

## P15. 愛媛県の南予地方における平成 23 年度の地すべり災害事例

Landslide disaster example of 2011 in the Nanyo area of Ehime

○長田朋大 小野山英則 山本和彦  
(株ナイバ)

### 1. はじめに

平成 23 年 9 月の台風 15 号により，愛媛県南予地方では各所で斜面災害が発生した．喜多郡内子町の林道では，幅約 60m，奥行き約 50m の地すべりが滑動する道路災害が生じた．本稿では，この地すべり災害対策事例について報告する．

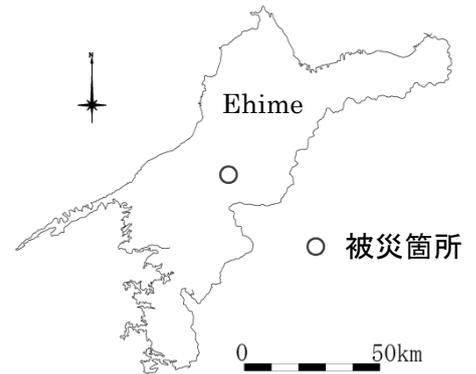


図-1 被災箇所位置図

### 2. 災害発生要因

平成 23 年 9 月 16 日～20 日にかけて，台風 15 号が紀伊半島の東側を通過するのに伴い，被災地に近い久万の観測所では，9 月 20 日に最大日雨量 210.5mm，最大時間雨量 29.5mm が観測された．この豪雨により地すべり災害が発生した．

### 3. 地形地質概要

被災斜面は，屈曲する小田川の攻撃斜面側にあたり，斜面勾配が約 35° の急峻な地形を呈する．被災地周辺全域が植林地として利用されている．

被災箇所では，写真判読によると，幅約 150m，長さ約 200m の比較的大規模の大きい地すべり地形が認められ，今回の地すべりはその中央部にあたる(図-2)．

調査地は御荷銜帯にあり，基盤岩は流れ盤構造をなし強剥離性の黒色千枚岩と緑色千枚岩からなる．

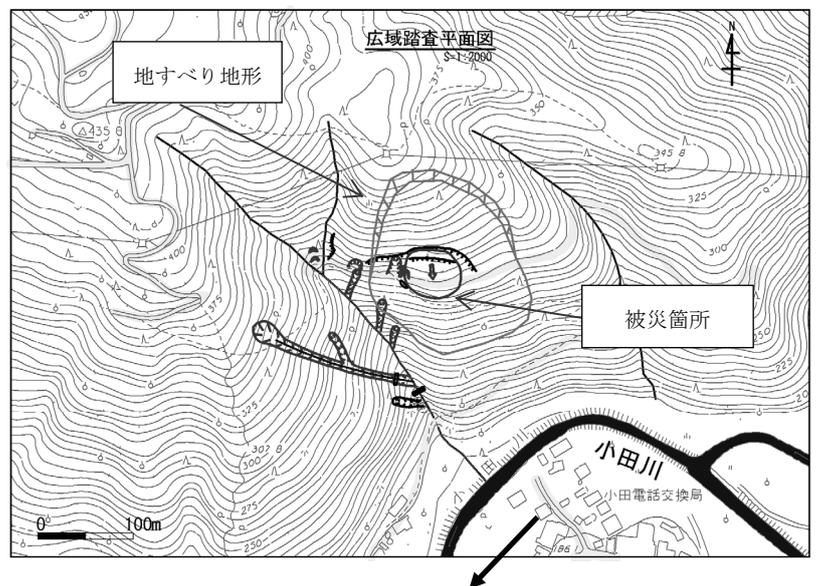


図-2 被災箇所周辺の地形図

### 4. 被害状況

地すべりの規模は，幅約 60m，奥行き約 50m，すべり厚さ約 9m である(図-3)．

被災状況として，地すべり側部の路肩の崩壊および上部斜面の表層崩壊によって林道が通行不能と

なり、地すべり変状として、路面に発生した縦横断のクラック（地すべり側部・内部）、路肩の小崩壊（地すべり側部）、法面上部斜面の段差を伴う亀裂（地すべり頭部）、カゴ枠工の押出し、U型側溝の破損等が認められた。また、カゴ枠設置箇所には湧水が認められた。

