

単独公共 単独道路維持修繕事業（道路災害防除）
地質調査及び地すべり解析等業務委託（川原畑工区）

報 告 書

平成 28 年 3 月



目 次

1. 業務概要	- 1 -
1.1 業務名	- 1 -
1.2 業務目的	- 1 -
1.3 業務委託機関	- 1 -
1.4 業務受託機関	- 1 -
1.5 業務実施期間	- 1 -
1.6 業務実施体制	- 2 -
1.7 業務数量	- 2 -
2. 地形・地質概要	- 6 -
2.1 調査地周辺の地形	- 6 -
2.2 調査地周辺の地質	- 7 -
3. 調査方法	- 9 -
3.1 計画準備、既存資料収集・現地調査	- 9 -
3.2 測量業務	- 9 -
3.3 地質調査（一般調査）	- 10 -
3.3.1 機械ボーリング	- 10 -
3.3.2 標準貫入試験	- 12 -
3.3.3 移動変形調査（地盤伸縮計）	- 14 -
3.3.4 移動変形調査（パイプ式歪計）	- 14 -
3.3.5 移動変形調査（挿入式孔内傾斜計）	- 15 -
3.3.6 地下水位調査（地下水位計）	- 15 -
3.3.7 観測データ整理	- 15 -
3.4 各種試験	- 16 -
3.4.1 岩石試験	- 16 -
4. 調査結果	- 19 -
4.1 踏査結果	- 19 -
4.2 気象	- 23 -
4.2.1 観測期間の降水状況	- 23 -
4.2.2 経年の降水状況	- 24 -
4.3 機械ボーリング	- 26 -
4.3.1 各調査地点の地質状況	- 26 -
4.3.2 各調査地点の地下水状況	- 29 -
4.4 標準貫入試験	- 32 -
4.5 移動変形調査	- 37 -
4.5.1 観測概要	- 37 -
4.5.2 測量定点（移動杭）観測結果	- 37 -

4.5.3	地盤伸縮計観測結果	46
4.5.4	パイプ歪計観測結果	48
4.5.5	孔内傾斜計観測結果	52
4.5.6	地下水位計観測結果	54
4.6	岩石試験	56
5.	機構解析	61
5.1	地質状況	61
5.2	変状特性	64
5.3	機構解析	65
6.	安定解析	68
6.1	法面安定対策検討フロー	68
6.2	設計諸条件の設定	69
6.3	安定解析結果	70
7.	対策工予備設計	71
7.1	対策工の選定概要	71
7.2	現在の法面状況	71
7.3	対策工の選定	72
7.3.1	対策工選定及び設計上の留意点	72
7.3.2	対策工法案の選定	72
7.4	対策工の比較検討結果	76
8.	今後の課題	77
8.1	今後の観測計画	77

1. 業務概要

1.1 業務名

単独公共 単独道路維持修繕事業（道路災害防除）
地質調査及び地すべり等解析業務委託（川原畑工区）

1.2 業務目的

当該法面は、切土法面保護工として簡易吹付法枠工と鉄筋挿入工等が施されているが、部分的に法面表面や小段等に変状が確認された。

よって、調査ボーリング及び原位置試験や室内試験を実施し、道路施設維持修繕に必要な計画地周辺の岩盤特性や地質状況を把握することを目的とした。

1.3 業務委託機関

群馬県吾妻県民局 中之条土木事務所
〒377-1304 群馬県吾妻郡長野原町大字長野原 1003
TEL：0279(82)2040 FAX：0279(82)2052
監督職員：笹川 徹

1.4 業務受託機関

日本工営株式会社

【群馬営業所（契約）】

〒370-0841 群馬県高崎市栄町 16-11 高崎イーストタワー9 階
TEL：027(320)1251 FAX：027(320)1252



【国土保全事業部 防災部】

〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6
TEL：03-3238-8000 FAX：03-3238-8001



1.5 業務実施期間

自：平成 26 年 9 月 5 日
至：平成 28 年 3 月 15 日

1.6 業務実施体制

本業務は表 1.1 に示す組織体制により実施する。

表 1.1 担当技術者

	予定技術者名	所属・役職	担当する分担業務の内容
主任技術者		流域防災事業部 防災部 群馬営業所 部長補佐	業務全体の統括・管理
照査技術者		国土保全事業部 防災部 部長	設計業務全体の照査
担当技術者		国土保全事業部 防災部 課長補佐	地質調査業務 (一般調査、解析等調査)
		国土保全事業部 防災部 担当課長	地質調査業務 (一般調査、解析等調査)
		国土保全事業部 防災部 課長補佐	地質調査業務 (一般調査、解析等調査)

1.7 業務数量

業務数量は、表 1.2、表 1.3 に示すとおりである。

表 1.2 業務数量一覧表 (1)

業務細別	数量	単位	備考
1. 計画準備	1	業務	
2. 既存資料の収集・現地調査	1	業務	
3. 測量業務	1	式	
応用測量	1	式	
現地測量	1	式	
定点測量	378	点回	法面 6 点+測量鉋 8 点= 14 点×27 回
路線測量	1	式	
作業計画	1	業務	
横断測量	0.38	km	50m×1
4. 地質調査業務 (一般調査)	1	式	
機械ボーリング	1	式	φ 66mm オールコア
土質ボーリング (BV-1、BV-2、BV-1W)	4.2	m	礫混じり土砂 φ 66 mm
岩盤ボーリング (BV-1、BV-2、BV-1W)	57.8	m	軟岩 φ 66 mm
サウンディング及び原位置試験	1	式	
標準貫入試験 (BV-1W)	15	回	礫混じり土砂 1 孔×15 回
地すべり調査	1	式	
移動変形調査 (観測・データ回収)	26	回	地盤伸縮計 (1 基 1 回/月、臨時)
移動変形調査	26	基月	1 基 (S-1)
移動変形調査	13	回	パイプ式歪計 (1 孔、1 回/月、臨時)
移動変形調査 (資料整理)	12	孔月	1 孔 (BV-2 孔)
移動変形調査	14	回	挿入式孔内傾斜計

表 1.3 業務数量一覧表 (2)

移動変形調査（資料整理）	14	孔月	1 孔（BV-1 孔）
自記水位計観測	28	回	2 孔、1 回/月、臨時）14 回×2 孔
自記水位計観測（資料整理）	28	孔月	2 孔（BV-1W 孔、BV-2 孔）
移動変形調査（パイプ式歪計）	1	孔	1 方向 2 ゲージ
岩石試験	1	式	
密度、吸水率、含水比、有効間隙率試験	3	試料	
超音波速度試験	2	試料	
一軸圧縮強度試験	2	試料	
引張強度試験	3	試料	
スレーキング試験	3	試料	
X線試験	3	試料	
解析等調査	1	式	資料整理とりまとめ 断面図等の作成
5. 仮設工	1	式	
足場仮設	1	式	
傾斜足場（傾斜 30° 以上 45° 未満）	2	箇所	
運搬工	1	式	
人肩運搬（50m以下）	5.6	t	
資機材運搬	1	式	
（クレーン揚重運搬）	1	式	50 t RC×2 回
6. 地質調査業務（解析等調査）	1	式	
解析等調査	1	式	
地すべり調査	1	式	
地盤特性検討	1	業務	
機構解析	1	業務	
安定解析	1	業務	2 測線
対策工法選定	1	業務	
報告書作成	1	業務	電子成果品
地表地質調査	1	式	
打合せ	1	式	
打合せ協議	1	式	
打合せ（解析等調査）	4	回	着手時、中間時 2 回、 納品時の 4 回

表 1.4 数量内訳（ボーリング）

孔番	孔径	掘進長(m)								
		当初数量(m)			変更数量(m)			増減(m)		
		礫混り 土砂	軟岩	計	礫混り 土砂	軟岩	計	礫混り 土砂	軟岩	計
BV-1	66mm	10.0	5.0	15.0	1.5	20.5	22.0	-8.5	15.5	7.0
BV-2	66mm	20.0	5.0	25.0	1.2	23.8	25.0	-18.8	18.8	0.0
BV-3	66mm	20.0	5.0	25.0			0.0	-20.0	-5.0	-25.0
BV-4	66mm	10.0	5.0	15.0			0.0	-10.0	-5.0	-15.0
BV-1W	66mm				1.5	13.5	15.0	1.5	13.5	15.0
合計		60.0	20.0	80.0	4.2	57.8	62.0	-55.8	37.8	-18.0

表 1.5 数量内訳（標準貫入試験）

孔番	孔径	標準貫入試験(回)								
		当初数量(回)			変更数量(回)			増減(回)		
		礫混り 土砂	軟岩	計	礫混り 土砂	軟岩	計	礫混り 土砂	軟岩	計
BV-1	66mm	10	5	15			0	-10	-5	-15
BV-4	66mm	10	5	15			0	-10	-5	-15
BV-1W	66mm					15	15	0	15	15
合計		20	10	30	0	15	15	-20	5	-15

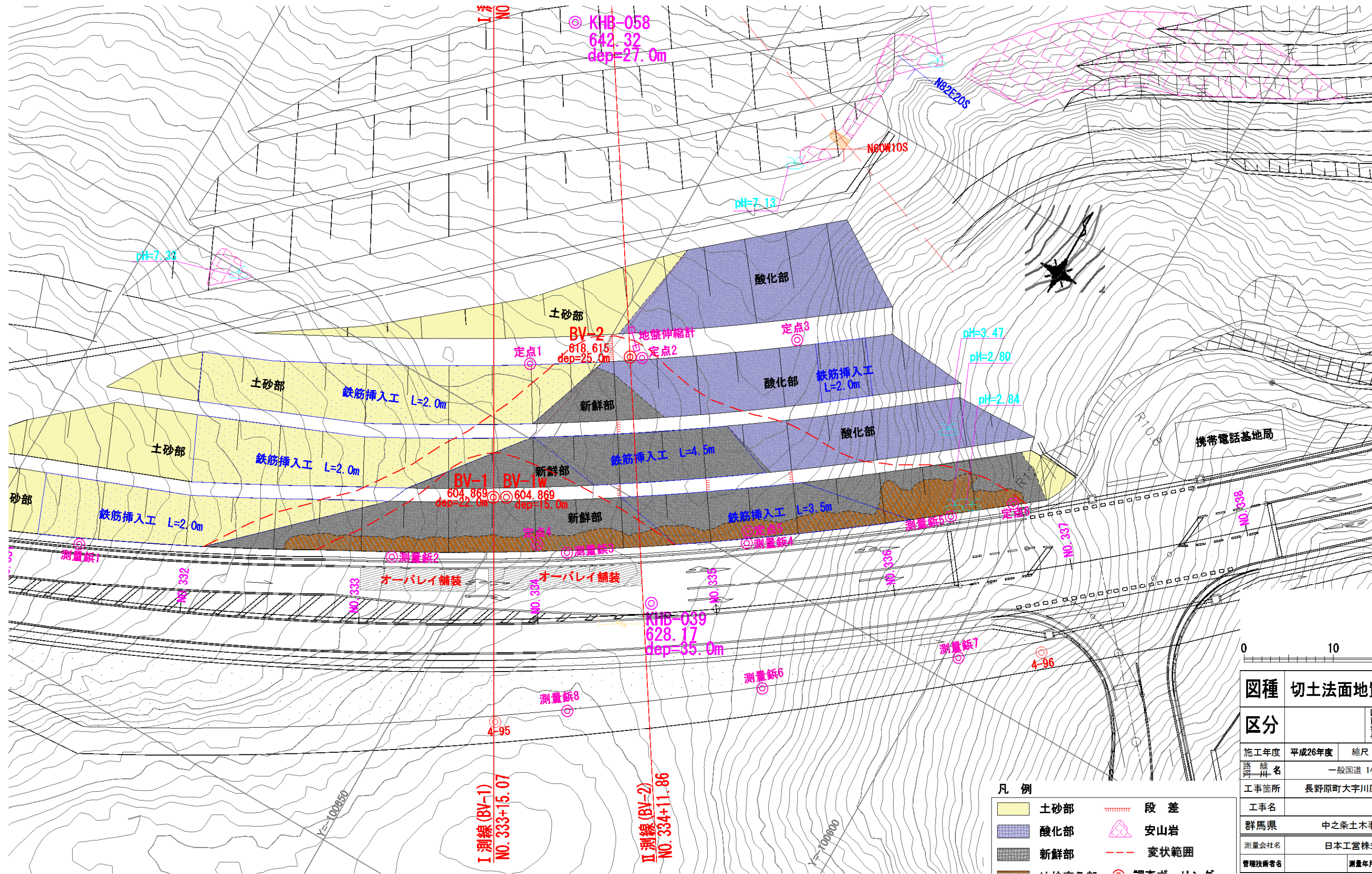


図 1.1 調査位置平面図 S=1:400

2. 地形・地質概要

2.1 調査地周辺の地形

調査地は、吾妻郡長野原町大字川原畑の国道 145 号（ハッ場バイパス）に面する山側切土法面である。

当該斜面は、ハッ場ダム建設事業に伴う付替国道工事により造成された南東向きの切土法面で、延長約 80m、最大比高差約 45m の長大斜面となる。

この国道 145 号（ハッ場バイパス）は東北東－西南西方向に通過しており、中之条方面ではハッ場沢を跨ぎ、茂四郎トンネルに至っており、長野原方面は遷緩線付近をやや蛇行して通過するルートとなっている。

当該斜面の北西側上方斜面は標高 680m 付近までは比較的急傾斜面を呈しているが、尾根地形に至ると幅 100～200m 程度の緩斜面となり、不明瞭な北東-南西方向のリニアメント（直線構造）による鞍部が形成されている。

また、斜面下方（南東側）は上方斜面との連続性が伺える尾根地形が残存するものの、不明瞭な北東-南西方向のリニアメント（直線構造）によると推察される平坦面（緩斜面）が形成されている。

現在の国道 145 号は標高 597m 付近を通過しており、造成前より約 30m の切土（土工）により当該斜面は形成されている。

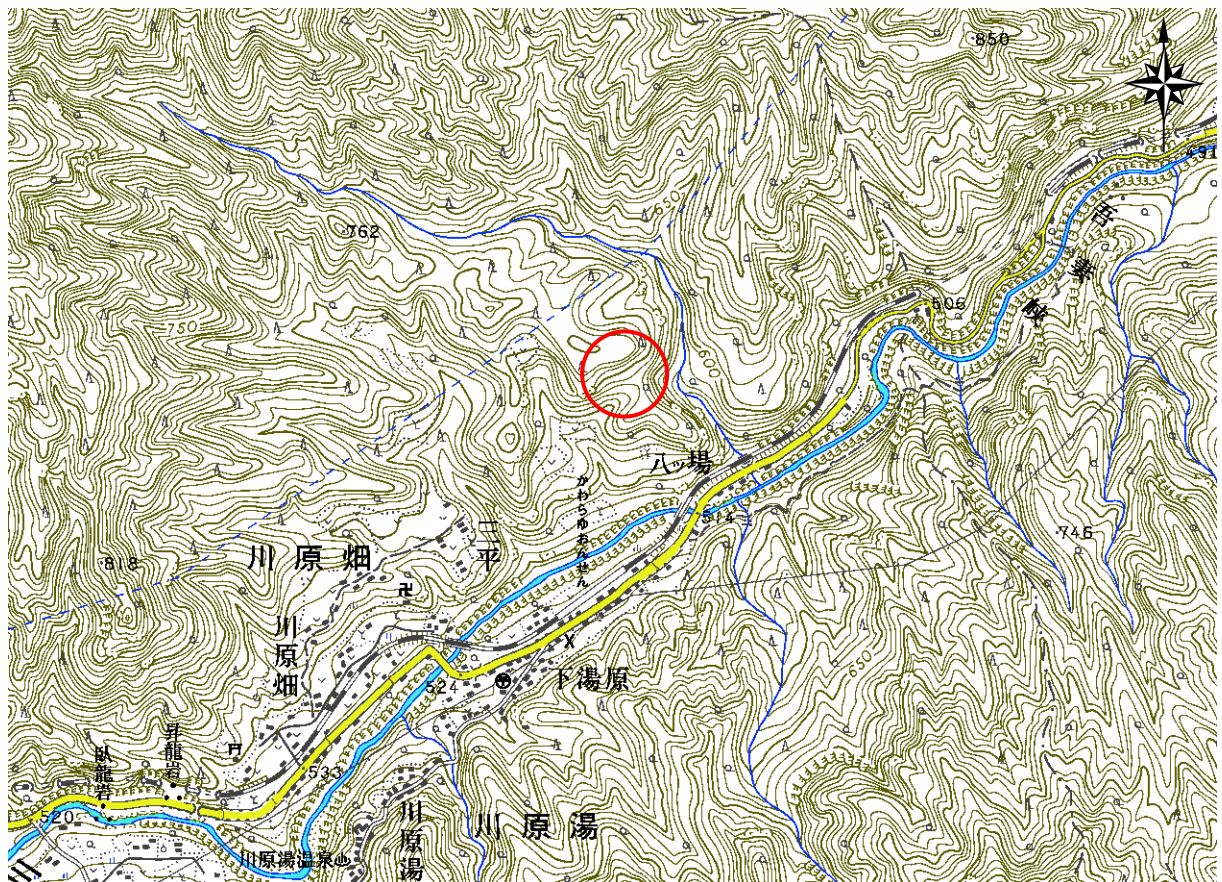


図 2.1 調査地周辺の地形図

国土地理院発行 1/25,000 「長野原」に加筆

2.2 調査地周辺の地質

調査地周辺の基盤岩は、新第三紀中新世～鮮新世の火山岩類及びこれらを貫く貫入岩類より構成され、調査地より西側の吾妻川兩岸の高所（高標高）では第四紀更新世の火山岩類が分布している。

以下に調査地周辺に分布する基盤岩について概説する。

(1) 新第三紀火山岩類

1) 川原畑層

川原畑層は、調査地周辺で最も下位に分布する地層と考えられ、安山岩質の凝灰角礫岩、凝灰岩、溶岩などにより構成されている。主に川原湯周辺の吾妻川河床付近に分布しており、大局的には東北東～東（吾妻川下流）方向に $30\sim 50^\circ$ の勾配を有する。

2) ハッ場安山岩類及び林層

吾妻川河床付近に分布する川原畑層を境界として、下流側では不整合に覆うようにハッ場安山岩類が分布している。安山岩質の火山角礫岩を主とし、溶岩、安山岩質貫入岩等により構成され、水平もしくは緩勾配で東北東～東（吾妻川下流）方向に傾斜している。

一方、上流側では、安山岩質火砕岩類、溶岩などにより構成される林層が分布しており、南西～西（吾妻川上流）方向に $15\sim 30^\circ$ で傾斜している。川原畑層との関係は明確にされていないが、不整合の関係にあるものと考えられている。

(2) 貫入岩類（新第三紀～第四紀）

温井安山岩、温井石英斑岩、川原湯斜長斑岩、小倉安山岩、久森石英安山岩類、昇竜岩脈群など、岩質、形態、規模の異なる貫入岩体の活動があり、調査地周辺の地質構造を複雑にしている。地質構造を規制するような大規模な断層は周辺で確認されていないが、各種貫入岩体の貫入に伴い岩体周辺では地層の変形、変質、破碎が著しい。また、温井安山岩や温井石英斑岩周辺では熱水変質が著しく、より地質構造を複雑にしている。

(3) 第四紀火砕岩類・堆積物類

調査地の西側（吾妻川上流側）では、林層を不整合に被い第四紀更新世の長野原層が分布している。林層同様に安山岩質の火砕岩類、溶岩などより成り、基底部に厚い礫岩を伴う。

これらの基盤岩を被い、吾妻川に沿って約二万年前の大規模な黒斑火山の崩壊により形成された応桑岩屑流堆積物が $20\sim 40\text{m}$ の層厚をもって分布している。

また、周辺斜面には、段丘堆積物、土石流堆積物、崖錐堆積物、現河床堆積物、軽石などの未固結層が緩斜面を形成しつつ断続的に分布する。

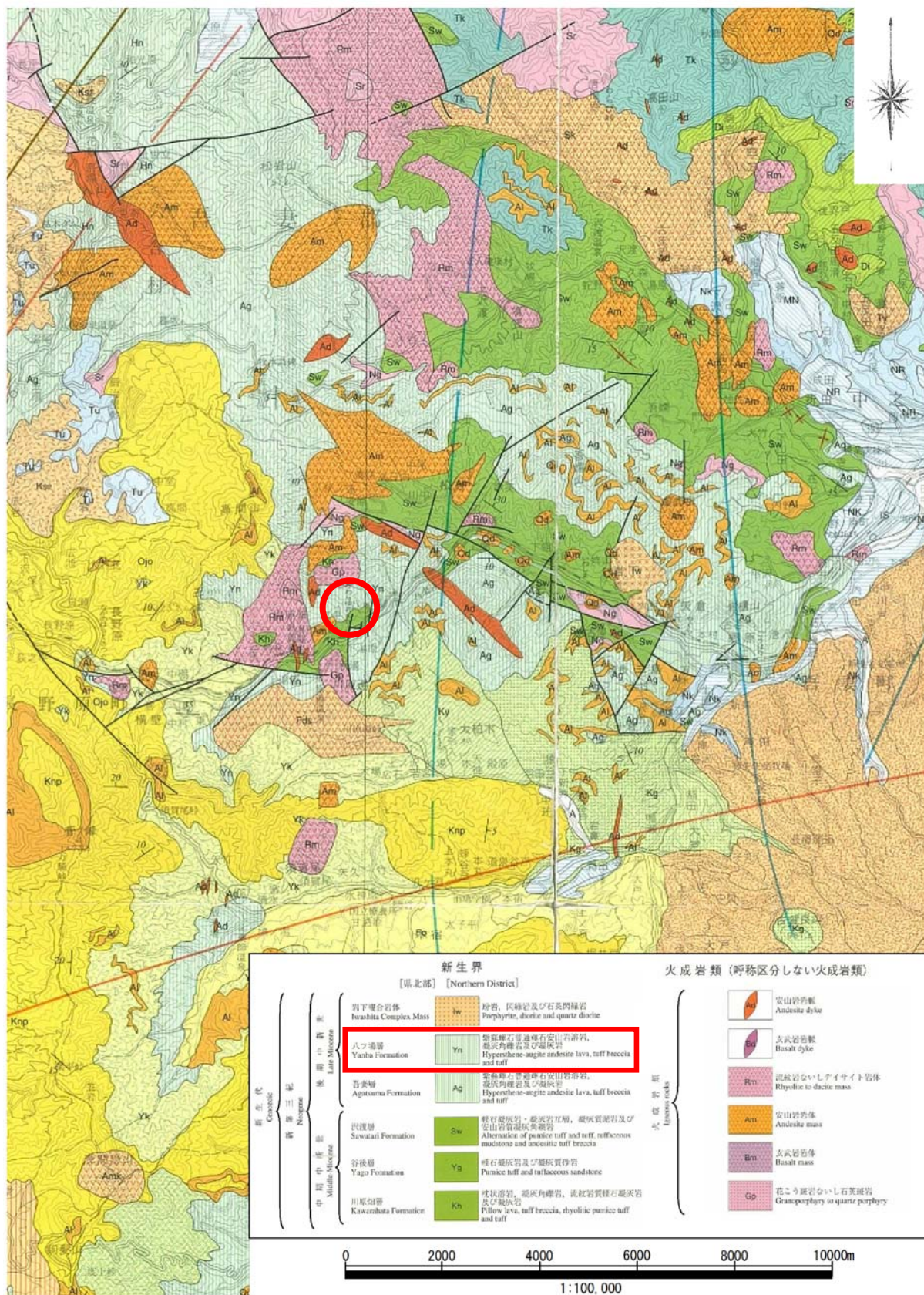


図 2.2 調査地周辺の地質図

「群馬県 10 万分の 1 地質図 (1999)」群馬県地質図作成委員会に加筆

3. 調査方法

3.1 計画準備、既存資料収集・現地調査

業務の目的・主旨を理解したうえで設計図書に示す業務内容を確認し、業務計画書、作業計画書を作成し、監督職員に提出した。

また、既存設計関連資料の確認ならびに現地踏査結果より、調査計画（調査位置、諸元、仮設運搬等）の妥当性を確認し、地すべり調査手法を参考に調査計画を立案した。

(1) 現地踏査

既設構造物の法枠コンクリートや、小段シールコンクリート等の亀裂や変形箇所の測定を行う。コンクリートの亀裂は、幅と長さを測定し出来型図に記載した。

(2) 工程表作成

作業工程のネットワーク工程表を作成した。

3.2 測量業務

(1) 定点測量

法面と道路面の変状を把握するため、既設法枠の1段目に3点と3段目小段に3点の合計6点のミラーと、道路路肩に8点の鋸を設けて1ヶ月毎に計測した。

(2) 横断測量

当該現地調査後の解析に使用する横断測量を実施した。測量位置は平面図に示す。

3.3 地質調査（一般調査）

3.3.1 機械ボーリング

ボーリングは変状範囲より、主測線のⅡ測線（BV-2）と副測線のⅠ測線（BV-1）の2孔でボーリング調査を行った。

ボーリング孔径はφ66とし、コア観察により地質状況を確認すると共に、各ボーリング孔には、計測機器（孔内傾斜計アルミガイドパイプ、パイプ歪計）を設置し変動深度や地下水位を把握する目的で計測を行った。

機械ボーリングの実施にあたっては、以下の実施方針とした。

- ボーリングマシンは状況に応じて2台で掘進し、効率的に工程短縮を図った。
- 日報・月報等を整理し、進捗を監督職員に報告した。掘止めはコアを目安に判断し、判断基準は予定される構造物に必要な物性値を想定し、協議の上設定した。
- 支持層が予定深度前に確認された場合や予定深度でも確認できない場合は監督員と協議した。
- 高品質な地質試料採取を目的に、コアチューブ、ビット等を適宜選定した。
- 作業時は仮囲いを設置し環境保全に努めた。仮囲いで足場のやぐらを覆う場合は、環境に配慮したシートを用いた。
- 標準貫入試験は掘進深1m毎に実施した。

ボーリングの方法は以下のとおり。

(1) 目的

地質状況の把握及び物性値把握のため、調査ボーリングを実施した。

(2) 掘削方法

機械ボーリングは、油圧式スピンドルを有するロータリー式ボーリングマシンを使用して実施した（右図参照）。

削孔に際しては、地質状況に応じたビット・コアチューブを用いるものとし、圧力・回転数・送水量を加減してコアを最大限採取できるように作業を進めた。また、削孔後に孔壁の自立が困難な区間については、ケーシングパイプを挿入し、孔壁保護を図った。

毎日の作業開始前及び作業終了後には孔内水位を測定し、ボーリング日報に記載した。また、ボーリング日報には、作業に使用した諸資材料等についても記載した。

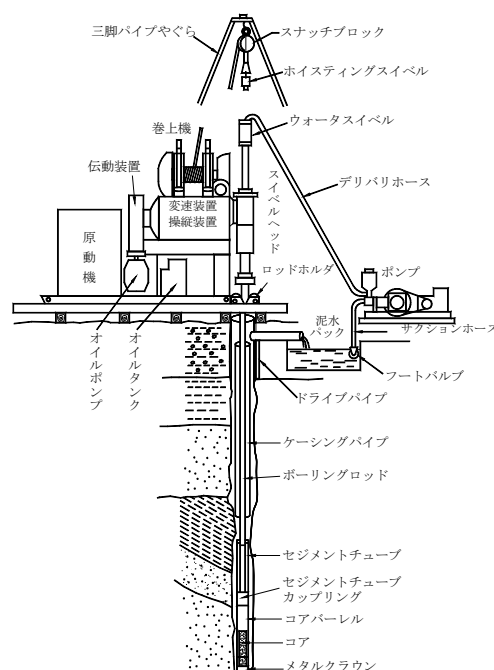


図 3.1 ボーリング装置模式図

(3) ボーリング仮設

ボーリング仮設は、調査地が国道 145 号線に面する切土法面上となることから、安全管理及び第三者（一般通行人）の安全確保に留意して作業を実施した。

なお、足場は傾斜足場とした。

(4) 検尺（掘り止め）

ボーリングの掘進延長が所定の深度に達した場合、且つ、支持層確認という目的を十分に満足していると考えられる場合に、監督員との協議により掘り止めを判断し、原則として立会検尺を実施した。

一方、所定の深度に達したにもかかわらず、目的を達成していないと判断される場合についても同様に、監督員との協議により最終的な掘進延長を判断した。

(5) コアの整理

採取したコアはコア箱（5m 入り）に納め、監督員の指示する場所へ納品した。コア箱の蓋の裏表には調査名・孔番・深度・孔口標高・請負者名等を記入し、両横・手前には孔番・深度を記入した。内部の仕切りには深度を記入し、掘削の仕切りを示す仕切り板を入れた。コア箱は一箱ごとに撮影し、ボーリング柱状図とともに成果品として提出した。

本業務では、標準貫入試験を実施するため、コアは 50cm ごとに箱に納めた。また、貫入試験のペネ試料をコア箱に納めた。

(6) 後片付け

現地作業終了後は、直ちに機材、廃棄物及び不要資材等の後片付けと清掃を行った。

3.3.2 標準貫入試験

標準貫入試験は、原位置における土の硬軟あるいは締まり具合を判定するとともに、土の攪乱試料を採取することを目的として実施した。

試験は JIS A 1219 に準拠して、サンプリングとの重複箇所を除き、原則的に 1m 毎に実施した。

試験装置は、外径 51mm, 内径 35mm, 全長 81cm の貫入試験用サンプラー及び、重量 63.5Kg のハンマー等によって構成される。

試験の概念図を下図に、主な試験用具を次頁に示す。

試験の基本手順は、15cm の予備打ちを行って深度を測定した後、重量 63.5Kg のハンマーを 75cm の高さから自由落下させ、試験用サンプラーを 30cm 地中に打ち込むのに要する打撃回数を測定し、これをN値として記録した。ただし、打撃回数は 50 回を限度とし、50 回を越える場合には打撃を中止し、その時の貫入量を記録した。

また、本試験時に得られた攪乱試料は層相、含水状態、色調等について観察した。

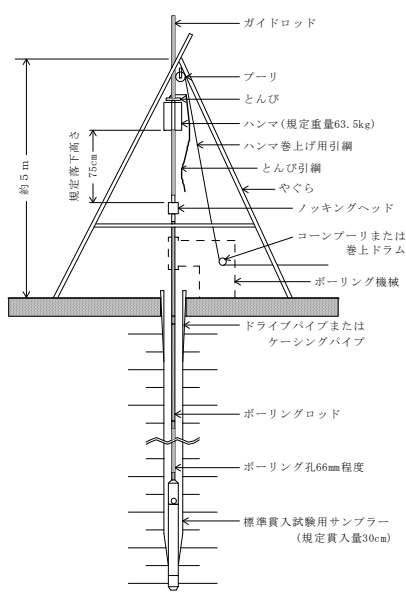
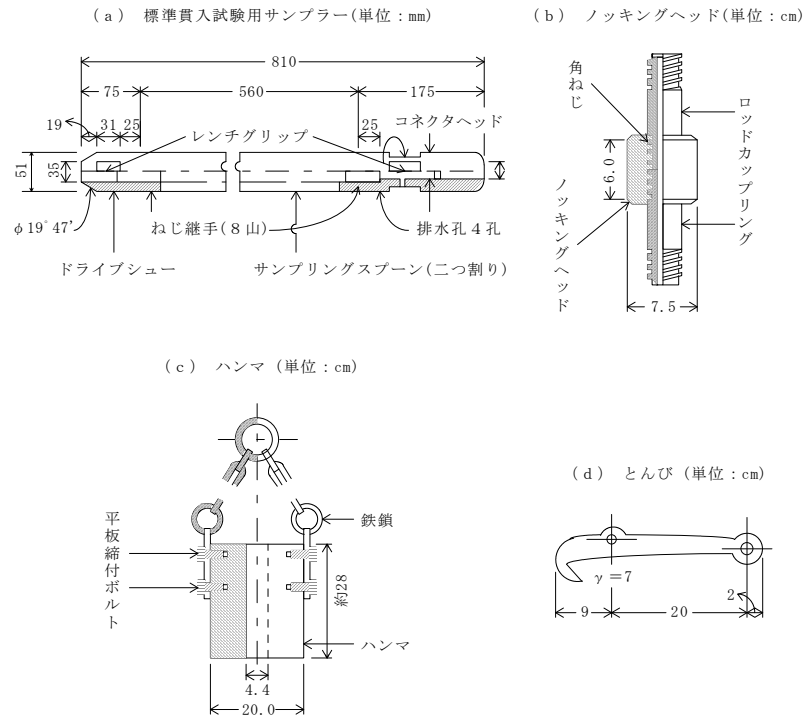


図 3.2 標準貫入試験概念図



各部	全長	シュー長	バレル長	ヘッド長	外径	内径	シュー角度
規格 (mm)	810	75	560	175	51	35	19° 47'

図 3.3 標準貫入試験主な試験用具

3.3.3 移動変形調査（地盤伸縮計）

3 段目法面上部に伸縮計を 1 基（S-1）設置し、変動状況を計測した。変動状況は表 3.1 により分類した。

表 3.1 地盤伸縮計判定表

変動種別	日変位量 (mm)	累積変位量 (mm/月)	一定方向へ の累積傾向	総合判定	
				変動判定	活動性ほか
変動 A	1 以上	10 以上	顕 著	確 定	活発に運動中、 表層・深層すべり
" B	0.1~1	2~10	やや顕著	準 確 定	緩慢に運動中、粘質土・ 崩積土すべり
" C	0.02~0.1	0.5~2	ややあり	潜 在	継続観測が必要
" D	0.1 以上	な し (断続変動)	な し	異 常	局所的な地盤変動・ その他

出典) 地すべり防止技術指針及び同解説 平成 20 年 4 月 国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所 P29

3.3.4 移動変形調査（パイプ式歪計）

BV-2 孔でパイプ歪計（ストレーナ加工）による計測を行い、変動深度を把握すると共に地下水位を計測した。

表 3.2 パイプ歪計観測結果による地すべり判定基準

変動種別	累積変動値 (μ/月)	変動形態		すべり面存在 の地形・地質 的可能性	総合判定	
		累積傾向	変動状態		変動判定	滑動性ほか
変 動 A	5,000 以上	顕 著	累積	あ り	確 定	顕著に活動して いる岩盤～崩積 土すべり
" B	1,000 以上	やや顕著	累積	あ り	準 確 定	緩慢に活動して いるクリープ型 地すべり
" C	100 以上	ややあり	累 積 断 続 攪 乱 回 帰	あ り	潜 在	すべり面存在有 無を断定できな いため、継続観 測が必要
" D	1,000 以上 (短期間)	な し	断 続 攪 乱 回 帰	な し	異 常	すべり面なし 地すべり以外の 要因

出典) 地すべり防止技術指針及び同解説 平成 20 年 4 月 国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所 P20

3.3.5 移動変形調査（挿入式孔内傾斜計）

BV-1 孔で孔内傾斜計による計測を行い、移動深度や移動方向、移動量を把握した。

3.3.6 地下水位調査（地下水位計）

BV-1W 孔で水位計による計測を行い、地下水位を把握した。

3.3.7 観測データ整理

各種観測データ整理は、降雨量や BV-2 を併せて整理し、個別の計測データとともに計測機器相互の関係性に着目した。

3.4 各種試験

3.4.1 岩石試験

下表に示す内容で岩石試験を行った。試験体はコアの変質・風化状態を見て、次項写真に示す位置から採取した。

- 1) 岩石試験
 - ① BV-1 GL-0.0m～5.0mの強風化凝灰角礫岩
 - ② BV-2 GL-5.0m～10.0mの安山岩
 - ③ BV-2 GL-20.0m～25.0mの凝灰角礫岩
- 2) X線試験
 - ① BV-1 GL-0.15m～1.0mの強風化凝灰角礫岩
 - ② BV-1 GL-5.0m～10.0mの凝灰角礫岩
 - ③ BV-1 GL-11.6m～15.0m自破碎溶岩

