

5. 調査総合解析

5-1. 調査のながれ

5-1-1. 調査の目的

本調査の目的は、奈良市新斎苑建設予定地内において、弾性波探査及び比抵抗法２次元探査により断層の分布の有無を確認し、断層が存在した場合にはボーリング調査により断層の規模等を把握し、施設設計の際の基礎資料とすることを目的とする。

5-1-2. 調査測線

今回調査は３測線で実施する。各測線の目的及び内容を表 5-1-1 に示す。

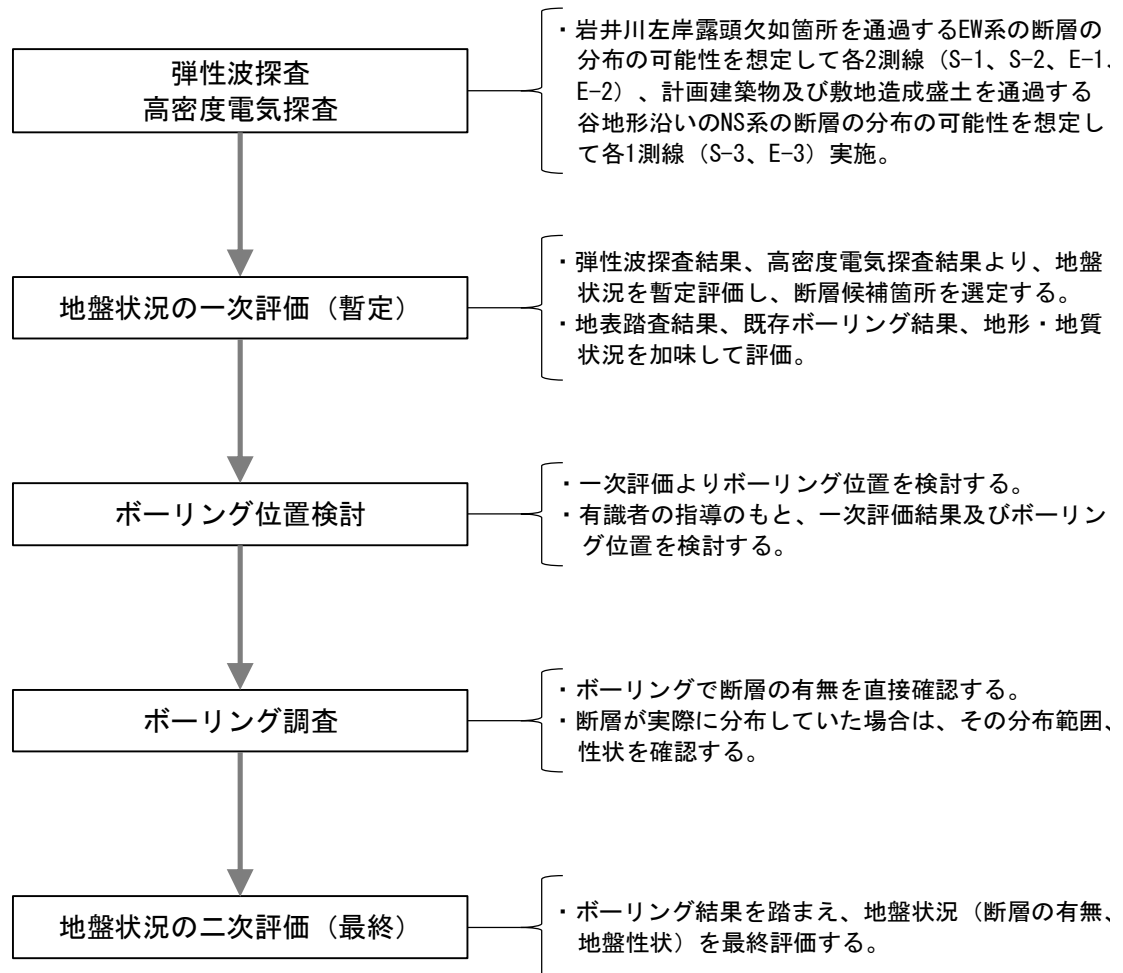
各測線の弾性波探査、高密度電気探査、ボーリング調査は同一測線上で実施するものであり、測線名の番号が同じものは同一測線上に位置する。

表 5-1-1. 調査測線一覧

調査目的	測線名			延長
	弾性波探査	高密度電気探査	地質解析 (ボーリング)	
EW系（東西方向）断層の有無・分布性状確認	S-1	E-1	B-1	210 m
	S-2	E-2	B-2	195 m
NS系（南北方向）断層の有無・分布性状確認	S-3	E-3	B-3	270 m

5-1-3. 調査のながれ

今回調査のながれを図 5-1-1 に示す。



※ここでの「断層」とは、計画建築物、敷地造成盛土の設計施工上問題となるような大規模な断層（幅数m以上）のことを指す。

図 5-1-1. 調査のながれ

5-2. 弾性波探査結果・高密度電気探査結果

弾性波探査、高密度電気探査の解析結果を図 5-2-1～図 5-2-3 に示す。

なお、弾性波探査及び高密度電気探査結果の詳細は、調査結果の章（4-1 章弾性波探査及び 4-2 章高密度電気探査（比抵抗法 2 次元探査））を参照のこと。

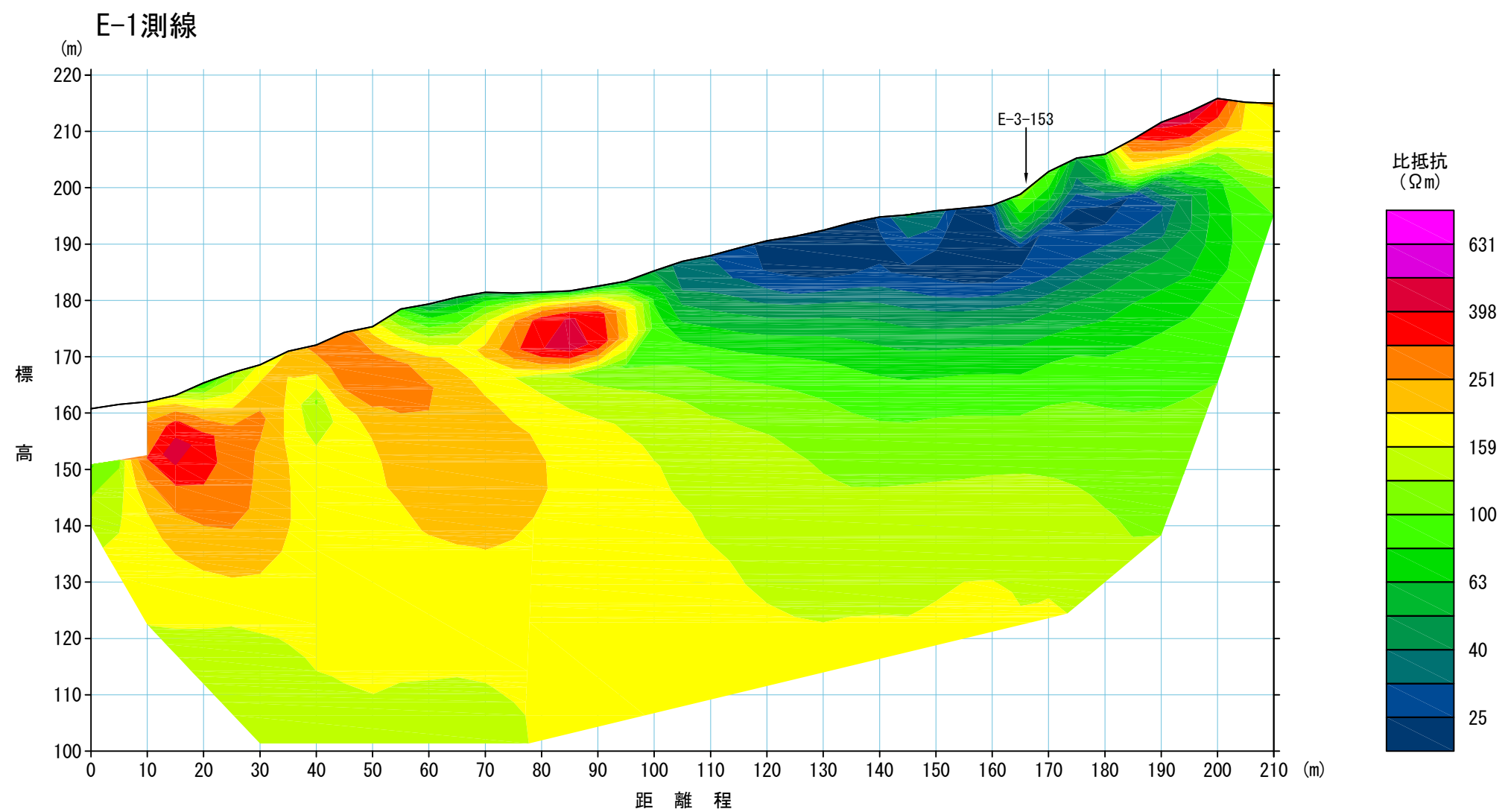
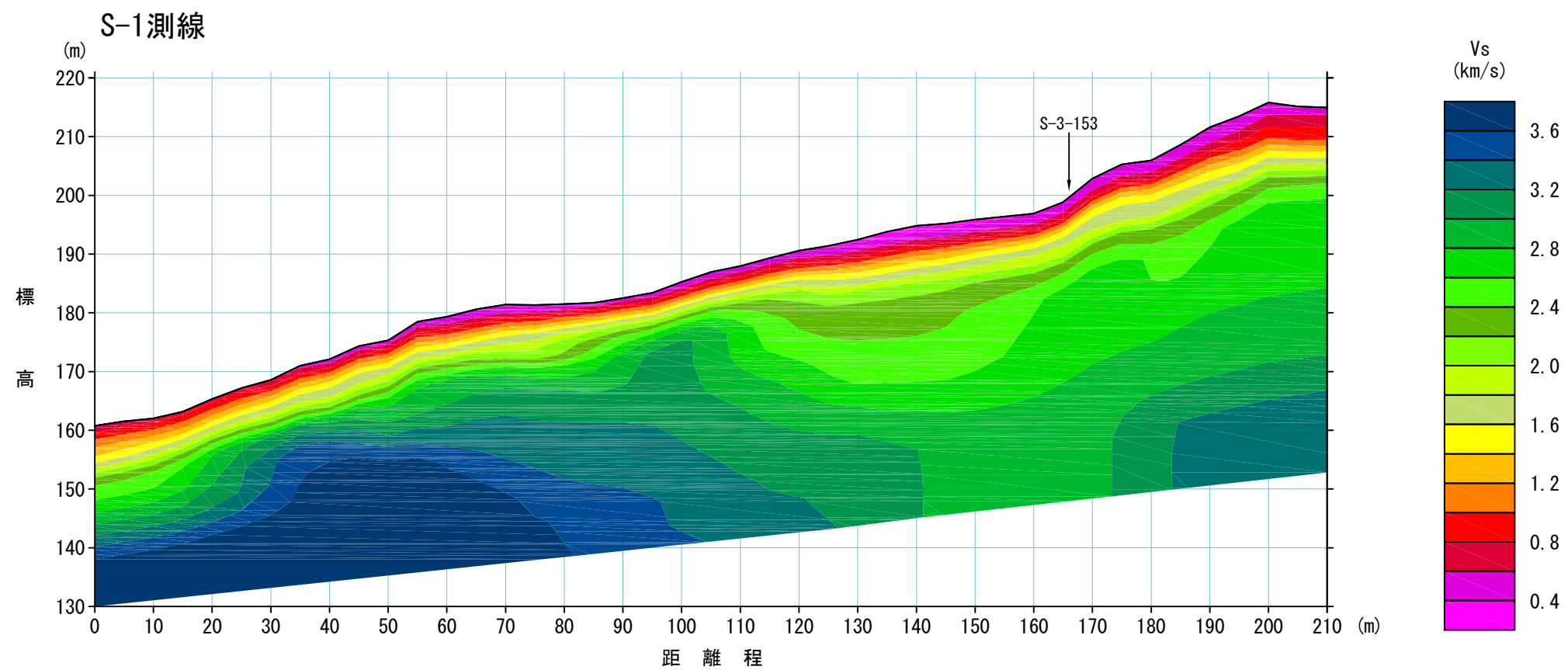


図5-2-1. 速度断面図・比抵抗断面図 (S=1:1,000)

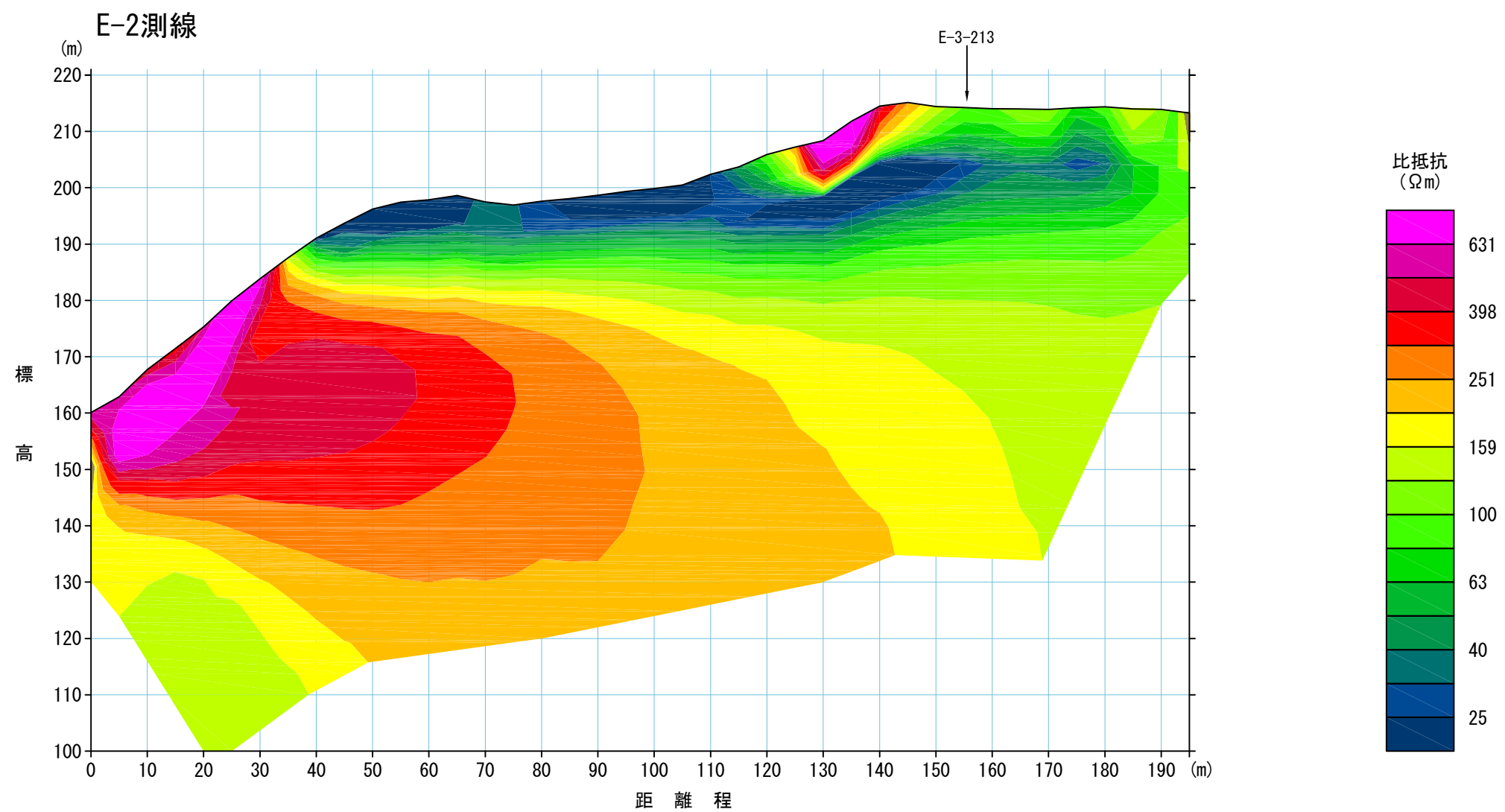
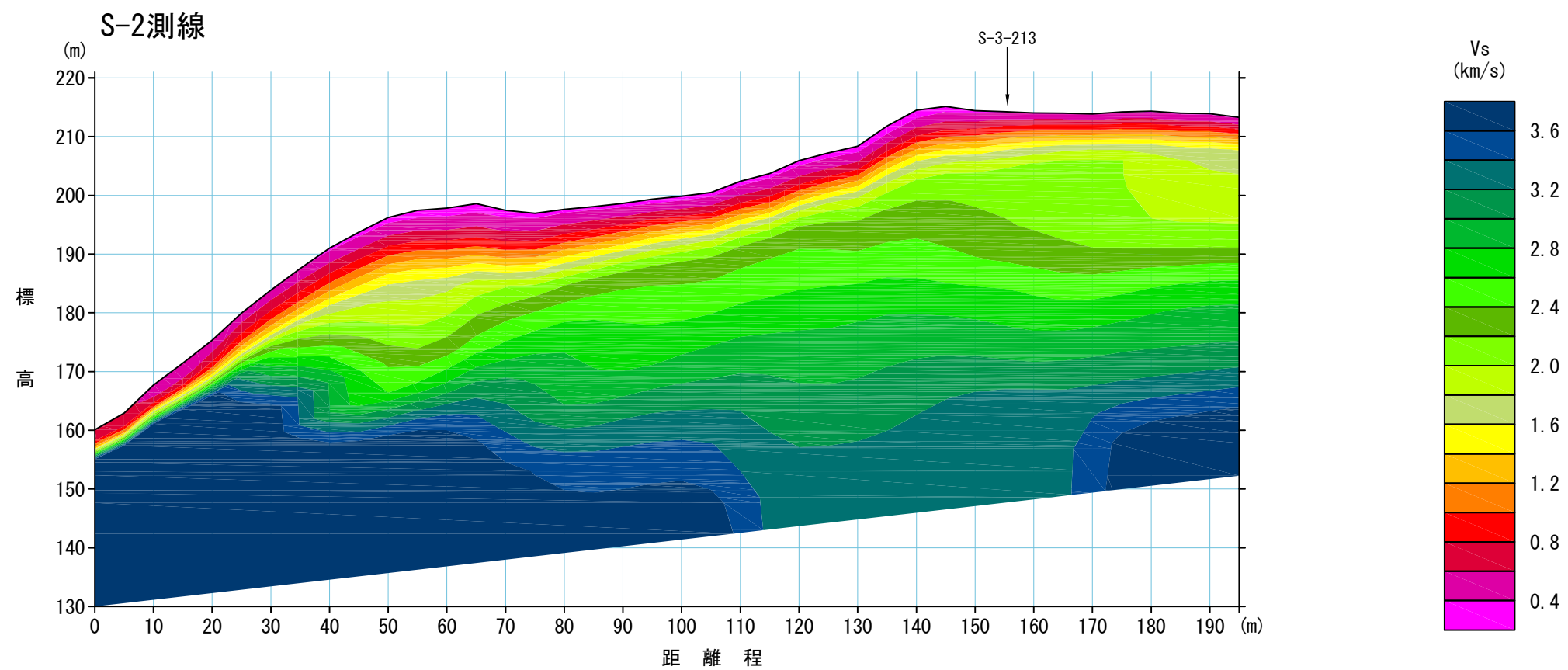


