

人家に近接した不安定岩塊の落石対策設計と施工例

A rock fall countermeasure design and a example of the construction against the unstable rock

東 保行 (島根県隠岐支庁農林局森林整備課)

Yasuyuki AZUMA (Shimane Prefecture)

大坂 理*・片山直樹 (株)日本海技術コンサルタンツ)

Osamu OSAKA, Naoki KATAYAMA (Nihonkai Technical Consultants Co. Ltd.)

キーワード：不安定岩塊, 落石対策工, 施工管理

Keywords : Unstable rock, Rock fall countermeasure, Construction and Management

1. はじめに

推定重量 200t (5m × 5m × 3m) の岩塊が直高約 30m の自然斜面上部から落石した。幸い人的被害はなかったが、民家に約 15m と接近した場所にほぼ発生源から原形のまま落石した。一方、落石発生源において不安定地形で残った岩盤が露出し、再度崩落する危険性があり緊急対策工事が必要となった。

対策工は地形条件や施工時の安全確保等から不安定岩塊を原位置で固定する根固め工を採用した。

ここでは、落石発生原因と対策工設計を含めた巨岩落石源に対する落石対策の施工例を紹介する。

2. 落石状況および斜面概要

落石は尾根型斜面の山稜付近、標高 80m 程度の岩盤露頭部で発生し、斜面を約 65m 転げ落ち、民家に約 15m と接近した畑地内で地盤にめり込む状態で停止した (図-2.1)。斜面下部に到達した岩塊の大きさは 5m × 5m × 3m で推定重量 200t である。また、発生源には不安定地形の急崖に残った岩塊と、急崖直下には数 10cm ~ 数 m 角の岩塊および斜面途中にも数 10cm 角の岩塊が落石源として残った。

斜面を構成する地質は粗面岩で落石発生付近では斜面傾斜角 50° 程度の急崖地形として露岩する。図-2.2 に示すように、標高 60m 付近を境に斜面下部では崖錐性堆積物に覆われ、斜面傾斜角は 25° 程度に緩く変化する。

斜面を構成する地盤状況は以下の様にまとめられる。

<粗面岩>

- ・岩質は CH ~ B 級で硬質である
- ・節理が発達し面沿いに風化する傾向が強い部分と、面が密着傾向にあり比較的新鮮な部分とのコントラストが明瞭である
- ・樹木根が節理に伸長する箇所や割れ目の開口部には流入細粒土の沈着が認められる

<崖錐性堆積物>

- ・粗面岩起源の崩積土や風化土
- ・斜面上部では岩塊や礫質土主体で構成されるが下部では徐々に粘性土質が多くなる
- ・地被状況は、立木の疎密度は 2 本/m² 程度、斜面下部では竹が繁茂している

3. 落石発生機構

落石の素因および誘因を以下にまとめる。

<素因>

- ・粗面岩は節理が発達している
- ・落石岩塊底部の露頭では開口した節理面に、流入細粒土や根茎の伸長が認められる
- ・連続性のよい節理面には樹木根が伸長し、樹木の揺れの影響を受けやすい
- ・急崖地形でもともと岩塊のバランスは悪い

