

平成 23 年度

仙台市荒井西土地区画整理事業組合
設立認可申請書作成業務

地質調査編
報 告 書

平成 24 年 8 月

(株)パスコ・(株)三洋設計共同企業体

目 次

1. 業務概要	1
2. 実施数量	4
3. 調査手順および調査方法	5
3.1 調査手順	5
3.2 調査方法	6
4. 地形地質概要	12
4.1 地形概要	12
4.2 地質概要	13
5. 総合解析とりまとめ	15
5.1 調査地域及び調査地点.....	15
5.2 ボーリング結果	16
5.3 室内土質試験結果.....	27
5.4 設計 CBR 試験結果.....	37
5.5 地盤定数の設定	39
6. 軟弱地盤解析	43
6.1 検討手順	43
6.2 地盤の液状化の検討	44
6.3 検討条件	50
6.4 解析算定式.....	56
6.5 現状解析結果	59
6.6 対策工の必要性有無の検討	69
6.7 工区区分の検討	70

< 巻 末 資 料 >

- ボーリング柱状図およびコア写真
- スウェーデン式サウンディング試験結果
- 室内土質試験結果
- 液状化判定計算結果
- 沈下・安定計算データシート
- 現 場 写 真

< 付 図 >

- 地層想定縦断図（H=1：2,500, V=1：200）……2 葉

< 別 途 納 入 品 >

- 土 質 標 本 …………… 1 式

1. 業務概要

- ① 業 務 名 : 平成 23 年度 仙台市荒井西土地地区画整理事業組合設立認可申請書作成業務
- ② 実施箇所 : 仙台市若林区荒井西土地地区画整理事業地内
- ③ 工 期 : 平成 23 年 12 月 1 日～平成 24 年 8 月 30 日
- ④ 業務目的 : 宅地造成区域の地盤構成と性状を把握するとともに軟弱地盤解析を行い、宅地造成の設計資料に資することを目的とする。
- ⑤ 発 注 者 : 仙台市荒井西土地地区画整理組合設立準備委員会
- ⑥ 受 注 者 : (株)パスコ・(株)三洋設計共同企業体

