

3. 設計施工上の留意点

(1) 工学的基盤面の想定

PS検層結果を主に、地質状況等を踏まえ、以下に示す基準を基に工学的基盤面を設定した。

- ・粘性土の場合： $N \geq 30$ 、砂質土の場合： $N \geq 50$ の地層の上面

- ・地層のせん断波速度 $V_s = 400\text{m/s}$ 以上の地層の上面

(出典：「鉄道構造物等設計標準・同解説、耐震設計編」)

表3-1-1. 工学的基盤面一覧表

出現地質	孔名	工学的基盤面($V_s = 400\text{m/sec}$ 以上)		備考	地層
		深度	標高		
大阪層群南側	H25Bor-1	9.35	63.96		Oc層
	H24No.1	9.75	72.60		Oalt層
	Bor-0	13.00	73.12		Oalt層
	H24No.2	9.65	83.81	N値より想定	Oalt層
	H25Bor-2	14.60	78.86		Os層
神戸層群	H25Bor-3	6.00	92.10	N値より想定	Ks層
	H24No.3	12.35	89.24		Kalt(s)層
	Bor-①	8.48	98.64	N値より想定	Kalt(m)層
	H24No.4	6.40	100.91	N値より想定	Kalt(m)層
	H25Bor-4	17.31	89.54		Kalt(m)層
	H24No.5	19.10	86.76	N値より想定	Kalt(m)層
	Bor-②	25.00	78.45		Km層
	H25Bor-5	9.40	92.51		Kalt(s)層
	H25Bor-6	18.00	82.35	N値より想定	Km層
	H25Bor-7	15.00	84.03	N値より想定	Km層
大阪層群北側丘陵	H25Bor-8	11.78	85.67		Km層
	H25Bor-9	18.55	75.96	N値より想定	Ks層
	H24No.6	29.75	61.83		Os層
	H25Bor-10	24.00	65.47		Os層
	H25Bor-11	29.80	57.73	N値より想定	Oc層
大阪層群北側平野	H25Bor-12	32.53	49.68	N値より想定	Os層
	Bor-③	26.50	52.66		Os層
	H24No.7	19.00	57.52		Os層
	Bor-③-2	19.45	55.96	N値より想定	Os層
	Bor-④	25.65	49.02		Os層
	H26Bor-1	29.75	44.26		Os層
	H24No.8	24.15	49.56		Os層
	Bor-⑤	23.99	50.03	N値より想定	Os層
	Bor-⑧	23.70	50.59		Os層
	H25Bor-13	32.98	42.66		Os層
	Bor-⑪	40.50	36.85		Os層
	H24No.9	46.60	32.03	N値より想定	Os層
	Bor-⑫	52.53	27.84		Oc層
	Bor-⑬	48.75	33.49		Oc層
	H24No.10	50.50	31.81		Os層
	H25Bor-14	60.00	24.25		Os層
	H24No.11	64.40	21.32		Os層
	Bor-⑯	67.30	18.60	N値より想定	Oc層
	Bor-⑰	72.70	14.77		Oc層

(高架橋区間)

- 1) 大阪層群の $N=50$ 以上の砂層（一部 $N=30$ 以上の粘土層）が工学的基盤面となる。
- 2) 支持層は北側に向かい概ね 5° 程度の勾配で深くなる（8k200m付近より 50m 以下と深い）。
- 3) 起点側から 7k900m付近までは、野畑断層の影響もあり工学的基盤面は凹凸が見られる。また、野畑断層付近（7k860m付近）で、最も工学的基盤面が深くなっている。

