

## 2000年鳥取県西部地震による落石災害復旧の事例

藤村 尚・山下 祐一\*<sup>1</sup> 日和田 修司\*<sup>2</sup> 清水 俊志\*<sup>3</sup>

鳥取大学工学部土木工学科

\*<sup>1</sup> 荒谷建設コンサルタント株式会社・\*<sup>2</sup> 日本工営株式会社・\*<sup>3</sup> 鳥取大学大学院工学研究科

A case study of slope repair works against earthquake-induced rockfall damages  
due to the Tottori-ken Seibu earthquake, 2000

Hisashi FUJIMURA・Yuuichi YAMASHITA・Shuuji HIWADA and Shunji SHIMIZU

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Tottori University.

Aratani Civil Consultant Corporation.Ltd

Nihonkouei.Ltd

Graduate Student Tottori University

Tottori, 680-8552 Japan

E-mail:fujimura@cv.tottori-u.ac.jp

**Abstract:** An earthquake of magnitude 7.3 occurred on October 6<sup>th</sup>, 2000 in the western part of Tottori prefecture, with the focus in the town of Saihakucho. Major damages due to this earthquake were slope failures, both natural and cut slopes, in western Tottori. In addition, incidents of rock fall also occurred in numerous places. This report focuses on the rock fall damages and presents case studies of three particular locations in the severely affected Hinogun area. Civil engineering countermeasures against rock fall adopted at the three locations are comparatively discussed and the best one is recommended.

**Key words** rock fall damage, countermeasures against rockfall, Western Tottori earthquake

### 1. はじめに

平成12年10月6日午後1時30分頃、中国地方を中心に近畿、四国、九州、東海地方等広い範囲で強い地震が発生した。気象庁の報道発表資料によると、鳥取県境港市、日野町で震度6強、鳥取県西伯町、溝口町で震度6弱、鳥取県米子市、岡山県新見市、哲多町、香川県土庄町等で震度5強を観測したほか、中国・近畿・四国地方を中心に震度1～5弱を観測した。この地震は陸域の浅い地震で、震源は米子市の南20kmに位置し、震源の深さは約10kmであった。地震の規模を示すマグニチュードは阪神大震災(7.2)を上回る7.3であった。

この地震による中国5県の被害状況(平成12年12月各県被害集計資料)は、負傷者130人、建物の全壊・半壊2978棟、一部損壊14910棟に達した。鳥取県西部地震の斜面被害は、自然斜面や切土のり面の表層崩壊が主体であるが、落石も多く認められた。主な斜面崩壊位置を図-1に示す。斜面の表層崩壊については、豪雨時の斜面崩壊とよく似た崩壊深さ、崩壊長さ、崩壊

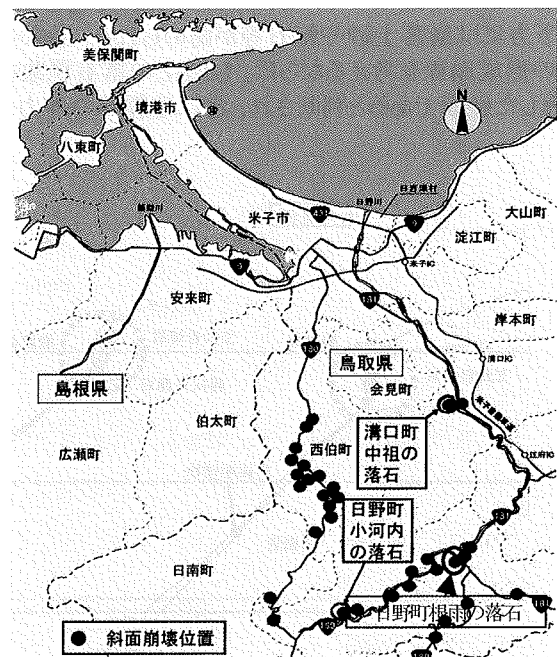


図-1 地震による斜面崩壊位置

幅の形状を示している。基盤岩は主に花崗岩からなっている。[1]