図5-2-2. 速度断面図・比抵抗断面図 (S=1:1,000)

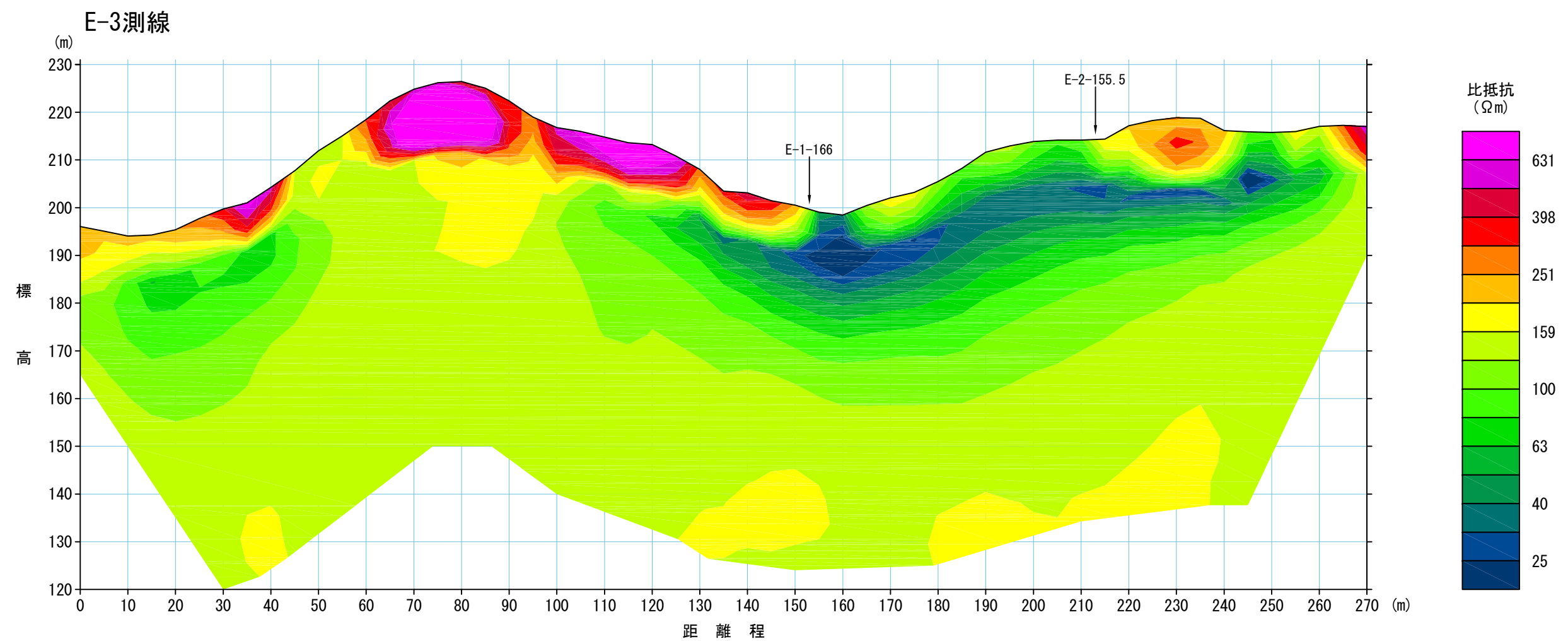
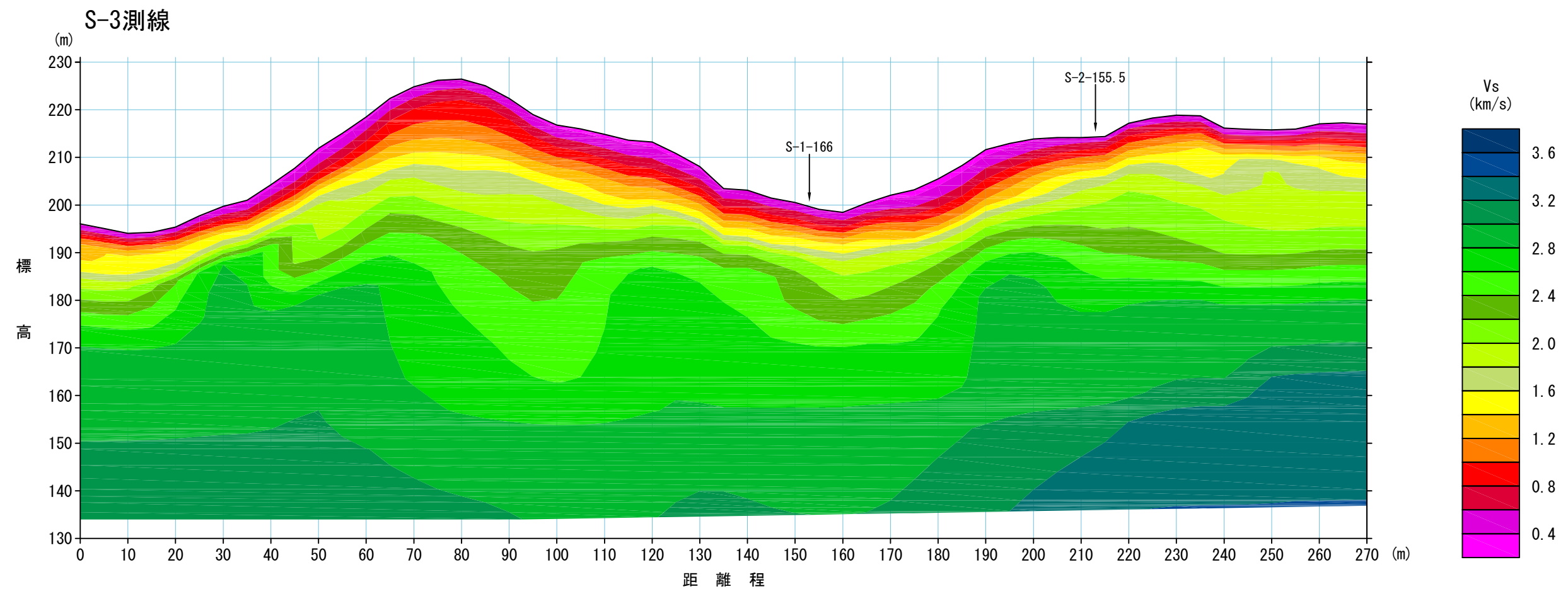


図5-2-3. 速度断面図・比抵抗断面図 (S=1:1,000)

5-3. 地盤状況の一次評価（暫定）

ここでは、地盤の一次評価として、弾性波探査結果、高密度電気探査結果の地質的解釈を行う。ここでの評価は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価であり、最終的にはボーリング調査結果と合わせた二次評価により地盤を評価する。

各測線の地盤の一次評価結果を図 5-3-1～図 5-3-3 に示す。

同図より、本調査地で断層が分布している可能性がある領域として、低速度帯 A、低速度帯 B、低速度帯 C の 3 つの候補が確認された。各低速度帯の分布位置を図 5-3-4 に示す。表 5-3-1 に一次評価時点での各低速度帯の評価を示す。

表 5-3-1. 低速度帯一覧（一次評価）

	側線	分布状況	一次評価
低速度帯A	S-1 E-1	- 測点140～170m付近の低速度領域の落ち込み - ハギトリ法での測点120～140mの低速度帯 - 比抵抗分布の地山深部のギャップ	下記2ケースが考えられる。 CASE-1 : 断層等（破碎帯，亀裂帯） CASE-2 : FscとRgの不整合等地質境界
	S-2 E-2	- 測点120～160m付近の低速度領域の落ち込み - ハギトリ法での測点110～130mの低速度帯 - 比抵抗分布の地山深部のギャップ	
低速度帯B	S-3 E-3	- 測点150～160m付近の低速度領域の落ち込み（不明瞭） - ハギトリ法での測点140～185mの低速度帯 - 測点160m付近の低比抵抗ゾーン	断層等（破碎帯，亀裂帯）の可能性が考えられる。（多亀裂高含水？）
低速度帯C	S-3 E-3	- 測点80～110m付近の低速度領域の落ち込み（不明瞭） - ハギトリ法での測点70～80mの低速度帯 - 測点860m付近の高比抵抗ゾーン	断層等（破碎帯，亀裂帯）の可能性が考えられる。（多亀裂低含水？）

※ここでの「断層」とは、計画建築物、敷地造成盛土の設計施工上問題となるような大規模な断層（幅数m以上）のことを指す。

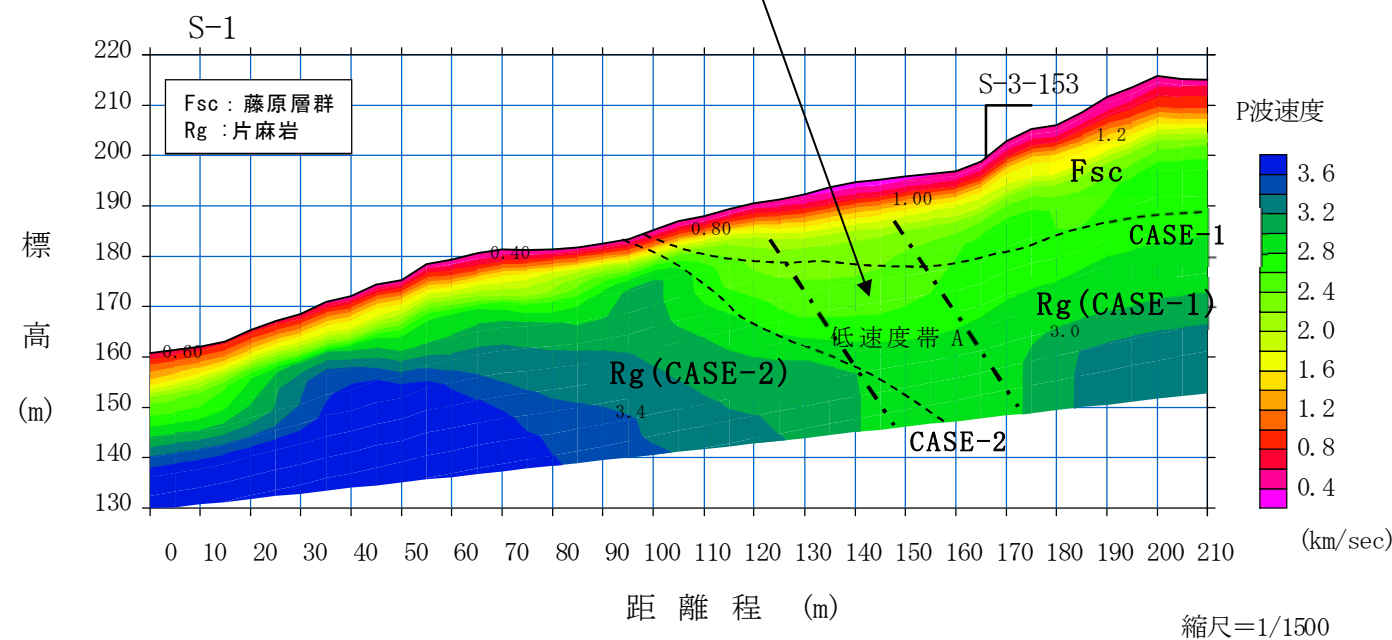
低速度帯 A、低速度帯 B については、計画施設の建築物、敷地造成盛土に分布範囲がかかるため、ボーリング調査によりその性状を把握する必要があるが、

低速度帯 C については道路部に位置し、計画施設の建築物、敷地造成盛土にはかからないため、ボーリング調査は実施しない。

なお、道路設計においては、通常断層調査は行わないが、今回の調査資料をもとに、地質が周辺より軟質である可能性があることを設計時に基礎資料として反映する。施工時には掘削時に切土地山の状態を確認し、法面設計の最終確認を行う。