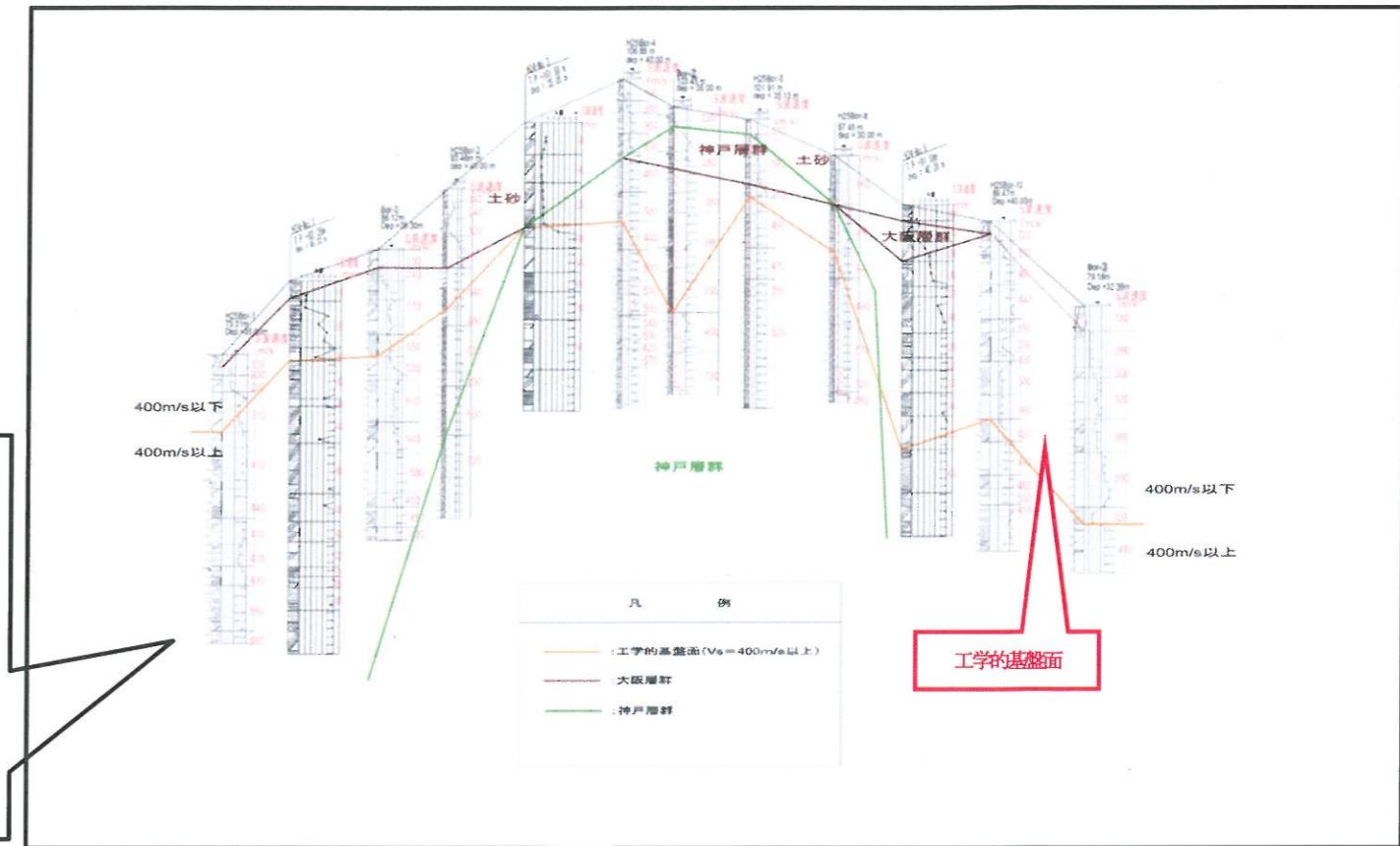


図3-1-1(1). 耐震設計上の基盤面一覧図（トンネル区間）

