

近接する地すべり防止地区「名取地区」の概要 Summary of the prevention of landslide district "Natori district" to approach Natori tunnel

田窪裕一／株式会社愛媛建設コンサルタント
Yuichi TAKUBO／Ehime kensetu Consultant Co.,Ltd

1. 名取地区の地史・文化

佐田岬半島は、豊予海峡に突き出た長さ約 50km、南北幅 1～5km の日本一細長い半島で、背稜部に山嶺(EL200～390m)が東西に走っており、瀬戸内海側の伊予灘と太平洋側の宇和海の分水嶺となっている。国土交通省所管の地すべり防止区域「名取地区」は、半島の先端近くの宇和海側に位置する。

名取地区の歴史は江戸時代に遡る。江戸時代、佐田岬半島は宇和島藩領となり、1615 年奥州仙台の伊達家（秀宗侯）が宇和島に入府した折に、軍夫として同行した人々を宇和海の見張り役として定住させたのが始まりとされている。定住した人々が、奥州名取郷（現在の宮城県仙台市と名取市）の出身であったことが、地名の由来となった。

本地区は、山腹に生じた大規模地すべり地形内に集落が形成されている。集落として成立し得たのは、緩斜面と湧水が存在したことが大きな要因であろう。特に生活用水は、急峻で集水域の狭い地形条件から保水力に乏しい傾向にあり、古来より水の確保が大きな問題となっていた。地区内には、共同水源として利用されていた「岡の川」と呼ばれる湧水箇所のほか、数ヶ所の湧水箇所が存在しており、共同水源には水神様が祀られていることが多い。

また、本地区の特徴として集落の石垣が挙げられる。当地の基盤岩である結晶片岩類が扁平に割れる性質を利用し、傾斜地に家や畑を築造するため高く積み上げられた石垣が特徴的な集落である。積み方も工夫され、野良積み・平積み・矢羽根積みなどの工法が用いられ、石垣は豊かな表情を見せ、独特な石の文化がみられる。



写真-1 湧水箇所「岡の川」



写真-2 集落内の石垣

土地利用は、保水力が低い丘陵地形のため水田耕作が難しく、急傾斜地を切り開いた段々畑に、新甘夏柑（サンフルーツ）、清見タンゴールを中心とした柑橘栽培が盛んである。

2. 地形概要

佐田岬半島先端付近の地形を見ると、九州に向かって差し伸べた手のような形をしている。太く短い親指側（南側）に名取地区は存在する。図-1 に佐田岬半島西地区における地塊変位を示す。北側の細長い半島は、伽藍山(414m)より南西方に並ぶ高壺山(351m)・穴地藏山(304m)は、徐々に高度を下げ、西に行くに従って低く細くなって佐田岬に至る。これは、北西－南東方向に入る胴切断層によって形成された地形で、東方から見ると細くなると断層があり、断層西側が幅広く高く盛り上がり西に向かって細く低くなると断層ができて広く高くずり上がり、これを繰り返して半島を細長いものにする。

名取地区は、伽藍山より南東方向に延びる稜線の先に当る大岩山(366m)の東側斜面に位置する。付近の海岸は岩場となっており、波浪による海食崖が形成されている。

当地区の地形の概観は、海岸付近に海食崖の急斜面が存在し、その上部に地すべり本体の $10\sim 25^\circ$ 程度の比較的緩やかな斜面が存在し、名取集落は標高 100m 以上の緩斜面に位置する。集落内は沢の発達が不明瞭であるため、明瞭な尾根部は存在しないが、集落は全般に中腹斜面の尾根状部に存在する。集落の上方斜面には、初生すべりの滑落崖と推察される急斜面が存在し、集落がのる緩斜面との地形変化は明瞭である（図-5 参照）。図-2 にリニアメント判読図を示す。佐田岬半島は、中央構造線の南方に位置し、構造的には主構造方向が ENE－WSW 方向である。名取地区周辺では、WNW－ESE 方向、NNE－SSW 方向の 2 方向が主体である。WNW－ESE 方向は地すべり地区の側

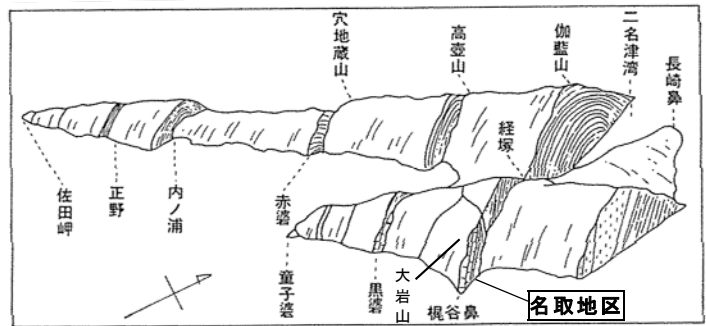


図-1 佐田岬半島西半における地塊変位
(芳賀 1960)

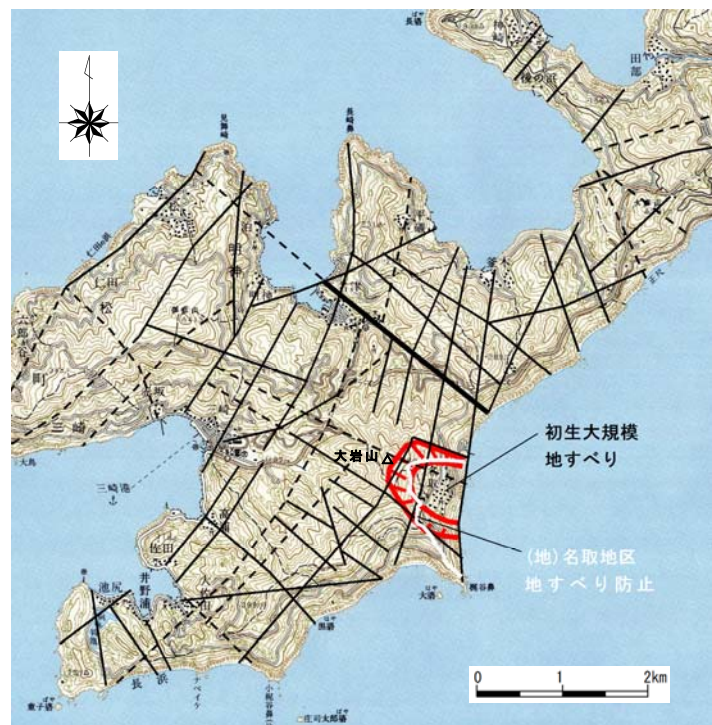


図-2 名取地区周辺のリニアメント判読図

方、NNE－SSW 方向は地すべりの頭部と方向が類似しており、地すべり地形を規制している可能性がある。

3. 地質概要

図-3 に愛媛県地質図を示す。愛媛県は、中央構造線を境に北側が内帯、南側が外帯と分けられる。地帯区分的には、内帯側には領家帯のみが存在し、主として花崗岩類やこれらを不整合に覆って白亜系和泉層群等が分布している。また、外帯側には北より南に向かって三波川帯、御荷鉾帯、秩父累帯、四万十帯がほぼ東西方向に分布し、構成する岩石がそれぞれ異なる。

