

静岡県浜松市（ミダック）
最終処分場えん堤等における
地質調査業務

報告書

平成 27 年 10 月

(株)環境地質

目次

1. 業務概要.....	1
1. 1. 業務目的.....	1
1. 2. 業務内容.....	1
2. 調査内容.....	4
2. 1. 資料取りまとめ.....	4
2. 2. 地質調査.....	5
2. 2. 1. 地表踏査.....	5
2. 2. 2. ボーリング調査.....	5
2. 2. 3. 室内試験.....	6
2. 3. 物理探査（屈折法弾性波探査）.....	9
2. 3. 1. 測定方法.....	9
2. 3. 2. 解析方法.....	12
2. 4. 総合調査.....	14
3. 調査結果.....	15
3. 1. 資料取りまとめ.....	15
3. 1. 1. 地すべり調査.....	15
3. 1. 2. 環境影響調査.....	17
3. 1. 3. その他の資料.....	19
3. 2. 地表踏査結果.....	22
3. 3. ボーリング調査結果.....	24
3. 4. 物理探査結果.....	28
3. 5. 室内試験結果.....	34
4. 総合調査.....	35
4. 1. えん堤等周辺の地質評価.....	35
4. 2. えん堤等の岩盤分類.....	41
4. 3. えん堤等の地盤評価.....	45
4. 3. 1. 総論.....	45
4. 3. 2. えん堤の安定性評価.....	47
4. 4. えん堤等地盤の透水性評価.....	51
4. 5. えん堤等建設の施工性評価.....	53
5. まとめ.....	58

1. 業務概要

1. 1. 業務目的

本業務は、静岡県浜松市内に設置予定のミダック最終処分場の新設に伴う地質調査である。

当該地は御荷鉾緑色岩の分布域に位置し、緑色岩主体の岩盤が広く分布する地域である。最終処分場の新設のための詳細設計にあたって、地形・地質調査から次のことを明らかにしておく必要がある。

- ① 貯留構造物等の安定性の検討に資する地盤物性等の把握

1. 2. 業務内容

当該地は静岡県浜松市北区引佐奥山に位置する。

業務地位置図を図 1.2-1、調査位置を図 1.2-2 に示す。

本調査内容は以下のとおり。

- ① 資料取りまとめ

既往報告書等の取りまとめ

一式

- ② 地表踏査

斜面安定性の確認（急傾斜地、地すべり地、土石流危険溪流等）

一式

- ③ ボーリング調査（標準貫入試験含む）

40m（No.B-1～2：各 10m、B-3：20m）

- ④ 物理探査（屈折法弾性波探査）

430m（測線 Line1：190m、Line2：150m、Line3：90m）

- ⑤ 室内試験

・岩石試験（比重、間隙率、吸水率、超音波速度、一軸圧縮強度）6 試料

- ⑥ 総合調査

上記結果の取りまとめ及び地盤・岩盤評価

一式

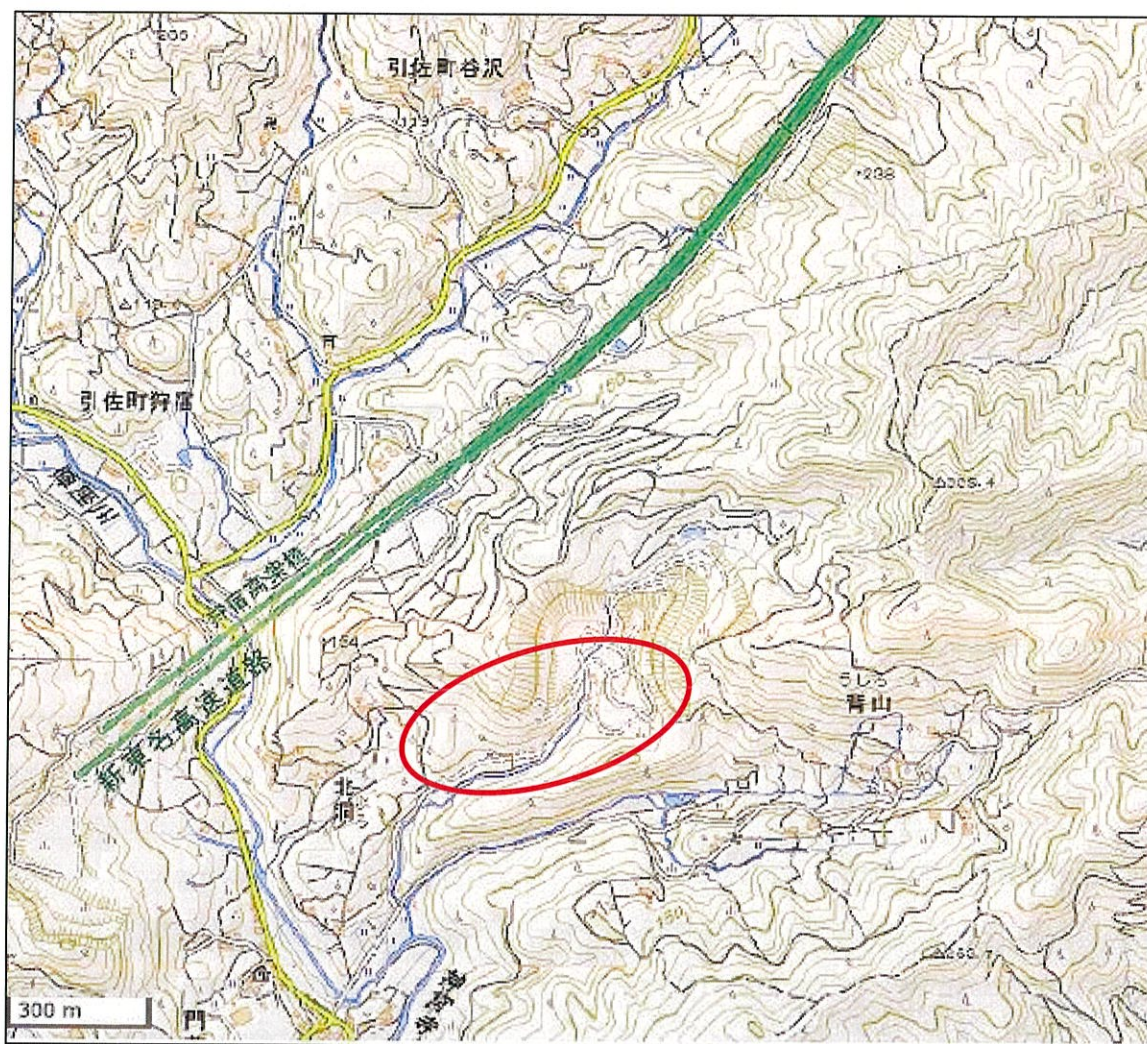
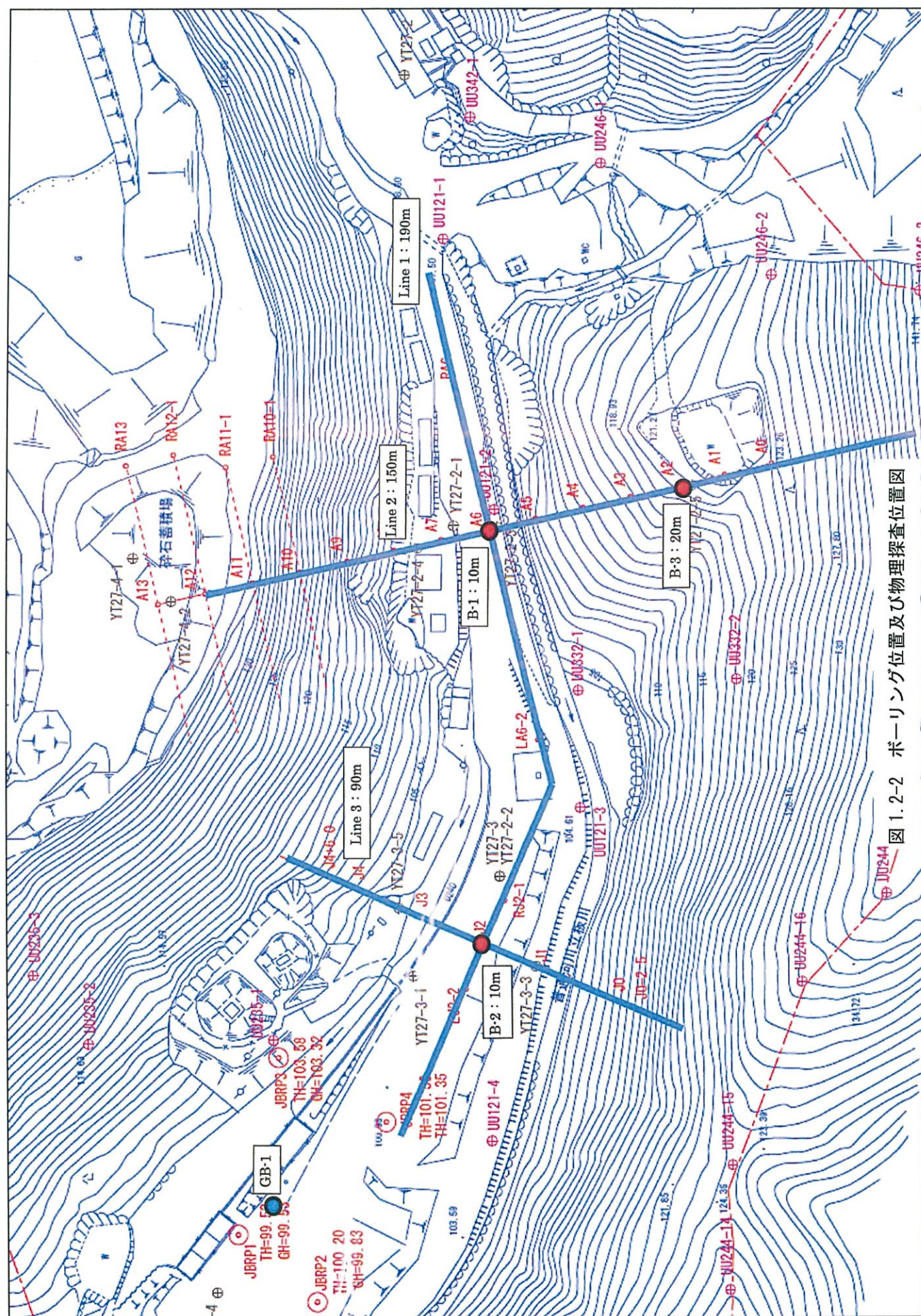


図 1.2-1 業務地位置図（国土地理院データより引用）

<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/>



2. 調査内容

2. 1. 資料取りまとめ

当該地においては、過去、以下に示す地質調査が行われている。これらの報告書を取りまとめ、参考資料として、総合調査に反映させる。

- ① 株式会社ミダック三嶽鉦山採石場跡地管理型最終処分場設置事業に係る生活環境影響調査
(地質水理構造、ボーリング調査), 平成 22 年 5 月
- ② 地すべり測量調査・解析及びその防止対策工設計のうちの準備基礎調査・詳細調査・データ解析業務ほか調査業務, 平成 25 年 11 月
- ③ その他関連調査、文献等

2. 2. 地質調査

2. 2. 1. 地表踏査

1/1000 の測量図面を元に、地形的特徴を把握し、堰堤周辺の地表踏査を実施する。これにより、堰堤付近の地表地質状況を把握する。

2. 2. 2. ボーリング調査

本調査では、直接観察する事の出来ない地下の地質構成を明らかにする事を目的として、鉛直方向のボーリング掘削を行った。

掘削に当たっては、掘削循環水の色、掘進速度、給圧等によって知らされる地層の変化に十分注意して、地質状況に合った適切なビット、コアチューブを選択する事により、掘進能率の向上をはかるとともに、室内試験用の良好なコアを確保するため、N 値 50 以上の確認後、それ以深ではオールコアで採取した。

また、作業に当たっては監督員と密接な連絡を行い、掘削が予定深度に達した場合や所定の調査目的を満足する結果が得られた時点で検尺し、掘削孔を埋め戻して作業場所を復旧した。

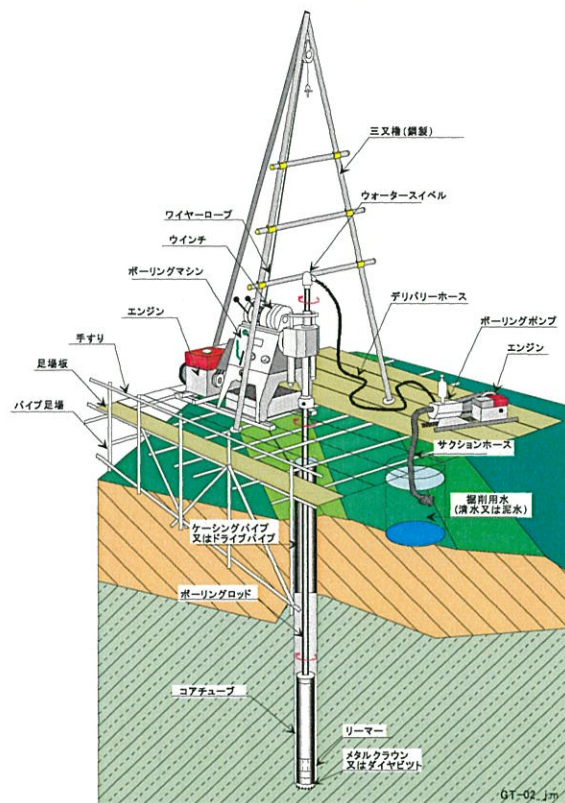


図 2. 2. 2-1 ボーリング調査概念図

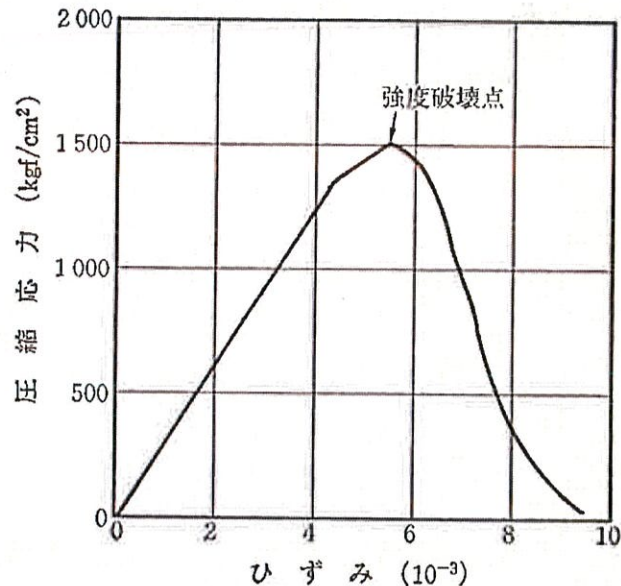
2. 2. 3. 室内試験

室内試験として、以下のものを実施した。

(1) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験では、一軸圧縮強度及び弾性係数（変形係数）を求める。

供試体は、ボーリングコアより採取する。ボーリングコアを $\phi 50\text{mm}$ 、高さ 100mm の円柱供試体に成形し、試験を実施する。サーボ試験機により図 2. 2. 3-1 のような応力-歪み曲線を求め、強度破壊点における一軸圧縮強度、及び破壊点までの直線部の応力-歪み関係より弾性係数（変形係数）を求める。



(「土質工学会編(1989)：岩の調査と試験」より)

(2) 超音波速度試験

岩石の動的な性質に関する情報として、弾性波速度は最も重要な量であり、P 波速度及び S 波速度を求める。また、これらの速度より、動ポアソン比、動弾性係数を求める。

供試体は、ボーリングコアを用い、高さは直径の 1～2.5 倍のものをを用いる。測定時の含水状態は、自然状態を原則とする。

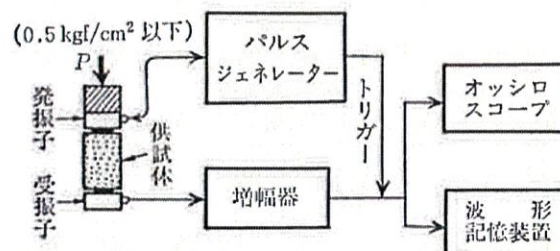


図 2. 2. 3-2 透過式超音波速度測定システムの例（「土質工学会編(1989)：岩の調査と試験」より）

なお、超音波は周波数が高いほど指向性に富むが、減衰が顕著に表れるので、不均質な岩石に対しては、減衰を少なくするために比較的低い超音波が用いられている。

(3) 密度・吸水及び有効間隙率試験

岩石の密度、吸水率及び有効間隙率を求める試験を行う。

密度とは、岩石の単位体積当たりの質量のことであり、吸水率は、岩石の間隙に水がどの程度浸透するのかわかるもので、岩の基本的な物性の一つである。間隙率は、岩石の中に存在する間隙が岩石全体の体積に対して占める割合のことであるが、実際には、間隙には空気や水が流通しえない部分があるために試験上すべての間隙の体積を把握することは難しく、外気と通じている間隙だけを考えることとし、有効間隙率として表す。

吸水率と一軸圧縮強度、有効間隙率と一軸圧縮強度には、図 2.2.3-3 や図 2.1.3-4 のような関係が知られている。

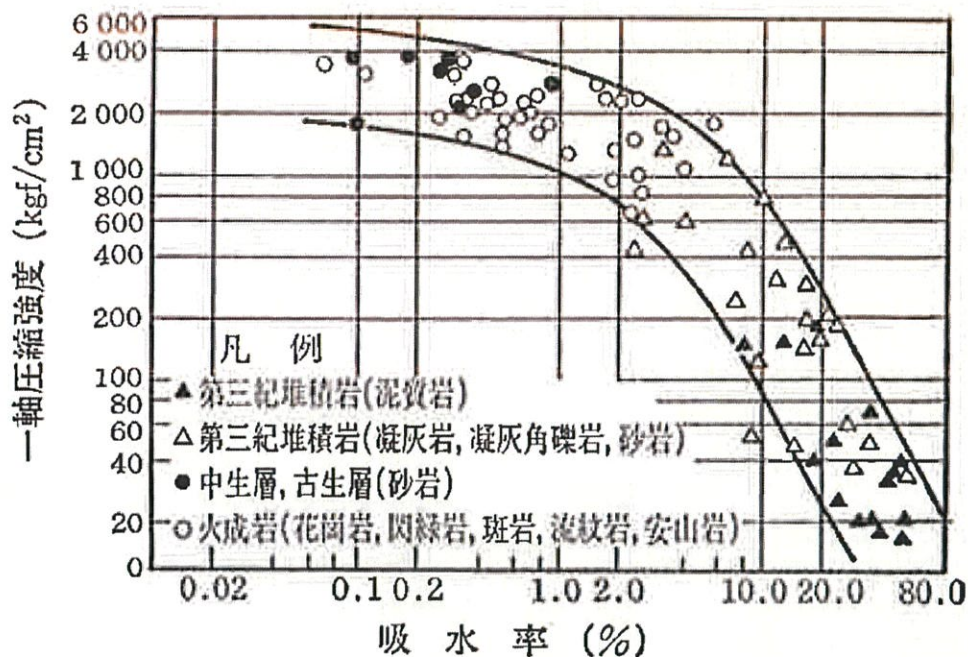


図 2.2.3-3 吸水率と一軸圧縮強度の関係（「土質工学会編(1989)：岩の調査と試験」より）

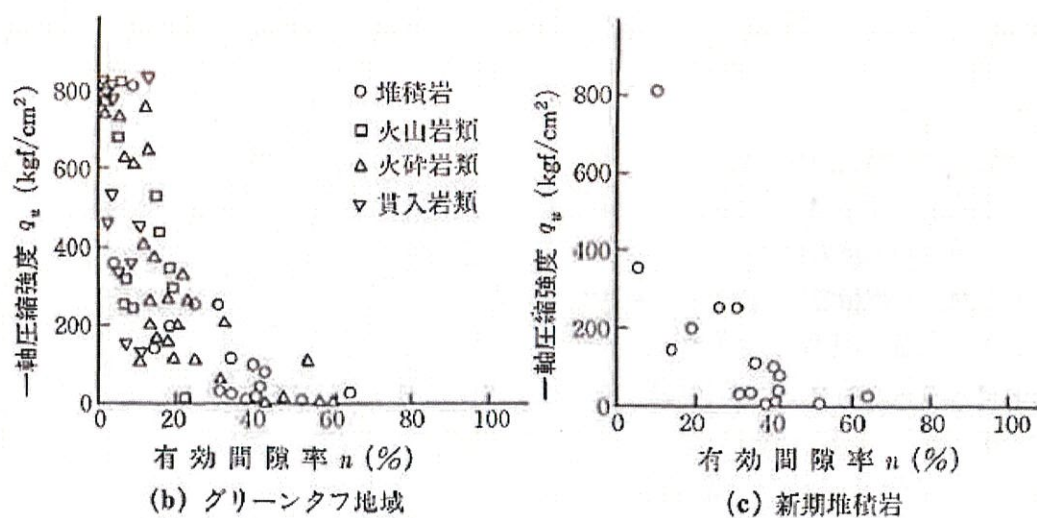
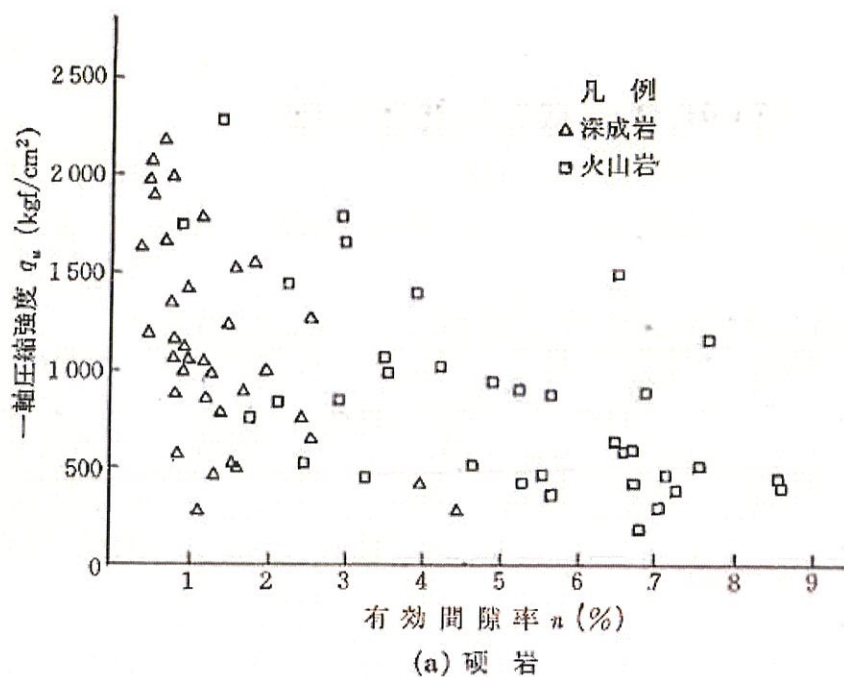