2000年鳥取県西部地震後3年経つが、その後、2001年芸予灘地震があり、今年になって2003年宮城県北部地震、各地で津波が起こった2003年十勝沖地震と頻繁に発生している。そこで今一度、鳥取県西部地震を振り返って被害などを整理しておく必要を痛感した。ここでは、斜面被害のうち落石被害に注目した。落石は地震や豪雨時に必ず発生するとは限らないが、不安定な状態にある岩塊は、ある規模以上の地震になると崩壊しやすい。今回の地震では落石が数多く発生したため、落石対策工(落石防止擁壁等)の効果を検討できる被害状況であった。[2]

本報では、落石被害の大きい鳥取県日野郡溝口町中祖地区、同郡日野町小河内地区、同郡日野町根雨地区の3箇所に注目し、まず、それぞれの斜面の地質・地形及び落石機構等を把握する。次に、これらの被害地での復旧対策工について施工事例を中心に述べる。

## 2. 日野郡溝口町の落石状況

### 2.1 地形・地質

写真-1に示す各被災地(A～C地点)の崩壊部分と地形・地質の概略断面を図-1に示す。3地点とも、斜面上位の標高140m～170mに落石発生源となる玄武岩熔岩の急崖が連なっている。また、130m付近を境にして下方には崩落土砂や転石等が認められる。過去の斜面の形成過程を考えるならば、もともとの落石現象を繰り返した斜面であると判断され、常に地震等の外力により

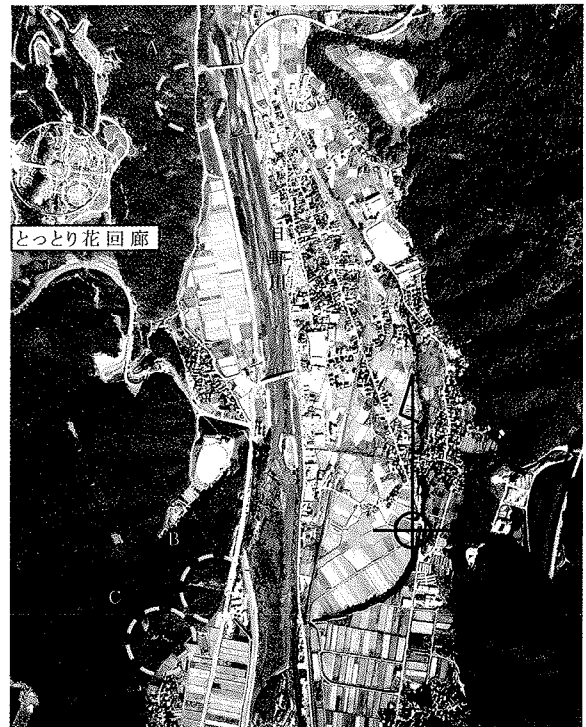


写真-1 被災地(日野郡溝口町内)の位置

落石が発生し斜面に残積し、このような地形の発生源の危険性に加えて斜面上でも危険転石群が随所に見られる。[3]

それぞれの現場を構成する地質は、新生代新三期鮮新世～第四期更新性の玄武岩熔岩である。この玄武岩熔岩は、中生代白亜紀の花崗岩類を基盤としている。花崗岩は、主に黒雲母花崗岩からなり「鳥取花崗岩」と