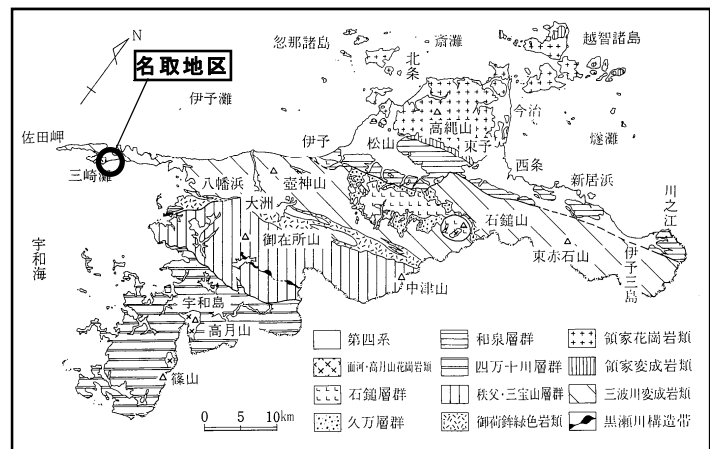


図-3 愛媛県地質図
(鹿島 1988)

名取地区は三波川帯に属し、結晶片岩類の分布する地帯に相当する。図-4 に佐田岬半島西半の地質図及び断面図を示す。三波川帯は、塩基性（緑色）片岩・泥質（黒色）片岩・砂質片岩・石灰質片岩などによる地層が分布する上部層と、石灰質片岩を伴わない下部層に区分される。名取地区は、主として上部層に属する地質が分布している。基盤岩は、海岸部の海食崖では広く露頭するが、斜面部では露出する箇所が少ない。

名取集落より南方約 1km の梶谷鼻（かじやばな）では、良質の石灰質片岩が採掘され、建築用装飾石材として出荷されていた。これは、白い石灰岩と緑色片岩が縞状になって美しく、この大理石を商品名「めひかり石」と銘打って採掘していた。梶谷鼻周辺では石灰質片岩のほか、御荷鉾帯のメンバーと考えられるオリストリスとして変斑レイ岩や玄武岩が付近に存在する。

地すべり移動体を構成する崩積土は、集落や果樹園地では比較的厚く分布する。表層付近は、マトリクスがシルト質粘土などよりなる礫質土を主体とし、褐色系を呈する。その下位に、転石や緩み岩塊が多く含まれる移

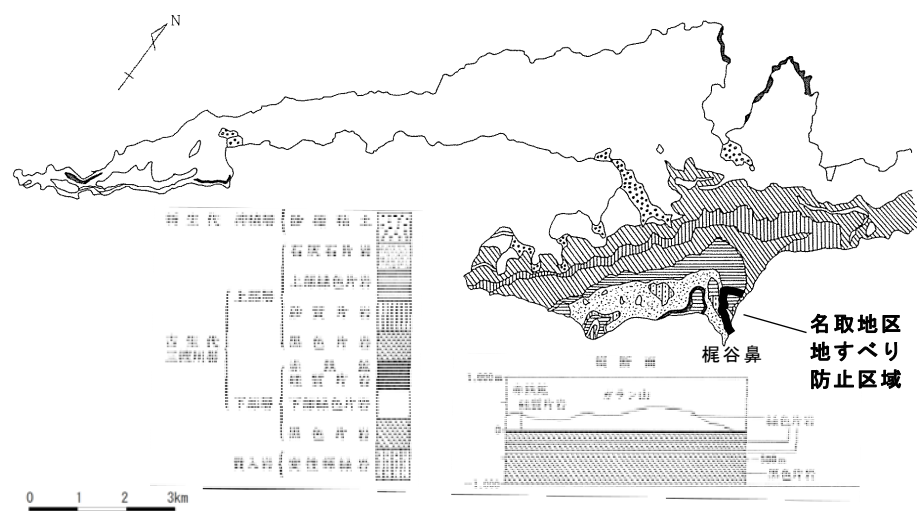


図-4 佐田岬半島西半の地質図及び断面図

動岩塊状の堆積物が存在し、防止区域内の全域で分布が認められる。

4. 地すべり状況

名取地区は、防止区域全体が多丘形凹状台地状地形を呈している。図-5 に地すべりブロックと防止区域を記入した空中写真を示す。防止区域全域に及ぶ大規模な地すべり地形が認められるが、これは初生すべりの際に形成されたものである。初生すべりは、大崩壊を伴った岩盤すべりであったと推察される。基盤岩類が、地表の傾斜方向に対し横盤を構成しているにもかかわらず、防止区域全体の斜面を覆い尽くすような大量の移動岩塊をもたらすものとして発生しており、これらは前述したリ