S-1 測線・E-1 測線

弾性波探査 S-1 測線



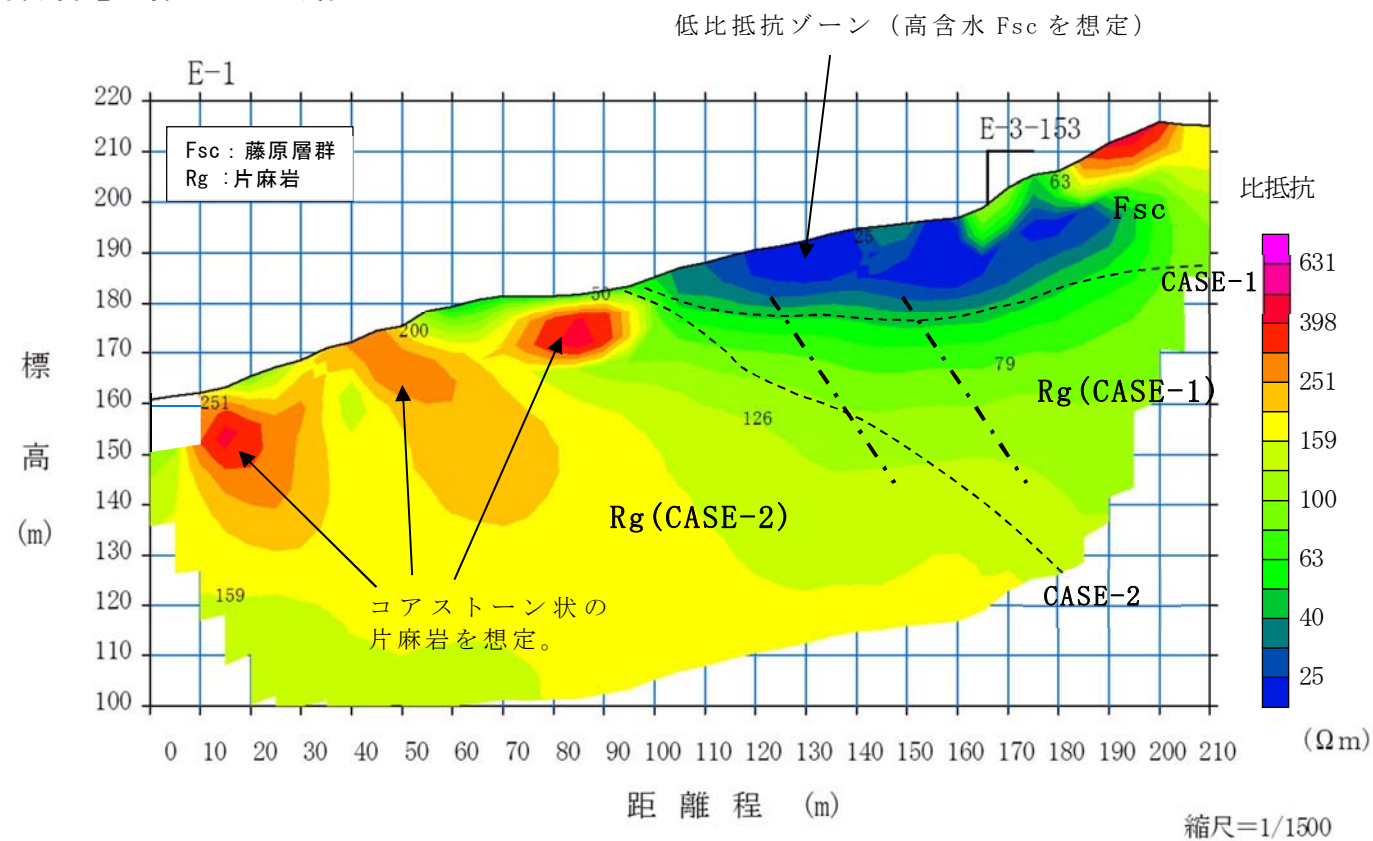
S-1 測線 トモグラフィー解析断面図

※Fsc と Rg の境界は、p 55 に示す様に 2 ケース考えられる。

CASE-1: 地質境界が浅い

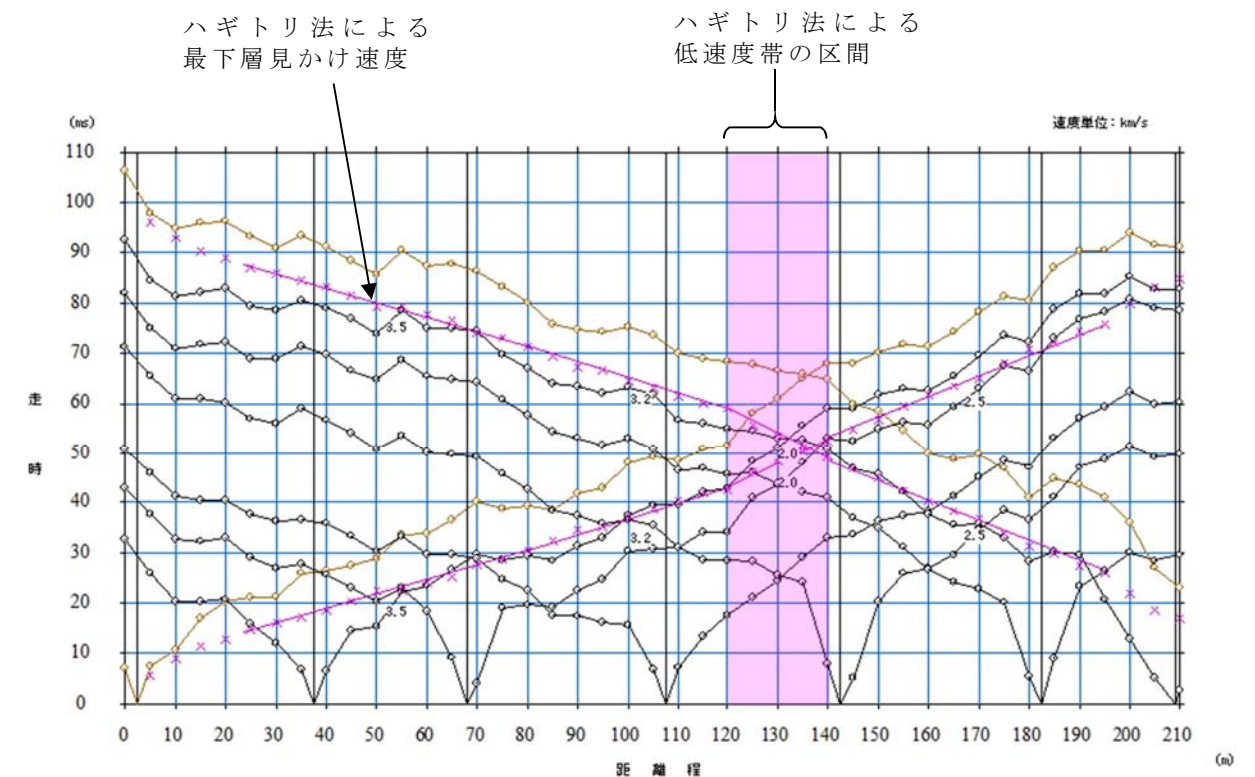
CASE-2: 地質境界が深い

高密度電気探査 E-1 測線



E-1 測線 比抵抗法二次元解析断面図

注意: ここでの評価は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価である。



S-1 測線 走時曲線図

【地盤状況の一次評価】

①弾性波探査

トモグラフィー解析において、速度値が凹状 (下側に凸) を呈する箇所を確認。基盤部 (Rg (領家片麻岩) 分布域) において 20m 程度の幅、山側 60° 程度の傾斜で分布すると想定。ハギトリ法でも対比可能な低速度帯を確認している (複数の手法で確認されており確度高い)。この低速度帯 A は、周辺より地質は軟質になっていると推定される。

②高密度電気探査

測点 10~100m 付近の地上付近に高比抵抗を呈する箇所が円状に見られる。これらの円状の比抵抗分布形状は片麻岩のコアストーン (河岸の片麻岩露頭に、ブロック化している箇所が多い) である可能性が考えられる。

測点 100~190m 付近の地上付近には低比抵抗ゾーンが見られる。この低比抵抗ゾーンは含水が多い区間と考えられ、地層は Fsc 層 (中新世: 藤原層群) の礫岩~砂岩の分布域と想定する (下部に難透水層 (シルト岩もしくは片麻岩) が分布する)。

③一次評価

弾性波探査と電気探査結果より確認された低速度帯 A は、S-2 の低速度帯箇所まで連続していると判断される。この低速度帯 A は、CASE-1: 断層等 (破碎帯、亀裂帯) もしくは CASE-2: 不整合等の地層境界 (Fsc と Rg の境界付近で軟質になる: E-2 測線探査結果より可能性を想定) と想定される (次頁参照)。

図 5-3-1(1). 地盤状況一次評価結果 (S-1 測線, E-1 測線)

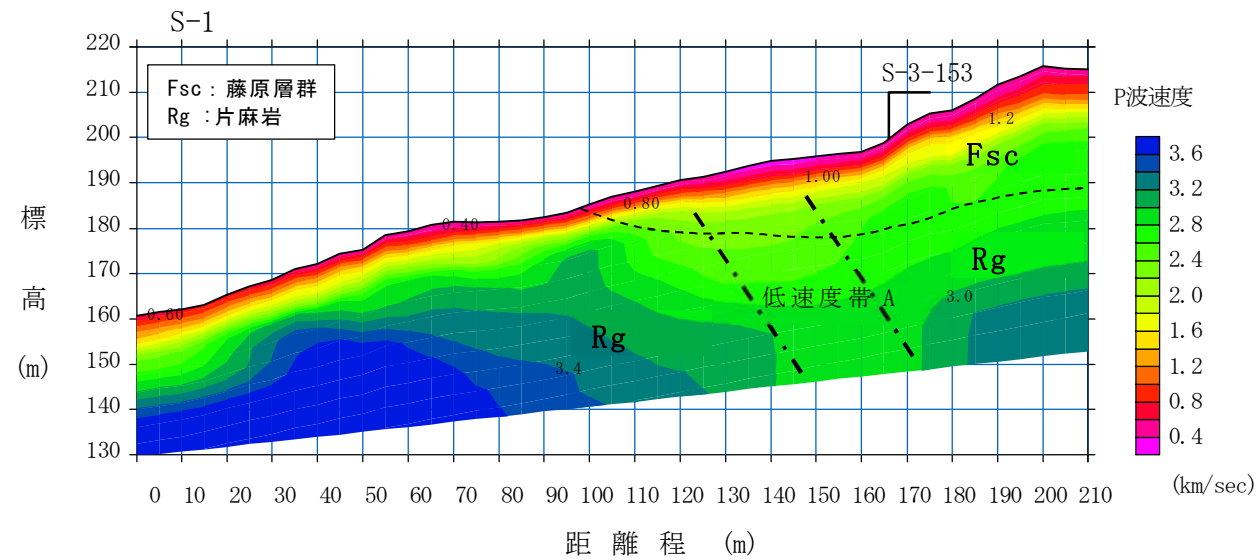
S-1 測線・E-1 測線

注意：ここでの評価は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価である。

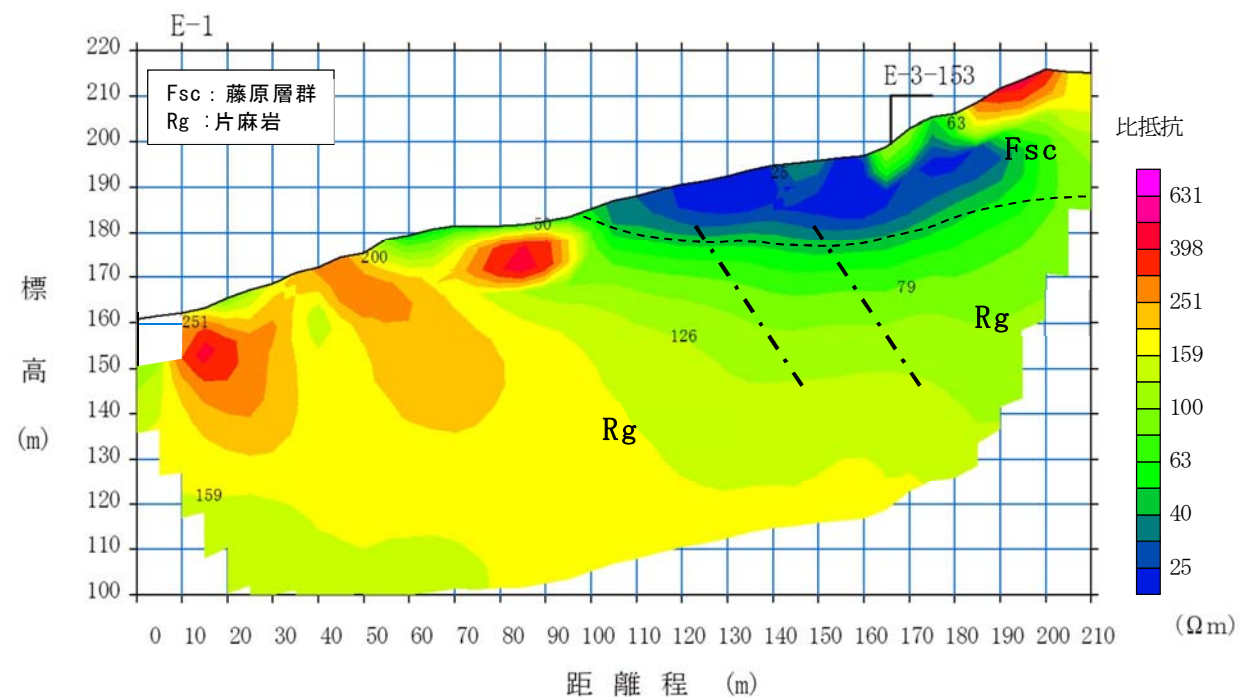
S-1 測線、E-1 測線の解析結果は、下記 2 ケースの地質的解釈が可能である。

CASE-1

ある程度の幅のある断層（幅数m以上）が分布し、破碎帯や亀裂帯が低速度帯として検出された場合



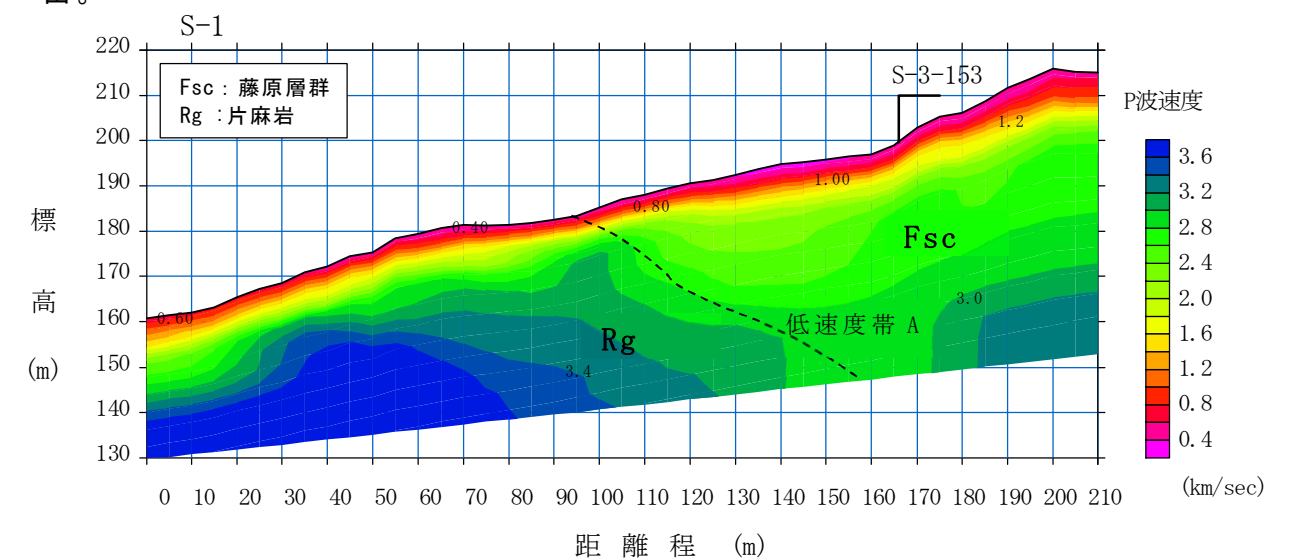
S-1 測線 トモグラフィ解析断面図



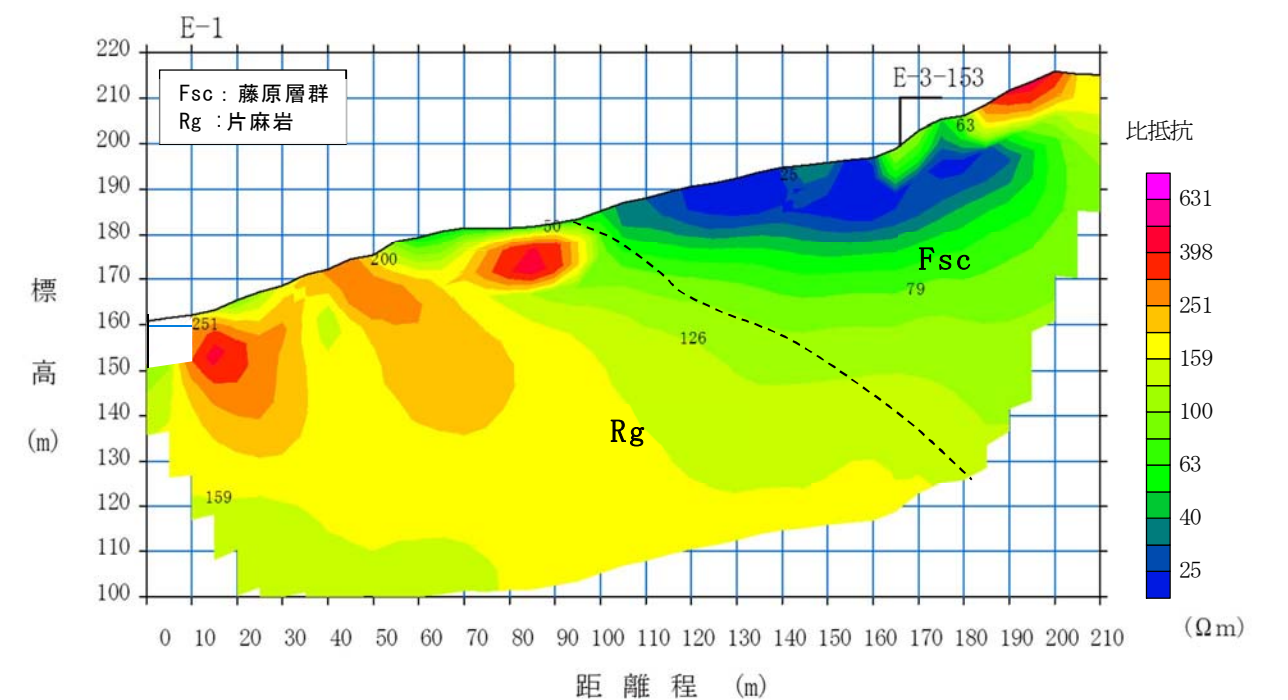
E-1 測線 比抵抗法二次元解析断面図

CASE-2

Rg と Fsc が不整合等の傾斜した地層境界で接して分布している場合。Rg と Fsc は物性（Vp、比抵抗）が大きく異なるため、傾斜した地層境界を低速度帯として検出。



S-1 測線 トモグラフィ解析断面図

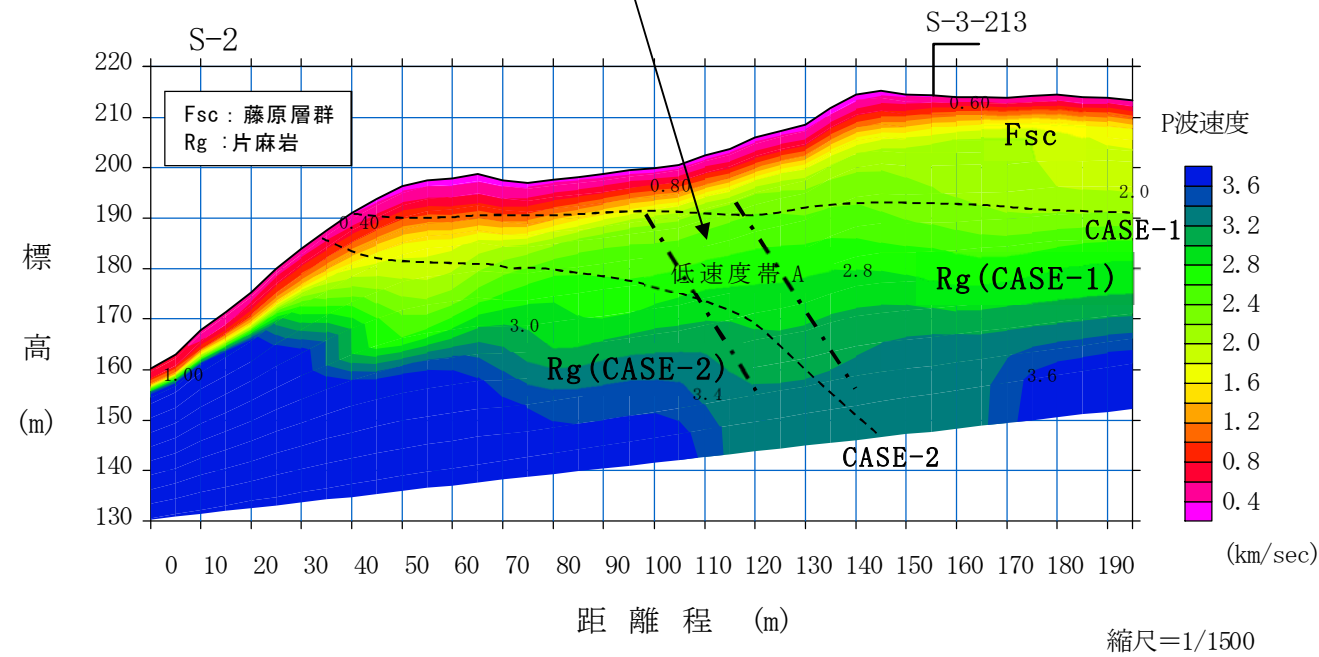


E-1 測線 比抵抗法二次元解析断面図

図 5-3-1 (2). 地盤状況一次評価結果 (S-1 測線, E-1 測線)