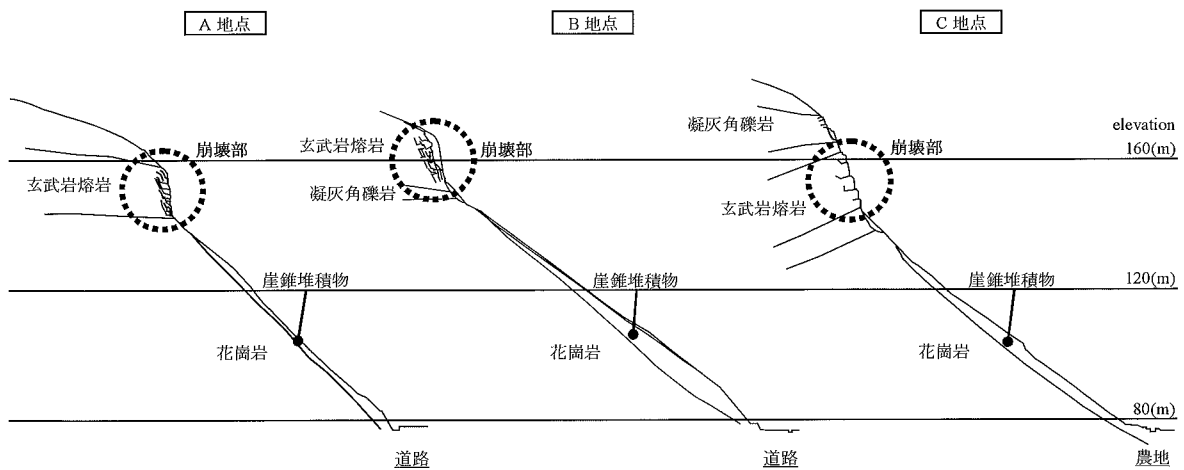


図-2 崩壊部分と地質・地形の断面図[2][3][4]修正・加筆

呼称される県内に広く分布するものである。しかし、崖錐堆積物(この崖錐堆積物は転石や礫混じりの土砂よりなり、花崗岩・玄武岩・凝灰角礫岩及び凝灰岩を起源とする崩壊により供給されたものである)により広く覆われているため、直接確認できる部分は少ない。落石発生源となった急崖部を形成しているのはこの玄武岩熔岩であり、板状節理を伴い不安定な状態で存在している。[4]

**2.2 落石発生機構**

今回の鳥取県西部地震による地震動により斜面崩壊が生じたが、それぞれの斜面崩壊の共通な特徴として、標高 140m~170m の岩壁に連続して分布する玄武岩熔岩の急崖部の緩みが主たる原因であることが挙げら

れる。この緩みは、玄武岩熔岩と花崗岩との不整合面からの湧水により、風化した花崗岩の表層侵食が進み上部の玄武岩熔岩は一部でオーバーハングし、このような状況が玄武岩熔岩の緩みを促進していたものと考えられる。以上のように、斜面崩壊は、節理の発達によりブロック化した玄武岩熔岩が地震動により不安定化し、崩壊に至ったと考えられる。崩壊は、トップリング崩壊であるが節理によりブロック化していることから落石となっている。[5]