表 3.3 岩石試験項目表

試験名	整形	指定すべき状態	求められる数値及び主な利用法
密度	不要	—	岩石のかさ密度を把握する。
吸水率	不要	強制湿潤	飽和した時の岩石の含水率を把握する。
含水率	不要	自然状態	自然状態時の岩石の含水率を把握する。
有効間隙率	不要	強制湿潤	外部の気相や液相と置き換えることのできる間隙率を把握する。
超音波試験	要	強制湿潤、強制乾燥、自然状態、縦波、横波	岩石中の弾性波の伝播速度（岩盤の亀裂の予想・動弾性係数、動ポアソン比）から硬さがわかる。
圧縮強度	要	強制湿潤、乾燥、自然状態	軸方向の圧縮力による岩石の破壊強度より、岩石の強度・変形特性を求める
引張強度	要	強制湿潤、乾燥、自然状態	軸方向の引張力による岩石の破壊強度より岩石の強度を求める。
スレーキング試験	不要	自然状態	スレーキングのしやすさ。膨潤化が観察でき、耐久性の把握を行う。
X線	不要	自然状態、乾燥	粘土鉱物の相対的な多少。膨潤化の程度の把握を行う。

写真 3-1 BV-1 ボーリングコア写真
(掘進長 L = 22.0m)

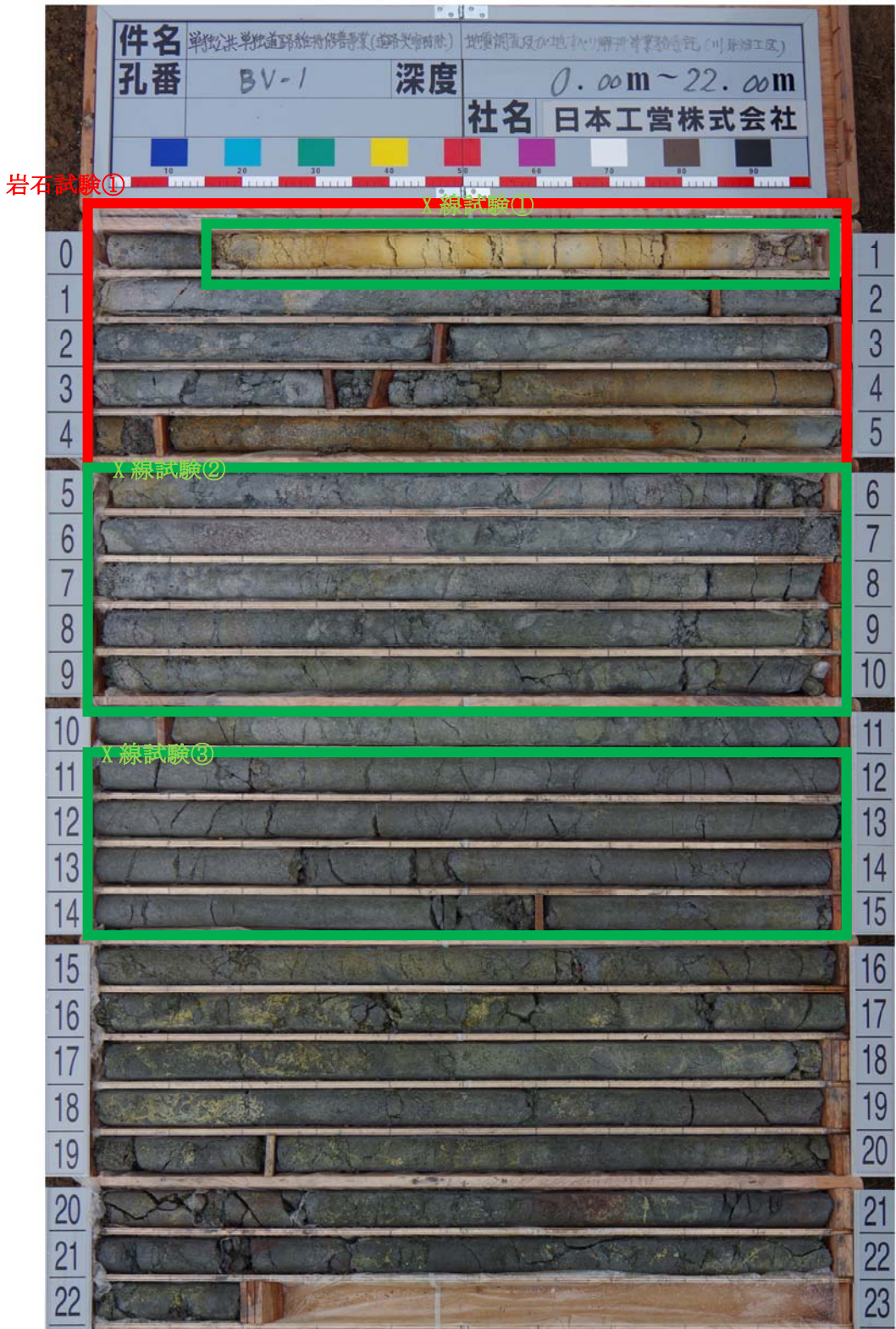


写真 3-2 BV-2 ボーリングコア写真
(掘進長 L = 25.0m)

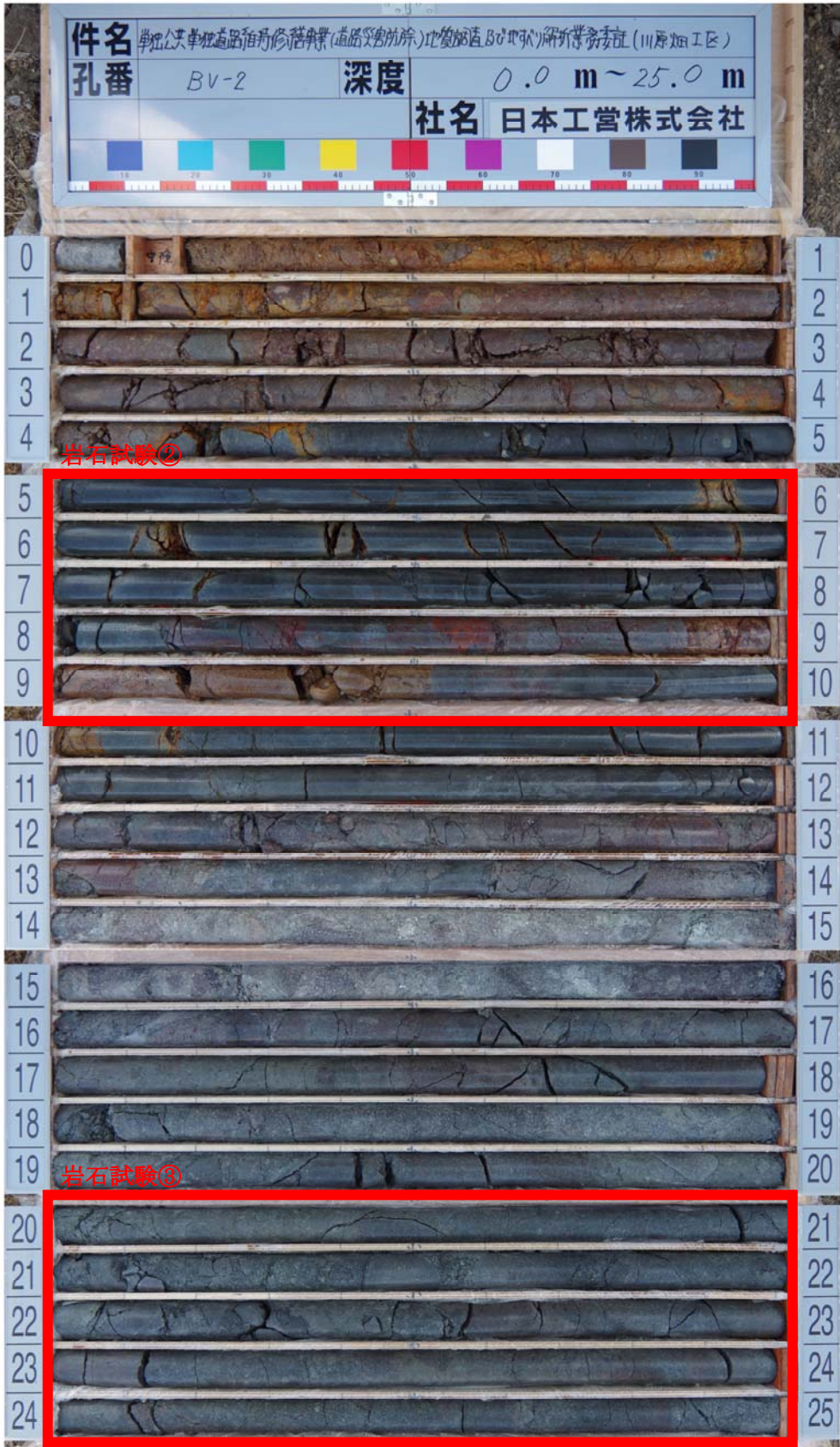
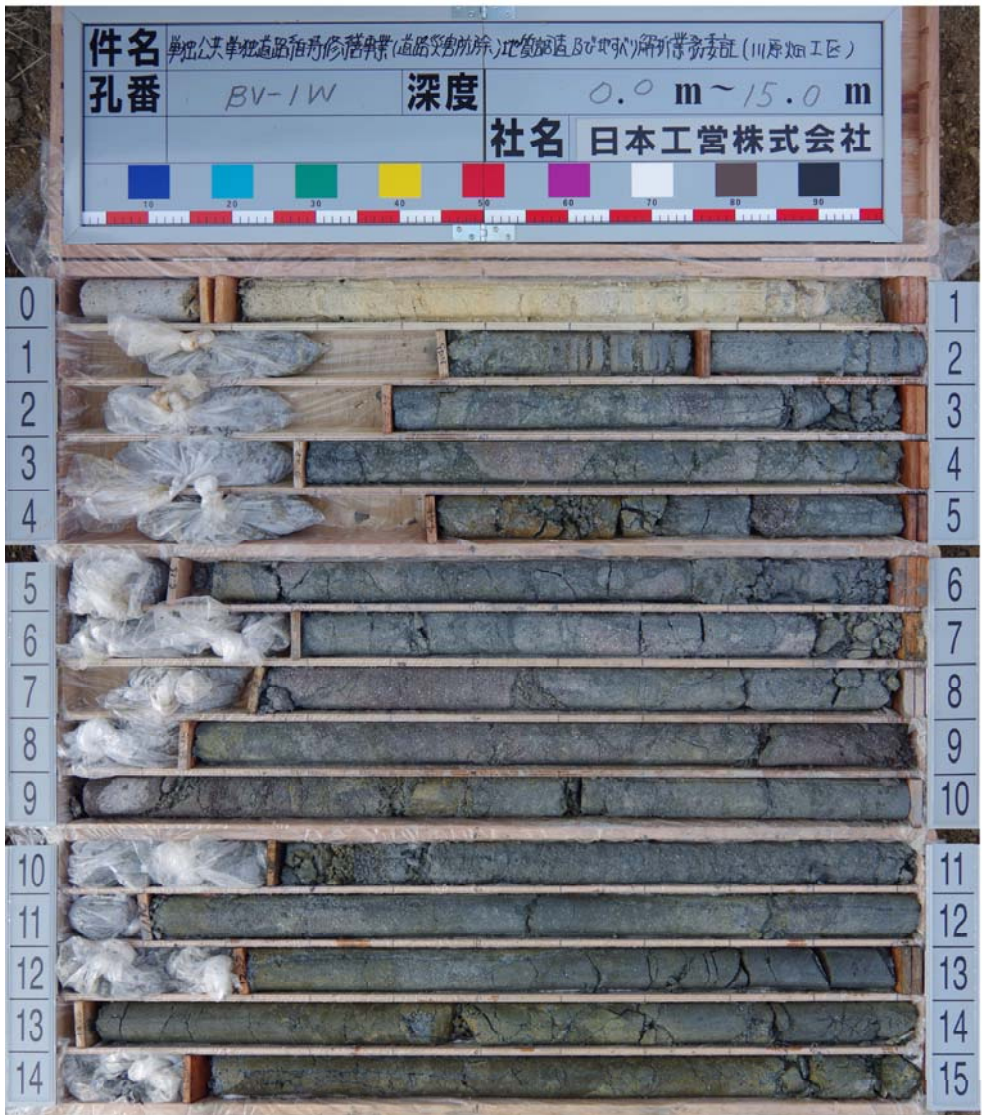


写真 3-3 BV-1W ボーリングコア写真
(掘進長 L = 15.0m)



岩石試験

- ① BV-1 深度 0m ~ 5.0m 区間
- ② BV-2 深度 5.0m ~ 10.0m 区間
- ③ BV-2 深度 20.0m ~ 25.0m 区間

X線試験

- ① BV-1 深度 0.15m ~ 1.0m 区間
- ② BV-1 深度 5.0m ~ 10.0m 区間
- ③ BV-1 深度 11.6m ~ 15.0m 区間

(1) 密度・吸水率、含水比、有効間隙率試験

ボーリングで採取された試験可能なコアで、3箇所試験を行った。

(2) 超音波速度試験

ボーリングで採取された試験可能なコアで、3箇所の試験を行う。試験は、超音波パルス透過法を用いる。岩石の弾性波速度を求めることで硬さがわかり、周辺の岩石と比較することで変質部の強度差を把握した。

(3) 一軸圧縮強度試験

ボーリングで採取された試験可能なコアで、3箇所の試験を行い、岩石の強度・変形特性を求めた。

(4) 引張強度試験

ボーリングで採取された試験可能なコアで、3箇所の試験を行い、圧裂により岩石の強度・粘着力・内部摩擦角・変形特性を求めた。

(5) スレーキング試験

ボーリングで採取された試験可能なコアで、3箇所の試験を行った。乾湿繰り返し吸水率試験結果から、試料の吸水量増加率の関係を求め、岩の風化に対する耐久性を把握した。

(6) X線試験

ボーリングで採取された試験可能なコアで、3箇所の試験を行った。膨張性の粘土鉱物の有無や、岩石に含まれる鉱物区分を把握した。

4. 調査結果

4.1 踏査結果

当該のり面では切土面の表面保護を目的とし、現場打吹付のり枠工と枠内に鋼製受圧板併用の鉄筋挿入工が施されている。

調査ボーリングに先だって行ったのり面変状調査では、以下の変状が確認された。

- ・ のり枠コンクリートの、2 mm未満のヘアークラックと 2 mm以上の亀裂
- ・ 枠内土砂（無補強部）のはらみ出し（法枠と枠内段差 10 cm以下の箇所）
- ・ 鋼製受圧板の沈下（法枠との段差 11 cm以上）や変形（目視確認出来る受圧板）
- ・ 無補強（鉄筋挿入工未施工）部の法枠変形（勾配変化等目視確認出来る箇所）
- ・ 小段シールコンクリートの亀裂や段差（目視確認出来る箇所を計測）

のり面変状調査より、No334+10 付近の 3 段目のり面を頭部とする変状範囲と、No333+15 付近の 2 段目のり面を頭部とする変状範囲が確認された。

① 変状範囲 1（No332+5 付近～No336+15 付近）

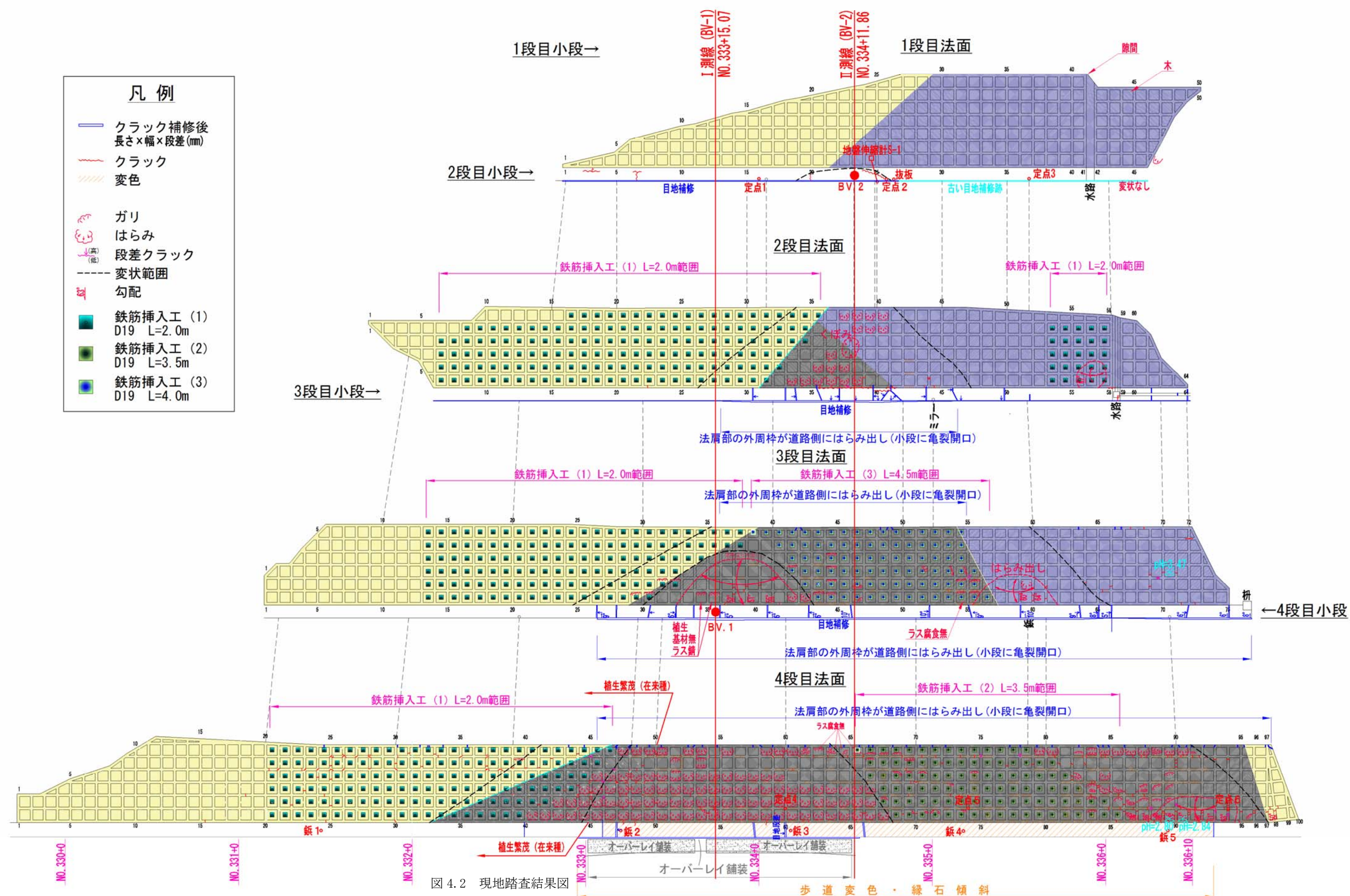
小段シールコンクリートの亀裂や段差や、のり枠工の亀裂や変色、枠内土砂のはらみ出し、枠内補強部の受圧板沈下が少しでも確認出来た範囲とした。

② 変状範囲 2（No332+10～334+15 付近）

当該範囲は鉄筋挿入工による補強が施されていない範囲で、のり枠のはらみ出しが確認できた範囲とした。



図 4.1 現場踏査写真



切土法面地質正面図 S=1:200 (A1)
S=1:400 (A3)

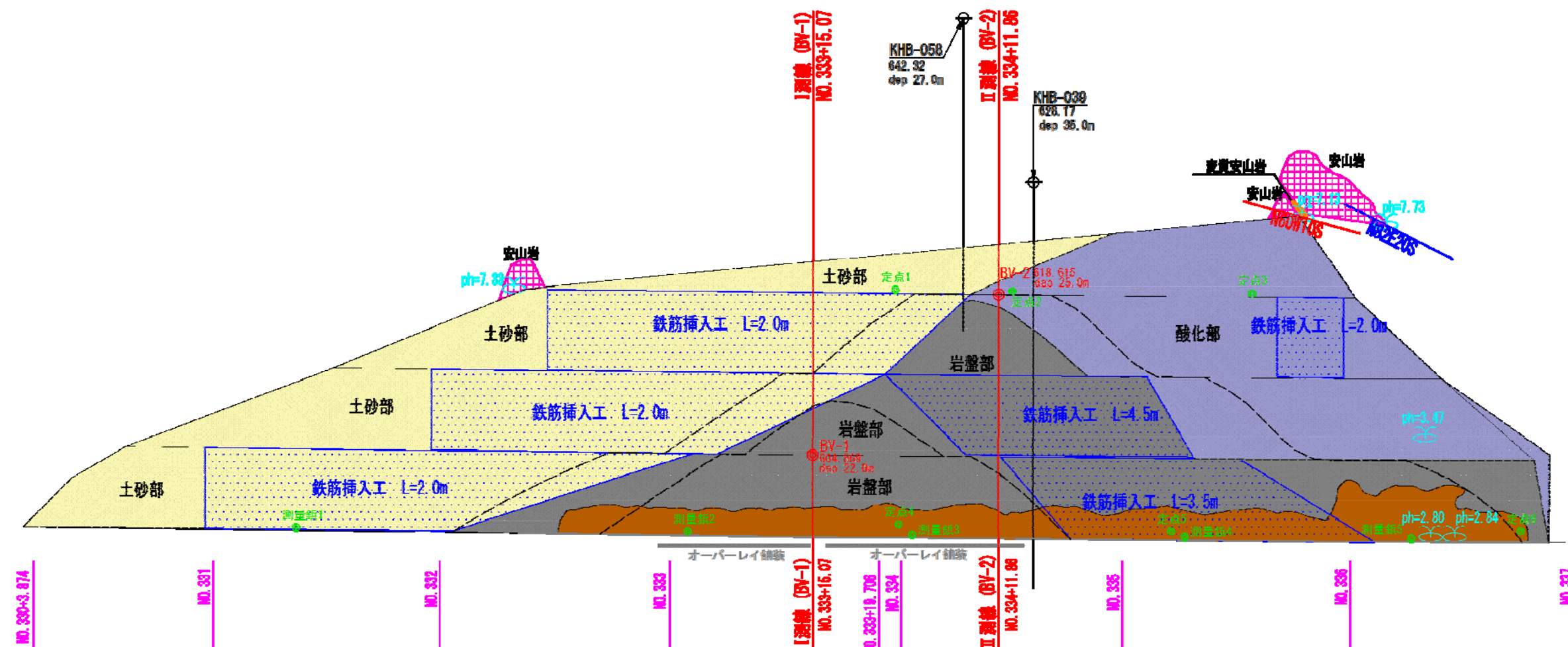


図 4.3 切土法面地質正面図

図種	切土法面地質正面図		
区分		図号	4-3
施工年度	平成28年度	縮尺	S=1:200 (A1) S=1:400 (A3)
路線名	一般国道 145号線		
工事箇所	長野県南大井町大字川原畑 地内		
工事名			
群馬県	中之条土木事務所		
測量会社名	日本工営株式会社		
測量場所名		測量年月日	平成27年4月
設計会社名	日本工営株式会社		
設計場所名		設計年月日	平成27年 月
照査	設計	製図	

4.2 気象

4.2.1 観測期間の降水状況

調査地に近接する「長野原」観測所（国土交通省）の平成 26 年 9 月～平成 28 年 2 月末までの降水量データから、主だった降雨として累積雨量 50mm 以上の降雨について抽出した。

< 累積雨量 100mm 以上 >

- ① H27. 9. 6-H27. 9. 10
 - ・ 累積雨量 : 194mm
 - ・ 最大日雨量 : 144mm (H27. 9. 9)
- ② H27. 6. 15-H27. 6. 23
 - ・ 累積雨量 : 160mm
 - ・ 最大日雨量 : 58mm (H27. 6. 18)
- ③ H26. 10. 5-H26. 10. 6
 - ・ 累積雨量 : 100mm
 - ・ 最大日雨量 : 61mm (H26. 10. 5)

< 累積雨量 50mm 以上 >

- ① H27. 7. 15-H27. 7. 19
 - ・ 累積雨量 : 84mm
 - ・ 最大日雨量 : 48mm (H27. 7. 17)
- ② H27. 8. 28-H27. 9. 3
 - ・ 累積雨量 : 75mm
 - ・ 最大日雨量 : 25mm (H27. 8. 29)
- ③ H27. 9. 24-H27. 9. 25
 - ・ 累積雨量 : 60mm
 - ・ 最大日雨量 : 45mm (H27. 9. 25)
- ④ H27. 8. 16-H27. 8. 17
 - ・ 累積雨量 : 58mm
 - ・ 最大日雨量 : 55mm (H27. 8. 17)
- ⑤ H26. 10. 13-H26. 10. 14
 - ・ 累積雨量 : 56mm
 - ・ 最大日雨量 : 47mm (H26. 10. 13)

*ここでの累積雨量とは、無降雨状態が 24 時間以内の連続した降水量の総和を指す。

表 4.1 日降水量及び累積降水量

年月	H26								H27																		H28														
	9月		10月		11月		12月		1月		2月		3月		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月						
日	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積	日降水量	累積							
1	19	↓	0		12	↓	6	33	0		0		16		3		0		0		33		2	↓	8	↓	2	↓	0		0		0		0						
2	1		0		1		0	0		0		0		0		0		0		26	28	1	16		18		13		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
3	1		0		1		14	0		0		0		2	↓	1		0		5		1			0				12	75	0		0	1	0	0	0	0	0		
4	1		0		0		0	0		0		0		13	15	0		4	↓	0		2			0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	2	↓	61	↓	0		0		0		0		0		1	↓	1	5	22	↓	11		0		0		0	1	0	0	0	0	0	0	0						
6	7		39	100	1		0		1		0		0		2		↓	0		11	33	1		2		17	↓	0		0	0	0	0	0	0	0					
7	6		37	0	0		0		0		0		0		11			↓	7		0		1		0			15	↓	0		0	0	0	0	0	0	0			
8	0		0	0	0		0		0		0		6	↓	7			21	0		0		8		0			16		↓	0		10	↓	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	4		0		0		0		10	↓		0			0		30		1	25	0		144		↓			0		1		↓	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	5	0		0		0		1			17	4		0		0		0		0		2	194				0		5			16	1	↓	0	0	0
11	0	0	0	0		5		0		0		0				5		0		0		0		0		0			4			0				22	23	0		0	0
12	0	0	0	0		0		0		0		0			0		3	↓	5		0		0		0		0			0		0		0			0	0	0	0	
13	0	↓	47	↓	0		0		0		0		0		27	↓	1	4	0		0		5	↓	0		0		0		1	↓	0		0	0	0	0			
14	0		9	56	0		1		0		0		0		13		↓	0		0		0			6	11	0		0		28		↓	0		0	0	17			
15	0		0	0	0		0		12		2		0		3		43	0		7	↓	2	↓		0		0		0		18			47	0		0	0	0	0	
16	0		0	0	0		14	↓	0		0		0		0			6		8		↓			25	↓	3	↓	0		0				0		0		0	0	0
17	2	0	0	0		1	↓	0		0		0		1		0		8	↓	48				↓	55		58	12	↓	0		3			0		1	↓	0	0	0
18	0	0	0	0		3	18	0		2		1	↓	0		21	↓	58		↓					6		↓	0		14	26	0		33	↓	0		30	31	0	0
19	0	0	0	0		0		0		0		11	12	0		18	39	18			↓		3		84			0		0		0		1		37	0		0	0	0
20	0	10	0	0		7		0		0		0		12	↓	0		11				↓	0			↓		0		0		0		0			0		15		11
21	0	0	0	0		0		0		0		0		11	23	0		9	↓				0	↓				4	↓	0		0		0			0		0	0	0
22	0	22	↓	0		0		5		0		0		0		0		3		↓			1				↓	4		↓	0		0		0		0		0	0	0
23	0	1	23	0		0		0		2		0		0		0		38			160		13		14			2			10	0		0		0		1		0	0
24	4	↓	0		0		0		0		0		0		0		0				0		0			0					15	↓	0		0		0		0	0	0
25	3	7	0		13	↓	0		0		0		0		0		0		0			0		7	↓	45		60	0			8	↓	0		0	0	0	0		
26	0	0	0		19	32	0		7	↓	3		0		0		0		31	↓	0		10	17	0		0		12	20	0		0	0	0	0					
27	1	0	0		0		0		2	9	0		0		0		0		6	37	0		0		1		0		0		0		0	0	0	0					
28	0	0	0		0		0		0		0		0		0		0		0		27		3	↓	0		0		0		0		0	0	0	0					
29	0	0	0		25	↓	1		0				0		0		0		0		0		25		↓	0		0		0		0		24	↓	0		0			
30	0	0	0		2	↓	0		3				0		0		0		0		10		21			↓	0		0		0		0		4	28					
31			0				0		0				0				0				0		5				↓			0				0		0					
上旬	37.0		100.0		20.0		6.0		1.0		0.0		48.0		29.0		12.0		68.0		58.0		30.0					215.0		19.0		29.0		2.0		0.0		0.0			
中旬	2.0		66.0		0.0		31.0		12.0		4.0		12.0		61.0		49.0		115.0		84.0		69.0		26.0				4.0		84.0		22.0		46.0		28.0				
下旬	8.0		23.0		59.0		1.0		17.0		5.0		0.0		11.0		0.0		87.0		51.0		81.0		61.0			0.0		20.0		1.0		28.0		0.0					
合計	47.0		189.0		79.0		38.0		30.0		9.0		60.0		101.0		61.0		270.0		193.0		180.0		302.0		23.0		133.0		25.0		74.0		28.0						
日最大	19.0		61.0		25.0		14.0		12.0		3.0		16.0		27.0		21.0		58.0		48.0		55.0		144.0		16.0		33.0		22.0		30.0		17.0						
雨日数	11		7		10		7		5		7		7		14		8		16		17		16		13		4		12		3		4		4						

調査期間における最も顕著な降雨は H27. 9. 6-10 の降雨であり、台風第 17・18 号の影響で南から湿った空気が長時間にわたって流れ込んだため、記録的な大雨となり、累積雨量で 194. 0mm、最大日雨量で 144. 0mm（9. 9）を記録している（平成 27 年 9 月関東・東北豪雨）。

累積雨量が 100mm 以上となったのは 3 期間、50mm 以上が 5 期間である。ほとんどが降水量の多かった H27. 6～9 月で記録している（表 4. 1，図 4. 2 参照）。

H26. 10 については、相次いで上陸した台風第 18 号と第 19 号の影響によるものであり、台風 18 号による連続雨量は 100mm（日最大雨量：61mm）、翌週接近した台風 19 号では 56. 0mm（日最大雨量：47. 0mm）を記録しており、全国的にも大雨となっている。

4. 2. 2 経年の降水状況

調査期間の降雨傾向を経年的にみると、平成 26 年・平成 27 年ともに過去 7 年間（H21-H28）の平均降水量の約 101～103% となり、ほぼ平均年となる。

表 4. 2 経年の月別降水量

	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	平均
1月	67. 0	5. 0	7. 0	1. 0	37. 0	6. 0	30. 0	74. 0	28. 4
2月	42. 0	60. 0	1. 0	50. 0	25. 0	117. 0	9. 0	28. 0	41. 5
3月	73. 0	125. 0	44. 0	124. 0	11. 0	77. 0	60. 0		73. 4
4月	104. 0	168. 0	77. 0	87. 0	128. 0	39. 0	101. 0		100. 6
5月	86. 0	125. 0	190. 0	181. 0	35. 0	90. 0	61. 0		109. 7
6月	157. 0	161. 0	58. 0	305. 0	159. 0	266. 0	270. 0		196. 6
7月	225. 0	227. 0	174. 0	193. 0	75. 0	187. 0	193. 0		182. 0
8月	154. 0	89. 0	267. 0	55. 0	149. 0	225. 0	180. 0		159. 9
9月	29. 0	200. 0	573. 0	248. 0	255. 0	47. 0	302. 0		236. 3
10月	162. 0	140. 0	64. 0	49. 0	164. 0	189. 0	23. 0		113. 0
11月	86. 0	49. 0	78. 0	45. 0	20. 0	79. 0	133. 0		70. 0
12月	58. 0	109. 0	24. 0	36. 0	23. 0	38. 0	25. 0		44. 7
合計	1, 243. 0	1, 458. 0	1, 557. 0	1, 374. 0	1, 081. 0	1, 360. 0	1, 387. 0	102. 0	1, 351. 4

※太字は 2009 年以降の最多値、太字は 2009 年以降の最少値を示す。

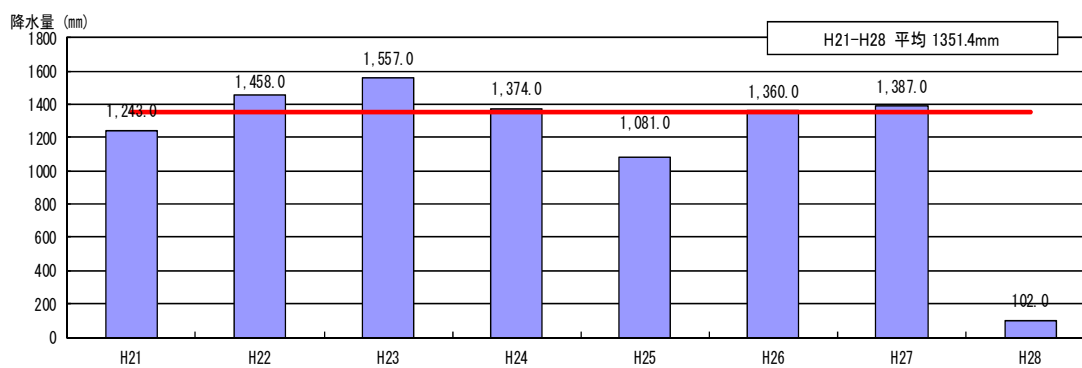


図 4.1 年別降水量比較

また、月別降水量をみると H26.10 月、H27.6 月、H27.9 月、H27.11 月、H28.1 月が過去 7 年間（H21-H28）の平均値を上回っており、とりわけ H27.11 月、H28.1 月は平均値の約 190～261%と非常に多雨であり過去 7 年間の最高値を記録した

一方、平均値を下回っているのは H26.9 月、H27.2 月、H27.5 月、H27.10 月で、それぞれ約 20%・約 22%・約 56%・約 20%となっており、とりわけ H27.10 月は極端に降水量（23.0mm）が少なく、過去 7 年間の最少値を記録している。