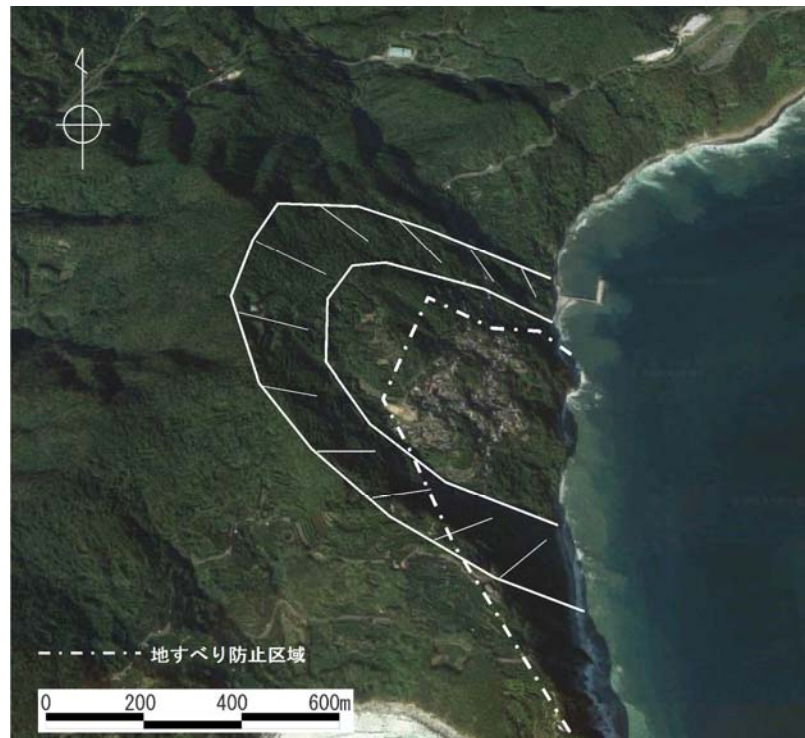


図-5 地すべり防止区域と地すべりブロック

Google Earth

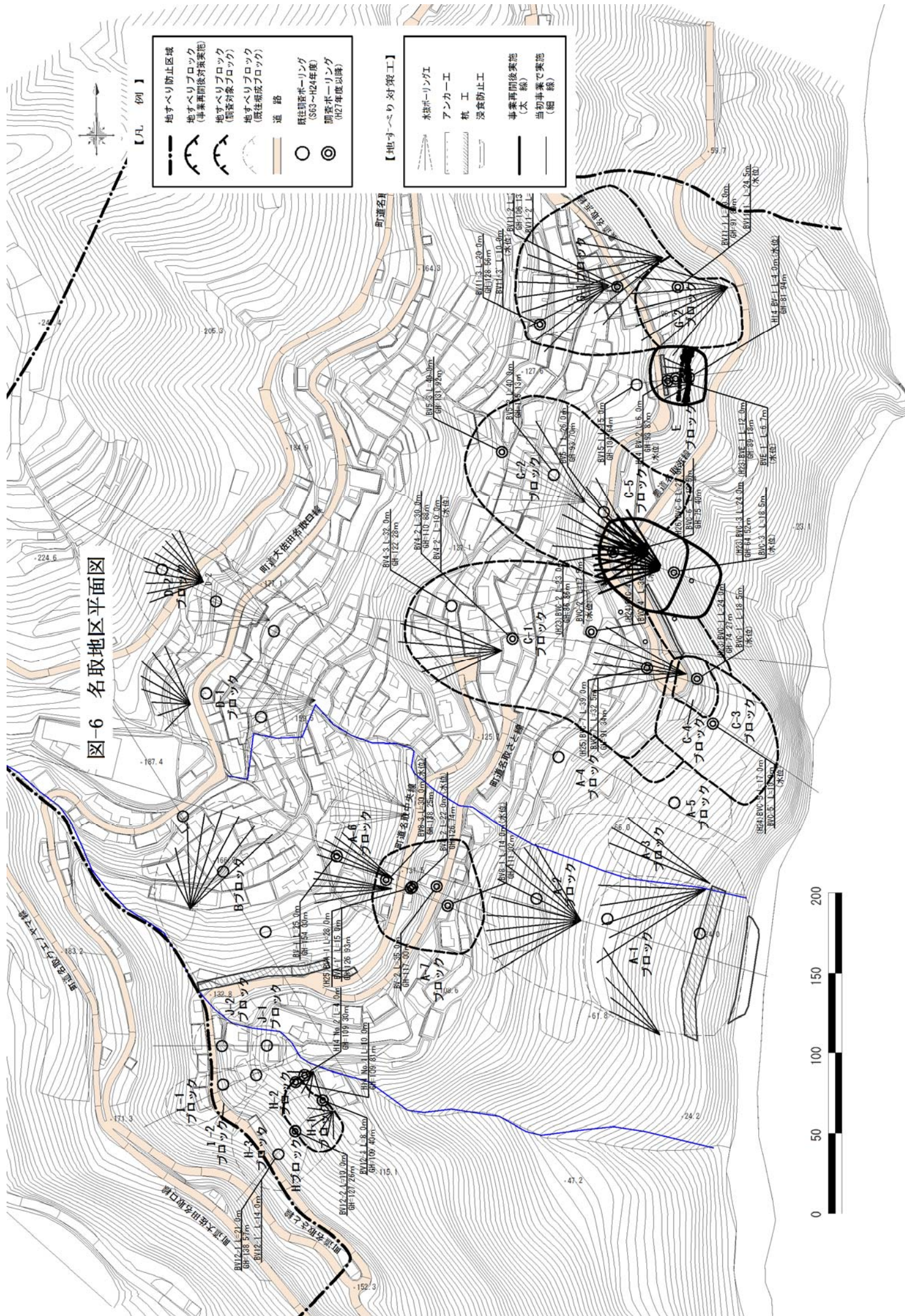
ニアメントに起因して形成されたと考えられる。初生の大規模すべりの内部には、副次的に生じた小規模な地すべりブロックが多数存在している。現在、活動して影響を及ぼしているのは、こうした副次的に発生した小規模な地すべりである。すべり面は、崩積土と基盤岩の境界付近に存在することが多く、崩積土層内に形成する場合もある。

地すべり防止区域「名取地区」は、昭和 35 年に地すべり区域の指定（国第 1939 号）を受けた。現状での主たる保全対象は、人家 46 戸、町道、農道、農地である。当初、昭和 63 年度～平成 17 年度に地すべり対策事業を実施し、沈静化を確認して概成した。しかし、その後活動が再発し、道路や民家への影響を懸念して地元から対策の要望の声が挙がった。これを受けて、平成 23 年度より事業を再開し、地すべり活動の兆候の認められる箇所を対象に調査・対策工事を実施し、平成 29 年度に再び概成とした。

本稿では、平成 23 年度の事業再開後、調査対象となった地すべりブロックについて詳述する。再開時に地表踏査を実施し、地表面における構造物等の変状の状態より、次の 9 ブロックで現在活動中である可能性があると判断し、事業再開後の調査・観測を実施した。図-6 に名取地区平面図を示す。

①A-7 ブロック、②C-1、③C-2 ブロック、④C-3、⑤C-4 ブロック、⑥C-5 ブロック、⑦E ブロック、⑧G ブロック、⑨H ブロック

図-6 名取地区平面図



事業再開後の主な調査・観測内容は以下のとおりである。

- ・調査ボーリング：N=9 箇所
- ・孔内傾斜計、自記水位計等観測：7 ヶ年継続実施（平成 23～29 年度）

調査・観測結果

表-1 地すべり調査対象ブロックの概要

の概要を表-1
に示す。全箇所
とも変位量は、
観測期間平均で
「変動 c 未満
(0.5mm/月未
満)」であった。
緩慢な変位が継
続するが、降雨
に伴い変位が増
加する傾向が認
められた。

ブロック名	地すべり寸法			月当たり 変位量(mm)	当初事業 対策工	事業再開後 対策工
	延長(m)	幅(m)	すべり面 深度 (GL-m)			
A-7	150	130	8～16	予兆無し	横ボーリング	—
C-1	330	180	19～33	0.01～0.08	横ボーリング	—
C-2	270	170	18～23	予兆無し	横ボーリング	—
C-3	170	120	11～19	0.08～0.13	横ボーリング	—
C-4	60	60	8	予兆無し	無し	—
C-5	180	100	15～19	0.29～0.34	横ボーリング	横ボーリング
E	50	70	5	0.13	アンカー工 横ボーリング	アンカー工
G	260	200	20～21	0.01～0.05	横ボーリング	—
H	50	90	2～5	予兆無し	横ボーリング	—