**2.3 復旧対策工**

落石対策には、二つの考え方がある。一方は、落

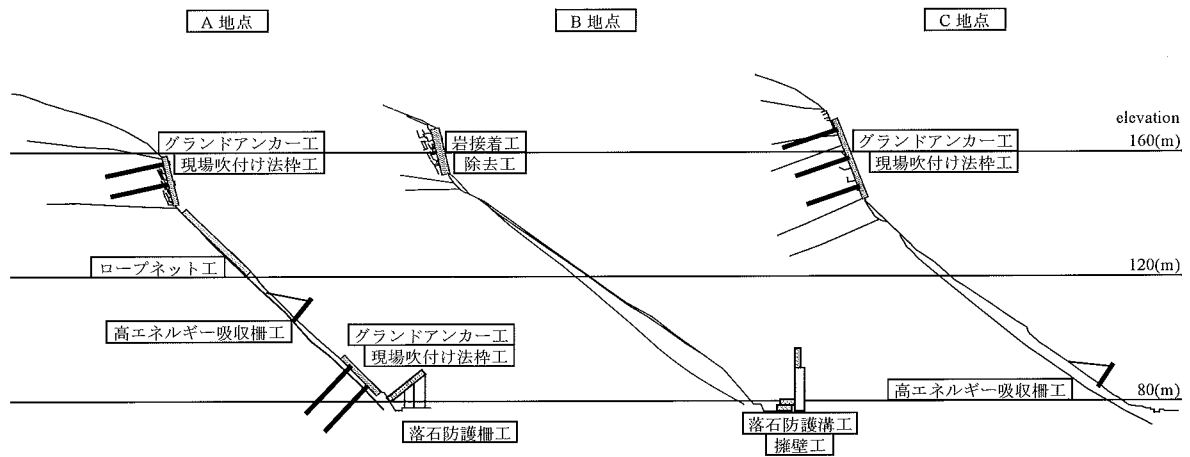


図-3 落石対策工の施工事例[2][3][4]修正・加筆

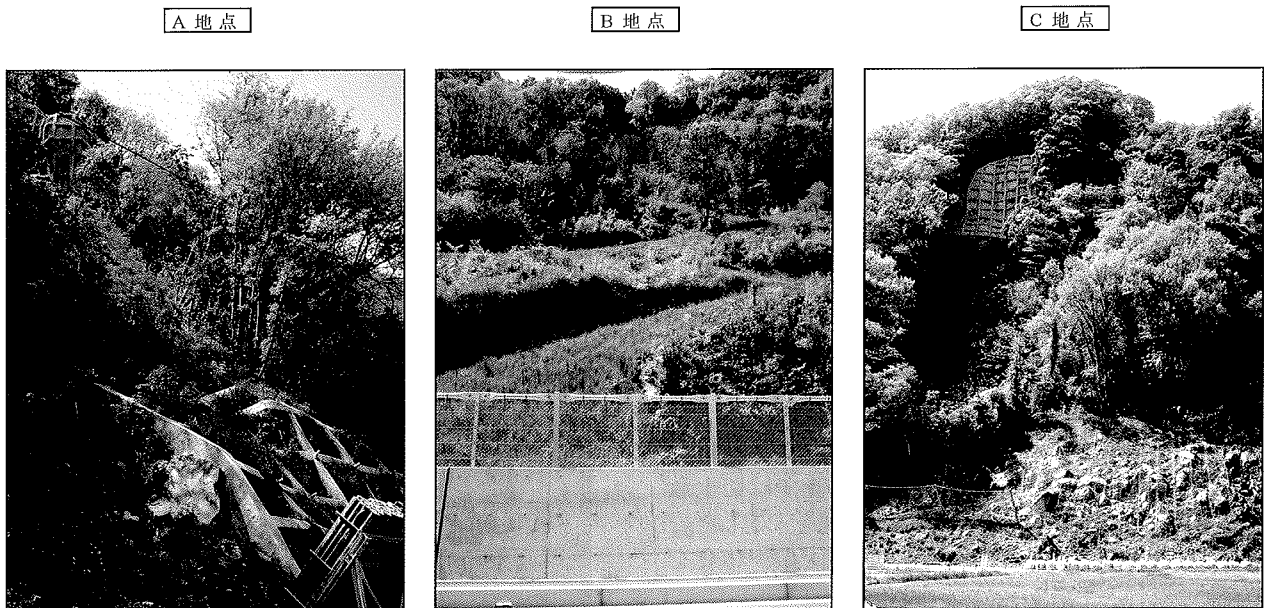


写真-2 災害後に施された種々の落石対策工

石の発生が予想される斜面内の浮石・転石を取り除いた斜面に固定する落石予防工(発生源対策), 他方は, 斜面から転落或いは落下してくる落石を斜面上及び斜面下部(末端部)に設置した施設で防護する落石防護工(待ち受け対策)である。

落石対策の基本的な考え方としては, 予想される落石規模・落石発生可能性・被災の頻度やその状況を考慮して, 落石予防工や落石防護工を設置して落石による災害を最小限に抑える必要がある。したがって, 落石予防工及び落石防護工の組み合わせ計画となるが, 各工種のもつ構造的な機能限界や地形等の施工条件を十分認識して工種選定や配置計画を企てる必要がある。今回対象とした復旧対策工の施工事例を図-2, 写真-2 に示し, その概要及び工種選定の考え方をそれぞれ以下に述べる。[6][7]

#### (1)A 地点の復旧対策[3]

##### ○グランドアンカー工及び現場吹付け法砕工

不陸面にも強度を持った連続構造を保ち, 部分的な剥離防止を図れる。

##### ○ロープネット工

転石群が比較的まとまった範囲で残存することから面的に必要範囲を覆い原位置固定する。

##### ○高エネルギー吸収柵工

DEM 等の落石シミュレーション解析結果により斜面上で待ち受け対策を講じる必要があるため, 必要箇所に配置する。また, 木材を衝突面に取り付けた落石防護柵工は斜面上及び岩崖付近末端部の各工法から漏れる落石( $\phi=0.5\text{m}$ )を対象として道沿いに配置し, 道の保全と安全を確保する。

