

地山安定性評価のための二軸先行変位計の開発

(株)大林組 正会員 木梨 秀雄 萩野 知 岡崎 雄一
○鈴木 拓也 渡辺 淳 藤岡 大輔

1. はじめに

破砕帯など脆弱で切羽が不安定な地山や、膨張性で大変形を起こすような条件下では、対策工や早期閉合により地表への影響や切羽崩落等を防ぐ必要があり、計測による地山評価が重要となる。その指標としては、地山のせん断ひずみや塑性化によるゆるみの拡大があげられるが、通常の計測Aでこれらを得ることは難しい。そこで著者らは、先行天端沈下計¹⁾を開発して10か所以上の現場に適用し、地山の安定性を評価してきた。以下では既存の先行変位計測事例の考察と、新たに開発した水平・鉛直二軸の先行変位計について述べる。

2. 先行変位計測事例の考察

まず、開発済みの先行天端沈下計¹⁾を用いた計測による知見を考察する。切羽天端部の前方に設置する計器は、φ27mmの小口径であり、長尺先受け工の鋼管内にも設置可能で、注入工の妨げにもならない。無拡幅式の先受け工の場合は、当初鋼管内に計測用のインサート管を設置しておき、切羽を3m進め末端の鋼管撤去後、図-1のように変位計を挿入して計測を開始する。挿入するのは、加速度センサにより0.5m区間毎に水平傾斜角 θ を測定するものであり、孔内水平傾斜計や、連通管式沈下計などによる計測と同様に各点の沈下を把握することができる。また、計測Aに合わせて本計測器の天端口元部の変位を計測することで、絶対変位を把握できる。

先行天端沈下計には2つの目的があり、一つは地山のせん断ひずみをリアルタイム監視し切羽崩落を防止することである。もう一つは、先行変位を含む全変位を把握することで、桜井らの限界ひずみ²⁾と直接対比し、地山の安定性を評価することである。すなわち、限界ひずみを地山の塑性化や大変形発生の目安とし、支保の変状や縫い返しを防止すべく、補助工法などの対策工に結び付けることである。従来は、先行変位率を30～40%と仮定して管理基準値を設定しているが、先行変位計測により精度よく迅速に変状対策へのフードバックが可能となる。

図-2は、坑口部からトンネルと並行に先行変位計を設置して計測した事例である。このケースでは切羽到達前の-10m付近から沈下が発生し、収束するまでの全変位が得られている。長尺先受け工を施工しており、先行変位率は36～39%であった。一方、図-3は先受け工のない切羽からGFRP管内に先行変位計を設置した事例であり、先行変位率が50%を超えている。また、図中に示したように掘削半径 r に対する沈下で求めたひずみ $\varepsilon(\delta v/r)$ と限界ひず

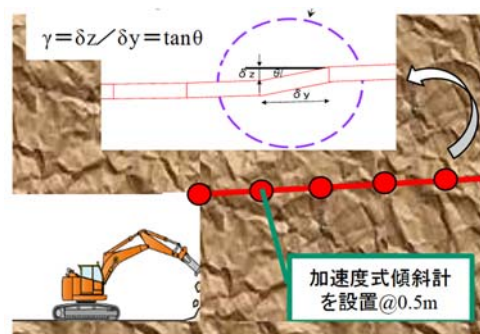


図-1 先行天端沈下計の概要

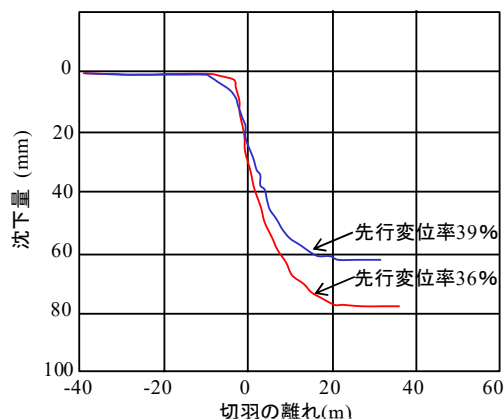


図-2 先行沈下事例

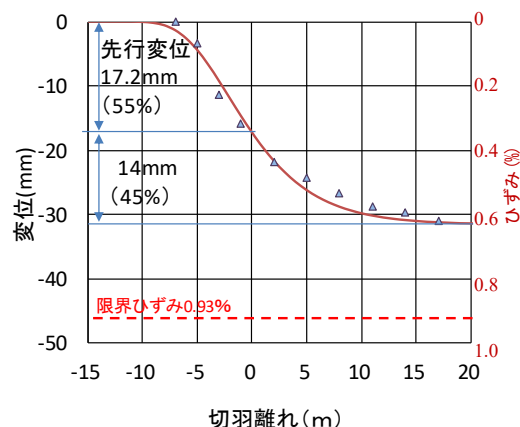


図-3 直接ひずみ評価事例

キーワード 先行変位, 先行変位率, 限界ひずみ, 地山安定性評価

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組生産技術本部 TEL 03-5769-1320

みを直接対比させて管理することが可能となる。図-4は3か所の現場における切羽の進行に伴う天端部地山のひずみ ε の変化を示している。このうち、赤色線は小土被り部風化頁岩での事例で、変状発生により増し支保や補助工法の追加を実施した。