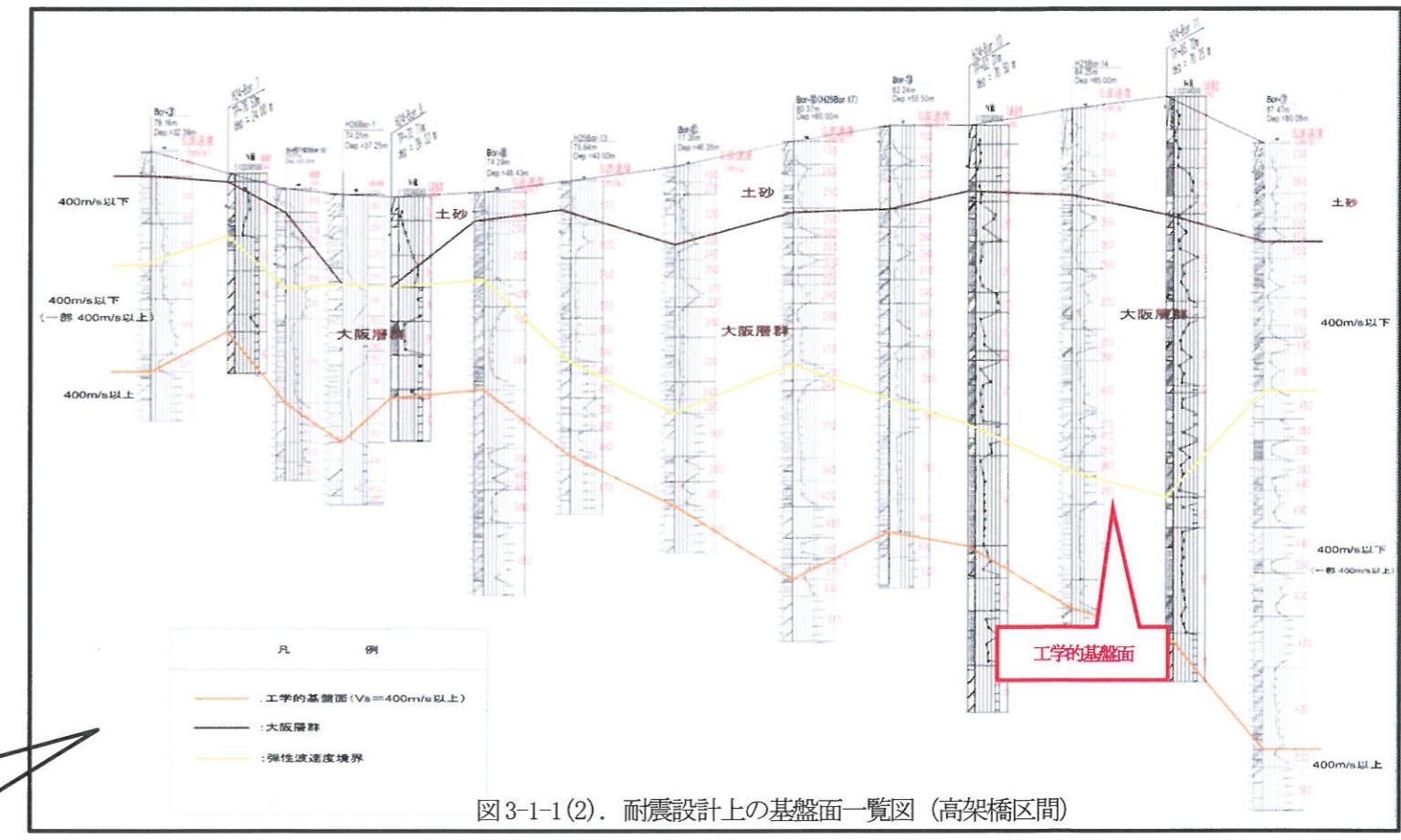


図3-1-1(2). 耐震設計上の基盤面一覧図（高架橋区間）

(2) トンネル施工区間

1) 出現土質(地質)

