

## 道路改良時に地質脆弱部で発生した地すべりの事例

A case study of landslide occurred on geological fragile zone during road improvement construction

木村一成<sup>1</sup> 山本和彦<sup>1</sup>

小野山英則<sup>1</sup> 榊原正幸<sup>2</sup>

世良耕一郎<sup>3</sup>

*Kazunari Kimura<sup>1</sup>, Kazuhiko Yamamoto<sup>1</sup>,  
Hidenori Onoyama<sup>1</sup>, Masayuki Sakakibara<sup>2</sup>  
and Koichiro Sera<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>株式会社ナイバ愛媛支店  
Ehime Branch, Naiba Co. Ltd., 1-16-21 Houmen Kami,  
Matsuyama 790-0041, Japan

<sup>2</sup>愛媛大学大学院理工学研究科数理解物科学専攻  
Department of Mathematics, Physics and Earth Sciences,  
Graduate School of Science and Engineering, Ehime University,  
2-5 Bunkyo-cho, Matsuyama 790-8577, Japan

防災情報研究センター  
Center for Disaster Management Information Research, Regional  
disaster management system research division, 3 Bunkyo-cho,  
Matsuyama 790-8577, Japan

<sup>3</sup>岩手医科大学サイクロtronセンター  
Cyclotron Research Center, Iwate Medical University, 348-58,  
Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

### Abstract

Unexpected landslide occurred in the road improvement construction. A geological survey was carried out to prove a cause of landslide. Resultant conclusions are mainly as follows: (1) An appearance of the geologically fragile zone compared with the surrounding rock, (2) An appearance of regional dip slope, and (3) softening rock mass by constant spring water. As a result of PIXE analysis of precipitation materials from the spring water, it shows they are rich in Fe, Ca and other heavy metals such as Y, La, Ce and Nd.

Key words: Sanbagawa pelitic schist, landslide, Ehime Prefecture, geologic structure, groundwater, drainage

### はじめに

地山の掘削などを伴う道路改良工事を実施する際、事前に地質調査が行なわれる。そして、その結果を踏まえた設計が行われ、それに基づいて工事が施工される。しかしながら、工事開始後に想定外の地質状況への遭遇によって二次的な斜面移動が発生する可能性がある。その場合、当初の設計に基づく工事計画の再検討が迫られる事例もしばしば見受けられる。

本論文では、切土を伴う道路改良工事中に想定外の地質脆弱部に遭遇したことによって発生した法面内地すべりに対して、速やかに対策を行った事例に関して報告する。また、地すべり発生から対策工完成後まで現場に携わる中で、新たに得られた知見に基づいて地質や地下水と地すべりの関係について考察した。

### 地すべり発生の経緯

本論文で報告する愛媛県内の現場では、平成16年9月の台風によって大規模な斜面崩壊が発生し、県道が全面通行止めとなった。これに対して、崩壊箇所の斜面对策工を行われるとともに、道路復旧を兼ねて崩壊斜面側の切土による現道の拡幅を伴う道路改良工事が実施された(図1)。

切土工が最下段まで達した時点で、破碎した脆弱な黒色片岩が最下段法面の一部分に露出した。そして、切土工完了直前に、その黒色片岩が小規模に崩壊した。その規模は高さ2.5 m、幅5 mに及んだ。さらに、その上部のり面では、幅20 m、厚さ3.5 mの地すべりが発生した(図2および3)。