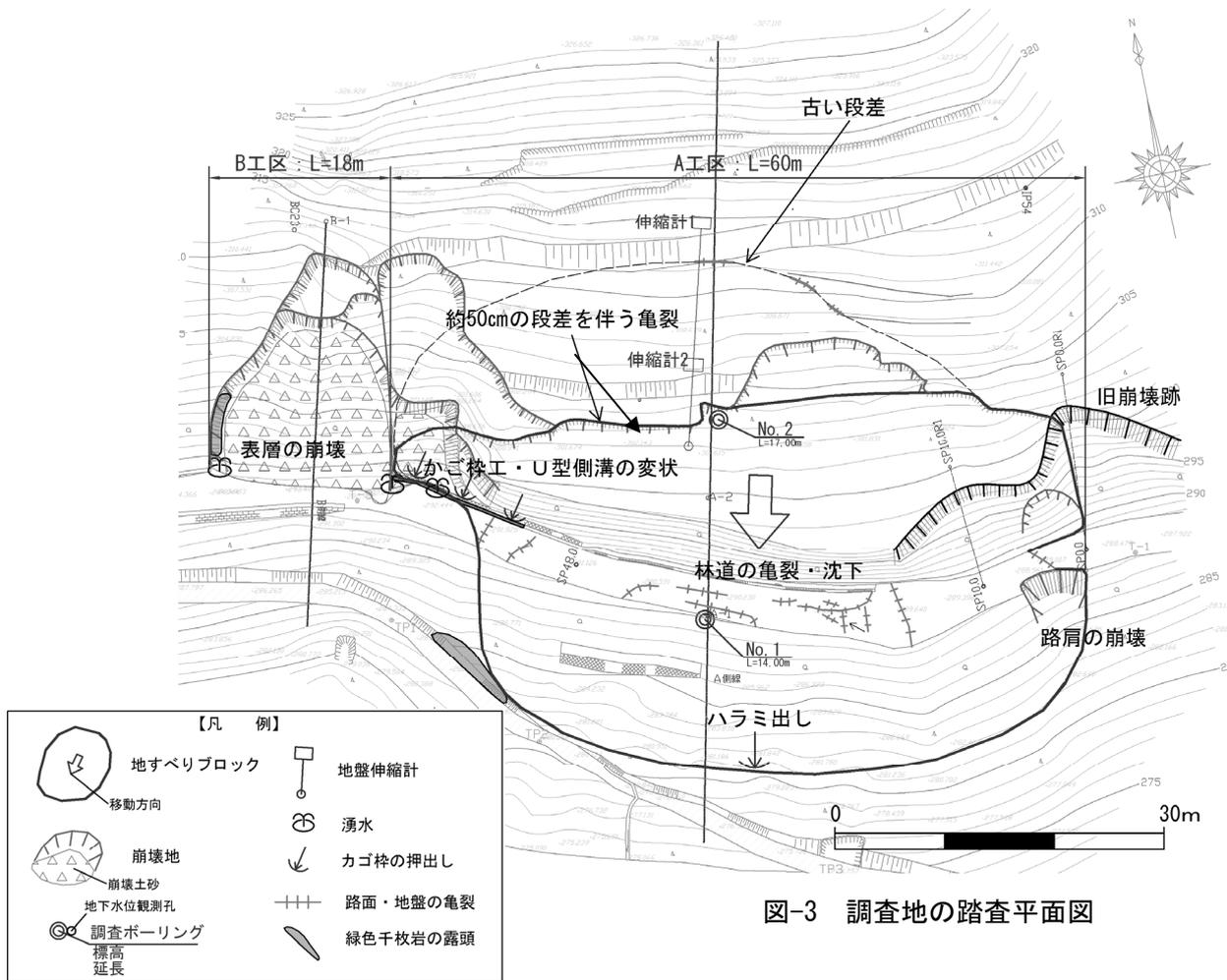


図-3 調査地の踏査平面図



図-4 被災箇所の状況写真

a) 地すべりの頭部亀裂 b) 地すべりの側部の林道を横断する亀裂(林道起点側)