図 2. 2. 3-4 有効間隙率と一軸圧縮強度の関係

(「土質工学会編(1989)：岩の調査と試験」より)

2. 3. 物理探査（屈折法弾性波探査）

2. 3. 1. 測定方法

弾性波探査の測定では、直線状の測線を設定し、一定間隔（今回は水平距離2.5m）に測点を設け、それぞれの測点に受振器を設置する。その後、同一測線上の複数の地点に起振点を設け、各起振点で励起された弾性波（P波）を各々の受振器で受振し、弾性波が起振点から受振点まで到達するに要する時間（伝播時間）を測定するものである（図2.3.1-1参照）。

以下に、その測定方法の概要を述べる。また、表2.3.1-1に本調査で用いた弾性波探査測定機器の一覧表を示す。

<測線設定>

予定の地点に測量を行い、水平距離で一定間隔に受振点を設定する。

本調査では、予め測量されていた堤体軸上の測量杭などを基準にして、2.5m間隔で測点を補間もしくは外挿した。

また、測点の標高を測量し、後の解析作業に供する。

<受振器設置>

測量により設置された測点に受振器を埋設し、テークアウトケーブルおよび中継線によって測定器に接続する（写真2.3.1-1参照）。



写真2.3.1-1 受振器の設置（左）とテークアウトケーブルによる接続（右）

<起 振>

弾性波の起振には、カケヤにより地面を強打する方法と、コンクリート破砕剤（ガンサイザー）による方法を併用した。コンクリート破砕剤による起振のほうがカケヤによる起振より大きな振動を励起できるので、測線や展開の両端や中央部などの主要な起振位置で使用した。一方、50m程度の展開距離で初動が観測されれば良い起振点では、カケヤによる方法を用いた。

コンクリート破砕剤による起振は、爆薬による起振と殆ど同じ方法で、1m程度掘削した孔に装填・埋設し、イグナイターと呼ばれる雷管と同機能の着火材を用いて瞬間的に燃焼・膨張させる方法で行なわれる※。

起振点の間隔は約10～15m程度とした。これは、調査地の基盤岩が、地表から10m程度までに分布することが知られていたため、起振点・受振点間隔を設定した結果である。

写真 2. 3. 1-2 にコンクリート破砕剤を、写真 2. 3. 1-3 にその装填状況を示す。

写真 2. 3. 1-4 にカケヤによる起振状況を示す。



写真 2. 3. 1-2 起振に用いたコンクリート破砕剤、ガンサイザー（左）とイグナイター（右）



写真2. 3. 1-3 コンクリート破砕剤装填状況

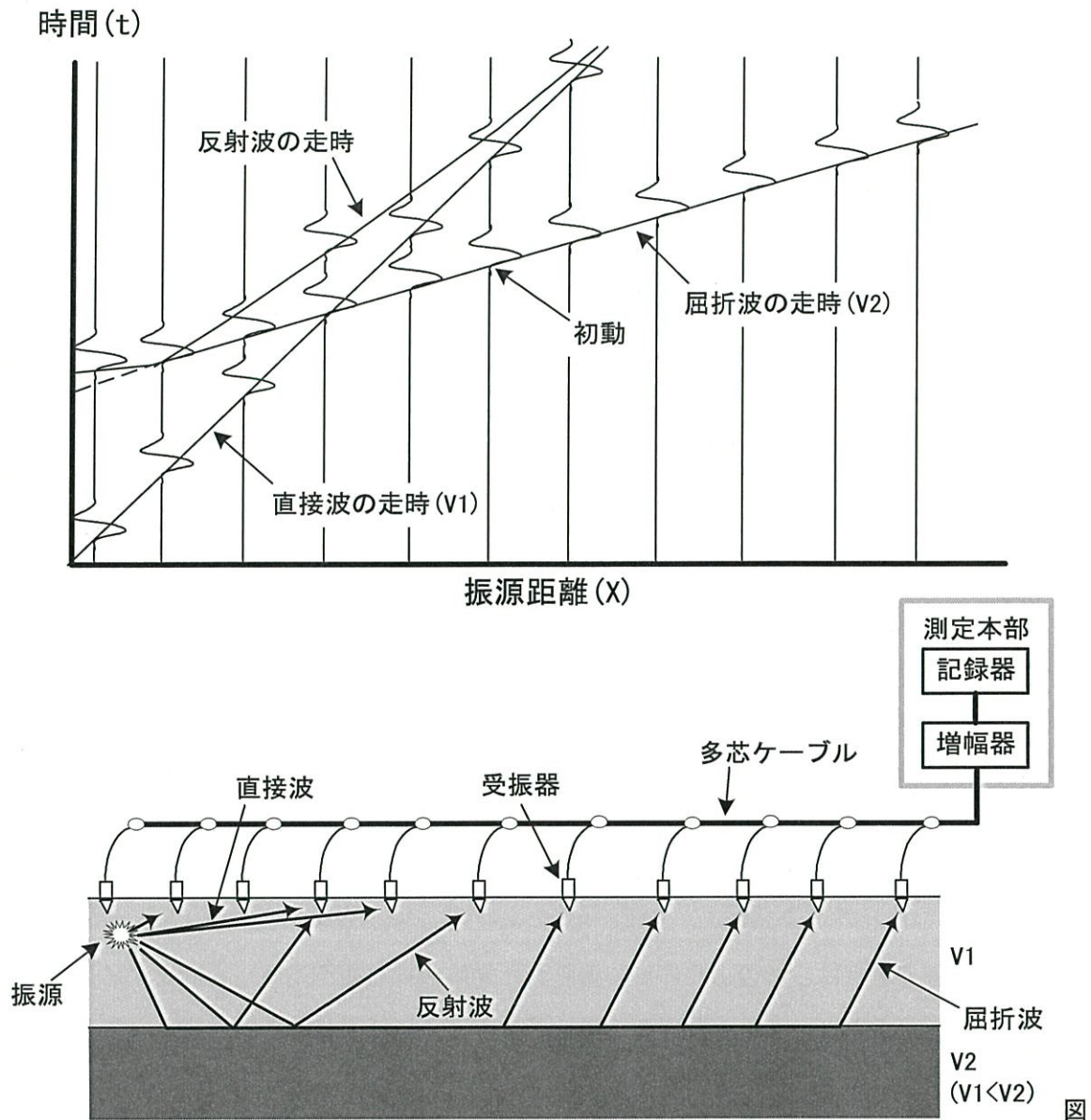
写真2. 3. 1-4 カケヤによる起振状況

<測 定>

人工的な起振によって発生した弾性波（P波）は、地表を直接あるいは地下を屈折して伝播し、一定間隔に設置した各受振器にも到達する。受振器に到達した弾性波は、ここで電氣的な

※ 爆薬による方法と異なり、使用許可申請の必要がないのが特徴である。

信号に変換され、各ケーブルを経て測定器の増幅器に入力される。増幅器では、微弱な電氣的信号が適度に増幅、調整されて記録器に入力される。測定器では、受振器の動きをモニターすることができ、ノイズの状況を判断して、ノイズの微小な時を見計らって起振を行い、起振点毎の波形記録を得る。



2. 3. 1-1 屈折法弾性波探索の探索原理概念図

表 2.3.1-1 弾性波探査使用機器一覧

機器名 (形式)	数量	仕 様	製作所名
増幅・記録器 (McSEIS-SX48)	1 台	<データ収録部> 成分数 48+1(ショットマーク)成分 入力インピーダンス $20k\Omega \square 0.05\mu F$ 利 得 50,400 倍 A/D 分解能 18 ビット サンプルレート 25,50,100,200,500,1000 μs ZIP ドライブ	応用地質(株)
発 火 器 (GB-105)	3 台	インターフォン内蔵 発火、ショットマーク、試験回路を有する	(株)北斗理研
受 振 器 (HS-J 型)	21 個	外装プラスチック製 固有周期 28Hz	OYO Geo-Space 社
中 継 線	1 巻	1 巻 100m 芯 数 48 本	応用地質(株)
テイクアウト ケーブル	4 巻	地震計端子 12 ケ 端子間間隔 5m	応用地質(株)
電 話 線	200 m	ピアノ線入	(株)東京特殊電線
そ の 他	バッテリー、充電器、電線類発破用具一式		

2. 3. 2. 解析方法

先に述べた測定方法によって得られた波形記録から、弾性波（P 波）の初動が、起振瞬時から受振器に到達するまでの時間（初動到達時間）を読み取って走時曲線を作成する。走時曲線とは、縦軸に時間（1/1000秒単位）、横軸に距離（および測点）をとってプロットしたものである。

弾性波探査の解析は、このようにして得られた走時曲線（観測走時）を満足する速度構造モデルを作成することといえる。その方法は、萩原の方法に代表される順解析とトモグラフィー解析に代表される逆解析に大別できる。

本件では、萩原の方法の最初のステップで作成する T' 曲線（相対する往復走時曲線から得る速度走時曲線）から最下層の速度を掴み、走時曲線の立ち上がりから表層速度の概略を把握した上で、トモグラフィー解析により多速度構造モデルを得た。

本業務では、深度方向に15層の構造として解析した多層構造モデルを得た後に、それを基に、代表的な速度層からなる5層構造モデルを作成した。

上記をまとめ、図2.3.2-1に解析の流れ図を示す。

なお、解析には応用地質社製の解析ソフトウェア”SeisImager”を用いた。

巻末に、萩原の方法とトモグラフィー解析についての解説を掲載する。

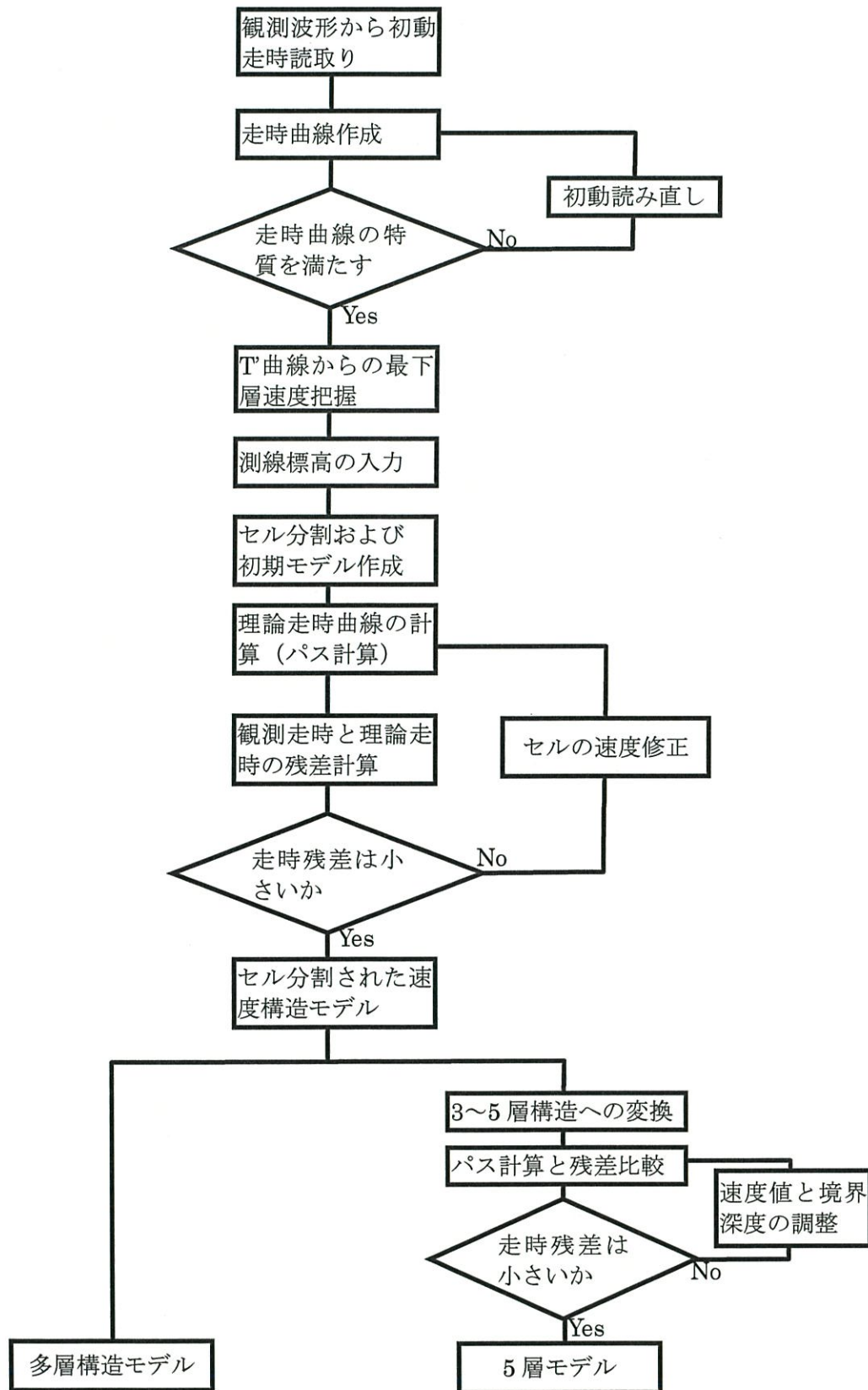


図 2.3.2-1 屈折法探査解析の流れ図

2. 4. 総合調査

ボーリング調査、物理探査、室内試験などの結果と過去の資料や現地踏査の結果を合せて、えん堤等の設置に当たり留意すべき点などについて検討評価する。

検討項目は以下の通り。

- ①えん堤等周辺の地質評価
- ②えん堤等の岩盤分類
- ③えん堤等の地盤評価
- ④えん堤等地盤の透水性評価
- ⑤えん堤等建設の施工性評価

3. 調査結果

3. 1. 資料取りまとめ

3. 1. 1. 地すべり調査

「地すべり測量調査・解析及びその防止対策工設計のうちの準備基礎調査・詳細調査・データ解析業務ほか調査業務, 平成 25 年 11 月」に示される地すべりの抽出結果を示した図を図 3. 1. 1-1 に示す。この報告書によれば、採石場内では、初生地すべりブロック、A ブロック、B ブロックに分けられ、採石場入口部に 2 箇所地すべり地形等が見られることが示されている。ここで問題となるのは、採石場入口部に 2 箇所の地すべり地形等である。

主な概要は、以下のとおりである。

(1) 入口部 No.1 地すべり地形

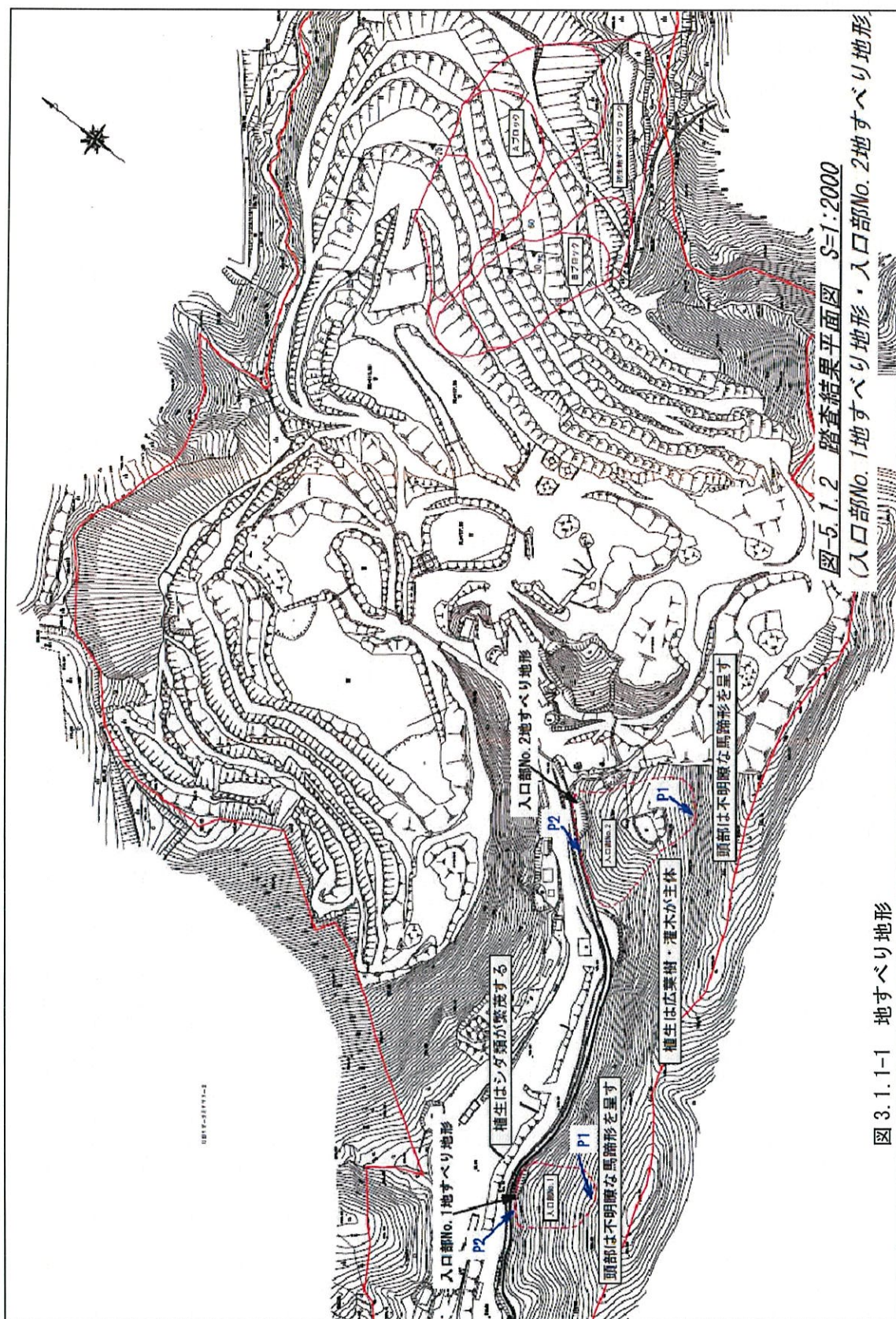
既往の資料では、空中写真判読の結果より、地すべり地形と判断された。

しかし、今回の調査では地表部は全体に、礫質土主体の地層が分布しており、岩盤は露出していないが、地すべり頭部の滑落崖はなく、地すべり側部の側方崖や沢もない。このため、本斜面は地すべり地形ではなく、小崖錐地形と考えて良い。なお、既往資料にも示されるように、現在は、段差・亀裂といった地表の変状も全く認められない。

(2) 入口部 No.2 地すべり地形

既往の資料では、空中写真判読の結果より、地すべり地形と判断された。

しかし、今回の調査では、地表部は全体に、礫質土主体の地層が分布しており、岩盤は露出していないが、地すべり頭部の滑落崖は認められず、地すべりではない。さらに、現在は、段差・亀裂といった地表の変状も全く認められない。



(「地すべり測量調査・解析及びその防止対策工設計のうちの準備基礎調査・詳細調査・データ解析業務ほか調査業務、平成 25 年 11 月」より)

3. 1. 2. 環境影響調査

「株式会社ミダック三嶽鉱山採石場跡地管理型最終処分場設置事業に係る生活環境影響調査（地質水理構造、ボーリング調査）、平成 22 年 5 月」に示される調査位置図を図 3. 1. 2-1 に示す。なお、前述の図 1. 2-2 に示す GB-1 が、Bor-No.1 に相当する。また、Bor.No.6 においては、検層、ルジオン試験等を行っている。この 2 本のボーリング結果は、以下の通りである。

(1) Bor.No.1 孔

- ・ 深度 0.0~3.3m：粘土混じりの砂礫（埋土）
- ・ 深度 3.3~5.0m：中風化蛇紋岩，粘土～砂状で部分的に礫～岩片状
- ・ 深度 5.0~8.5m：輝緑岩，10~30cm の棒状コア主体。部分的に岩片状。
- ・ 深度 8.5~15.3m：蛇紋岩
全体的に亀裂が多く、部分的に礫状～粘土状を呈し、軟質化する。
- ・ 深度 15.3~19.0m：輝緑岩
50cm 以上の棒状コア主体。亀裂少なく硬質。
- ・ 深度 19.0~20.0m：蛇紋岩
亀裂がやや多くなり、短柱～岩片状コアを主体。

(2) Bor.No.6 孔

- ・ 深度 0~2.4m：盛土（礫混じり粘土）
- ・ 深度 2.4~4.0m：中風化輝緑岩
棒状コアと礫状コアを混える。
- ・ 深度 4.0~20.0m：輝緑岩
全体的に、棒状コアを呈し、亀裂は所々で多く見られる。
風化・変質の程度は低い、一部で蛇紋岩化がみられる。
- ・ ルジオン試験結果：深度 5~7m $Lu'=32.0$ ；深度 10~15m $Lu'=14.5$ ；
深度 15~20m $Lu'=2.5$

調査位置平面図
A3版：5=1/2,000



図 3.1.2-1 ボーリング位置図

(「株式会社ミダック三嶽鉱山採石場跡地管理型最終処分場設置事業に係る生活環境影響調査（地質水理構造、ボーリング調査）」平成 22 年 5 月」より)