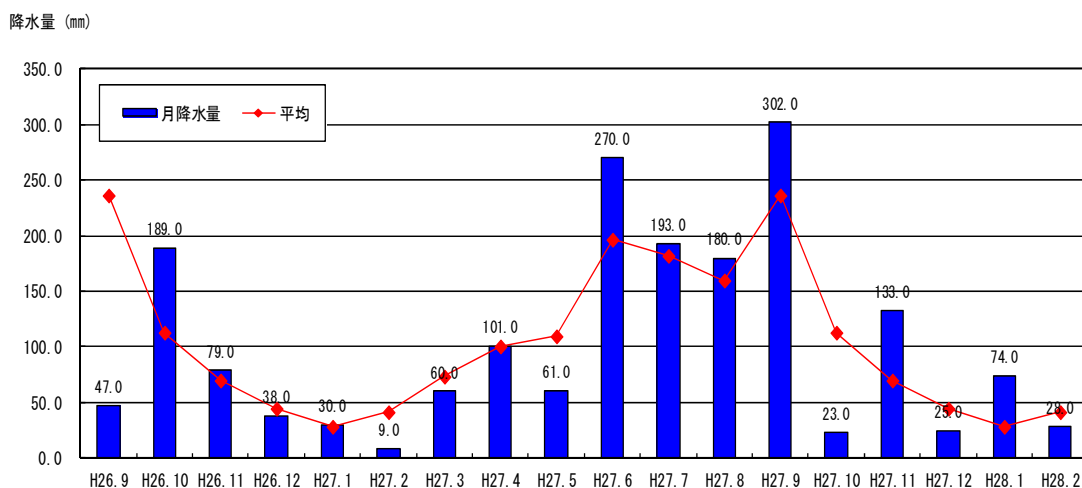


図 4.2 平均降水量と調査期間降水量の比較

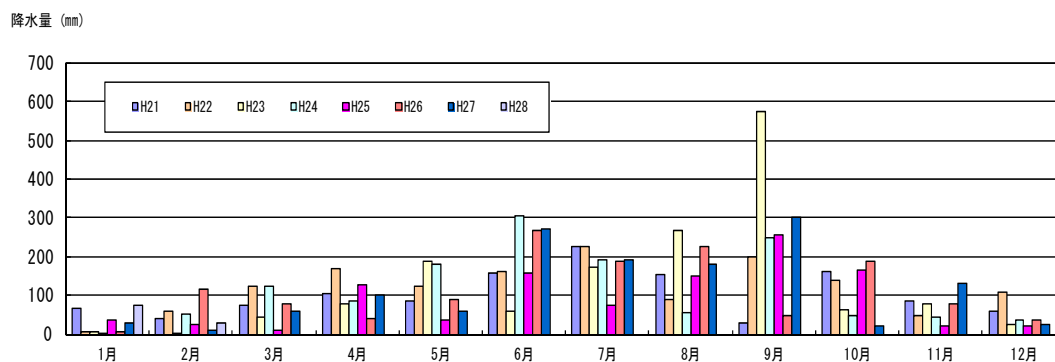


図 4.3 H21 年～H28 年の月別降水量の比較

4.3 機械ボーリング

4.3.1 各調査地点の地質状況

調査地は、地質的にハツ場安山岩類の分布域となっており、切土法面には安山岩質自破砕溶岩が確認されている。

また、ボーリング調査結果においても、切土法面に出現している安山岩質自破砕溶岩およびハツ場層に属する凝灰角礫岩が確認された。

調査結果の詳細は、巻末資料「ボーリング柱状図・コア写真」を参照されたい。

以下、各孔の調査結果を示す。

(1) BV-1

BV-1 孔は、切土法面の最下段となる小段で実施した。
被覆層は切土時に掘削されており、表面張コンクリートの直下より風化岩（風化凝灰角礫岩）が出現している。

風化凝灰角礫岩は GL-5.10m より上位で酸化に伴う軟質化（GL-3.50～5.10m は酸化還元色強い）及び亀裂開口しており、GL-5.10m以下と比較しても変色や軟質化が認められる事から緩み域と推測される。

これより下位では、比較的新鮮となる凝灰角礫岩・自破碎安山岩が分布する。

自破碎安山岩溶岩はネットワーク状にやや珪質な透白色（カルサイト）が介在し、黄鉄鉱の細粒を多分に含有している。

コア表面の酸化進行が著しく速く、1日程度で黄白灰化する。

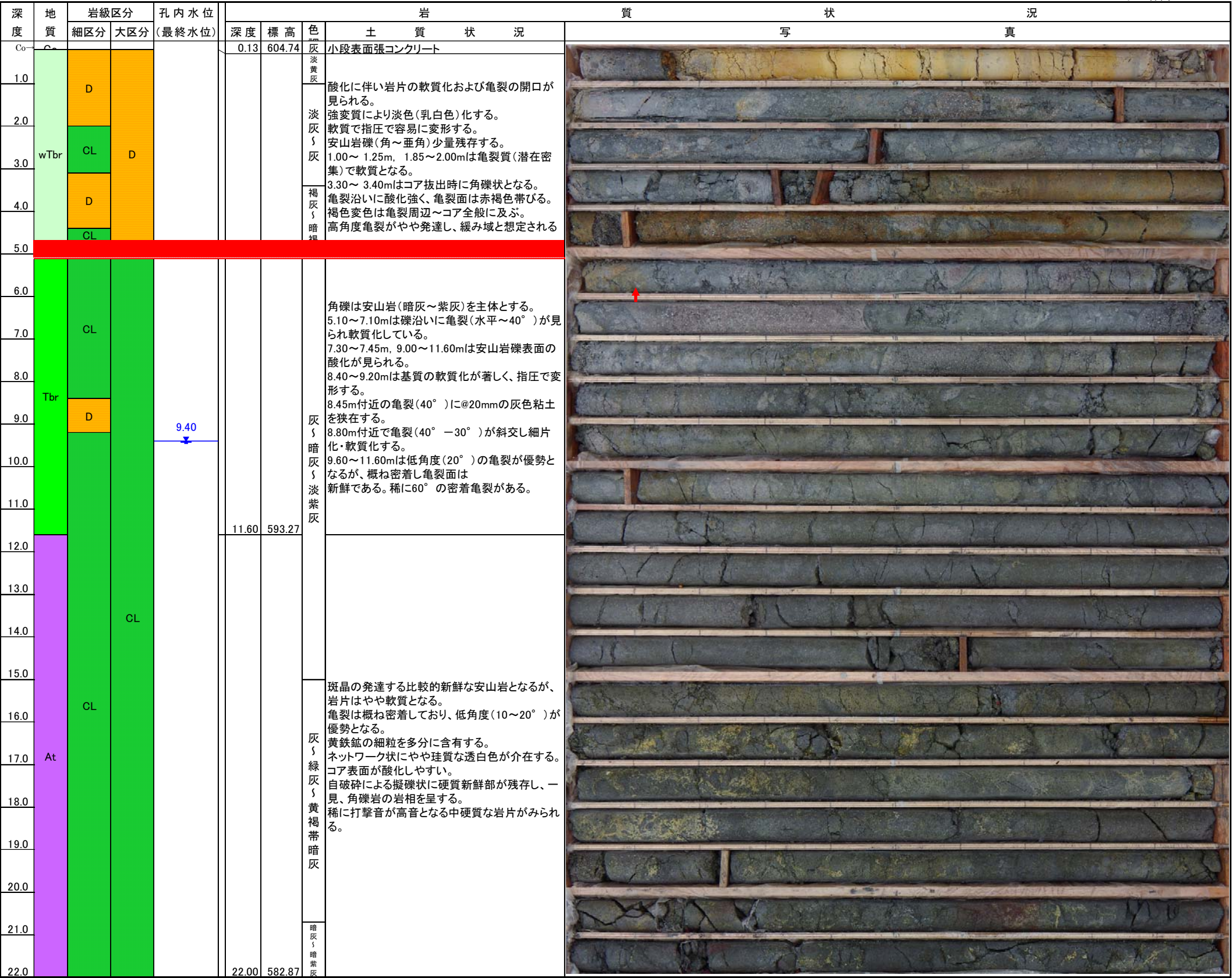


図 4.4 BV-1 地点の地質状況（簡易柱状図）

孔口標高: 618.62 m

(2) BV-2

BV-2 孔は、切土法面の最上段となる小段で実施した。
被覆層は切土時に掘削されており、表面張コンクリートの直下より風化岩（風化凝灰角礫岩）が出現している。

風化凝灰角礫岩は GL-4.20m より上位は変質を受け、併せて酸化・風化と被り、岩片が脆くなっている。

GL-4.20m 以下の自破碎溶岩部と比較すると性状が変わるため、GL-4.20mが緩み域と推測される。

これより下位では、比較的新鮮となる凝灰角礫岩・安山岩（自破碎安山岩溶岩）が分布する。

安山岩は概ね棒状を呈し、CL～CM 級岩盤と判断される中硬質～硬質岩体となっている。

自破碎安山岩溶岩は黄鉄鉱の細粒を含有しており、BV-1 と同様に、コア表面の酸化進行が著しく速く、1日程度で黄白灰化する。

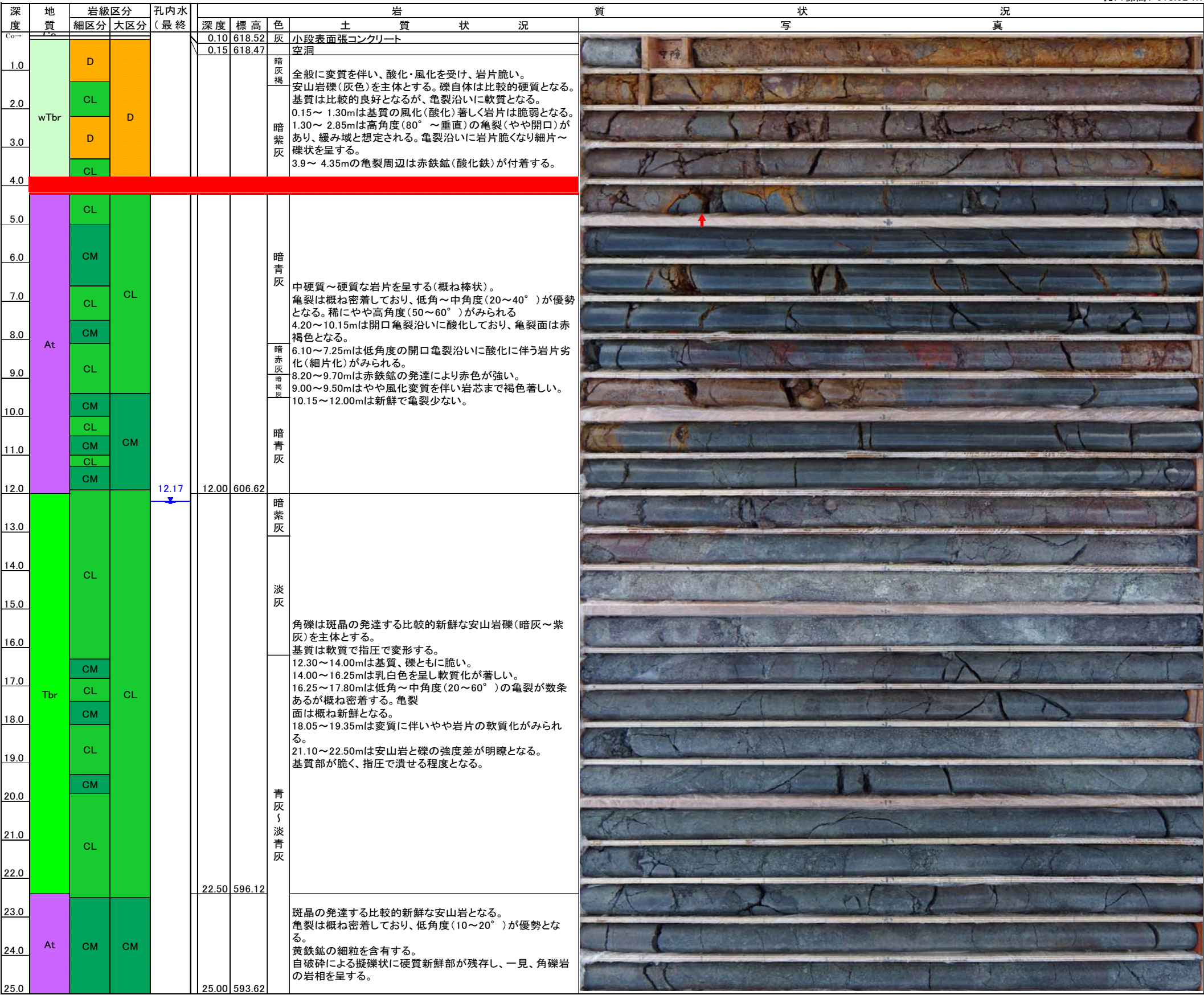


図 4.5 BV-2 地点の地質状況 (簡易柱状図)

4.3.2 各調査地点の地下水状況

ボーリング掘削中における地下水位は、無水掘りにて最初に確認されたものが基本となるが、調査地では表面張コンクリート直下より岩盤（風化岩）となることから、削孔水を使用して掘削した。

そのため、無水掘りによる水位確認はできないことより掘削中の水位変動により地下水状況を推察した。

なお、水理地質調査の結果は、『土木研究所資料 部分ストレーナー孔による間隙水圧観測の手引き（案） 平成26年5月 独立行政法人土木研究所』を参考とし、地下水の有無と地盤の透水性を組み合わせた水理地質区分を用いて、帯水層、漏水層、非透水層（いわゆる難透水層及び不透水層に相当）を判定し、試錐日報解析図として整理する。

表 4.2 水理地質区分

		地盤の透水性	
		高い	低い
地下水	有り	帯水層	非透水層
	無し	漏水層	

引用文献：土木研究所資料 部分ストレーナー孔による間隙水圧観測の手引き（案） 平成26年5月
独立行政法人土木研究所

各孔とも、作業後水位から翌朝水位（作業前水位）の水位低下が明瞭な区間が多く、概ね逸水している。

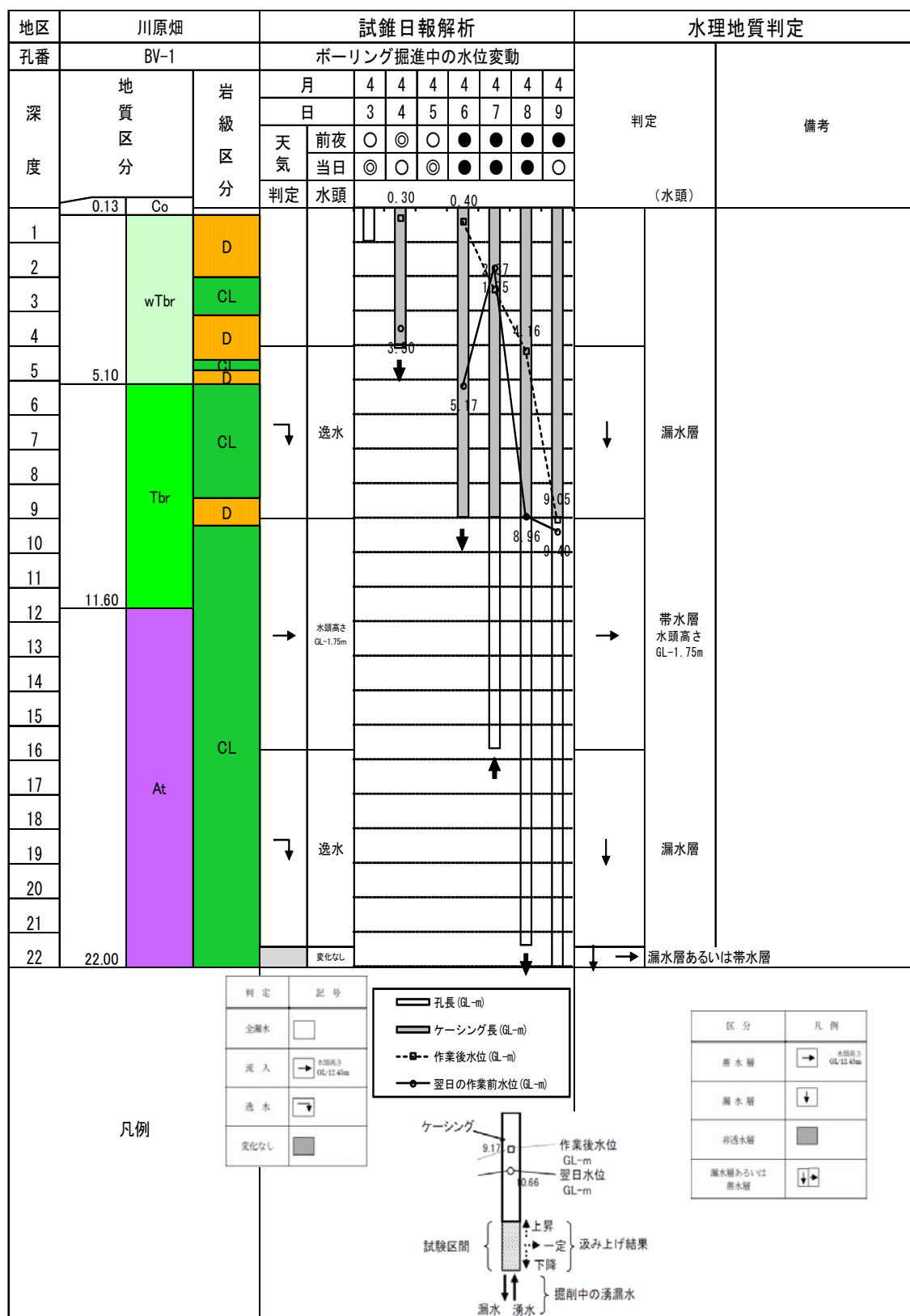


図 4.6 BV-1 孔の試錐日報解析図

※上記試験日報解析図は下記資料を参考として作成

土木研究所資料 部分ストレーナー孔による間隙水圧観測の手引き (案)

平成 26 年 5 月 独立行政法人土木研究所

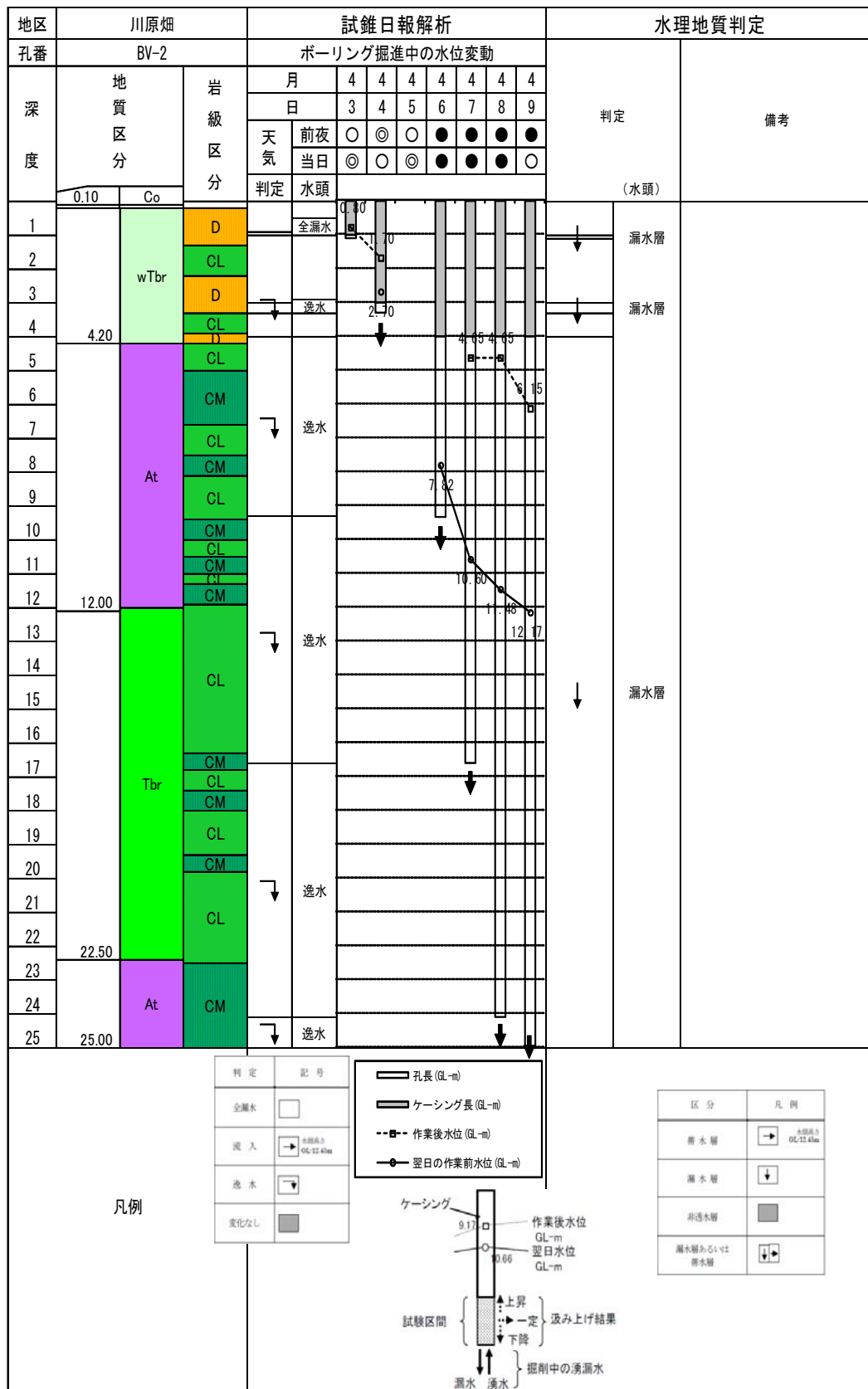


図 4.7 BV-2 孔の試錐日報解析図

※上記試錐日報解析図は下記資料を参考として作成

土木研究所資料 部分ストレーナー孔による間隙水圧観測の手引き (案)

平成 26 年 5 月 独立行政法人土木研究所

4.4 標準貫入試験

本試験は BV-1w 孔において実施した。

ここで、一般的に貫入試験中にサンプラーが礫に当たる礫障害等により、貫入量が少なく見積もられる場合が考えられる。このため N 値を決定する際、礫等の影響を取り除いた補正 N 値を求めることが必要と考えられる。

したがって、以下のような補正 N 値の算出方法にて、実測 N 値より補正 N 値を求めた。

なお、全試験の累積打撃回数-貫入量曲線図を巻末資料に示した。

- ① 結果とりまとめの際、10cm 当たりの打撃回数の少ない順にデータを並び換える。
- ② 並び替えたデータを基に、累積打撃回数と累積貫入量との関係図を作成する。
- ③ 関係図において累積打撃回数-貫入量曲線に折れ曲がり認められた場合には、初期の直線部を延長した直線の累積貫入量 30cm における累積打撃回数を補正 N 値とする。

なお、貫入量が 30cm に満たないまま打撃回数が 50 回に達した場合は、以下に示す換算式により N 値に相当する換算 N 値を求めた。

$$\text{換算 N 値} = 50 \times \frac{30 \text{ (cm)}}{50 \text{ 回打撃時の貫入量 (cm)}}$$

出典：地盤調査の方法と解説 （公社）地盤工学会 P270

ここで求められた補正 N 値および換算 N 値より地層毎にヒストグラムを作成し、各地層の N 値の分布傾向を明らかにした。分布区間の設定については「ボーリング柱状図作成要領(案)」に準じている（表 4.3・表 4.4）。

表 4.3 砂地盤の相対密度の表現法

相対密度	N値
非常に緩い	0～4
緩い	4～10
中ぐらい	10～30
密な	30～50
非常に密な	50以上

表 4.4 細粒土の相対稠度区分と状態表現

状態表現	現場における判別法 (現位置土に対する親指試験)	N値
軟らかい	親指をたやすく押し込める	0～4
中位	かなり力を入れないと親指は押し込めない	4～8
硬い	親指でへこませることはできるが、親指を貫入させるには大きな力を要する	8～15
非常に硬い	親指の爪はたやすく入る	15～30
固結した	親指の爪も入らない	30以上

その結果、各地層の平均値および標準偏差等を表 4.5 に示した。

また、本試験における試験数は 16 であり層毎の度数分布を図 4.8 に示す。

Tbr-D (凝灰角礫岩:D 級岩盤) については、換算 N 値が ∞ (貫入量 1cm 未満)となっており、岩級評価と相違があるが、凝灰角礫岩内の安山岩礫が比較的硬質なことに起因するものと推察される。

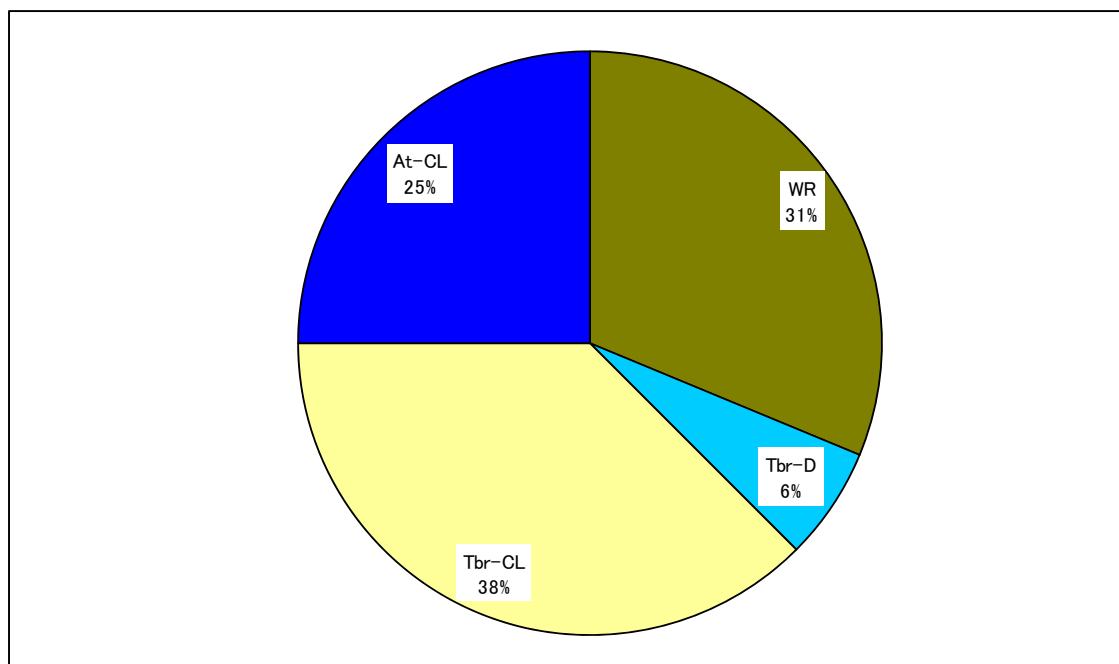


図 4.8 度数分布図

表 4.5 標準貫入試験結果一覧表

地質 記号	地質名	土質名	N値							
			試験 数	換算値		有効範囲				棄却値の 個数
				最大値	最小値	最大値	最小値	平均値	標準偏差	
WR	風化凝灰角礫岩	風 化 岩 (D)	5	90	12	63	30	47	13.4907	2
Tbr-D	凝 灰 角 礫 岩	D 級 岩 盤	1	∞	∞	∞	∞	∞	-	-
Tbr-CL	凝 灰 角 礫 岩	CL 級 岩 盤	6	300	54	120	54	90	27.9113	1
At-CL	自 破 碎 安 山 岩	CL 級 岩 盤	4	300	88.2353	250	115.385	182	67.3077	2

※貫入量が0cmの場合は換算できないため、便宜上“ ∞ ”と表現している

N 値の深度分布を図 4.9 に示した。

全般に標高を減ずるに従い N 値が増加する傾向が見られ、WR（風化凝灰角礫岩）で約 N=100 未満、Tbr-CL（凝灰角礫岩：CL 級岩盤）で約 N=100 付近、At-CL（安山岩及び安山岩質自破砕溶岩：CL 級岩盤）で約 N=100～300 を分布域としている。

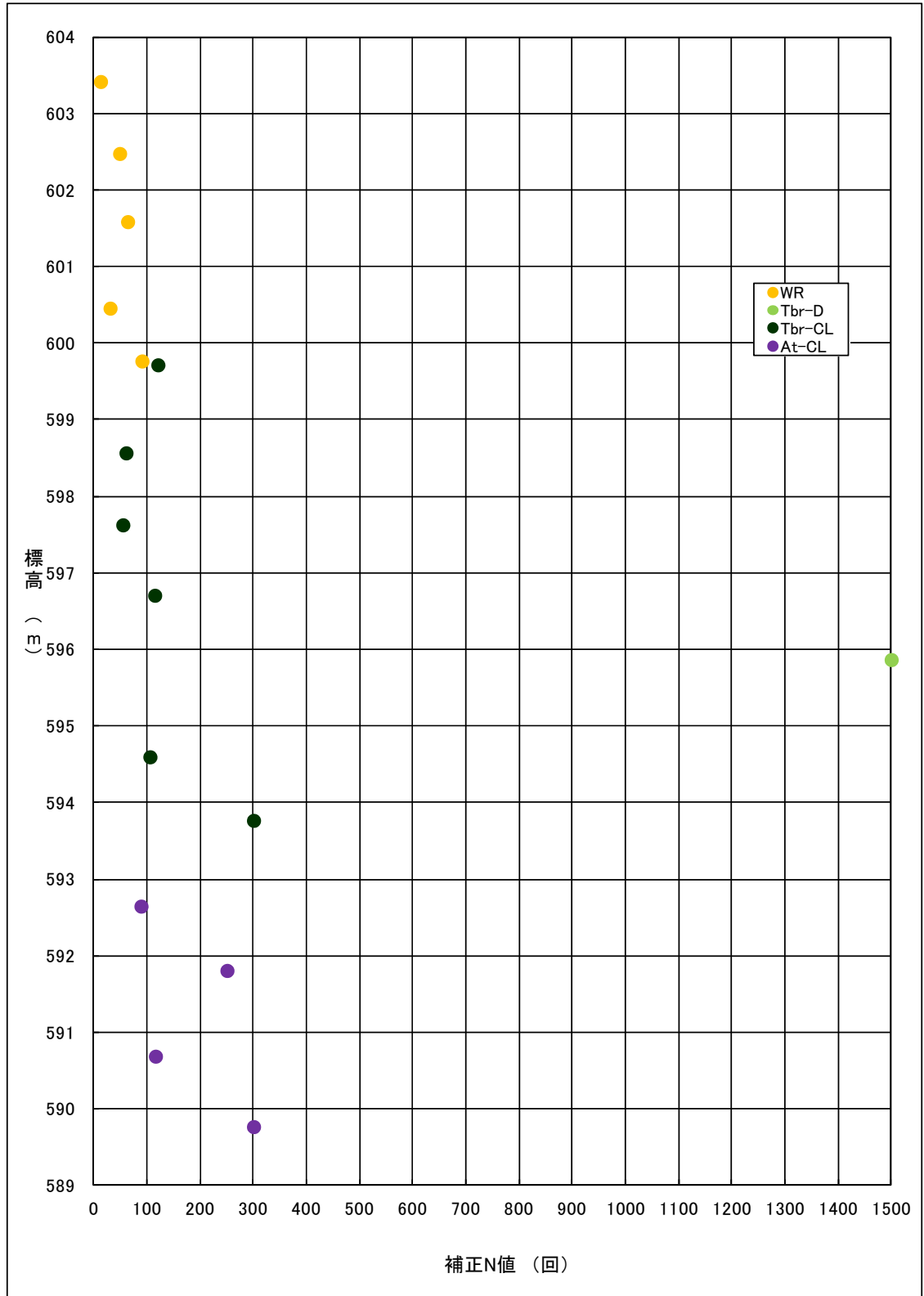


図 4.9 N 値の深度分布図

深度ごとの N 値補正結果を表 4.6 に、度数分布を図 4.10～図 4.11 に示す。

表 4.6 N 値補正結果一覧表

孔番	試験区間(m)	実測値(回/cm)	補正值 ^{*1}	換算値 ^{*2*3}	代表値	地層記号
BV-1	1.15 ～ 1.45	22 / 30	12 / 30	/	12 / 30	WR
	2.15 ～ 2.39	50 / 24	/	48 / 30	48 / 30	WR
	3.10 ～ 3.28	50 / 18	/	63 / 30	63 / 30	WR
	4.15 ～ 4.41	50 / 26	/	30 / 30	30 / 30	WR
	5.00 ～ 5.10	30 / 10	/	90 / 30	90 / 30	WR
	5.10 ～ 5.15	20 / 5	/	120 / 30	120 / 30	Tbr-CL
	6.10 ～ 6.30	50 / 20	/	60 / 30	60 / 30	Tbr-CL
	7.05 ～ 7.24	50 / 19	/	54 / 30	54 / 30	Tbr-CL
	8.05 ～ 8.16	50 / 11	/	114 / 30	114 / 30	Tbr-CL
	9.00 ～ 9.00	50 / 0	/	∞ / 0	∞ / 0	Tbr-D
	10.15 ～ 10.27	50 / 12	/	105 / 30	105 / 30	Tbr-CL
	11.05 ～ 11.10	50 / 5	/	300 / 30	300 / 30	Tbr-CL
	12.05 ～ 12.22	50 / 17	/	88 / 30	88 / 30	At-CL
	13.00 ～ 13.06	50 / 6	/	250 / 30	250 / 30	At-CL
	14.05 ～ 14.18	50 / 13	/	115 / 30	115 / 30	At-CL
	15.05 ～ 15.10	50 / 5	/	300 / 30	300 / 30	At-CL
	～	/	/	/	/	

- *1 単位貫入量(10cm)に対する打撃回数の最小値を30cmあたりの打撃回数(N値)に補正した値
 *2 打撃回数が50回以上、または貫入量が30cm以上である場合に30cmあたりの打撃回数(N値)に換算した値
 *3 貫入量が0cmの場合は換算できないため、便宜上“∞”と表現している

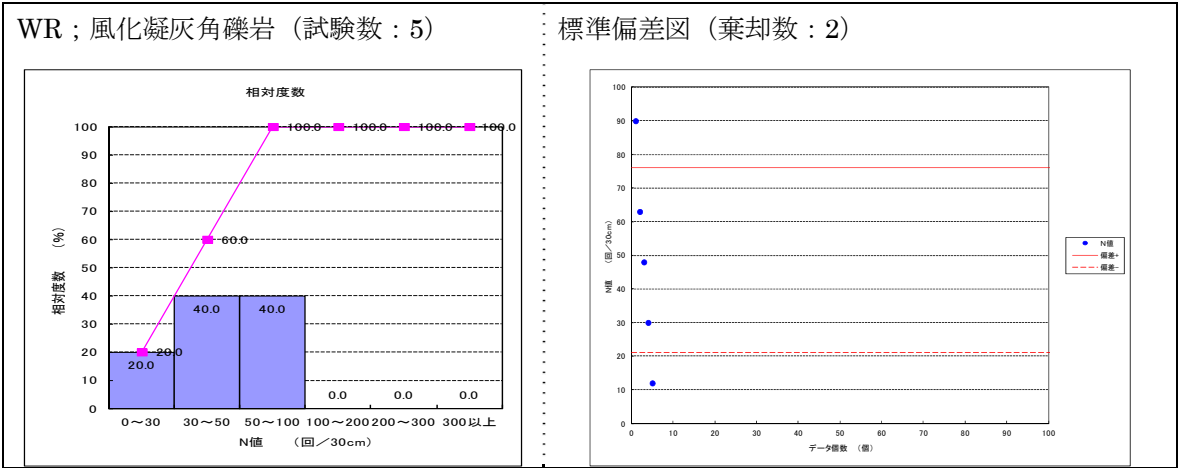
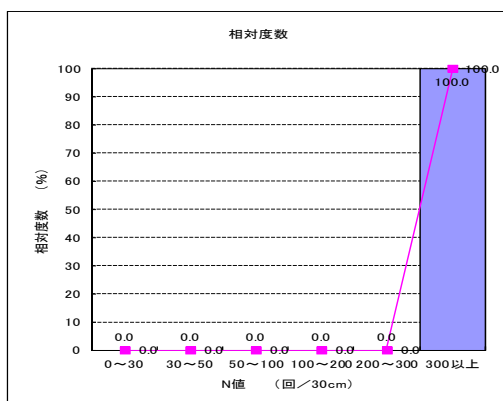
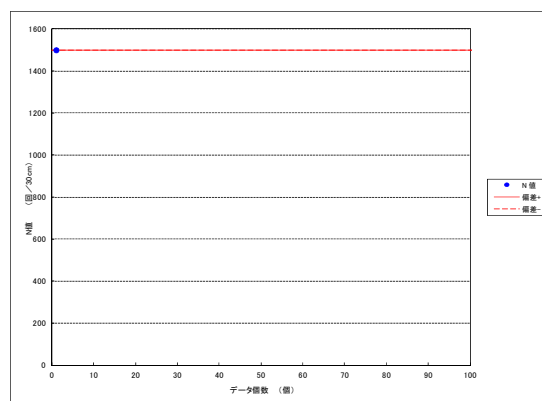