表 3-1-2. トンネル区間に出現が想定される土質(地質)状況一覧表

測点	施工区分	天端付近地質区分	地質状況	N値
6k000m - 6k093m	トンネル	大阪層群 南側	Os層。表層付近で土砂状呈す。	13~40
6k093m - 6k472m			大阪層群互層(Oc,Oalt,Os)	Oc:概ね60以上 Oalt:40~60以上 Os:概ね60以上
6k472m - 6k500m			大阪層群互層(礫層主体:Osg,Og)	Osg:概ね60以上 Og:概ね60以上
6k500m - 6k542m		神戸層群	神戸層群(礫主体:ksg)	60以上
6k542m - 6k841m			神戸層群砂岩泥岩互層(Kalt(s),Kalt(m))礫混入見られる。	60以上
6k841m - 7k152m			神戸層群砂岩泥岩互層(Kalt(s),Kalt(m))。	60以上
7k152m - 7k216m	箕面船場駅	神戸層群	断面上側は神戸層群砂岩優勢互層(Kalt(s))。断面下側は泥岩(km)。駅天端付近に風化境界あり。	60以上
7k216m - 7k382m			断面上側は泥岩(km)断面下側は礫岩(kg)。両層間に砂岩(Ks)の薄層。駅天端付近に風化境界。	Km:20~60以上 kg:60以上
7k382m - 7k445m		神戸層群	断面上側は泥岩(km)断面下側は礫岩(kg)。両層間に砂岩(Ks)の薄層。泥岩で脆弱化する箇所あり。H25Bor-6(7k280m)でN値20程度。	Km, kg:60以上
7k445m - 7k461m			断面上側は泥岩(km)断面下側は礫岩(kg)。両層間に砂岩(Ks)の薄層。Km層著しく脆弱化し、固結粘土状呈す。	km:10~35 kg:60以上
7k461m - 7k474m		崖錐堆積物	断面上側は崖錐層(dt, 粘土)。断面中に神戸層群と大阪層群の境界あり。両層とも脆弱化する。	dt:3~9 km:10~35 Os:5~35
7k474m - 7k543m		大阪層群 北側丘陵	大阪層群が分布。断面上側は砂(Os)、断面下側は粘土(Oc)。脆弱化し土砂状呈す。	Oc:5~35
7k543m - 7k569m			大阪層群砂(Os)。断面上側の一部は粘土(Oc)。小野原断層の破碎ゾーン。	Os:50~60
7k569m - 7k577m			大阪層群粘土(Oc)~砂(Os)。大阪層群脆弱化。	Oc:8~37
7k577m - 7k688m		崖錐堆積物 ~埋土	崖錐堆積物(dt, 砂主体)~埋土が分布。断面下側は大阪層群砂(Os)。脆弱化する。	dt,B:3~5

2) シールド施工上留意すべき地盤

シールド施工上、留意すべき地盤を考察する。

① 高水圧の砂及び砂礫層

砂礫層の切羽にかかる水圧は、大阪層群(南側:0sg~0g層)では100KN/m²程度(H25Bor-2孔)、神戸層群(kalt(s)の礫混入層)では200 KN/m²程度(H25Bor-3孔)を想定。

② 崩壊性砂層

崩壊性の砂層とは、均等係数が小さいために自立性に乏しい砂層で、僅かな土圧バランスの乱れで崩壊を起こしやすい特徴を有する。

調査区間の大坂層群は、細粒土分が多く均等係数も大きく、概ね崩壊性砂層には当たらないと評価する。

③ 軟弱なシルト・粘土層

トンネル施工区間は、大阪層群および神戸層群が分布しており、軟弱なシルト・粘土層は出現しない。

④ 硬軟地層の境界

大阪層群(南側)と神戸層群は、6k500m付近に境界がある。両層の境界は、大阪層群が最下部層の砂礫層で、神戸層群が礫岩であることから、大きな固結差は無いと考えられるが、透水性等が異なる可能性が高い。

⑤ 礫層の評価

- 0sg層：礫径2~20mm(最大90mm)、礫種頁岩、チャート、緑色岩等、礫硬質(ハンマーで鈍い金属音)～やや軟質(鈍い濁音)、砂やシルト層を挟在。
- 0g層：礫径2~30mm(最大120mm)、礫種頁岩、チャート、緑色岩等、礫硬質～やや軟質、基質は粘土～砂。
- Ksg層：礫径2~40mm(最大180mm)、礫種頁岩、チャート、凝灰岩、流紋岩、緑色岩、礫硬質、基質は砂を主
- kalt(s)層：6k500m~6k800m間では礫の混入も見られる。礫径2~25mm(最大120mm)で点在。

上記の最大礫径はボーリングで確認した径を3倍して記載(一般的に、ボーリングでの礫径の3倍程度の礫が存在すると評価される)。

⑥ 地下水状況

地質は細互層状を呈す。砂・砂礫及び砂岩・礫岩に水が帯水している状況と考えられ、透水係数は 10^{-5} ~ 10^{-8} オーダーとバラツキ見られる。下位側の層に上位層の水頭より被圧する水頭は有していない。表層付近の0s~0c層(砂優勢区間)に初期水位見られるが、0alt層挿入後、水位低下する。地表より2層目の0c層(砂優勢区間)にボーリング掘削時の逸水ゾーン(H24No.1, No.2, Bor-0で確認)が確認される。水道と判断する。