#### (2)B 地点の復旧対策工[4]

##### ○岩接着工及び除去工

不安定な崩壊部分を安定した岩盤に岩塊を固着させるために施している。

##### ○落石防護溝工

当箇所では, 比較的規模の大きな不安定岩塊が未だ残存しているため, 大型の落石防護施設が必要となる。この場合, 十分な崩壊ポケットを確保するか大型の重力式擁壁が必要となる。当箇所では, 十分な崩壊ポケットを確保できることから落石防護溝工が用いられている。

#### (3)C 地点の復旧対策工[5]

##### ○グランドアンカー工及び現場吹付け法砕工

崖の対策工法としては, 落石規模が大きく落石防護網工のロックボルト工では対応できず, 切土では切土量が膨大となることから, アンカーによる岩塊を安定した岩盤に固定させる工法と法砕工による斜面との一体化を図る。

##### ○高エネルギー吸収柵工

急斜面に分布する落石の可能性のある転石は最大

$\phi=1.5\text{m}$  であり, 落石エネルギーを考えると落石洞門工及び高エネルギー吸収柵工が挙げられる。しかし, 保全対象が山腹と農地であることを踏まえると高エネルギー吸収柵工が適切である。

### 3. 日野郡日野町小河内の落石状況(復旧対策工)

落石位置は, JR 伯備線「黒坂」駅の西南西約 2.5km の日野川左岸側道路に面する自然斜面である。(写真-3)地質は, 溝口町と同じ花崗岩である。岩塊は若干表層が風化しているものの比較的新鮮な岩盤であり, 中硬岩状を示している。花崗岩は斜面に露出しており, ブロック状の割れ目が発達している。

落石は道路から 32m 高いオーバーハング状の岩塊が, 地震により剥がれる様に発生した(写真-4)。落石発生斜面の形状は, 急崖状を呈し, その下は平均  $45^\circ$  の斜面勾配である。岩塊はこの斜面を転がり, そのまま道路の落石防止擁壁に衝突した。岩塊の形状は  $2.5 \times 1.8 \times 1.6\text{m}$  である。

落石防止擁壁は幅 1m の水路コンクリートの上に設置されていた。落石防止擁壁の長さは 6m であり, 防護柵は両端と中央が H 形鋼の支柱からなっている岩塊の落石防止擁壁に衝突した状況は, 現地状況から次のように説明できる。地震により剥離し落下したが, 岩塊は落石防止擁壁の中央支柱と擁壁コンクリートに衝突した。