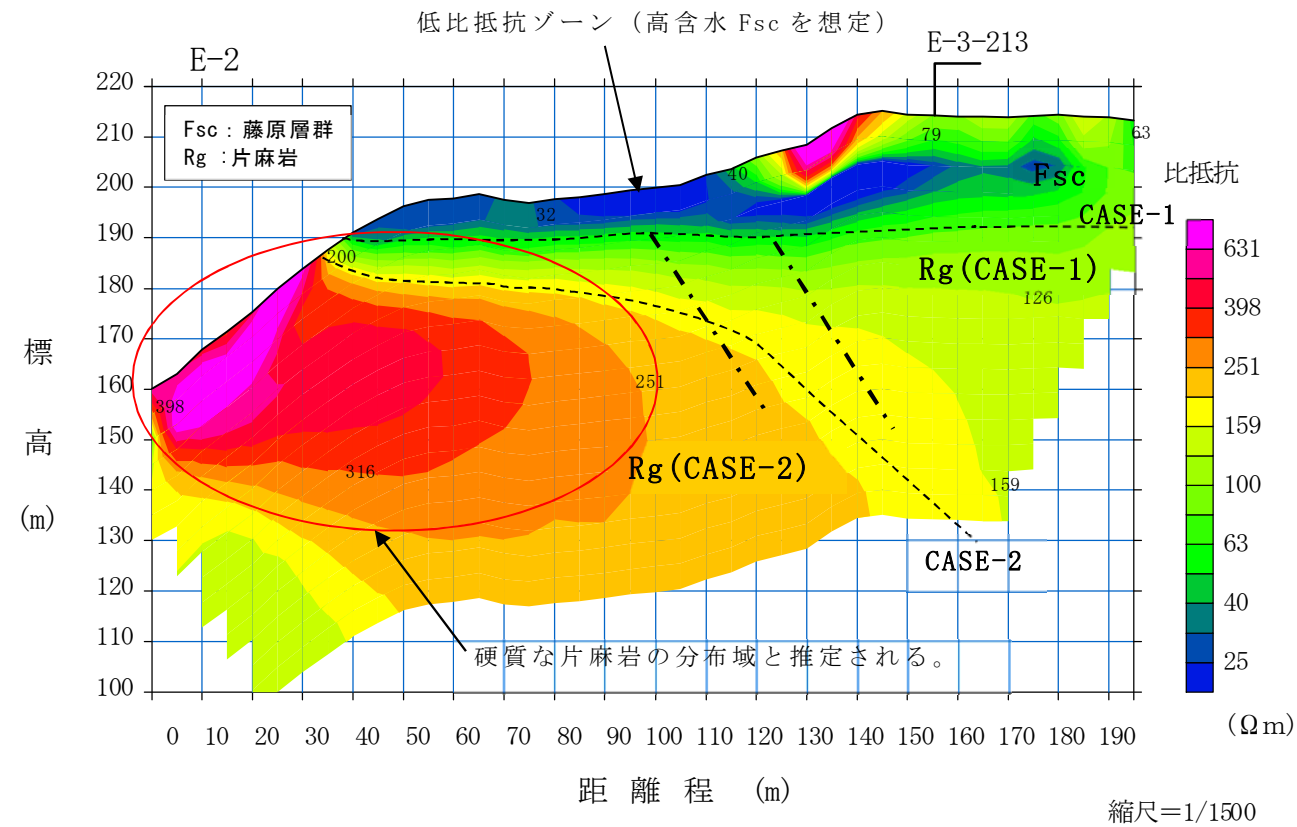
S-2 測線・E-2 測線

弾性波探査 S-2 測線



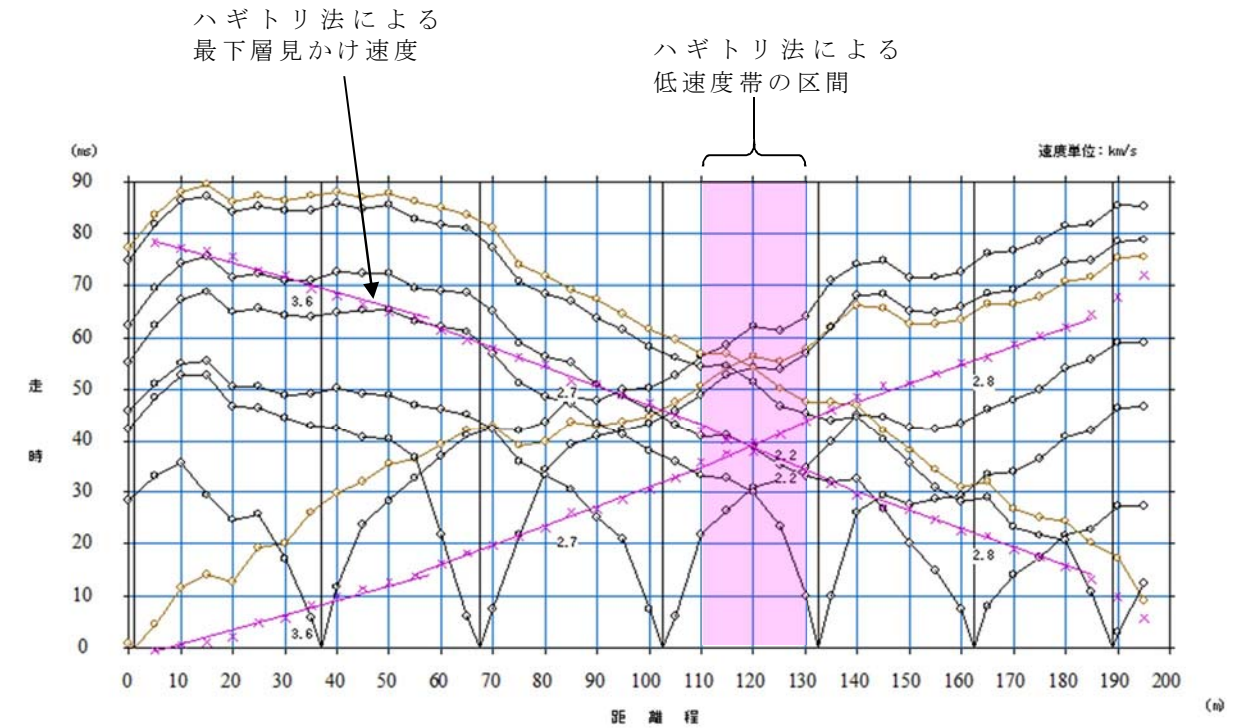
S-2 測線 トモグラフィ解析断面図

高密度電気探査 E-2 測線



E-2 測線 比抵抗法二次元解析断面図

注意：ここでの評価は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価である。



S-2 測線 走時曲線図

※Fsc と Rg の境界は、p 57 に示す様に 2 ケース考えられる。
CASE-1: 地質境界が浅い
CASE-2: 地質境界が深い

【地盤状況の一次評価】

①弾性波探査

トモグラフィ解析において、S-1 測線と同様に速度値が凹状 (下側に凸) を呈する箇所を確認。基盤部 (Rg (領家片麻岩) 分布域) において 20m 程度の幅、山側 60° 程度の傾斜で分布すると想定。ハギトリ法でも対比可能な低速度帯を確認している (複数の手法で確認されており確度高い)。この低速度帯 A は、周辺より地質は軟質になっていると推定される。

②高密度電気探査

測点 0~100m 付近に高比抵抗を呈する箇所が大きな円状に見られる (左図赤丸範囲)。この高比抵抗範囲は硬質な片麻岩の分布範囲である可能性が考えられる。

測点 40m 付近より終点側の地上付近には、E-1 測線と同様に低比抵抗ゾーンが分布する。この低比抵抗ゾーンは含水が多い領域と考えられ、地層は E-1 測線と同様に Fsc (中新世: 藤原層群) の礫岩~砂岩の分布域と想定する (下部に難透水層が分布する)。

③一次評価

弾性波探査と電気探査結果より確認された低速度帯 A は、S-1 の低速度帯箇所まで連続していると判断される。この低速度帯 A は、CASE-1: 断層等 (破碎帯、亀裂帯) もしくは CASE-2: 不整合等の地層境界 (Fsc と Rg の境界付近で軟質になる) と想定される (次頁参照)。

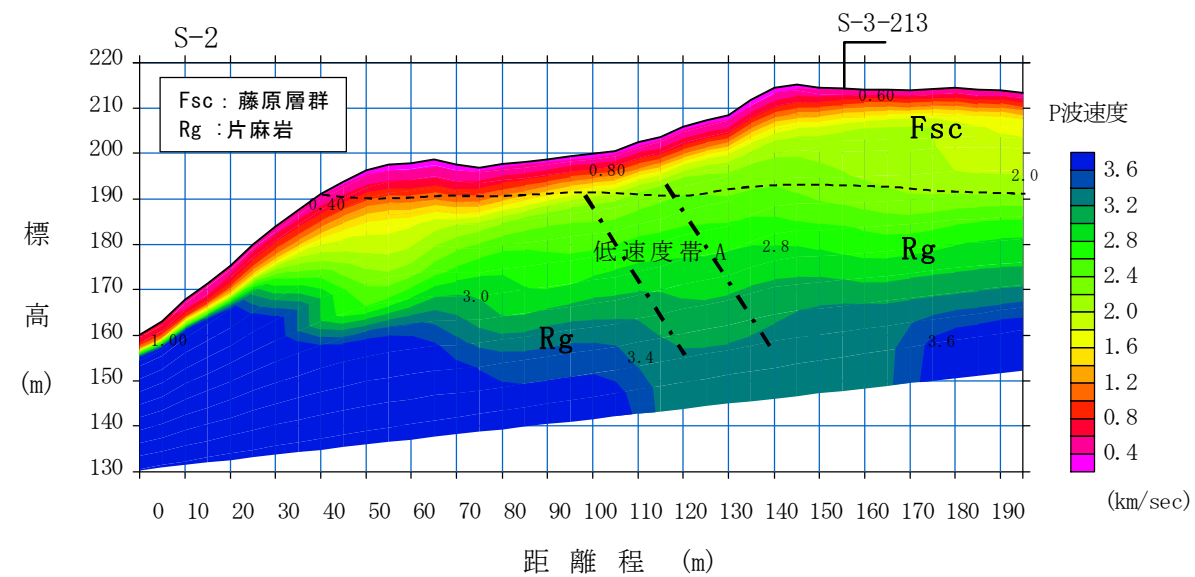
図 5-3-2 (1). 地盤状況一次評価結果 (S-2 測線, E-2 測線)

S-2 測線・E-2 測線

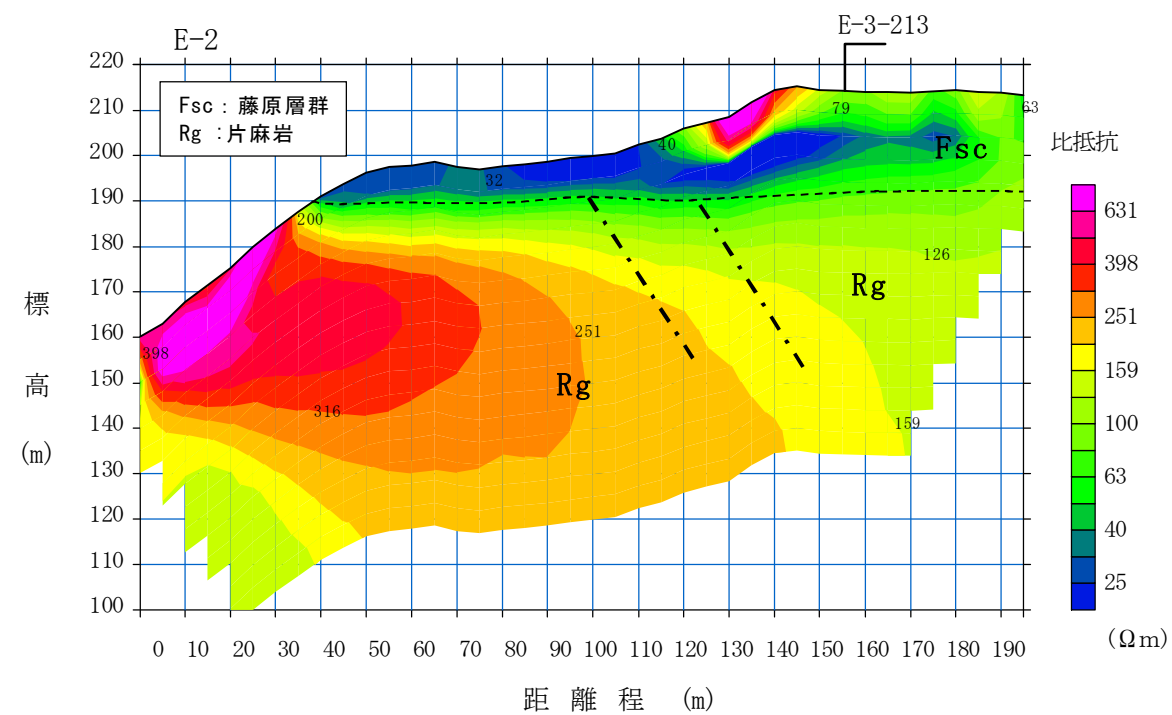
S-2 測線、E-2 測線の解析結果は、下記 2 ケースの解釈が可能である。

CASE-1

ある程度の幅のある断層（幅数m以上）が分布し、破碎帯や亀裂帯が低速度帯として検出された場合



S-2 測線 トモグラフィー解析断面図

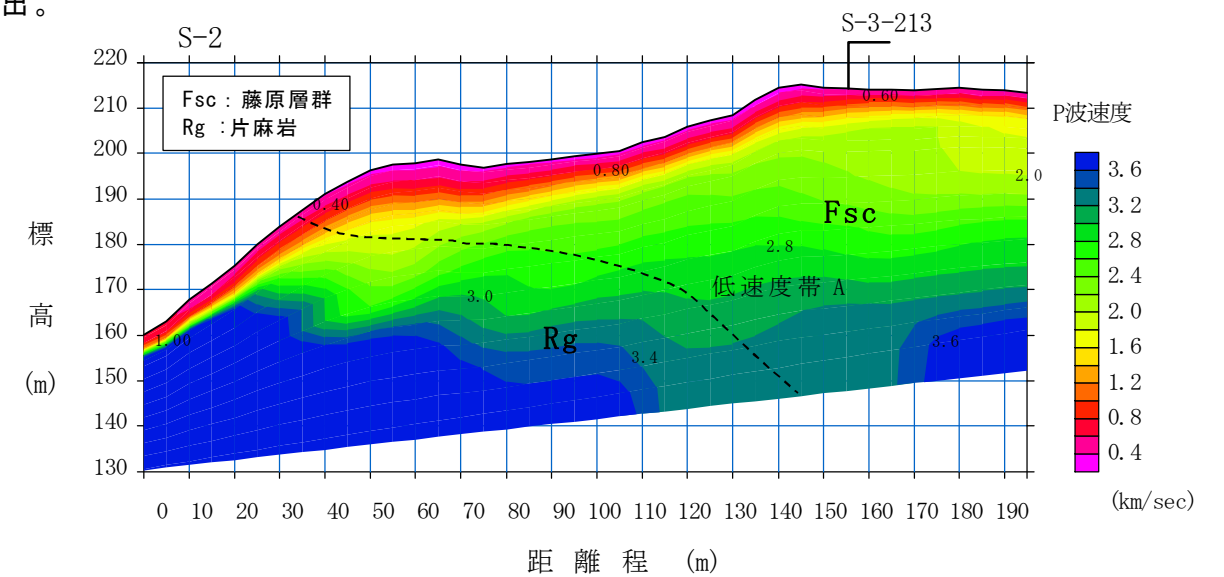


E-2 測線 比抵抗法二次元解析断面図

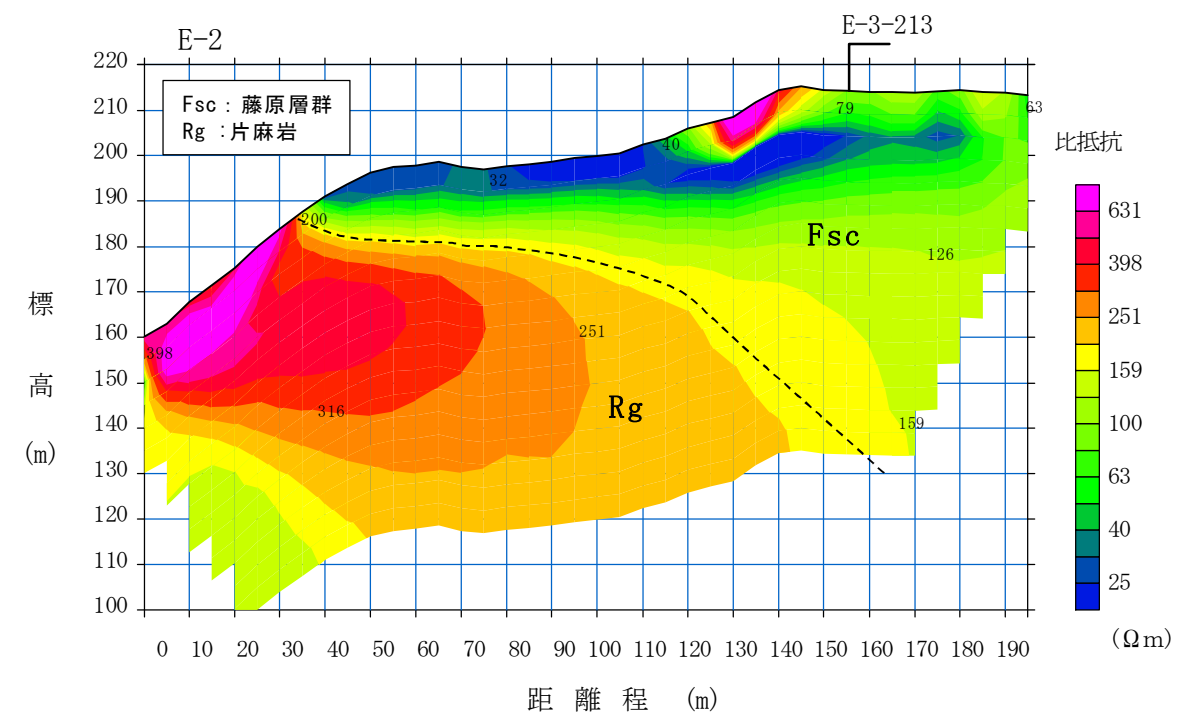
注意：ここでの評価は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価である。