3. 1. 3. その他の資料

当該地において、既往の文献等で地すべり等が存在するの否かを調査した。

(1) 地すべり地形分布図

図 3.1.3-1 に、防災技術科学研究所の作成した「地すべり地形分布図 第 15 集「豊橋」の三河大野（豊橋 7 号）1：50,000」の一部を示す。

この図にみられるように、調査地周辺に地すべり地形はみられるものの、調査地そのものには地すべり地形はみられない。

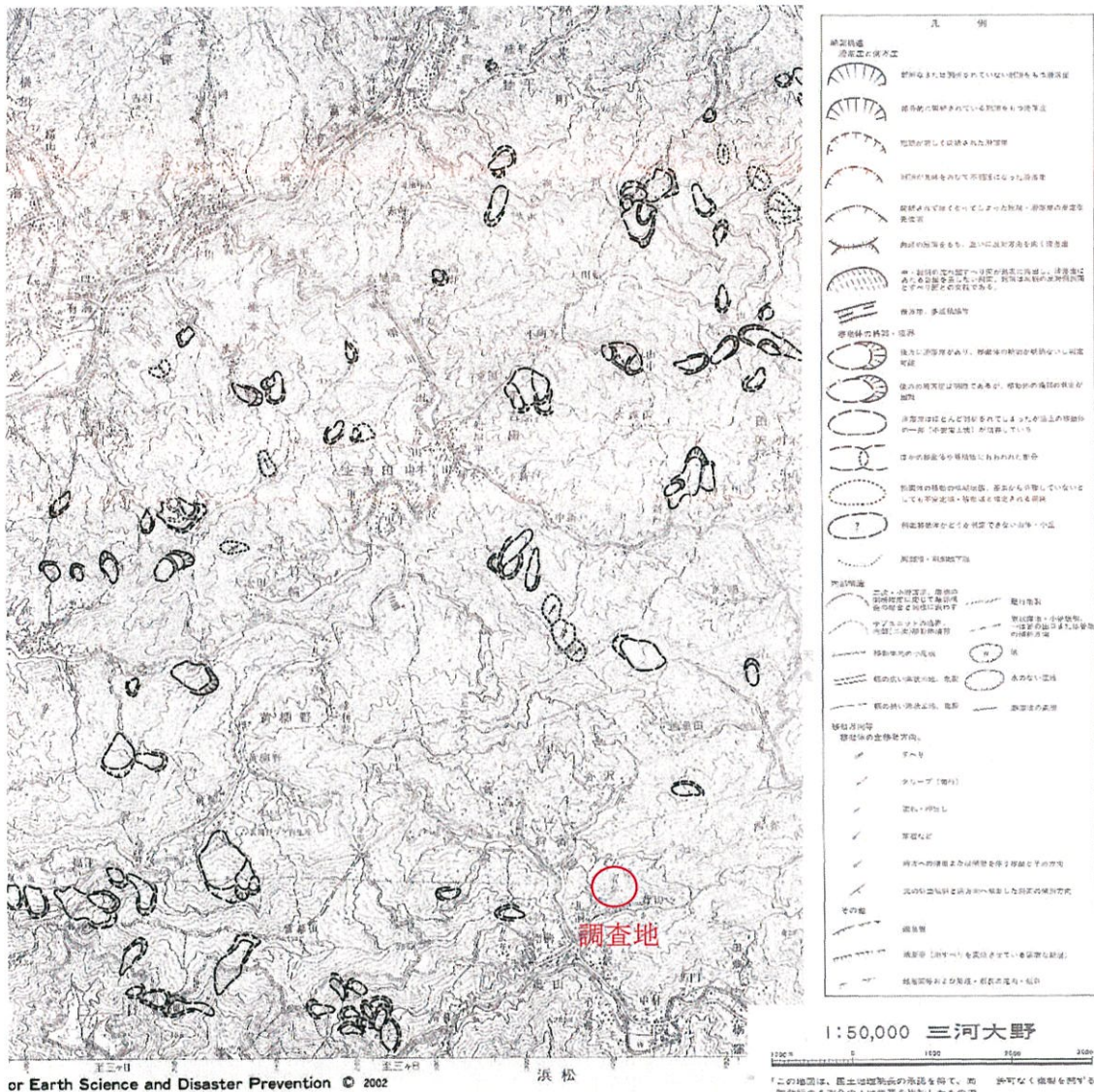


図 3.1.3-1 地すべり地形分布図における調査地周辺の地すべり箇所

(「地すべり地形分布図 第 15 集「豊橋」の三河大野（豊橋 7 号）1：50,000」より)

(2) 空中写真

図 3.1.3-2 に、1965 年（昭和 40 年）8 月 14 日撮影の空中写真（MCB652X-C6-17）の調査地

周辺の抜粋を示す。この写真にみられるように、当時、砕石はまだ行われていない。

また、図 3.1.3-3 に、1969 年（昭和 44 年）6 月 1 日撮影の空中写真（MCB694X-C1-10）の調査地周辺の抜粋を示す。砕石が開始されており、この写真から入口部 No.1 及び No.2 共に地すべり地形は見られない。

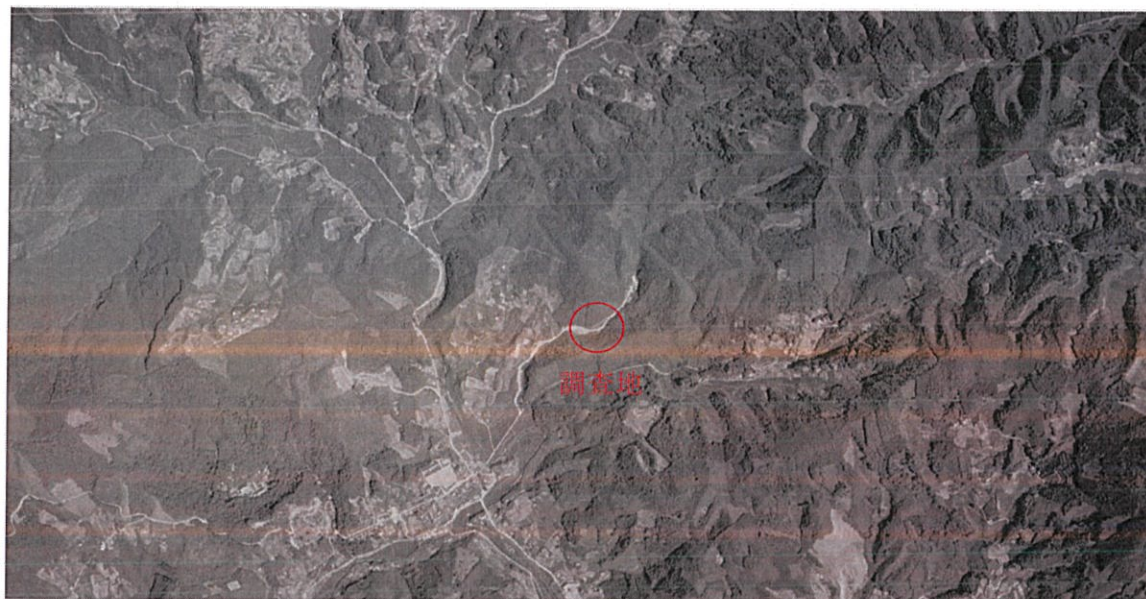


図 3.1.3-2 1965 年 8 月 14 日撮影の空中写真（MCB652X-C6-17）



図 3.1.3-3 1969 年（昭和 44 年）6 月 1 日撮影の空中写真（MCB694X-C1-10）

また、図 3.1.3-4 に示されるように、入口部 No.2 と「地すべり測量調査・解析及びその防止対策工設計のうちの準備基礎調査・詳細調査・データ解析業務ほか調査業務，平成 25 年 11 月」で示されている部分は、元々の斜面の一部であり、起伏のあるやや平坦な部分には段差などの小崖はなく、この部分の南側の斜面背後にも滑落崖等はなく、地すべりを示す微地形は判読できない。



S40 年撮影

入口部 No. 2

元々の緩斜面。南側に地すべり地形は見られず、起伏のあるやや平坦な地形を形成。



S44 年撮影

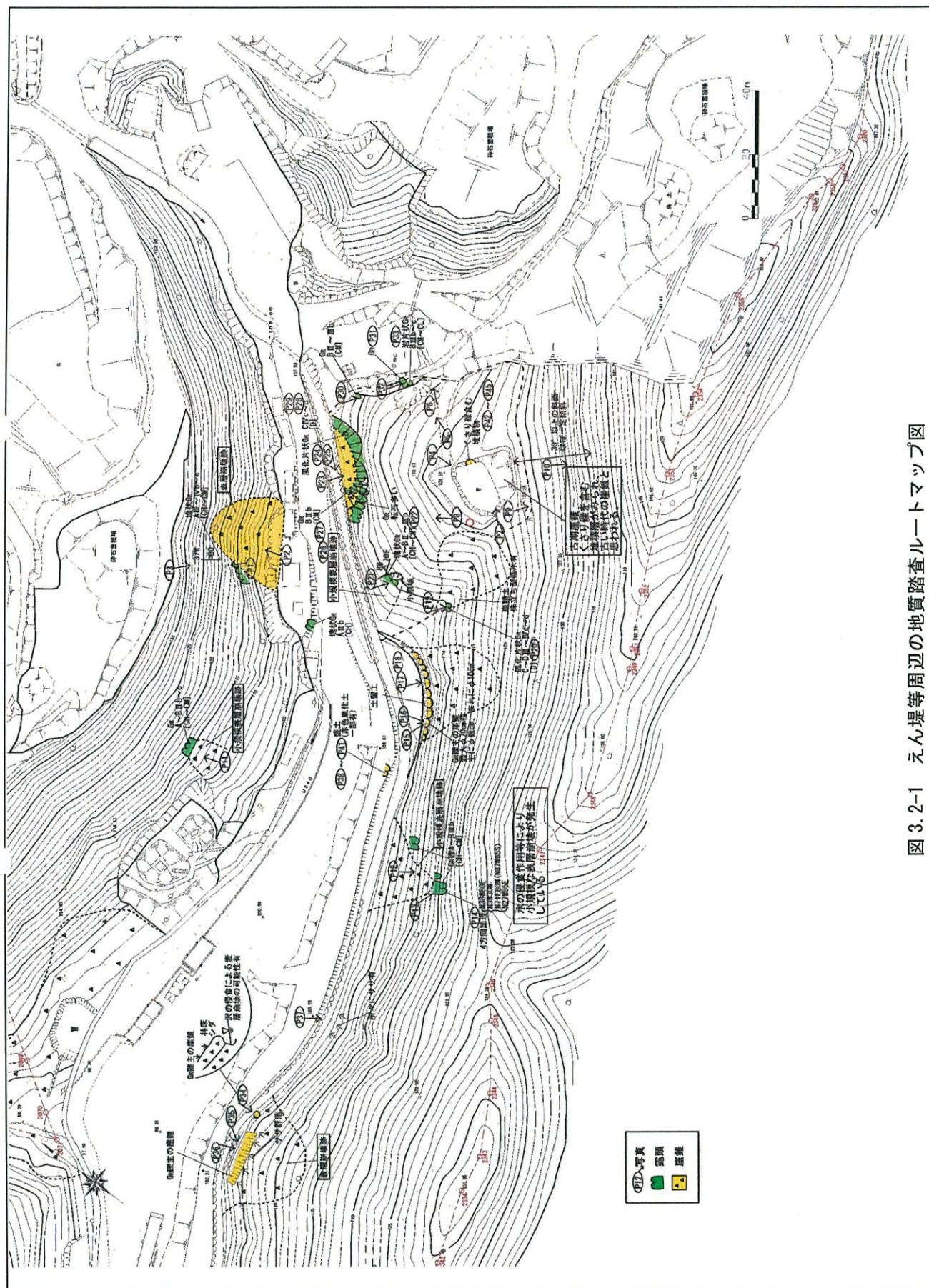
図 3.1.3-4 入口部 No. 2 周辺の空中写真

3. 2. 地表踏査結果

地表踏査の結果を図 3. 2-1 に示す。

この図に示されるように、既往報告書に示される入口部 No.2 地点には、滑落崖等の削剥(発生)域はみられない。また、CM 級や CL 級の緑色岩の上に緑色岩礫を含む崖錐が覆う形で堆積域は存在する。この堆積域の上端には採石場運営のための人工の池が存在し、比較的平坦な地形となっており、池にアクセスするための作業道が存在した痕跡が見られる。さらに、池の北側の切土部にはクサリ礫を含む赤色風化した礫層が見られる。

一方、この平坦部の北西側は急傾斜を示し、その中の南東部の尾根には表層の小崩壊の跡が見られる。また、この入口部 No.2 の北側(上流側)や南側(下流側)の沢では、未固結の崖錐堆積物が堆積している。斜面上の未固結の表土については一部やや不安定と考えられる。