5. 地すべり対策工とその効果

調査対象ブロックのうち、変位量が多い C-5 ブロックと E ブロックの 2 ブロックにおいて、対策を講じることとした。本章では、その地すべり特性と対策工について詳述する。

なお、事業再開後の調査対象ブロックには、末端が海岸に到達しているものは無いが、当初事業で対策を行っている A1～A3 ブロックは末端が海岸まで到達している。海岸に面した末端部の斜面は、岩盤の海食崖ではなく崩積土斜面であり、露岩は認められない。地すべり対策工は、浸食防止工、杭工、横ボーリング工が施工されている。浸食防止工が施工されていることから、地すべりの誘因として、崩積土斜面の波浪浸食が大きな要因であったと推察される。

5. 1 C-5 ブロック



写真-1 C-5 ブロック冠頭部
路面の亀裂・沈下が認められる



写真-2 C-5 ブロック末端付近
湧水を伴う表層崩壊

①概要

C-5 ブロックは延長約 180m、巾約 100m 程度のブロックであり、C5 すべりが C5-1 すべりを包含しており、いずれも崩積土すべりである。図-7 に平面図、図-8 に断面図を示す。

ブロック頭部は道路面が沈下し、亀裂の発生が確認される(写真-1)ほか、ブロック中部でも地盤が沈下する傾向にあった。ブロック中～末端部では、湧水を伴う規模の大きい表層崩壊も見られる(写真-2)。

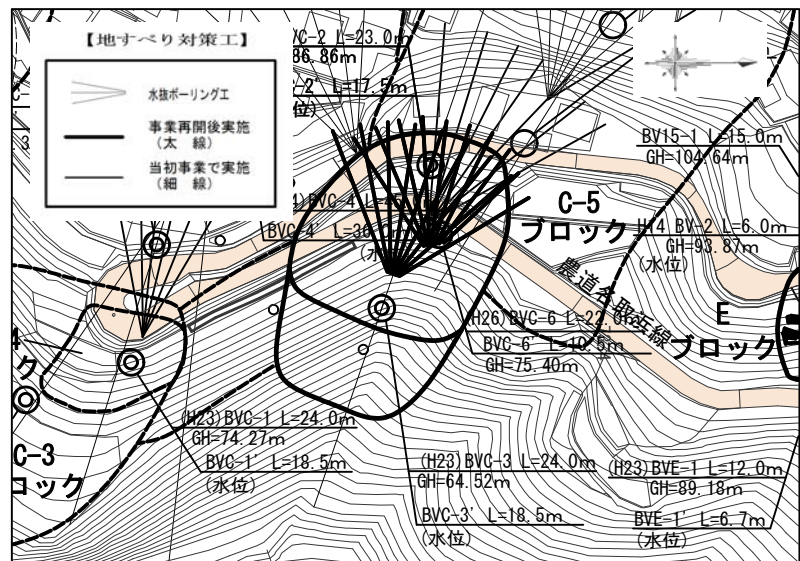


図-7 C-5 ブロック平面図 (S=1:2,000)

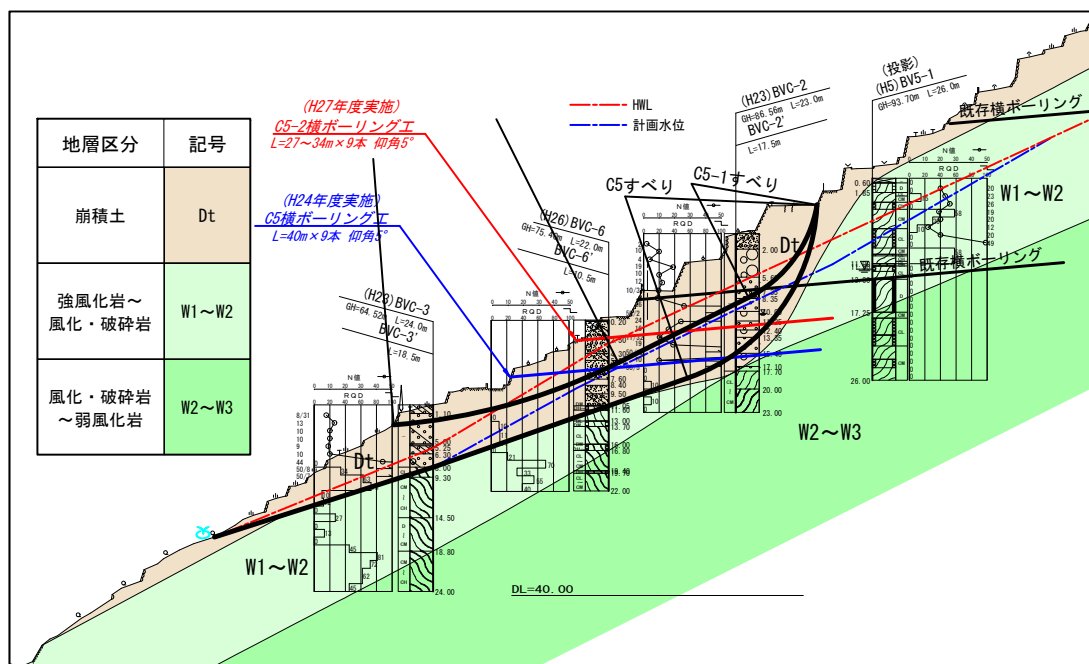


図-8 C-5 ブロック断面図 (S=1:1,000)

②素因・誘因

C-5 ブロックの地すべり活動の素因・誘因を以下に示す。

【地すべり活動の素因】

- ・微地形が凹状を呈し、降雨や表流水が集まり易く、地下水が豊富である。
- ・基盤岩が難透水層となり、その上位に形成されたすべり面に間隙水圧が発生しやすい。

【地すべり活動の誘因】

- ・降雨・地表水の浸透により地下水位が上昇する。特に豪雨時にはすべり面に作用する

間隙水圧が急増し、せん断抵抗力が著しく低下する。

- ・すべり面付近で地下水が流動することにより、せん断応力が低下する。
- ・道路造成に伴う盛土や切土など、人為的な地形改変によって、全体のバランスが崩れ不安定化する。

③調査ボーリング結果

調査ボーリングは BVC-2、3、6 の 3 孔が存在する。基盤岩分布深度は、ブロック頭部の BVC-2 孔は GL-17.7m、ブロック中部の BVC-6 孔は GL-11.05m、ブロック末端部の BVC-3 孔は GL-8.0m から基盤岩が出現する。基盤岩は緑色片岩と黒色片岩の互層で、CL～CH 級で岩質は比較的硬質であるが、D～CM 級の脆弱部が混在する。崩積土は、移動岩塊状の転石を多く含んでおり、平均 N 値=11 である。図-11 に代表箇所の柱状図及びコア写真を示す。