図-4 被災箇所の状況写真

c) 地すべり側部の表層崩壊（林道終点側）

## 5. 調査結果

地質調査はA工区の地すべりに対して、調査ボーリングを2本、地すべり観測として孔内傾斜計観測、地盤伸縮計観測、地下水位観測を実施した。

### (1) 地質状況

調査地の地質は、緑色千枚岩および黒色千枚岩を基盤岩として、その上位に厚さ約5mの崩積土からなる。崩積土は、 $N$ 値5~12を示す比較的締りの緩い礫質土である。基盤岩は着岩付近の4~8m程度は強風化岩（D級主体）、その下部は強風化部と風化岩（CL~CM級）が不規則に混在するなど、移動岩塊の様相を呈している。

### (2) 地下水位

ボーリング掘進中に確認された地下水位は、林道の路肩（No.1孔）でGL-2.5m、林道上部斜面（No.2孔）でGL-5.0mであった。また、A工区の西側部で湧水がされることから、地すべりブロック内の地下水は浅所に分布するものと評価される。

### (3) 地すべり深度・変位量

被災後、降雨のない時期では地すべりは停止していたが、70mm/日の雨量を記録した際に、孔内傾斜計にのみ軽微な地すべり変位が認められた（変位量0.5mm）。ボーリングコアと孔内傾斜計観測によるすべり面深度は、林道の路肩（No.1孔）でGL-9.4m、林道上部斜面（No.2孔）でGL-6.2mである（図-6）。