3. 3. ボーリング調査結果

ボーリング調査結果を図 3.3-1～図 3.3-4 に示す。また、詳細なボーリング柱状図及びコア写真巻末に示す。各ボーリング孔の概要は以下の通り。

・B-1 孔

深度 0.00～1.85m：粘土混り砂礫（褐灰色），N=21

深度 1.85～3.30m：礫混り粘土（暗青灰色），N=20

深度 3.30～10.00m：緑色岩（暗緑灰色），N≥60

・B-2 孔

深度 0.00～0.70m：礫混りシルト・粘土（褐灰色）

深度 0.70～10.00m：緑色岩（暗緑灰色），N≥60

・B-3 孔

深度 0.00～4.45m：礫混り粘土（褐赤色），N=平均 13

深度 4.45～12.80m：粘土混り礫（褐色），一部玉石含む，N=平均 13

深度 12.80～20.00m：緑色岩（暗灰色），N≥60

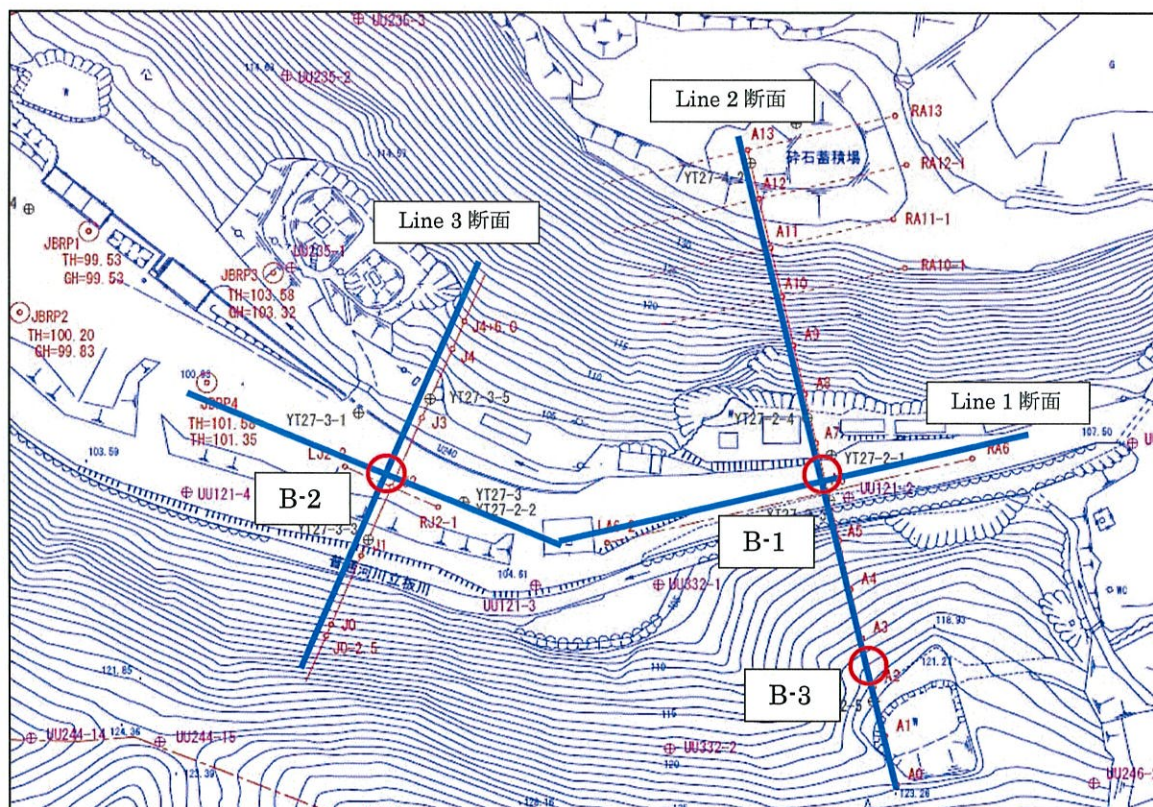


図 3.3-1 調査地点位置図

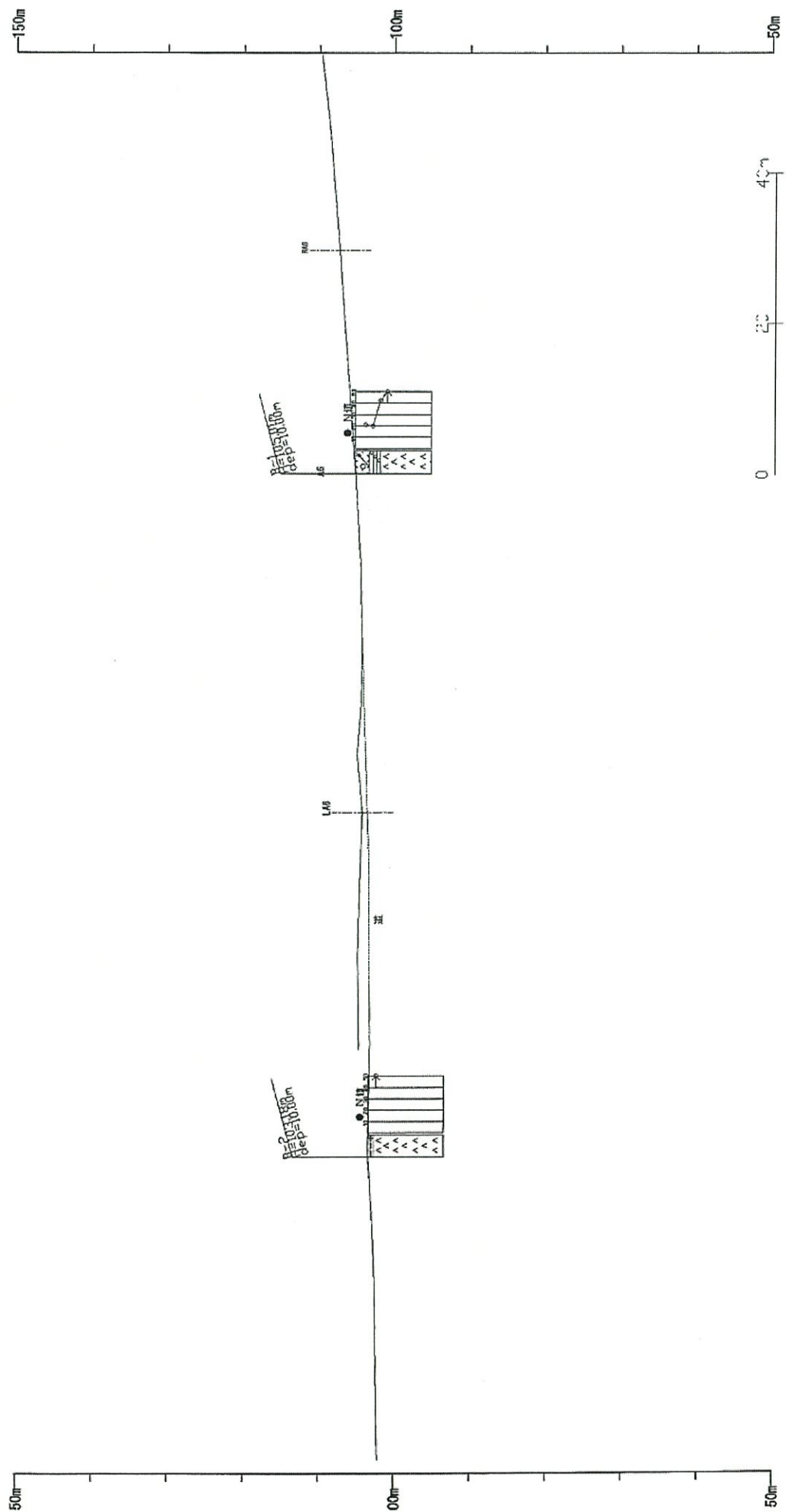


図 3. 3-2 Line1 断面と B-1 孔・B-2 孔の柱状図

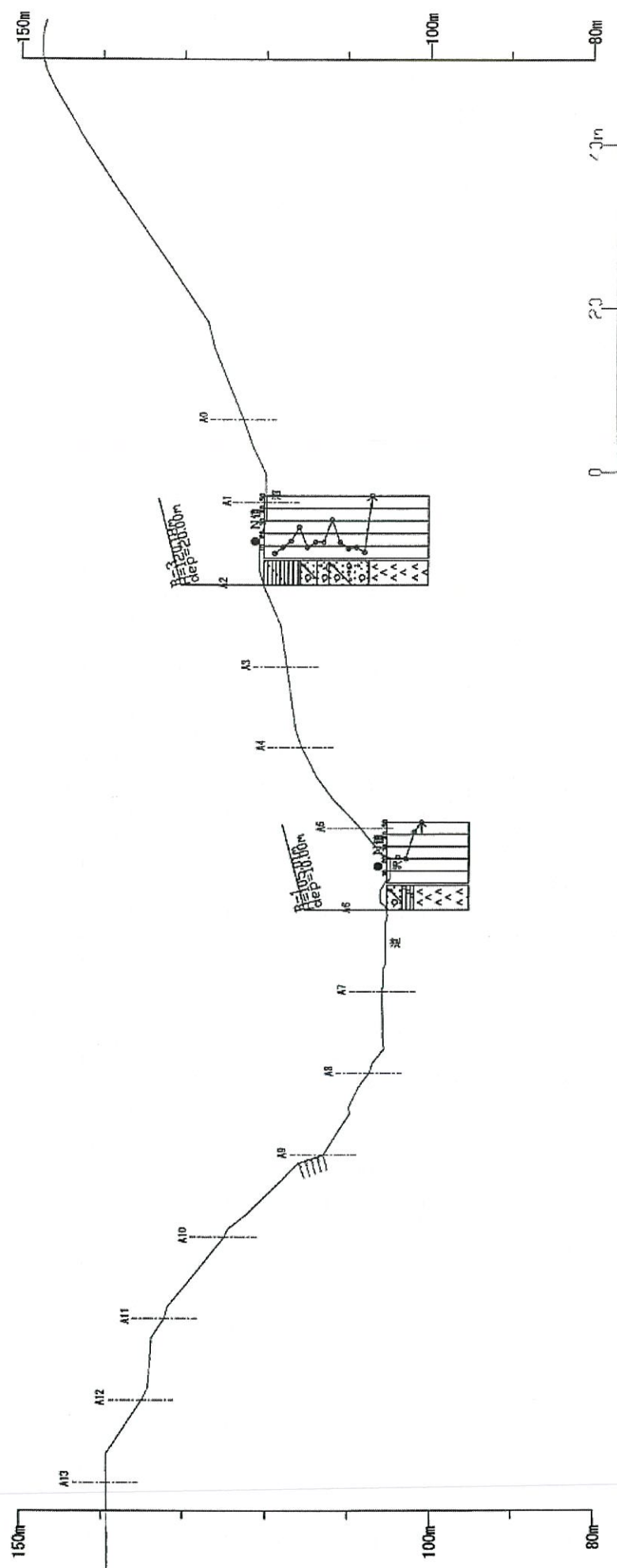


図 3.3-3 Line2 断面と B-1 孔・B-3 孔の柱状図

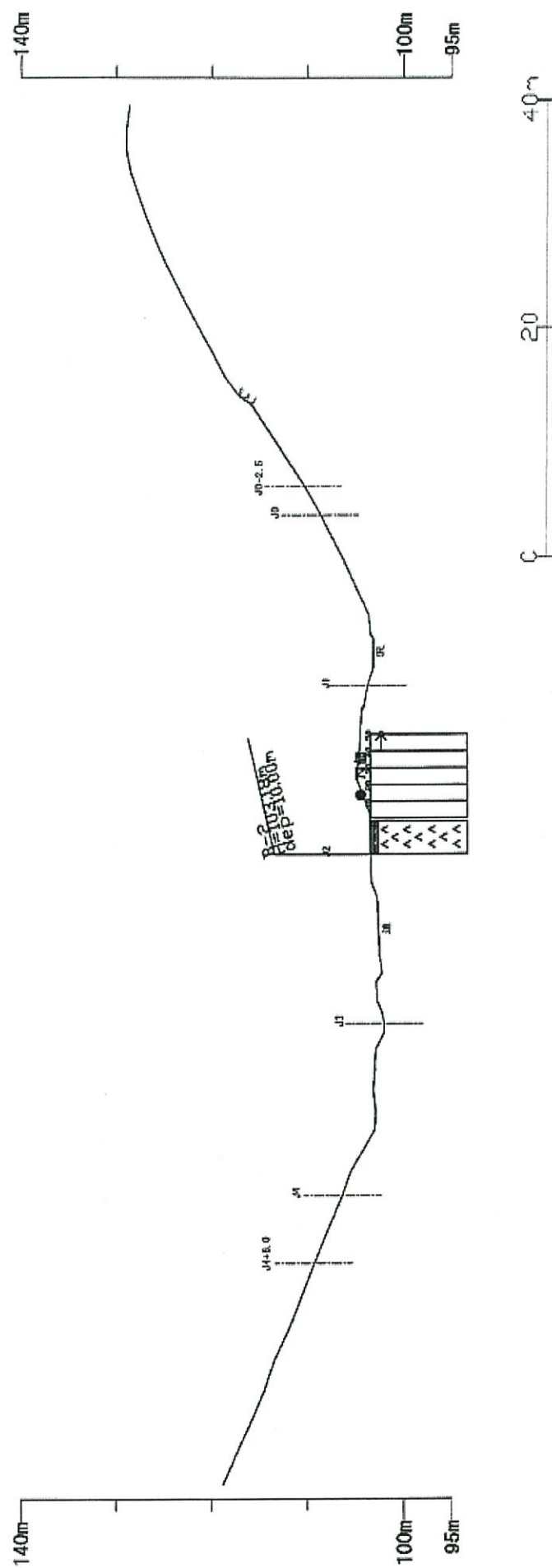


図 3.3-34 Line3 断面と B-2 孔の柱状図

3. 4. 物理探査結果

図 3. 4-1 に屈折法弾性波探査の解析断面図（5 層モデル P 波速度分布図）を示し、図 3. 4-2 に 3 測線の速度断面をパネルダイアグラムとして示す。また、5 層構造モデルへの変換前のトモグラフィ解析による多層構造モデルを図 3. 4-3 に、そのパネルダイアグラムを図 3. 4-4 に示す。

また、巻末に走時曲線とトモグラフィ解析による多層構造モデルを含む解析結果を掲載する。

表 3. 4-1 に各測線の速度層の P 波速度と層厚をまとめる。

解析により得られた調査地の弾性波速度モデルについて以下にまとめる。

① 屈折法探査で得た地盤の弾性波速度構造は表 3. 4-1 に示した 5 層構造で表される。

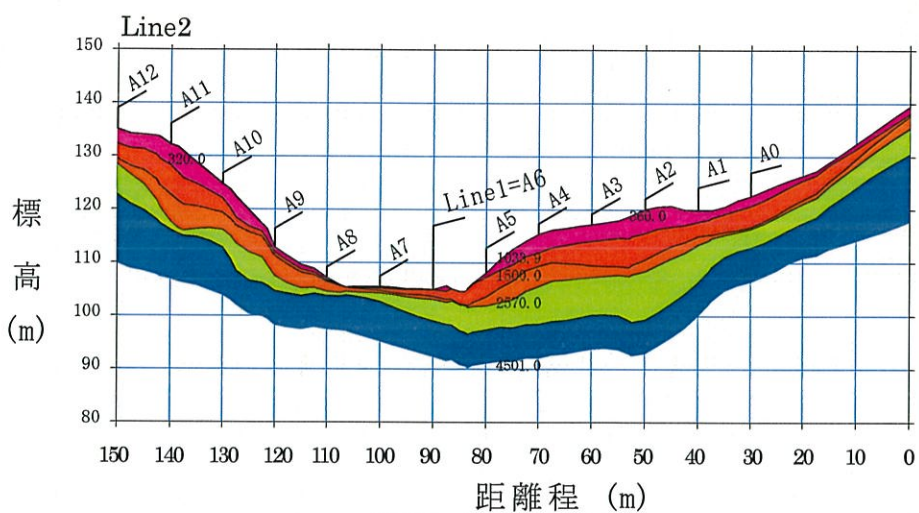
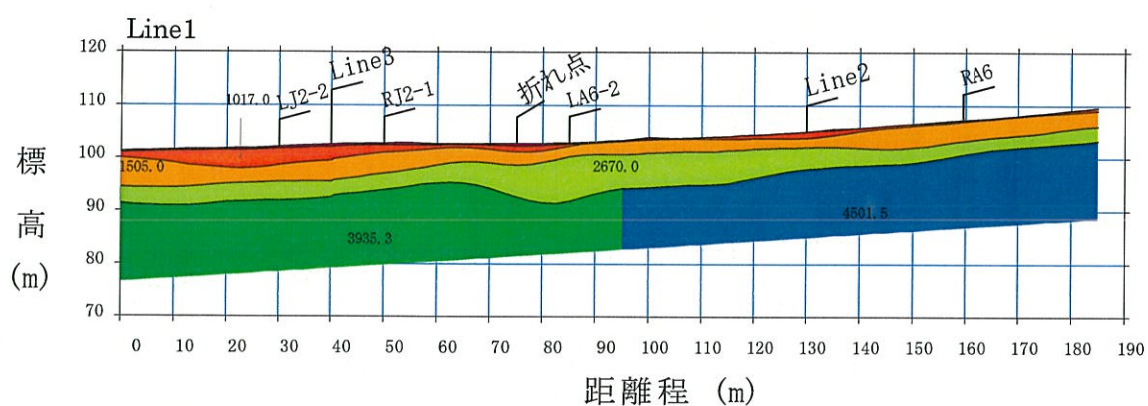
② 各測線の交点の速度構造は、図 3. 4-2 に示すように、概ね一致している。

表 3. 4-1 P 波速度分布一覧表

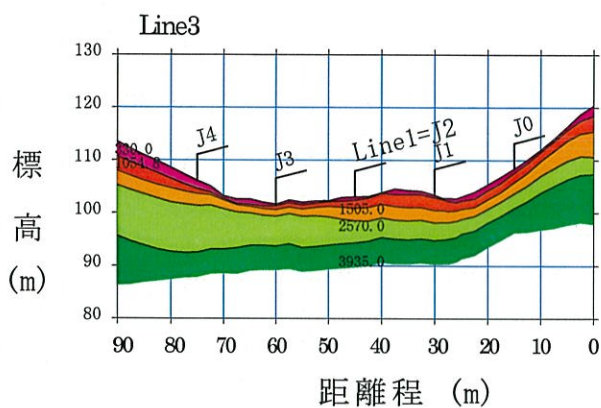
速度層	速度 m/s	測 線 毎 の 層 厚 m			備 考
		Line1	Line2	Line3	
第 1 層	320~360	1m 程度未満。	最大 5m 程度。 斜面中腹で厚く、 谷部では極めて 薄い	最大 3m 程度。 距離程 75・90m 付近の斜面で厚 い	表土に対応
第 2 層	1020・1050	盛土の影響で、距 離程 0・50m で最 大 5m とやや厚 い	最大 5m 程度。 第 1 層と同様に、 斜面中腹で厚く、 谷部で薄い	1・3m 程度	盛土部や未固結 の強風化岩（D 級 岩盤）に対応
第 3 層	1500・1510	2・5m 程度。 概ね帯状に分布	1・5m 程度。 谷部で薄い、概 ね帯状に分布	2・5m 程度。 概ね帯状に分布	割れ目の多い風 化岩（CL 級岩盤） である上面は地 下水位に対応す る可能性がある
第 4 層	2570	層厚 2・8m 程度。 測線の中央部で やや厚い傾向	5・10m 程度。 距離程 40・85m 付近は 10m 前後 とやや厚く、その 他は 5m 程度	3・10m 程度。 距離程 75m 以降 の終点側斜面で 厚い	弱風化層もしくは 亀裂のある岩 盤（CM 級岩盤） に対応
第 5 層	3940・4500	地表より 6・12m 程度以深に分布。 始点から距離程 約 97m までは 3940m/s、それ以 降は 4500m/s と やや速い	斜面部では深度 10~20m で、谷 部では、2~5m 程度で出現。 距離程 50・80m 周辺でやや深く 標高 95~100m 付近が上面	地表から深度 10 ~20m で出現。 速度は 3940m/s	新鮮な岩盤（CH 級岩盤以上）に対 応

また、速度構造を概観して、以下の事項が明らかとなった。

- ① 最下層の P 波速度は 4000~4500m/s 程度で、硬質な岩盤であることが伺える。最下層は、電研式岩盤分類で CH 級以上に分類される。
- ② 最下層を覆う第 4 層の P 波速度は約 2600m/s で、亀裂のある基盤岩に相当すると考えられる。また、当該速度層に対応する地盤は、電研式岩盤分類で CM 級に分類される。
- ③ 堤体軸に沿った測線である Line2 の距離程 40・85m 周辺では、第 4 層の層厚が 10m 程度とやや厚く、最下層の出現標高が 100m 付近と概ね水平に分布する。
- ④ 地表付近で低速度層が顕著に厚いなどの異常箇所は認められない。
- ⑤ 基盤岩の上面深度を第 4 層の上面相当と考えると、Line1 周辺の谷部で 2・7m 程度と浅い。特に、右岸側の斜面脚部近くで浅くなる傾向が認められる。
- ⑥ 斜面部では、基盤岩（第 4 層）の上面深度が 5~15m 程度である。基盤上面の分布形状は、概ね地形に沿っている。ただし、Line3 では、測線終点側（右岸側）斜面では、やや亀裂の多い基盤と考えられる第 4 層の層厚が厚く、新鮮な基盤上面（第 5 層上面）の標高が 95m ~100m 付近でほぼ水平となっている。
- ⑦ 第 5 層の P 波速度が Line2 周辺と Line3 周辺でやや異なっているが、これは、基盤岩の岩質が両者でやや異なっていることを示唆している可能性がある。



注) 巻材ご掲載の図から、始点 (0m) を右側にし、画像を左右反転



注) 巻材ご掲載の図から、始点 (0m) を右側にし、画像を左右反転

P波速度

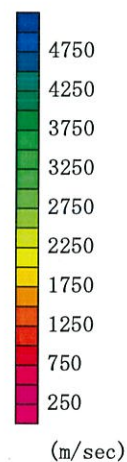


図 3.4-1 5層構造変換によるP波速分布図(5層モデル)

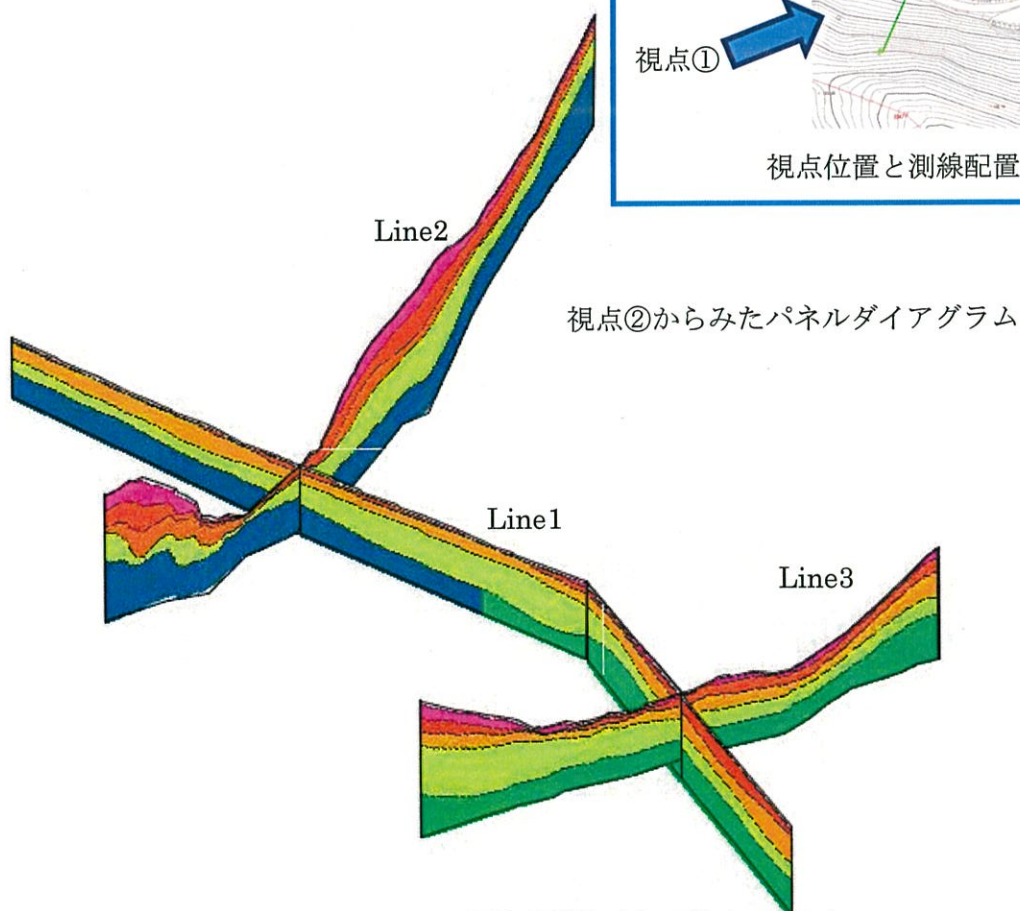
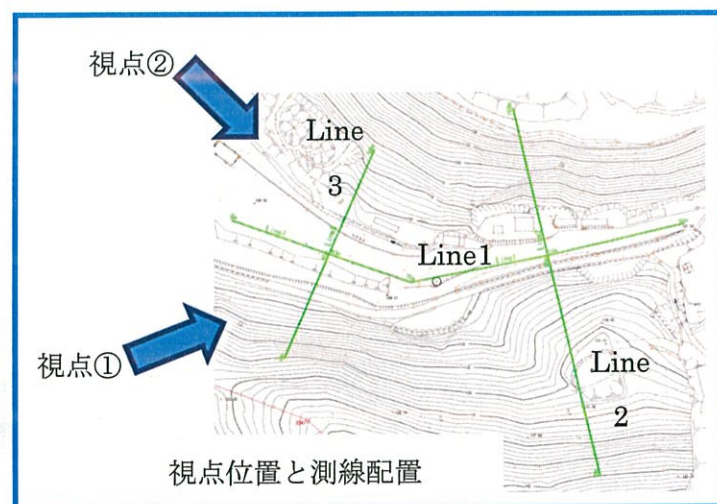
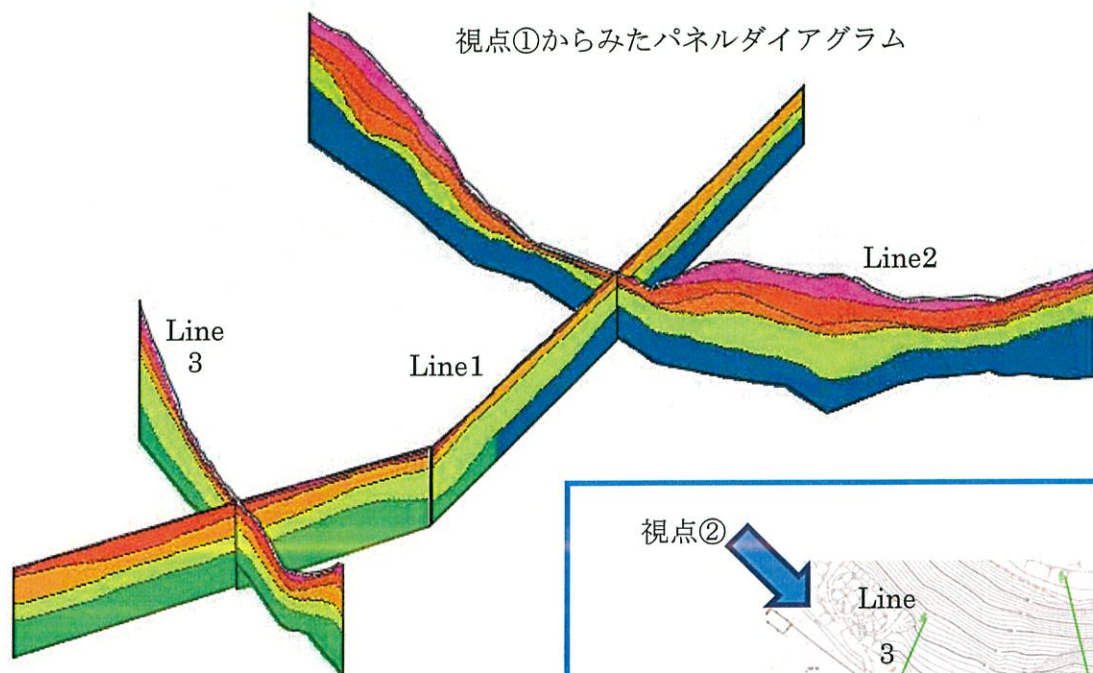
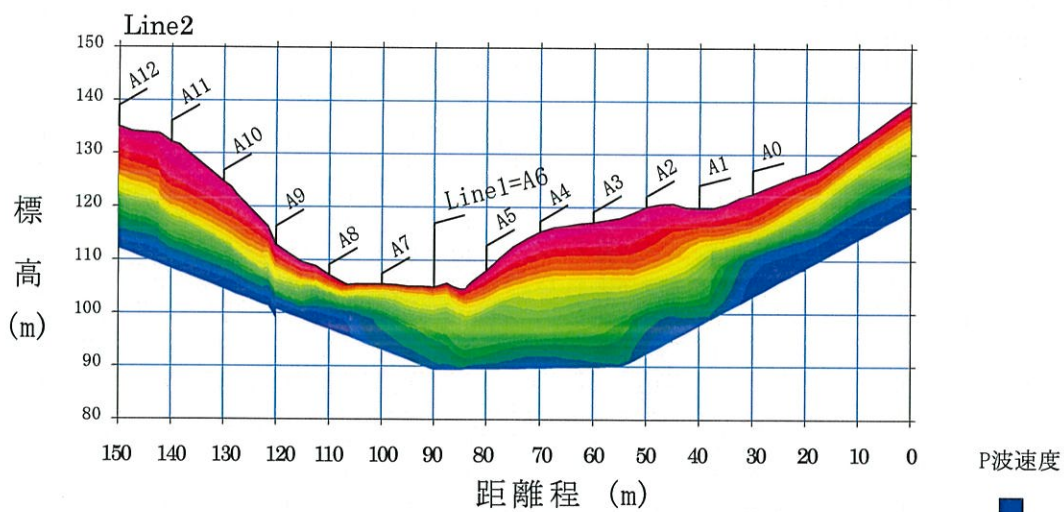
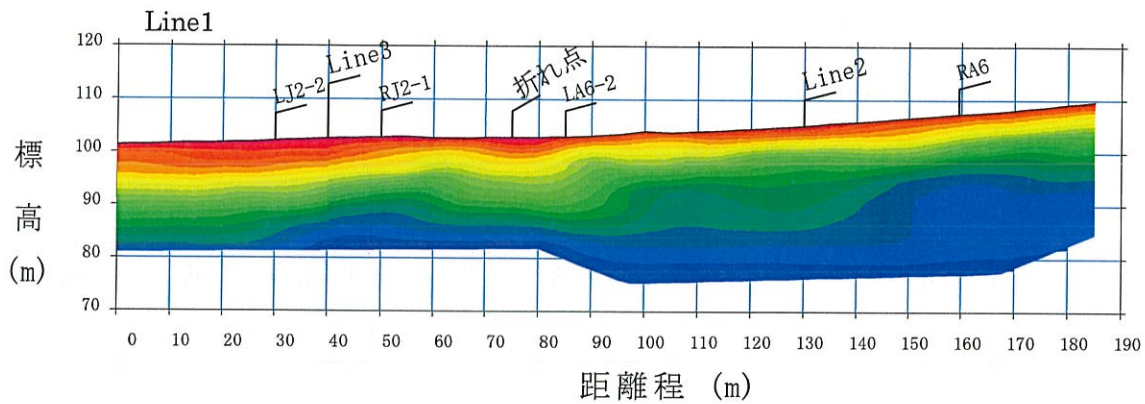
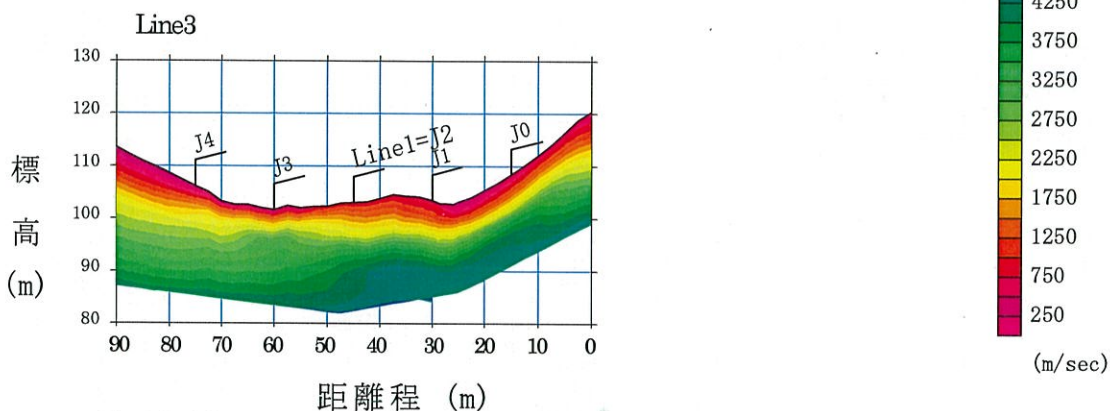