CASE-2

Rg と Fsc が不整合等の傾斜した地層境界で接して分布している場合。Rg と Fsc は物性（Vp、比抵抗）が大きく異なるため、傾斜した地層境界を低速度帯として検出。



S-2 測線 トモグラフィー解析断面図

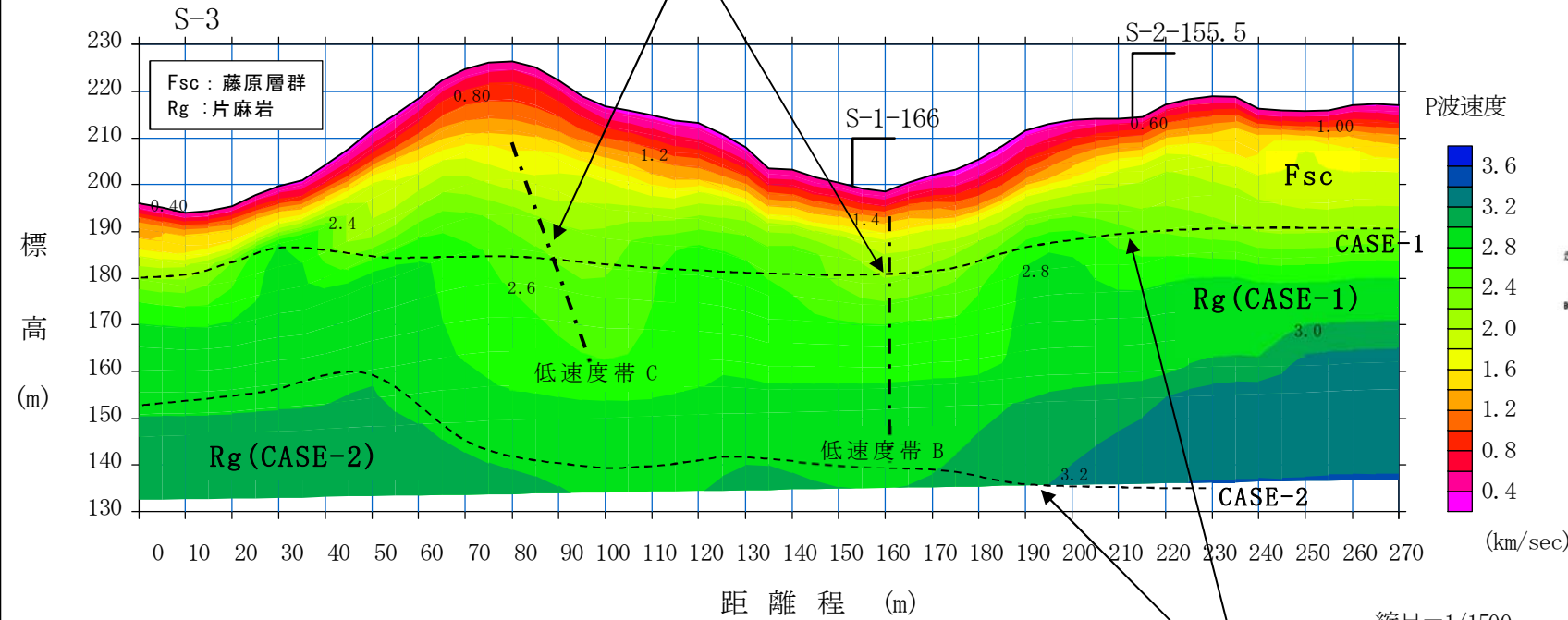


E-2 測線 比抵抗法二次元解析断面図

図 5-3-2(2). 地盤状況一次評価結果（S-2 測線，E-2 測線）

S-3 測線・E-3 測線

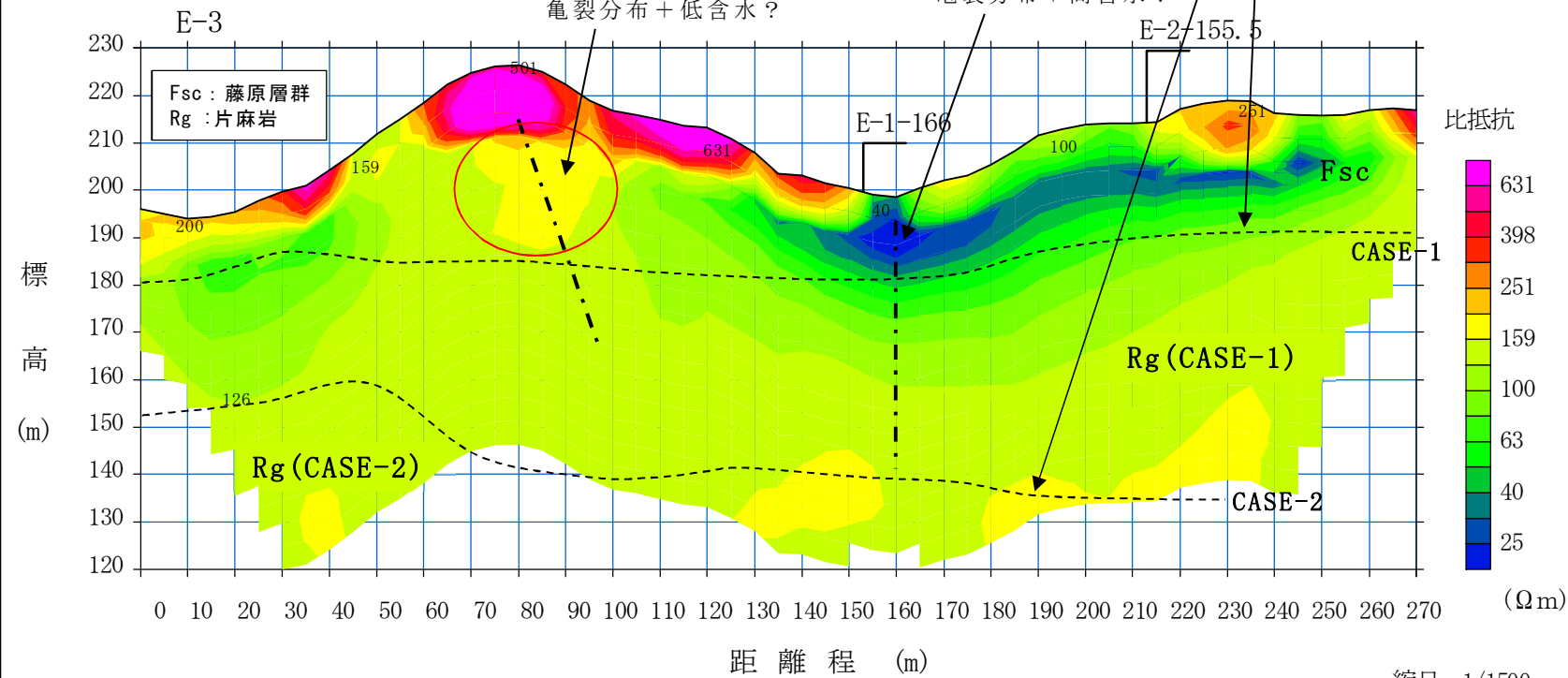
弾性波探査 S-3 測線



S-3 測線 トモグラフィ解析断面図

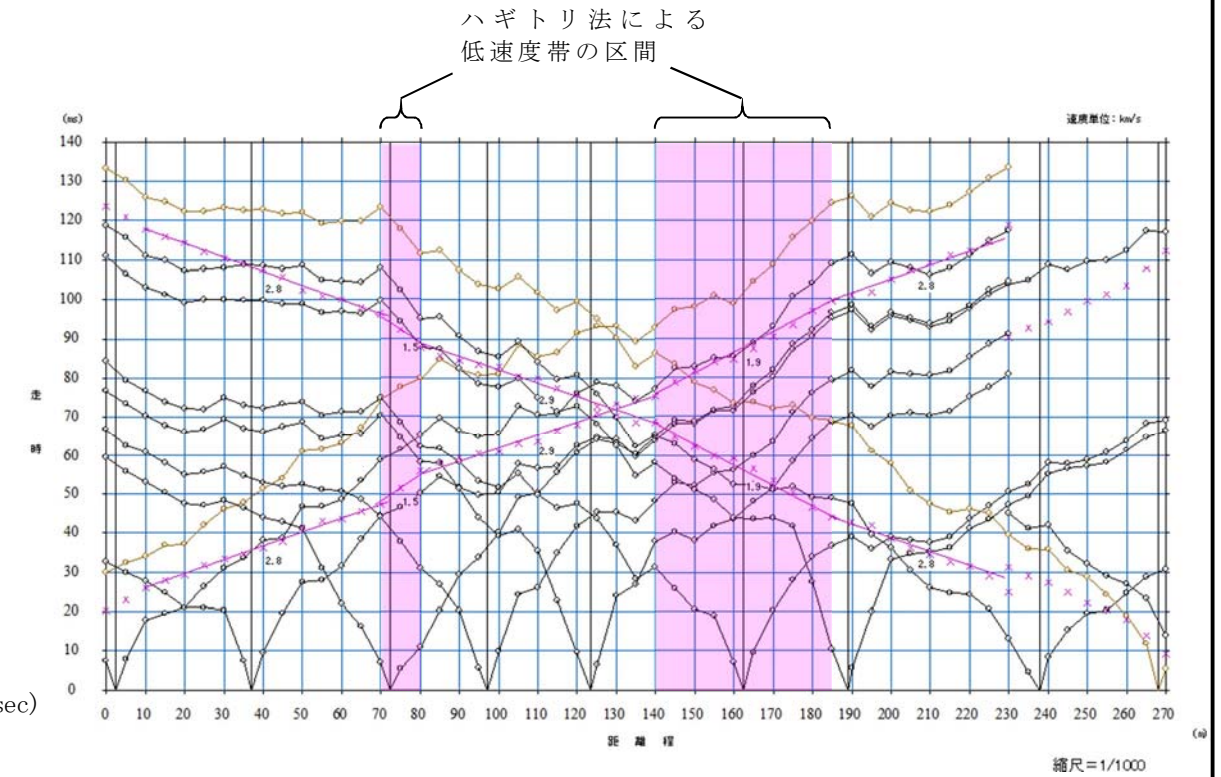
Fsc と Rg の境界は、S-1, 2, E-1, 2 測線の地質解釈により 2 ケース考えられる。
(CASE-1 の場合浅い、CASE-2 の場合深い)

高密度電気探査 E-3 測線



E-3 測線 比抵抗法二次元解析断面図

注意：ここでの評価は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価である。



S-3 測線 走時曲線図

【地盤状況の一次評価】

①弾性波探査

トモグラフィ解析において、速度値が凹状 (下側に凸) を呈する箇所を 2 箇所 (測点 80m 付近と 160m 付近)。地山深部に向かい徐々に不明瞭になり、地山深部までは連続していない。ハギトリ法でも同位置に低速度帯を確認している (複数の手法で確認されており確度高い) ことより、低速度帯 B、低速度帯 C (周辺より地質は軟質になる) と評価する (低速度帯の傾斜方向は、凹状 (下側に凸) 呈す速度値の連続方向より想定)。

②高密度電気探査

測点 80m 付近の弾性波低速度帯 C 相当箇所では、周辺と比較しやや高比抵抗を呈す箇所 (赤丸) が見られる。この箇所は含水が低い (亀裂等が開き含水低下?) と考えられる。

測点 160m 付近の弾性波低速度帯 B 相当箇所では、周辺と比較し低比抵抗を呈す箇所が見られる。含水が多い区間と考えられる (沢沿いの亀裂等が開き沢水が鉛直方向に浸透?)。

③一次評価

弾性波探査と電気探査結果より確認された低速度帯 B、C は、N-S 方向のリニアメントを構成する断層等 (破碎帯、亀裂帯) である可能性が考えられる。

図 5-3-3. 地盤状況一次評価結果 (S-3 測線, E-3 測線)



图5-3-4. 低速度带分布位置图 (S=1:2,000)

5-4. ボーリング計画検討

ここでは、地盤状況の一次評価結果に基づき、断層が分布している可能性がある低速度帯の分布性状を直接確認するためのボーリング調査の位置・仕様を検討する。

図 5-4-1 にボーリング計画位置図を示す。図 5-4-2、図 5-4-3 にボーリング計画図を示す。表 5-4-1 にボーリング計画を示す。

表 5-4-1. ボーリング計画

ボーリングNo.	調査対象	位 置	仕 様
B-9	低速度帯A	B-1測線 測点160m	斜め60° 下方, L=55m φ 66mmオールコアボーリング
B-10	低速度帯B	B-3測線 測点170m	斜め60° 下方, L=35m φ 66mmオールコアボーリング