3) 開削工法区間

調査区間では、以下の区間で開削工法が検討されている。

表 3-1-3. 開削工法区間一覧表

名称	対象範囲	出現地質	実施ボーリング
開削トンネル 箕面船場駅	7k152m~7k382m	神戸層群 (Kalt(s), Km, Ks, Kg)	Bor-②、Bor-⑯ H25Bor-5、H25Bor-6 H25Bor-7
開削トンネル 一般部	7k382m~7k688m	神戸層群 (Km, Ks, Kg) 崖錐堆積物 (dt) 大阪層群 (北側丘陵: 0s, 0c)	H25Bor-8、Bor-⑳ H25Bor-9、H24No. 6 H25Bor-10、H25Bor-11 H25Bor-12
立坑	6k233m~6k270m	大阪層群 (南側: 0c, 0s, 0alt)	H24No. 1

A 箕面船場駅

① 掘削底面の破壊及び地下水対策

地下水頭はKalt(s)層とKg層の2層確認。Kalt(s)層はトンネル掘削底面から10m以上の水頭を有し透水係数は 10^{-5} ~ 10^{-8} オーダー。下位のKg層は透水係数 10^{-5} ~ 10^{-8} オーダーとなる。水頭はKg層がKalt(s)層より低い。なおKg層より下位のKalt(s)層に被圧水が確認された(H25Bor-7孔29.0~31.0mでGL-1.51mまで被圧)。

横断方向の地下水は、Bor-②とBor-⑯(測点7km152m)、Bor-⑳とH25Bor-8(測点7km390m)より、西から東への傾斜(東落ち)であると判断される。

② 剖削方法

箕面船場駅計画箇所には、表層風化層を除き $V_s=310\sim 820\text{m/sec}$ 程度 (N 値 60~300) の神戸層群が分布する。

一般に岩盤の剖削指標は、 V_p 速度で判断される。箕面船場駅計画箇所の V_p は、表層付近の風化部を除くと、1.79~2.56km/sec の値が得られており、リッパ限界付近の速度となる。

但し、ボーリングコア状況から固結度は低いと想定され、岩石試験の超音波伝播速度では、一部に $V_p=2\text{km/sec}$ 以上となる試料も見られるが、概ね 1km/sec 以下の値を示すことから、2km/sec の箇所を硬質礫（軟質岩中にある硬質箇所の意味）と考えた場合、リッパ作業が可能であると判断する。

B 7k382m~7k688m付近の開削トンネル

① 剖削底面の破壊及び地下水対策

神戸層群分布範囲 (7k470m付近まで) は、1.5D 以上の土被りがあり、Kg 層はトンネル剖削底面から 10m 以上の水頭を有する。透水係数は 10^{-7} オーダー以下と小さいが、トンネル剖削底面付近に礫岩が分布すること、神戸層群と大阪層群の境界付近に位置することから、帶水等の可能性がある。

小野原断層付近 (H25Bor-10: 14.0~16.9m) では、平衡水位は 13.95m と低いが透水係数が 10^{-6} オーダーを示し、小野原断層に沿った「水道」が存在する可能性がある。

② 剖削方法

神戸層群分布箇所は、開削トンネル計画箇所には $V_s=280\sim 490\text{m/sec}$ 程度 (N 値 60~300) の層として分布。

ここも、箕面船場駅計画箇所と同様の地層であるため、リッパ作業が可能であると判断する。

③ 土圧

大阪層群分布範囲 (7k470m付近より終点側) は、トンネル断面付近の地質が概ね脆弱化していること、小野原断層箇所では地質がもまれ 55~60° 程度に傾斜している。

4) 立坑

調査区間では、6k233m~6k270m間に立坑が計画されている。立坑掘削は、一般トンネル部に比べ掘削深さが深く、先行して掘削することから地下水が集中しやすい状況になる。

大阪層群南側は、地質が細互層状を呈し透水係数は $10^{-5}\sim 10^{-8}$ オーダーとバラツキ見られる。0c 層の砂優勢区間にボーリング掘削時の逸水ゾーン (H24No. 1, No. 2, Bor-0 で確認) が確認される（水道と判断）。一方で、大きな被圧水は有しない。よって、多量の湧水を生じる可能性は低いと考えるが、地下水対策の検討は必要となる。

