

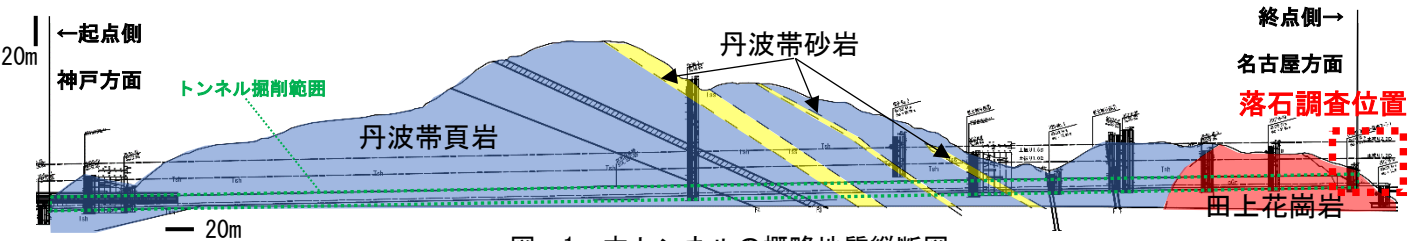
トンネル坑口周辺の落石危険度調査と対策工選定

西日本高速道路(株)関西支社 新名神大津事務所 高下正剛 菅原大暉
鹿島建設(株) 正会員 ○滝澤伊織 戸邊勇人 影山 心 石井利治 疋田哲也

1. はじめに

新名神大津大石トンネルは、滋賀県大津市大石東町～同市大石龍門町において施工中の上り線 692m, 下り線 922m の道路トンネルである。施工予定地とその周辺に主として分布する地層・岩体は、中生代ジュラ紀の丹波帯に属する頁岩・砂岩および白亜紀の田上花崗岩である（図－1）。

このトンネルの終点側坑口から名古屋方面に続く路線は、高架橋によって信楽川の形成した峡谷を跨ぐ予定である。この峡谷は河床幅数 10m, 両側は平均傾斜 40° 程度, 最大傾斜 50° 以上の斜面となっている。そして、当該地周辺の斜面の下端と信楽川の間には国道 422 号線が存在する。そのため、橋脚の施工時に斜面からの国道への落石が懸念された（図－1 終点側）。本稿では、本工事における落石調査の結果とそれに基づく対策工の選定について述べる。

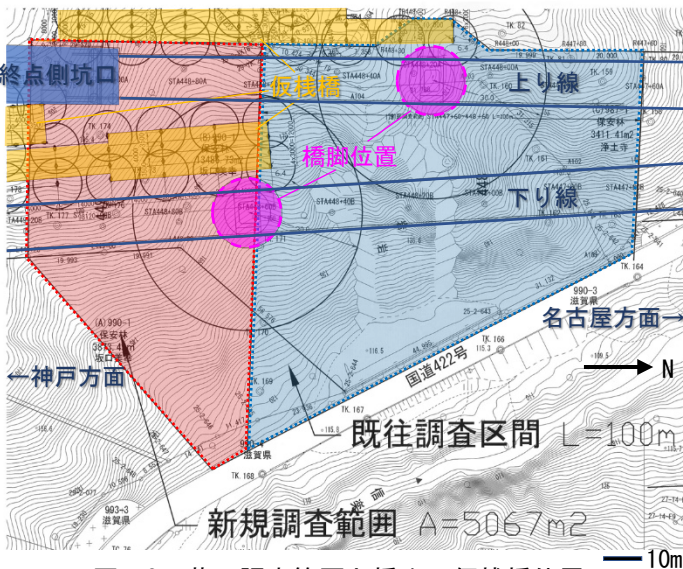


図－1 本トンネルの概略地質縦断面図

2. 落石調査範囲と方法

本工事では、施工に先立ち落石調査と対策工の選定が実施されていた（図－2 中の青色範囲）。しかしその後、橋脚の位置が変更されるとともに、橋施工に着工するための仮栈橋の架設が追加されたため、既往の調査に加えて新規に落石調査を実施すべき範囲が生じた（図－2 中の赤色範囲）。本稿ではこの新規調査範囲における落石調査について説明する。

新規調査においては、既往調査と同様に表－1 に示す安定度分類に基づいて、斜面上に点在する転石・浮石の落石危険度を地質技術者の目視により分類した。さらに、転石・浮石の大きさ、形状、位置、岩種、亀裂の状況、風化程度、落石の斜面下方の状況についても目視確認した。



図－2 落石調査範囲と橋脚・仮栈橋位置

表－1 転石・浮石の危険度分類表¹⁾

安定 状態	転石	浮石	安定性	判定 結果
1	 水で停止	 完全に分離	近い将来必ず 滑落すると 考えられるもの	不安定
2	 急崖上で停止、または 完全露出	 下部の露出が 進行	時期は予測でき ないが、いずれ 滑落すると考え られるもの	
3	 下部やや緩傾斜または 2/3以上露出	 不安定な形状	滑落する可能性 が大きい	やや 不安定
4	 下部に平坦面あり、または 2/3～1/2程度露出	 亀裂が発達	滑落する可能性 がある	安定
5	 平坦面で停止、または 1/2以下露出	 ほぼ健全	滑落の可能性が ほとんどない	

キーワード 落石, 地表踏査, 落石対策

連絡先 〒520-2266 滋賀県大津市大石龍門 6-788-1 鹿島建設(株) 新名神大津大石工事事務所 TEL077-572-8515

3. 調査結果と対策工の選定

新規調査範囲において落石調査を実施した結果、当該地において確認された浮石・転石は合計 184 個であり、そのうち落石を起こす可能性のある安定度 1～3 のものは 118 個であった（図-3）。岩種は花崗岩と頁岩であり、大きさはすべて長径 50cm 以上であった。