④観測結果

孔内傾斜計観測では、C5、C5-1 すべりにおいて明瞭な地すべり変位が検出された。

・C5 すべり

崩積土と基盤岩の境界付近に形成された崩積土すべりで、最大層厚 15.8m。対策前の変動量は月平均変位量 0.03～0.19mm/月で変動ランクは c 未満である。

・C5-1 すべり

崩積土層内に形成された崩積土すべりで、最大層厚 10.3m。対策前の変動量は月累積変位量 0.28～0.34mm/月で変動ランクは c 未満である。C5-1 すべりは C5 すべりに包含される。

⑤地すべり対策工と効果

当ブロックは地下水の豊富なブロックであり、降雨による地下水位上昇と変位の累加が認められることから、地すべり対策工として、横ボーリング工を平成 24 年（N=9 本）、平成 27 年（N=9 本）に実施した。

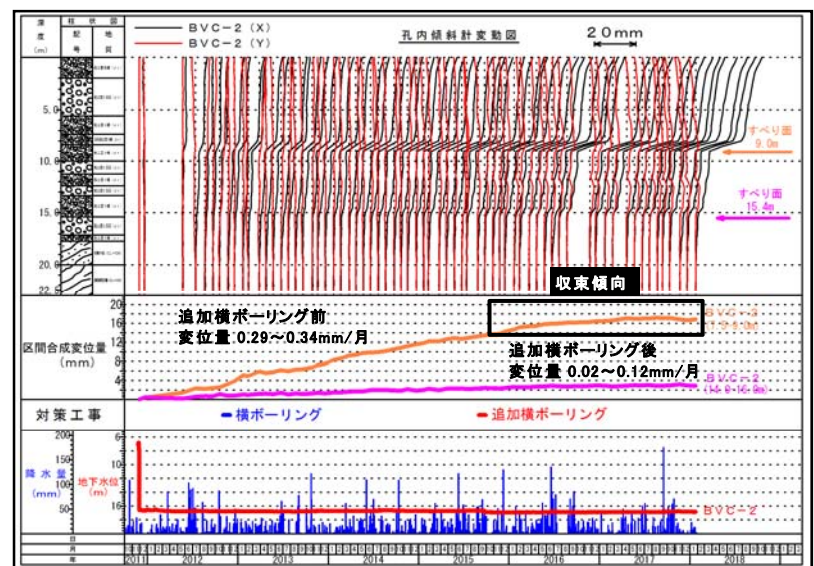


図-9 観測結果図（ブロック頭部 BVC-2 孔）

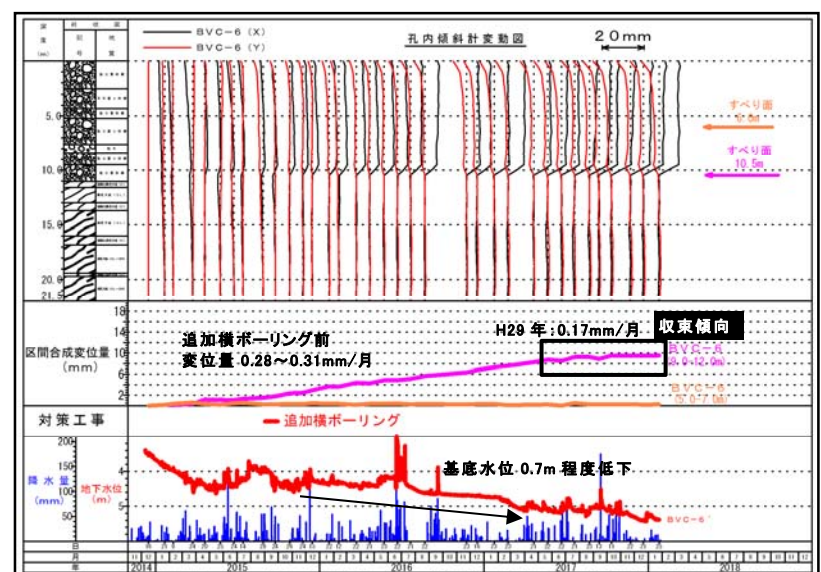


図-10 観測結果図（ブロック中部 BVC-6 孔）

BVC-2

ボーリング柱状図

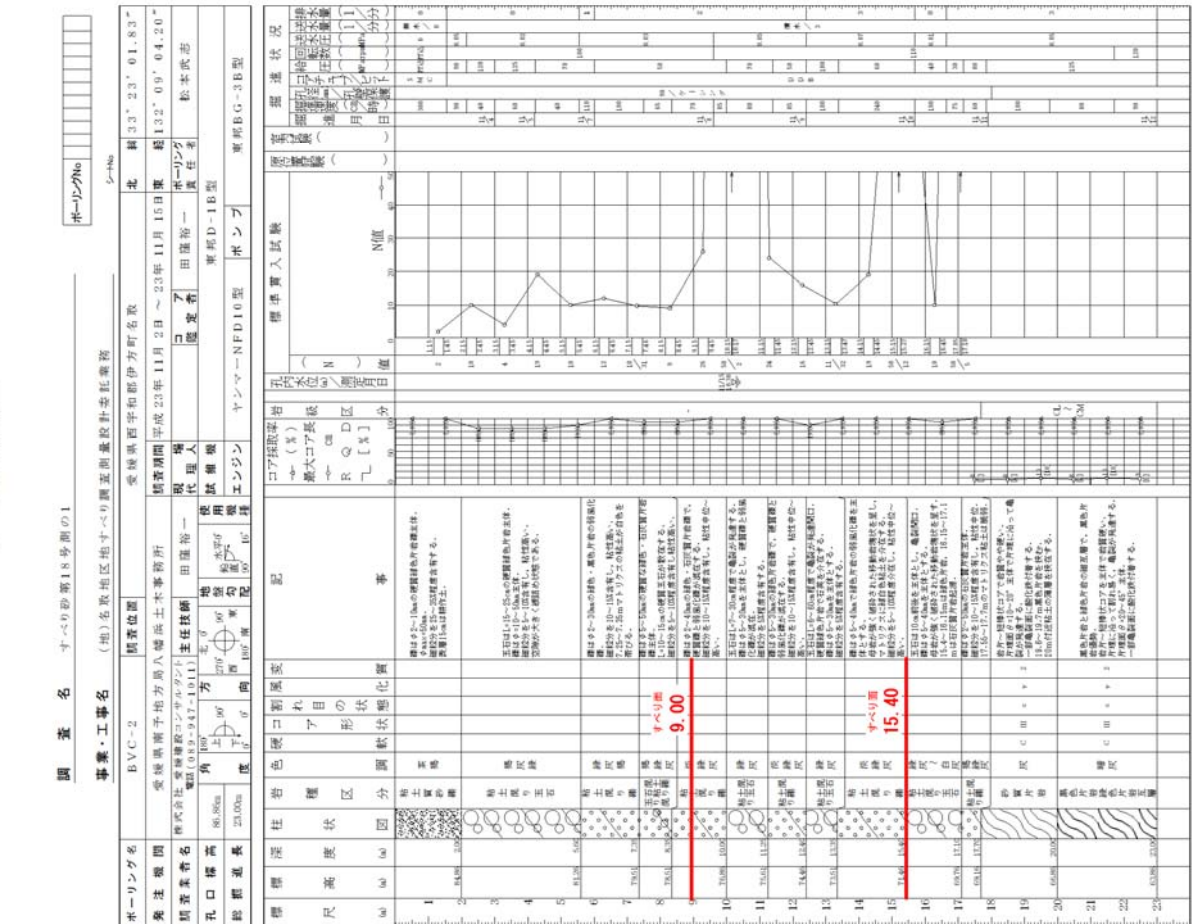
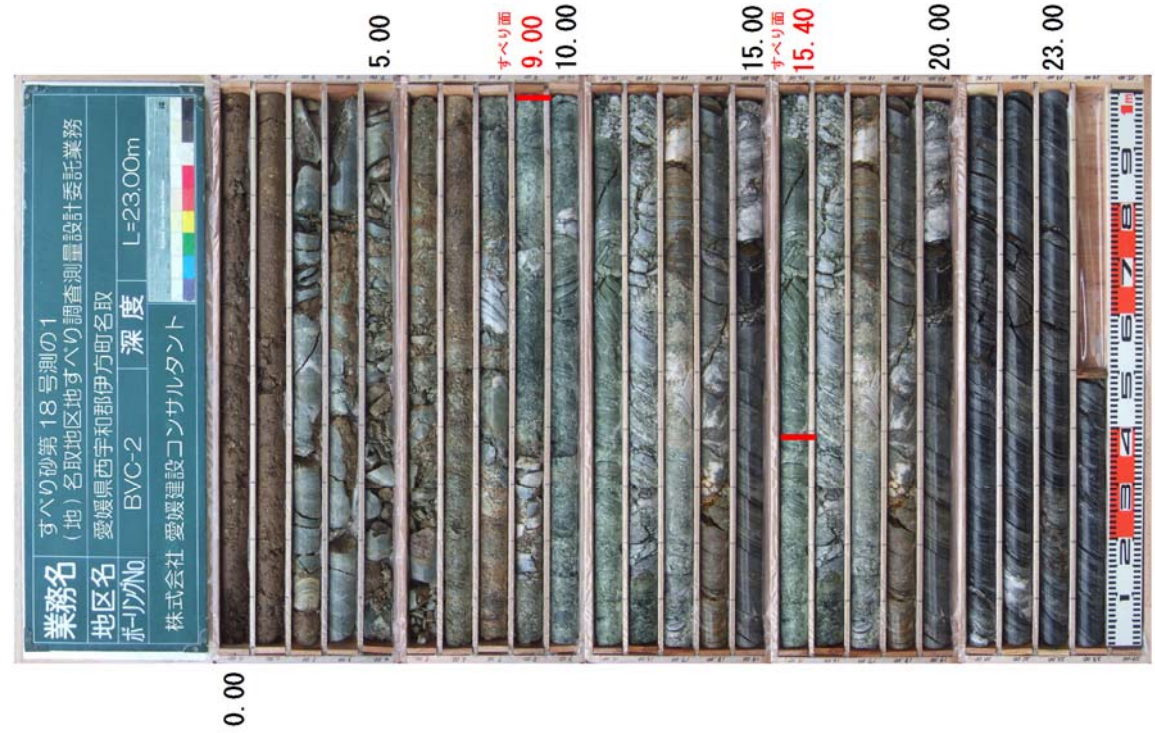


図-11 C-5ブロック代表箇所のボーリング柱状図及びコア写真（ブロック頭部 BVC-2 孔）

平常時で合計 30～500ℓ／分程度、豪雨時には合計 750ℓ／分程度が確認されている(写真-3)。