5) 断層

7k550m 付近に小野原断層の分布を想定。

ボーリング結果より、H25Bor-10 孔の 11.85m~12.25m には強くもまれた粘土分布、高角度 (55~60°) の面に鏡肌あり、H25Bor-10 孔 4.5m~25.83m 間は地層構造の変化激しい (12~60°)。H25Bor-11 孔では、29.1~29.8m に亀裂沿いコアもまれ軟質で粘性土状呈す粘土分布。但し、周辺コアの地質構造は安定している。

小野原断層付近は、7k543m~7k569m (H25Bor-10 孔 4.5m~25.83m) を小野原断層破碎ゾーンと評価し、7k610m 付近を小野原断層の派生断層と評価した。

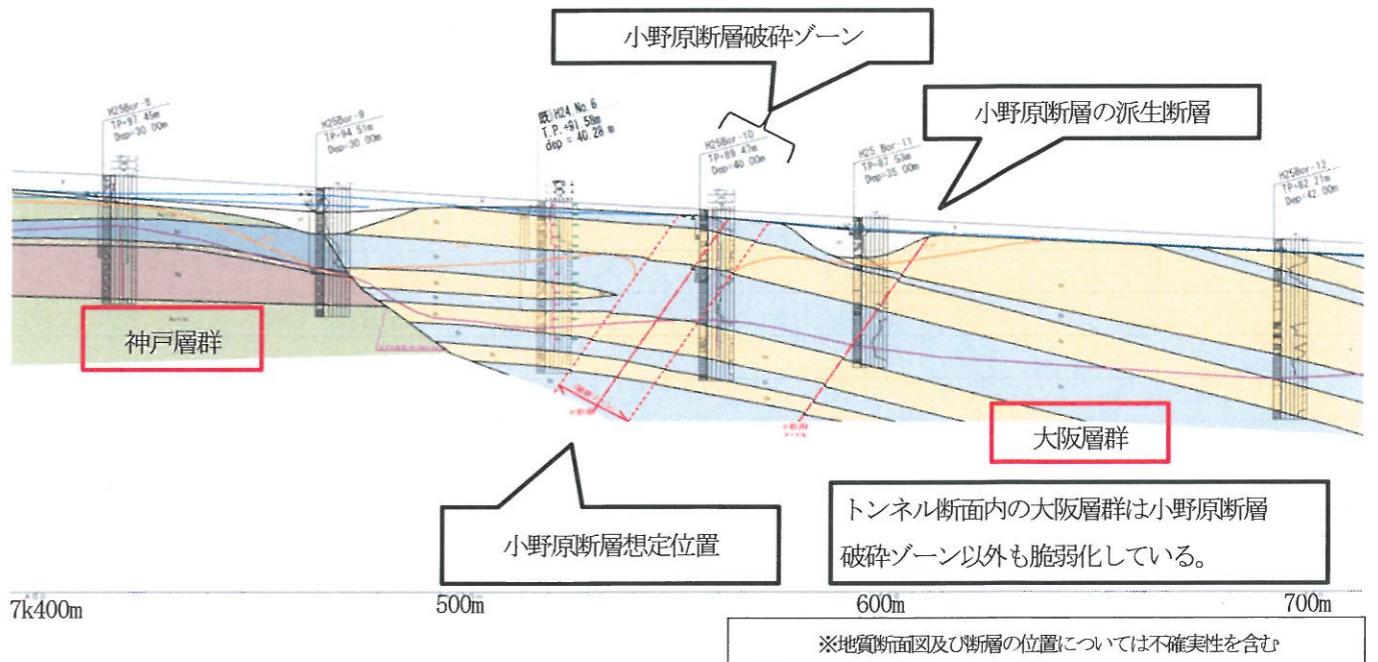


図 3-1-2. 小野原断層付近の地質状況 (縦横比 1:1)

6) 土中ガス

本年度の調査では、土中ガスの存在は確認されない。但し、平成 24 年調査時に、大阪層群（南側）の H24No. 1 孔 (6k228m) の表層付近で、一酸化炭素が法令上の抑制値を超える値が観測している。