この地すべり発生後の応急対策として、押え盛土工が実施された。その後、恒久対策として、アンカー工

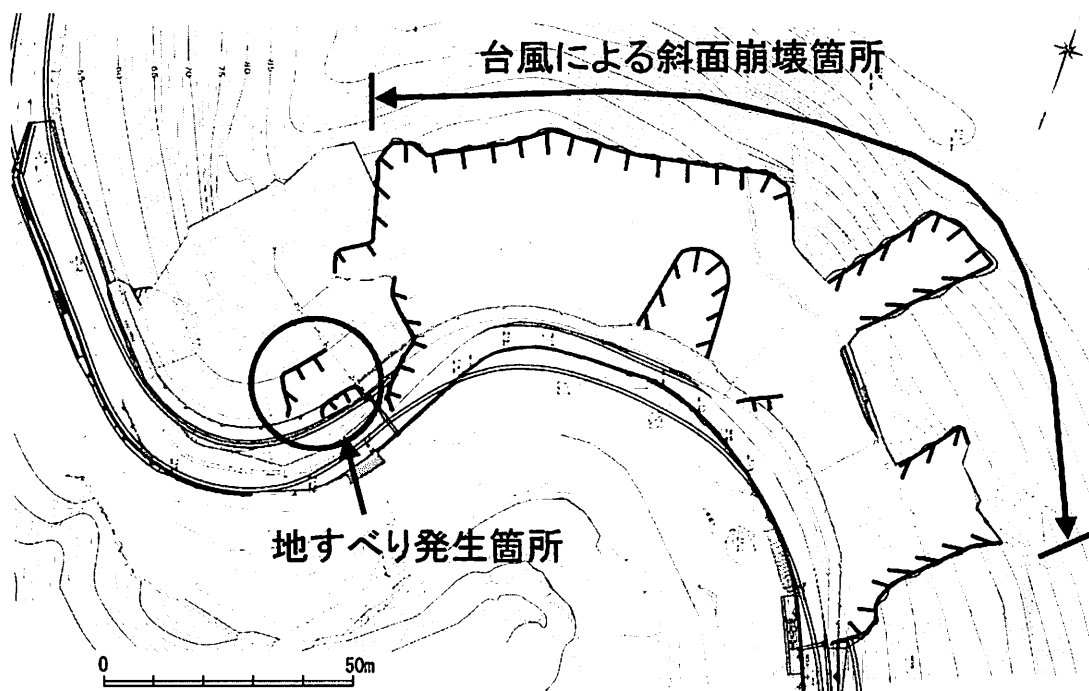


図1 斜面崩壊箇所と地すべりの位置関係。

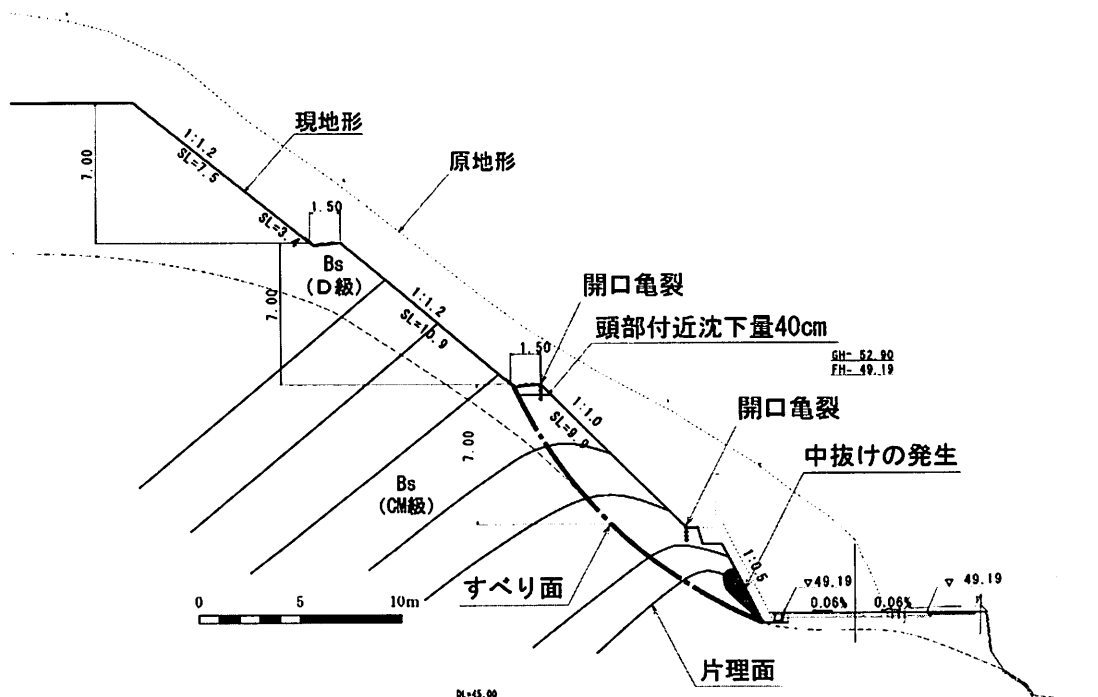


図2 地すべり発生時模式断面図。

および横穴排水ボーリング工が実施された。また、地すべり頭部付近の緩んだ地すべり土塊の一体化のために鉄筋挿入工が実施された(図4)。この地点では、これらの地すべり対策工完成後に、地すべり変動は認められていない。