<誘因>

- ・樹木を介した暴風による岩塊への振動や水平力の作用
- ・根の伸長や地下水作用 (風化, 凍結融解等) による割れ目の連続化, せん断抵抗力の低下

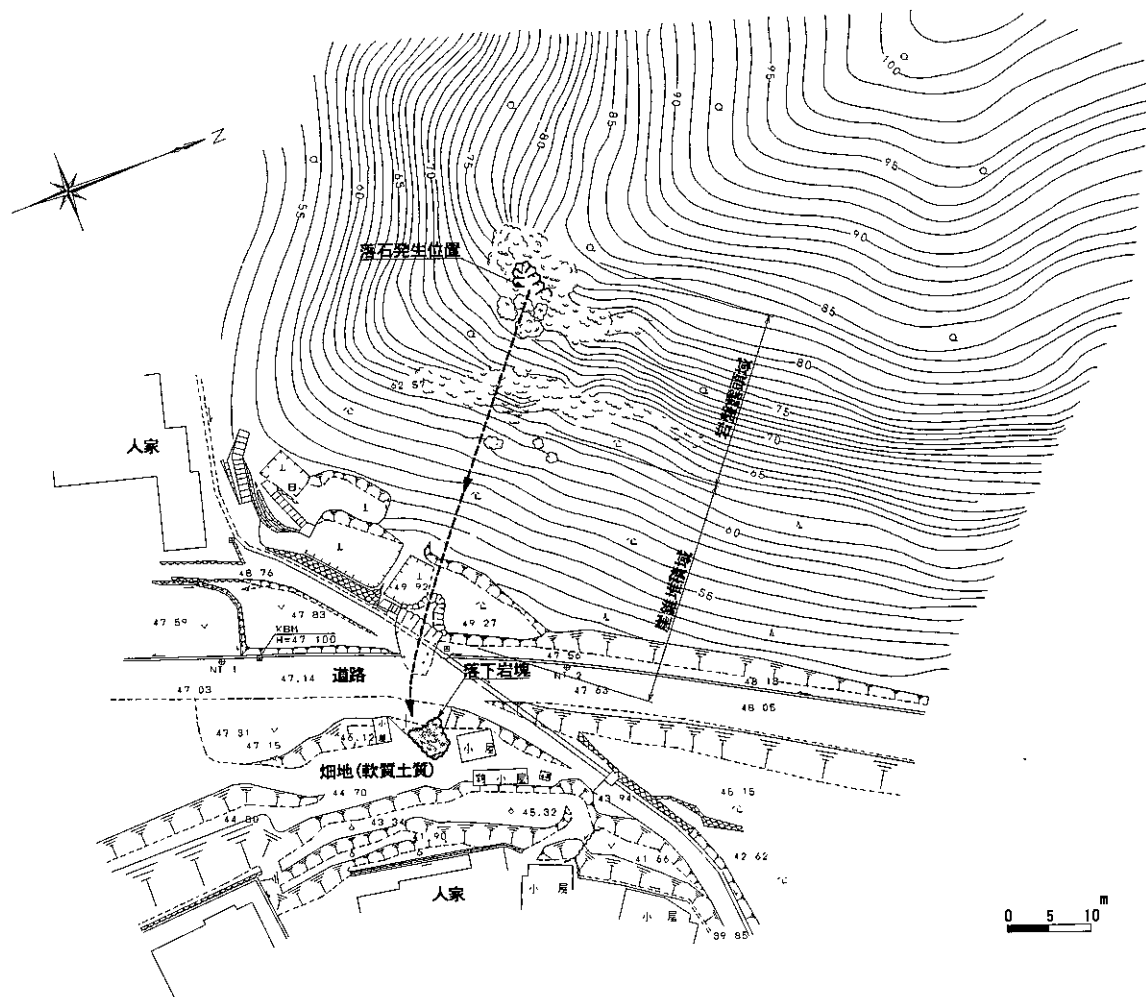


图-2.1 落石箇所平面图

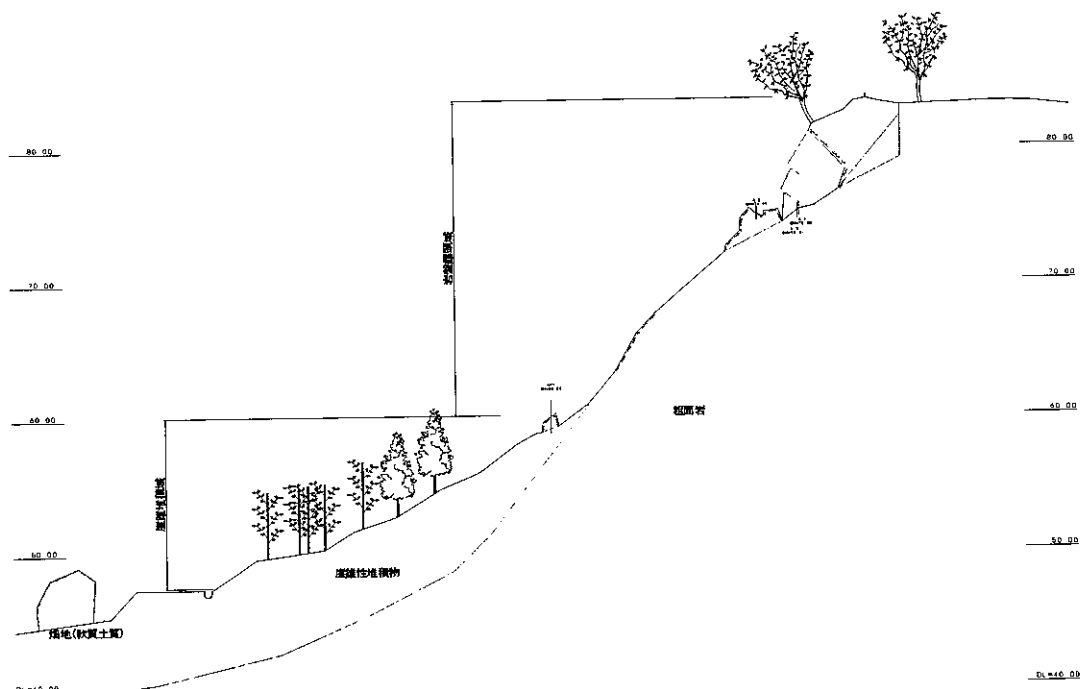


图-2.2 断面图

当該落石発生の直接的な原因は暴風である。図-3.1の平均風速に着目すると落石発生日にあたる12月25日の2日前から、平日より強くなる傾向が認められ、25日の最大瞬間風速は29.4m/s(西南西)を観測している。尾根山稜付近で風の影響を直接受け、樹木根に伝達された振動や水平力で落石に至った可能性が大きい。