図-5は先行変位率と地山の弾性係数の関係を示したものである。データ数が少なく点線は推定される傾向を示しているが、長尺先受け工がある場合は先行変位が抑制されるようである。また、地山が硬質なほど先行変位率が小さくなる傾向にある。

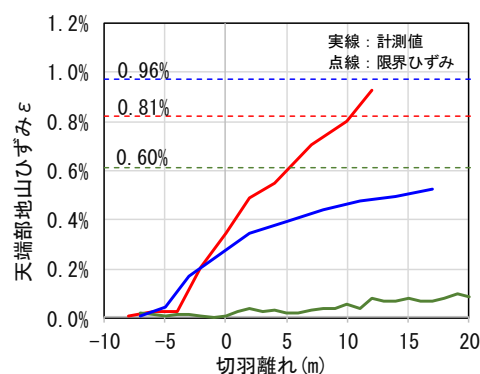


図-4 切羽の進行に伴う地山のひずみ

3. 先行二軸変位計の開発

既開発の先行天端沈下計は MEMS を採用しており、鉛直方向の変位しか計測ができなかったが、側方についても全変位を把握して地山評価が必要である。そこで新たに、水平および鉛直二軸方向の先行変位を計測可能なシステムを開発した。

本システムはロッドとジョイントで構成され、ジョイント部は図-6のように鉛直および水平の2成分が可動であり、起歪板による曲げひずみから、2成分の変位を検出できる機構とした。

図-7のようにロッド(L=1m)をこのジョイントで連続して接合し、全長で10m以上切羽前方の変位を計測するものである。

室内要素試験による曲げひずみと変位の関係を図-8に示す。変位 $\pm 20\text{mm}$ に対して両者の関係は極めて直線性がよいことが分かった。現場においては、GFRP管などに本計測システムを収納し、切羽進行に伴う先行変位を計測する。今後は、現場における検証を進める予定である。

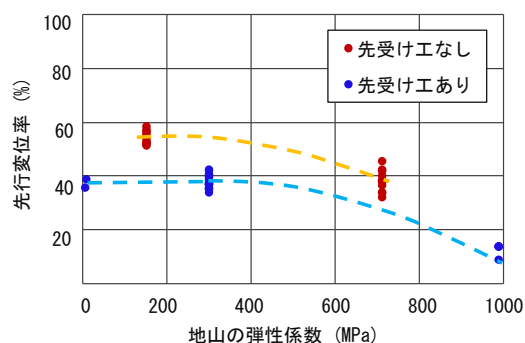


図-5 地山の弾性係数と先行変位率

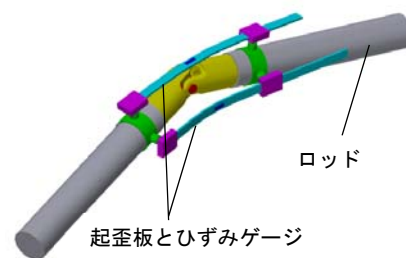


図-6 二軸ジョイント部の概要

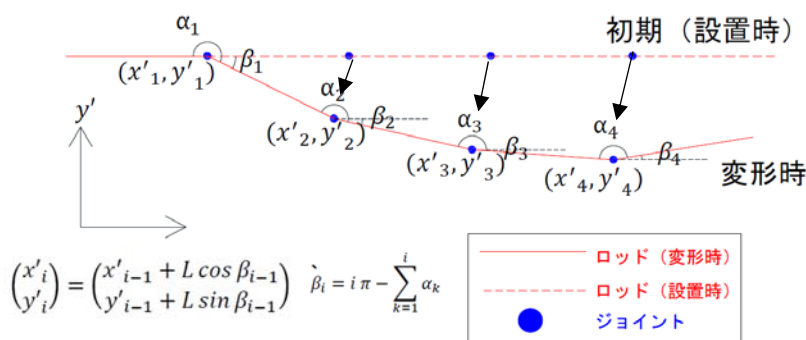


図-7 先行変位計における変位の検出

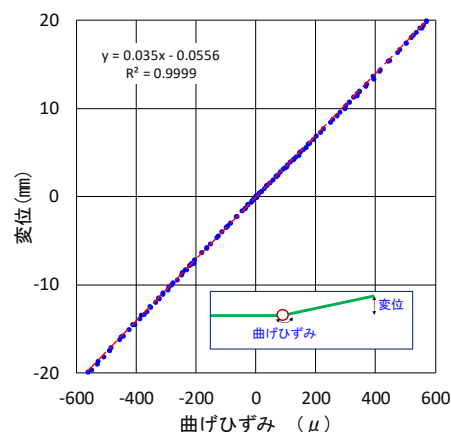


図-8 曲げひずみと変位の検定

4. おわりに

計測により地山の安定性を評価する場合、計測によりせん断ひずみや先行変位を含む全変位を把握する必要がある。とくに、水平方向の先行変位はこれまで計測された事例がほとんどないため、今後計測事例を蓄積してデータを分析するとともに、地山の安定性評価や計測管理に反映させていく予定である。

参考文献

- 1) 木梨秀雄, 木野村有亮, 辻村幸治: 先行天端沈下計測システムの開発と適用, 建設機械施工 Vol.66 No.11, 2014
- 2) 櫻井春輔: NATM における現場計測と管理基準値, 土と基礎, Vol.34, No.2, 1986.