大阪層群（南側）は、有機物等の混入が殆ど見られず、海成粘土も分布しないと考えられることから、多量のガス流出の可能性は低い。

7) 液状化について

トンネル施工箇所には、崖錐堆積物層と大阪層群と神戸層群が分布しており、基本的には液状化の対象外となる層が多い。但し、6k000m~6k093m の範囲には、崖錐堆積物層と洪積の大坂層群ではあるが、 N 値が 13~42 と比較的緩い砂層が分布することから、参考までに液状化の検討は行った方が良いと判断する。

(4) 高架橋施工区間

1) 地盤の透水性

高架橋区間の地下水状態は、初期水位は、概ね段丘堆積物層中の GL-5m付近に確認（透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-7}$ オーダー）。大阪層群の砂層 Os 層は、透水係数は $10^{-7} \sim 10^{-8}$ オーダーで下位側の層に上位層の水頭より被圧する水頭は有していない。ボーリング時、孔壁の安定に特に問題なく、循環泥水の大幅な希釈も見られない。

2) 液状化について

高架橋施工箇所には、洪積の段丘堆積物層と大阪層群が分布しており、基本的に液状化の対象外となる層が分布する。但し、地下水位が 5m 前後と浅いこと、20m 以内の砂層は N 値が低い箇所も多いことから、参考までに液状化の検討は行った方が良いと判断する。

3) 地層構成及び地質構造

表 3-1-4. 高架橋施工区間の地層構成一覧表

時代	地層名	地質記号	特徴
第四紀 現世	盛土・埋土層	B	現道施工時の埋土。層厚1~3m程度で分布（現橋梁付近の H26Bor-1 孔は 5m）。礫混り砂、シルト混り砂、砂質粘土等の不均質な層。
	粘性土層	Tc	砂、礫を混入するシルト～粘土。北側平野全域に薄層状に分布（Bor-⑧, Bor-⑪, ⑫, ⑬, ⑭, ⑮で確認）。
	有機質土層	Tp	有機質～有機物混り粘土。Tg 層中に薄層状に分布（H25Bor-14 で確認）。
	砂質土層	Ts	シルト質砂～砂。8k400m より終点側を除く調査地全域に分布（Bor-④, H26Bor-1, Bor-⑤, ⑧, Bor-⑪, ⑫, ⑬, H25Bor-14, Bor-⑯ で確認）。
第四紀 更新世～鮮新世	砂礫層	Tg	径 2~80mm の硬質礫混入する砂礫層。基質は砂～粘土。主に 8k300m 付近より北側（終点側）に分布（H25Bor-14, Bor-⑯, ⑰ で確認）。
	粘性土層	Oc	粘土～砂混り粘土。所々有機物を混入。北側平野全域に分布。深度 20~30m 程度までは N=10 程度。深度 30m 以深では N 値 20 以上と非常に硬い。 8k300m 付近より北側（終点側）の上～中部では、砂との細互層状（粘土優勢）を呈し、深度 55m 以深では、N 値 50 以上と非常に固結する層も確認（Bor-⑯, ⑰ される）。
	有機質土層	Op	有機質～有機物混り粘土。薄層状に断続的に分布（Bor-⑩, H25Bor-14, Bor-⑯, ⑰ で確認）。主として 8k200m 付近より北側（終点側）の上～中部に分布。
	砂質土層	Os	砂、礫混り砂、シルト混り砂等からなる。有機物が点在する箇所あり。北側平野全域に分布。7k950m までは比較的厚く分布。8k300m 付近より北側（終点側）の上～中部では粘土に細互層状に挟在。N 値 30~60 以上と締り密。

4) 断層

7k860m 付近に野畠断層の分布を想定。Bor-③-2～Bor-⑤ の間は、野畠断層の影響で地質構造が乱れている可能性があると推察され、H26Bor-1 (7k852m) が、野畠断層付近で工学的基盤面が最も深くなる形となる。