図 3.4-2 5 層速度構造パネルダイアグラム



注) 巻材ご掲載の図から、始点 (0m) を右側にし、画像を左右反転



注) 巻材ご掲載の図から、始点 (0m) を右側にし、画像を左右反転

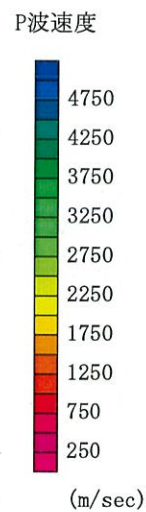


図 3.4-3 トモグラフィ解析による P 波速分布図 (多層構造モデル)

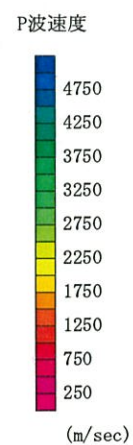
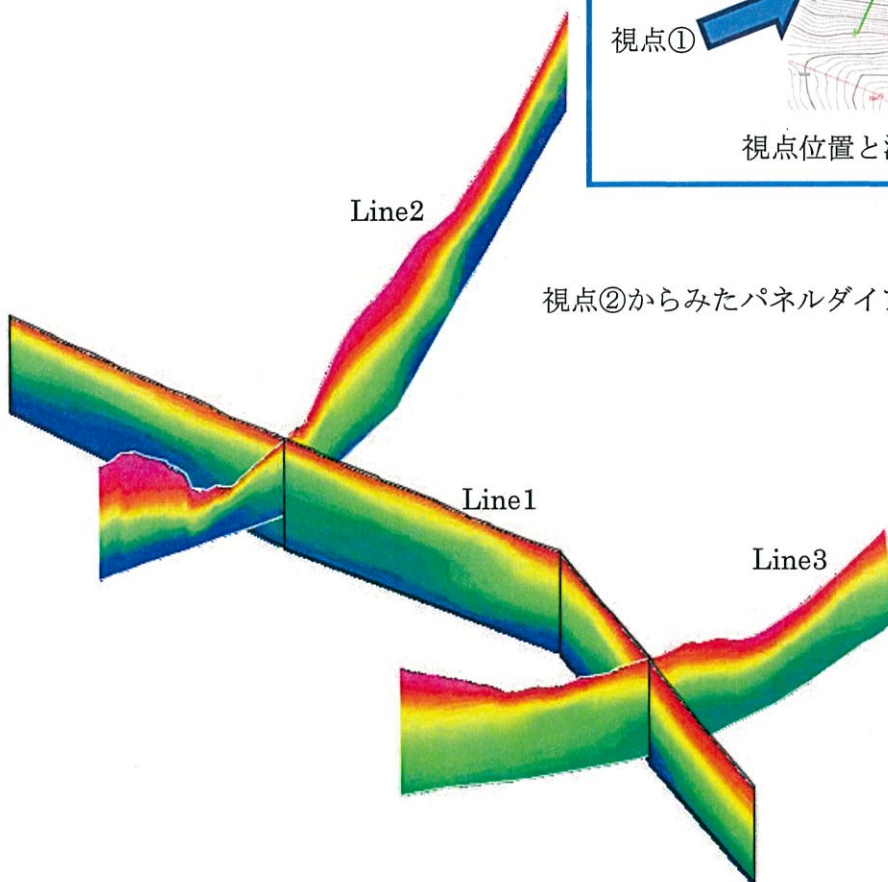
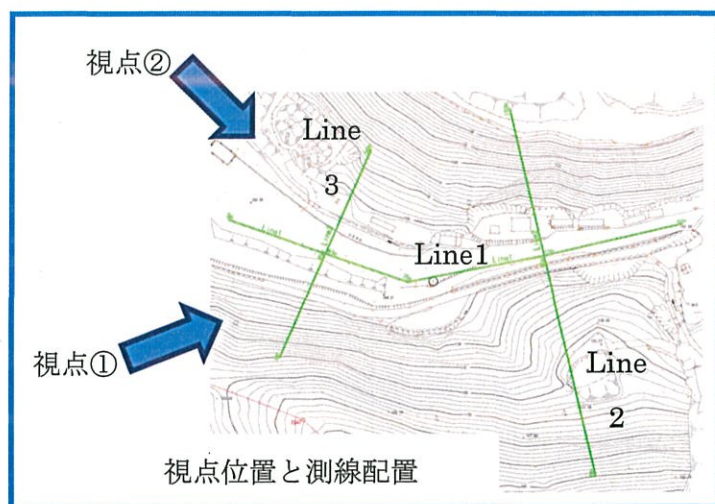
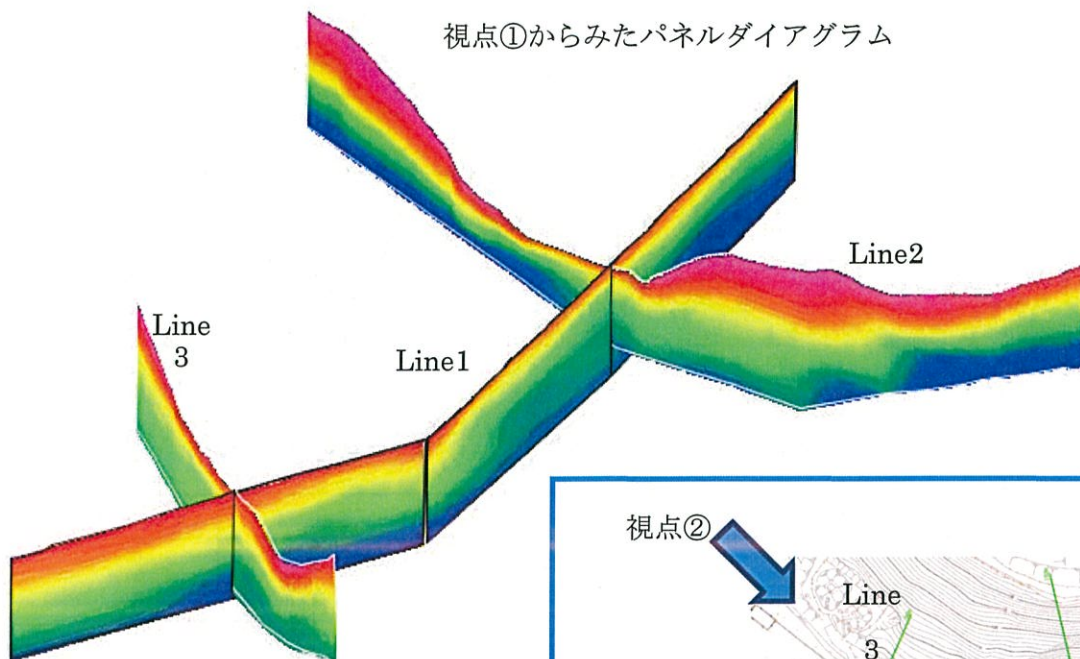


図 3.4-4 多層速度構造パネルダイアグラム

3. 5. 室内試験結果

室内試験結果を表 3.5-1 に示す。

湿潤密度は 2.790～2.838g/cm³ (平均 2.820 g/cm³)、吸水率 1.15～1.54% (平均 1.35%)、有効間隙率 3.24～4.27% (平均 3.79%) である。

一方、弾性波速度は P 波速度 3180～3890m/sec (平均 3632m/sec)、S 波速度 1920～2390m/sec (平均 2162m/sec)、動ポアソン比 0.179～0.271 (平均 0.223)、動弾性係数 25300～38800MN/m² (平均 32300MN/m²) と比較的速い速度を示している。また、一軸圧縮強度は 8.52～23.8 MN/m² (平均 15.7 MN/m²) で、変形係数は 3760～7390 MN/m² (平均 5700 MN/m²) である。

表 3.5-1 岩石室内試験結果 (1-1～1-3 : B-1 孔, 2-1～2-3 : B-2 孔)

試料番号 No.		1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
採取深度 (m)		5.30	6.20	8.60	6.50	7.00	8.50
		～ 5.50	～ 6.40	～ 8.80	～ 6.70	～ 7.15	～ 8.70
岩石名							
含水状態							
物理特性	かさ密度 (g/cm ³)						
	自然状態 G _n	2.830	2.808	2.844	2.821	2.824	2.840
	強制湿潤状態 G _w	2.834	2.812	2.848	2.825	2.831	2.846
	強制乾燥状態 G _d	2.792	2.770	2.815	2.792	2.792	2.808
	吸水率 ab(%)	1.50	1.54	1.15	1.16	1.39	1.38
	有効間隙率 ne(%)	4.20	4.27	3.24	3.25	3.88	3.88
	自然含水比 Wn(%)	1.37	1.39	1.01	1.02	1.14	1.15
超音波伝播速度	湿潤密度 ρ _t (g/cm ³)	2.826	2.814	2.838	2.825	2.828	2.790
	縦波速度 V _p (km/sec)	3.49	3.61	3.89	3.85	3.18	3.77
	横波速度 V _s (km/sec)	2.12	2.25	2.39	2.16	1.92	2.13
	動ポアソン比 ν _d	0.209	0.179	0.198	0.271	0.214	0.265
力学特性	動弾性係数 E _d (MN/m ²)	3.06E+04	3.37E+04	3.88E+04	3.35E+04	2.53E+04	3.21E+04
	一軸圧縮						
	圧縮強度 q _u (MN/m ²)	23.8	8.52	17.2	19.8	12.1	12.5
	静ポアソン比 ν _s						
試験条件	変形係数 E _{s50} (MN/m ²)	7.39E+03	4.27E+03	7.34E+03	7.26E+03	3.76E+03	4.18E+03
	圧裂						
	圧裂引張強度 σ _t (MN/m ²)						
	三軸圧縮						
試験条件	試験条件						
	粘着力 C (MN/m ²)						
試験条件	内部摩擦角 φ (度)						

4. 総合調査

4. 1. えん堤等周辺の地質評価

えん堤等を設置する周辺の斜面では、地形的には、滑落崖は存在せず遷急線も不明瞭である。物理探査結果の Line2 では、深度十数mの比較的厚い半固結層（1500m/sec 未満）が分布する。ボーリング調査結果でも、B・3 孔の深度十数mまでは N 値平均 13 程度の礫層（玉石が部分的に混じる）が分布し、それ以深で緑色岩が観察され、礫層と緑色岩の境界付近にすべり面も見られない。こうした地質状況は、採石場内の A, B ブロックのような地すべりによって破碎された岩片状の緑色岩とは異なる。また、地表踏査で、入口部 No.2 の池の付近では、赤色風化し、クサリ礫を含む礫層が観察される（図 4. 1-1 参照）。

えん堤等設置の周辺斜面では、堆積域が形成され、そこに古い段丘が堆積した時代と同時期の古期崖錐である礫層が堆積し、その後の浸食作用（河床低下）により現在のような斜面が形成されたものと考えられる。