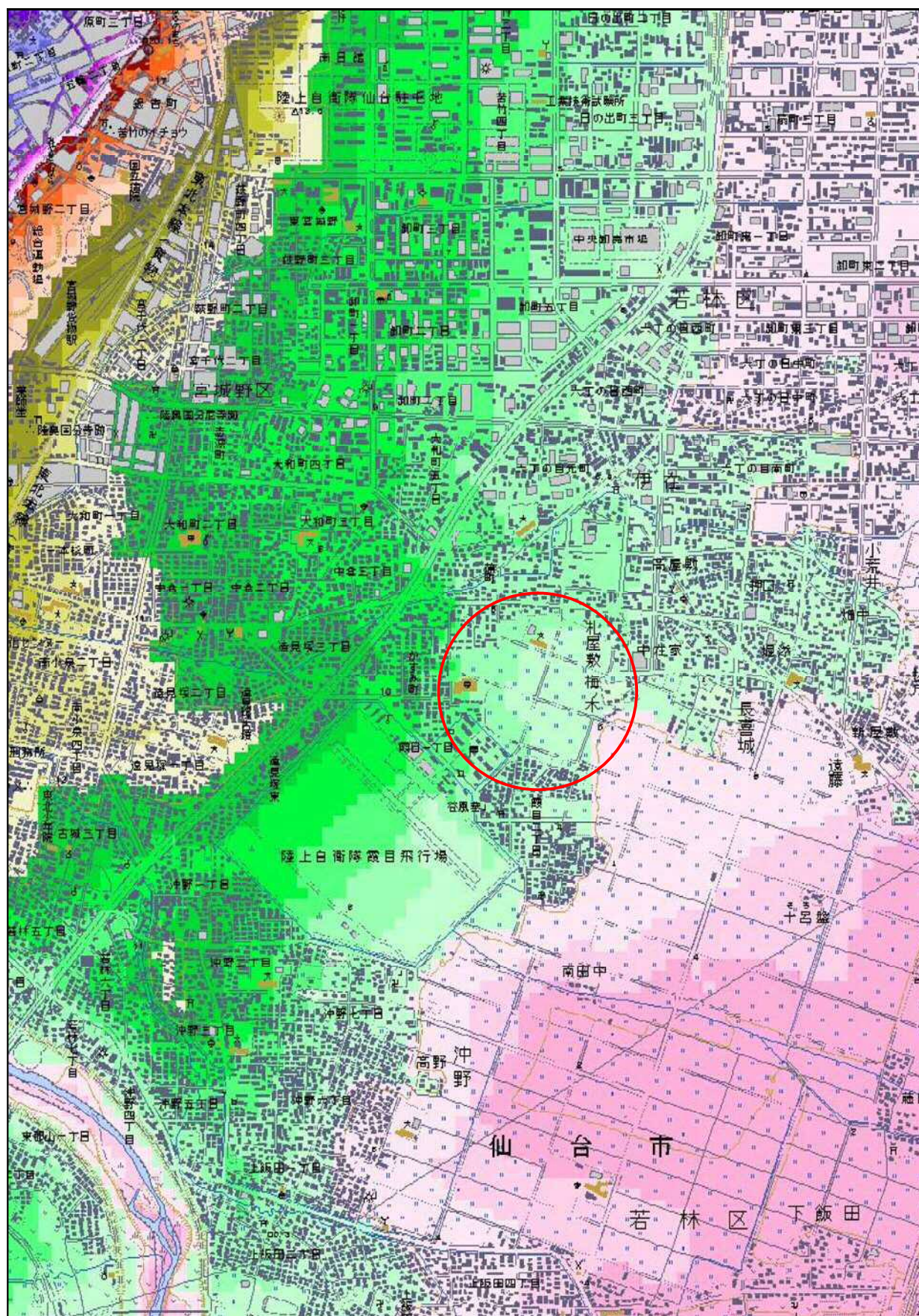
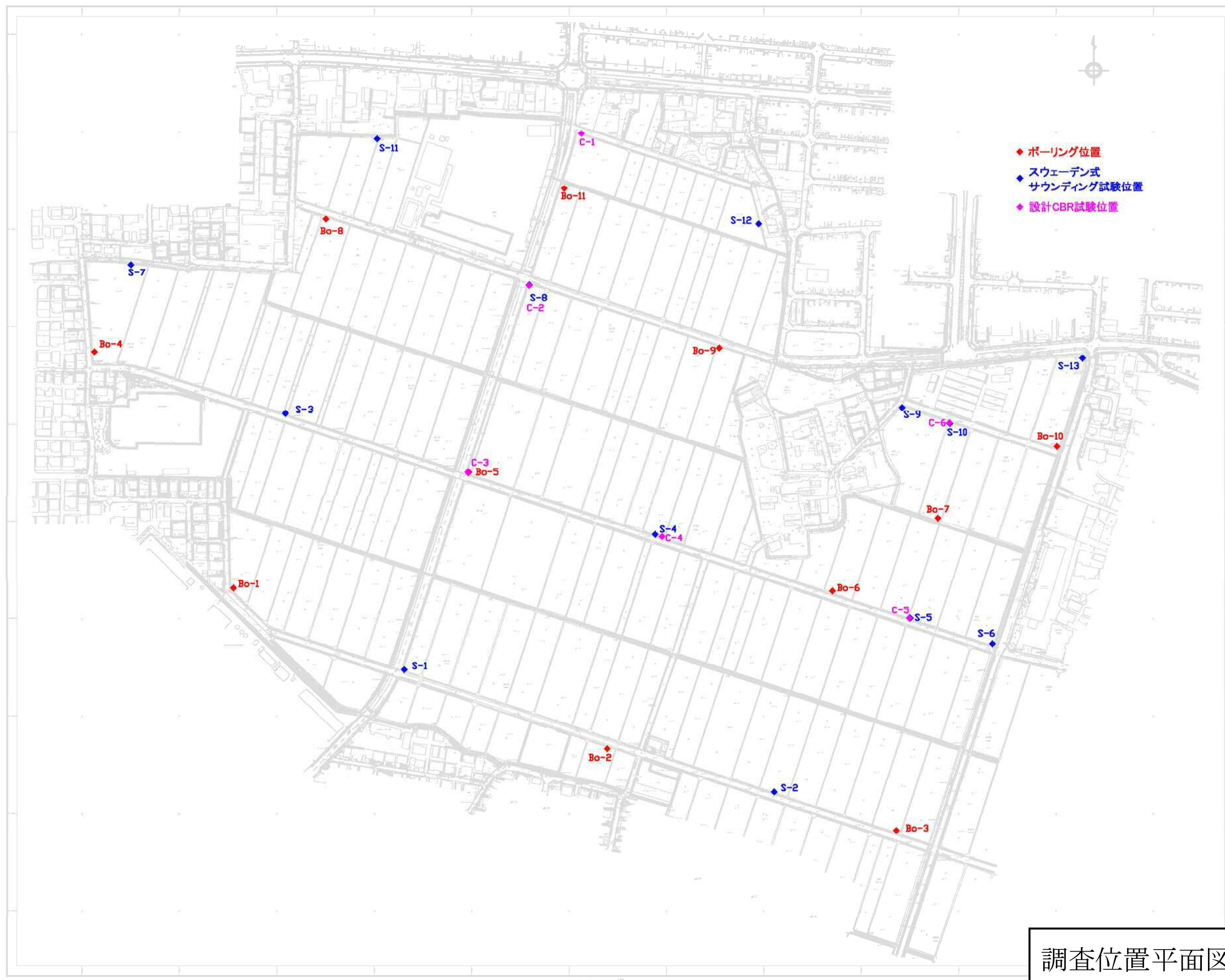