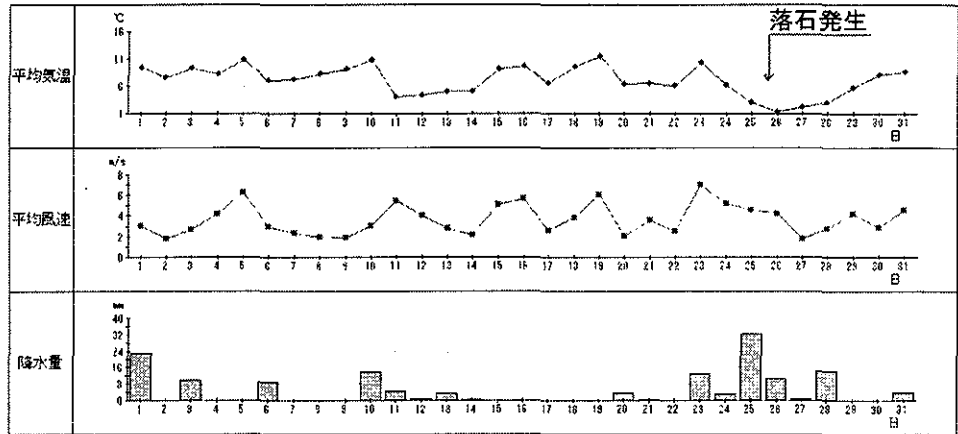


図-3.1 気象データ

4. 対策工の設計

露頭不安定岩塊に対しては落石予防工を検討した。設計に際し考慮した項目は次の様である。

- (1) 予想される不安定岩塊の大きさ
- (2) 岩塊の不安定化機構(落石発生形態)
- (3) 対策規模を左右する必要抑止力

(1)については、露頭観察を詳細に行うことで岩塊の大きさを規制する節理面、割れ目を抽出し決定した。

(2)については、(1)同様地質的不連続面が大きく関与するところから、将来的に岩塊の底部分離面となりうる開口亀裂を特定し、露頭から分離崩落する発生形態を推定した。