地質平面図を図 4. 1-2 に、Line1～Line3 断面の地質断面図を図 4. 1-3～図 4. 1-5 に示す。

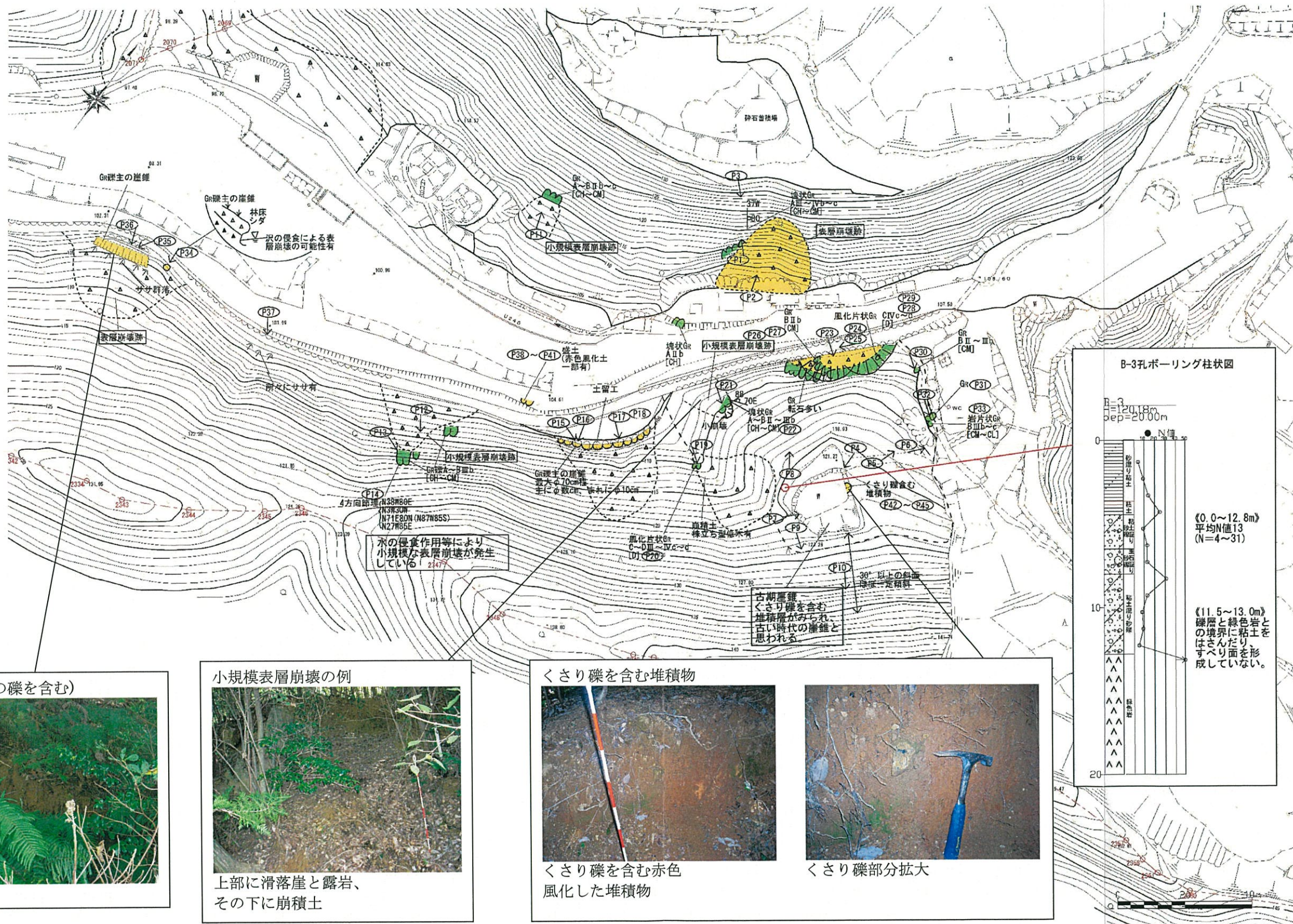


図 4.1-1 えん堤等周辺の地質評価

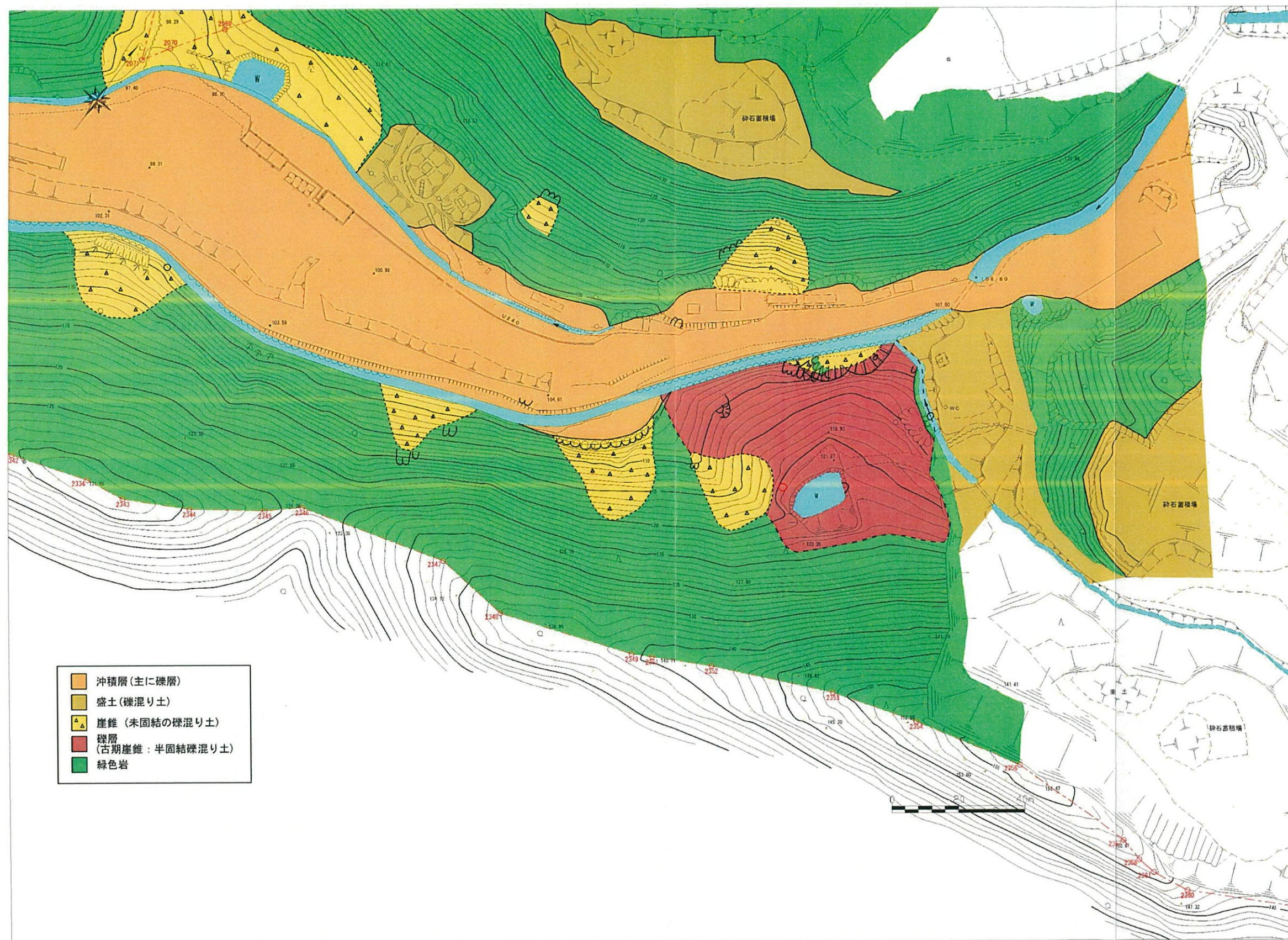


図 4.1-2 えん堤等周辺の地質平面図

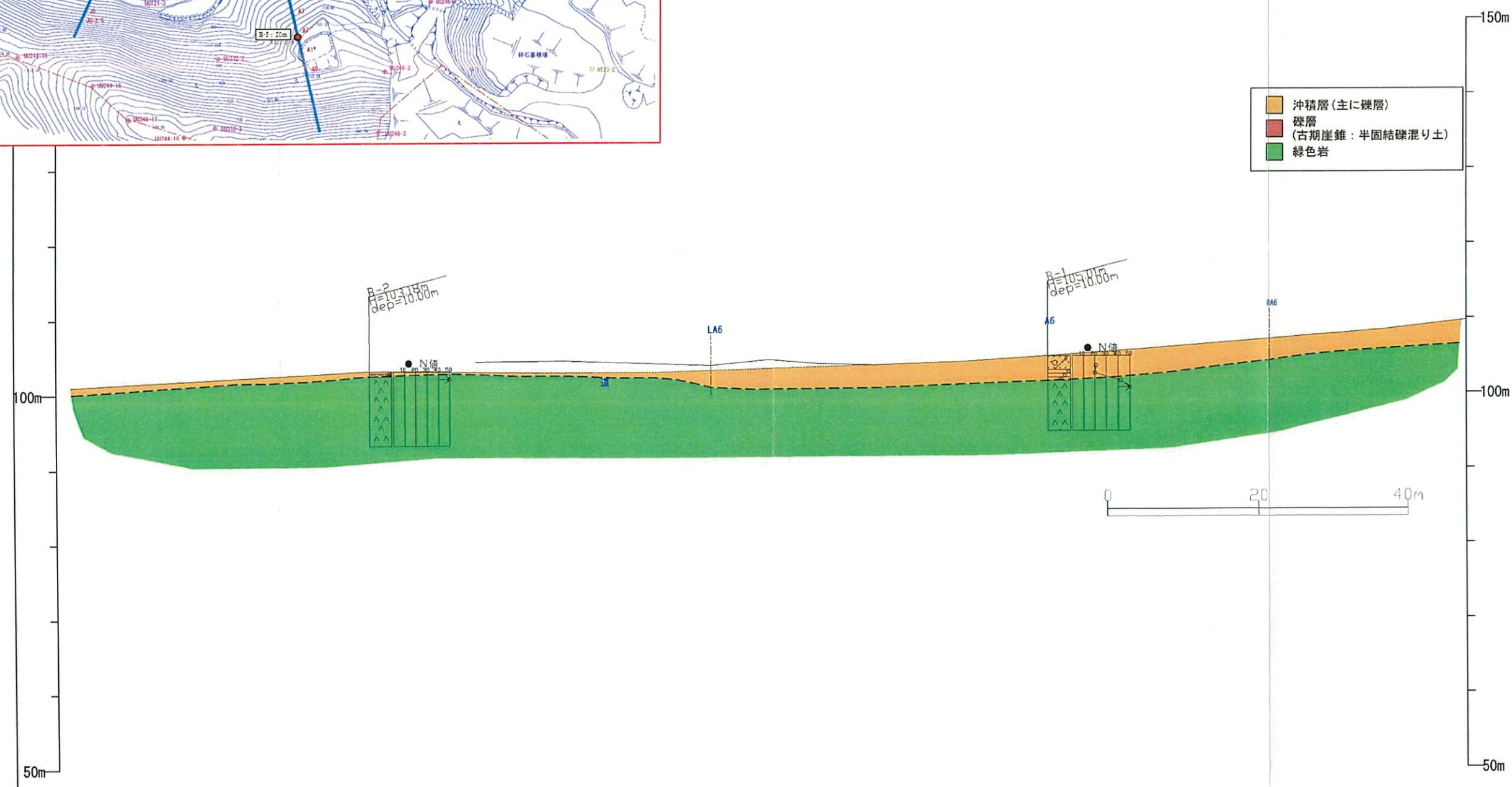
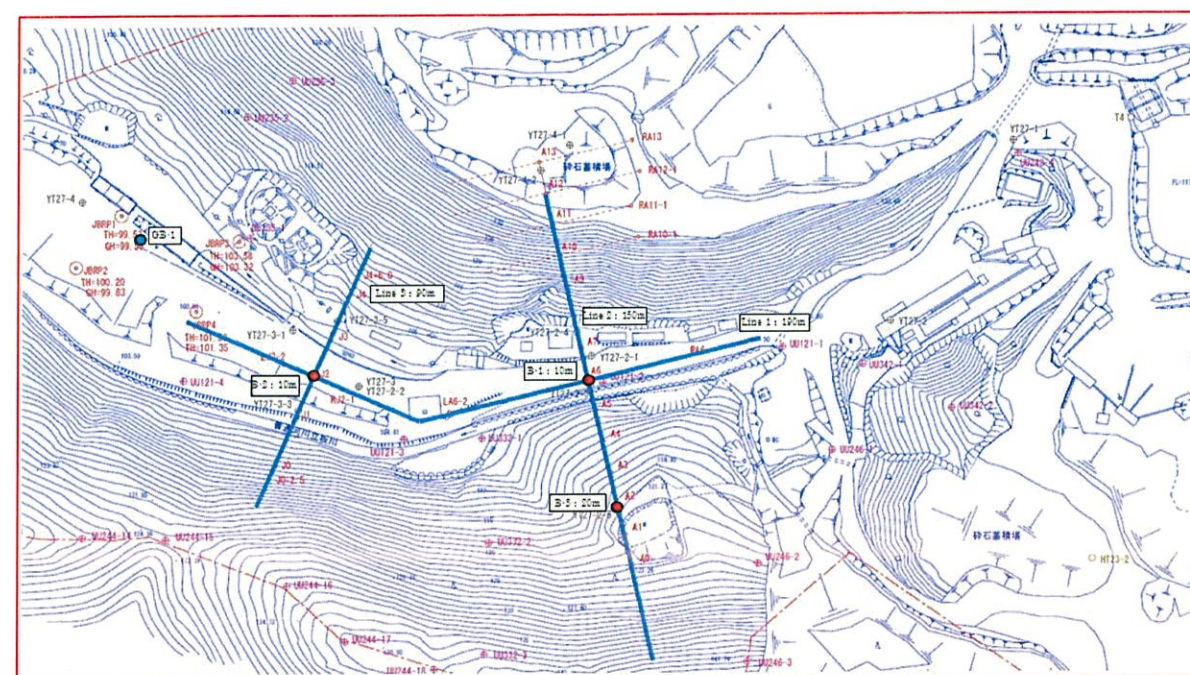


図 4.1-3 Line 1 の地質断面図

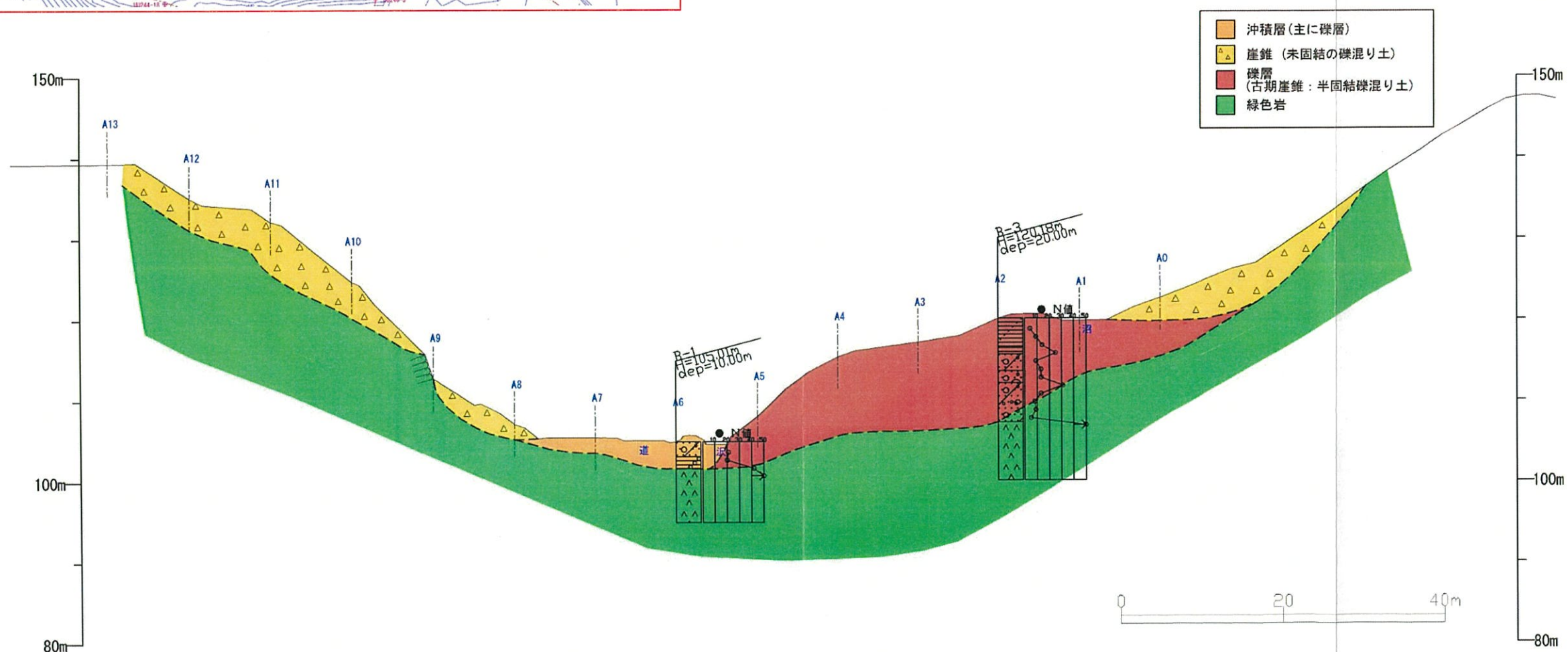
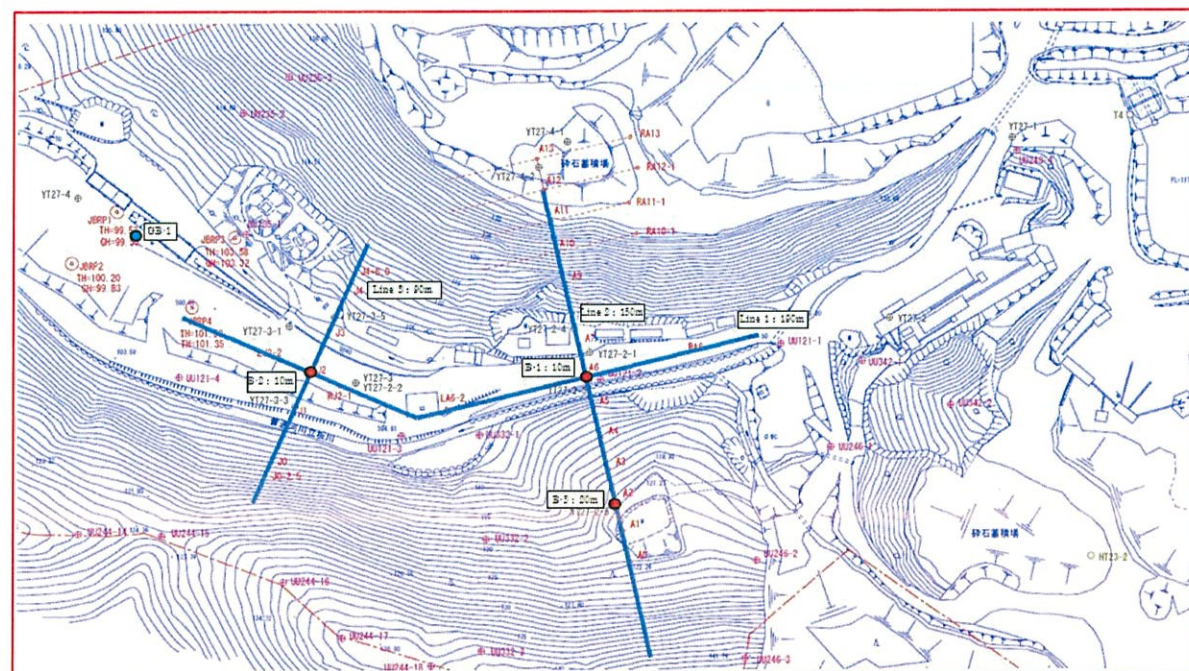


図 4.1-4 Line2 の地質断面図

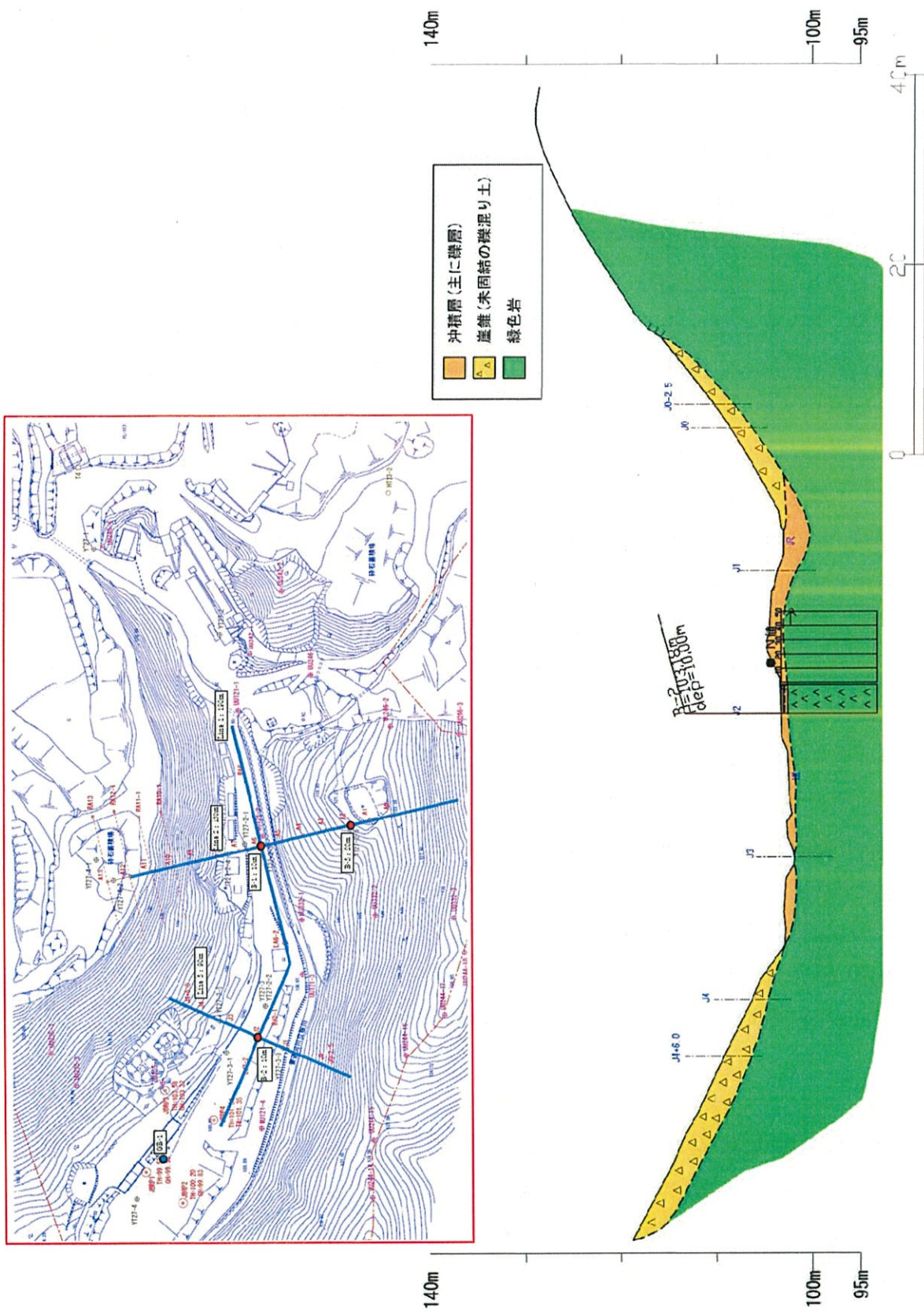


図 4.1-5 Line3 の地質断面図

4. 2. えん堤等の岩盤分類

物理探査により、当該地の P 波速度が求められている。P 波速度と岩級区分との関係は、電研式岩盤分類がよく用いられるが、これはダムの堤体等に利用されることが多く、堤体高が数十 m で土堰堤であり、堰堤表面に遮水工を施す最終処分場の貯留構造物（よう壁等）では、堤体高 100 m を超えるような大ダムのための極めて強い岩盤物性は必要としない。すなわち、電研式岩盤分類のような分類では、貯留構造物にとっては安全側過ぎ、過剰設計となる。

そこで、本検討では、電研式岩盤分類等の従来の岩盤分類を参考にしつつも、最終処分場の貯留構造物に沿った岩盤分類を検討した。

貯留構造物（遮水工も含む）にとっては、N 値が 50 以上であれば十分な地盤強度であると言える。当該地においては、N 値 50 以上の岩盤は、B-1 孔で深度数 m 以深であり、概ね P 波速度は 1500m/sec 程度以上で、強度は概ね 10 MN/m² である。より深度の深い(B-1 孔で深度 5m 以上)であれば P 波速度は 2500m/sec 以上を示し、室内岩石試験などにおいて、一軸圧縮強度は 20MN/m²前後と硬い岩盤となる。

一方、設計上、N 値は 30～50 程度でも十分に対応可能な地盤強度であろう。このような岩盤は、P 波速度で言えば、1000m/sec 前後で強度としては概ね 5～10 MN/m² である。

これに対して、N 値が 4～10 の比較的軟弱な地盤では、地盤改良を行うか、軟弱部の除去が必要となる。このような岩盤は、P 波速度は 500m/sec 程度以下であり、強風化を受けて強度が概ね 1 MN/m² 以下のものである。

以上のようなことから、当該地においては、以下のような岩盤分類を考える。

- ・ CH 級：P 波速度 2500m/sec 以上、概ね強度 25MN/m² 以上
- ・ CM 級：P 波速度 1500m/sec～2500m/sec、概ね強度 10～25MN/m²
- ・ CL 級：P 波速度 750～1500m/sec、概ね強度 5～10 MN/m²
- ・ DH 級及び古期崖錐堆積物：P 波速度 500～750m/sec、概ね 1～5 MN/m²
- ・ DL 級及び崖錐堆積物・沖積層：P 波速度数百 m/sec 未満、概ね強度 1 MN/m² 未満

こうした分類に従って図 4.2-1～図 4.2-3 の岩盤分類図を作成した。なお、本図では DL 級については、部分的にしか存在しないので区別せずに、D 級とした。また、ここでは岩盤分類であるが、古期崖錐や沖積層（盛土含む）についても、参考として岩盤分類の対比をしておいた。古期崖錐等も含めた基礎地盤については後述する。