### 地形・地質概要

調査地点は、四国西部の一級河川である肱川の支流が流れる山間部に位置している。地形的には北へ突き出た尾根(標高約120 m)となっており、道路改良はこの尾根を周回する狭小な県道において計画されていた。地すべりはこの尾根の北向き斜面で発生し、地すべりの頭部は河床から約15 mの高さに位置している。

調査地点は、地質学的に三波川帯に属し、基盤岩として片理面の発達した泥質片岩および砂質片岩が分布する。調査地を流れる河川の河床部では、新鮮な基盤岩露頭が確認できる。この基盤岩を覆って、未固結の崖錐堆積物や現河床堆積物が分布している。

### 地質構造

調査地点における泥質片岩の片理面は、大局的にNE-SW走向で40°～60°南傾斜の構造を示している。この構造は、斜面に対して受け盤構造となっており、斜面全体は比較的安定であった。しかしながら、切土によって露出した最下段法面付近では、泥質片岩の面構造が約70°北傾斜で、斜面に対して不安定な流れ盤構造となっていた。

地すべり発生後に地すべり土塊内で実施したボーリングの結果に基づくと、地すべり直下の基盤岩では、数cm～数十cmオーダーの微細な褶曲が発達し、この褶曲に伴って軸面へき開が形成されていることが明らかになった(図5)。

### 地下水の状況

地すべり発生箇所周辺では、工事施工期間中から、湧水がのり面内の数箇所で見られ、認められていた。また、破碎した泥質片岩は、全体に湿潤状態となっていた。特に、のり面小崩壊発生箇所では、湧水量はわずかであるものの湧水が恒常的に認められていた。また、最下段ののり面で実施した3孔の横穴排水ボーリング工では、湧水が掘進直後から認められ、対策工