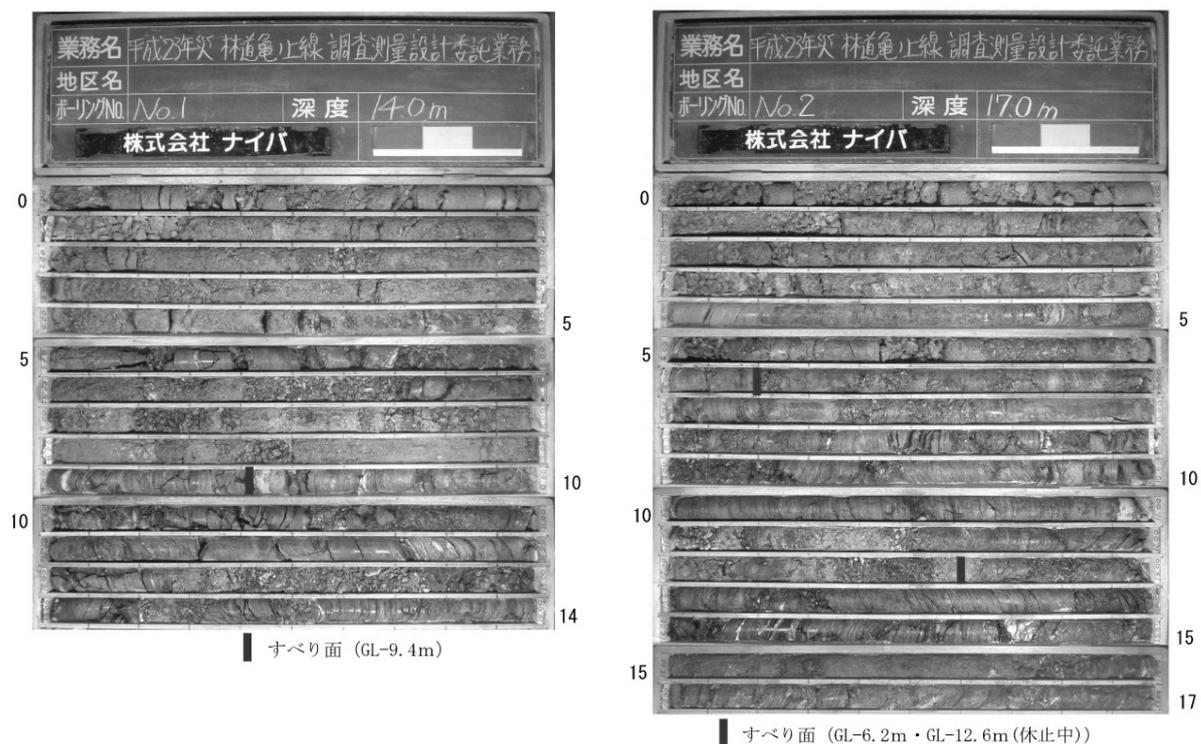


図-5 ボーリングコア写真 (左 : No. 1 孔, 右 : No. 2 孔)

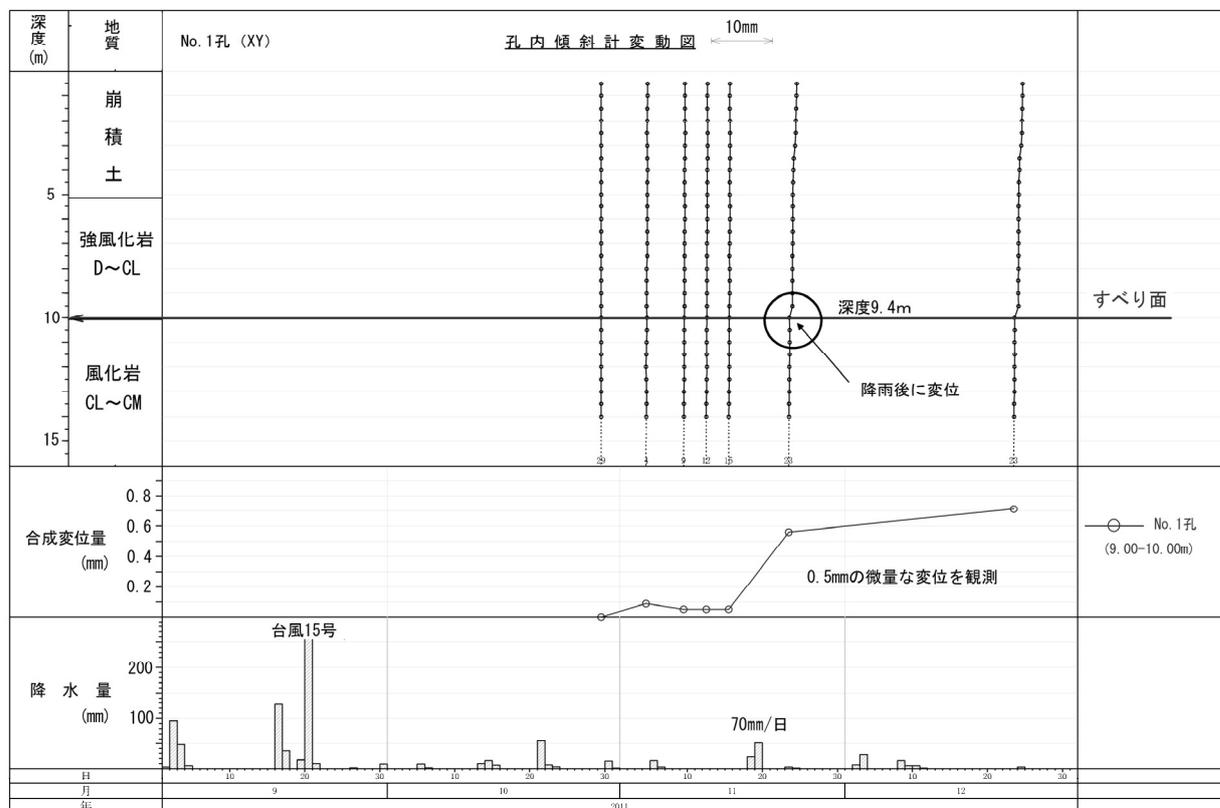


図-6 孔内傾斜計観測結果図 (No. 1 孔)