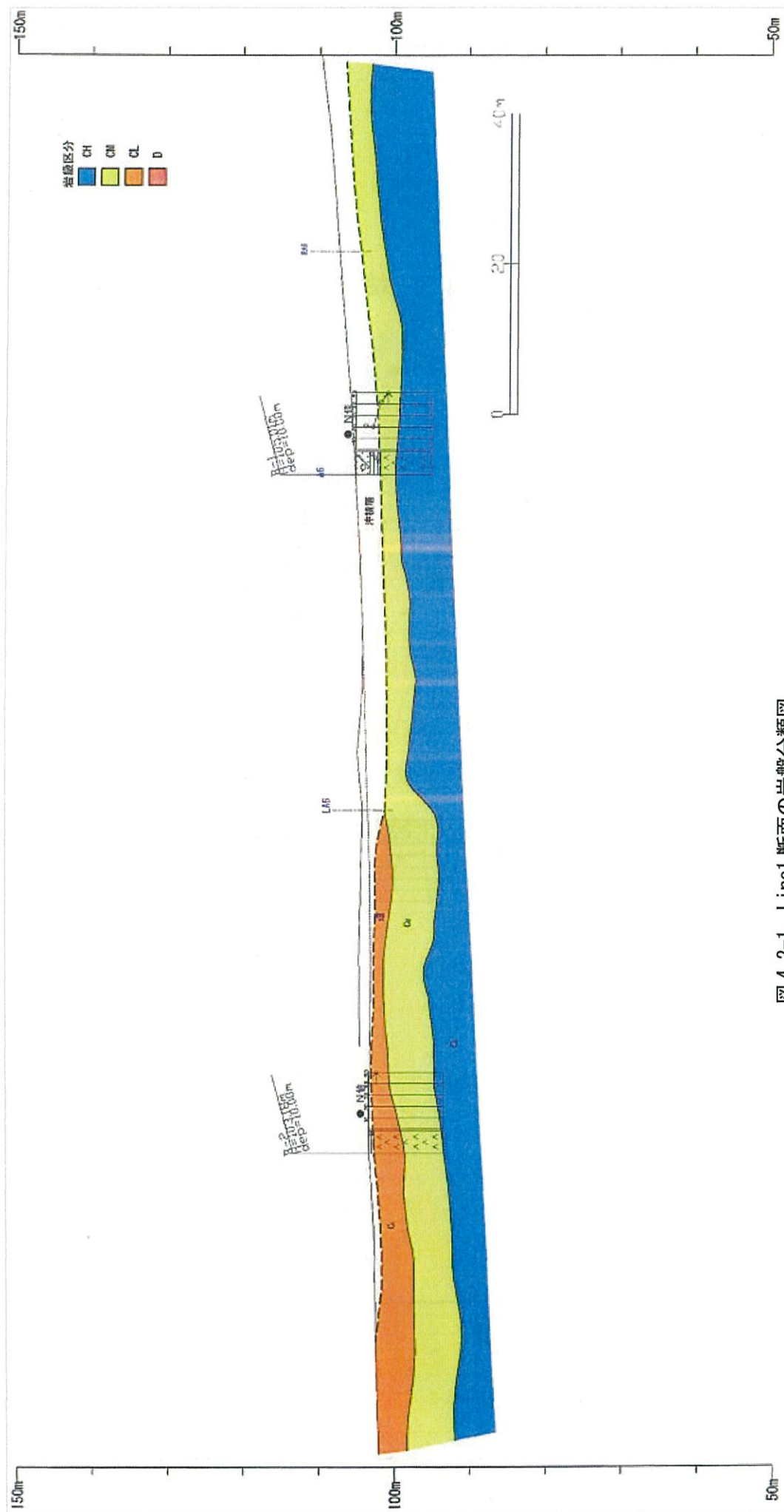


図 4.2-1 Line1 断面の岩盤分類図

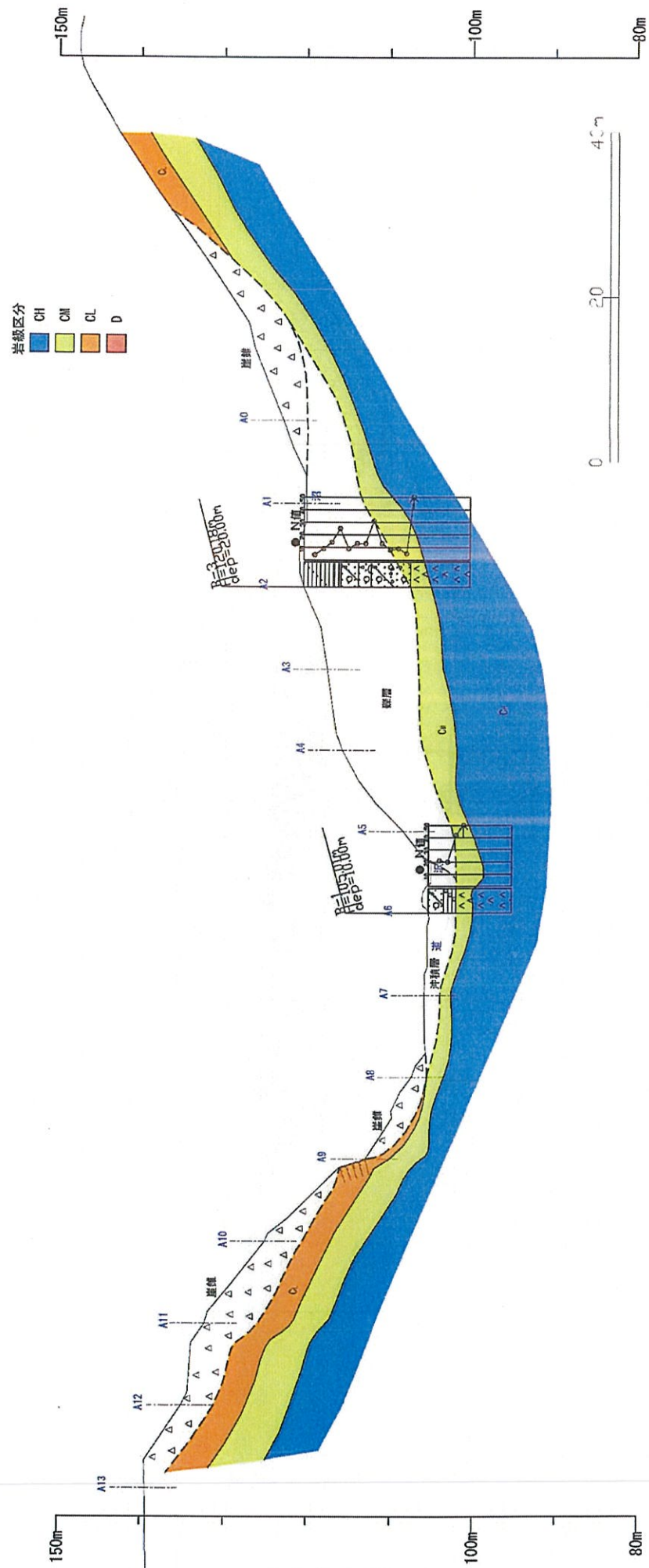


図 4. 2-2 Line2 断面の岩盤分類図

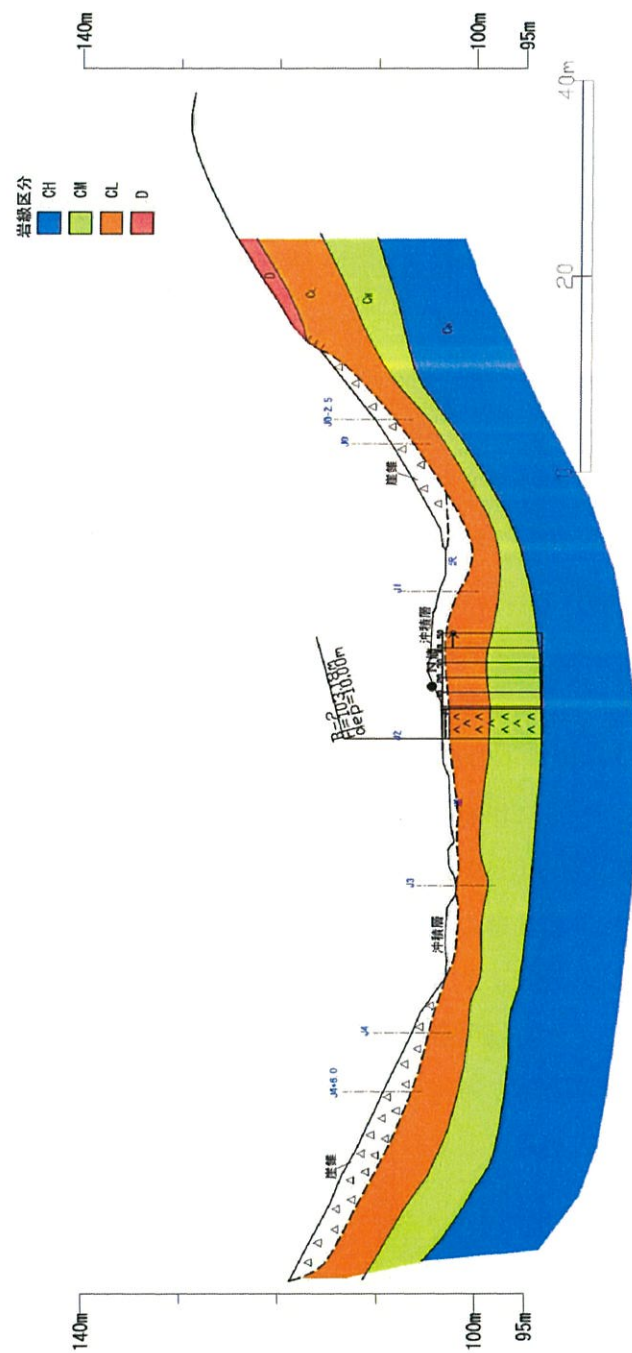


図 4. 2-3 Line3 の岩盤分類図

4. 3. えん堤等の地盤評価

4. 3. 1. 総論

最終処分場の構造基準（一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号）、最終改正：平成二五年二月二一日環境省令第三号）では、第一条四「埋め立てる一般廃棄物の流出を防止するための擁壁、えん堤その他の設備であつて、次の要件を備えたもの（以下「擁壁等」という。）が設けられていること。 イ自重、土圧、水圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。 ロ埋め立てる一般廃棄物、地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。」の他に、第一条五イ「（2）基礎地盤は、埋め立てる一般廃棄物の荷重その他予想される負荷による遮水層の損傷を防止するために必要な強度を有し、かつ、遮水層の損傷を防止することができる平らな状態であること。」とされ、えん堤等の基礎地盤と共に遮水工の基礎地盤についても十分な力学特性が求められている。

当該地の緑色岩は、室内試験の結果、平均 16MPa (N/mm²) の一軸圧縮強度を示し、最終処分場のえん堤等（遮水工も含む）の設置においては、極めて強固な基礎地盤である。また、弾性波速度(V_p)も平均 3600m/sec 程度と極めて速い。表 4.3-1 に示すように、室内超音波試験による弾性波速度 V_p と原位置の屈折法弾性波探査による V_{fp} から、亀裂係数は 0.50 程度となる。このことから、図 4.3-1 に示すように当該地の緑色岩は硬岩に属することがわかる。

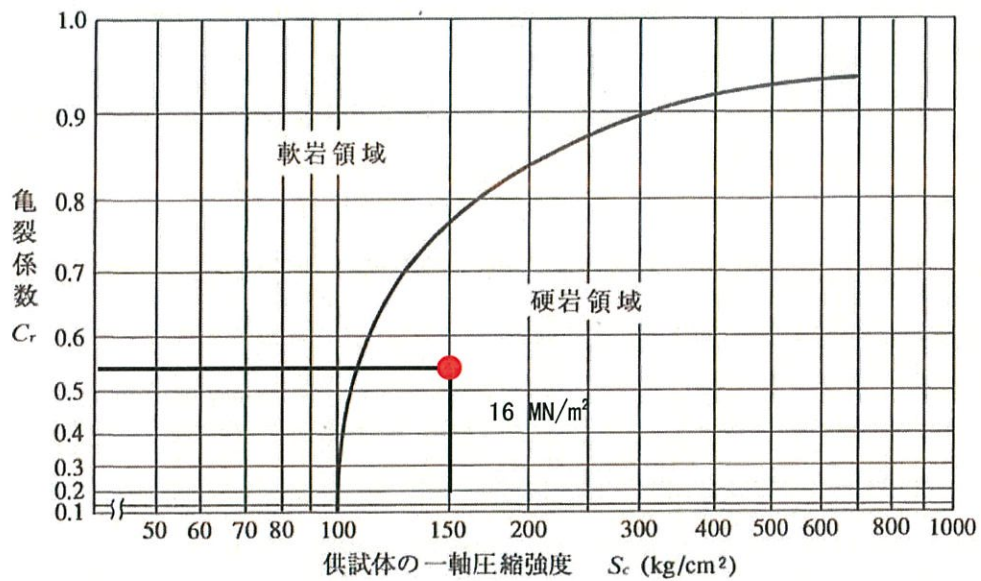
原位置の弾性波速度(V_p)は深部（深度約 10m 以深）で 3600m/sec 程度以上となり、それ以浅では 3600m/sec には達せず 1000～2000m/sec 程度である。これは、原位置の計測では、岩盤の風化状況や割れ目系の存在に影響され、弾性波速度(V_p)も小さくなったと考えられる。実際に深度 4m 程度では N 値は 50 以上を示す。

したがって、当該地の DH 級以上の基礎岩盤は、基礎として十分利用できる。

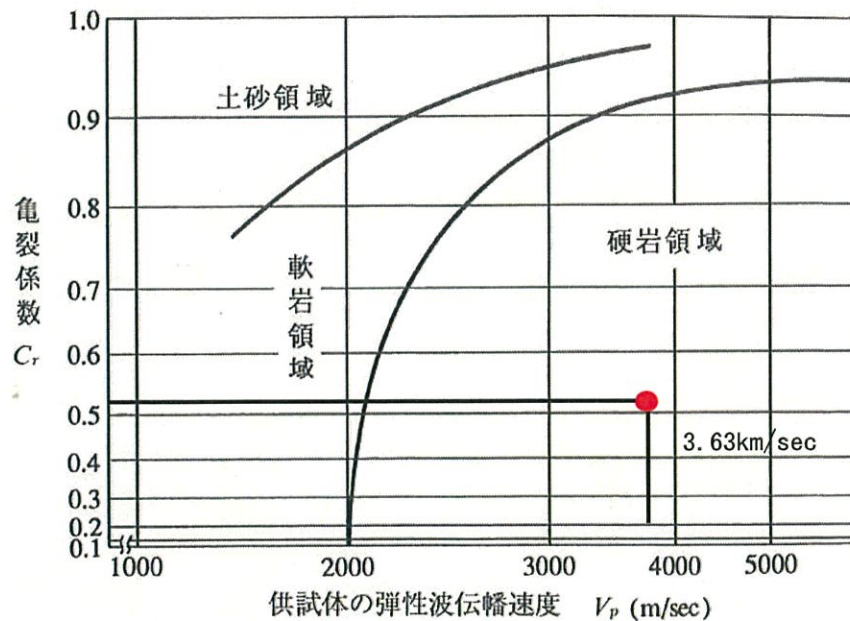
一方、古期崖錐は、部分的に N 値 30 を示し、平均的には N 値 13 であり、基礎地盤としては問題はない。ただし、この古期崖錐の上層の深度 2～3m は N 値 10 未満であり、表層の 2～3m までは掘削などが必要であると考えられる。また、沖積層も N 値 10 未満であり、掘削して CL 級以上の岩盤を出した方が良いと思われる。

表 4.3-1 弾性波速度 (V_p) と亀裂係数

試料番号	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	平均
室内超音波 V_p (km/sec)	3.49	3.61	3.89	3.85	3.18	3.77	3.63
屈折法物理探査 V_{fp} (km/sec)	2.25	2.50	3.00	2.00	2.50	3.00	2.54
亀裂係数 C_r $= 1 - \quad /$	0.58	0.52	0.41	0.73	0.38	0.37	0.50



亀裂係数と供試体の一軸圧縮強度による区分



亀裂係数と弾性波伝播速度による区分

図 4.3-1 亀裂係数・一軸圧縮強度・弾性波速度からみた硬岩・軟岩分類

4. 3. 2. えん堤の安定性評価

(1) 貯留構造物の設計にあたって

最終処分場を設計するにあたって以下の3点について検討する必要がある。

- ・貯留構造物の転倒
- ・貯留構造物の滑動
- ・地盤支持力

各検討項目と安全とみなす条件は表 4.3.2-1 に示した。

表 4.3.2-1 検討項目一覧表

検討項目	対象	安全とみなす条件
転倒	貯留構造物	$e > B/6$
滑動	〃	$F_s > 1.5$ (常時) $F_s > 1.2$ (地震時)
支持力	地盤	$F_s > 3$ (常時) $F_s > 2$ (地震時)

ただし

e : 合力の作用点の偏心距離 (m)

B : 擁壁底板幅 (m)

F_s : 安全率

これらの安定性の検討には、地盤定数 c および ϕ の設定が必要となる。 c は粘着力、 ϕ は剪断抵抗角 (内部摩擦角) を表す。また、盛土の際岩盤がどれだけ変形するかの指標となる変形係数 E_s や支持力も必要となる。

(2) 地盤定数の設定

地盤定数の設定に用いる式は、対象となる地盤が砂質土、粘性土、硬質岩盤のどれに相当するかによって異なる。

当該地は D 級以上の緑色岩と古期崖錐の分布する場所に最終処分場を新設する。

古期崖錐の N 値は、平均 14 (範囲 5~31) である。この礫層は、粘土混り礫あるいは礫混り粘土であり、粘性土質な性質も持つ側面もあると考えられる。

この場合、図 4.3.2-1 に示されるように、N 値 14 (5~31) より、一軸圧縮強度 q_u は 400kN/m^2 程度となる。したがって、粘性土の一軸圧縮強度と粘着力との以下の関係式は、

$$c = 0.5q_u$$

ここで、

c : 粘着力 (kN/m^2)

となるので、粘着力 $c=200\text{kN/m}^2$ 程度である。

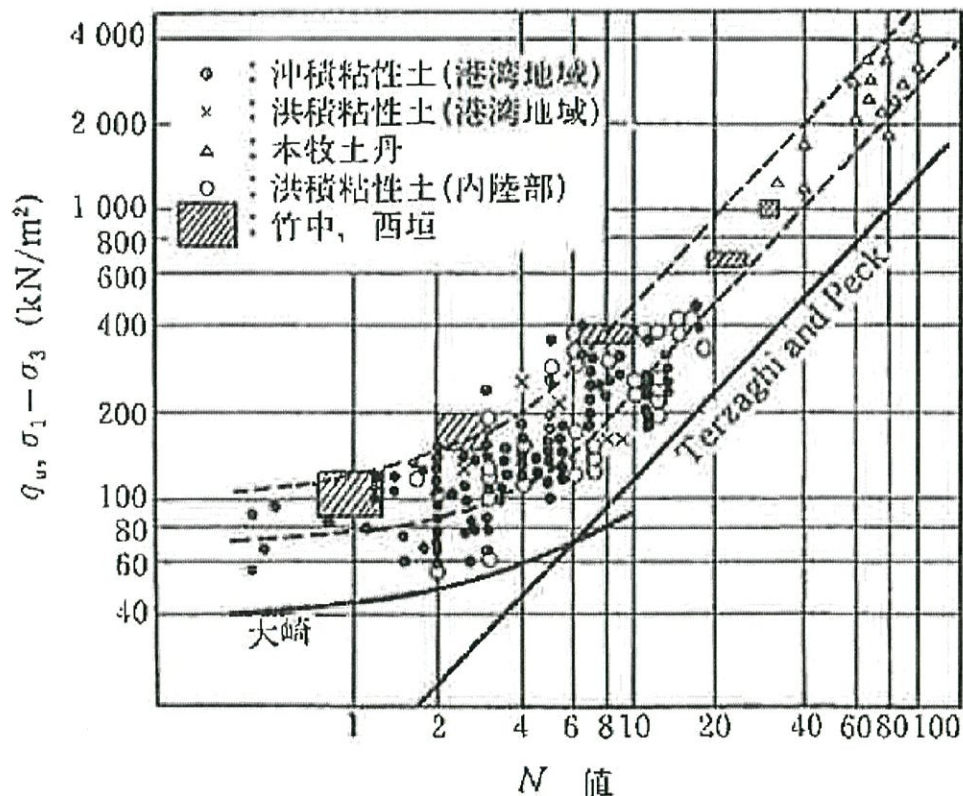


図 4.3.2-1 N 値と粘性土の一軸圧縮強度との関係 (地盤工学会)

一方で、礫を含んでいることから砂質土的な振る舞いもすると考えられる。

したがって、砂質土の観点から、内部摩擦角 ϕ も算出すると、以下のようになる。

砂質土の ϕ を求める計算式はいくつかある (図 4.3.2-2)。対象となる地盤は処分場の埋立予定地であるため、荷重に耐える強度が求められる。このため、 ϕ は道路分野で用いられている式が最も適切であると考えられ、道路橋示方書による砂質土に用いる式で値を算出した。

$$\phi = 15 + \sqrt{15N} \quad (N \geq 5)$$

ここで、

ϕ : 内部摩擦角 (°)

以上のことから、内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$ となる。

ここでは、変形係数 E_s (kN/m²) を道路橋示方書で示されている下式より求めることとした。

$$E_s = 2800N$$

したがって、N 値 13 より変形係数 39200 kN/m² となる。

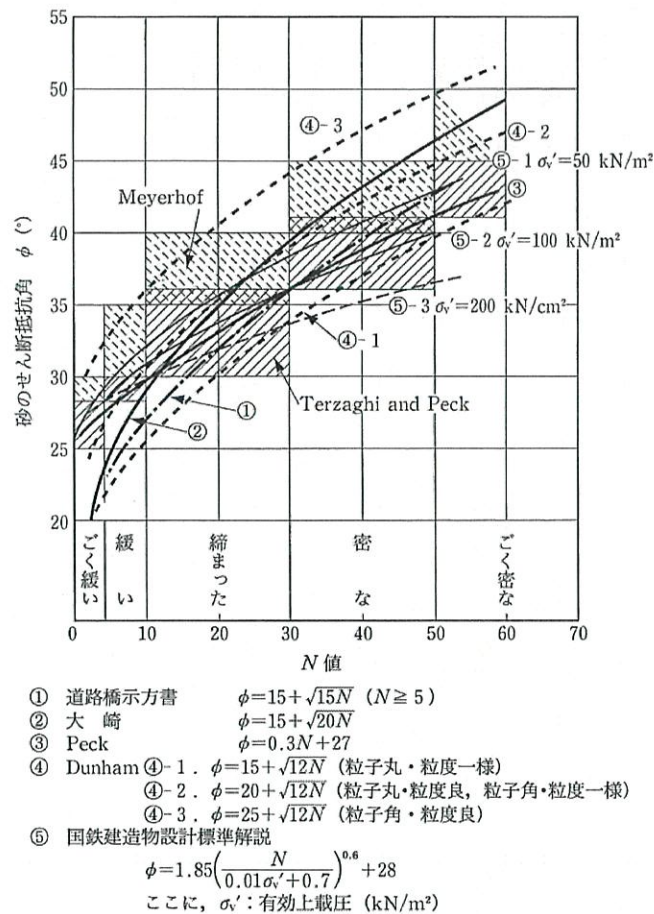


図 4.3.2-2 N 値と砂の剪断抵抗角の関係 (地盤工学会)

これに対して、緑色岩は、硬岩である。一般に、ダム基礎などにおいて、硬岩の岩盤等級と物理定数の範囲は、表 4.3.2-2 のような関係が示されている。

表 4.3.2-2 岩盤等級から予想される物理定数の範囲（菊池他(1984)）

岩盤等級	岩盤の変形係数 (kg/cm ²)	岩盤の静弾性係数 (kg/cm ²)	岩盤の粘着力 (kg/cm ²)	岩盤の内部摩擦角 (°)	岩盤の弾性波速度 (km/sec)	ロックテスト ハンマー反発度	孔内載荷試験による		引き抜き試験によるせん断強度 (kg/cm ²)
							変形係数 (kg/cm ²)	接線弾性係数 (kg/cm ²)	
A～B	50,000以上	80,000以上	40以上	55～65	3.7以上	36以上	50,000以上	100,000以上	20以上
CH	50,000～20,000	80,000～40,000	40～20	40～55	3.7～3	36～27	60,000～15,000	150,000～60,000	
CM	20,000～5,000	40,000～15,000	20～10	30～45	3～1.5	27～15	20,000～3,000	60,000～10,000	20～10
CL	5,000以下	15,000以下	10以下	15～38	1.5以下	15以下	6,000以下	15,000以下	10～5
D									5以下

この緑色岩の室内試験における変形係数は 5700MN/m^2 ($=58163\text{kgf/cm}^2$) となり、別業務によるシミットハンマー試験のハンマー反発度は CH 級で 36～41 程度である。これらのことは、比較的健全な岩盤である CH 級以上の岩盤では、表 4.3.2-2 と同じように、変形係数も高く反発度の高い岩盤となることを示している。すなわち、表 4.3.2-2 に示すように、CH 級の緑色岩の粘着力 c は、 $1.96\sim3.92\text{MN/m}^2$ ($=20\sim40\text{kgf/cm}^2$)、内部摩擦角 ϕ は $40\sim55^\circ$ といった範囲の値を示すと考えられる。

(3) 地盤評価

以上のことから、礫層（古期崖錐）、沖積層、緑色岩のそれぞれの内部摩擦角や粘着力などは表 4.3.2-3 に示すように設定することができる。

表 4.3.2-3 本調査地における設計上の物性値

		粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E_s (MN/m ²)
礫層（古期崖錐）		75～400 平均 200	24～37 平均：30	14.0～86.8 平均：39.2
沖積層		基本的に掘削除去となるので設定せず		
緑色岩	CH 級	1960～3920	40～55	1960～4900
	CM 級	980～1960	30～45	490～1960
	CL 級	～980	15～38	～490
	D 級	～980	15～38	～490

備考) 礫層 N=5～31 (深度 3m 以深) より、粘着力・内部摩擦角や変形係数を算出。緑色岩は、菊池他(1984)より単位換算。

4. 4. えん堤等地盤の透水性評価

当該地の最終処分場では、既に遮水工を設置することがきめられているので、透水性の検討をする必要はない。

なお、最終処分場の構造基準（一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号）、最終改正：平成二五年二月二一日環境省令第三号）では、第一条五イ「埋立地（地下の全面に厚さが五メートル以上であり、かつ、透水係数が毎秒百ナノメートル（岩盤にあっては、ルジオン値が一）以下である地層又はこれと同等以上の遮水の効力を有する地層（以下「不透水性地層」という。）があるものを除く。以下イにおいて同じ。）には、一般廃棄物の投入のための開口部及びニに規定する保有水等集排水設備の部分を除き、一般廃棄物の保有水及び雨水等（以下「保有水等」という。）の埋立地からの浸出を防止するため、次の要件を備えた遮水工又はこれと同等以上の遮水の効力を有する遮水工を設けること。ただし、埋立地の内部の側面又は底面のうち、その表面に不透水性地層がある部分については、この限りでない。」と規定されており、この規定に沿った遮水工が設置される予定であり、地盤の透水性は問題としない。