この 118 個の転石・浮石について、斜面の下端まで落下した際の全運動エネルギーを算出し、その結果から対策工を検討した。落石エネルギーの算出には下式を用いた¹⁾。

$$E = (1 + \beta) \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right) \cdot m \cdot g \cdot h \quad \text{式(1)}$$

ここに、E：落石の全運動エネルギー、 β ：回転エネルギー係数、

μ ：等価摩擦係数、 θ ：斜面角度、

m：落石の質量、g：重力加速度、h：落石の落下高さ

斜面の状態に基づいて係数および斜面の角度は、それぞれ $\beta=0.1$ 、 $\mu=0.35$ 、 $\theta=43^\circ$ とした。また落石の質量は、転石・浮石の体積（長径×中径×短径の直方体に近似）に現地の岩石の密度（弱く風化を受けていることから 2.5g/cm^3 と設定）を乗じて算出した。

落石時の全運動エネルギーを算出した結果、斜面下端からの比高 30m を超過する転石・浮石には全運動エネルギーが 1000～1700kJ に達するものがあることがわかった（図-4）。したがって 1 つの設備だけで落石対策を行う場合には、2000kJ 以上の落石エネルギーを吸収可能な対策工が必要となる。

そこで、斜面をいくつかの領域に分割し、それぞれの領域において対策工を設置することも併せて検討した（図-5）。この図中の紫線の位置に対策工を設置し、斜面形状から落石の方向を推定すると、赤・青・黄の各領域に含まれる落石は下端の防止柵に向かって落下することになる。この条件で再度落石エネルギーを計算すると図-6 に示す結果となり、すべての落石の全運動エネルギーが 500kJ 未満となった。

前述のように当該地の落石の長径が 50cm 以上であることから、ワイヤーロープによるネットが落石対策工に適していると考えられる。そのため、500kJ の落石エネルギーを吸収可能な高エネルギー吸収型落石防止柵（ハイジュールネット）を複数設置することが、当該地の落石対策工として適切と判断された。

4. おわりに

本工事では、橋脚の位置変更と仮栈橋の追加に対応するため、地質技術者による現地踏査を行い、目視による落石危険度の分類を行った。その結果に基づいて落石対策工を検討した結果、早期に工法の検討に着手することができた。

参考文献

1) 公益社団法人日本道路協会：落石対策便覧 第4刷，414p，2019。

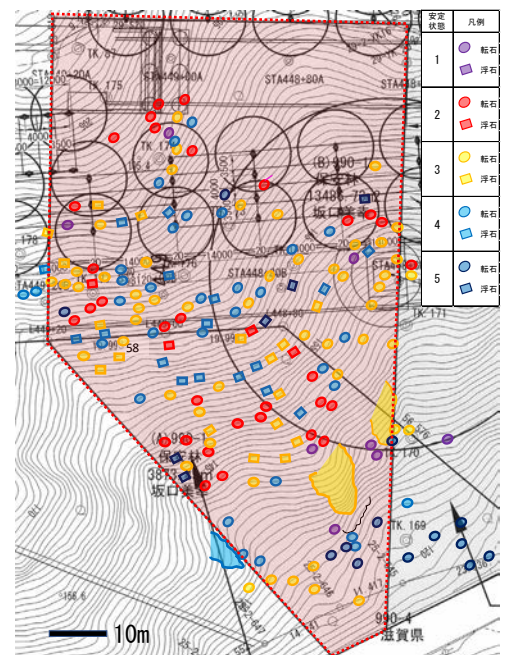


図-3 落石調査結果

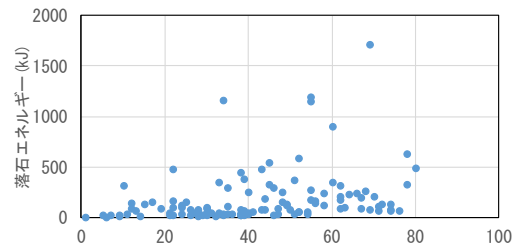


図-4 落石エネルギーの解析結果

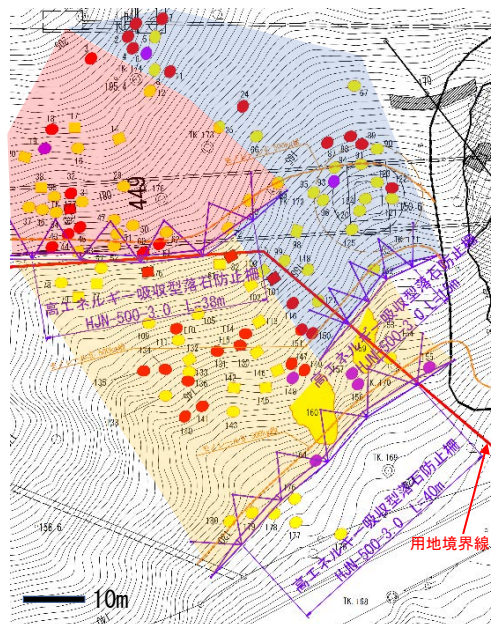


図-5 落石対策工の配置図

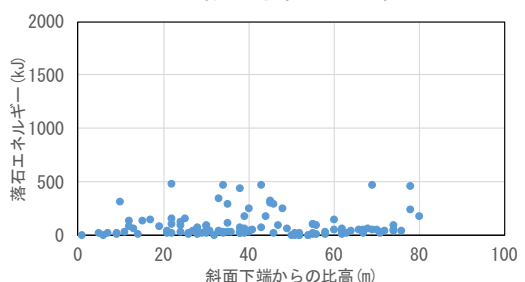


図-6 落石エネルギーの解析結果（領域分割後）