図 4.10 N 値度数分布図

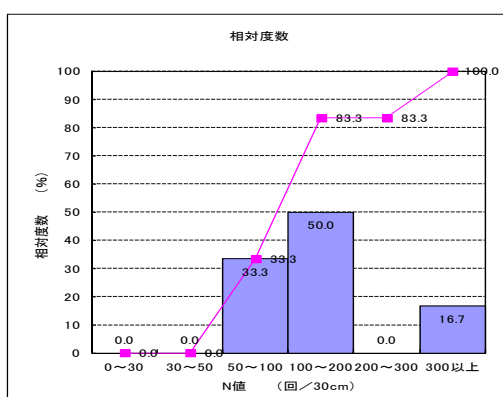
Tbr-D；凝灰角礫岩：D（試験数：1）



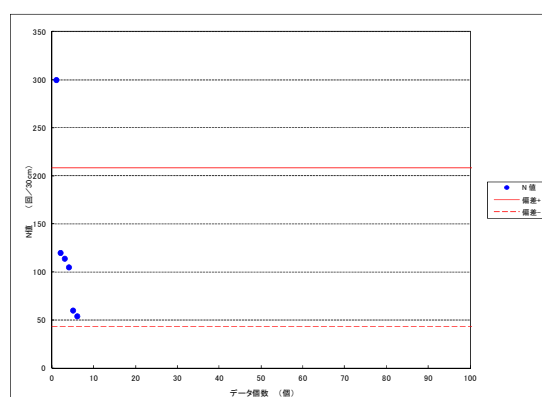
標準偏差図（棄却数：0）



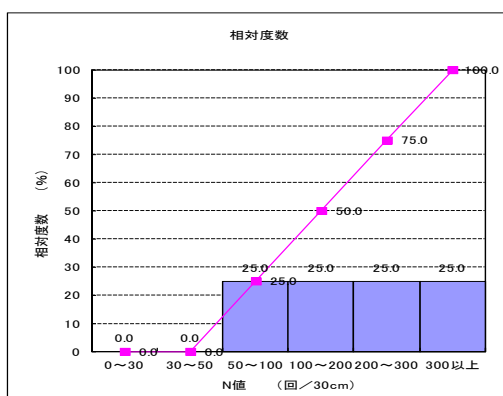
Tbr-CL；凝灰角礫岩：CL（試験数：6）



標準偏差図（棄却数：1）



At-CL；自破碎安山岩（試験数：4）



標準偏差図（棄却数：2）

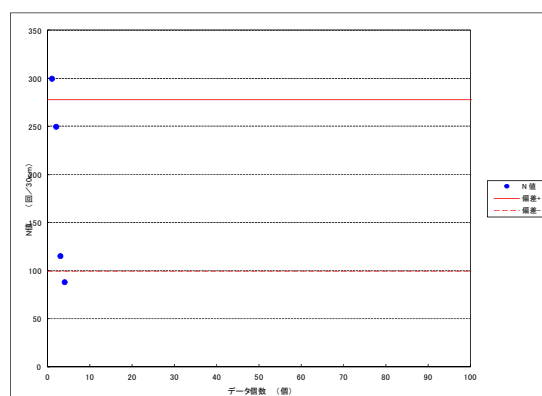


図 4.11 N 値度数分布図

4.5 移動変形調査

4.5.1 観測概要

本業務で実施した計器観測調査は、地表変動状況把握のための測量定点（移動杭）観測及び地盤伸縮計、地中変動状況把握のためのパイプ歪計観測及び孔内傾斜計観測、地下水状況把握のための自記式水位計観測であり、観測期間等について表 4.7 に示す。

表 4.7 移動変形調査の概要

種別	計器数及び 計器番号	観測 頻度	観測期間	備考
測量定点 （移動杭）	基準点 2：4-95, 4-96 観測点 14： 定点 1～6, 測量鉞 1～8	1 回/月	H26.9.5 ～ H28.2.26	・地表変動把握 （移動範囲、方向）
地盤伸縮計	計器数 1：S-1	1 回/月	H26.9.5 ～ H28.2.26	・地表変動把握
パイプ歪計	計器数 1：BV-2	1 回/月	H27.5.30 ～ H28.2.26	・地中変動把握 ・自記式水位計併設
孔内傾斜計	計器数 1：BV-1	1 回/月	H27.5.29 ～ H28.2.26	・地中変動把握 ・自記式水位計併設
自記式水位計	計器数 2：BV-1w, BV-2	1 回/月	H27.5.30 ～ H28.2.26	・地下水状況把握

4.5.2 測量定点（移動杭）観測結果

(1) 目的

測量定点観測は、切土法面と道路面の変状を把握することを目的に実施した。

(2) 観測方法

既設法枠に設置した観測視準点 6 点（定点 1～6）と道路歩道及び路肩に設置した観測鉞 8 点（測量鉞 1～8）、計 14 点について各観測点の座標を一定期間ごとに測定し、その移動量を把握した。

なお、移動量とは X 成分（N-S 方向）、Y 成分（E-W 方向）、及び H 成分（高低方向）の 3 成分についてとりまとめを行うものである。

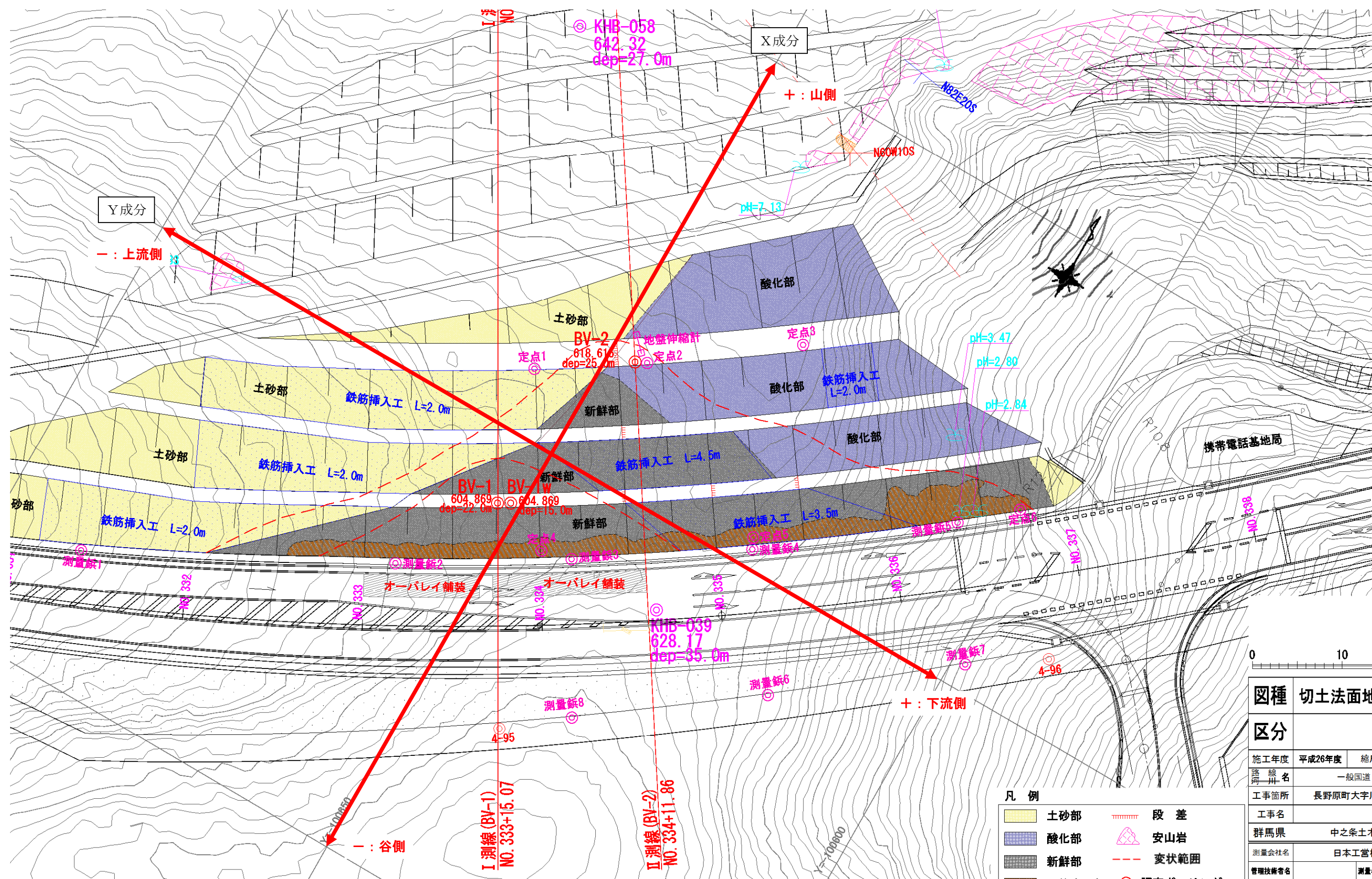


図 4.12 移動成分方向 (X, Y 成分) 図

(3) 観測結果

X, Y, H 各成分について、初期値（平成 26 年 9 月 1 日）からの変位量および観測期間の変位量を一覧表にとりまとめるとともに、水平方向累積変動図及び高低累積変動図を作成し、その累積傾向について判断した。

水平方向の変動傾向（X, Y 成分：合成変位）については、変状範囲内に設置されている定点 4、測量鈎 2・3 の 3 地点において、概ね一定方向への累積傾向が認められた（図 4.15, 図 4.16 参照）。

また、定点 2・6、測量鈎 4 の 3 地点においては、不規則な回帰変動を繰り返しているが、徐々に谷側に向かう方向に変位している（図 4.13, 図 4.14, 図 4.16 参照）。

定点 2 については、平成 26 年 9 月 27 日～10 月 3 日に谷側へ変位したが、その後は累積傾向を示していない（図 4.13 参照）。

定点 1 については、平成 26 年 11 月～12 月に山側へ変位したが（外的要因、動物の接触等の可能性）、その後は累積傾向を示していない（図 4.13 参照）。

一方、高低方向の変動傾向（H 成分）については、測量鈎 2・3・4・5・8 の 5 地点で軽微な隆起変位が認められた（図 4.15, 図 4.16, 図 4.17 参照）。

以上より、変状域では谷側への累積傾向を伴う変位を示しており、路肩に隆起が見られる。（図 4.18 参照）。

表 4.8 測量定点観測結果一覧表

観測点	変位量(mm)				累積傾向	変動傾向
	基準日：平成26年9月1日					
	X	Y	XY合成	H		
定点1	24	-26	35	-6	なし	山側
定点2	-19	5	20	-18	なし	谷側
定点3	3	-4	5	-14	なし	－
定点4	-38	14	40	0	あり	谷側
定点5	3	7	8	-2	なし	－
定点6	-13	21	25	-3	なし	谷側
測量鈎1	3	0	3	6	なし	－
測量鈎2	-19	12	22	29	あり	谷側
測量鈎3	-22	17	28	13	あり	谷側
測量鈎4	-7	3	8	12	ややあり	隆起
測量鈎5	-3	-2	4	8	ややあり	隆起
測量鈎6	0	-1	1	2	なし	－
測量鈎7	3	-8	9	1	なし	－
測量鈎8	2	2	3	10	ややあり	隆起

定点 1・2・6 は異常値検出のため、補正值としている。

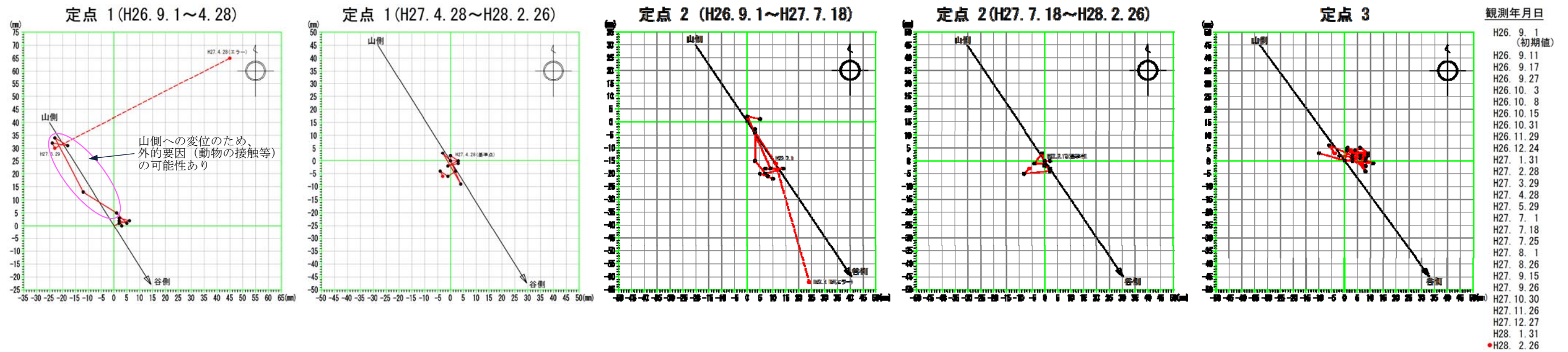
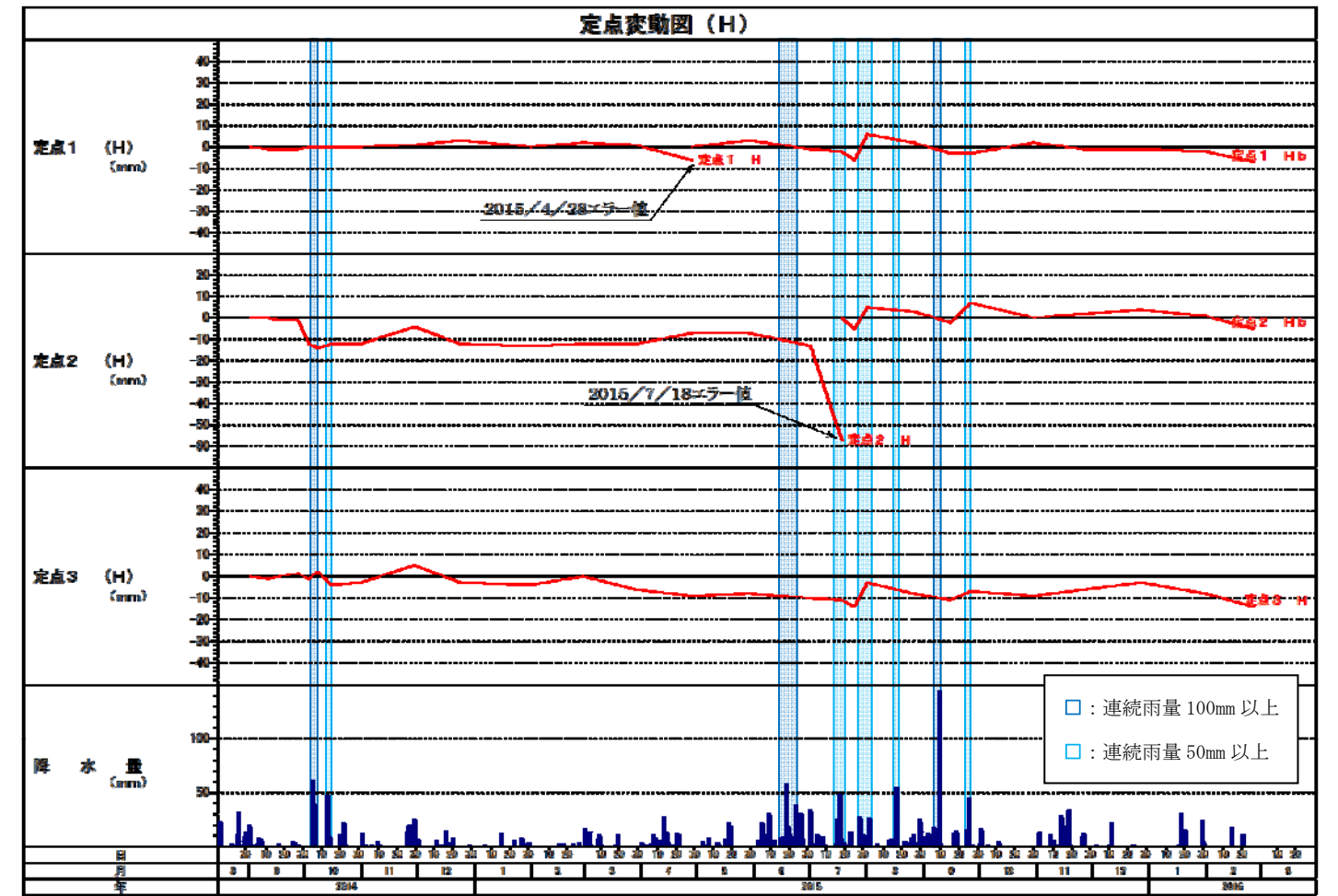
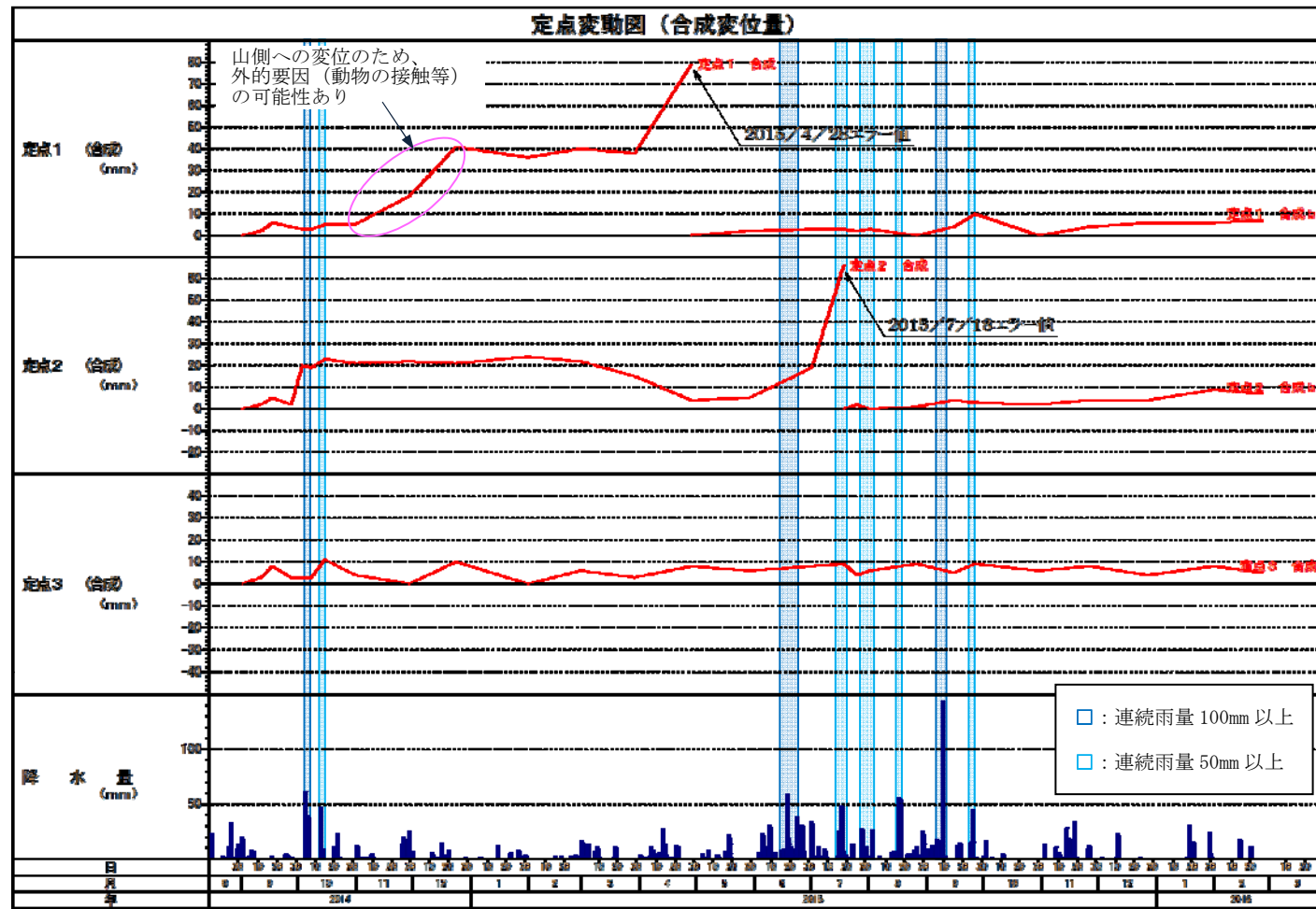
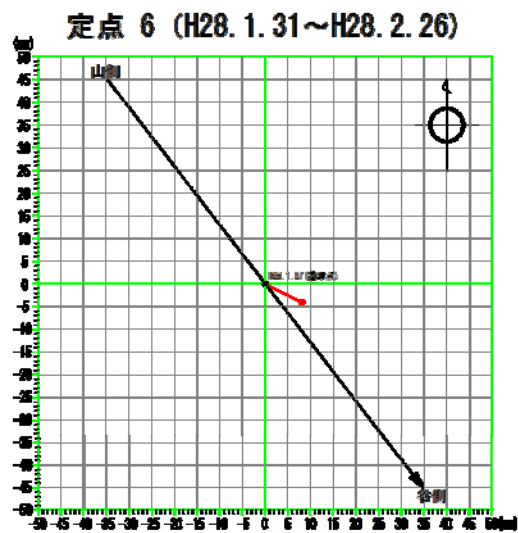
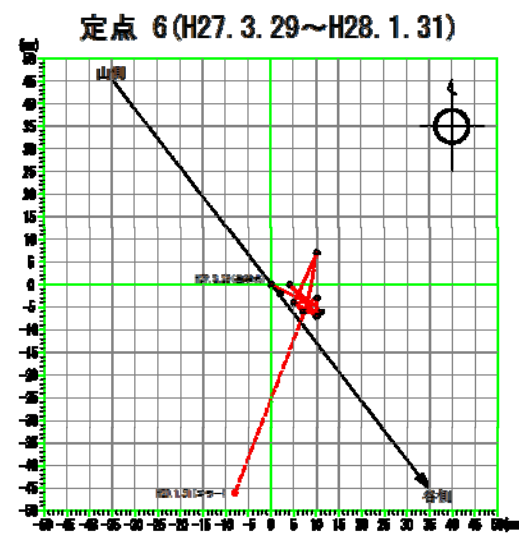
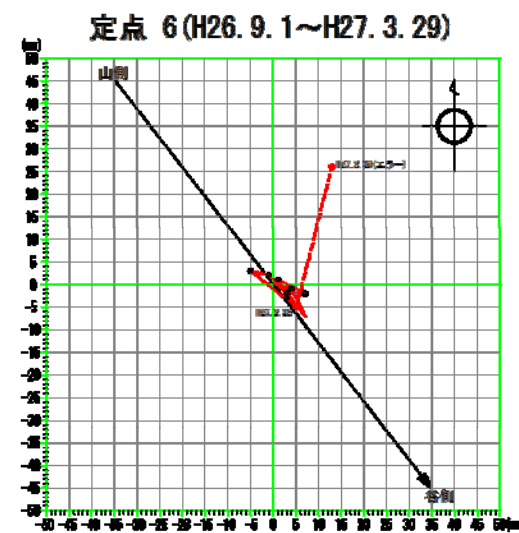
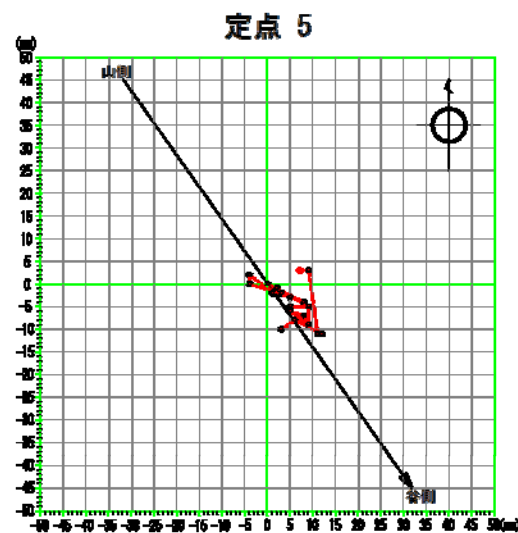
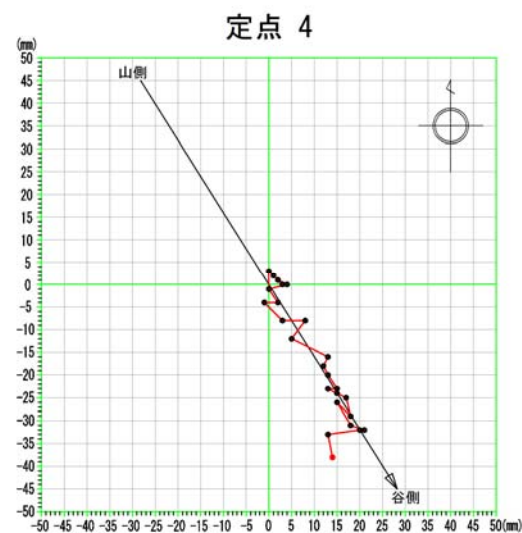
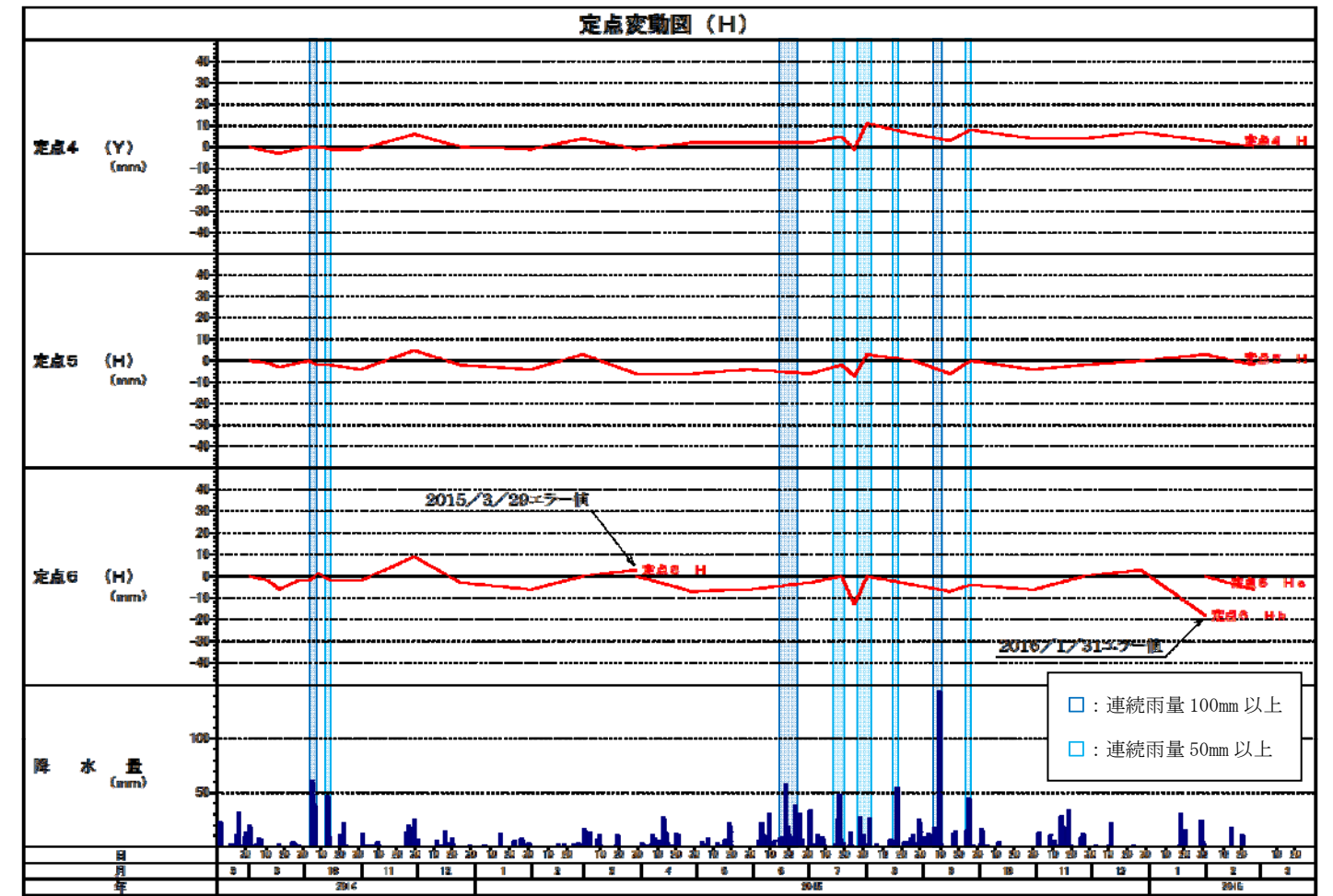
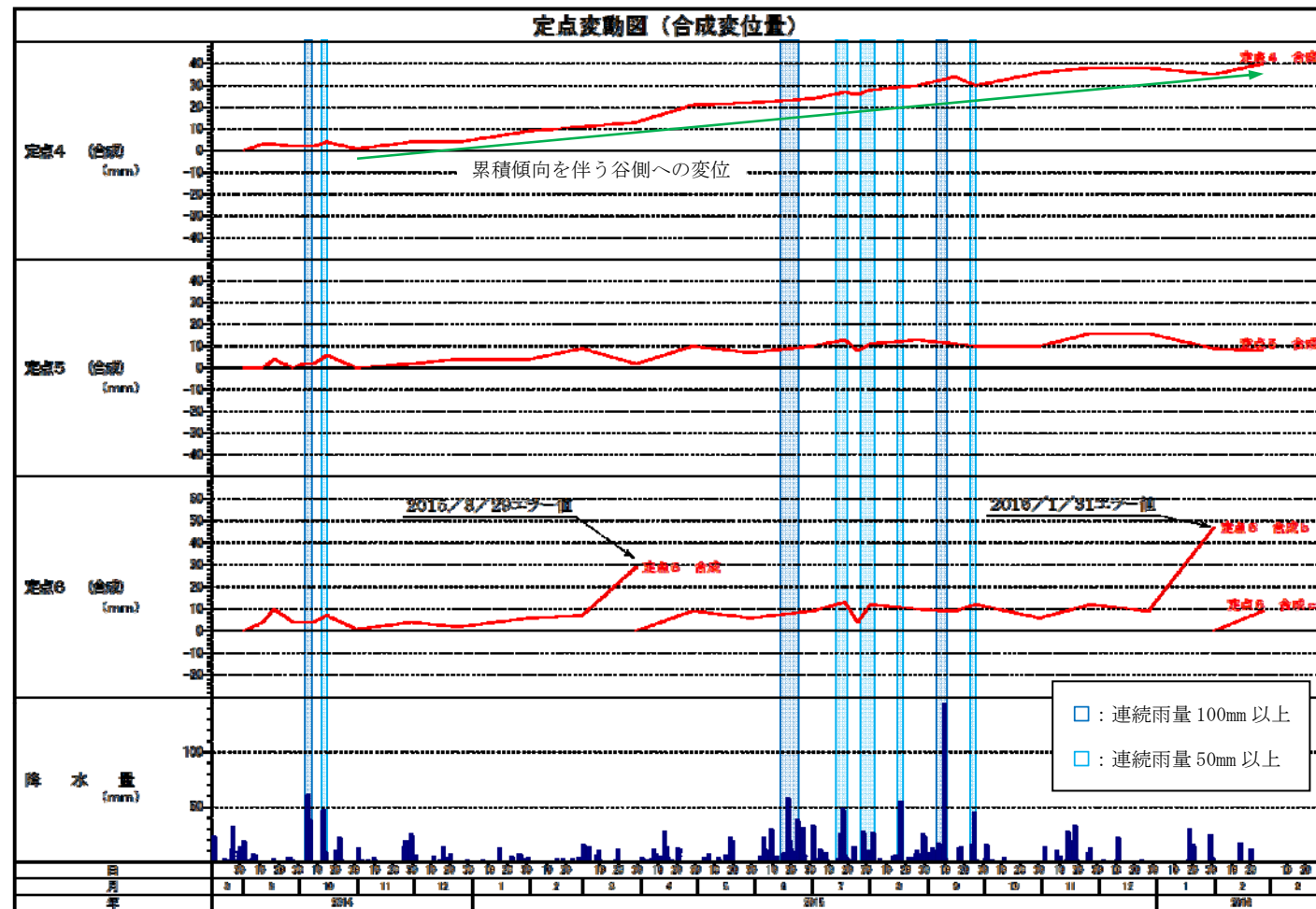


図 4.13 測量定点変動図 (定点 1~3)



観測年月日

H26. 9. 1 (初期値)