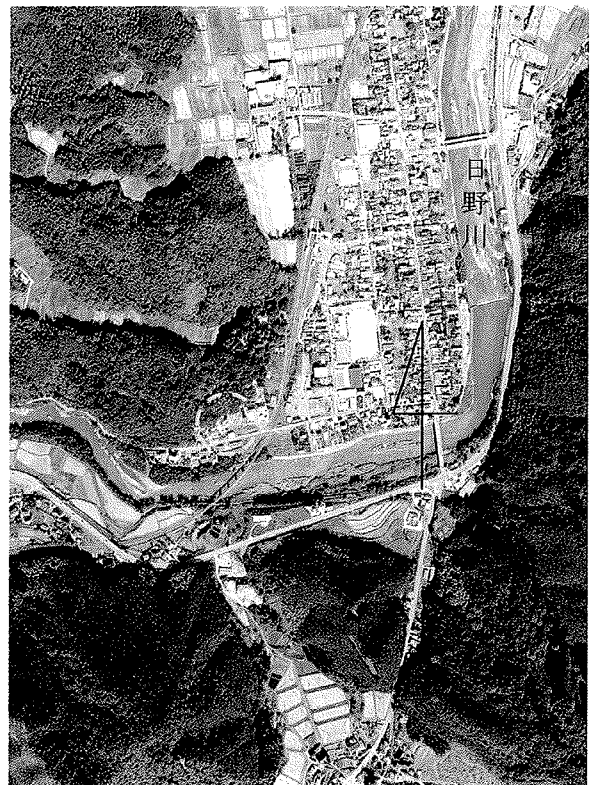


写真-3 被災地(日野郡小河内)の位置

岩塊は、中央支柱を破損させるとともに、擁壁コンクリートを3ヶ所でせん断破壊させ、さらに落石防止擁壁底面と水路コンクリートの付着部を破断して、落石防止擁壁を道路側に転倒させた。岩塊と転倒した落石防止擁壁は、道路のガードレールを破壊して停止した(写真-5)。

落下してきた岩塊は、落石防止擁壁に衝突した後に道路を転げたり、河川側のガードレールに衝突した痕跡は認められなかった。したがって、岩塊は落石防止擁壁に衝突後、落石防止擁壁と共に倒れて停止したと判断した。

この結果、2m 前後の岩塊が落石防止擁壁に衝突しても、落石防止擁壁の支柱の破損、コンクリートの破壊や擁壁底面のコンクリートの破断は生じたものの、その程度で落石が停止したということは、設計よりかなり衝撃力に対して抵抗力があり、設計より期待されている以上に実際には許容範囲が大きいと考えられる。



写真-4 日野郡小河内の落石発生場所

#### 4. 日野郡日野町根雨の落石状況[8]

##### 4.1 地形・地質

落石位置は、江の川関門の東側、毛無山(1218m)の西側約7kmに位置する宝仏山(1005m)の西側斜面で、北東に流下する日野川とその支川で北北西に流下する板井原川との合流点にあたる。(写真-6)

また、周辺の標高250m前後には、日野川に沿って平坦～緩傾斜面が認められ、日野川を起源とする河岸段丘と推察される。この平坦面には、集落が形成されている。

斜面は、勾配約40°～50°の急斜面で、急傾斜地崩壊危険区域に指定されている。今回の地震で露岩部では、緩みが生じて亀裂が開いたり、浮石部が分離し、ずり落ちたり、転石となって落下している。落石の範囲は大きいもので約2mに達し、落石災害が危惧される。

また、周辺を構成する主な地質は、鳥取県域に広く分布する中生代末期の侵入岩類＝花崗岩類からなる。この花崗岩類は、鳥取花崗岩と言われるものである。その他、千枚岩から結晶片岩(三郡変成岩類)からなる古生層および中生代末期火山岩類が花崗岩類に貫かれて分布する落石発生地付近には、三郡変成岩類の分布域は狭く、花崗岩上のルーフペンダント状の小岩体であると考えられている。これら両岩体は、西方で、日野川沿いに識別される北東-南西方向の断層(リニアメント)で接し、断層から西側(日野川上流側)には黒色千枚岩～黒色片岩が認められ、その接触面は地表踏査では確認できず不明瞭であり、両岩体の接触面付近では、三郡変成岩類は花崗岩様の岩相を呈し、両者は漸移していると推定される。斜面では、緑色千枚岩～緑色

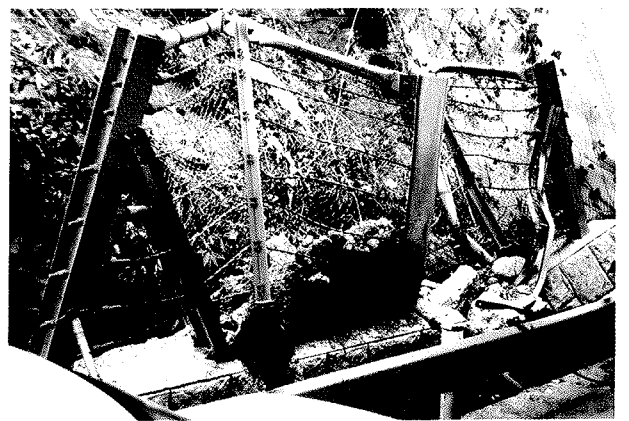


写真-5 落石防止擁壁の被災状況  
(落石は防護柵に直撃し、支柱が破損、擁壁コンクリートが破損、擁壁が転落した。)