図3 地すべり面発生箇所の状況

(1)前面から見た地すべり発生箇所、(2)地すべり発生箇所の頂部の開口亀裂、(3)、(4)水抜き孔の様子。

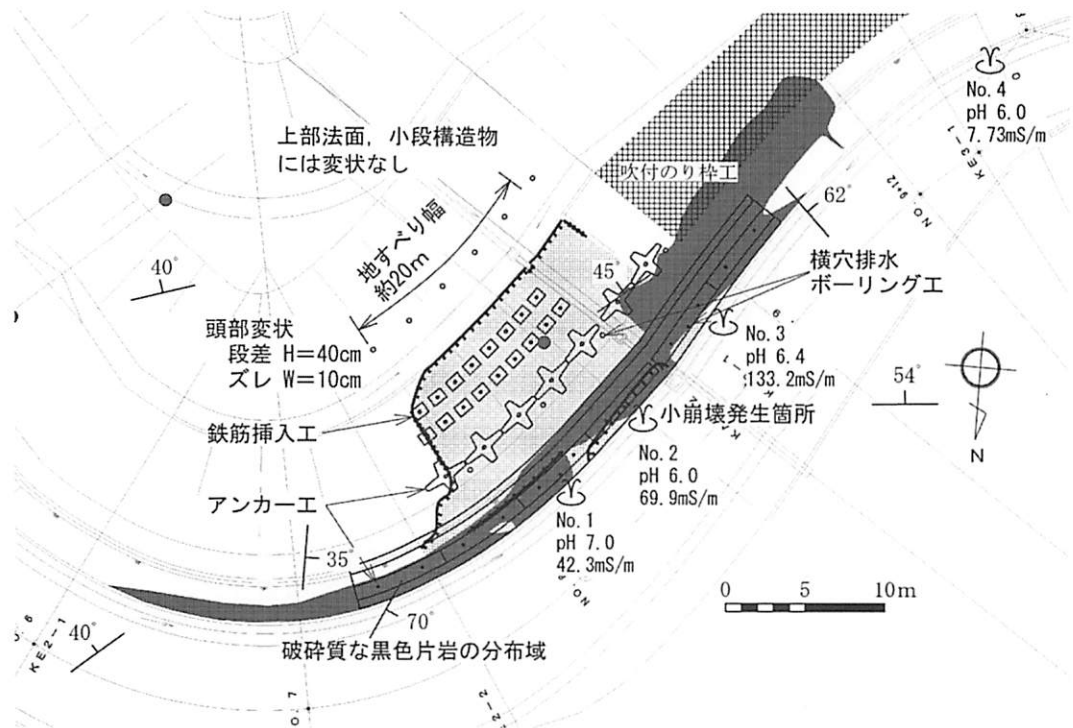


図4 地すべり周辺の平面図。

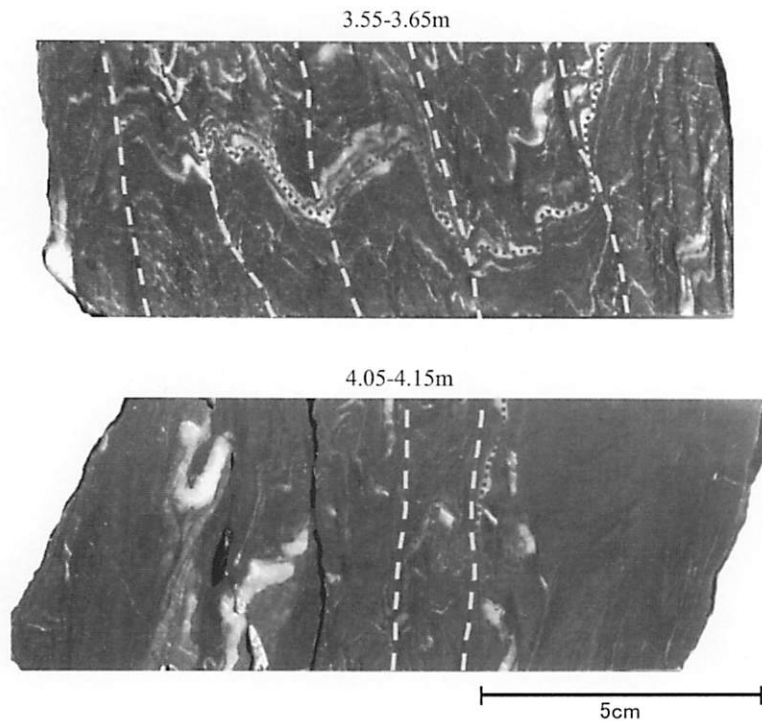


図5 基盤岩に発達する褶曲と軸面へき開面。白色の点線は軸面へき開を示す。

完成後も降雨に応じて湧水量が増加する傾向を示した。

### 地すべり発生原因

当箇所地すべりは、切土のり面の最下段に分布する破碎した泥質片岩が小崩壊を起こしたことに起因して発生したものである。この泥質片岩が小崩壊を起こした原因としては、以下の3点が考えられる；

(1)周辺地盤より脆弱な地質の分布、(2)局所的な流れ盤斜面の出現、および(3)恒常的な湧水による岩盤の軟質化。これらの要因が複数重なったことで、地すべりの引き金となるのり面の小崩壊が発生したものと推察される。

### 考 察

#### 1. 周辺地盤より脆弱な地質の分布

小崩壊の発生した最下段のり面は、周辺地盤と比べ明らかに脆弱であった。通常、岩盤は表層部ほど風化が進行して脆弱となっており、深部ほど硬質である。しかし、当箇所では掘削箇所のうち最も応力の集中する最下段のり面に破碎質な黒色片岩が分布していた。このため、切土後まもなく小崩壊（中抜け）が発生し、続いて地すべりを引き起こしたものと考えられる。

#### 2. 局所的な流れ盤斜面の出現

調査地周辺の地質構造は斜面に対して受け盤であり、一般的には地すべりの発生しにくい構造であった。しかし、のり面最下段に出現した破碎質な黒色片岩は

流れ盤構造となっており、このことが小崩壊発生の一因となったものと考えられる。この局所的な流れ盤構造の原因として、褶曲構造の一部であることが考えられる。

#### 3. 恒常的な湧水による岩盤の軟質化

最下段のり面の小崩壊箇所からは0.1～0.4L/分程度の恒常的な湧水が認められ、破碎質な黒色片岩の分布域は全体に湿潤状態にあった。このことから、破碎質な黒色片岩は全体が水ミチとなっており、水が流れることによって岩盤の脆弱化、軟質化が進行したものと推定される。