坊島断層は、新築面駅より北側の 8k550m 付近に特定されたため、高架橋施工には大きな影響は与えないと想定する。

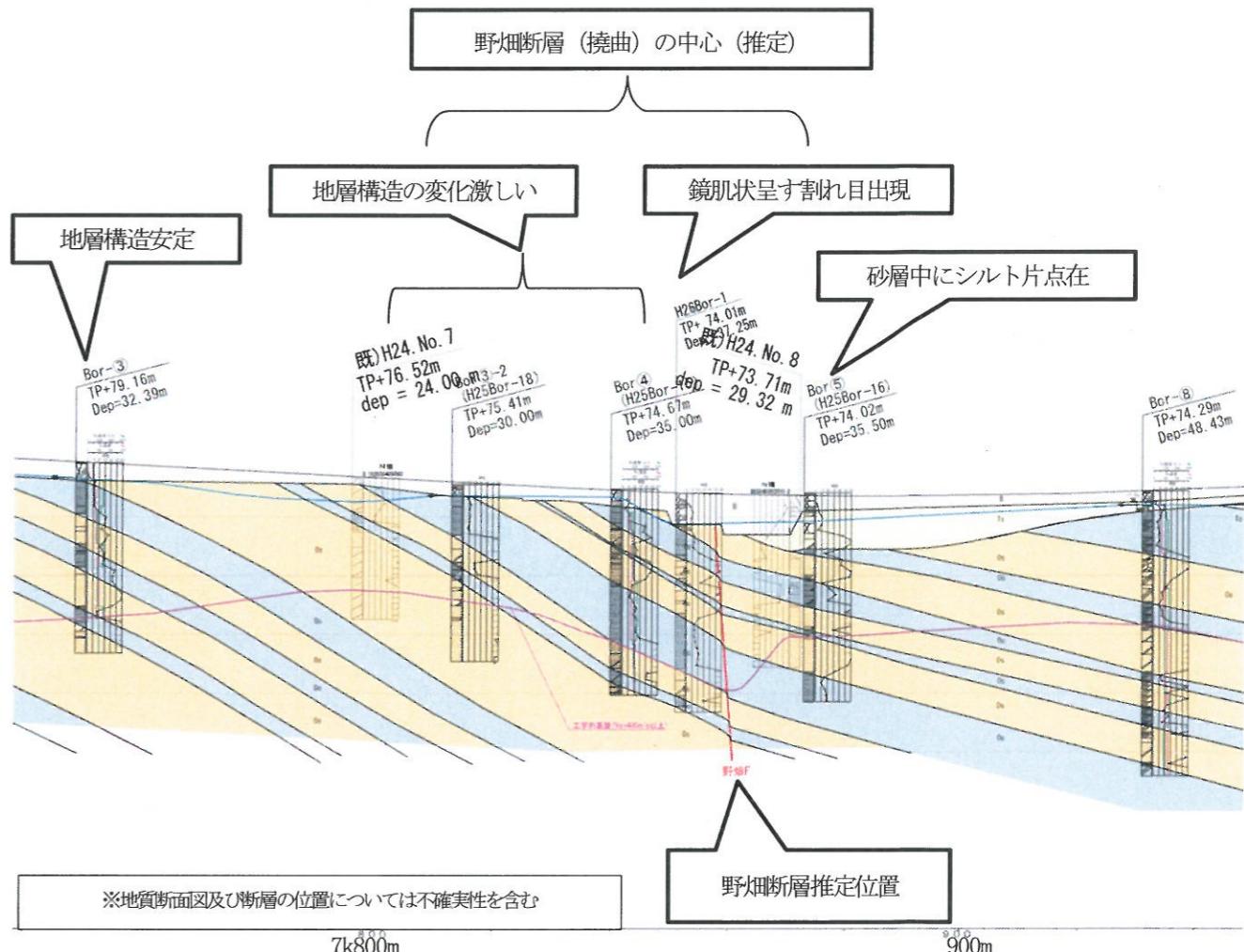


図 3-1-3. 野畠断層付近の地質状況 (縦横比 1:1)

5) 土中ガス

ケーソン基礎の場合、土中ガスに対する注意が必要となる。H24 年及び本年の調査結果より、土中ガスの存在は確認されていないが、8k200m 付近より終点側では有機物が混入する層 (Op) は分布していることより、設計施工時に留意しておく必要はある。

6) 圧密沈下

支持層下位に分布する粘性土の圧密沈下であるが、深い深度の粘土層は概ね N 値が 20 以上あり、浅い深度の粘性土でも圧密状態は $OCR=2.5 \sim 21.2$ の過圧密粘土である。通常の圧密沈下は生じないと想定する。