対策後の平成 29 年の孔内傾斜計変位量は、C5-1 すべりが-0.04～0.07mm/月、C5 すべりが 0.03～0.19mm/月である。対策前は、ブロック頭部の BVC-2 孔の C5-1 すべりの変位量が最も大きかったが、平成 27 年度に実施した対策以降は、施工前：0.29～0.34mm/月から、施工後 0.02～0.12mm/月と明確な緩和傾向が認められた(図-9)。



写真-3 横ボーリング工の排水状況

地下水位は、ブロック中部の BVC-6'孔で追加横ボーリング工後に基底水位が 0.7m 程度低下するなど、対策効果が認められた(図-10)。平成 29 年度の HWL を用いて実施した安定計算では、当初安全率 $F_s=1.05$ に対し、C5 すべりが $F_s=1.10$ ，C5-1 すべりが $F_s=1.12$ まで向上した。

5. 2 Eブロック

①概要

Eブロックは延長約 50m、巾約 70m 程度のブロックで、農道が冠頭部付近に存在する。図-12 に平面図を示す。

既設対策工として、農道の路側擁壁にアンカー工が打設されているほか、横ボーリング工が当初事業時に施工されていた。しかし、道路擁壁の亀裂・目地開きなどの顕著な変状が生じている(写真-4)ほか、路面の沈下、亀裂が確認される(写真-5)など、継続的な変位が認められることから、追加対策が必要と判断した。

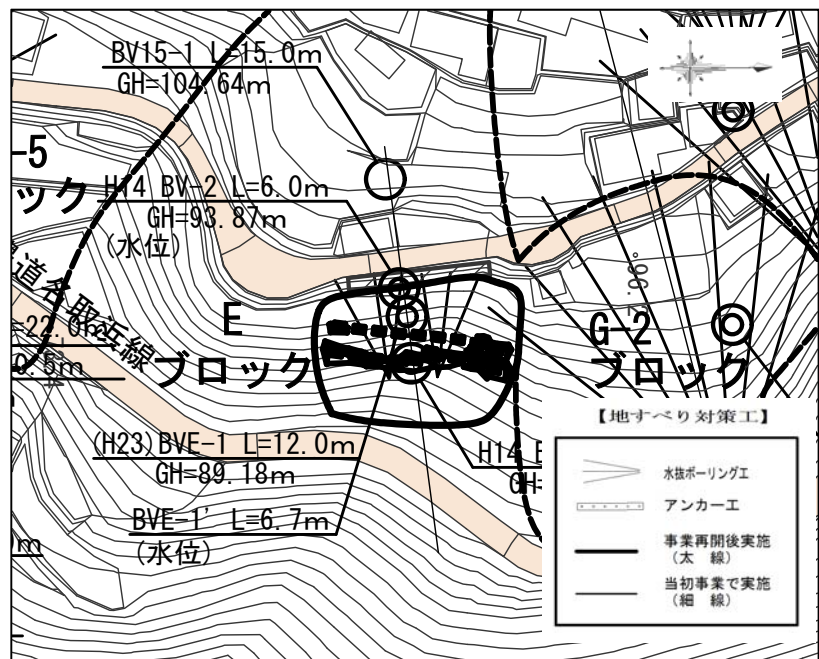


図-12 Eブロック平面図 (S=1:1,500)