(3)については、岩塊重量の分離面方向の分力を滑動力として、その20%を必要抑止力と考えた(図-3.2)。

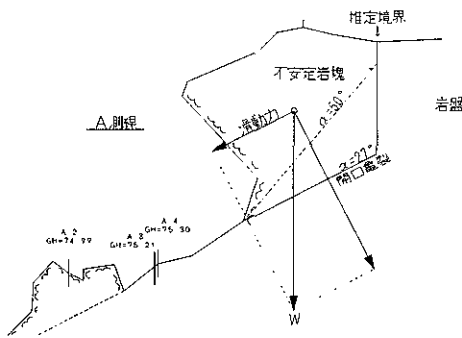


図-4.1 岩塊不安定化モデル

対策工は検討の結果、根固め工を採用した。根固め工はコンクリートを53m³使用する斜面上に施工する大きな躯体である。長期的安定状態を確保するために、グラウンドアンカーで地山に固定する補助工法を併用した。

5. 対策工の施工

施工時の安定性向上を目的に、滑動力の5%を受け持つロープ掛け工を仮設的に施工するとともに、露頭岩塊へモルタル吹き付けを行った。これは風化防止と、モルタル面のクラック等を点検することで事前に露頭の異変を察知するための安全管理も目的である。

施工フローを図-5.1に示す。

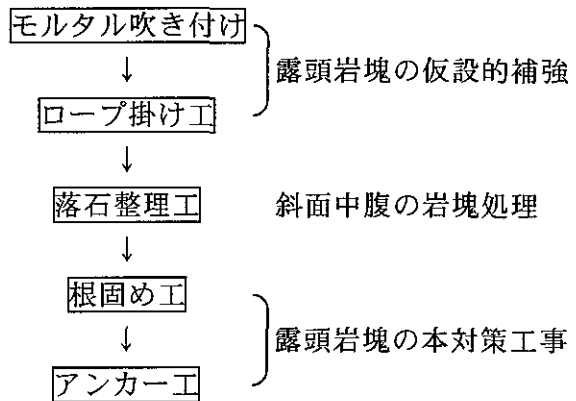


図-5.1 施工フロー図