また、対策工完成後には地すべりブロック内の擁壁に配置された水抜き孔からの流下跡に褐色や白色の付着物が確認された。そこで、湧水の違いを確認するために河川水、地すべりブロック内（3箇所）、ブロック外（1箇所）の計5箇所での水のサンプリングを行い、それぞれの水温、電気伝導度、pHを測定した。測定結果を表-1に示す。

測定の結果、水温はほぼ変化が無いものの、電気伝導度は河川水（14.01mS/m）、地すべりブロック外（7.73mS/m）に比べ、ブロック内では高い値（42.3～133.2mS/m）を示した。また、pHは全体に大きな変化は無いが、河川水に比べ斜面からの湧水のほうがやや酸性であることがわかった。このことから、地すべり箇所の湧水には溶存成分が多く、このような地下水が地すべり発生に関与している可能性が考えられる。また、地すべりブロック内の水抜き孔には付着物が認

表1 湧水測定結果一覧表。

試料採取箇所		水温	電気伝導度	pH	湧水量
		(°C)	(mS/m)		(L/分)
河川水		20.2	14.01	7.4	—
地すべり ブロック内	No.1	18.0	42.3	7.0	0.1
	No.2	18.3	69.9	6.0	0.2
	No.3	16.2	133.2	6.4	0.4
地すべり ブロック外	No.4	17.0	7.73	6.0	0.2

表2 付着物のPIXE分析結果。

	孔口付着物含有量( $\mu\text{g/g}$ )		
	No.1	No.2	No.3
S	1,950	39,600	4,610
Ca	8,920	777	5,080
Ti	—	968	—
Cr	—	199	—
Mn	863	—	—
Fe	320,000	644,000	505,000
Ni	129	—	2.4
Cu	6,360	36.3	21.3
Zn	1,700	30.4	536
Ga	—	7.3	—
As	61.6	—	—
Se	2.0	—	14.5
Sr	99.5	—	102
Y	3,120	—	4,860
La	6,500	—	9,780
Ce	23,100	—	—
Nd	23,400	—	—
Pb	829	130	34.8

められているが、既存の文献によると付着物は鉄細菌が関与して生成されること、付着物がある場合の地下水のpHは6.0～7.5の間であることが報告されている(丸山ほか, 2003)。

なお、当箇所採取した付着物の成分をPIXE分析結果を表2に示す。付着物の成分としては、すべての試料でFeが大部分を占めており、SおよびCaを多く含んでいることが明らかとなった。また、No.1孔の付着物は、CeおよびNdに富み、他にLaやCuも比較的多量に含有している。No.3孔では、YおよびLaが多量に含まれている。Fe、SおよびCaは全ての付着物に多量に含まれているが、その起源は母岩である泥質片岩に含まれる雲母類、黄鉄鋼、方解石が分解してもたらされたものであると推定される。

### ま と め

今回の事例は、道路改良中に出現した局所的な流れ盤構造と地質弱部で発生した地すべりに対して、早急な対応により被害を最小限にとどめることのできた事例である。今回の教訓としては、①事前に行う地質踏査では、地質的不連続面(片理面、節理面など)

の方向性(受け盤、流れ盤)について丁寧に観察する必要がある。②地質調査に携わる技術者は、調査完了後の施工段階においても発注者や施工業者と情報交換を行い、施工中の地質状況を確認しながら、想定外の地質が出現した場合にも速やかに対応する必要がある。

最後に、第三紀層地すべりでは、鉄細菌などにより横穴排水ボーリング孔が目詰まりを起こす事例が報告されている。当該地でも施工後半年程度で横穴排水ボーリング孔の出口に付着物が確認されている。今後は水質と地すべりの関係とともに、水質と目詰まり原因となっている付着物との関係についても追跡調査を行いたいと考えている。

### 謝 辞

愛媛大学理学部の赤松博美技術補佐員には、ボーリングコア試料の研磨および岩石薄片作成をしていただいた。また、愛媛大学理学部教務補佐員の城前恭子氏には、原稿作成の際にお世話になった。以上の方々に記して謝意を表する。

### 文 献

丸山清輝・安藤達弥・飯田正巳, 2003, 地下水排除施設集水管の目詰まりに関する検討. 地すべり, Vol.39, No.4, 23-29.