

上越線に存在する巨大岩塊の対策に向けたモニタリングおよび調査・解析結果について

ジェイアール東日本コンサルタンツ (株)	正会員	○清水 保
JR 東日本 高崎土木技術センター	正会員	鴨志田 祥子
JR 東日本 高崎支社	正会員	内田 雅人
ジェイアール東日本コンサルタンツ (株)	正会員	逸見 研二

1. はじめに

JR 東日本の上越線は山間部の山裾を縫うように線路が敷設されている区間が多く、津久田・岩本駅間においては、1977年3月には急行「佐渡3号」が線路上部の崖から落下していた約30tの巨石に衝突し、4両が脱線するという事故が発生した。JR 東日本高崎支社では事故発生箇所から205m 起点側(109k450m 付近)に存在する巨大な岩塊(13m×6m×4m)を対象に、進行性の確認や対策工実施までの間の詳細なモニタリングを目的として、「変位計による挙動監視」と「常時微動による計測」により巨大岩塊の挙動監視を行ってきている¹⁾。本件では、計測開始から3年半の計測データを蓄積したことにより確認された傾向を示すとともに、対策工に向けた調査・解析結果や対策工法について報告する。



図 - 1 巨大岩塊全景

2. 変位計による静的な挙動計測結果

巨大岩塊の4箇所について防水性変位計(差動トランス型)により測定を行った静的な変位の結果(温度補正後)を、モニタリング開始時2010年10月から2014年3月までの期間について図-2に示す。この図はプラス側の変動を割れ目が開く方向に、マイナス側は閉じる方向で表している。

この結果よりL-2(左下)とR-1(右上)は、ほぼ変動なく推移していることがわかる。一方、15ヶ月の計測データでは右肩上がりの傾向を示していたR-2(右下)や東北地方太平洋沖地震時に0.4mm程度の開く側の挙動が見られたL-1(左上)は、その後の変位計測の結果、概ね一定の値で推移していることがわかる。これまでの変位計測の結果からは岩塊の安定性に変化はないと考えられる。

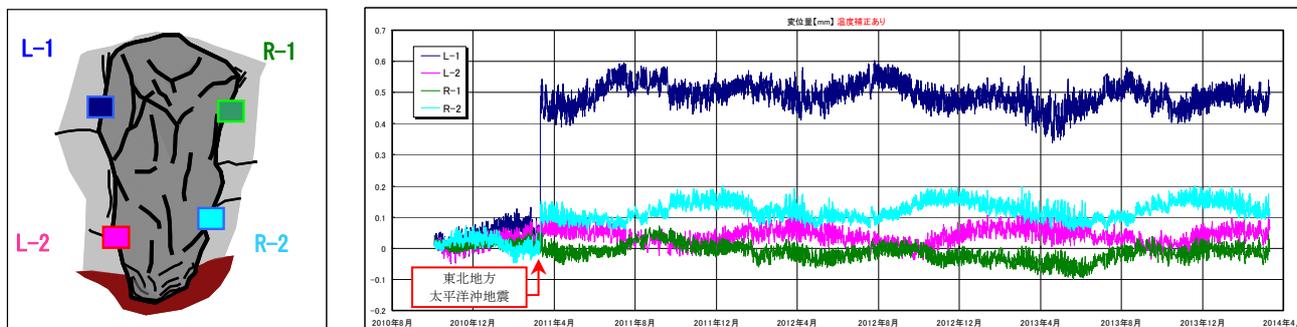


図 - 2 温度補正後の変位計測結果(2010年10月~2014年3月)

3. 常時微動計測結果

常時微動の計測は、岩塊の上・中・下部近傍基盤に設置した速度サーボセンサにより実施している。

3.1 振動軌跡による評価

各速度波形を変位波形に変換し平面的に示した軌跡(リサーチ)の一例として、X-Yの平面的な水平変位について、計測10回目、13回目、18回目の結果(上部と基盤)を図-3に示す。これら変位は絶対変位であり、岩塊の変位(上部変位)は入力波(基盤変位)の影響を受けることから、リサーチの変化から安定性の低下を示唆する傾向を見極めるのは難しいと判断した。しかし、これまで全18回の計測結果は、全て振幅0.02mm以下と振動レベルが小さいことから、安定性の低下を示唆する目立った傾向はないと考える。

キーワード：落石，岩盤，常時微動，モニタリング，フーリエ解析，季節変動

連絡先〒171-0021 東京都豊島区西池袋一丁目11番1号メトロポリタンプラザビル19F

ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社 メンテナンス事業部 TEL.03-6846-1194

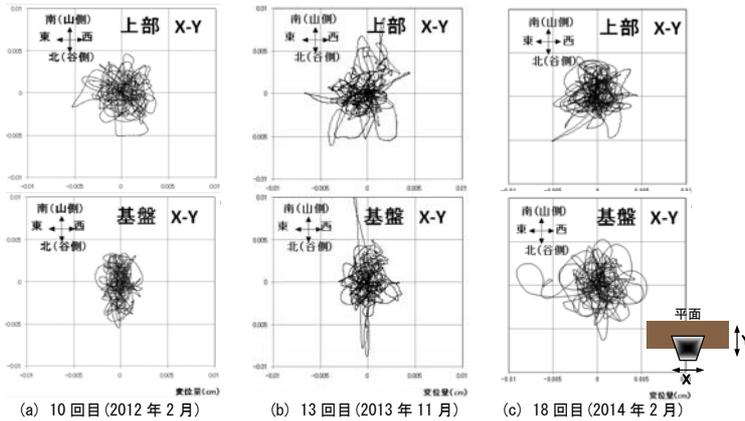


図 - 3 リサージュ図(岩塊上部・基盤 XY 平面)