②素因・誘因

Eブロックの地すべり活動の素因・誘因を以下に示す。

【地すべり活動の素因】

- ・崩積土が急斜面上に堆積しており、不安定化しやすい。
- ・基盤岩が難透水層となり、その上位に形成されたすべり面に間隙水圧が発生しやすい。

【地すべり活動の誘因】

- ・道路造成に伴う盛土や切土など、人為的な地形改変によって、全体のバランスが崩れ不安定化する。
- ・降雨がすべり面に流入することによる、せん断応力の低下。



写真-4 Eブロック頭部

既設アンカーが打設された路側擁壁に開口亀裂が認められる



写真-5 Eブロック頭部

路面の亀裂・沈下が認められる

③調査ボーリング結果

調査ボーリングはBVE-1孔のほか、当初事業時に実施されたBV9-1、9-2孔が存在する。図-13に断面図を示す。基盤岩分布深度は、ブロック中部のBVE-1孔はGL-7.05m、ブロック末端部のBV9-1孔はGL-3.50mから基盤岩が出現する。基盤岩は、石

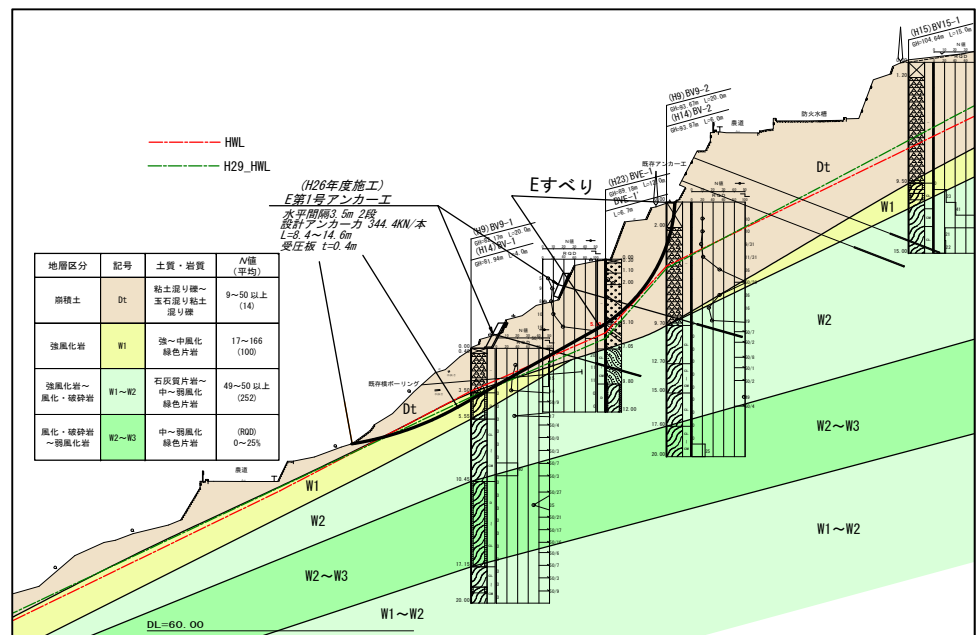


図-13 Eブロック断面図 (S=1:600)

灰質片岩および緑色片岩よりなり、D～CL級の風化岩(W1～W2)、CL～CM級の弱風化岩(W2～W3)よりなる。崩積土は玉石を多く含み、平均N値=14である。

④既設アンカー工のリフトオフ試験

既設アンカー工の健全性調査を目的として、リフトオフ試験を実施した。当現場では、現

ボーリング柱状図

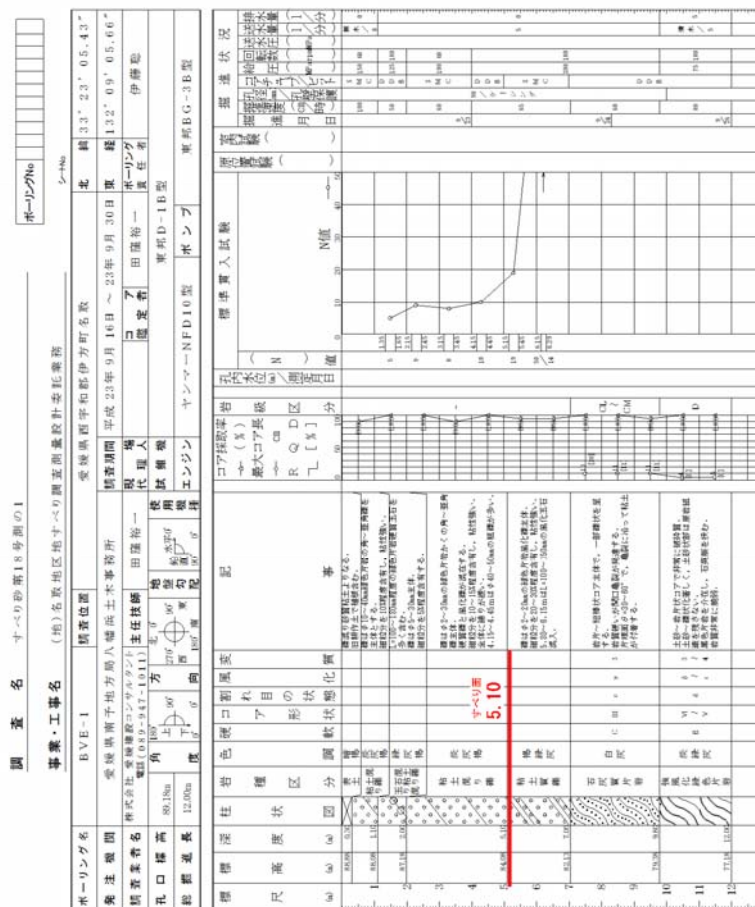
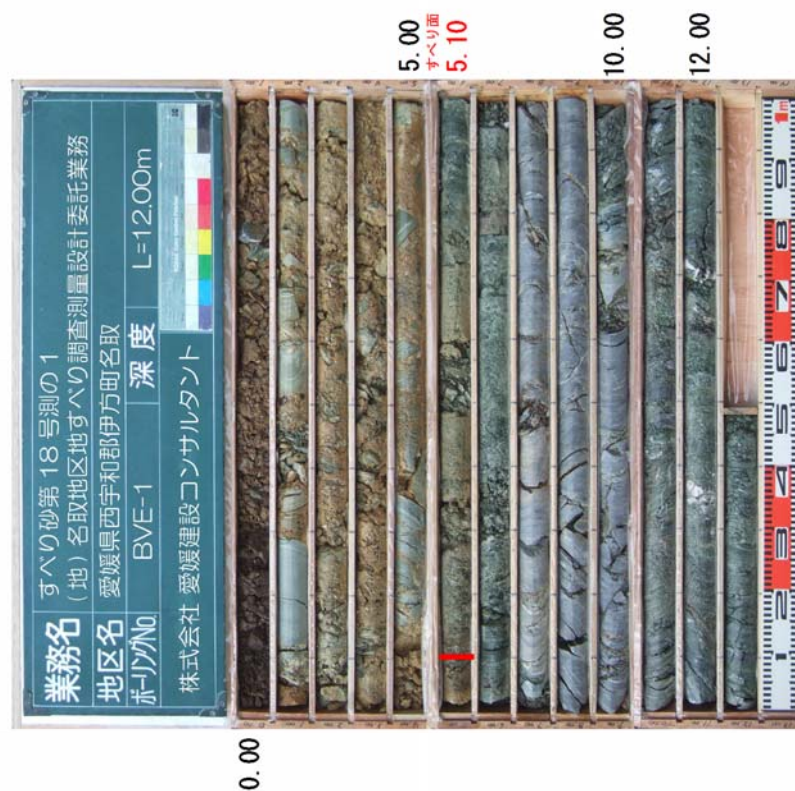