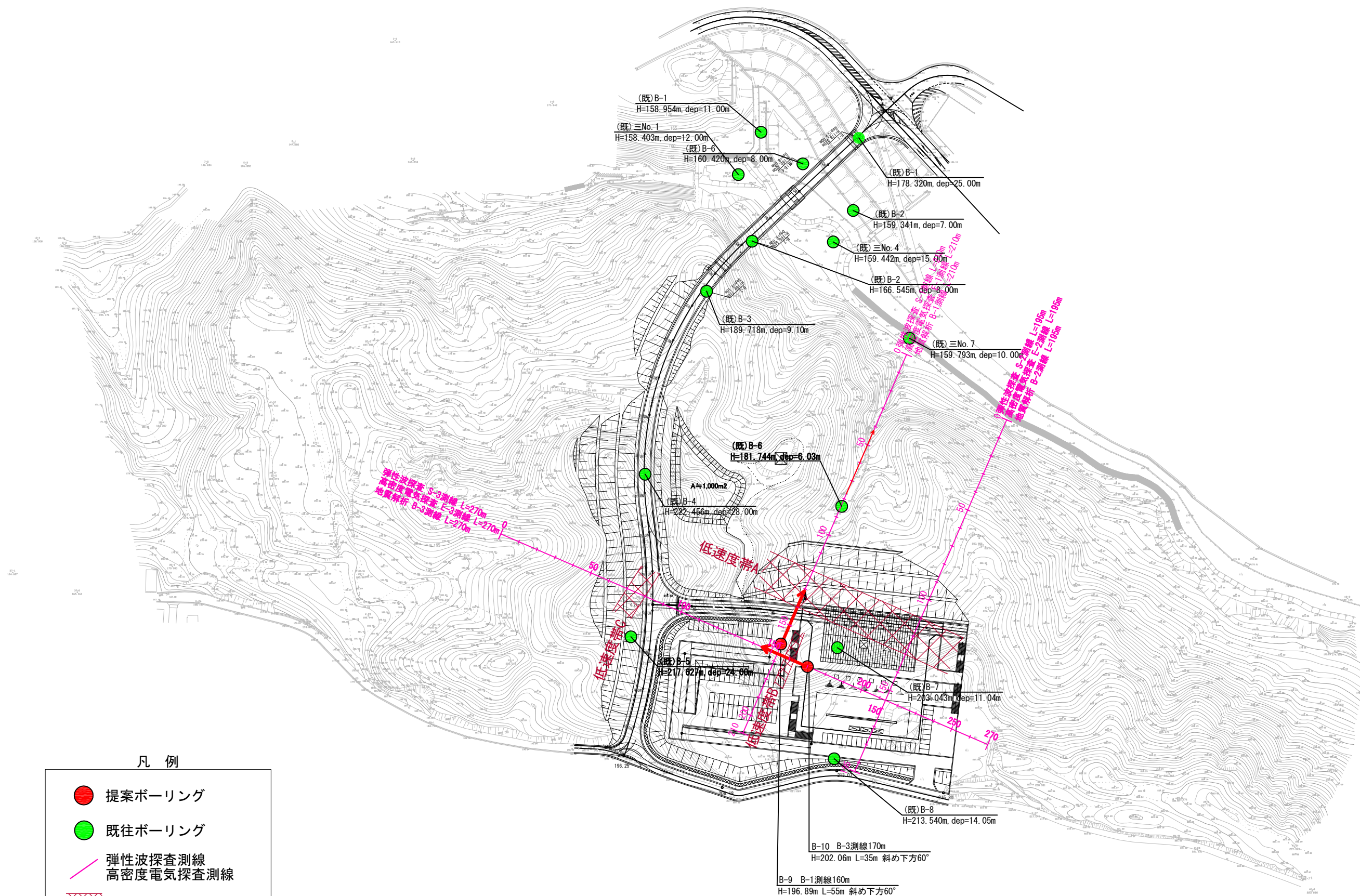
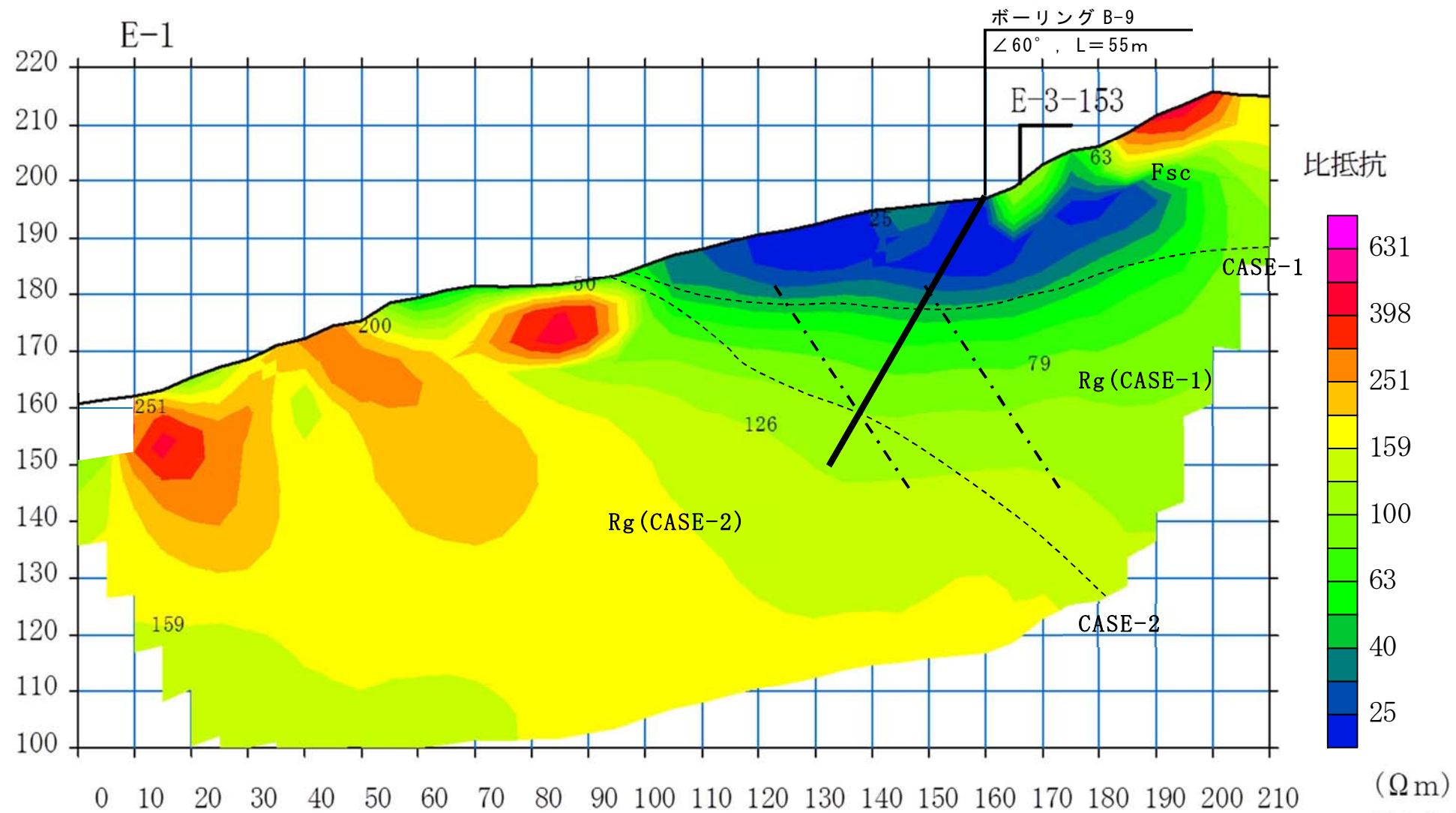
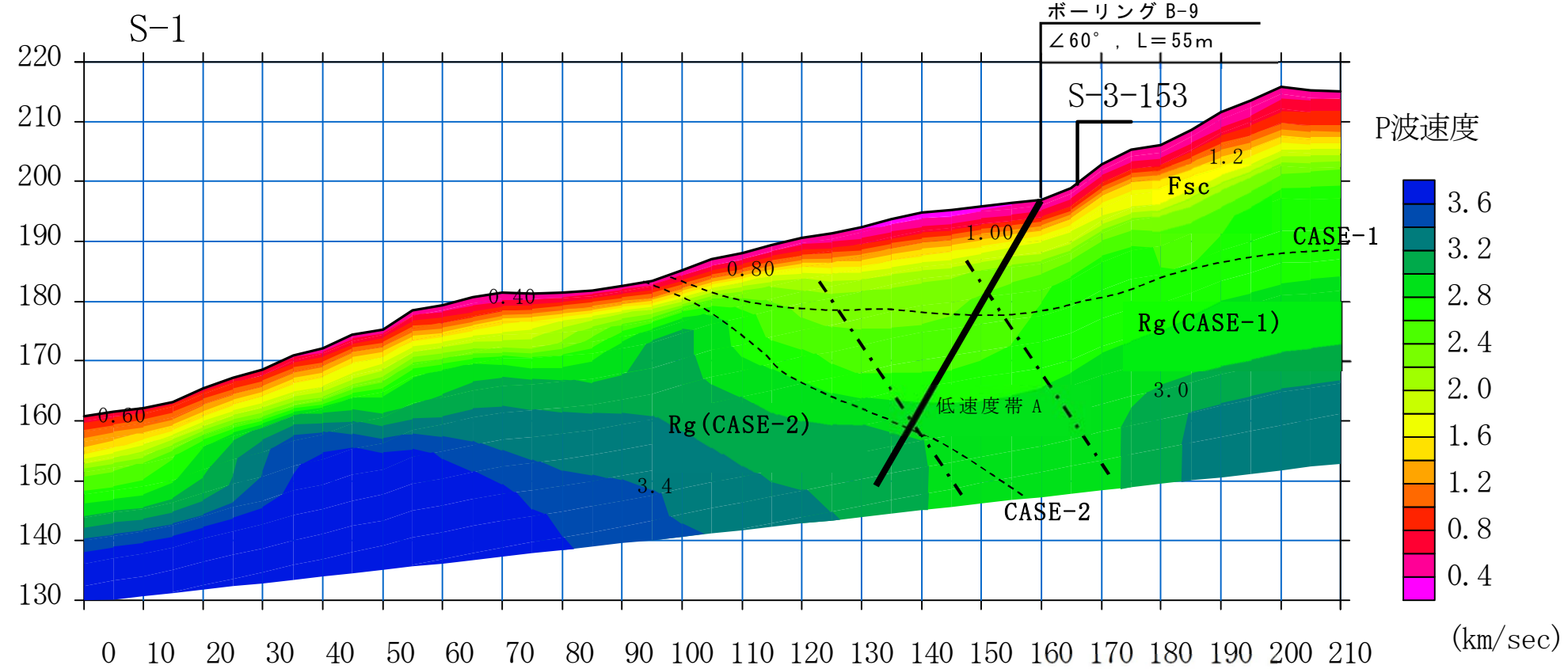


図5-4-1. 調査位置平面図 (S=1:2,000)

ボーリング B-9

※Fsc と Rg の境界は、p 55
に示す様に 2 ケース考え
られる。
CASE-1：地質境界が浅い
CASE-2：地質境界が深い

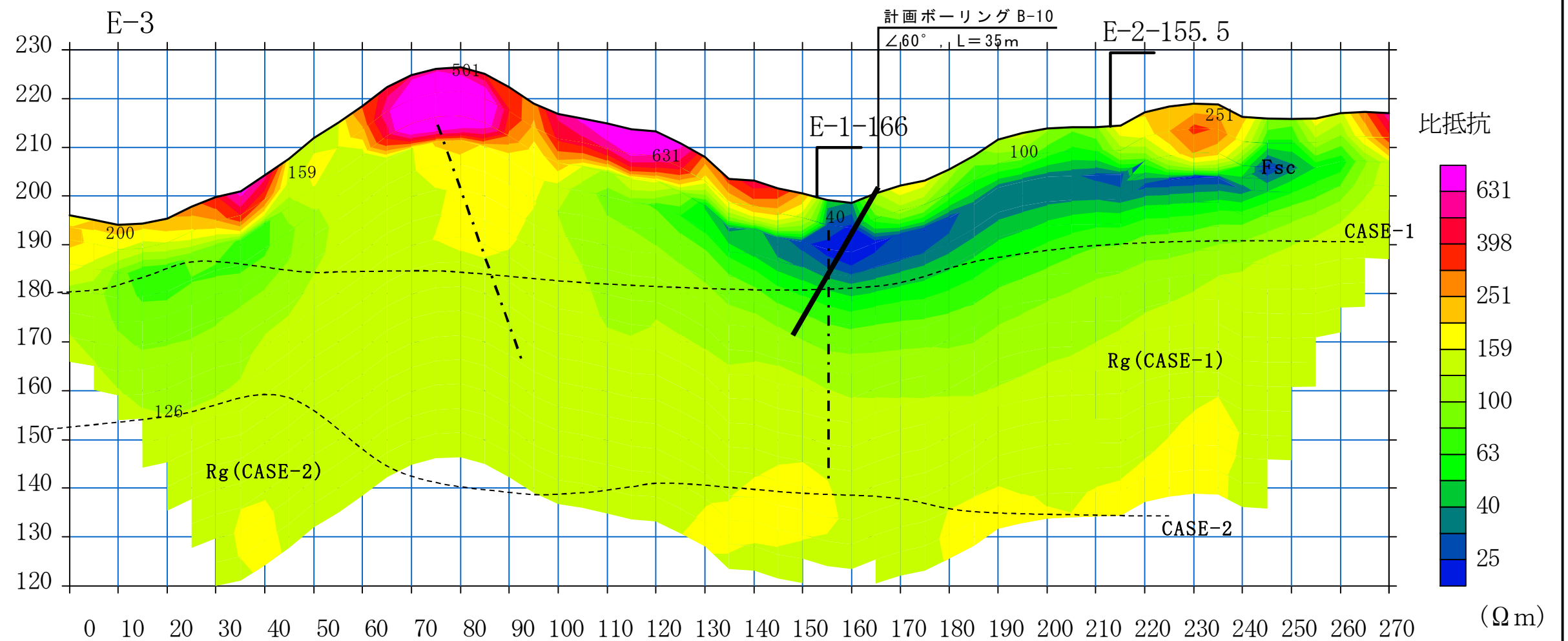
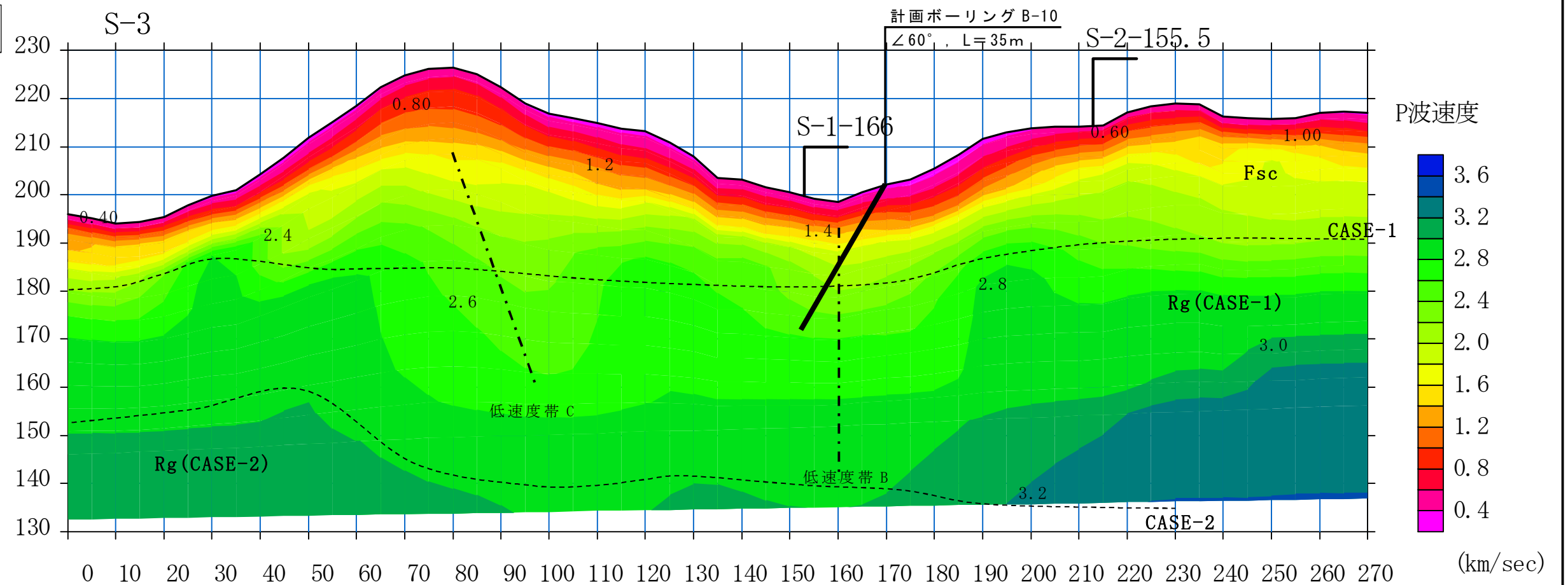


注意：本図の地質想定は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価である。

図 5-4-2. ボーリング計画図 (B-9)

ボーリング B-10

※Fsc と Rg の境界は、
S-1, 2, E-1, 2 測線の地
質解釈により 2 ケース
考えられる。
(CASE-1 の場合浅い、
CASE-2 の場合深い)



注意：本図の地質想定は、ボーリング調査を行う前の調査途中段階の暫定評価である。

図 5-4-3. ボーリング計画図 (B-10)

5-5. ボーリング調査結果

ボーリング結果より、地質断面図を図 5-5-1, 図 5-5-2 に示す。

なお、ボーリング結果の詳細は、調査結果の章（4-3 章機械ボーリング）を参照のこと。

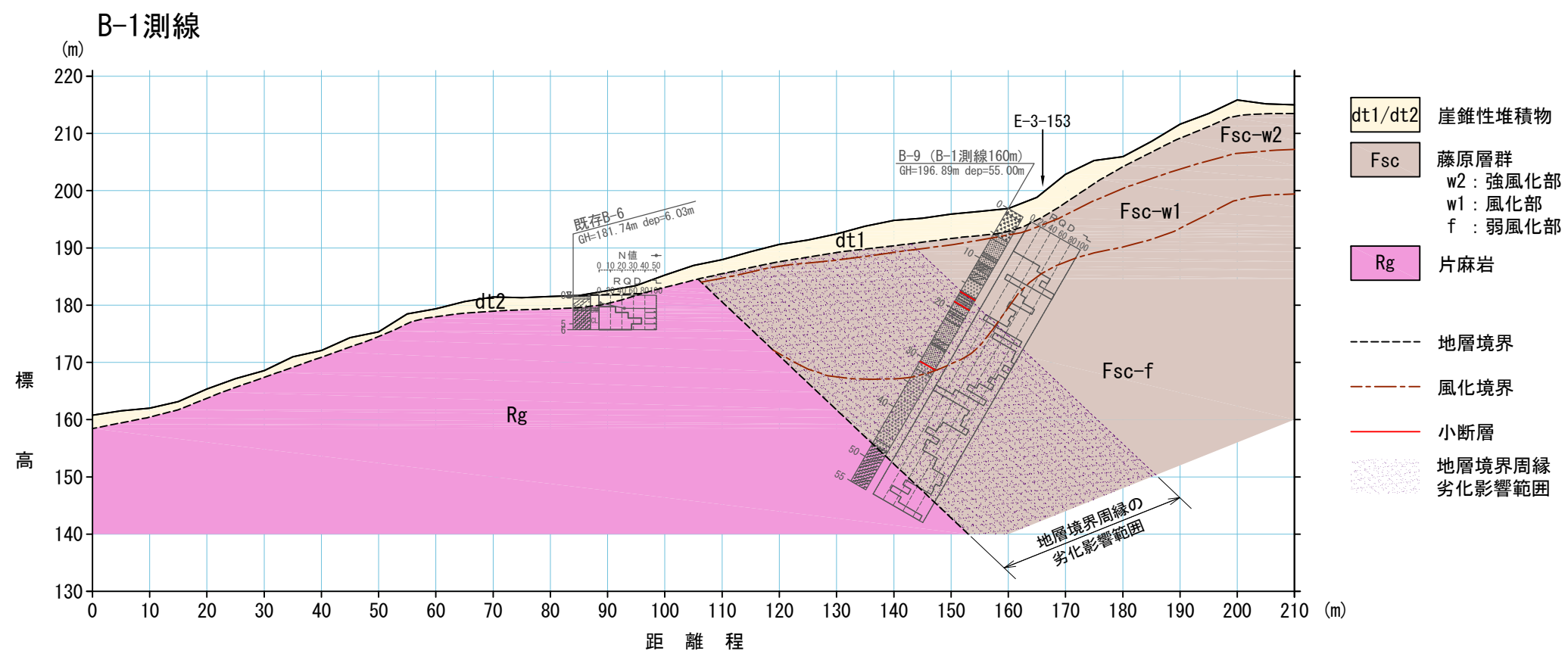


図5-5-1. 地質断面図 (S=1:1,000)