## 6. 対策工

現況安全率は、降雨時に軽微な変動を示すことから  $(F_s)=0.98$ 、目標安全率は林道であることから  $(PF_s)=1.10$  に設定した。対策工では、抑制工で安全率を5%  $(0.98 \rightarrow 1.03)$  の上昇を見込み、残りの7% (必要抑止力  $155.8 \text{ kN/m}$ ) を抑止工で上昇させる計画とした。

抑制工は、地すべりブロック周辺の数か所で湧水が認められ、ブロック内の地下水位が高いことから、水抜き用の横ボーリング工を採用した。なお、被災地は比較的規模の大きい地すべり地形内にあることから、排土や押え盛土の土工は新たなすべりを誘発させる恐れがあり、採用は困難と判断した。

抑止工は、施工性や経済性の比較検討の結果、林道法面に受圧構造物 (現場打ち平板ブロック工) を設置し、これを反力板とするアンカー工を採用した (図-7 参照)。

対策工の規模等を以下に示す。

- ・アンカー：30本 (施工段数2段、4mピッチ)
- ・現場打ち平板ブロック工：30基  $(2.5\text{m} \times 2.5\text{m} \times 0.4\text{m})$
- ・横ボーリング工：128m  $(20\text{m} \times 4\text{本}, 16\text{m} \times 3\text{本}$  を8mピッチで平行配置)