図-14 Eブロック代表箇所ボーリング柱状図及びコア写真(ブロック中部 BVE-1 孔)

道上へのクレーンの配置が困難なため、小型・軽量のジャッキを使用し人力での試験が可能
な「SAAM ジャッキ」を使用して試験を行った。試験結果より既設アンカー工は健全であ
ると評価され、現在活動して
いる地すべりの頭部は既設ア
ンカー工が打設されている現
道路側擁壁の直下に設定した。

⑤観測結果

孔内傾斜計観測では、E すべ
りにおいて明瞭な地すべり変位
が検出された。崩積土と基盤岩
の境界付近に形成された崩積土
すべりで、最大層厚 7.0m。対策
前の変動量は月平均変位量 0.11
～0.23mm/月で変動ランクはc 未
満である。

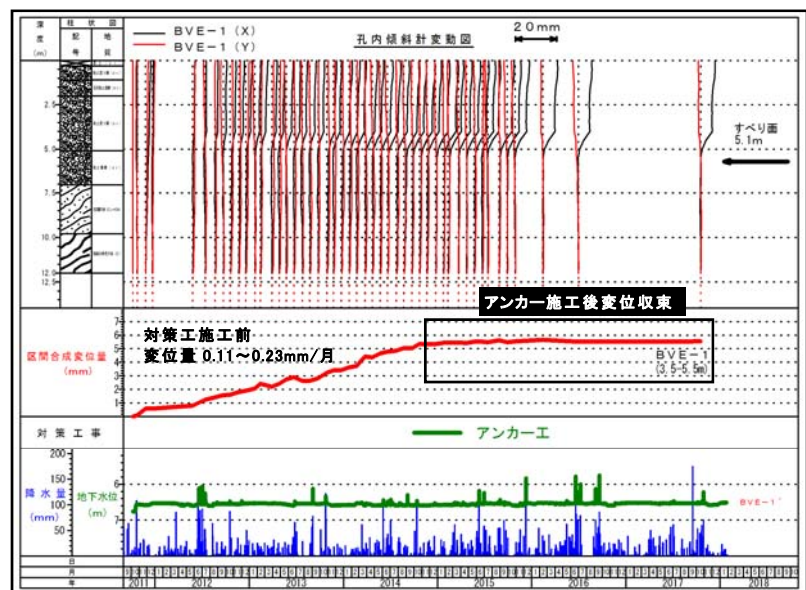


図-15 観測結果図（ブロック中部 BVE-1 孔）

⑥地すべり対策工と効果

当ブロックの地すべり対策工は、平成 26 年
度にアンカー工をブロック中央部に施工した
（写真-6）。すべり面深度付近の孔内傾斜計変
位量は、施工前：0.11～0.23mm/月に対し、施
工後-0.03～0.02mm/月とアンカー工施工後は
変位が完全に収束し、明瞭な対策工の効果が認
められた（図-15）。

また、平成 29 年度の HWL を用いて実施し
た安定計算結果では、当初安全率 $F_s=0.98$ に対
し、 $F_s=1.22$ まで向上した。



写真-6 アンカー工竣工状況

6. 結論

地すべり防止区域「名取地区」の特性について、以下の点が挙げられる。

- 1) 防止区域全域に及ぶ大規模な地すべり地形が存在するが、これは初生すべりの際に形成されたもので、リニアメントで規制されていると考えられる。
- 2) 初生の大規模すべりの内部には、副次的に生じた小規模な地すべりブロックが多数存在している。現在活動しているのは、副次的に発生した小規模なすべりである。
- 3) すべり面は、崩積土と基盤岩の境界付近に存在している場合が多い。
- 4) 塩基性（緑色）片岩・泥質（黒色）片岩・砂質片岩・石灰質片岩を基盤岩とする。
- 5) 片理面の走向傾斜は、走行が斜面の傾斜方向に近く、傾斜は 20～40°程度南西に傾斜し、

総じて斜面に対して横盤を呈する。

- 6) 基盤岩は、海岸部の海食崖では広く露頭するが、斜面部では露出する箇所が少ない。
- 7) 小規模で副次的な地すべりブロックは、末端が海岸に到達している場合が少ない。一部、末端部が海岸に到達しているブロックがあるが、海岸部は岩盤の海食崖ではなく崩積土斜面であり、浸食防止工が施工されている。
- 7) 崩積土の下部は、転石を多く含む移動岩塊状の性状である場合が多い。
- 8) 地すべり移動体内に、比較的水量の多い湧水箇所が数箇所存在する。
- 9) 地すべり変位は比較的緩慢であるが、降雨に伴い変位が増加する傾向が認められる場合が多い。
- 10) 造成に伴う盛土等の人為的地形改変が、地すべりの誘因となっている場合がある。

謝辞

名取地区地すべり調査の実施および本稿の作成にあたって、愛媛県南予地方局八幡浜事務所をはじめ関係機関にお世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1)三崎町誌編集委員会．1985．三崎町誌．pp.4～12
- 2)トモエヤ商事．1991．第4版 20万分の1愛媛県地質図・説明書．pp.5～11
- 3)愛媛県宇和島地方局八幡浜土木事務所．1988．地すべり砂第24号調の1 名取地区地すべり調査委託業務 報告書．pp.1～54
- 4)愛媛県南予地方局八幡浜土木事務所．2017．防すべり砂第13号測の2他 (地) 名取地区調査委託業務 報告書．pp.5-1～5-94