

石灰石鉱山における GPS による長大斜面の長期変位計測と安全監視事例

山口大学大学院 学 中矢 和貴, 神谷 康司, 山根 昇
山口大学大学院 正 清水 則一, 船津 貴弘
秋芳鉱業(株) 梶谷 啓介, 川地 真司

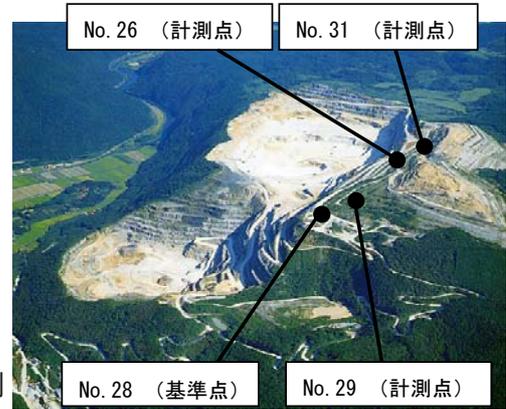
1. はじめに

わが国の石灰石鉱山は、ほとんどが露天掘りであり採掘後は長大斜面が形成され、その長期にわたる安全監視が重要である。筆者らは、1995年以來、GPSによる変位計測システムによる安全監視を検討し、実験、試験計測を経て、1999年から本格運用している¹⁾⁻⁴⁾。

本報告では、長期計測結果と3次元弾性解析との比較を行い、計測結果の評価を行った事例を示すものである。

2. 秋芳鉱山の長期 GPS 計測

まず、秋芳鉱山で利用しているGPSリアルタイム連続変位計測システム^{1),2)}について説明する。このシステムは不動とみなせる基準点 No.28 および変位計測点 No.26, No.29, No.31 に受信機を設置し、ケーブルによってPCに接続されている。コンピュータは転送されてきたデータをキネマティック方式に基づいて解析し、各計測点の3次元座標をリアルタイムで表示する。なお、これらの一連の流れは全て自動的に処理される。硬岩で構成される露天掘り鉱山においては、安全監視の観点から突発的な変位を検出することが重要で、リアルタイム性が要求されているためこの方式を用いた。このシステムは1997年から試験運用され、1999年12月より本運用を開始した。現在も安全監視を行っており、今年で10年という長期連続計測が行われている。図-2に示したのは計測点 No.26 の2003年6月2日から2006年12月31日までのGPS計測結果をトレンドモデルにより平滑化した結果である。この期間において顕著な変位は見られない。他の No.29, No.31 も同様である。

図-1 秋芳鉱山全体図²⁾

3. 秋芳鉱山の弾性解析

表1に示すように、2003年6月～2006年9月の掘削を4期間に分けて掘削様子を再現し、モデルを図-3のように作成した。解析には有限差分法に基づく解析コード(FLAC3D)を使用した。

弾性係数を10[GPa]、ポアソン比0.25、密度を2700[kg/m³]とした。重力解析後、各ステップ毎に掘削を行った。

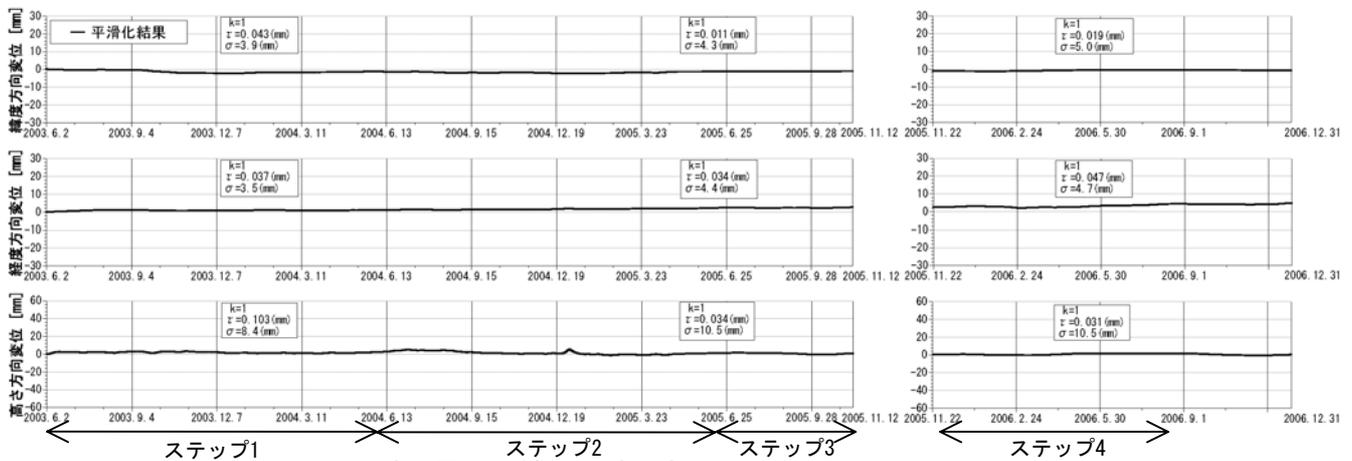


図-2 GPS計測平滑化結果(計測点 No.26 2003.6.2～2006.12.31)

キーワード 岩盤斜面, GPS, 弾性解析

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学大学院 理工学研究科 0836-85-9334

4. GPS 計測結果と解析結果の比較

図-4はGPS計測結果と解析結果をステップ毎に平面図と断面図に示したものである。

図-4(b)から計測点No.31は、実測値と解析値はやや異なるものの、変位の方向はほぼ同じであり岩盤は単調な弾性挙動(掘削による浮き上がり挙動)を示しているものと考えられる。