片岩が認められる。変成岩は面構造に支配された片理岩から剥離し易く、一般的には片岩、千枚岩、粘板岩の順に剥離性が強いものとされる。

これらの基盤岩を覆う被覆層としては、町道根雨1号線沿いの集落にある平坦面～緩傾斜面部に、更新世に形成された段丘堆積物、古期崖錘堆積物が分布する。さらに、完新世に至って、谷底平野をなす低位段丘面や崖錘堆積物が形成される。

##### 4.2 被災状況と復旧対策工

写真-7に示すように、根雨地区においては径1.0～1.5mの巨石が入型落石防護柵のネットを突き破って、斜面下部まで落下し、待ち受け擁壁に当たって停止した。

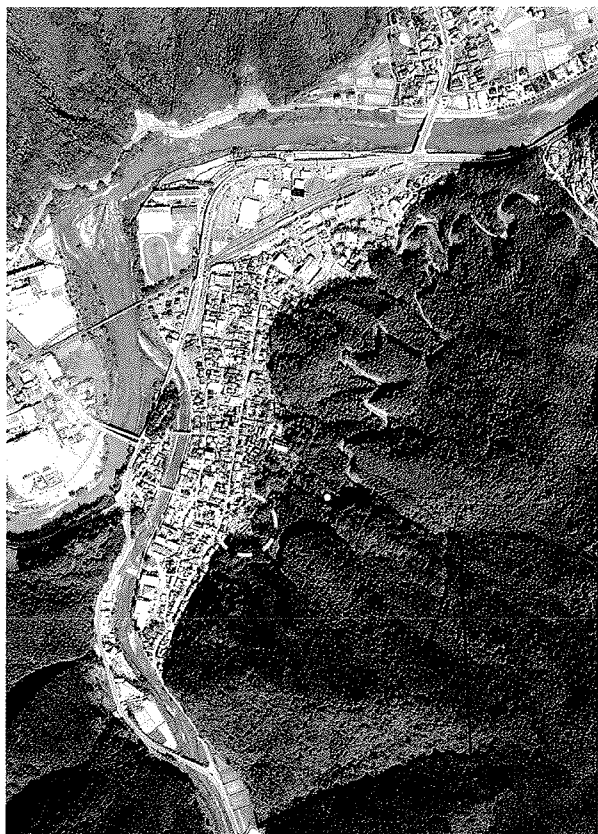


写真-6 被災地(根雨地区)の位置



写真-8 復旧状況写真



写真-7 根雨地区の落石被害

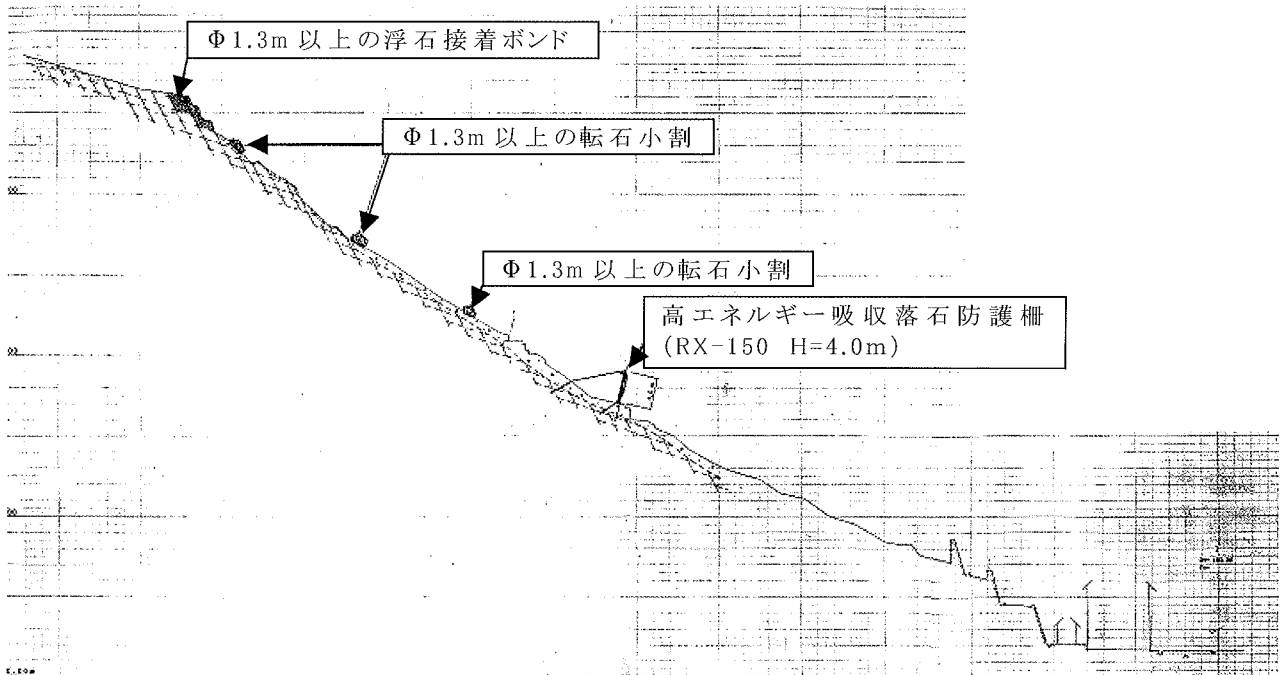


図-4 日野郡日野町根雨地区の落石対策

また、斜面全体の状況は、鳥取県西部地震の伴う震動によって露岩部が緩み、亀裂が発達したものや、浮石化したもの、落下したものが至る所で確認できた。

また、復旧工法選定にあたっては安定性、経済性及び施工性の面から「接着ボンド工+転石小割工+高エネルギー吸収落石防護工」を採用した(図-4)。復旧後の状況を写真-8 に示す。

## 5. まとめ

日野郡溝口町内の日野川西岸に位置する3つの被害地の復旧対策工の事例については、このように施工事例を並列に比較することで、それぞれの現場における土木技術者の采配を伺い知ることができたものと考えている。

また、日野郡日野町の一例では、2m 近い落石が落石防止擁壁に衝突し、支柱の破損、擁壁コンクリートの破壊、擁壁底面のコンクリート付着部の破断により、擁壁を転倒させて停止した。このことから、構造物がこの結果により、設計上期待されている以上に実際に落石運動エネルギーを吸収していることが明らかとなった。