H26. 9. 11

H26. 9. 17

H26. 9. 27

H26. 10. 3

H26. 10. 8

H26. 10. 15

H26. 10. 31

H26. 11. 29

H26. 12. 24

H27. 1. 31

H27. 2. 28

H27. 3. 29

H27. 4. 28

H27. 5. 29

H27. 7. 1

H27. 7. 18

H27. 7. 25

H27. 8. 1

H27. 8. 26

H27. 9. 15

H27. 9. 26

H27. 10. 30

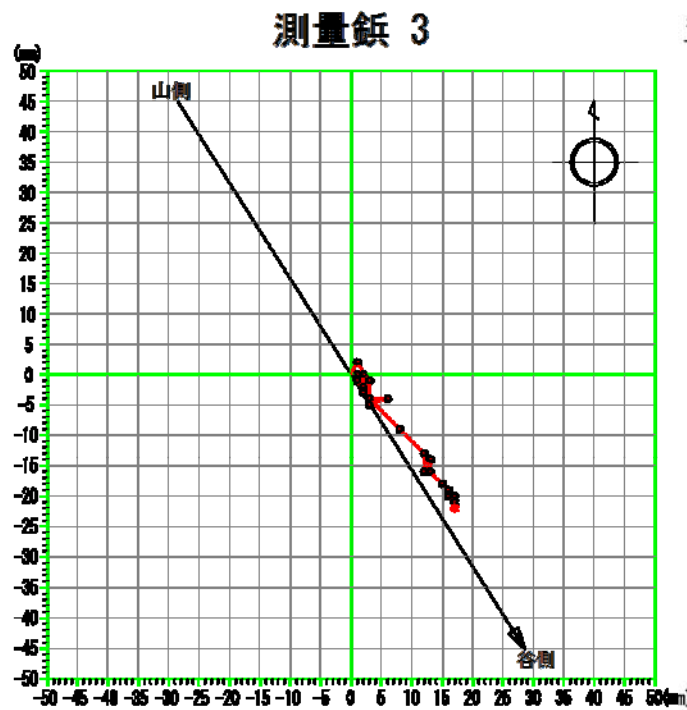
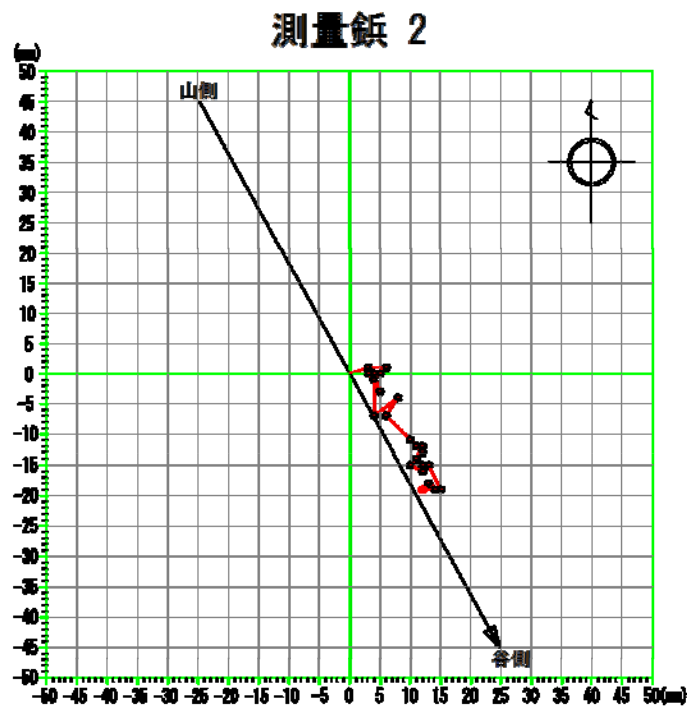
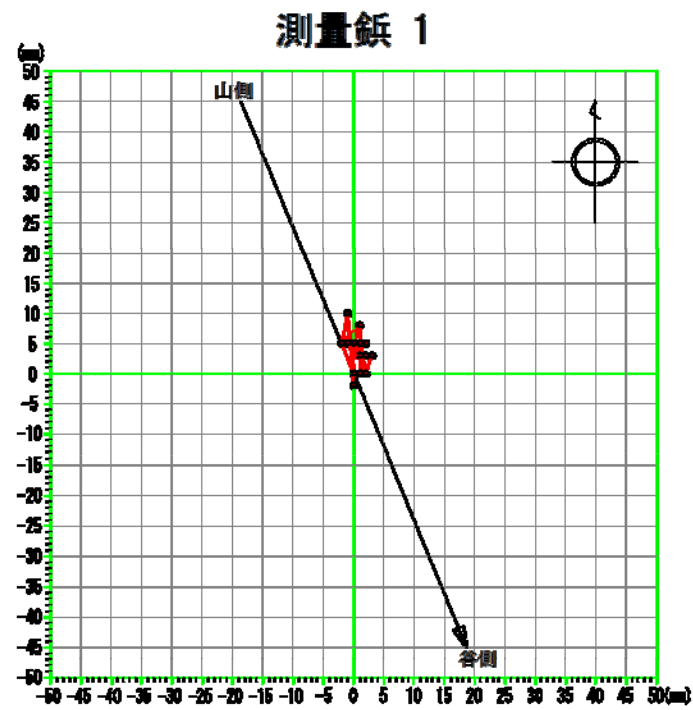
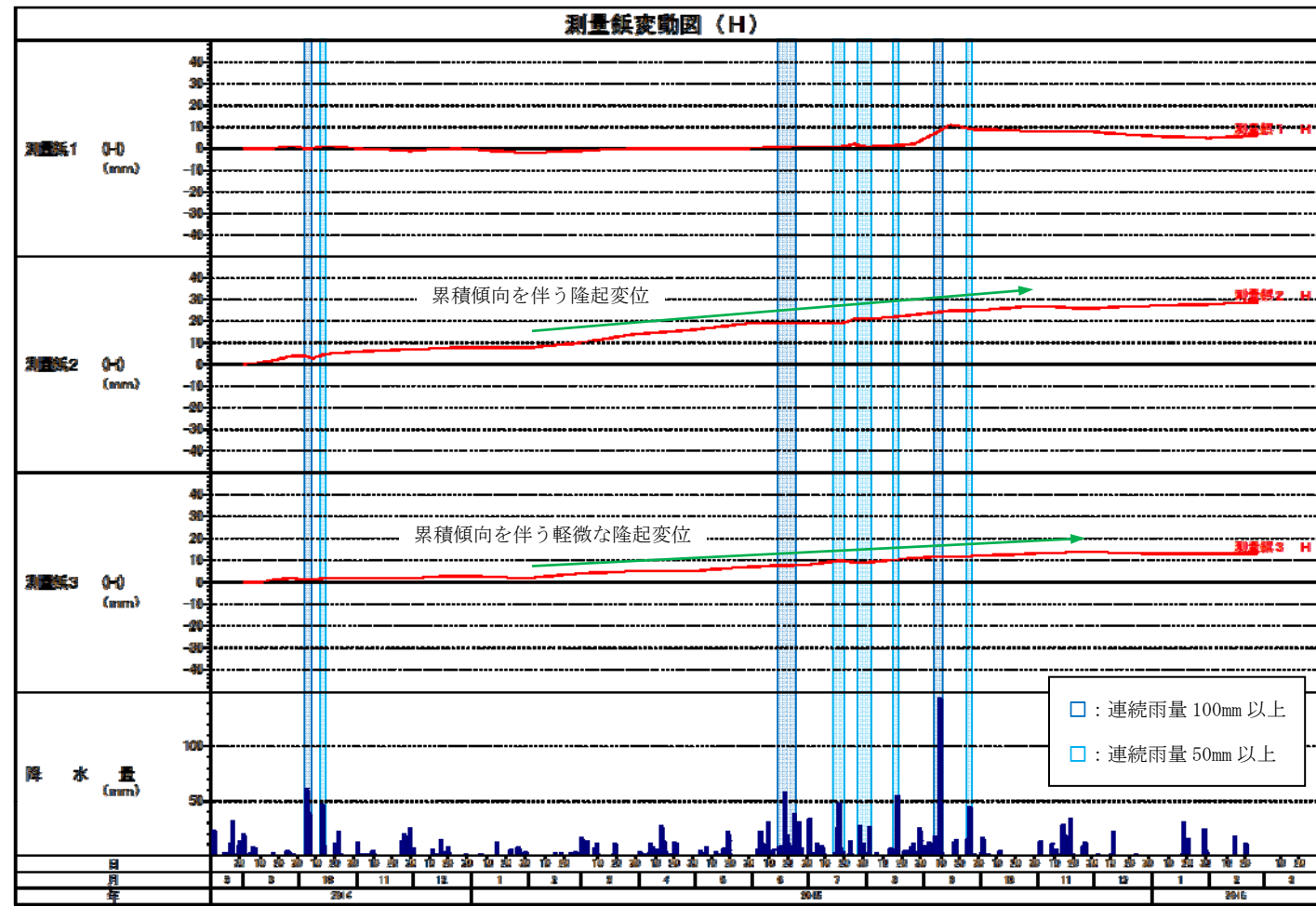
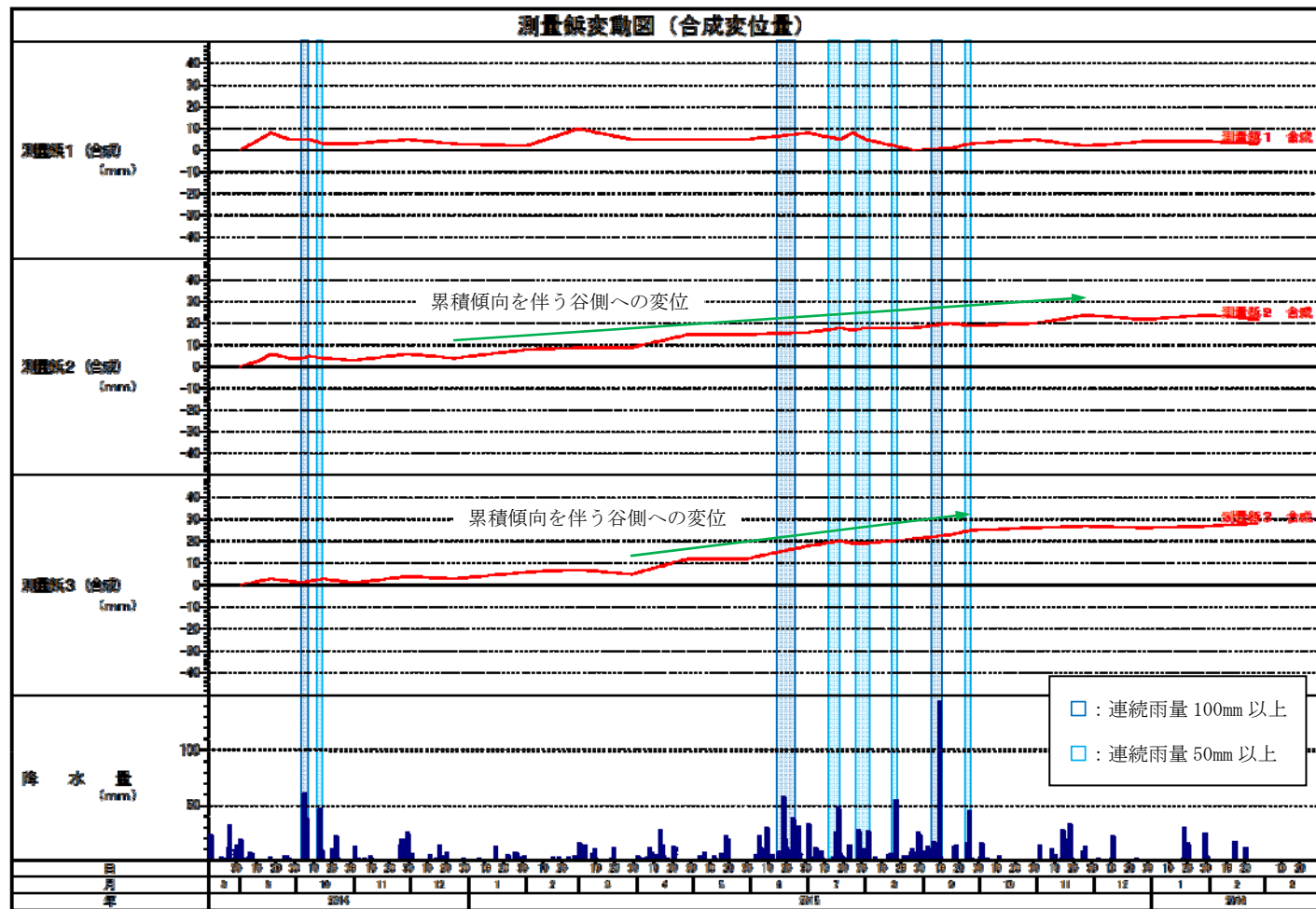
H27. 11. 26

H27. 12. 27

H28. 1. 31

● H28. 2. 26

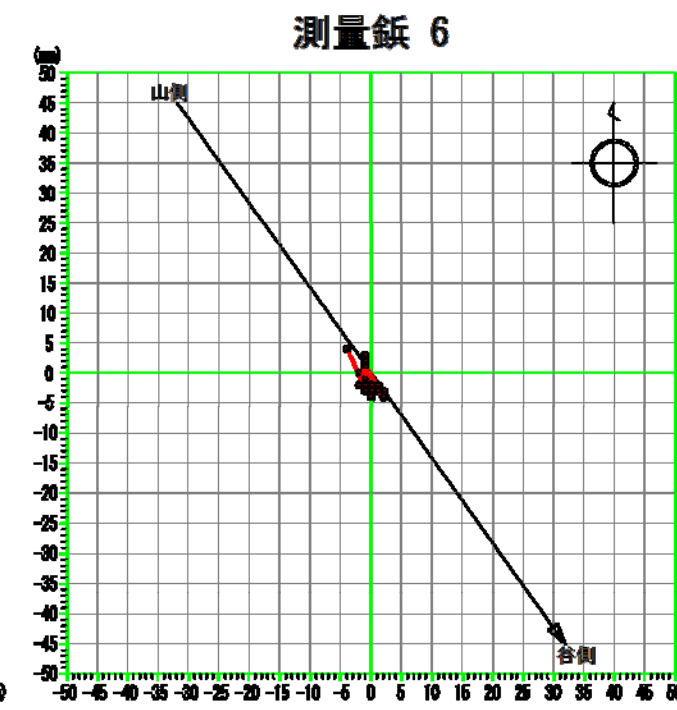
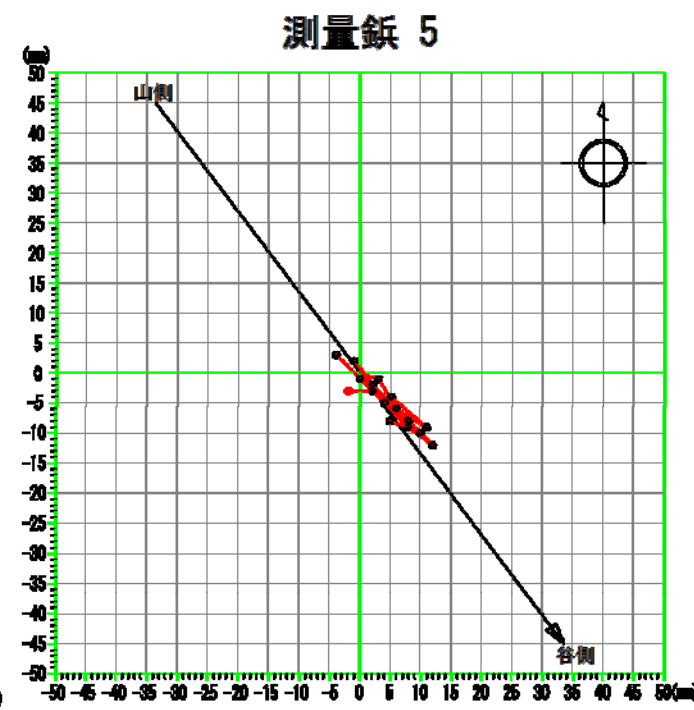
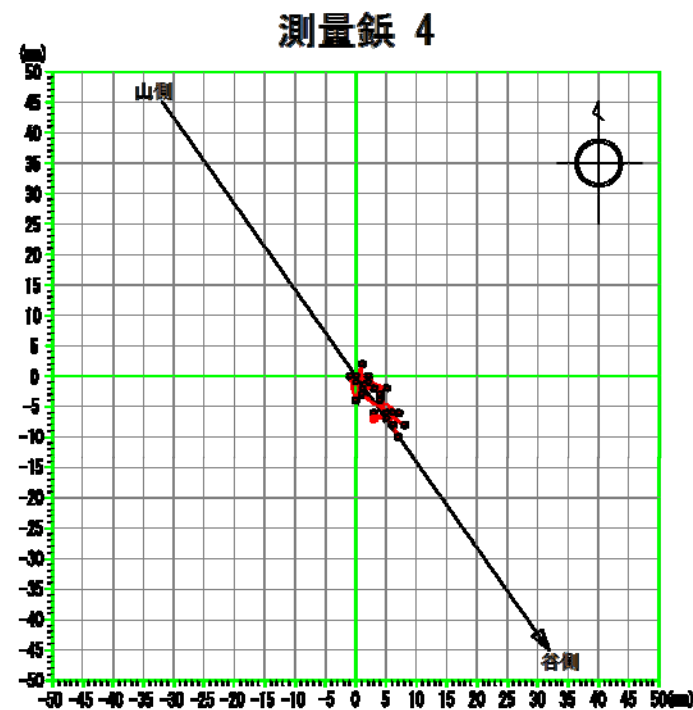
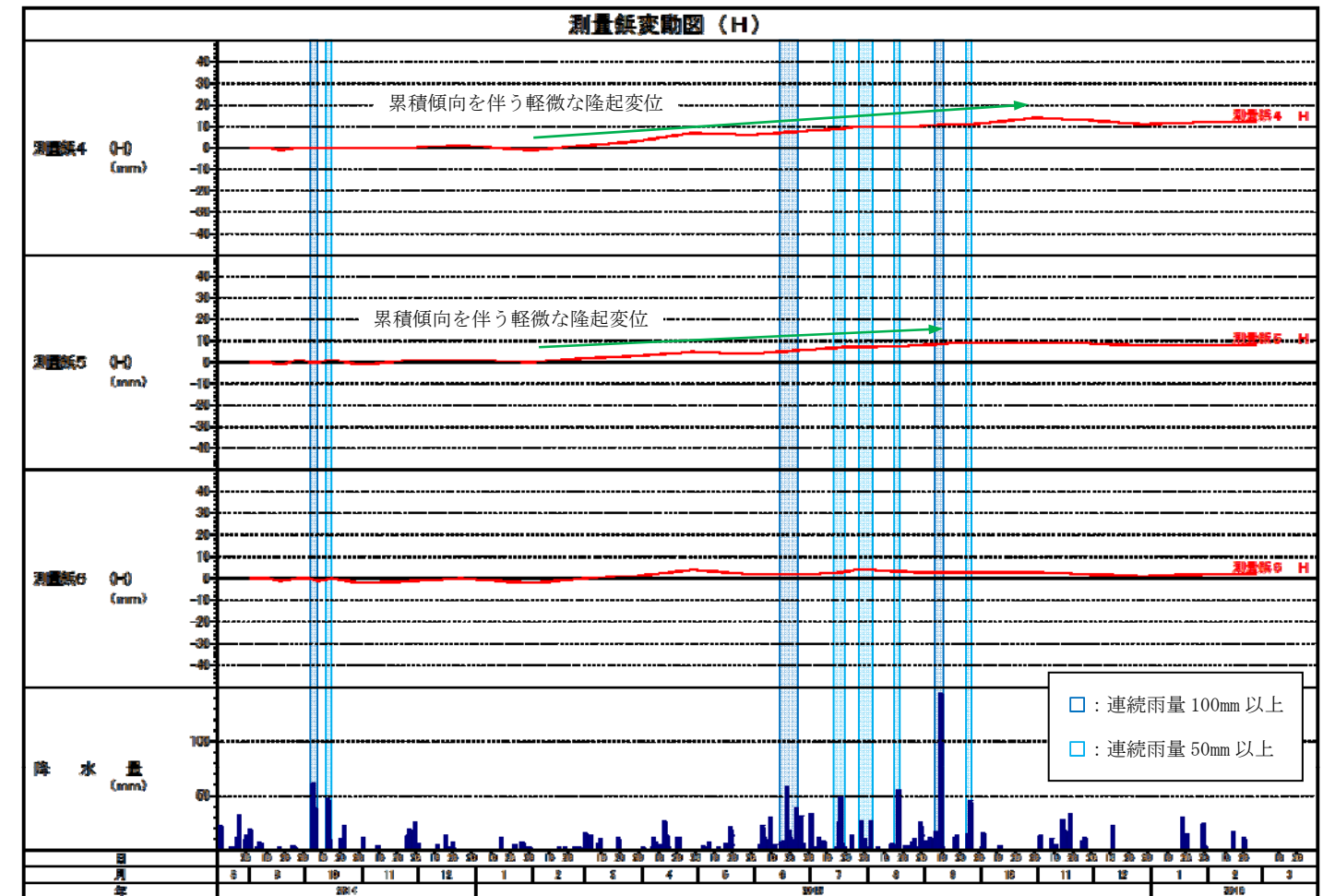
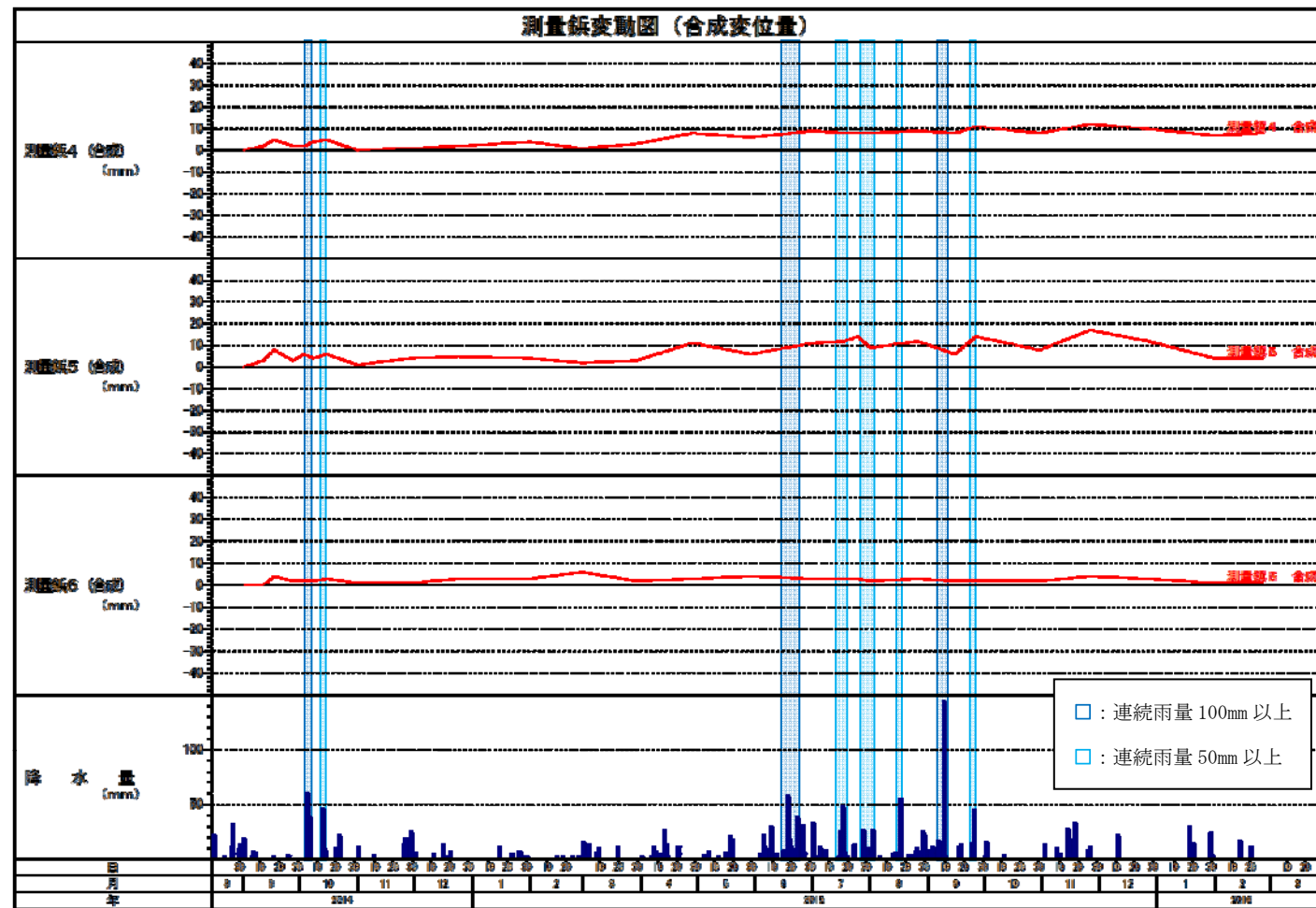
図 4.14 測量定点変動図 (定点 4~6)



観測年月日

H26. 8. 30
(初期値)
H26. 9. 11
H26. 9. 17
H26. 9. 27
H26. 10. 3
H26. 10. 8
H26. 10. 15
H26. 10. 31
H26. 11. 29
H26. 12. 24
H27. 1. 31
H27. 2. 28
H27. 3. 30
H27. 4. 28
H27. 5. 29
H27. 7. 1
H27. 7. 18
H27. 7. 25
H27. 8. 1
H27. 8. 26
H27. 9. 15
H27. 9. 26
H27. 10. 30
H27. 11. 26
H27. 12. 27
H28. 1. 31
● H28. 2. 26

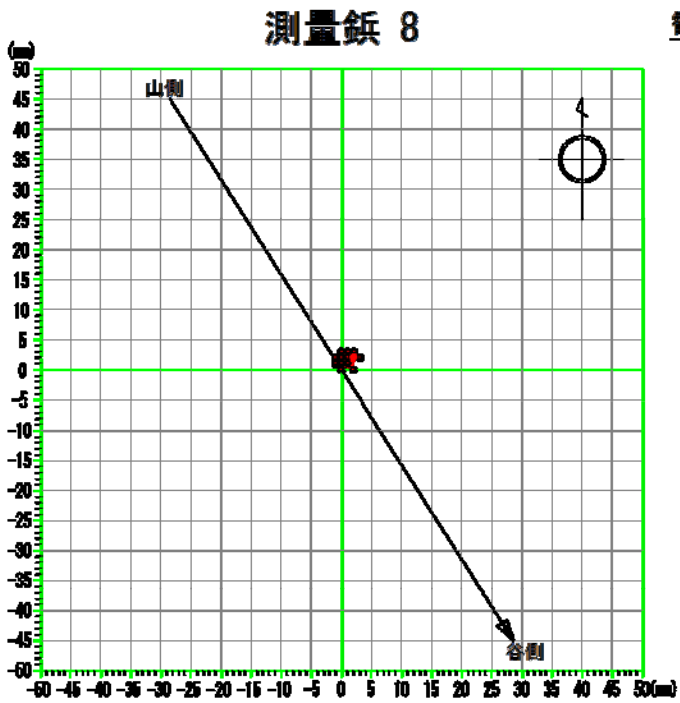
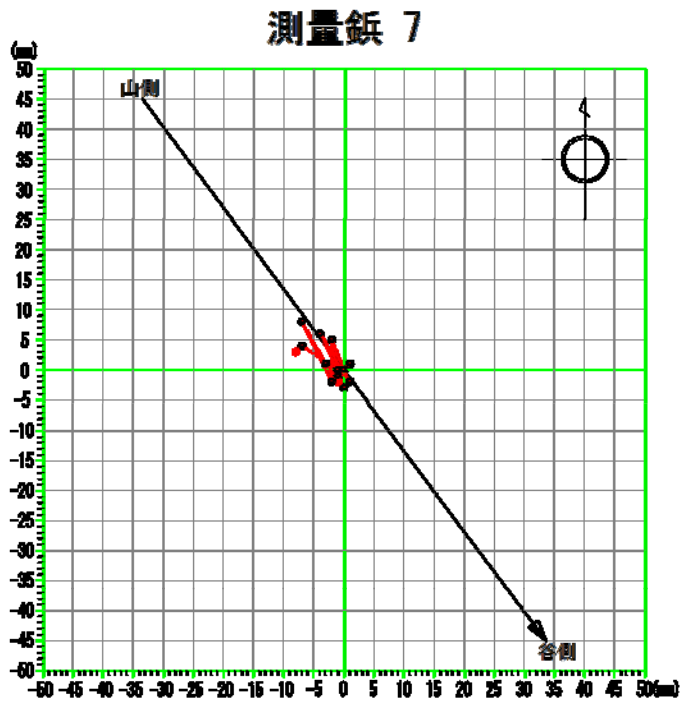
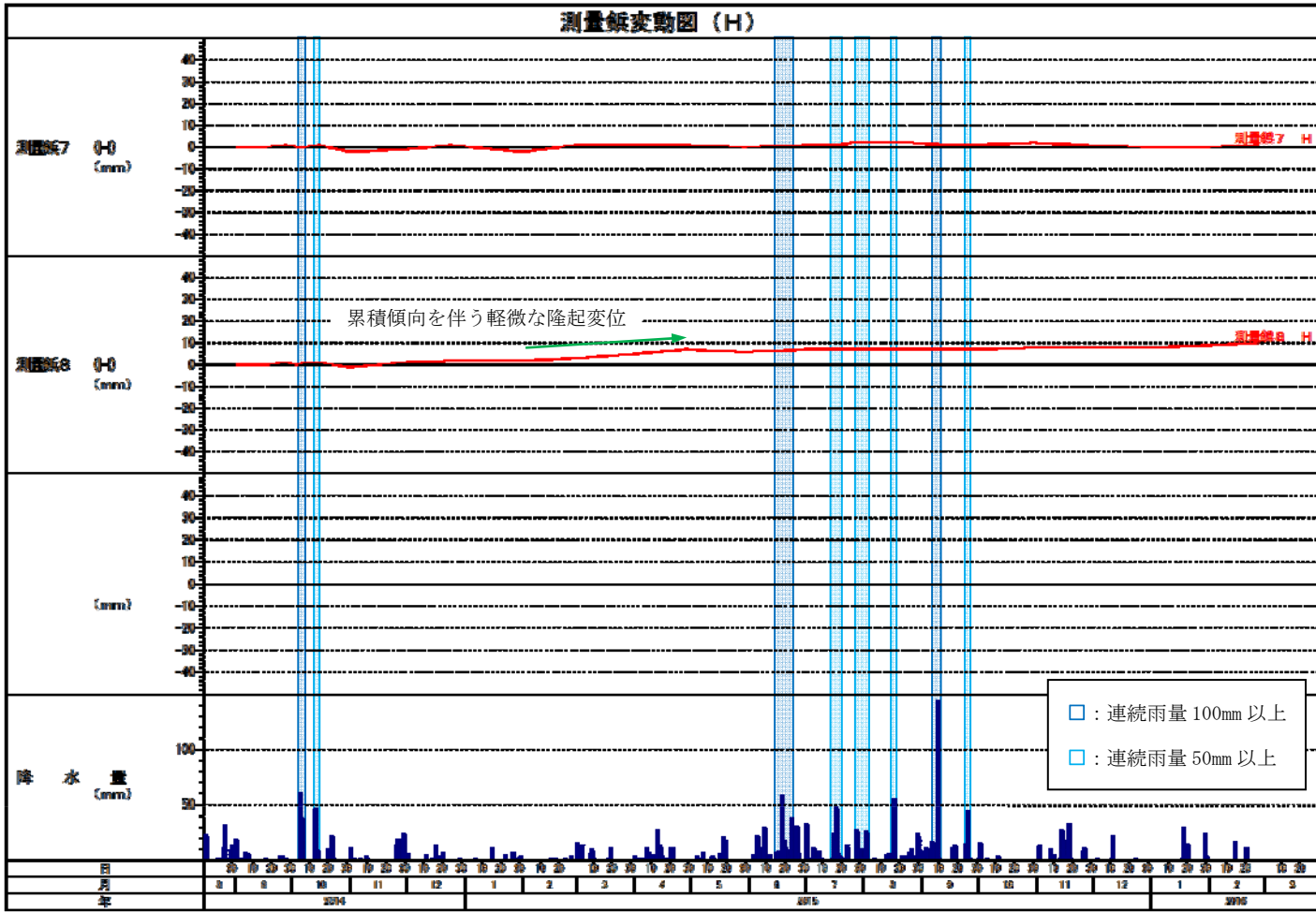
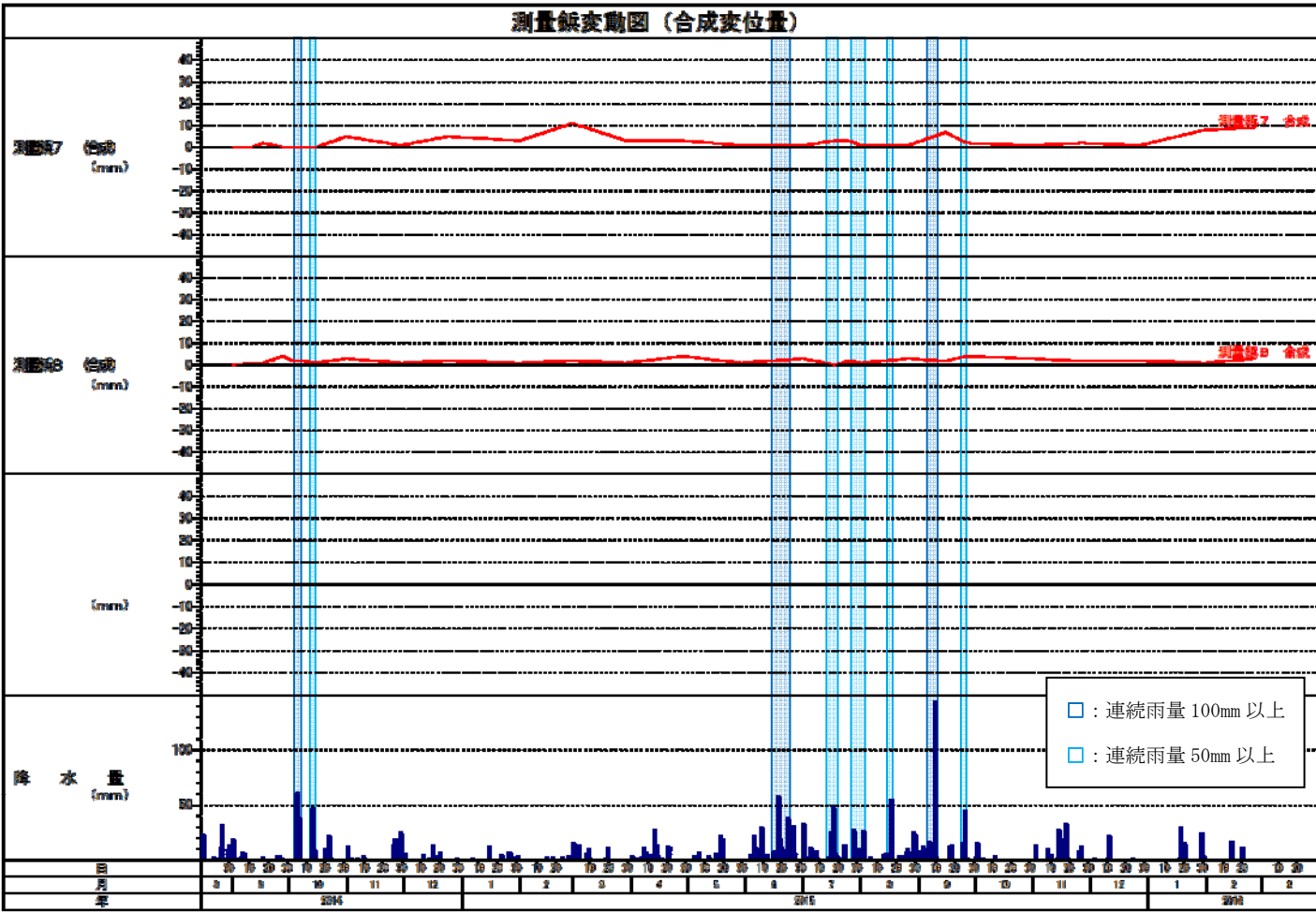
図 4.15 測量定点変動図（測量鉋 1～3）



観測年月日

H26. 8. 30
(初期値)
H26. 9. 11
H26. 9. 17
H26. 9. 27
H26. 10. 3
H26. 10. 8
H26. 10. 15
H26. 10. 31
H26. 11. 29
H26. 12. 24
H27. 1. 31
H27. 2. 28
H27. 3. 30
H27. 4. 28
H27. 5. 29
H27. 7. 1
H27. 7. 18
H27. 7. 25
H27. 8. 1
H27. 8. 26
H27. 9. 15
H27. 9. 26
H27. 10. 30
H27. 11. 26
H27. 12. 27
H28. 1. 31
● H28. 2. 26