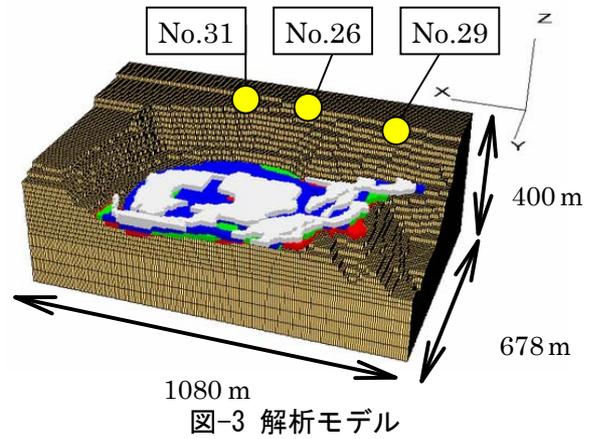
一方、図-4(c)から、計測点No.29は弾性挙動(浮き上がり)と非弾性挙動(斜面傾斜方向に向かう挙動)を繰り返していることが分かる。

また、図-4(d)から、計測点No.26は、弾性挙動と異なる挙動で斜面傾斜方向に向かう挙動を示している。

以上のように解析結果と比較することで、実際の挙動が弾性的、あるいは非弾性的な挙動かどうか判断される。現時点では、いずれの挙動も3年間で絶対値が最大でも数mm以下であり、斜面は十分に掘削されていると判断される。

表1 各ステップの期間

ステップ1 掘削	2003.6~2004.5
ステップ2 掘削	2004.6~2005.5
ステップ3 掘削	2005.6~2005.11
ステップ4 掘削	2005.12~2006.9



5. まとめ

秋芳鉱山において、1997年11月~2006年12月までの長期において安定した計測結果を得ることができた。

弾性解析の結果とGPS計測結果を比較したところ、実際の挙動は単調な弾性挙動ではない地点もあるが、絶対的な変位量は小さく安全に掘削されているものとする。

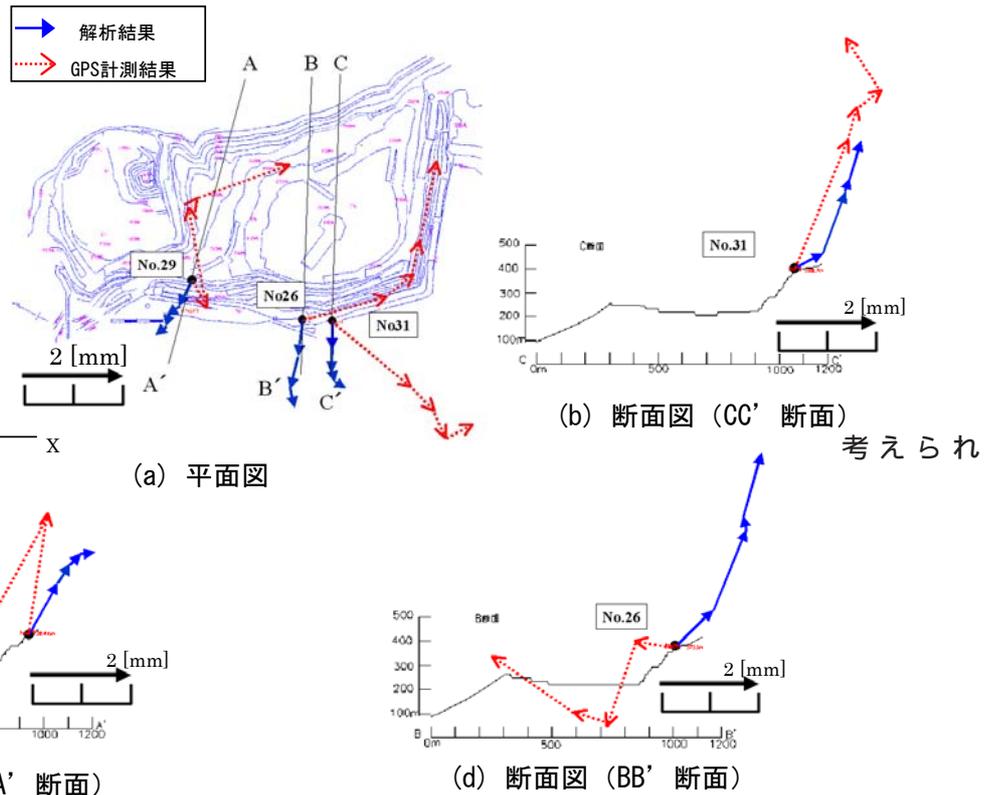


図-4 GPSによる計測変位と弾性解の比較(変位ベクトル)

参考文献

- 1) 清水, 小野, 近藤, 水田: 長大残壁の安全監視へのGPS変位計測システムの応用に関する現場実験, 資源・素材学会誌, Vol. 112, No. 5, pp. 283-288, 1996.
- 2) 近藤, Cannon, 清水, 中川: GPSによる地盤変位モニタリングシステムの開発. 土木学会論文集, No.546/-32, pp.157-168, 1996.9.
- 3) 清水則一, 水田義明: 大規模残壁の安全管理手法のためのGPS変位モニタリングシステムと安定評価解析手法の開発に関する研究. 石灰石, 287(5), pp. 43 - 55, 1997.5.
- 4) 清水, 小山, 小野, 宮下, 近藤, 水田. GPS変位モニタリングシステムの連続観測による安定性の検証と計測結果の処理方法の提案. 資源・素材学会誌, vol.113, No.7, pp.549-554, 1997.