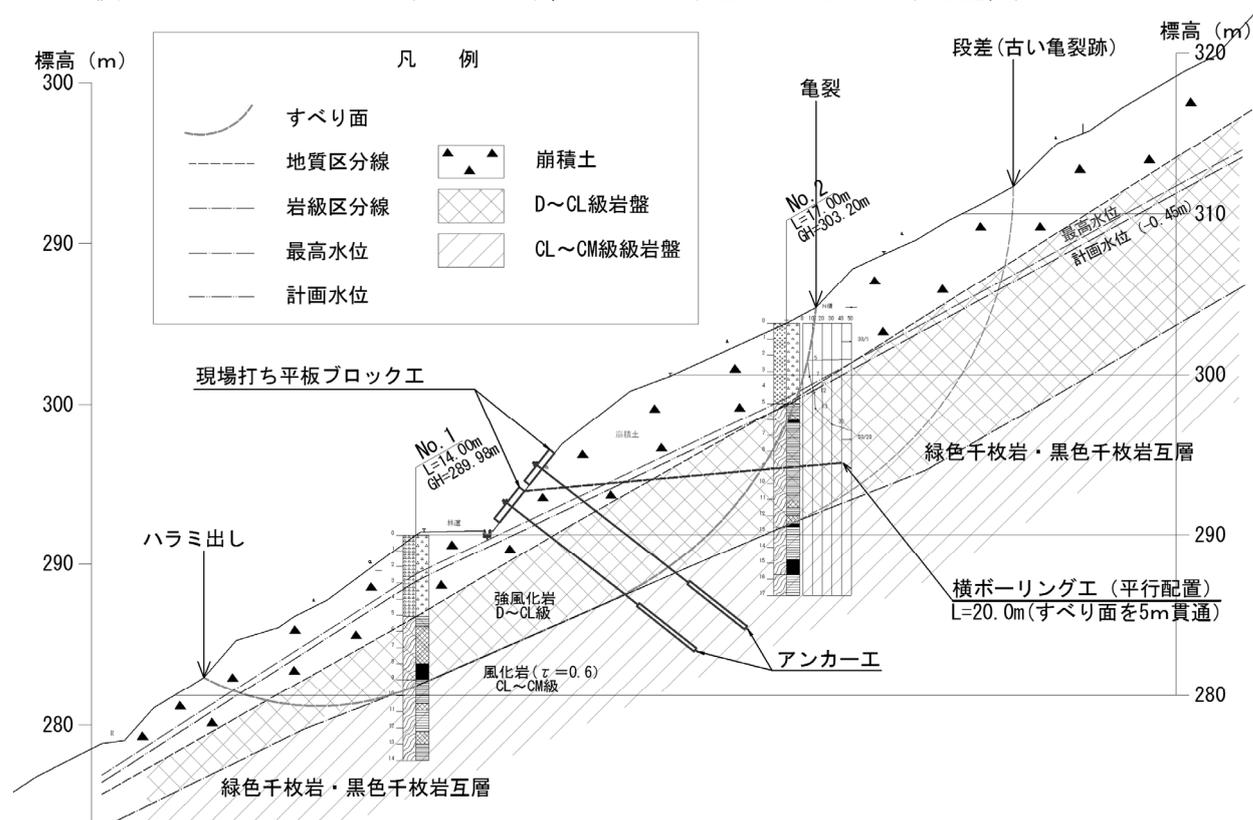


図-7 対策工断面図

## 7. 考察

### ①地すべりの素因

- ・被災地周辺の山体は、強剥離性の黒色千枚岩と緑色千枚岩が斜面に対して流れ盤構造をなし、厚い風化帯を形成していた。そして小田川の河床低下 (浸食) の過程でマスマーブメントにより規模の大きい地すべり地形が形成された。

- ・ 斜面内には、段差地形や崩壊地形などの地すべり滑動を示す痕跡が残っている。繰り返される地すべりによって、崩積土や強風化岩で構成されるルーズな地すべり土塊が厚く分布する斜面となり、また、いくつかのすべり面（粘土）が形成されたものと考えられる。
- ・ 地すべりブロックの背後地形は比較的丸みを帯びた緩い地形を呈しているため、降雨等の地表水が浸透しやすい。そして脆弱化した岩盤は粘土質のため透水性が小さく、一旦浸透した地下水は流動しにくく地山に貯留し、浅い地下水の分布形態が形成された。
- ・ 林道の切土により地すべり地形の安定度が若干低下していた。

## ②地すべりの誘因

孔内傾斜計観測結果によると、降雨のない平常時には停止しているが、降雨時には地下水位の上昇とともに変位量が増大し、動態状況は降雨との相関性が強い。したがって、地すべり発生の誘因は、平成23年9月初旬の台風12号の豪雨（連続雨量約130mm）により、地山の地下水が上昇し、その後の平成23年9月20日の台風15号の豪雨によって、さらに地下水位（間隙水圧）は急激に上昇し、地すべりが滑動したものと評価できる。

## ③すべり面強度

（財）高速道路調査会（1985）の岩種別のすべり面強度の統計データによると、変成岩で  $c = 0 \sim 2 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi = 20 \sim 28^\circ$  である。逆算法による被災地のすべり面強度は、 $c = 12.5 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi = 34.9^\circ$  の値が得られた。高速道路調査会の値と比較すると、今回の  $c$ 、 $\phi$  はともに統計データより大きな値となっている。斜面は比較的急峻な約  $32^\circ$  であること、地下水が比較的浅いこと、強風化岩内に形成されたすべり面粘土は厚さ数 cm と薄いこと等から、今回滑動したすべり面は、旧地すべり土塊の中でも近年はほとんど変位していない、比較的強いすべり面強度を有する箇所であった。林道開設により土塊内の応力の再配分が行われる中で、切土規模に応じて選択された弱層がすべり面になったものと判断される。

## 8. まとめ

アンカー工の施工は、切土を伴うことから、地盤伸縮計と孔内傾斜計による管理体制のもと、上段から抑えながら打設する逆巻き工法を採用し、無事完了した。また、横ボーリング工では、ブロックの西側を中心に排水が確認されるとともに、降水時には排水量の増大傾向もあり、所要の排水効果が期待できる結果となった。

本地すべりは、流れ盤構造をなす比較的大規模な地すべり地形内の緩み岩盤が地質的素因となり、この斜面内に開設された林道のり面の緩やかな劣化が進行した結果、今回の豪雨で地すべりが発生したものと考えられる。林道は、その重要度や経済性から、線形計画の際に詳細な地質調査を行われないことも多く、地すべり地形内に開設してしまう事例が少なくない。今回の事例のような林道の斜面災害を未然に防ぐためにも、地質技術者が事前に斜面の空中写真判読や地表踏査等を実施することによって、地すべり地形を考慮した線形計画の立案や、切土のり面の劣化を考慮したのり面対策を講じることが望ましいと考える。