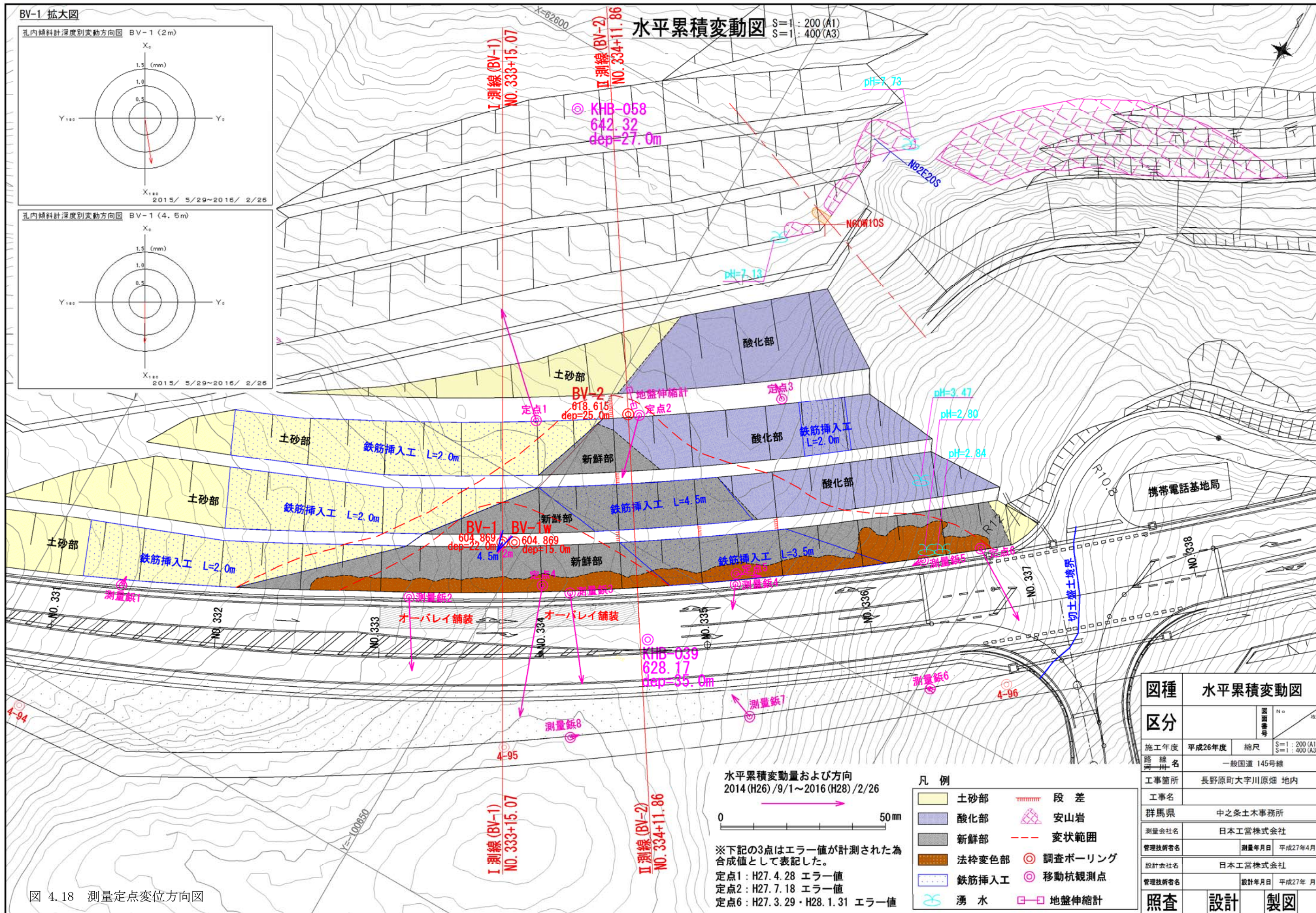
図 4.16 測量定点変動図 (測量鉋 4～6)



観測年月日

H26. 8. 30 (初期値)
H26. 9. 11
H26. 9. 17
H26. 9. 27
H26. 10. 3
H26. 10. 8
H26. 10. 15
H26. 10. 31
H26. 11. 29
H26. 12. 24
H27. 1. 31
H27. 2. 28
H27. 3. 30
H27. 4. 28
H27. 5. 29
H27. 7. 1
H27. 7. 18
H27. 7. 25
H27. 8. 1
H27. 8. 26
H27. 9. 15
H27. 9. 26
H27. 10. 30
H27. 11. 28
H27. 12. 27
H28. 1. 31
● H28. 2. 26

図 4.17 測量定点変動図 (測量鉈 7~8)



4.5.3 地盤伸縮計観測結果

(1) 目的

地盤伸縮計は、既設法枠に発生した段差を伴う亀裂を挟んでインバー線を張った構造となっており、変状範囲における地表の移動状況を把握する目的で実施した。

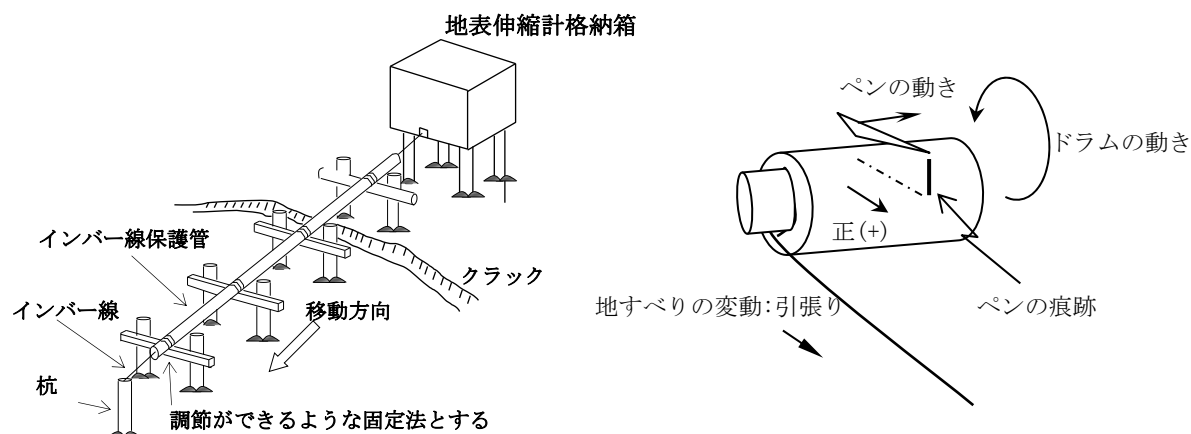


図 4.19 地盤伸縮計設置模式図

(2) 観測方法

1 回/月の頻度でデータ回収を実施する。その際に電池、計測器の状態及びインバー線の状態等を確認している。

(3) 観測結果

観測結果は、表 4.9 に示す基準を参考に変動判定区分を行なった。また、図 4.20 に観測期間における変動図を示した。

表 4.9 地盤伸縮計変動判定基準

変動種別	日変位量 (mm)	累積変位量 (mm/月)	一定方向へ の累積傾向	総合判定	
				変動判定	活動性ほか
変動 A	1 以上	10 以上	顕 著	確 定	活発に運動中、 表層・深層すべり
〃 B	0.1~1	2~10	やや顕著	準 確 定	緩慢に運動中、粘質土・ 崩積土すべり
〃 C	0.02~0.1	0.5~2	ややあり	潜 在	継続観測が必要
〃 D	0.1 以上	な し (断続変動)	な し	異 常	局所的な地盤変動・ その他

出典) 地すべり防止技術指針及び同解説 平成 20 年 4 月 国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所 P29

表 4.10 地盤伸縮計観測結果一覧表

計器番号	観測期間	累積変動量 (mm)	日変動量 (mm)	月変動量 (mm/月)	降雨相関 累積傾向
S-1	2014/8/30～ 2016/2/26 (545日間)	4.10	0.01	0.23	ややあり

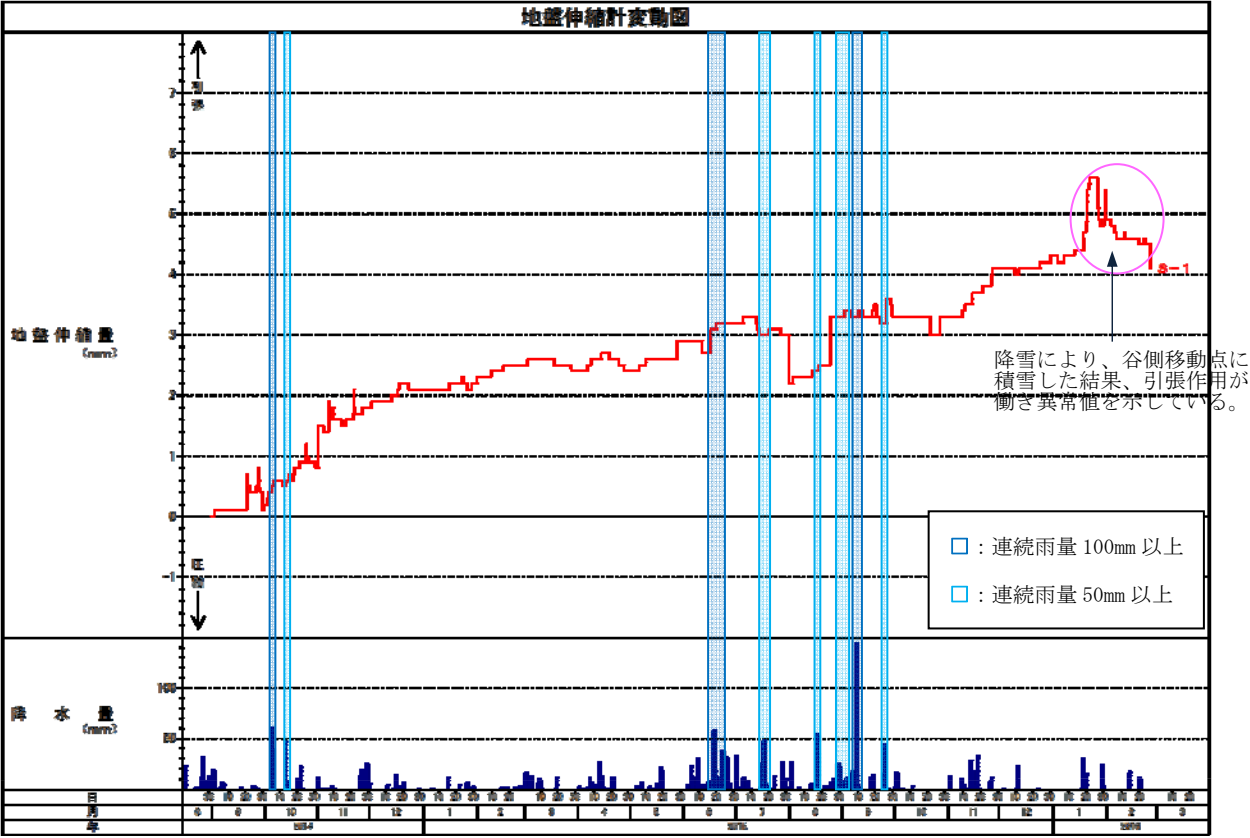


図 4.20 地盤伸縮計変動図

全般に階段状の変動形態で、概ね引張変動を示しているが、降雨の直接的な影響は少なく、相関性は不明瞭。

観測期間における変動量は日変動量が 0.01mm/day、月変動量が 0.23mm/mon となり、潜在変動未満と判断される。

4.5.4 パイプ歪計観測結果

(1) 目的

パイプ歪計観測は、地中の内部応力の変化による歪ゲージの抵抗値を測定し、すべり面の位置（深度）及び変動状況を把握することを目的として実施した。

(2) 測定原理及び観測方法

パイプ歪計の測定原理は以下の通りである。

- ① パイプ歪計は、ストレーナー加工を施した塩ビ管に、1 対の歪みゲージを 1m ごとに貼付したものである（図 4.21 参照）。
- ② パイプのたわみにともない、歪ゲージも伸縮する。ゲージが引き延ばされるとゲージの断面積が減少し、電気抵抗が増大するためプラス、圧縮されると断面積が増加するため、電気抵抗が減少しマイナスを示す。
- ③ 各ゲージにはリード線が結線されており、地上まで延ばされている。深度ごとの電気抵抗の変化を指示計により測定し、初期値からの変化量をグラフ化する。

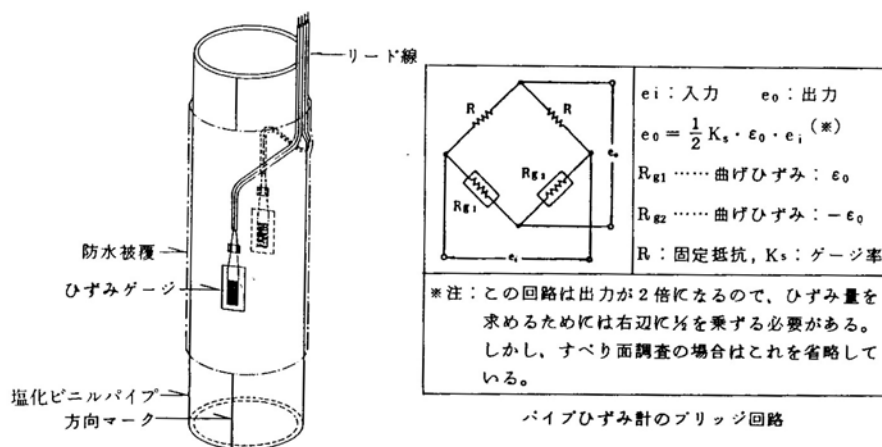


図 4.21 パイプ歪計構造図

観測は、静歪測定器を用い、1m ピッチでノーマル方向（谷側）及びリバース方向（山側）の測定を行なう。

(3) 観測結果

観測結果は、表 4.11 に示す基準を参考に変動判定区分を行ない、表 4.12 の結果一覧表にとりまとめた。また、図 4.22 に観測期間における変動図を示した。

観測期間中において、GL-5.00m の接点不良に伴う異常値が平成 27 年 7 月と平成 27 年 11 月の 2 回観測されている。

このため、異常値計測後の 7/19 と 11/30 に接点を交換して計測を継続している（図 4.22 中の○）。

表 4.11 パイプ歪計観測結果による判定一覧表

変動種別	日変動絶対値(μ)	累積変動絶対値(μ/月)	変動形態		すべり面存在の地形、地質的可能性	総合判定	
			累積傾向	変動状態		すべり面種別	活動性ほか
変動A	100 以上	5000 以上	顕 著	累積変動	あ り	確 定	顕著に活動している岩盤～崩積土すべり
変動B	100 以上	1000 以上	やや顕著	累積変動	あ り	準確定	緩慢に活動しているクリープ型地すべり
変動C	100 以下	100 以上	ややあり	累積断続乱帰	あ り	潜 在	すべり面存在有無を断定できないため、継続観測が必要
変動D	100 以上	1000 以上	な し	断続乱帰	な し	異 常	すべり面なし。地すべり以外の要因

表 4.12 パイプ歪計観測結果一覧表

計器番号	変状域深度	計測深度	観測期間	累積変動値(μ)	日平均変動値(μ/日)	月平均変動値(μ/月)	変動形態	
							累積傾向	変動状態
BV-2	4.20m	5.0m	2015/5/30～ 2015/7/1 (32日間)	766.00	23.94	718.13	ややあり	累積
			2015/7/19～ 2015/10/30 (103日間)	461.00	4.48	134.27	軽微	断続
			2015/10/31～ 2015/11/30 (30日間)	344.00	11.47	344.00	軽微	断続
			2015/12/1～ 2016/2/26 (87日間)	187.00	2.15	64.48	なし	断続
	—	8.0m	2015/5/30～ 2016/2/26 (272日間)	-468.00	-1.72	-51.62	軽微	回帰

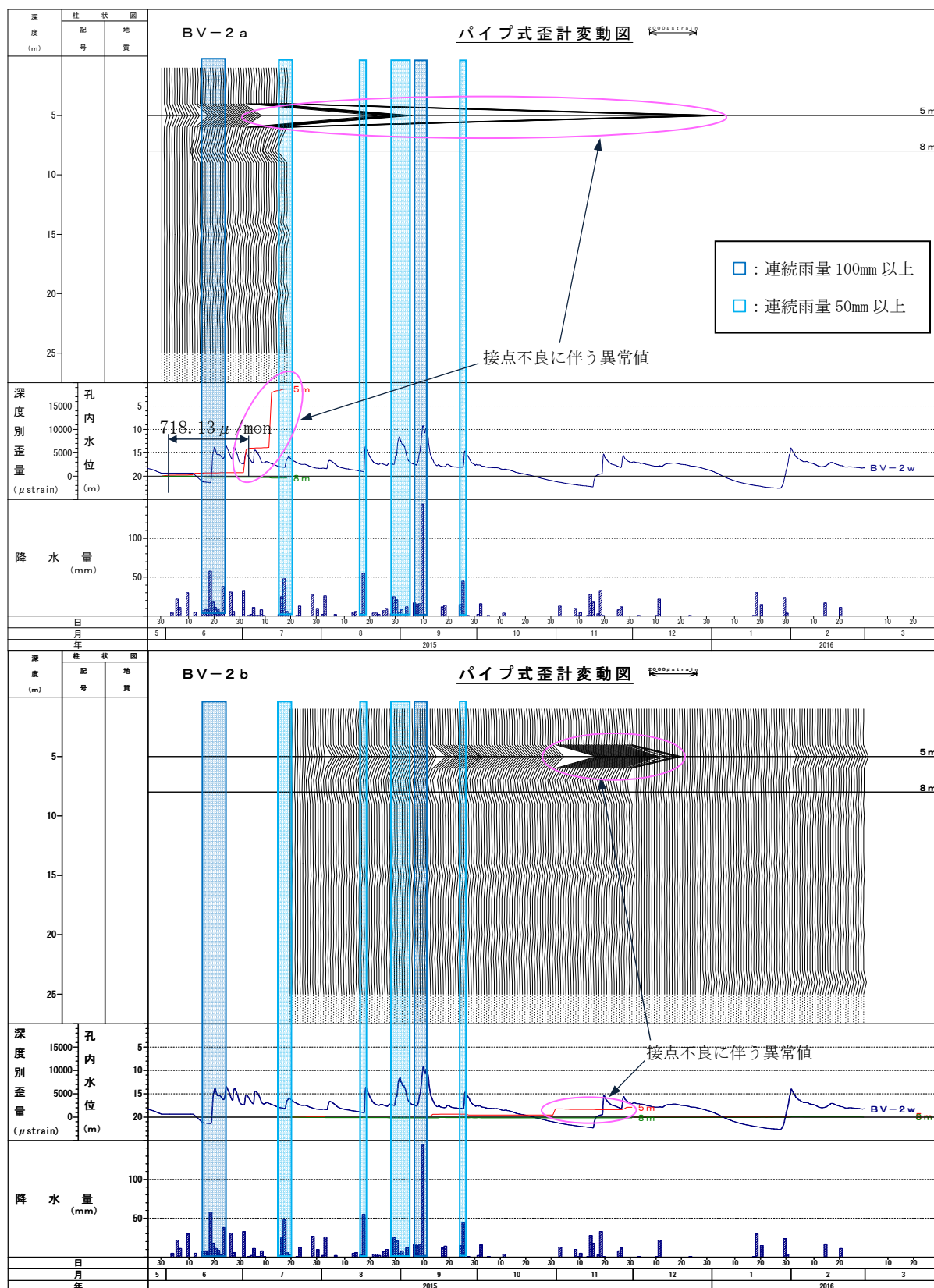


図 4.22 パイプ歪計変動図

全般に変動傾向は、GL-5.00m が引張変動、GL-8.00m が圧縮変動を示している。

GL-5.00m については、観測開始から平成 27 年 7 月までは累積傾向を示している。変動値は日変動値が $23.94 \mu/\text{day}$ 、月変動値が $718.13 \mu/\text{mon}$ となり、潜在変動相当と判断される。

平成 27 年 7 月以降は、累積傾向は伴わないものの、降雨に応答した引張変動が確認されるが、降雨の多寡と比例しないことから相関性は不明瞭である。

また、接点の変更や異常値に伴う観測期間は、平成 27 年 7 月 19 日～10 月 30 日と、平成 27 年 10 月 31 日～11 月 30 日及び、平成 27 年 12 月 1 日～平成 28 年 2 月 26 日に分別される。

1 回目接点変更後の変動値は、平成 27 年 7 月 19 日～10 月 30 日の期間で、日変動値が $4.48 \mu/\text{day}$ 、月変動値が $134.27 \mu/\text{mon}$ となり、潜在変動相当と判断される。

平成 27 年 10 月 31 日は異常値が認められたため、11 月 1 日～11 月 30 日の変動値を分けて整理した結果、日変動値が $11.47 \mu/\text{day}$ 、月変動値が $344.00 \mu/\text{mon}$ の観測結果が認められ、この期間も潜在変動相当と判断される。

2 回目接点変更後の平成 27 年 12 月 1 日～平成 28 年 2 月 26 日の期間では、日変動値が $2.15 \mu/\text{day}$ 、月変動値が $64.48 \mu/\text{mon}$ となり、潜在変動未満と判断される。

一方、GL-8.00m については、全観測期間において軽微な累積傾向を示すものの、緩やかな回帰変動となっており、圧縮変動から引張変動へ漸移している。変動値は日変動値が $-1.72 \mu/\text{day}$ 、月変動値が $-51.62 \mu/\text{mon}$ となり、潜在変動未満と判断される。

4.5.5 孔内傾斜計観測結果

(1) 目的

孔内傾斜計観測は、地中での変動傾向を把握する目的で実施した。

(2) 観測方法

孔内傾斜計は、高精度孔内傾斜計（プローブ）、ケーブル及び測定器からなり、ボーリング孔内に設置されたガイド溝付アルミケーシング内にプローブを挿入して孔内の傾斜を測定し、その傾斜値を地中の変位量として換算するものである。

プローブの測定間隔は 50cm、測定範囲は $\pm 23.5^\circ$ 、精度は 1/100mm で孔底の不動点より孔口まで連続的に測定することにより、地中変動を絶対値で把握する（図 4.23 参照）。

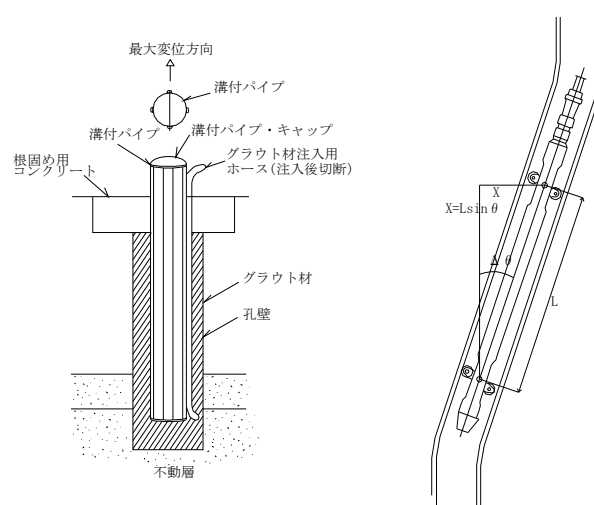


図 4.23 挿入式孔内傾斜計概念図

(3) 観測結果

観測結果は、表 4. に示す基準を参考に変動判定区分を行ない、表 4. の結果一覧表にとりまとめた。また、図 4.24 に観測期間における変動図を示した。

表 4.13 変動判定一覧表（地盤伸縮計及び孔内傾斜計）

変動種別	日変位量 (mm)	累積変位量 (mm/月)	一定方向へ の累積傾向	総合判定	
				変動判定	活動性ほか
変動 A	1 以上	10 以上	顕 著	確 定	活発に運動中、 表層・深層すべり
〃 B	0.1～1	2～10	やや顕著	準 確 定	緩慢に運動中、粘質土・ 崩積土すべり
〃 C	0.02～0.1	0.5～2	ややあり	潜 在	継続観測が必要
〃 D	0.1 以上	な し (断続変動)	な し	異 常	局所的な地盤変動・ その他

出典) 地すべり防止技術指針及び同解説 平成 20 年 4 月 国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所 P29

表 4.14 孔内傾斜計観測結果一覧表

孔番	変状域 深度	観測深度	観測期間	累積 変動量 (mm)	日変動量 (mm)	月変動量 (mm/月)	累積傾向
BV-1	5.10m	2.0m	2015/5/29～2016/2/26 (273日間)	1.348	0.005	0.15	ややあり
		4.5m		1.243	0.005	0.14	ややあり

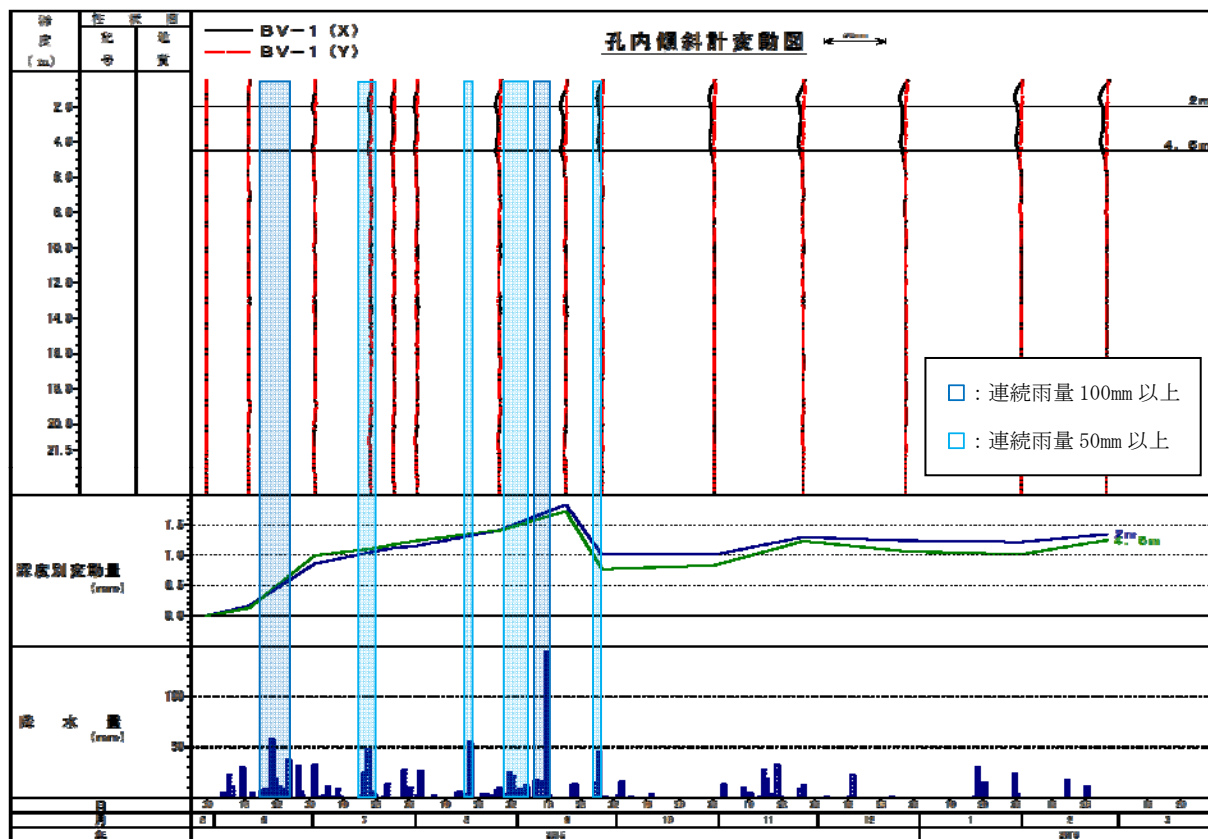


図 4.24 孔内傾斜計変動図

変動傾向としては、GL-4.50m 以浅で軽微な累積傾向を伴う引張変動を示しているが、観測期間における変動量は日変動量が 0.005mm/day、月変動量が 0.15mm/mon となり、潜在変動未満と判断される。

4.5.6 地下水位計観測結果

(1) 目的

地下水位計観測は、気象と地下水位、変動と地下水位の関係を把握することを目的に実施した。

(2) 観測方法

孔内水位観測は、自記式水位計を用いて実施した。

自記式水位計による観測方法は、ボーリング孔内（水中）に水圧式センサーを設置し、1時間に1回の頻度でセンサーに作用する圧力（センサー設置位置と地下水面との距離に換算）を、データロガーに記録するものであり、データロガーに集積したデータを定期的に回収するものである（図 4.25 参照）。

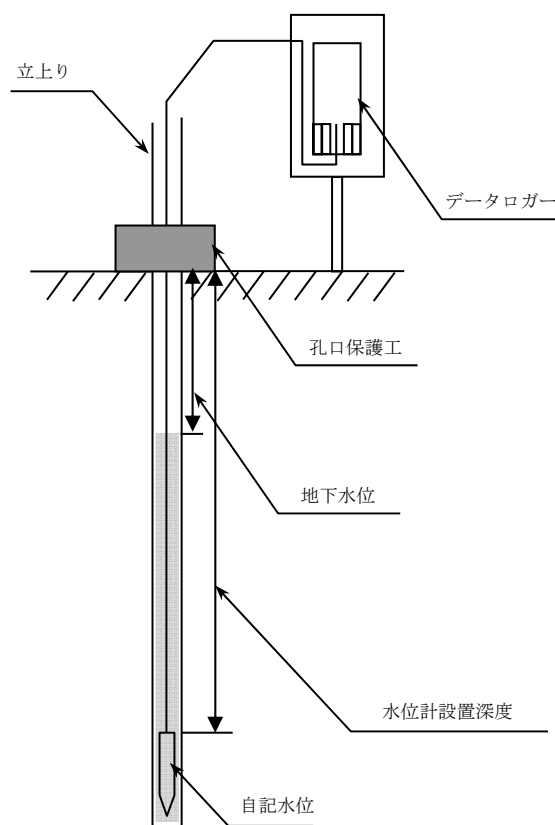


図 4.25 自機水位計設置模式図

(3) 観測結果

観測結果を表 4.15 の結果一覧表にとりまとめた。また、図 4.26 に観測期間における変動図を示した。

表 4.15 孔内水位観測結果一覧表

孔番	最高水位 (GL-m)	最低水位 (GL-m)	水 位 変動幅	降雨相関
BV-1w	5.26 (H27. 9. 9)	9.78 (H27. 11. 14)	4.52m	あり
BV-2	9.18 (H27. 9. 9)	22.61 (H28. 1. 27)	13.43m	あり

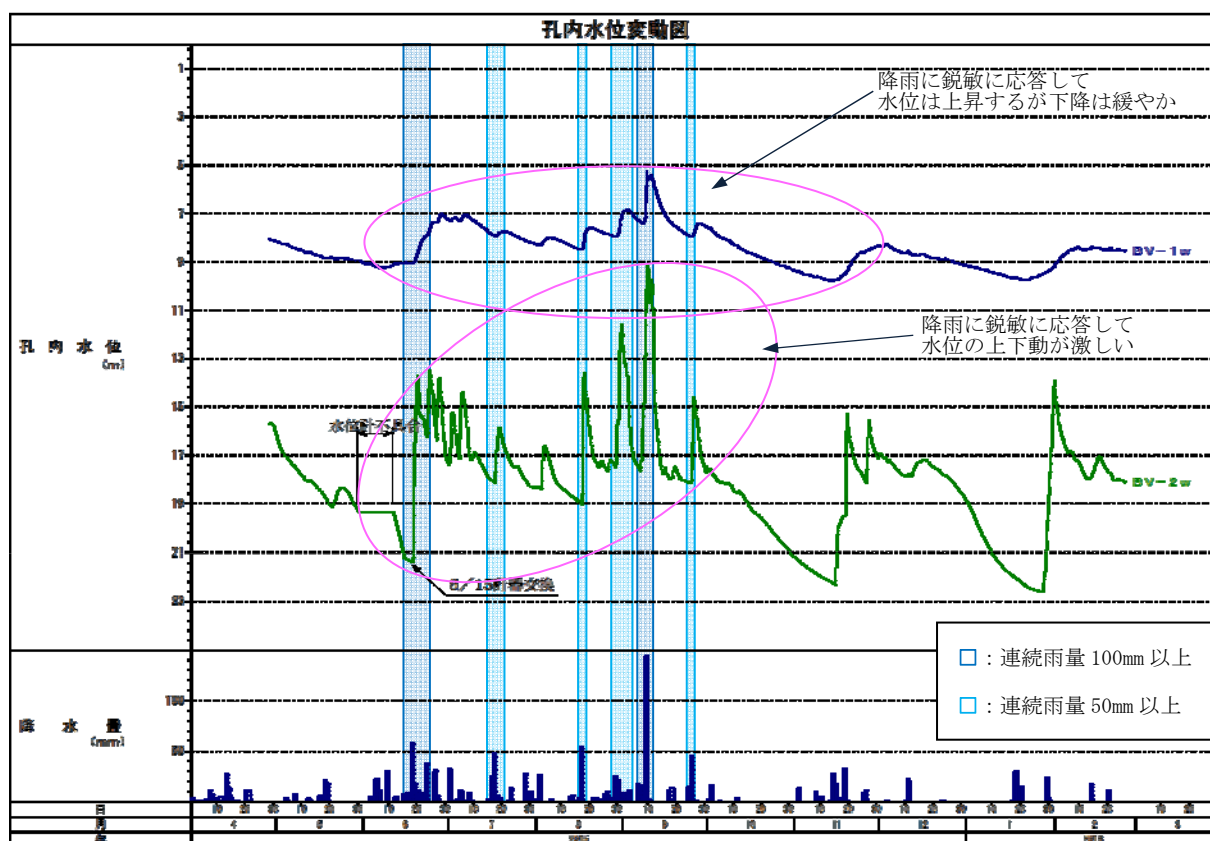


図 4.26 孔内水位変動図

BV-1w 孔については、降雨に対して比較的鋭敏に応答した水位上昇を示しているが、上昇後の低下速度はやや緩やかとなる。

概ね GL-9.00～10.00m 付近まで水位が下がることがあったが、基本的に降雨の多寡に応じた変動傾向を示している。

一方、BV-2 孔については、降雨に対して鋭敏に応答した水位変動を示しており、上昇・下降ともに急激な変動傾向となる（変動幅：13.43m）。

無降雨日の連続等による地下水位の低下域は、GL-22.50m 付近まで至ることがあったが、降雨により回復した。

4.6 岩石試験

表 4.16 岩石試験結果一覧表

			岩石試験結果一覧表						
調 査 名			単独公共 単独道路維持修繕事業(道路災害防除)地質調査及び地すべり解析等業務委託(川原畑工区)			整理年月日		平成27年5月26日	
調 査 地 点			群馬県吾妻郡長野原町川原畑地内			整理担当者			
試料番号		(No.)	BV-1 凝灰角礫岩	BV-2 安山岩	BV-2 凝灰角礫岩				
採取位置		(GL- m)	0.00～5.00	5.00～10.00	20.00～25.00				
湿潤密度		ρ_t (g/cm ³)	2.089						
乾燥密度		ρ_d (g/cm ³)	1.867						
含 水 比		ω (%)	11.9						
間 隙 比		e							
比重・吸水率試験	自然比重	G _n (g/cm ³)		2.405	2.371				
	乾燥比重	G _d (g/cm ³)		2.274	2.255				
	湿潤比重	G _t (g/cm ³)		2.410	2.377				
	吸 水 率	Q (%)		5.97	5.43				
	有効間隙率	n _c (%)		13.58	12.25				
超音波速度試験	P波(自然)	V _p (m/sec)		3754	3400				
	S波(自然)	V _s (m/sec)		2203	2116				
	動弾性係数	E _d (MN/m ²)		28973	25224				
	動ポアソン比	ν_d		0.237	0.184				
	P波(湿潤)	V _p (m/sec)		3873	3496				
	S波(湿潤)	V _s (m/sec)		2228	2089				
	動弾性係数	E _d (MN/m ²)		30080	25458				
	動ポアソン比	ν_d		0.253	0.223				
	P波(乾燥)	V _p (m/sec)		3389	2850				
	S波(乾燥)	V _s (m/sec)		2218	1903				
	動弾性係数	E _d (MN/m ²)		25259	17990				
	動ポアソン比	ν_d		0.125	0.098				
吸水膨張率		L _s (%)							
吸水膨張応力		σ_s (kN/m ²)							
スレーキング指数 (SI)			4	0	1				
一軸試験	一軸圧縮強さ	σ_c (MN/m ²)		27.00	11.21				
	静弾性係数	E ₅₀ (MN/m ²)		14917	7430				
	ポアソン比	ν		0.830	0.291				
三軸圧縮	試験条件								
	全 応 力	c (kN/m ²)							
		ϕ (度)							
	有効応力	c (kN/m ²)							
		ϕ (度)							
引張強さ試験		σ_t (MN/m ²)	0.42	3.61	0.83				

備考

(1) 密度・吸水率、含水比、有効間隙率試験

表層変状範囲の凝灰角礫岩試料は密度試験を行った結果、一般の土砂化した強風化岩と同様な試験値が得られた。深部非変状範囲の凝灰角礫岩も一般的な比重値を示しており、比重・吸水率試験は一般的な試験値が得られた。