参考までに、「株式会社ミダック三嶽鉱山採石場跡地管理型最終処分場設置事業に係る生活環境影響調査（地質水理構造、ボーリング調査）、平成 22 年 5 月」では、当該地のルジオン試験や簡易的な回復型の透水試験を行っている。この結果は、図 4.4-1 に示されるように、換算ルジオン値 Lu' は、2.5～32.0 ($3.25 \times 10^{-7} \sim 4.16 \times 10^{-6} \text{m/sec}$) であり、回復時の透水係数は $10^{-8} \sim 10^{-6} \text{m/sec}$ である。このことは、部分的に構造基準の定める 100nm/sec 以下の不透水性地層があるものの、不透水性地層でない部分も多く見られることを示している。従って、計画通りの遮水工の設置を行えばよい。

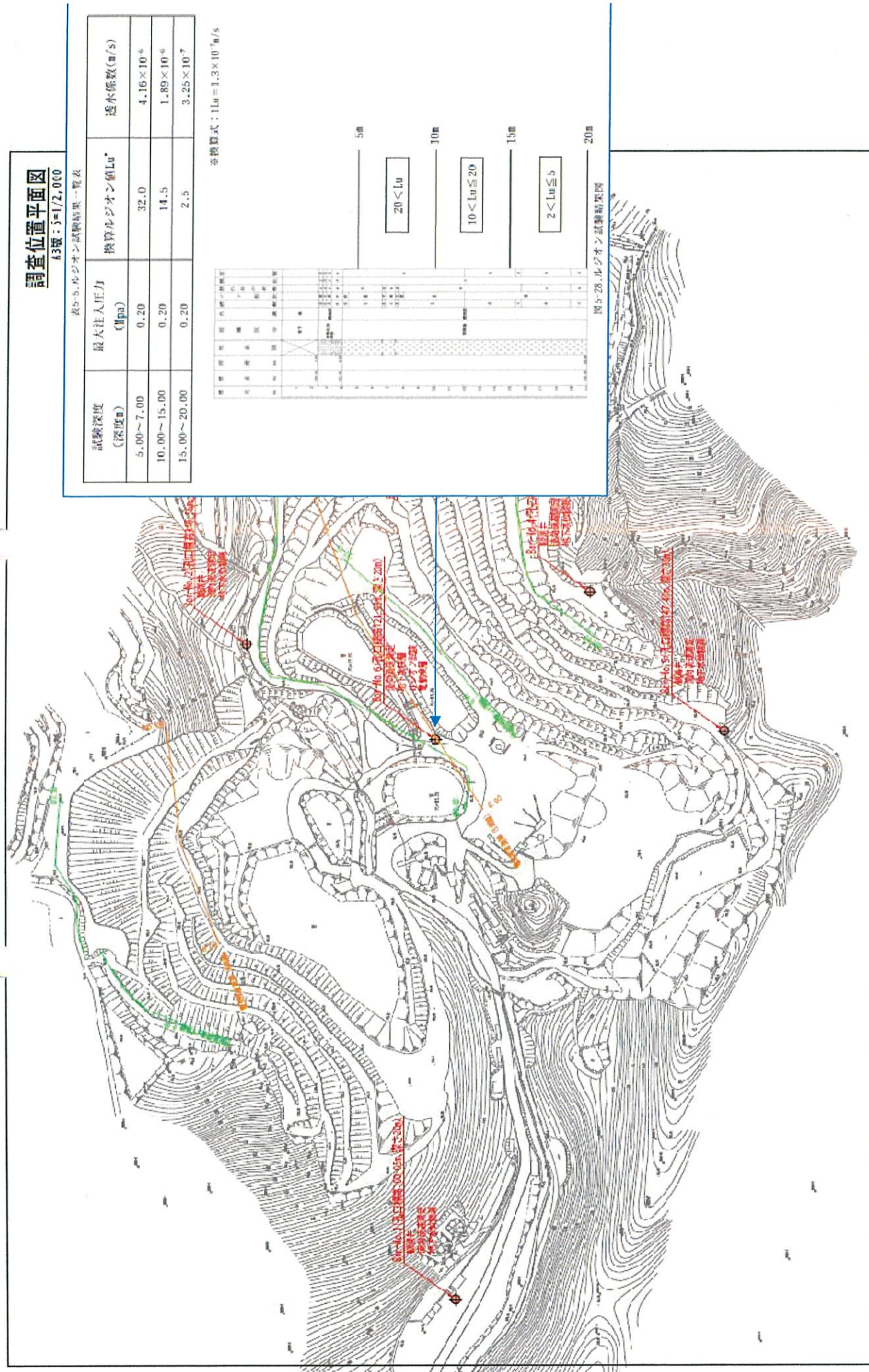


図4.4-1 ルジオン試験位置とその結果

(株式会社ミダック三嶽鉱山採石場跡地管理型最終処分場設置事業に係る生活環境影響調査(地質水理構造、ボーリング調査)、平成22年5月より)

4. 5. えん堤等建設の施工性評価

図 4.5-1 および図 4.5-2 に施工性に係る指標を示す。緑色岩（原岩は玄武岩）の弾性波速度から当該地における処分場建設の施工性を評価することとした。また、礫岩や砂岩で 1km/sec 以下になったものは、風化して礫層や砂層と同様な固結度にまつたものと考えられるので、古期崖錐や沖積層といった堆積層は、この礫岩や砂岩の値を基に施工性を評価する。なお、より一般的には、図 4.5-3 に示すようなリップビリティガイド値が提案されているので、それも参考とした。

DH 級以下の緑色岩や礫層などの堆積層（弾性波速度 750m/sec 未満）についてはブルドーザでも掘削可能である（リッピング不要）。一方、CL 級の緑色岩や堆積層（750～1500m/sec）の弾性波速度はブルドーザの作業可能限界以上の速度となるためリッパが適切であると考えられる。CM 級以上の緑色岩については大型のリッパでの掘削を要し、CH 級緑色岩（2500m/sec 以上）の場合は発破掘削が必要となろう。

これらの結果から、図 4.5-4～図 4.5-6 に各 Line 断面の施工性の概略図を示す。なお、これらのことを考慮して、施工性とコストを検討し、より効率の良い施工を検討する必要があり、本サイトではリッパや発破掘削することなく工事を行えばよいと考えられる。

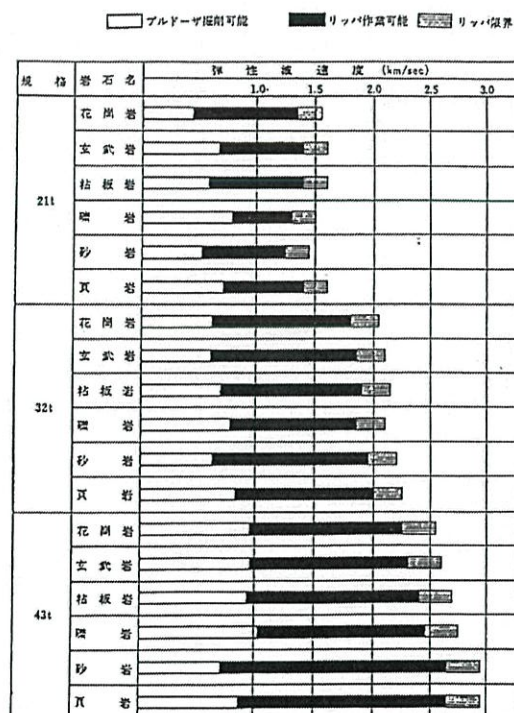


図 4.5-1 弾性波速度とブルドーザ規格によるリッパ作業可能範囲（道路土工－施工指針）

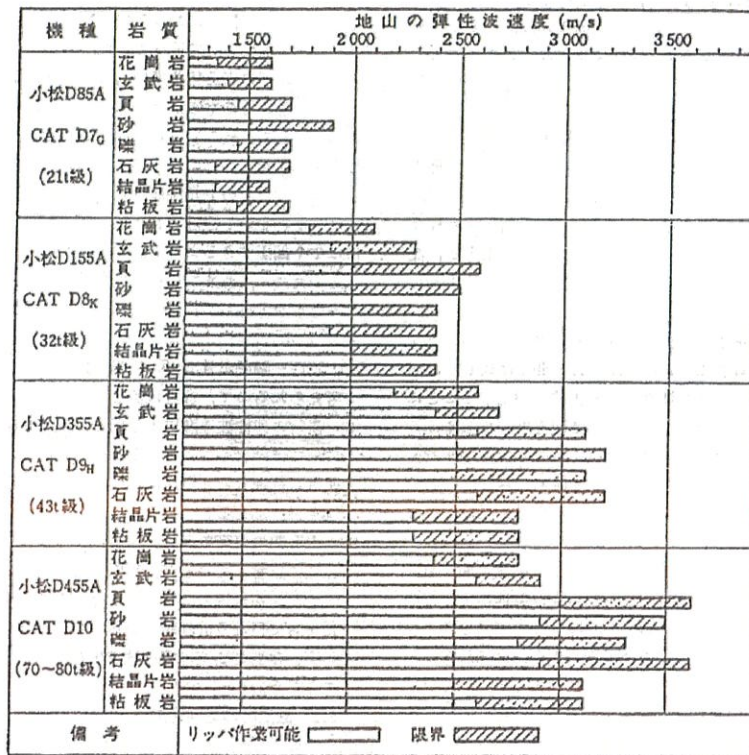


図 4.5-2 地山の弾性波速度とリップ作業可能限界 (安達, 1984)

弾性波速度 (地山) 機種 (リッパ)	V_f (m/sec)					
	500	1000	1500	2000	2500	
中型トラクターリッパ 27 ton~45 ton 級 (200 hp~ 300 hp)	リップ 不要	容 易	普 通	困 難	極困難 または 発破	発破掘削
大型トラクターリッパ 45 ton~72 ton 級 (300 hp~ 525 hp)	リップ 不要	容 易		普 通	困 難	極困難 または 発破掘削

図 4.5-3 リッパビリティガイド値 (小島・中尾, 1995)

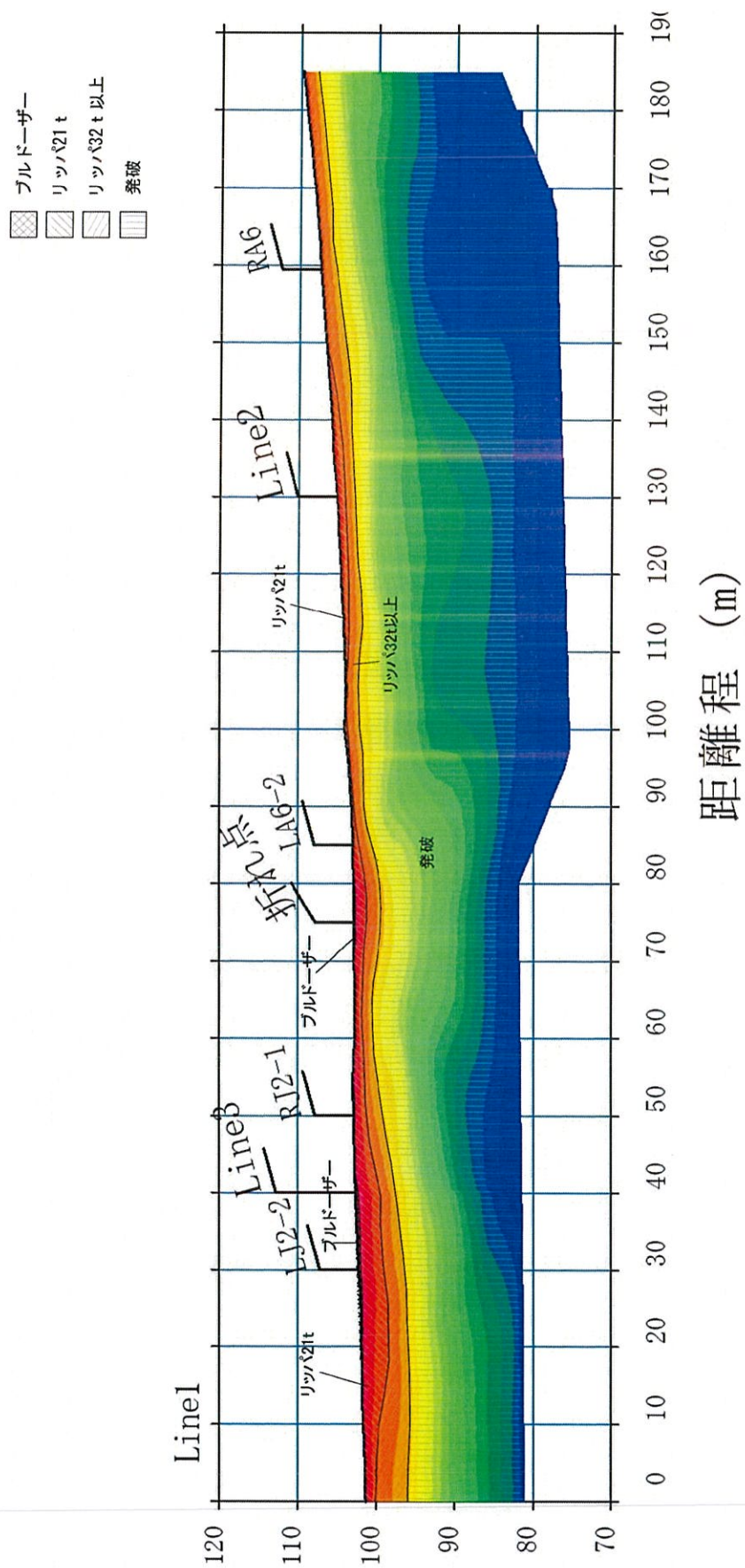


図 4.5-3 Line1 断面の施工性評価図

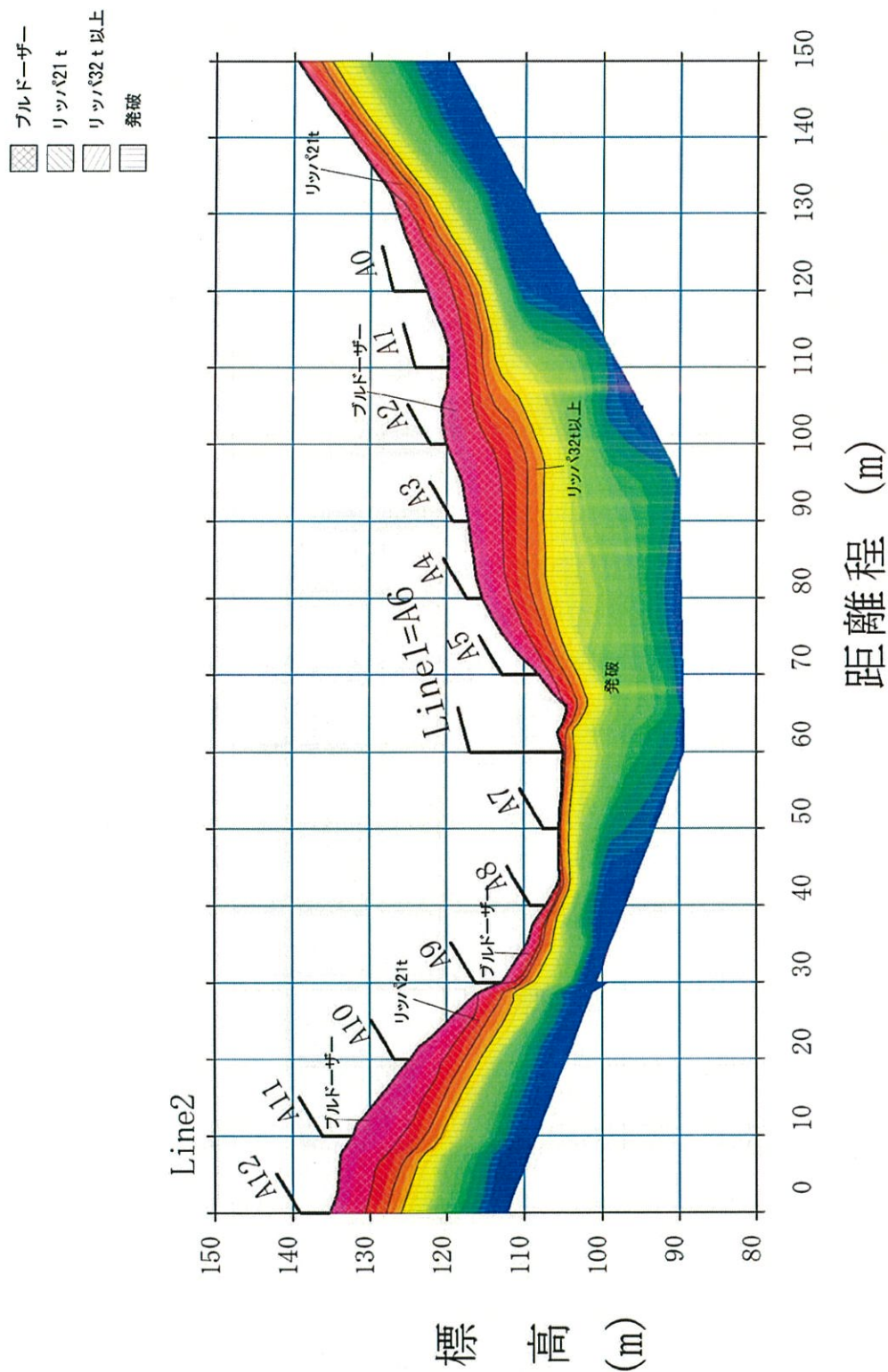


図 4.5-4 Line2 断面の施工性評価図

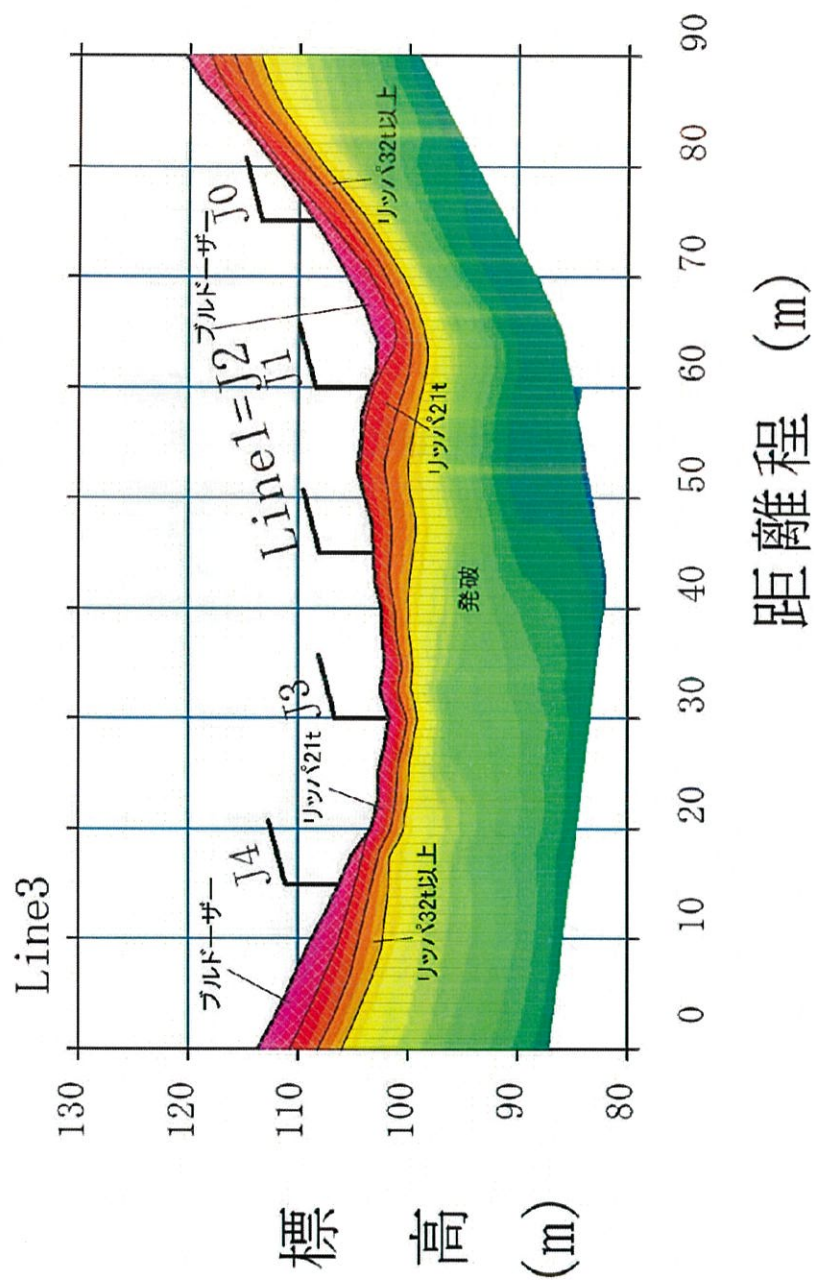
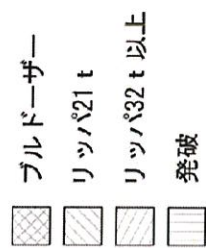


図 4.5-5 Line3 断面の施工性評価図

5. まとめ

当該地は、緑色岩主体の硬岩分布域である。えん堤等設置予定の左岸側に古期崖錐が堆積するが、その古期崖錐も概ね N 値 10 以上の強度を持つ礫質土であり、基礎襖畔として利用できる。

それぞれの地質の物性値は、表 5-1 のように設定できる。

表 5-1 本調査地における各地質の物性値

		弾性波速度 V_{fp} (km/sec)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E_s (MN/m ²)
礫層（古期崖錐）		～1000 平均：－	75～400 平均 200	24～37 平均：30	14.0～86.8 平均：39.2
沖積層		基本的に掘削除去となるので設定せず			
緑色岩	CH 級	2500～	1960～3920	40～55	1960～4900
	CM 級	1500～2500	980～1960	30～45	490～1960
	CL 級	750～1500	～980	15～38	～490
	D 級	～750	～980	15～38	～490

一方で、緑色岩は割れ目系も多く分布し、透水性は比較的高い。したがって、遮水工の設置が必要である。

施工性では、D 級緑色岩や礫層はブルドーザで掘削可能であるが、CL～CM 級の緑色岩や一部の礫層はブルドーザでは掘削困難でリッパの使用が求められる。また、CH 級については発破掘削が妥当と考えられるが、構造物の性状から考え、リッパや発破掘削を行う必要はほとんどないと判断できる。