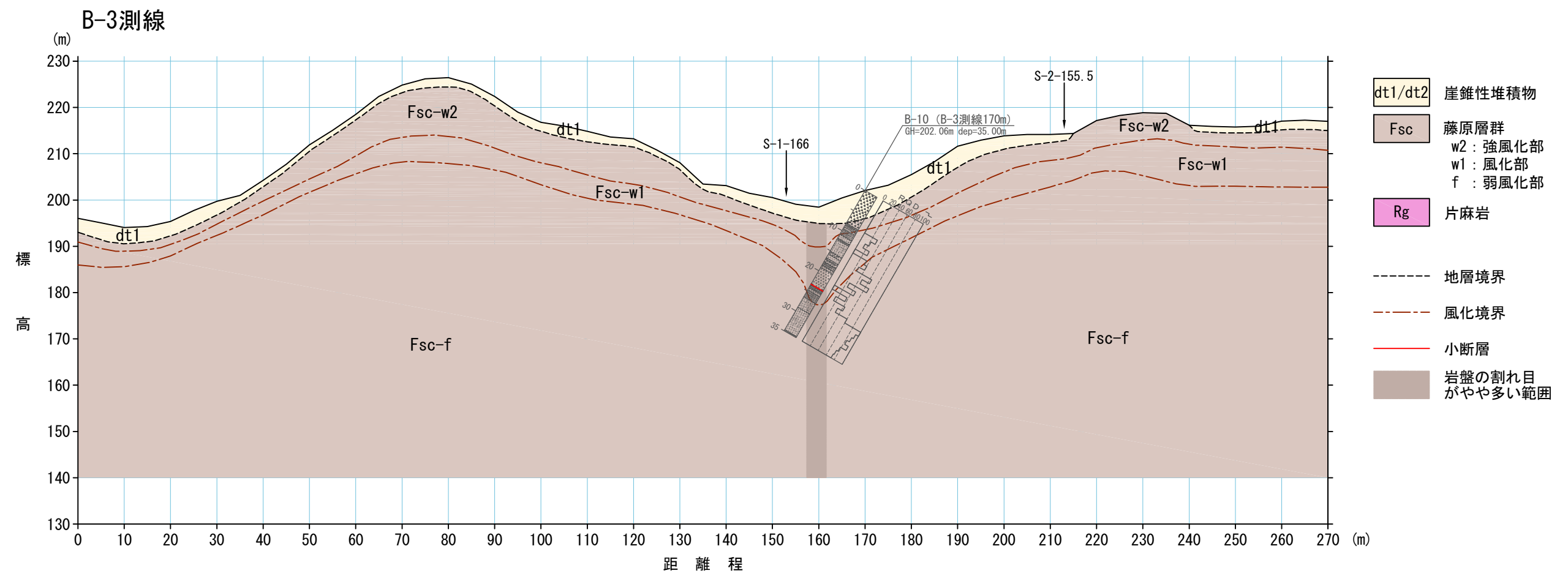


図5-5-2. 地質断面図 (S=1:1,000)

5-6. 地盤状況の二次評価（最終）

今回調査の総合解析結果を図 5-6-1、図 5-6-2 にとりまとめる。

ボーリング結果を踏まえた二次評価による低速度帯の評価を表 5-6-1 に示す。
以下に、今回調査による最終的な地盤状況の評価を述べる。

表 5-6-1. 低速度帯の二次評価

	側線	分布状況	二次評価
低速度帯A	S-1 E-1	・測点140～170m付近の低速度領域の落ち込み ・ハギトリ法での測点120～140mの低速度帯 ・比抵抗分布の地山深部のギャップ	一次評価での2ケースのうち、CASE-2のFscとRgの不整合の地質境界であることが確認された。 FscとRgの速度値、比抵抗のギャップが低速度帯や比抵抗分布のギャップとして現れたと評価される。
	S-2 E-2	・測点120～160m付近の低速度領域の落ち込み ・ハギトリ法での測点110～130mの低速度帯 ・比抵抗分布の地山深部のギャップ	
低速度帯B	S-3 E-3	・測点150～160m付近の低速度領域の落ち込み（不明瞭） ・ハギトリ法での測点140～185mの低速度帯 ・測点160m付近の低比抵抗ゾーン	みかけ幅8.42mの亀裂密集帯。実際の幅は推定4m程度。健岩部に比べると相対的に岩質が低下しているが、CL級程度は有する。

【低速度帯 A】

ボーリング B-9 で直接確認した結果、一次評価での 2 ケースのうち、CASE-2 の Fsc と Rg の不整合等の地質境界である事が確認された。CASE-1 に該当するような顕著な断層等岩質劣化部は確認されなかった。

Fsc と Rg は固結度（硬軟）が異なり速度値に差があるため、相対的に速度値が低い Fsc が不整合で傾斜して分布する地質構造が、弾性波探査で低速度領域の落ち込みや低速度帯として検出されたと評価される。

Fsc は、地質境界付近では相対的に岩質が低下しているが、岩質低下の度合いは軽微であり、岩盤全体の評価の上では大きな影響はない。

地山深部の Fsc や Rg 中には幅 21～26cm の小断層が 3 本確認された他、所々幅 20～30cm 程度の亀裂部や軟質化部が分布するが、岩盤全体として評価すると極端な脆弱化はなく CL 級以上に評価される。

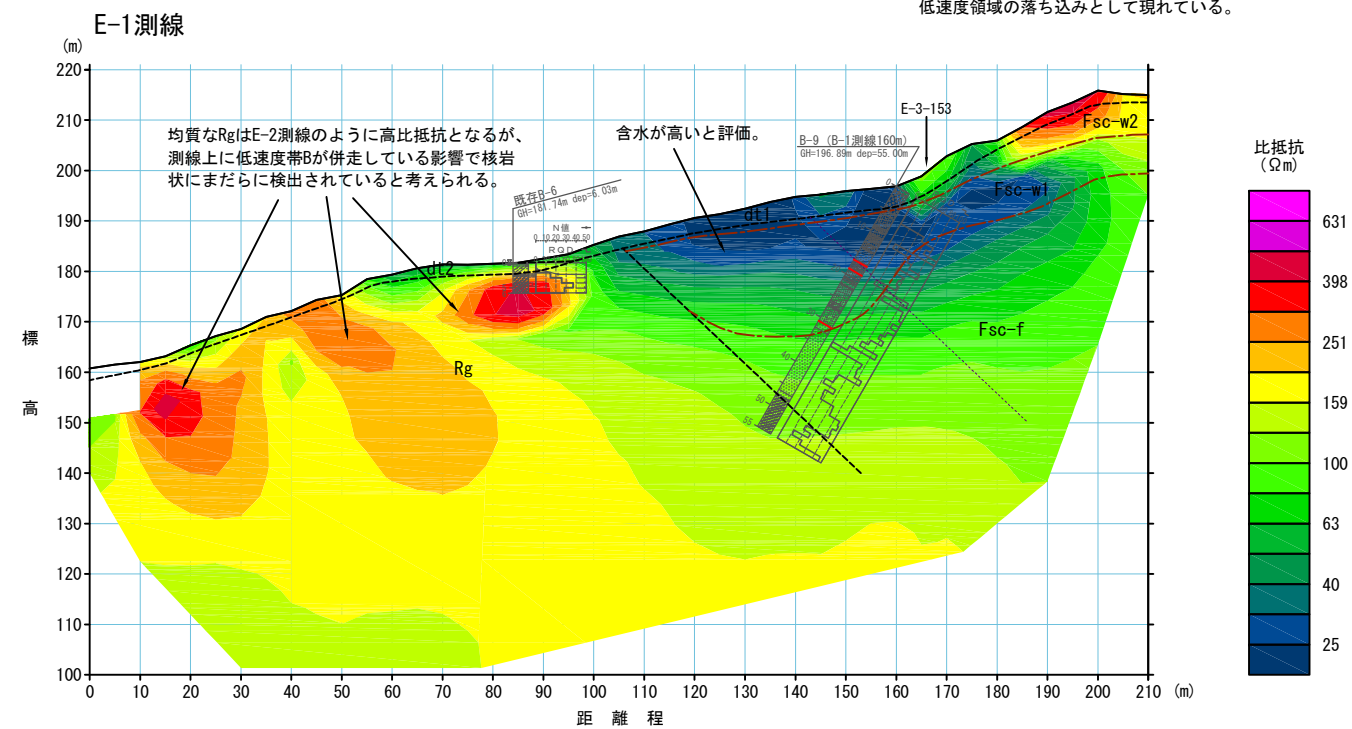
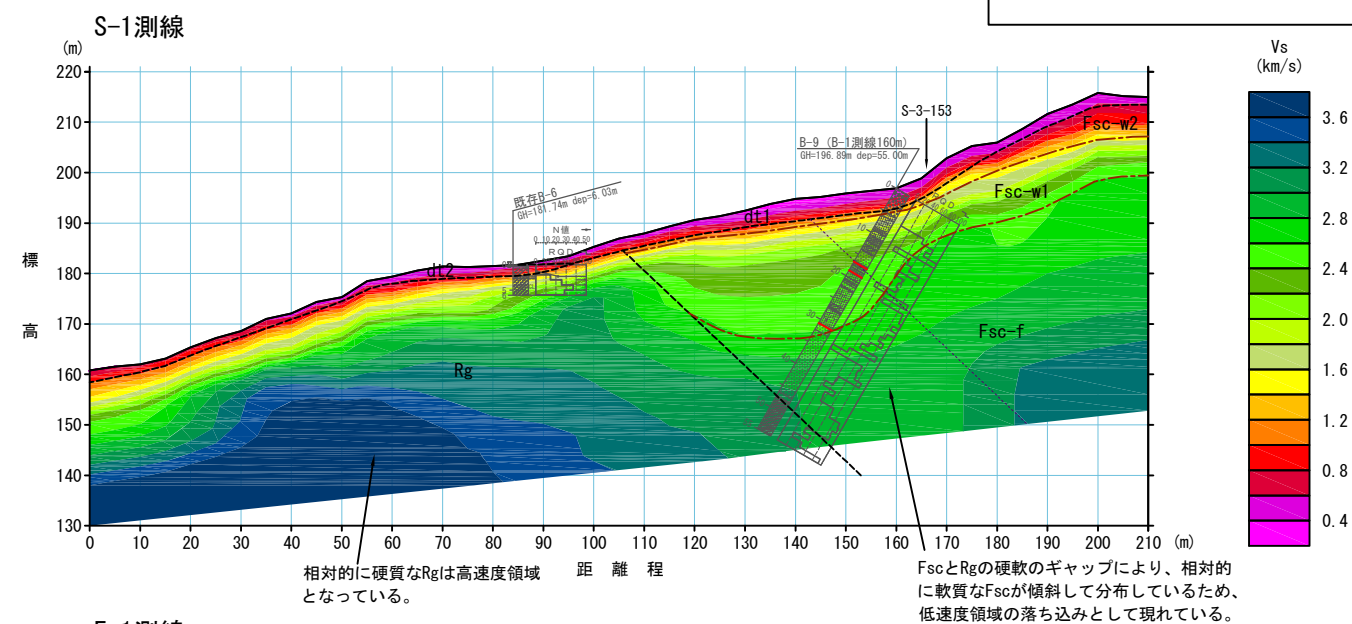
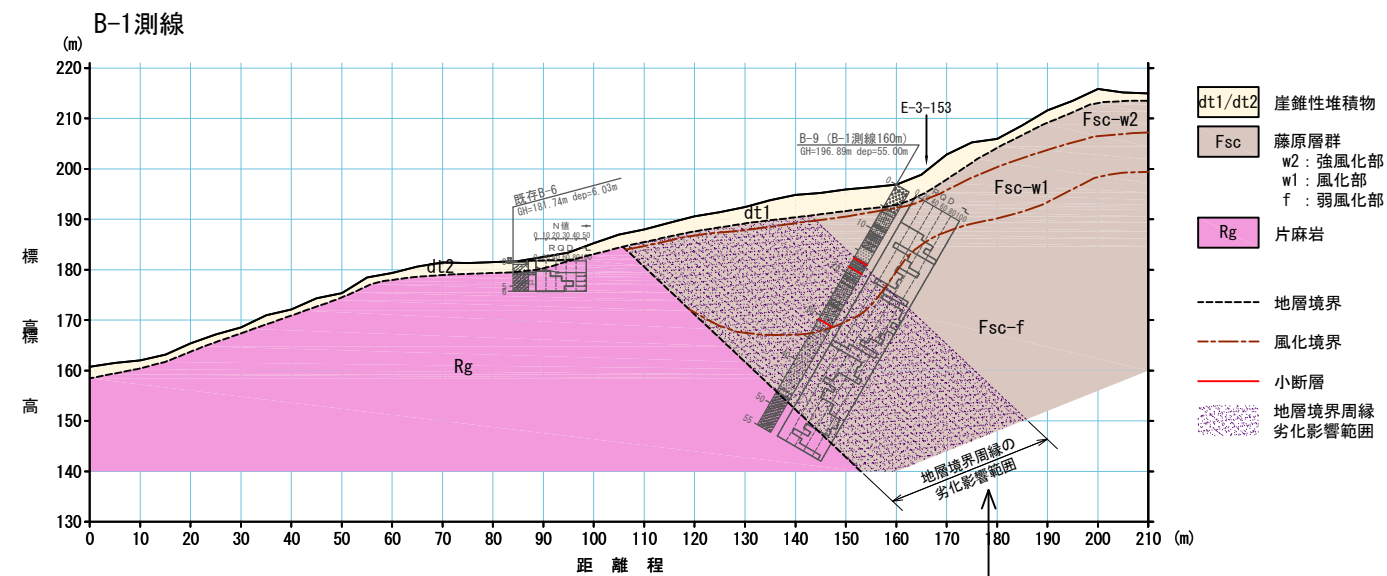
【低速度帯 B】

ボーリング B-10 において、深度 16.78～25.20m で周辺よりは相対的に割れ目が多い範囲が確認され、この割れ目が多い範囲が低速度帯として検出されたと評価される。

この割れ目が多い範囲は岩片状～短柱状を呈するが、岩質の軟質化はほとんどなく、岩盤全体としては CL 級に評価される。

割れ目が多い範囲の幅は、ボーリング掘削方向（斜め 60°）の見かけの幅は 8.42m であり、構造がほぼ直立していると想定すると、実際の幅は 4m 程度と想定される。

なお、この割れ目が多い範囲は、深度 23.38～23.64m に幅 26cm の小断層を挟むが、それ以外は断層ではない。



ボーリング B-9

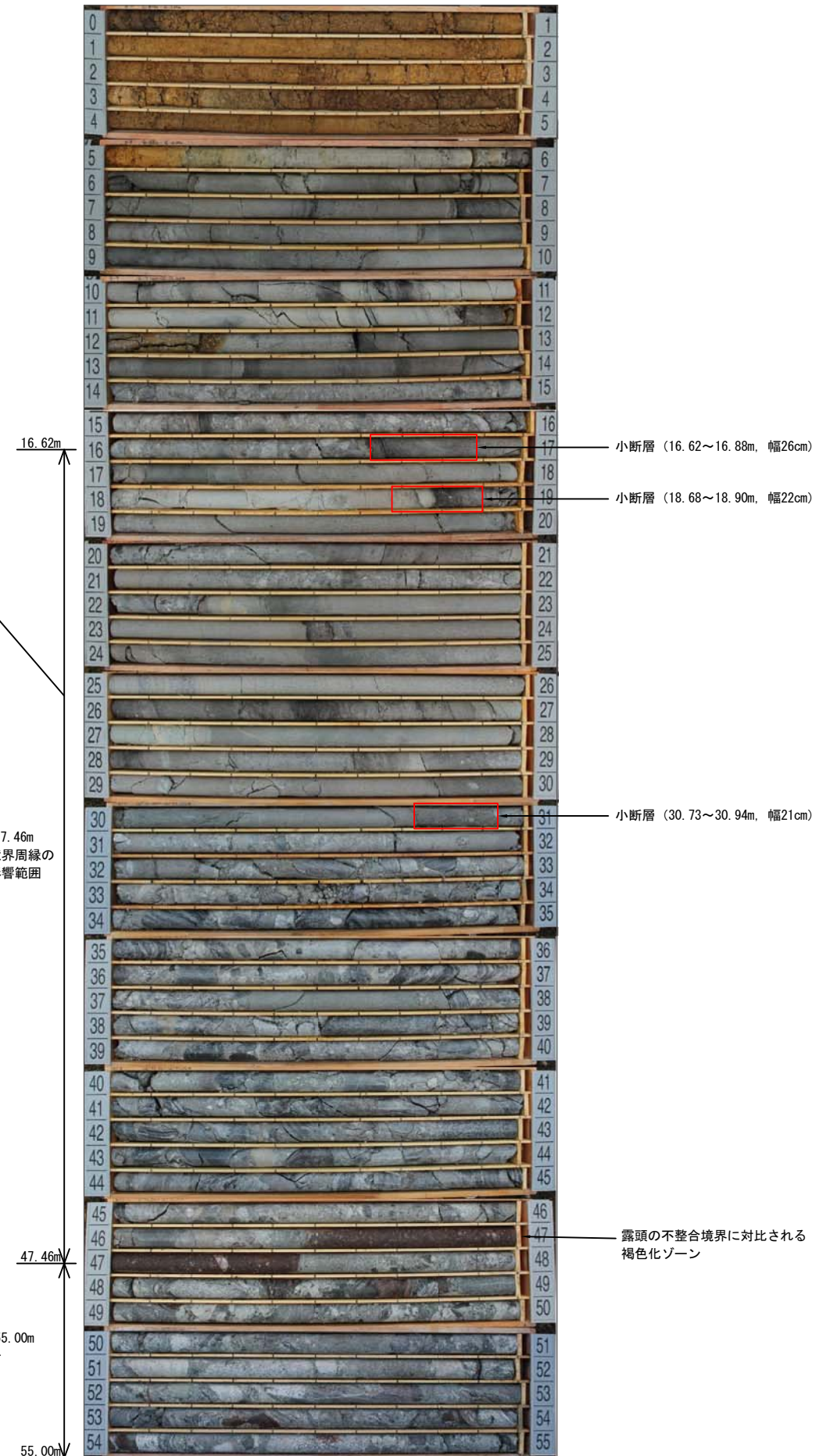


図5-6-1. 総合解析結果図 (S=1:1, 500)