また、根雨地区の場合、安定性、経済性及び施工性の面から「接着ボンド工+転石小割工+高エネルギー吸収落石防護工」が採用された。

本報では、特に被害の大きかった3か所を取り上げ、落石対策工についての選定とその効果についてまとめ、今後の復旧対策のあり方を考えていく上で大変良い機会であった。

最後に、貴重な現場資料の公表をご承認いただいた鳥取県の関係各位に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1]福田毅・藤村尚:小特集「2000年鳥取県西部地震による落石災害復旧の事例」土と基礎, Vol. 51, No9, pp13~15.
- [2]山下祐一他(2001):鳥取県西部地震の落石の特徴, 平成13年度土木学会中国支部研究発表概要集, pp. 447~448.
- [3]鳥取県日野地方農林振興局:溝口町宇内地区災害関連緊急治山事業調査報告書, 2001. 1.
- [4]鳥取県土木部根雨土木事業所:主要地方日野溝口道路災害復旧工事報告書, 2001. 2.
- [5]鳥取県日野地方農林振興局:中祖地区災害関連緊急治山事業報告書, 200.
- [6]内藤邦夫・村上隆之:「落石対策」, 土と基礎, Vol. 50, No6, pp. 43~48, 2002. 6.
- [7]今野久志・佐々木哲也・榎谷浩・池田憲二:講座「落石対策」, 土と基礎, Vol. 50, No7, pp55~60, 2002. 7.
- [8]鳥取県根雨土木工事事務所・日本工営株式会社:平成12年度根雨地区急傾斜地崩壊防止工事報告書

(受理 平成15年9月30日)