- ① 中変質部：BV-2 GL-5.0m～10.0m
安山岩
- ② 弱風化部：BV-2 GL-20.0m～25.0m
凝灰角礫岩

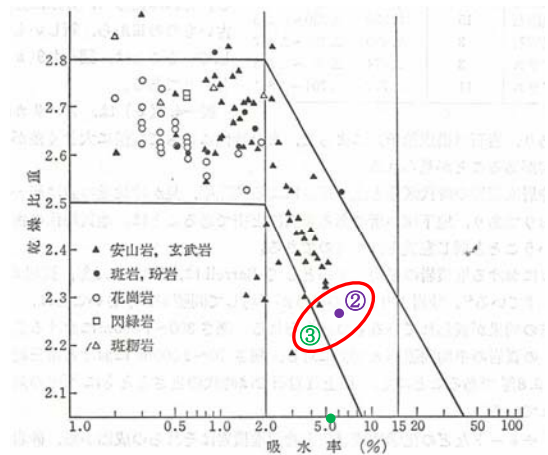


図 4.27 日本産岩石の基本物性分類

出典) 岩の工学的性質と設計・施工への応用 P180：土質工学会（一部加筆）

(2) 超音波速度試験

- ② BV-2 5.0m～10.0m 安山岩

ボーリングコアのRQDは、25～77%（平均 54.2%）でV P波の平均値が 3,672m/secで、CL～CMクラスの地山等級となる。部分的に亀裂間隔が狭い部分が見受けられるが、全般にコアの硬度が硬く、風化や変質程度が低いのでCL級岩盤と評価する。

- ③ BV-2 20.0m～25.0m 凝灰角礫岩

ボーリングコアのRQDは、30～65%（平均 50.0%）でV P波の平均値が 3,249m/secで、CL～CMクラスの地山等級となる。但し、コアの硬軟や風化、変質程度よりCL級の岩盤等級となる。

(3) 一軸圧縮強度試験

非変状範囲の2試料の一軸圧縮強度試験を行った。BV-2の5.0m～10.0m範囲の安山岩は27.0MN/m² (275.4kg/cm²)の試験値が得られた。20.0m～25.0m範囲の凝灰角礫岩は11.21MN/m² (114.3kg/cm²)の試験値が得られた。非変状範囲の一軸圧縮強度試験は、ほぼ一般的な試験値が確認された。

(4) 引張強度試験

変状範囲 1 試料と非変状範囲 2 試料の引張強度試験を行った。変状範囲の BV-1 の 0～5.0 m 範囲の凝灰角礫岩は 0.42MN/m² (4.3kg/cm²) の試験結果が得られた。BV-2 の 5.0m～10.0 m 範囲の安山岩は 3.61MN/m² (36.1kg/cm²) の試験値が得られた。20.0m～25.0m 範囲の凝灰角礫岩は 0.83MN/m² (8.5kg/cm²) の試験値が得られた。

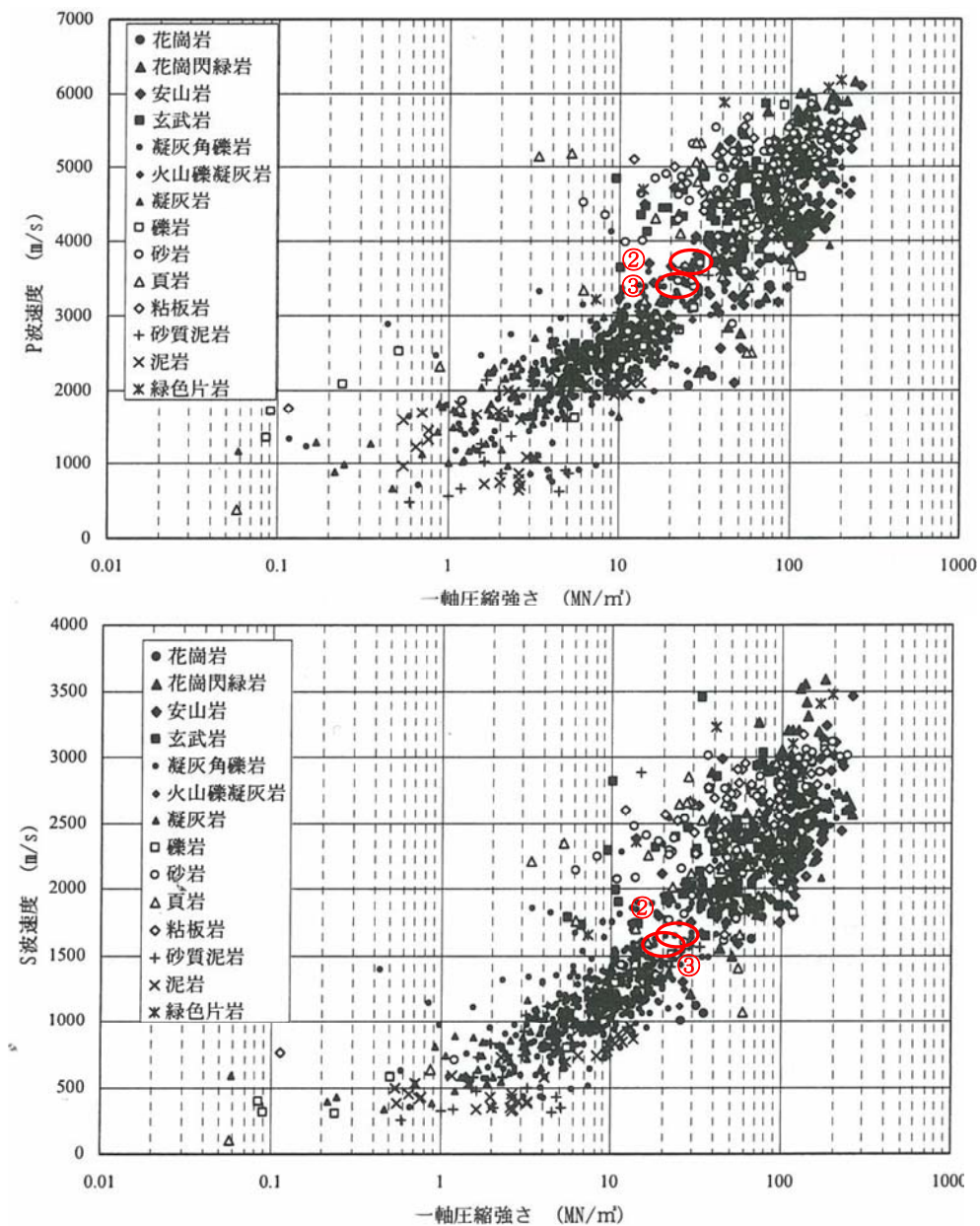


図 4.28 各種岩盤の一軸強さと弾性波速度 (P 波・S 波) の関係

出典) 設計用地盤定数の決め方-岩盤編- P-3: 地盤工学会 (一部加筆)

(5) スレーキング試験

供試体が乾燥・水浸により生じる形状変化を目視で0～4の5区分で評価し、浸水時間－スレーキング区分曲線を求めた。スレーキング指数は浸水24時間後のスレーキング区分の数値を採用した。

表層部の①供試体は、深部の②・③供試体と比較するとスレーキング指数が高い。

区分	0	1	2	3	4
A	 変化なし。	 割れ目が少しできるが供試体の原形を保っている。	 全体に割れ目が多数でき、幾つかの岩片にわかれる。供試体の原形はおおむね判別できる。	 全体が細粒化し、供試体の原形は判別できない。泥状化の進行は顕著でない。	 全体が泥状化。
B	 変化なし。	 割れ目が少しできるが、周辺が少し崩れる。供試体の原形を保っている。	 周辺がかなり崩れ、供試体の原形は判別が難しい。	 周辺がほとんど崩れ、粒子の分離が顕著。供試体の原形はほとんど判別できない。	 全体が砂状化。

A: 泥岩・凝灰岩(細粒)によくみられるタイプ

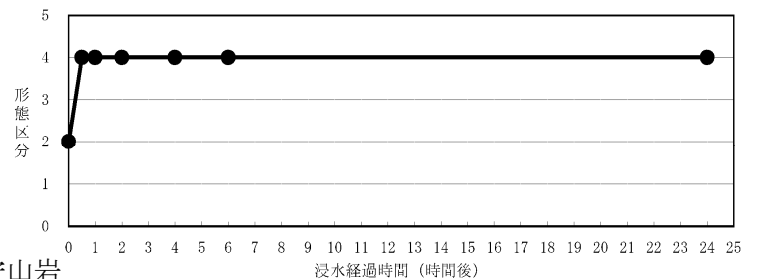
B: シルト岩・砂岩・凝灰岩(粗粒)によくみられるタイプ

図 4.29 スレーキング区分図

出典) 地盤工学会基準(改正案) 岩石のスレーキング試験方法 JGS 2124 [WG1-115]: 地盤工学会(一部加筆)

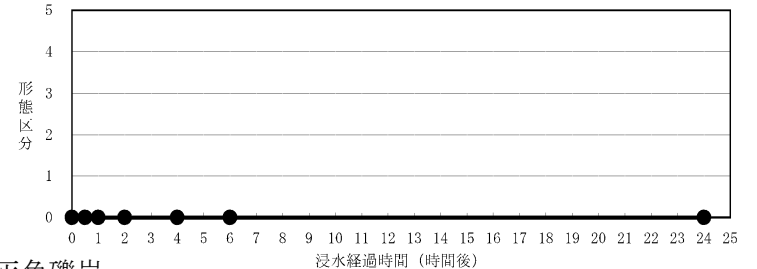
① BV-1 0.15m～1.0m 凝灰角礫岩

	スレーキング区分
水浸直後	2
水浸 0.5時間後	4
水浸 1時間後	4
水浸 2時間後	4
水浸 4時間後	4
水浸 6時間後	4
水浸 24時間後	4
スレーキング指数	4



② BV-1 5.0m～10.0m 安山岩

	スレーキング区分
水浸直後	0
水浸 0.5時間後	0
水浸 1時間後	0
水浸 2時間後	0
水浸 4時間後	0
水浸 6時間後	0
水浸 24時間後	0
スレーキング指数	0



③ BV-1 11.6m～15.0m 凝灰角礫岩

	スレーキング区分
水浸直後	0
水浸 0.5時間後	0
水浸 1時間後	0
水浸 2時間後	0
水浸 4時間後	0
水浸 6時間後	1
水浸 24時間後	1
スレーキング指数	1

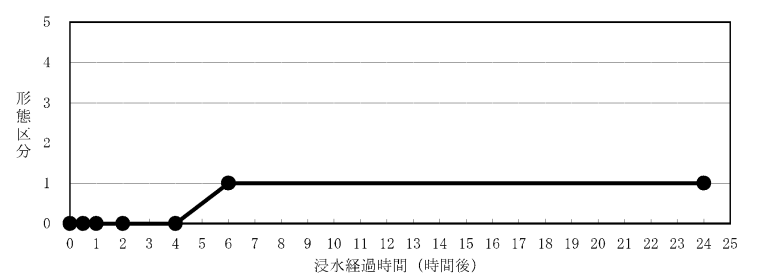


図 4.30 スレーキング試験結果図

(6) X線試験

ボーリングコア変状範囲、非変状範囲のX線試験結果を下表に示す。

変状が発生していない深度の試料である No. 2, No. 3 では黄鉄鉱 (P) が検出され、石膏 (G) は検出されていない。これに対し、変状が発生している深度の試料である No1 では黄鉄鉱 (P) は検出されず、石膏 (G) が検出されている。

表 4.17 X線試験結果表

No.	変状状態	X 線 試 験								
		検体名	クリスト バライト (Cr)	石英 (Q)	長石 (F)	粘土 鉱物 (C)	黄 鉄 鉱 (P)	石 膏 (G)	カル サイト (Ca)	緑 泥 石 (Cl)
1	変状範囲	0.15～1.00m	+++	+	++	++	-	+	tr	tr
2	非変状範囲	Tbr 基質部 5.0～10.0m	+++	tr	+++	+++	tr	-	tr	-
3	非変状範囲	An 11.6～15.0m	+++	+++	++	+++	+	-	tr	tr

凡例 ; +++ : 多量, ++ : 中量, + : 少量, tr : 微量, - : 無

5. 機構解析

5.1 地質状況

調査地の広域地質としては、八ッ場安山岩類の分布域となっており、切土法面及び斜面周辺においても安山岩類及び安山岩質火山角礫岩（凝灰角礫岩）の露頭が確認されている。

本業務におけるボーリング調査では、安山岩質自破碎溶岩及び凝灰角礫岩が確認されており、以下にその特徴を示し、図 5.1, 図 5.2 に地質断面図を示す。

(1) 安山岩質自破碎溶岩 ; At

斑晶の発達する比較的新鮮な安山岩を母岩とする自破碎溶岩。

切土法面表面に分布し、斜面西側では風化に伴う劣化および軟質化が著しく、土砂化が進行し、斜面東側では地下水浸透による酸化に伴い石灰化が進行している。（斜面東側では地下水及び、地下水の影響による枠内土砂の流出が多数見受けられる）

斜面中央部付近には、風化・酸化の影響の小さい新鮮部が残存するが、経年劣化に伴い、徐々に酸化（石灰化）の範囲が広がりを見せている。

黄鉄鉱を多分に含有しており、酸化耐性が著しく低く、1日程度で黄白灰色となり、非常に軟質となる。

また、一部で赤鉄鉱の発達に伴う赤褐色化が進行する。

ネットワーク状に珪質な透白色（カルサイト）が介在する。

(2) 凝灰角礫岩 ; Tbr

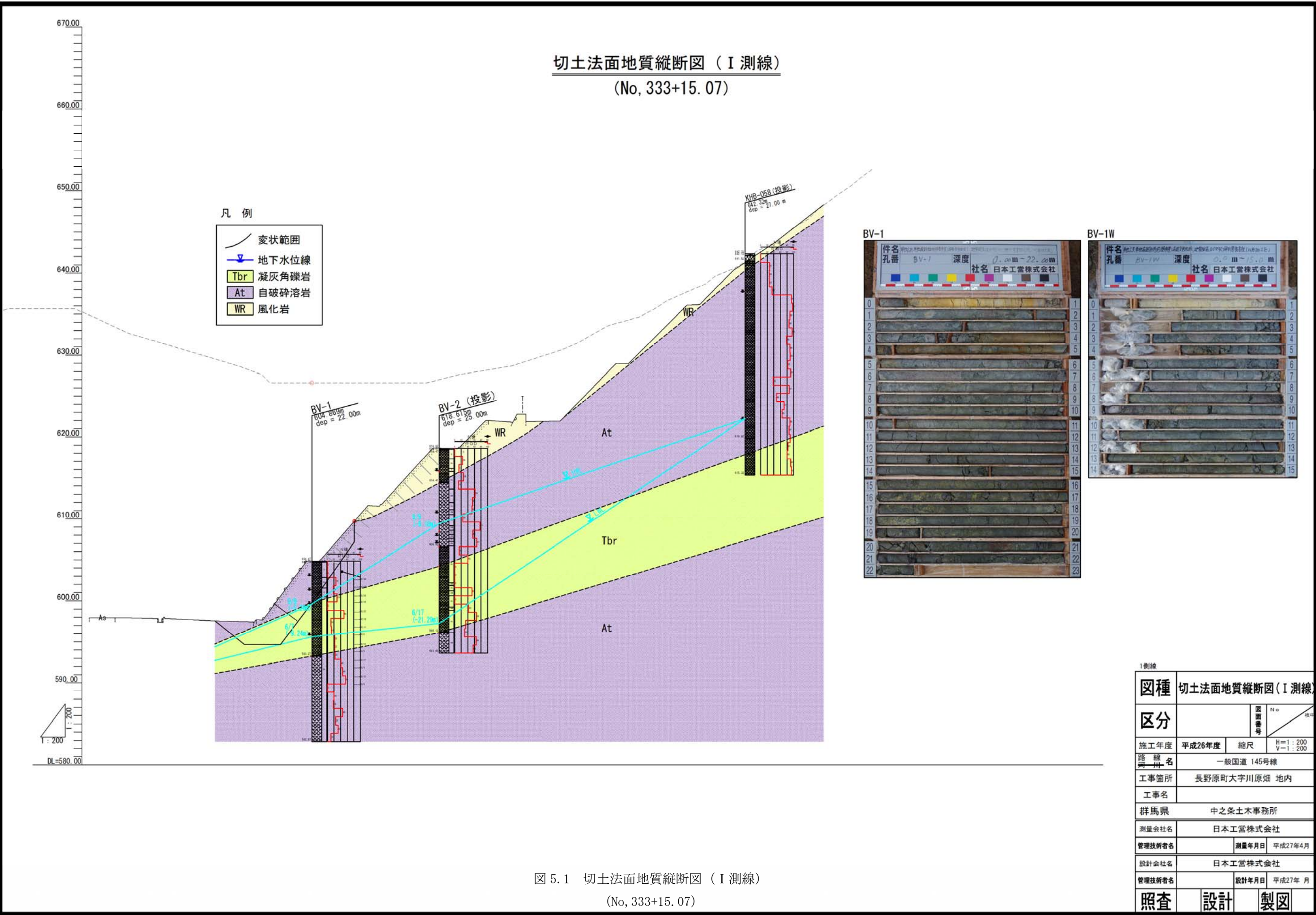
広域地質で調査地周辺に分布する安山岩質火山角礫岩と同等とみられ、安山岩質自破碎溶岩中に層状～塊状に介在していると推察される。

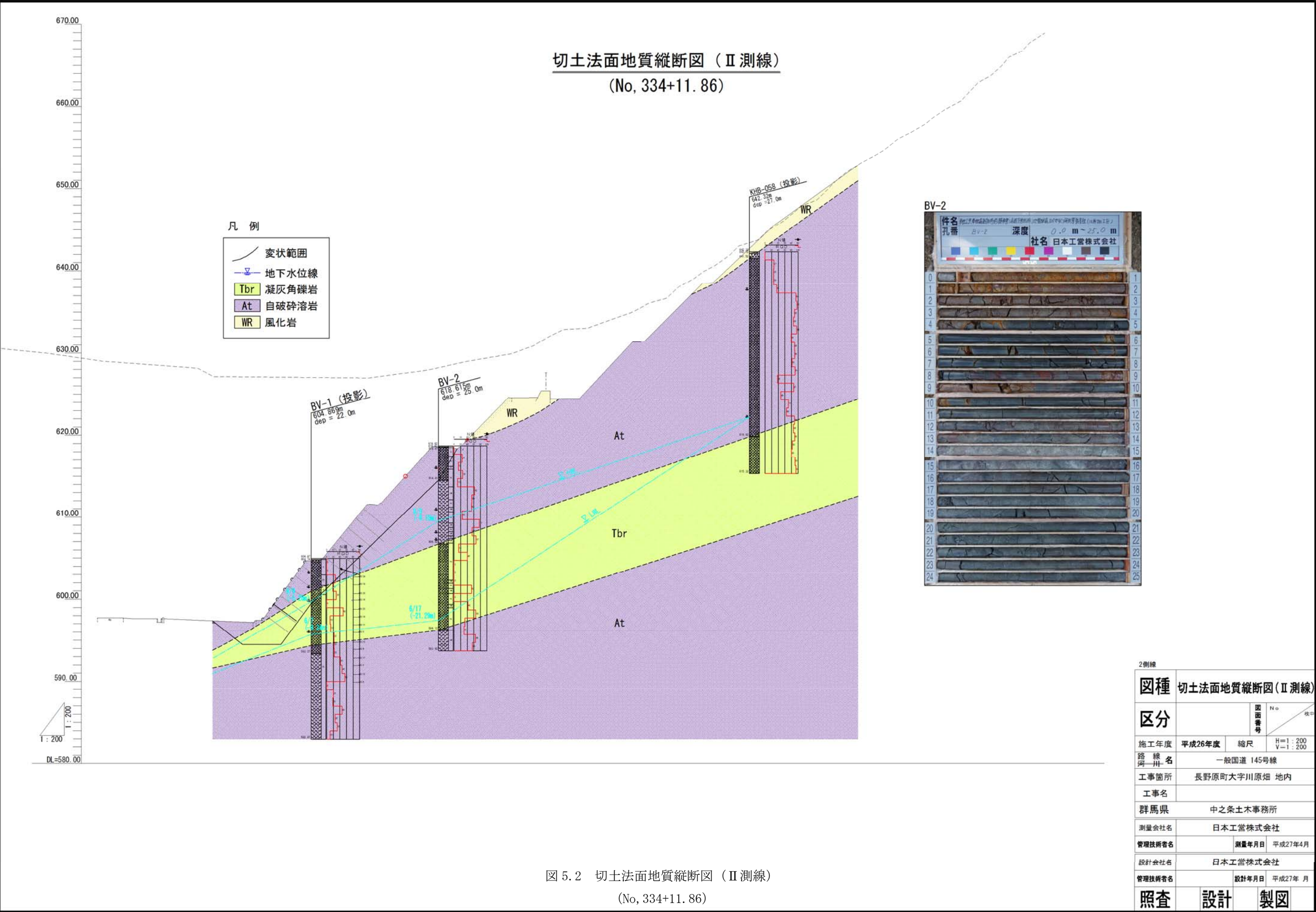
また、母岩は安山岩質自破碎溶岩と同一と考えられ、その性状は非常に近似している。

基質部と礫状部の強度差が著しく、風化耐性が低い。

そのため、地表面から 5.0m 付近までは風化による軟質化及び開口亀裂の発達による岩片劣化が顕著となる。

黄鉄鉱を多分に含有しており、酸化耐性が著しく低く、1日程度で黄白灰色となり、非常に軟質となる。





5.2 変状特性

(1) 変状範囲

現地踏査の結果より、法枠工等の変状が少しでも視認できた下記範囲を変状範囲と想定する。

- ① 変状範囲 1 (No332+5～No336+15 付近、1～3 段目法面)
- ② 変状範囲 2 (No332+10～No334+15 付近、1～2 段目法面)

(2) 変状深度

BV-1 孔、BV-2 孔共に表面付近は安山岩質自破碎溶岩が確認された。表層付近は、強変質を受けて暗灰色または褐色化に変色しコア岩片は脆弱化及び軟質化している。

BV-1 孔では 5.1m、BV-2 孔では 4.2m 迄が変質範囲と思われる。

5.3 機構解析

(1) 岩盤特性

既往調査ボーリングがNo334付近で4本行われており、斜面上部のKHB-058を参考として、今回のボーリング2孔（BV-1・BV-2）の結果より地質構造を推定した。

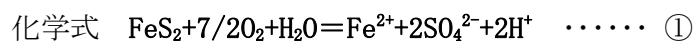
切土面付近では、安山岩質自破碎溶岩（At）と安山岩質凝灰角礫岩（Tbr）の地質構造が確認された。

自破碎溶岩（At）と凝灰角礫岩（Tbr）には、それぞれ黄鉄鉱が含まれている。のり面変状範囲の表層部では白色化土砂が確認できる。含有する黄鉄鉱が地下水により酸化して石膏化し、地盤強度が低下した作用で、含有鉱物による強度低下する特性がある。

X線試験の分析結果より、No, 2 検体・No, 3 検体（表 4. 17 参照）には少量の膨張性鉱物の黄鉄鉱が含まれている。No, 1（表 4. 17 参照）検体にも黄鉄鉱が含まれていたが、降雨や地下水の流下により科学変化を起こし石膏化したものと思われる。

変状範囲には石膏が生成されている。これは非変状範囲のパイライト（黄鉄鉱 FeS_2 ）が酸化して、溶け出して硫酸を生成し、岩石中の Ca と反応（ Ca が形を変えて）して石膏化した。

（化学式①、②）



※ FeS_2 ：硫化鉄（黄鉄鉱）

H_2O ：水

Fe^{2+} ：鉄イオン

Ca^{2+} ：カルシウムイオン

SO_4 ：硫酸イオン

CaSO_4 ：石膏

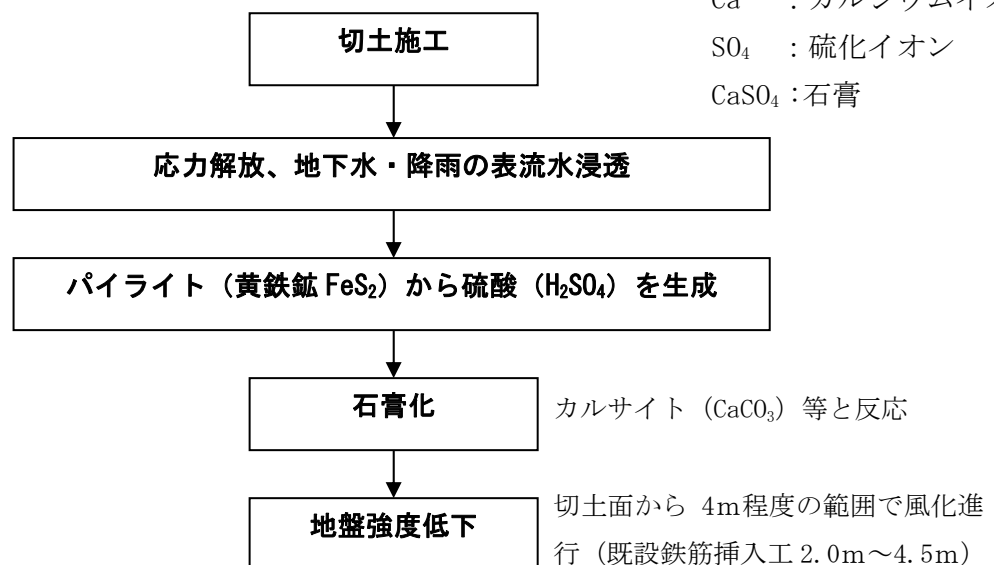


図 5.3 岩盤変質の機構フロー

(2) 水質特性

今回の調査ボーリング 2 孔の地下水位観測より、BV-1W は地表から 5.26～9.78m、BV-2 は 9.18～22.61m の深度で確認されている。施工時の既往資料によると、掘削後の切土面には湧水は認められていないことから、常時の地下水位は切土面や国道より下部と思われる。

しかし、降雨後に 1 段目法面法尻から湧水が確認される事や、変状範囲の法枠工の吹付コンクリートの褐色した流下水跡が広範囲で確認できることから、降雨後は斜面上部からの浸透水や流下水が 1 段目法面法尻から湧水となって排水されていると思われる。

また、地下水と法尻湧水の酸度 (Ph) は、地下水は平均 $\text{ph}=7.4$ に対して、法尻湧水は平均 $\text{ph}=3.0$ となる。

アルカリ性の地下水位が地質内部に浸透し下部へ至る際に、地質の含有鉱物の黄鉄鉱に反応し酸化したものと推測される。

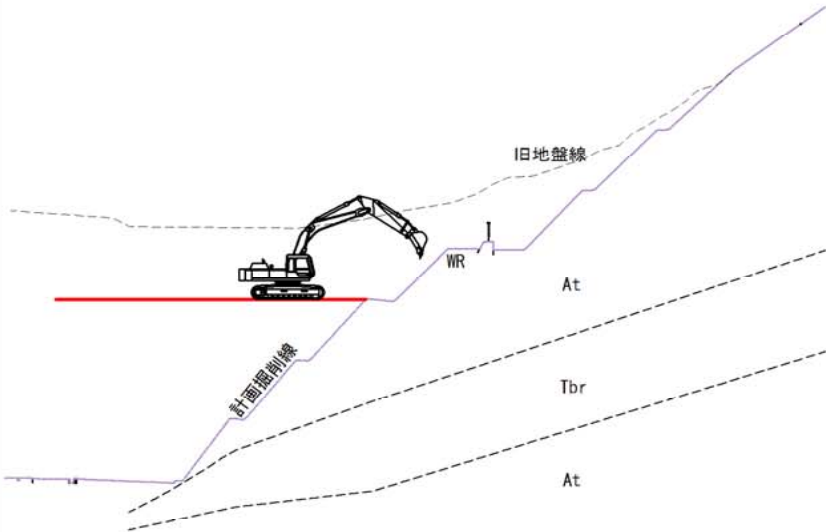
(3) 変状の発生機構

本業務において実施した調査の結果、法面変状の発生機構を以下のように推定した。法面完成後、降雨の浸透に伴って、地中に含まれる黄鉄鉱が浸透水と空気に触れて化学反応を起こし、法面表層部の石膏化が徐々に進行したと推定される。この現象は、法面上部の湧水と法尻部の湧水の pH が大きく異なることから裏付けられる。この化学反応に伴って、法面に露出していた堅硬な岩盤の表面部が膨潤(体積変化)したことにより、法枠の変形や路面の隆起等の変状につながったと考えられる。

のり面変状の機構図

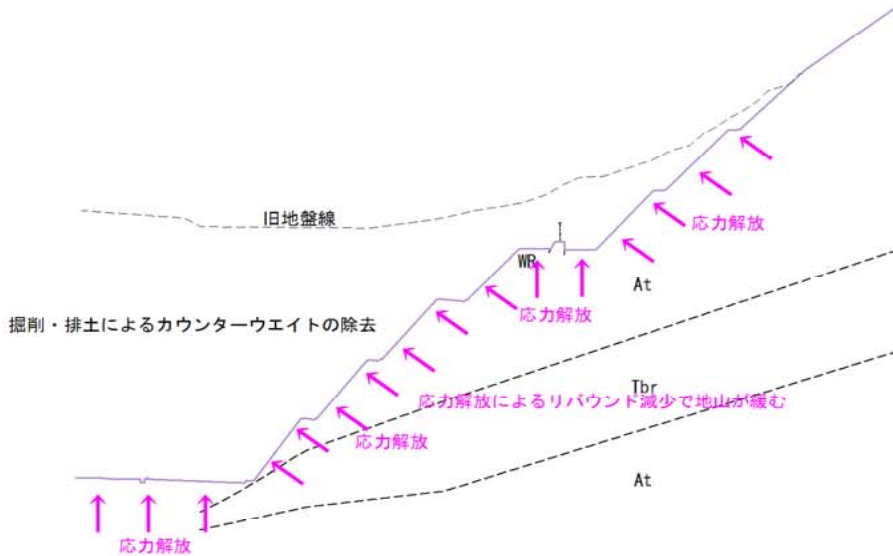
1、掘削・のり面整形、排土

計画切土勾配でのり面掘削・整形及び掘削土砂の排出を行う。

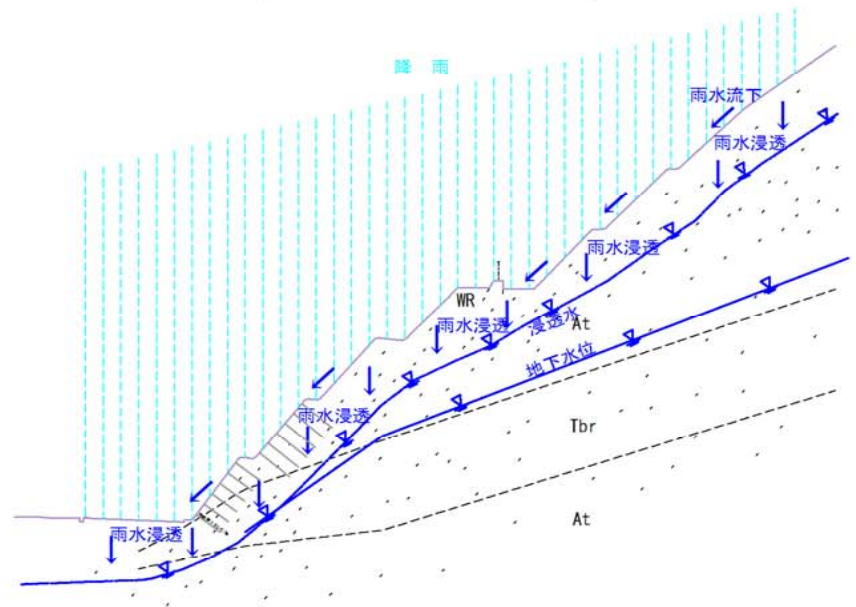


2、掘削完了後の応力解放

切土面上の土砂を取り除く事で、リバウンドによる応力解放が起きる

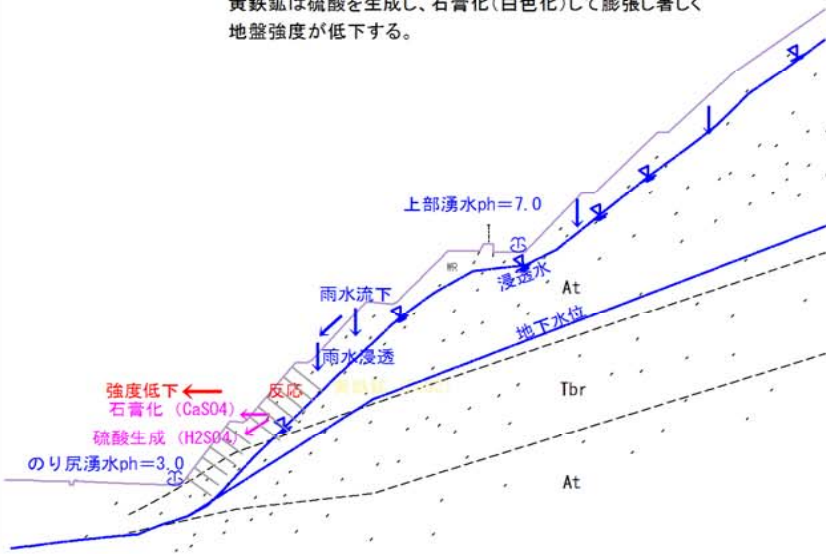


3、降雨の流下・浸透



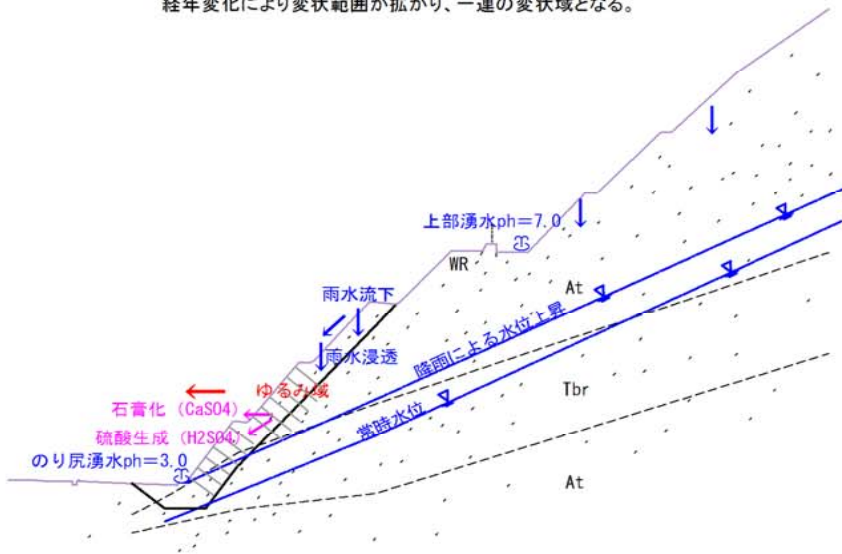
4、酸化による硫酸生成・石灰化

地中に含まれる黄鉄鉱が、地下水や降雨により酸化する。黄鉄鉱は硫酸を生成し、石膏化(白色化)して膨張し著しく地盤強度が低下する。



5、のり面変状の進行

降雨時にのり戻の地下水が上昇し、のり面が変状が進行する。経年変化により変状範囲が拡がり、一連の変状域となる。



6. 安定解析

6.1 法面安定対策検討フロー

当該法面の法面安定対策検討は、以下に示す手順で行った。

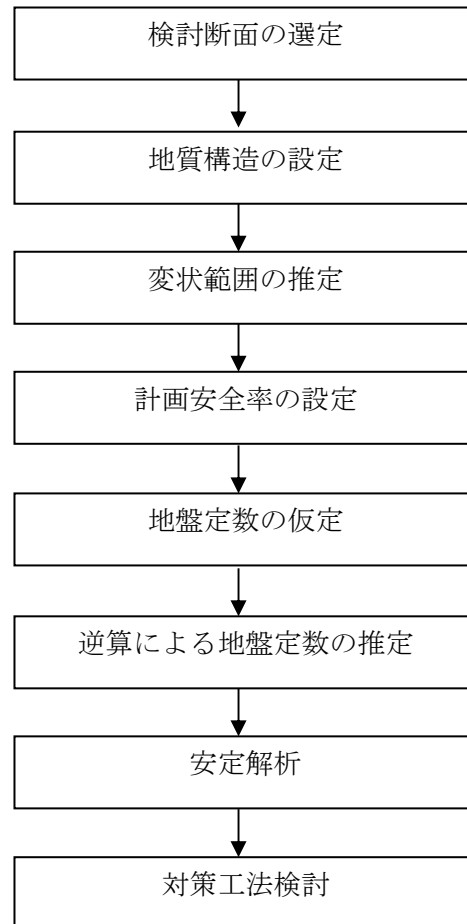


図 6.1 法面安定対策検討フロー

6.2 設計諸条件の設定

(1) 検討断面の選定

検討断面は、地質調査を実施したⅠ測線とⅡ測線を比較し、緩み範囲が断面的に大きく安全側となるⅡ測線とした。

(2) 変状範囲の推定

調査ボーリングの結果より変質深度を決定し、変状範囲を想定した。また、地下水位や降雨後の湧水状況や、切土後の応力解放や変質範囲を考慮すると路肩の隆起変状も一連の変質作用によるものとし、路肩の隆起も考慮した変状範囲とした。