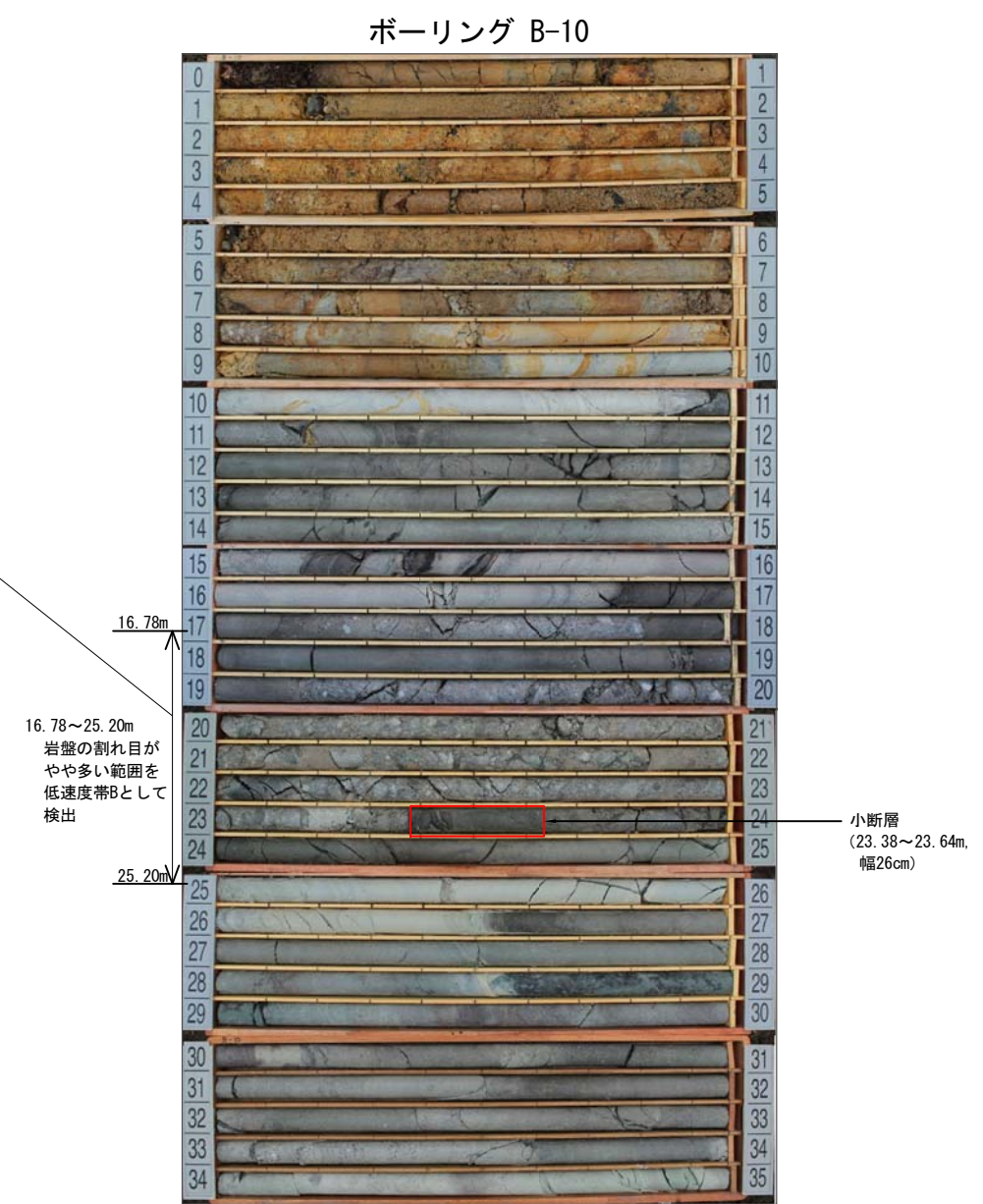
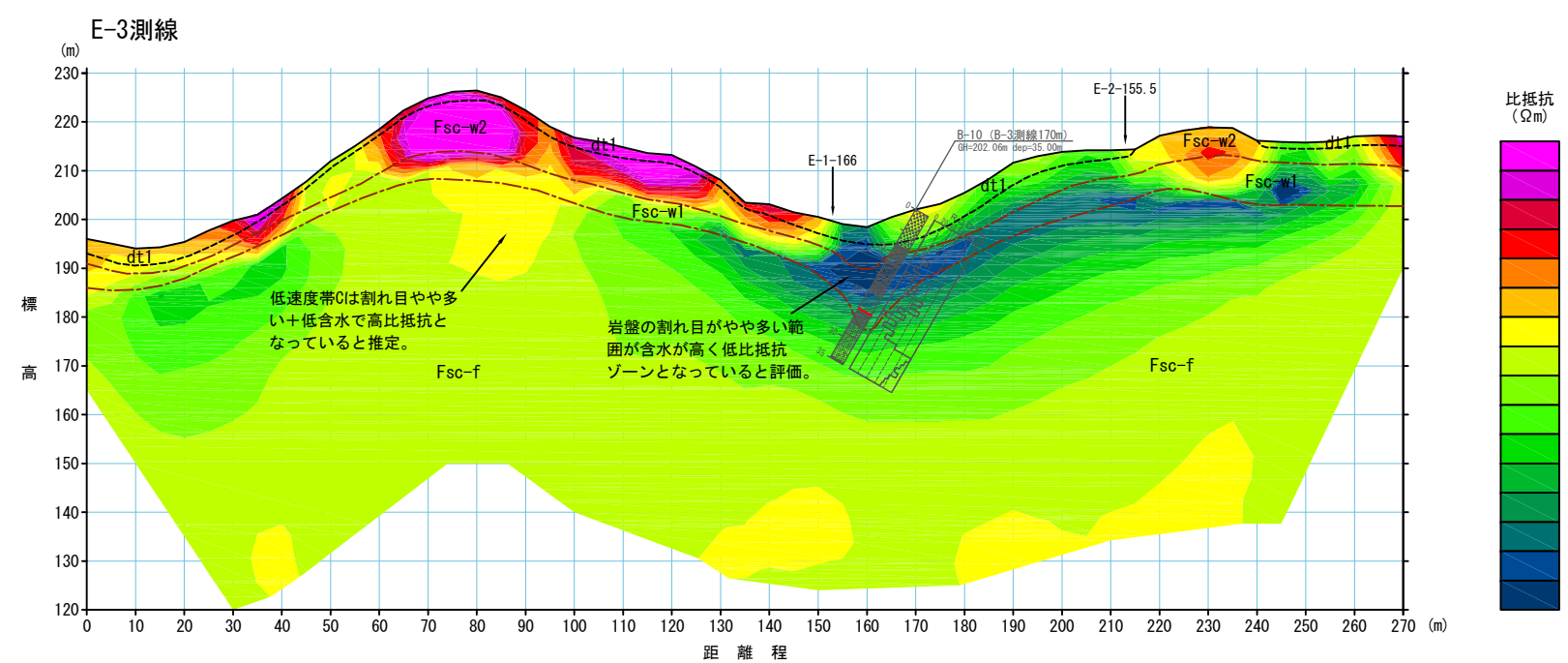
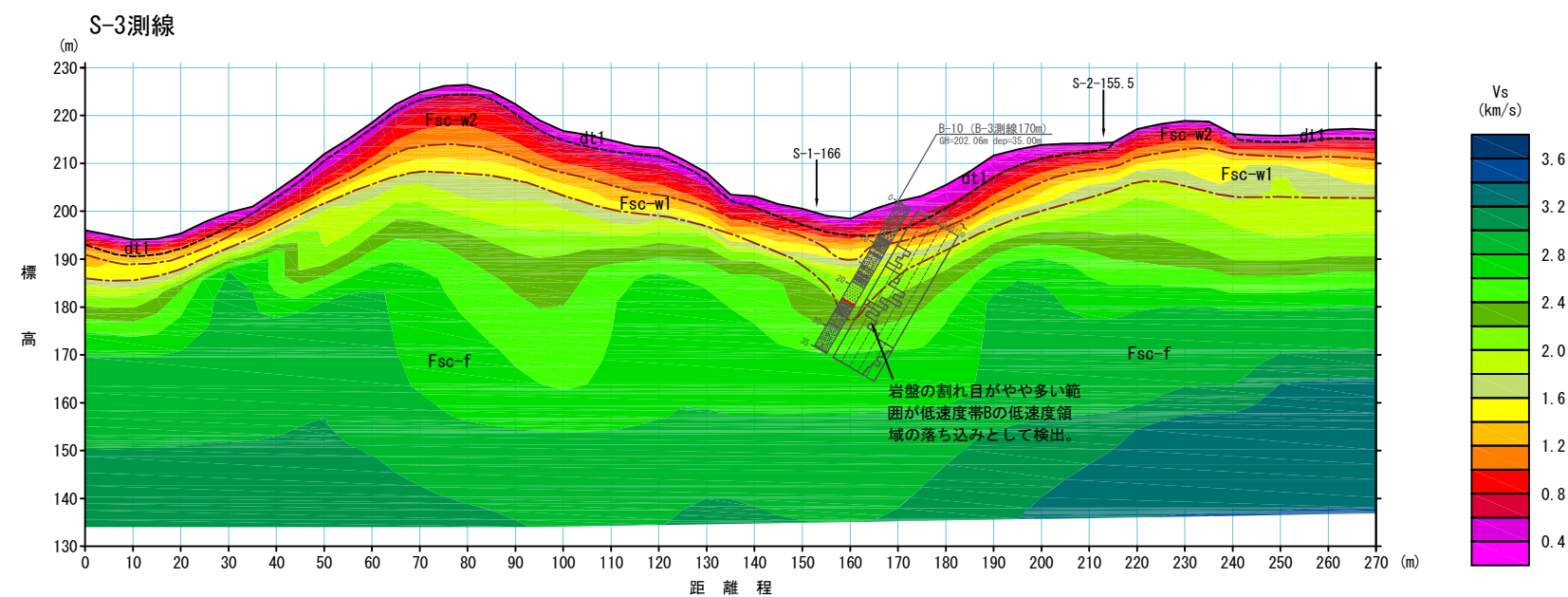
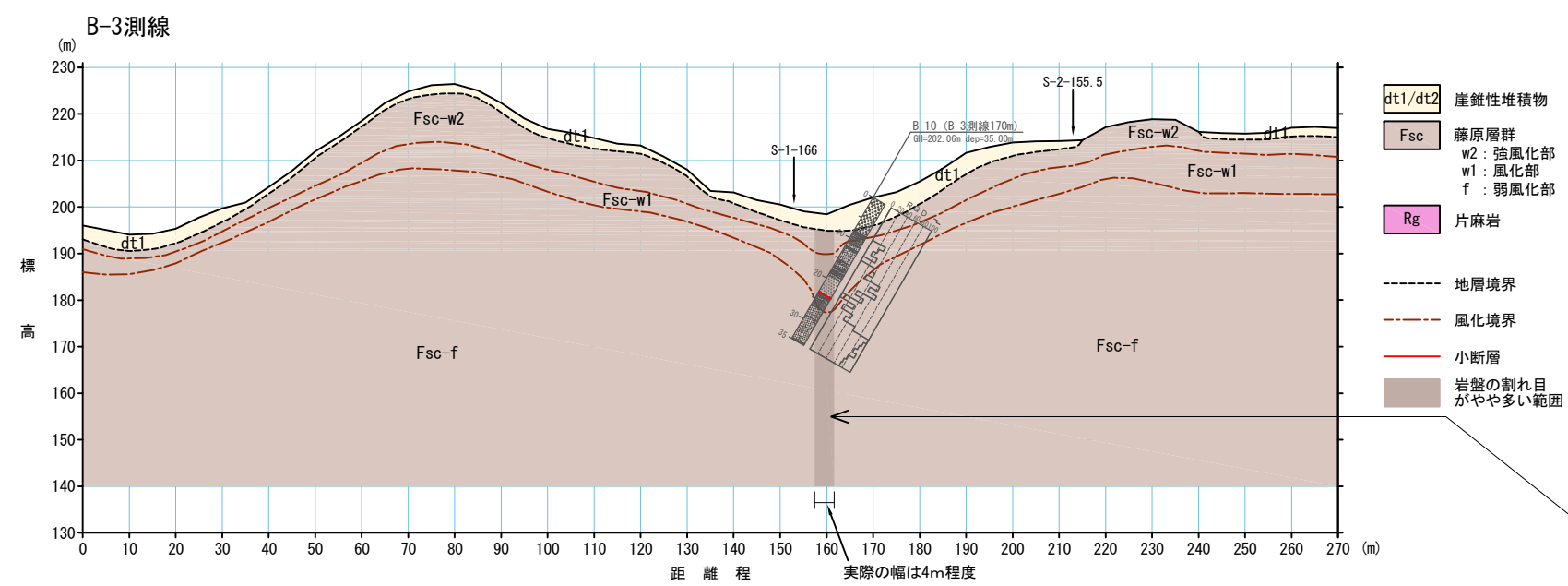


図5-6-2. 総合解析結果図 (S=1:1, 500)

5-7. ボーリングコアに対する第三者評価

本業務では、ボーリング（B-9 孔, B-10 孔）の掘削終了後、現地にて有識者による第三者評価のため、ボーリングコアの確認を行った。

第三者の評価について以下に示す。

【日時】

平成 28 年 11 月 21 日 14 時～16 時

【評価者】

釜井俊孝教授（京都大学防災研究所斜面災害研究センター）

堤浩之准教授（京都大学大学院理学研究科）

【評価について】

（釜井俊孝教授）

- ・ 南北方向に掘ったボーリングコア（B-9 孔）では、大体 16m 位と 30.73-30.94m に、2 箇所東西性と思われる厚さ数十 cm 位の粘土帯（断層破碎帯）を確認した。B-9 孔ボーリングが 60° の傾斜で掘削していることから、粘土帯（断層破碎帯）の実際の幅は薄くなる。
- ・ 厚さ数十 cm 位の断層は、他にも（このボーリング内の 18.68-18.9m 等）いくつかあるが、この程度の小さな断層は、山地地域に頻繁に存在するものである。
- ・ ボーリングコア（B-9 孔）は、全体として少し岩質が悪い（亀裂が多い）が、物理探査で確認された数十m規模の低速度帯に対比されるような大規模な破碎帯は無いことが確認された。
- ・ 今後、建物の基礎を作る場合は床堀をして、小規模な断層を確認し、それをふまえた基礎計画を作れば、建物の基礎地盤としては問題ないと判断する。
- ・ 結論として、極一般的な普通の山地地域の地質状態といえる。
- ・ 東西方向に掘ったボーリング（B-10 孔）は、16～17m 付近から 25～26m 付近まで多少亀裂が多く変形して多少割れているが、大規模な断層とは思えない。

(堤浩之准教授)

- ・東西方向に掘ったボーリング（B-10 孔）を中心に確認した。
- ・ここを掘削させた理由は、地形の鞍部があり、地形に影響するような地質構造が存在する可能性があり、物理探査の結果からも同様の可能性があるかと判断したためである。
- ・19m 位から 26m 位までの範囲について、地質が少し礫がちな影響もあるが、割れ目が多く入っているので、この部分が有る程度、亀裂が多い箇所であると考えられる。
- ・なお、28.8m から 28.9m 位の所に、亀裂面の部分に鏡肌のような光沢のある痕跡もある。この箇所は何らかの断層構造では有るが、破碎の度合いから見て、活断層では無いと考えられ、また非常に大きな主断層のようには見えない。
- ・そのほかのコアは、断層の影響が認められない岩質なので、それほど規模の大きな破碎帯で無いと判断する。
- ・今後は、現在、割れ目がたくさん入っている部分の延びの方向が地形の情報（地形の鞍部）でしかわかっていないので、基礎掘削時に確認し、必要に応じて適宜対策を取れば問題ないと考えられる。
- ・こういう地質状況は、日本の岩質状況としてどこでもあるものなので、たまたま地質の悪い所を掘ったということではない。

5-8. 結論

【敷地造成盛土への影響】

計画盛土範囲内に低速度帯 A、低速度帯 B が分布する。

低速度帯 A は F_{sc} と R_g の分布形状に起因するものであり、低速度帯全体が断層等の地質的弱線となっている訳ではない。ボーリング B-9 において、小断層（幅 21～26cm）が 3 条と、まれに幅 20～30cm 程度の小規模な亀裂部や粘土化部が認められるが、盛土基礎地盤としては問題となるような分布性状ではない。

低速度帯 B は、岩盤の割れ目がやや多い範囲に該当するが岩質自体は軟質化しておらず、岩盤全体としては CL 級に評価され、盛土基礎地盤として問題ない。

検討対象の計画盛土は湧水のある谷地形の谷埋め盛土であり、基礎地盤の性状よりも地下水の方が盛土安定上影響が大きいと考えられるため、適切な排水処理を行う。

【計画建築物への影響】

現時点では建築物の計画は確定していないが、建物の範囲が低速度帯 B の分布域にかかる可能性がある。

計画建築物は地下構造を伴い、 F_{sc} を支持層とする直接基礎が想定される。

一般に、岩盤を建築物の支持層とする場合、断層や破碎帯等の岩質低下部であっても支持力に問題がなければ支持層として問題ない。

低速度帯 B は岩盤の割れ目がやや多いが岩質は軟質化しておらず、岩盤全体としては CL 級に評価され、建築物の支持層として問題ないと評価される。

念のため、施工時に基礎掘削面に出現した岩盤性状を確認し、設計上の地盤条件の最終確認を行う。

【まとめ】

これまでの調査で、調査地内の基盤岩中に大規模な断層破碎帯や顕著な劣化部は確認されなかった。

本調査地の岩盤中には、20～30cm 程度の破碎幅の小断層や、岩盤の割れ目がやや多い箇所は確認されたが、これらはわが国の岩盤に通常見られる軽微な損傷であり、最近の地質時代にも活動している活断層であることを示すような、新鮮で軟弱な断層面は確認できなかった。したがって、調査地内には懸念されたコンクリート置換工等の対策を必要とするような規模の断層は存在しないと評価される。

岩盤の土木的な評価は、目的に応じて影響範囲の岩盤全体（小断層や亀裂等を含んだ岩盤）をマスとして考えるべきであり、岩盤中に小断層や亀裂を含ん

でいることを加味した上で、適切な評価を行う必要がある。

また、計画建築物、構造物の設計・施工に当たっては、地質の分布状況、地盤条件に応じて適切に設計・施工を行うことが肝要である。

今回調査地に関しては、岩盤中に小断層や亀裂を含んでいることを加味した上でも、岩盤全体としては CL 級に評価されることから、建築物の支持層や盛土支持地盤として問題ないと評価され、一般的な基準に則った設計(性能設計等)で対応可能である。