落石対策で使用した地上レーザ測量と 3D プリンターによる活用事例

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員 ○小谷　拓哉
西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員　金子　雅博
西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 非会員　大町　宏

1. はじめに

斜面勾配 i=55° を超える切立った斜面において，道路詳細点検の結果，道路利用者に危険を及ぼす落石が見つかった．そのため，対策工として落石防護網が計画された．しかし，対策工箇所はトンネル坑口直上であることや供用中の高速道路上であるため，施工計画の立案は容易に進まなかった．さらに，急峻な地形を示した平面図（等高線図）は設計に必要な微地形が読み取れなかった．

供用中における対策工事では，施工ヤードの確保や安全対策，短期間の施工が必要になるため，精度の高い設計や綿密な施工計画が必要である．

よって，本報文は落石対策の施工計画立案において，地上レーザ測量を実施し，3D 点群データ及び３Ｄプリンターによる模型を作成することで，発注者及び施工関係者と合意形成を図った活用事例である．

2. 現地状況と平面図

現地は**図 1** で示すように島根県出雲市市街地に位置し，写真で示すように切立った硬質な山に延長Ｌ＝68mのトンネルが構築された．トンネルと橋梁は連続しており，路肩幅も狭く高速道路上には施工ヤードが確保できないため，一般道から施工する必要があった．また，落石対策を必要とするトンネル坑口上には，一般道との高低差が 30m 程度あることや民家も隣接するため，限られた空間しかなかった．さらに，落石対策箇所は凹凸の著しい地形のため，落石が落石防止網から抜け落ちないようにアンカー本数を増設する必要があり，通常作業以上に時間を必要すると考えられた．平面図は**図 2** のように縮尺 1/200 で作成されていたが，等高線間隔は狭く，危険落石の位置や落石防止網を設置する範囲など 2 次元的に図面上で判断することは困難であった．また，現地調査をしても平面図とイメージが異なっていた．

図 1　位置図と現地写真（遠景と近景）

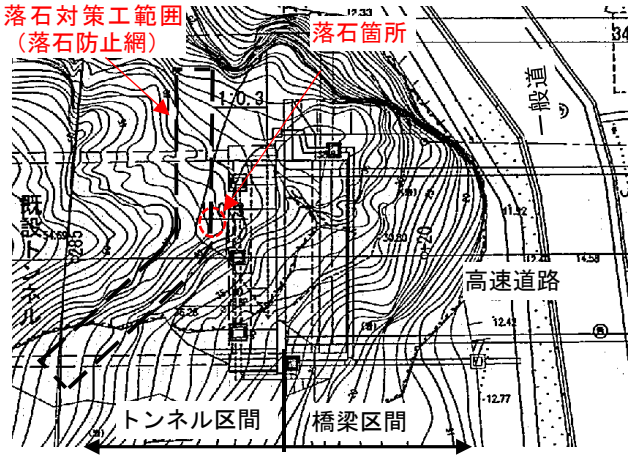

図 2　平面図（等高線図）

3. 地上レーザ計測の実施と図面作成

3D レーザ計測は，対象箇所が供用中の高速道路上であるため，UAV の使用は行わず，地上から計測した．地上レーザ測量は，トンネル坑口部など計測の障害になる箇所があるため，高所作業車を使用し高速道路とほぼ同じ高さから 3D レーザ計測を実施した．さらに，民家が隣接していることや橋梁も計測の障害になるため，北側から 2 か所と南側から 2 か所の計 4 か所から 3D レーザ計測を実施し，それぞれを合成させた．

キーワード：地上レーザ測量、落石対策、3D 点群データ、3D プリンター、施工計画
連絡先（〒733-0037 広島県広島市西区西観音町 2-1 第 3 セントラルビル TEL:082-532-1411）

© Japan Society of Civil Engineers

4．３Ｄ点群データと足場工のイメージ例

地上レーザ測量結果より，**図 3** で示すように 3D 点群データを作成した．3D 点群データでは，写真撮影が困難であった南側の全体形状を作成することができた．また，**図 4** で示すように樹木を削除した地形データを作成後，平面図に従い仮設足場の範囲を 3DCAD により作図した．その結果，トンネル坑口と斜面との離隔などが明確になった．

5．３Ｄプリンターによる３Ｄ地形模型作成

3D 地形模型は，現場状況をリアルに表現させ，発注者及び施工関係者との協議を迅速に進めるために作成した．3D プリンターにより地上レーザ測量結果を再現するため，**表 1** で示す仕様内容で作成した．なお，3D 地形模型作成にあたり，精度を高まるため，積層ピッチを最小の 0.1mm で行った．着色は造形後にアクリルウレタン塗装を使用しスプレーと筆により作成した．着色区分は，構造物やのり面工，自然斜面，道路，隣接の 4 色を使用した．

7．３Ｄ地形模型による施工イメージ例

3D 地形模型は，**図 5** で示すように，幅 45cm，縦 45cm 程度の大きさで作成した．完成した 3D 地形模型は落石対策箇所と一般道との距離や落石防護網の設置範囲，地形の凹凸などは明確になった．

施工時の模型として，足場工の作成と 25ｔラフタークレーン（13mジブブーム）をペーパークラフト（縮尺 1/100）で作成した．さらに，完成時の模型として，完成形イメージをリアルにするため，落石防止網及び足場・水平歩廊・点検はしごの模型を手作業で作成した．

作成した模型は，3D 点群データに比べ，自分の知りたいところを自分の目線で詳細に確認できるため，発注者や施工関係者にもわかりやすく，協議も円滑に進んだ．

8．まとめ

施工計画立案において，地上レーザ測量を実施し，3D 点群データ及び 3D モデル化，3D 模型により微地形や施工状況を示した結果，協議は円滑に進んだ。今後も目的に適した 3D データの利活用や BIM/CIM の取り組みを進めていきたい。

以上

図 3　3D 点群データ（南側の状況）

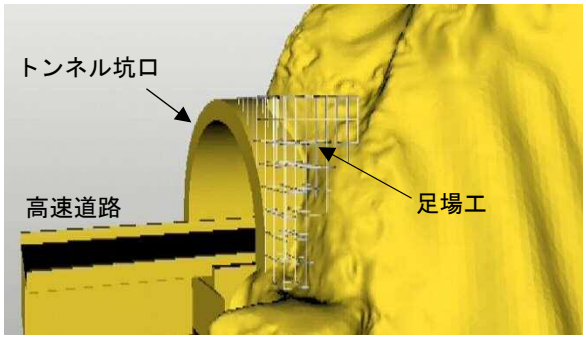

図 4　3D による足場工図面

表 1　３Ｄプリンターの仕様

3D プリンター機種		シーメット：RM-6000Ⅱ
材質		光硬化性樹脂（エポキシ樹脂）
模型尺度		1/100
積層ピッチ		0.1mm
模型重量		3kg
印刷時間	データ処理/造形時間	20 時間/60 時間
着色等の作業時間	マスキング処理/着色	7 時間/2 時間

図 5　3D 模型による仮設計画及び完成形

© Japan Society of Civil Engineers