(3) 計画安全率の設定

計画安全率は、保全対象の重要度及び供用期間等を考慮して決定するが、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」より、一般的に用いる計画安全率 $FS_p = 1.20$ を用いる。

(4) 地盤定数の仮定

「道路土工 切土工・斜面安定工指針」より、安定解析上のすべり面深度は今回の調査結果の緩み域の 5m ($c = 5 \text{ kN/m}^2$) と仮定し、 $c - \tan \phi$ 図から内部摩擦角 ϕ を算出する。

■単位体積重量	$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$
■粘着力	$c = 5 \text{ kN/m}^2$ (緩み深度 5m より)
■内部摩擦角	$\phi = 36.578^\circ$ ($c - \tan \phi$ 図より逆計算で)

(5) 逆算による地盤定数の推定

地盤定数は逆算法により粘着力 c を変動層厚から $c = 5.0 \text{ kN/m}^2$ と仮定し、内部摩擦角 ϕ を逆算する。逆算時に現況斜面の安全率が必要となる。

当該斜面は計測によって確認されている変動量が小さく、潜在変動未満としているので、現況斜面の安全率は一般的に用いられる現況安全率 $F_{s0} = 1.00$ とする。

(6) 水位条件

水位条件は、2 孔の水位観測孔 (BV-1w、BV-2) の観測結果より、観測最高水位を HWL として考慮するものとする。

6.3 安定解析結果

(1) 安定解析結果

安定解析手法は、『道路土工 切土工・斜面安定工指針』より、スライス法（簡便法）を用いる。

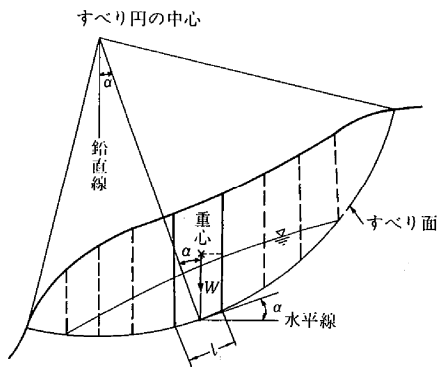


図 6.2 安定計算に用いるスライス分割図

出典：『道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）』 公益社団法人日本道路協会 P399

$$F_s = \frac{\sum (c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

F_s : 安全率
 c : 粘着力 (kN/m²)
 ϕ : せん断抵抗角 (°)
 l : 各分割片で切られたすべり面の延長 (m)
 u : 間隙水圧 (kN/m²)
 b : 分割片の幅 (m)
 W : 分割片重量 (kN/m) 分割片で切られたすべり面の midpoint とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (°)

出典：『道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）』 公益社団法人日本道路協会 P399

安定解析結果を下表に示す。

表 6.1 安定解析結果表

解析ケース名		N 垂直分力 (kN/m ²)	T 接線分力 (kN/m ²)	L すべり面長 (m)	U 間隙水圧 (kN/m ²)	A 断面積 (m ²)	土壌強度			F _s	P _s (KN/m)
							γ_t 単位体積重量 (kN/m ³)	C 粘着力 (kN/m ²)	ϕ 内部摩擦角 (°)		
Ⅱ 測線	現状	1544.96	1192.49	41.64	218.57	117.42	18	5	36.578	1.000	238.50
	地下水低下	1544.96	1192.49	41.64	150.78	117.42	18	5	36.578	1.042	188.29

7. 対策工予備設計

7.1 対策工の選定概要

当該法面は、H22 年 10 月に完成し約 5 年経過した既設法面である。対策工の選定に当たっては、現地の状況を踏まえ選定を行う。

7.2 現在の法面状況

(1) 既設構造物（簡易吹付砕工）

切土法面全面に簡易吹付砕工が施されている。変状範囲 1 と変状範囲 2 は、法砕コンクリートの一部に亀裂が入っているため、鉄筋構造物として亀裂補修が必要となる。

ただし、簡易吹付砕工背面の地山の変状を考慮すると、取り除く撤去作業や研り作業は、地山の変状を助長させる恐れが有る。

(2) 既設構造物（砕内の受圧板併用鉄筋挿入工）

簡易吹付砕工砕内に、鋼製受圧板併用の鉄筋挿入工が施されている。現在の鉄筋挿入工頭端部と鋼製受圧板は緩み無く連結され、一部の鋼製受圧板が地山に沈下している。

鉄筋挿入工は頭部の鋼製受圧板と一体化して、地山に対して機能している状態である。

(3) 車道及び付帯構造物

法面側車道部の舗装隆起が確認されオーバーレイ補修が施されたが、路肩部に若干の隆起が確認され、縦断排水路も排水勾配が確保されていない状況である。

7.3 対策工の選定

7.3.1 対策工選定及び設計上の留意点

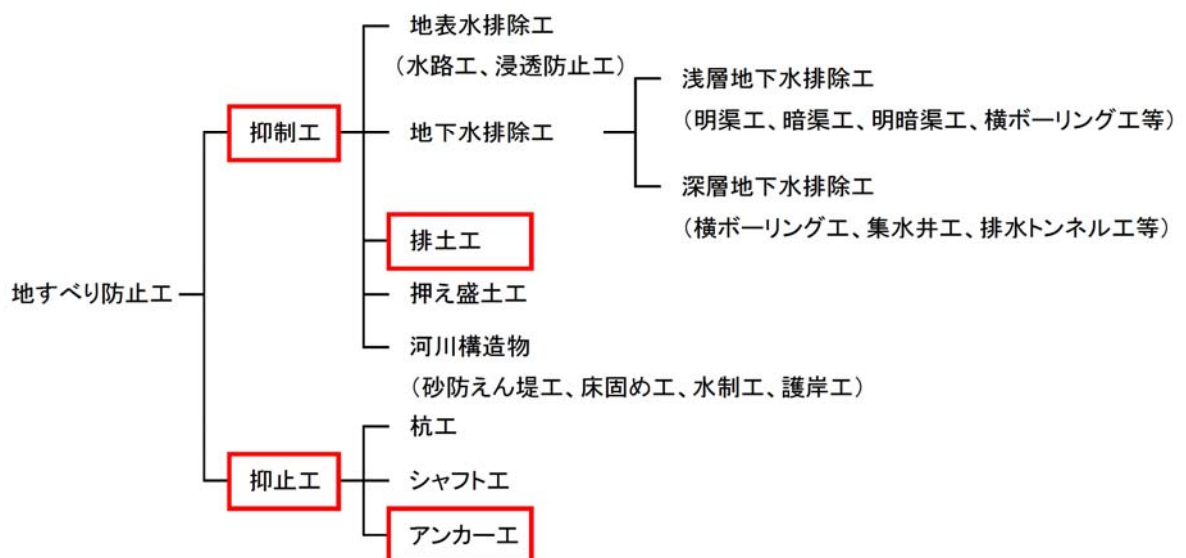
既設法面の安定対策工法の選定は以下の点に留意して工法選択した。

- (1) 国道直近の法面工事となるので、通行止めを避ける必要がある。
- (2) 対策工事は、法面側車線を規制して作業するので、規制区間内で施工出来る工法の仮設備と機械の選定が必要である。
- (3) 対策工事期間に法面が不安定化しないように、施工中の安全を確保する必要がある。
- (4) 地質特性により、深度 GL-5m 付近までは、地盤反力が期待出来ないのでグラウンドアンカー及び支承構造物は許容地盤支持力以下となる配置検討が必要である。
- (5) 地盤に含まれる黄鉄鉱が、降雨や地下水に反応酸化して硫酸を形成するので、対策工は耐酸性に優れた素材を選定する必要がある。

7.3.2 対策工法案の選定

現地の状況及び対策工選定の留意点を踏まえ、以下に 3 案の対策工を提案すると共に比較検討する。対策工分類図から抑制工と抑止工のうち以下の 3 案を提案する。

- 第 1 案 既設法枠残置工（受圧板併用グラウンドアンカー工）
- 第 2 案 既設法枠撤去工（現場吹付法枠工併用鉄筋挿入工）
- 第 3 案 排土工・既設法枠撤去工（現場吹付法枠工併用鉄筋挿入工）



出典：『地すべり防止技術指針及び同解説（平成 20 年 4 月）』

国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所 P58 を加筆修正

図 7.1 対策工の分類

構造物による抑止工案の選定に当たっては、下表から現地の状況を踏まえ、工法を選定した。

表 7.1 構造物による対策工（抑止工）と当該法面での適応性集計表

分類	工 種	目 的	施 工 方 法	当該現場 適応性
構造物によるのり面保護工	編柵工	のり面表層部の侵食や湧水による土砂流出の抑制	一定間隔に打ち込んだ杭にそだ等を編み付けて仕上げる柵状工作物で、不安定土砂の固定、生育基盤の造成のために設置する。	×
	じゃかご工		直径45～90cm長さ3～8mの鉄線で編んだ籠に、割石等を詰めて法面の湧水処理や凍上防止に用いられる。	×
	プレキャスト枠工	中詰の保持と侵食防止	工場製品の枠（コンクリート製・鋼製等）を使った法枠工の総称で、斜面の表層土の滑落防止や客土の安定保持を目的とする緑化基礎工として用いられる。	×
	モルタル・コンクリート吹付工	風化、浸食、表面水の浸食防止	セメント・細骨材・（粗骨材）・水の混合物をコンプレッサーの圧縮空気によって施工面に吹付ける工法。岩盤法面の補強や風化防止等に用いられる。	×
	石張工		一般に斜面の風化、浸食および軽微な剥離や崩壊を防止する目的で、45°より緩い斜面に石材を張ったもので護岸工として用いられる。	×
	ブロック工		目的は石張工と同様であるが、粘着力の無い土砂や土丹及び崩れやすい粘土地盤に用いられる。ブロック工単独で使われる他に法枠の中詰めとしても用いられる。	×
	コンクリート張工	のり面表層部の崩落防止、多少の土圧を受けるおそれのある箇所の土留め、岩盤はく落防止	岩質法面にコンクリートを打設し、岩盤の風化を防ぐとともに補強する法面保護工。厚さは等厚で20～80cmが一般的。	×
	吹付枠工		金網製や紙製の型枠材で、モルタル・コンクリート吹付工により法枠を造成する工法。型枠が現場で容易に加工・変更が出来るので馴染みの良い構造となっている。ロックボルトやグラウンドアンカーとの併用も可能。	△
	現場打コンクリート枠工		岩盤の節理や亀裂が発達するなど、落石や崩壊が懸念され抑止力が必要な箇所に用いられる。一般には45°より急な斜面に多く用いられる。	△
	石積、ブロック積擁壁工		石あるいはブロックを積み重ね、45°よりも急にした簡易擁壁で、法勾配、法長および線形を自由に变化させることができ、のり留および構造物との取り合いなどが容易。	×
	ふとんかご工	ある程度の土圧に対抗して崩壊を防止	高さ40～60cm、W20～200cm×L2.0～4.0mの鉄線で編んだ枠に、割石等を詰めて法面の土圧の抑制、護岸水制工、根固め工などに用いられる。	×
	井桁組擁壁工		工場製作の鉄筋コンクリート製長柱枠を井桁状に組立て、内部に栗石を詰めた擁壁。土圧に対しては枠組と栗石の重量によって抵抗する一種の重力式擁壁。	×
	コンクリート擁壁工		土圧に自重で対抗して斜面崩壊を防ぐコンクリート製土留壁。形状によって、重力式・半重力式・もたれ式・逆T式・L式・逆L式・逆Y式・控え壁式・ささえ壁式等がある。	×
	地山補強土工		鋼材を用いて斜面安定や不安定岩塊を押さえる目的で用いられる。この工法は比較的浅い崩壊（2～5m程度）面に適用され、全長にわたって注入材により定着され、緊張力を加えない構造となっている。	○
	グラウンドアンカー工	すべり土塊の滑動力に抵抗	斜面や構造物の変形、移動、崩壊を防止するため、これらを堅固な基盤にPC鋼線やPC鋼棒等で緊結し安定化を図る工法。	○
	杭工		斜面安定工の杭は、地表面から移動土塊を貫いて不動地盤まで杭（H型鋼・鋼管・鉄筋コンクリート）を挿入し、地すべり荷重を杭の横抵抗で受けとめる工法。	△

出典：『道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）』 公益社団法人日本道路協会 P192 を加筆修正

次項に参考表等を添付する。また、以降に提案した3案の効果や概要等をまとめた。

表 7.2 斜面安定工法の比較

工 法		排土工(緩勾配)	抑止杭工	グラウンドアンカー工	切土補強土工
機 構	工法の抑止機構	崩壊部を取り除いたり緩勾配とすることにより荷重を軽減させ、所定の安全率を得る。	鋼管杭や深礎杭等を施工し、その杭の有する抑止力を利用してすべりの安定度を増加させる。	不動地盤にアンカー体を造成し、所定の引張力を与え受圧板を解して積極的にすべりに抵抗させる。	地山の変形に伴って補強材に受動的に引張力が生じ、地山の変形ならびにすべりの発生を抑止する。
施工場所 地 形 立地条件	検討項目	・隣接する構造物の有無 ・用地買収について ・周辺の環境へ及ぼす影響 ・掘削土の処理	・施工可能な斜面形状か ・仮設備と施工機械	・アンカーが用地内に収まるか ・施工可能な斜面形状か	・隣接する構造物の有無 ・仮設備と施工機械
	構造物が隣接する場合	△	○	◎	○
	複雑な地形	-	○	○	◎
	周辺環境への影響	大	小～中	小～中	小
地盤条件	検討項目	・斜面上方の新たな崩壊を発生させないか	・深礎の場合は施工中の安全製確保 ・地下水状況 ・鋼材の腐食 ・予想される崩壊形態	・定着地盤の位置とその引抜き抵抗力 ・受圧板の沈下 ・鋼材の腐食 ・予想される崩壊形態	・補強材の腐食 ・すべり面、弱層の位置、基盤の位置 ・予想される崩壊形態 ・自立状況、地下水状況
すべり面形状	適した条件	・すべり規模が中程度以上	・すべり規模が中程度以上	・すべり規模が中程度以上	・すべり面が比較的浅い場合 ・すべり規模が中程度以下
	小規模な崩壊	○	△	△	◎
	中規模な崩壊	○	○	○	○
	大規模な崩壊	○	◎	◎	×
	地すべり	◎	○	○	×
経済性	モデル設計による比較	用地の心配がなく、掘削土の処理が容易に行われる場合には、最も安価な方法である。	高価な工法であるが、抑止力が大きくなると他工法に比べて経済的メリットが大きくなる。	高価な工法であるが、抑止力が大きくなると他工法に比べて経済的メリットが大きくなる。	すべり深さや規模が中規模程度以下であれば、比較的安価であるが、規模が大きくなると補強材長や本数が増加し、経済的メリットが少なくなる。
その他の留意事項		緑化(樹林化)による周辺環境との調和が図りやすい。	適切な杭間隔が必要(すべり土塊の中抜けや基礎破壊に対して)	十分な維持管理が必要。	腐食環境が厳しい場所には、補強材の防食方法の検討が必要。

◎最も適している ○適している △採用に当たって要注意 ×適していない

出典：切土補強土工法設計・施工要領 平成 19 年 4 月 東日本・中日本・西日本株式会社 P15

(1) 第 1 案 受圧板併用グラウンドアンカー工

■効果：グラウンドアンカーのプレスト力で、法面を積極的に抑止する方法。

■対策工法：グラウンドアンカー工 炭素繊維より線 NM-HM2 相当品

独立受圧板 ガラス長繊維プラスチック発砲独立板 1,350×1,350

表面保護工 長繊維混合補強土工 (t200)+植生基材吹付工 (t30)

■工法概要：受圧板設置箇所の既設簡易法枠部をコンクリート吹付工で平滑に仕上げ、グラウンドアンカー工打設後にFRP製軽量受圧板を支承構造物として設置し緊張定着する。

(2) 第 2 案 既設法枠撤去工 (現場吹付法枠工併用鉄筋挿入工)

■効果：既設法枠を撤去し、地山に打設した鉄筋の引張力と現場吹付法枠工を新設し、法面を抑止する方法。但し、施工安全確保の為、逆巻き施工とする。

■対策工法：鉄筋挿入工 (SD345 D25 L=6.0～6.5m 1500×1500 φ90mm)

現場打ち吹付法枠工 (□300×300 1500×1500)

植生基材吹付工 (t30)

■工法概要：現場吹付法枠工 (□300) と鉄筋挿入工 (6.0m～6.5m) を新設して一体化させ、鉄筋の引張力で法面を抑止する工法。

(3) 第3案 排土工（現場吹付法枠工併用鉄筋挿入工）

■効果：法面を安定勾配で排土し、鉄筋挿入工と現場吹付法枠工で安定を図る方法。

■対策工法：鉄筋挿入工（SD345 D19 HDZ55 相当 L=6.0～6.5m 1500×1500 φ90 mm）
 現場打ち吹付法枠工（□300×300 1500×1500）
 植生基材吹付工（t 30）

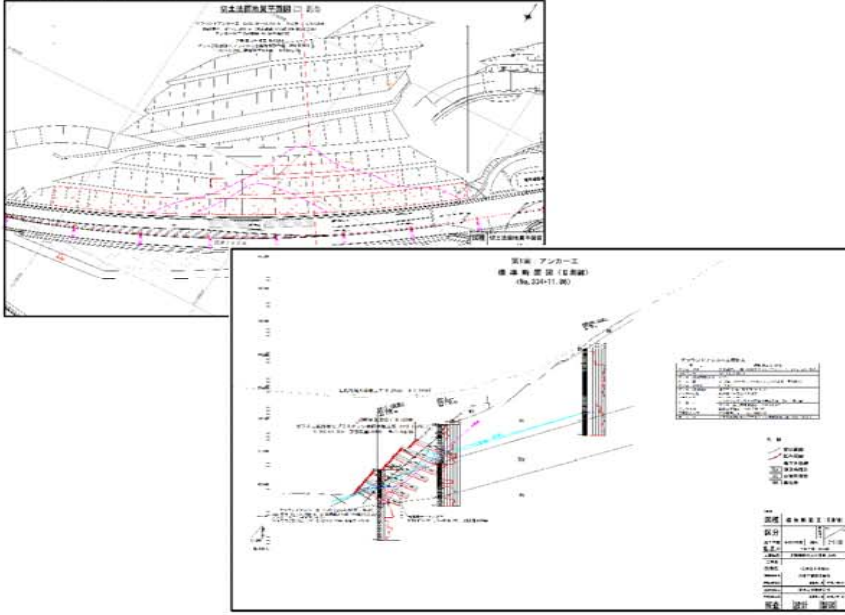
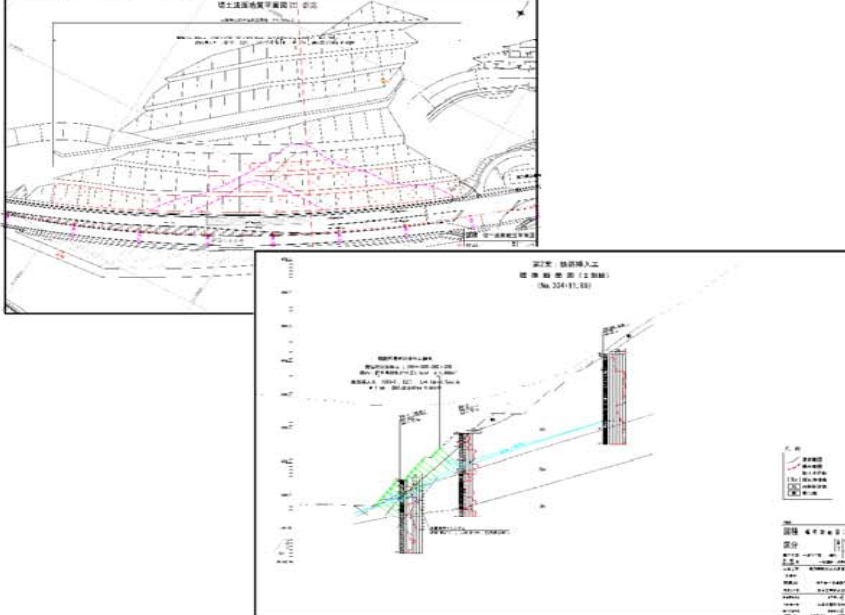
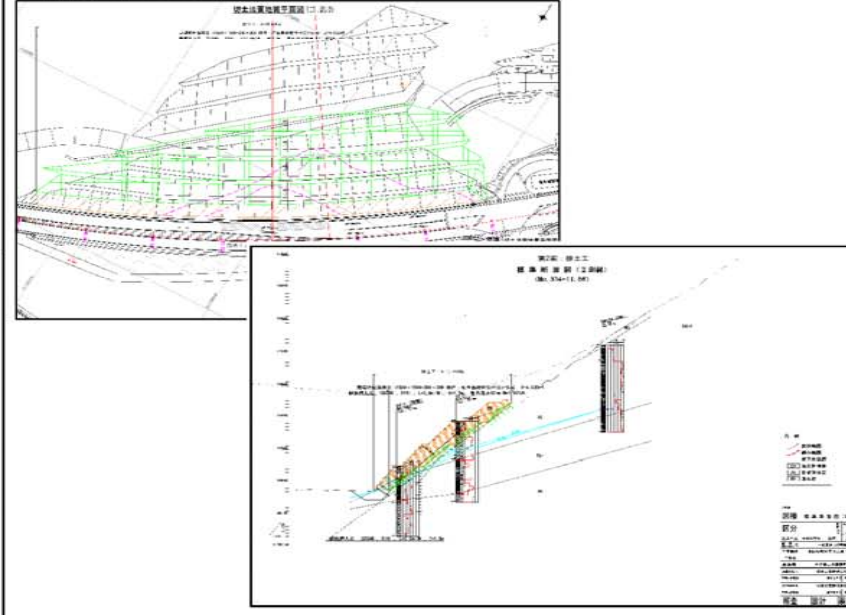
■工法概要：現状法面を安定勾配の1：1.0で取り除き、法面の安定化を図る。切土後の法面には、現場吹付法枠工（□300×300）と、鉄筋挿入工（2.0m）を新設して一体化させ、鉄筋の引張力で法面を抑止する工法。

(4) 比較検討のまとめ

上記3案の比較検討結果を次項の比較表に取りまとめた。

7.4 対策工の比較検討結果

表 7.3 対策工法比較検討表

対策案	＜第1案＞	＜第2案＞	＜第3案＞
項目	法面勾配1:0.8－受圧板併用グラウンドアンカー工	法面勾配1:0.8－既設枠撤去工(現場吹付法枠工併用鉄筋挿入工)	法面勾配1:1.0－排土工(現場吹付法枠工併用鉄筋挿入工)
計画概要	グラウンドアンカーのプレスト力で、法面の変状域を積極的に抑止する方法。 受圧板設置箇所の既設簡易法枠部をコンクリート吹付工で平滑に仕上げ、グラウンドアンカー工打設後にFRP製軽量受圧板を支承構造物として設置し緊張定着させる。長繊維混合補強土工を施す事で表層変状部の耐崩壊性能と、植生工により景観が向上する。	地山に打設した鉄筋の引張力と現場吹付法枠工で、法面の変状範囲を抑止する方法。 既設簡易法枠を撤去した法面に、新規に現場打ち吹付法枠工(□300×300)と鉄筋挿入工(D25 L=6.0～6.5m)を施して一体化させ抑止を図る。法枠内は植生基材吹付工で景観を向上させる。	変状域を安定勾配で排土し、鉄筋挿入工と現場吹付法枠工で長期安定を図る方法。 安定勾配の1:1.0勾配で切土し、新規に現場吹付法枠工(□300×300)を施す。地質特性により変質変状が予想されるので鉄筋挿入工(D19 L=2.0m)を打設して変状域を抑止する工法。法枠内は植生基材吹付工で景観を向上させる。
概要図	II 測線(No.334+11.86) 	II 測線(No.334+11.86) 	II 測線(No.334+11.86) 
抑止構造物	グラウンドアンカー工(炭素繊維より線NM-HM2相当品 設計荷重175.9kN/本)	鉄筋挿入工(SD345 D25 L=6.0～6.5m 1500×1500 φ90mm)	鉄筋挿入工(SD345 D19 L=2.0m 1500×1500)
支承構造物	ガラス長繊維プラスチック発砲独立板 1,350×1,350 許容荷重500kN	現場打ち吹付法枠工(□300×300 1500×1500)	現場打ち吹付法枠工(□300×300 1500×1500)
表面保護工	長繊維混合補強土工(t200)+植生基材吹付工(t30)	植生基材吹付工(t30)	植生基材吹付工(t30)
施工性	・既設法枠を残存し工事を進めるので、法面工に最も早く着手出来る。 ・アンカー削孔機(スキッド型3.0t級)の仮設足場(幅4.5m)が必要となる。 ・支承構造物の受圧板はクレーンが必要だが、軽量(163kg)なので荷役運搬性が良い。 ・仮設ヤードは、削孔機足場とクレーン設置ヤードが必要となるが、国道上から可能。 ・既設法枠を残存して法面工に着手するので最も工期が短い。 ・既設法枠内にコンクリート吹付を施すので、現状安定性は確保しながら施工できる。	◎ (3) ・既設枠を撤去しながら法面工を施す(逆巻き施工)ので施工時安全率を確保する必要がある。 ・アンカー削孔機(スキッド型3.0t級)の仮設足場(幅4.5m)が必要となる。 ・法枠の組立部材(鉄筋・型枠等)が多いが、各部材は軽量なので荷役運搬はしやすい。 ・国道上に土工用ヤードと吹付プラントヤード削孔機足場(クレーン設置ヤード)が必要。 ・既設法枠を撤去しながら、法枠工と鉄筋挿入工を施すので、最も工期がかかる。 ・既設法枠を撤去するので、現状変状域が残り危険性な状態となる。逆巻き施工が必要。	△ (1) ・既設法枠撤去し安定勾配に切土した後に法面工を施すので工程が多い。 ・鉄筋挿入工の軽量型削孔機の仮設足場(幅2.0m)が必要となる。 ・法枠の組立部材(鉄筋・型枠等)が多いが、各部材は軽量なので荷役運搬はしやすい。 ・国道上に土工用ヤードと吹付プラントヤード削孔機足場(クレーン設置ヤード)が必要。 ・既設法枠撤去と土工の後に法面工に着手するので、工程は延伸する。 ・安定勾配に切土する事で安全性はやや向上する。
構 造 性	・アンカー tendon に炭素繊維を用いるので、酸性土壌でも適用が可能。 ・アンカー受圧板の素材は、ガラス長繊維プラスチック発砲製で耐酸性に優れている。 ・アンカー tendon の張力で変状域を積極的に抑えるので、抑止性能は最も高い。 ・長繊維混合補強土工はアンカー受圧板が無い箇所でも小崩壊防止効果が期待できる。 ・変変量が少なく周辺に与える影響が少ない。 ・用地は既存内で納まる。 ・既設法面上に受圧板(着色可能)を設置するので目立つが、設置間隔が広いので圧迫感はない。 ・受圧板の隙間を、長繊維混入補強土工(植生工)を施す事で、植生法面に近い景観となる。	◎ (3) ・鉄筋挿入工の補強材は酸性土壌対策として、亜鉛メッキ以上が必要。 ・吹付コンクリートは、地山に密着した馴染み良い施工が可能であるが、耐酸性は劣る。 ・補強鉄筋を多数地山に打設して、補強域を造成する工法なので抑止能力はやや劣る。 ・地山の変状による小崩壊を防止するため、法枠間隔を密に施す必要がある。 ・変変量が少なく周辺に与える影響が少ない。 ・用地は既存内で納まる。 ・幅30cm×高30cmの法枠構造物となり、現状の簡易法枠より景観性は良くなる。 ・縦横1.5m間隔の法枠内に、植生基材吹付を施す事で、景観性は現状より向上する。	△ (1) ・鉄筋挿入工の補強材は酸性土壌対策として、亜鉛メッキ以上が必要。 ・吹付コンクリートは、地山に密着した馴染み良い施工が可能であるが、耐酸性は劣る。 ・補強鉄筋を多数地山に打設して、補強域を造成する工法なので抑止能力はやや劣る。 ・地山の変状による小崩壊を防止するため、法枠間隔を密に施す必要がある。 ・掘削による変変量が大きく、周辺に与える影響が大きい。 ・掘削影響範囲の用地確認が必要。 ・幅30cm×高30cmの法枠構造物となり、現状の簡易法枠より景観性は良くなる。 ・縦横1.5m間隔の法枠内に、植生基材吹付を施す事で、景観性は現状より向上する。
概 算 工 事 費 (直接工事費)	130m当たり(単価の算出根拠は巻末資料を参照。) グラウンドアンカー工 124 本 × 493,943 円 = 61,248,932 円 独立受圧板 124 基 × 220,985 円 = 27,402,140 円 コンクリート吹付工(受圧板・防火帯) 974 m ² × 7,450 円 = 7,256,300 円 長繊維混入補強土工(t200) 1,025 m ² × 14,427 円 = 14,787,675 円 地表横ボーリング工 200 m × 18,085 円 = 3,617,000 円 仮設工 アンカー工足場(幅4.5m) 5,783 ㎡ × 3,014 円 = 17,429,962 円 ボーリングマシン設置・撤去 6 回 × 40,420 円 = 242,520 円 横ボーリングマシン設置・撤去 1 回 × 117,500 円 = 117,500 円 引抜き試験 1 箇所 × 578,580 円 = 578,580 円 直接工事費 132,680,609 円 100%	◎ (3) 130m当たり(単価の算出根拠は巻末資料を参照。) 現場吹付法枠工(枠内緑化含む) 1,999 m ² × 21,870 円 = 43,718,130 円 切土補強土工 968 本 × 84,940 円 = 82,221,920 円 地表横ボーリング工 200 m × 18,085 円 = 3,617,000 円 雑工 鉄筋構造物取壊し(人力) 53 m ³ × 40,000 円 = 2,120,000 円 取壊し殻処理工 53 m ³ × 1,861 円 = 98,633 円 仮設工 アンカー工足場(幅4.5m) 5,783 ㎡ × 3,014 円 = 17,429,962 円 ボーリングマシン設置・撤去 14 回 × 40,420 円 = 565,880 円 横ボーリングマシン設置・撤去 1 回 × 117,500 円 = 117,500 円 引抜き試験 3 箇所 × 500,000 円 = 1,500,000 円 直接工事費 151,389,025 円 114%	○ (2) 130m当たり(単価の算出根拠は巻末資料を参照。) 機械掘削 15,570 m ³ × 2,606 円 = 40,575,420 円 残土処理工 18,680 m ³ × 861 円 = 16,083,480 円 切土法面整形 4,030 m ² × 1,011 円 = 4,074,330 円 現場吹付法枠工(枠内緑化含む) 4,030 m ² × 21,870 円 = 88,136,100 円 切土補強土工 1,951 本 × 22,290 円 = 43,487,790 円 雑工 鉄筋構造物取壊し(機械) 81 m ³ × 11,500 円 = 931,500 円 無筋構造物取壊し(機械) 110 m ³ × 6,000 円 = 660,000 円 取壊し殻処理工 191 m ³ × 1,861 円 = 355,451 円 仮設工 ボーリングマシン足場(幅2m) 4,015 回 × 3,200 円 = 12,848,000 円 ボーリングマシン移設工 26 回 × 14,800 円 = 384,800 円 直接工事費 207,536,871 円 156%
	◎ (9) 既設法枠を撤去せずに法面工に着手する事で、早期に法面の安定性を確保できる。アンカー部材や支承構造物部材は高価だが耐腐食性能が高く、長期安定性確保が可能となる。	◎ (9) 変状範囲の安全性を高めるため、新たに吹付法枠工と鉄筋挿入を施す工法であるが、既設法枠を撤去しながら施工する必要がある。安全性を考慮した工程計画が必要な施工方法。	○ (4) 既設法枠を撤去し地山の変状域を安定勾配で切土する事で、崩壊に対する危険性は回避できるが、変状域拡大対策として抑止工が必要となり、工期も延長する。

◎－3点、○－2点、△－1点、▲－0点

8. 今後の課題

8.1 今後の観測計画

当該法面では、法面保護工施工後の法面を対象として、平成 26 年 8 月より地盤伸縮計（自動観測）と小段の亀裂計測・不動点測量等を行い、平成 27 年 4 月の地質調査孔を用いてパイプ式歪計 1 器（自動観測）、孔内傾斜計 1 器、地下水位計測 2 孔（自動観測）で観測を行っている。

観測結果は、降雨との相関は不明瞭であるが、今後も従来行ってきた地表観測（地盤伸縮計、定点、測量鉋）とボーリング孔内観測（歪計、孔内傾斜計、地下水位）により斜面変状の急激な拡大が起こらないことを確認する必要がある。なお、対策工を実施する場合は、細心の注意を払いながら施工すると共に、状況を正確に把握するため、施工中・施工後も観測を継続することが重要である。

次項に観測計画表（案）を示す。

表 8.1 観測計画 (案)

計測器名	設置箇所	調査・設計中	対策工施工中	対策工完了後
地盤伸縮計	3 段目小段	自動観測中 (1 回/月回収)	自動観測 (1 回/週回収)	効果確認後終了
パイプ式歪計 (BV-2)	3 段目小段	自動観測中 (1 回/月回収)	自動観測 (1 回/週回収)	効果確認後終了
孔内傾斜計 (BV-1)	1 段目小段	1 回/月観測中	1 回/週観測	効果確認後終了
孔内水位 (BV-2)	3 段目小段	自動観測中 (1 回/月回収)	自動観測 (1 回/週回収)	効果確認後終了
孔内水位 (BV-1W)	1 段目小段	自動観測中 (1 回/月回収)	自動観測 (1 回/週回収)	効果確認後終了
亀裂計	3 段目小段	1 回/月観測中	1 回/月観測	効果確認後終了
亀裂計丁張	3 段目小段	1 回/月観測中	1 回/月観測	効果確認後終了
定点 1～6	3 段目小段・ 1 段目法面	1 回/月観測中	1 回/月観測	効果確認後終了
測量鈟 1～8	歩道	1 回/月観測中	1 回/月観測	効果確認後終了