根固め工の品質管理については、基面の地質状況を観察し良好な地山を確認することと、アンカー工の掘進中には定着地盤に開口亀裂等が存在しないか特に留意した。

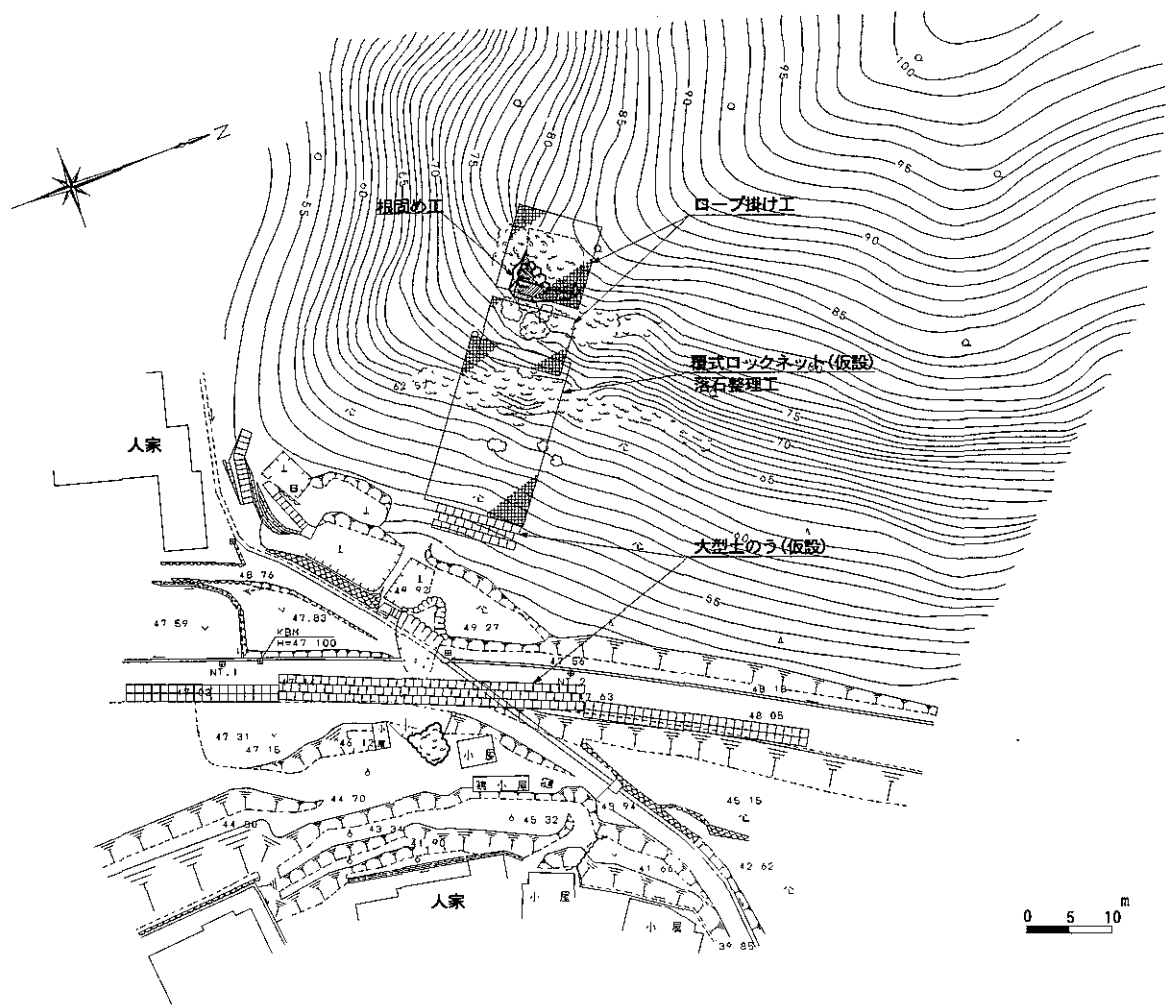


図-5.2 施工平面図

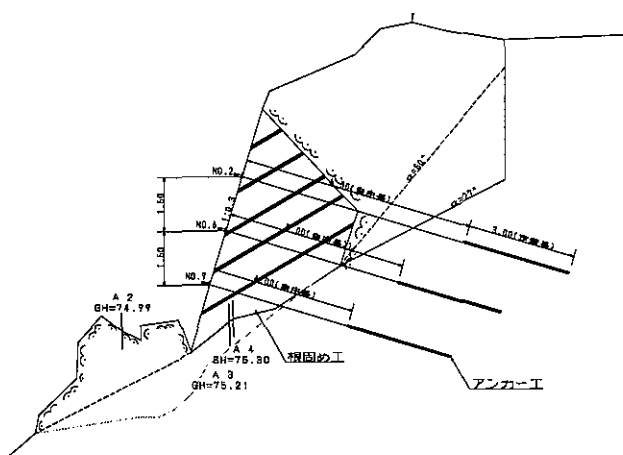


図-5.3 根固め工標準断面図

6. おわりに

人家に近接した斜面上部に存在する不安定岩塊の設計・施工例を紹介した。

斜面上に不安定岩塊を固定する根固め工を採用したが、本来ならば落石エネルギーを斜面中腹や末端部で吸収するワイヤーロープやネットを用いた柔構造物による工法も詳細に検討すべきであろう。

緊急性を要した当該現場では、特に露頭部に残存する岩塊がどの程度の規模で、どのようなメカニズムで不安定化するかを地質的観点からの確に推定することが重要であった。また、それらの情報を設計・施工に有用な情報として提供することの大切さを再認識した現場であった。

以上