す。接合残長が 8cm 以上では全て のスペクトルに約 64Hz のピークが見られる。こ れは,固定部も含めた試験体全体の振動成分と思 われ、実験上望ましくない成分であるが、固定方 法を変えても軽減できなかった。この現象は、周 波数は若干異なるものの、すべての試験体につい て見られた。この成分の影響で,周波数が高い領 域での岩塊部の振動を検出できなかったため,比 較的影響の軽微な 60Hz 以下のデータのみを使用 した。図-3 に接合残長とブロックの卓越周波数の



関係を示す。グラフのマーカーの色の違いが石材の違いを表し、マーカーの塗りつぶしと白抜きは同一石材の 別試験体を表している。いずれのケースも、原点を通る直線で近似できる。直線の傾きに着目すると、材料強 度が高いほど傾きが大きい。すべてのケースで、卓越周波数 20~25Hz 程度で破壊に至っている。破壊時の接 合残長は、強度が高いほど短い。これらの傾向は、過年度の石膏模型実験とも整合する。さらに、岩塊部の転 倒安全率と卓越周波数の関係を図-4に示す。転倒安全率は、岩塊部の転倒モーメントと接合部の抵抗モーメ ントの比であるが、抵抗モーメントを算出するための接合部の接着力は、各試料の圧裂引張り強さの 1/2 と仮 定して計算した。同図で特徴的なのは、接着力を圧裂引張り強さの 1/2 と仮定したところ、実際の破壊時の安 全率が概ね1を示していることで、現象の面からは妥当な仮定であったと言える。一方、近似曲線の形状と材 料強度との関係は不明瞭であるが、破壊直前には、安全率1、周波数 20~25Hz に収束するように見える。



#### 5. おわりに

岩塊の力学的安定性と振動卓越周波数の関係を定量的に把握するため、実岩石を用いた模型実験を行った。 実験上の問題点もあったが、両者の関係を定量的に示すことができた。今後、さらにデータ分析や理論検討を 加えたい。なお本研究は、鉄道総研が国土交通省の技術開発費補助金を受けて実施したものである。

## 参考文献

斎藤秀樹・上半文昭・箕浦慎太郎:レーザードップラー振動計による不安定岩塊模型の振動計測実験―形状の異なる石膏模型を用いた基礎的実験―、土木学会第69回年次学術講演会、Ⅲ-296、2014.