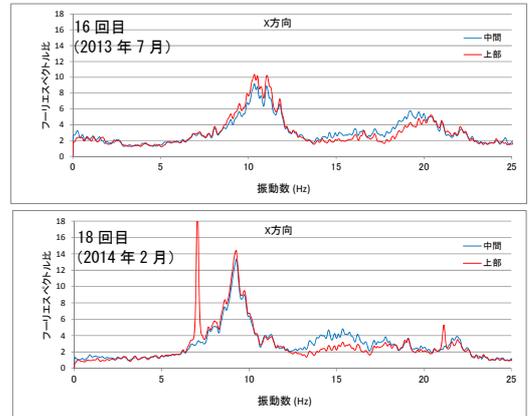


図 - 4 フーリエスペクトル比 (岩塊上部 X 方向)

3.2 フーリエスペクトル比による評価

前項で示したように、微動計測では入力波により岩塊自体の変位が異なるため、基盤に対する岩塊の応答値の変化による評価が有効と考えた。そこで、微動計測により得られた波形に対してフーリエ解析を行い、スペクトル比（基盤に対する岩塊のスペクトル比）で評価した。結果の一例として、計測16回目と18回目のX方向のスペクトル図を図-4に示す。前回の報告¹⁾と同様、9~11Hz程度に明瞭な卓越が認められる。なお、18回目の上部に見られる7Hz程度の卓越は、特定の時間帯で確認されるもので、周辺の機械的なノイズであると考えられる。

次に、9~11Hz程度の卓越振動数と温度との関係およびスペクトル比との関係を図-5に示す。卓越振動数は気温と高い相関があり、気温の低下とともに振動数が低下し、スペクトル比が増大していることがわかる。測定開始から季節変動の周期を3回経験したが、卓越振動数の変化は同じ経路上を辿っており、累積的な低下傾向が認められないことから、振動数の変化からは岩塊の安定性に変化はないと考えられる。

4. 調査・解析結果

これまでモニタリングにより、安定性の低下は確認していないものの、恒久的な安全を確保するために、対策工の実施が望まれている。そこで、岩塊の亀裂等状況を確認すべく、岩盤ボーリングおよびボアホールスキャナを行うとともに画像解析やステレオネット解析を実施した。その結果、岩塊の亀裂等状況は図-6の通りと考えられ、流れ盤と受け盤両方向の亀裂によりブロック化され、その分布状況から崩壊形態はトップリングによるものと考えられる。この結果を受け、現在 JR 東日本高崎支社では、対策工法として亀裂充填工+根固め工+ロックアンカー工+待ち受け対策工(高エネルギー吸収柵等)の検討を進めているところである。

5. おわりに

これまで3年6ヶ月の間計測を行っているが、現在目立った安定性の低下は認められていない。その中で、微動計測のデータ蓄積により岩塊の卓越振動数とスペクトル比や気温との相関関係を明らかにすることができた。今後、対策工の着手後には、長年の計測により得られたノウハウや知見を元に、このモニタリングシステムを活用した施工中の挙動監視や微動計測による対策効果の確認等を行っていくのが望ましいと考える。

参考文献

1) 鴨志田, 清水他: 上越線の重点監視箇所中存在する巨大岩塊のモニタリング, 第 67 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2012 年 9 月.

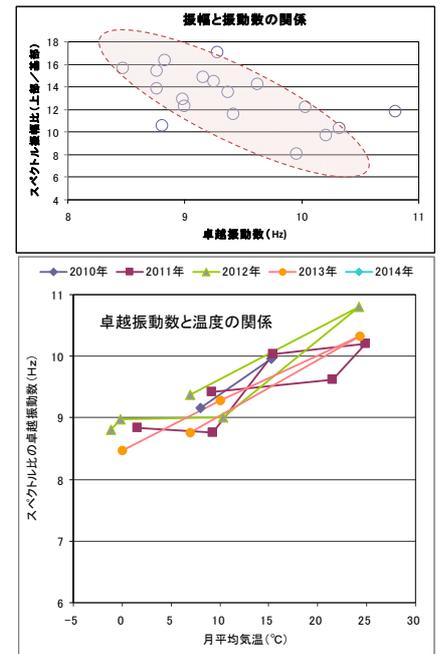


図 - 5 卓越振動数の変化 (岩塊上部 X 方向)

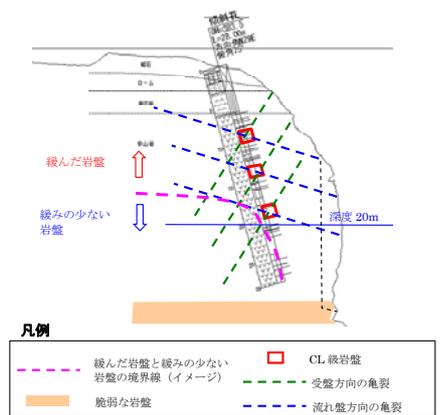


図 - 6 調査・解析結果(岩塊亀裂等状況)