図 1-1 調査地案内図 (S=1:25,000)



調査位置平面図 S=1:4000

2. 実施数量

表 2-1 実施数量

項目			孔番	Bo-1	Bo-2	Bo-3	Bo-4	Bo-5	Bo-6	Bo-7	Bo-8	Bo-9	Bo-10	Bo-11	試料採取	合 計
				実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	実 施	
機械ボーリング	φ 86mm ノンコア	シルト・粘土	m	6.00	3.00	1.45	6.65	2.30	1.70	0.90	5.50	1.50	2.00	3.60		34.60
		砂・砂質土		0.50	0.00	1.05	0.85	1.70	1.30	2.60	0.00	2.50	0.00	1.20		11.70
		礫混り土		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
		小計		6.50	3.00	2.50	7.50	4.00	3.00	3.50	5.50	4.00	2.00	4.80		46.30
	φ 66mm オールコア	シルト・粘土		10.10	4.35	2.45	8.65	3.70	3.25	2.35	7.35	2.85	4.25	5.75		55.05
		砂・砂質土		1.05	3.65	12.45	1.40	6.30	11.45	12.35	0.00	6.15	10.75	4.25		69.80
		礫混り土		6.85	0.00	3.10	9.95	0.00	3.30	3.30	5.65	0.00	0.00	0.00		32.15
		小計		18.00	8.00	18.00	20.00	10.00	18.00	18.00	13.00	9.00	15.00	10.00		157.00
	合計			18.00	8.00	20.50	27.50	14.00	21.00	21.50	18.50	9.00	17.00	14.80		203.30
標準貫入試験 原位置	シルト・粘土	回	9	4	2	9	3	3	2	7	2	3	5		49	
	砂・砂質土		1	4	12	1	7	11	12	0	7	11	5		71	
	礫混り土		8	0	4	10	0	4	4	6	0	1	0		37	
	合計		18	8	18	20	10	18	18	13	9	15	10		157	
	シワールサンプ [®] リング [®]	件	3	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2		23	
	攪乱試料採取	箇所												6	6	
	スウェーデン式 サウンディング試験	m												82.00	82.00	
室内土質試験	土粒子の密度試験	件	3	2	2	3	2	2	1	3	2	2	2		24	
	含水比試験	件	3	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2		23	
	粒度試験（フルイ・沈降）	件	3	2	2	3	2	2	1	3	2	2	2		24	
	粒度試験（砂質土）	件		1	4		2	3	3		1	3	2		19	
	液性限界試験	件	3	2	2	3	2	2	1	3	2	2	2		24	
	塑性限界試験	件	3	2	2	3	2	2	1	3	2	2	2		24	
	土の湿潤密度試験	件	3	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2		23	
	一軸圧縮試験	件	3	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2		23	
	圧密試験	件	3	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2		23	
	設計 CBR 試験	件												7	7	
現場小運搬	トラック	回	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1		12	
仮設足場	平坦地足場	箇所	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1		12	

スウェーデン式サウンディング試験内訳

番号	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	合計
試験深度	5.75	6.25	10.53	5.42	4.92	4.92	7.98	6.64	5.50	5.38	9.25	4.21	5.25	82.00

資料整理取りまとめ	BorN=11本 SWDN=13本				
断面図作成	縦横断 9断面				
総合解析取りまとめ					
軟弱地盤解析					
	緊急概略検討		沈下解析 3 断面	安定解析 1 断面	液状化判定 4 断面
	詳細検討	沈下解析 3 3 断面	安定解析 3 断面		

3. 調査手順および調査方法

3.1 調査手順

本業務の調査フローを図 3-1 に示す。

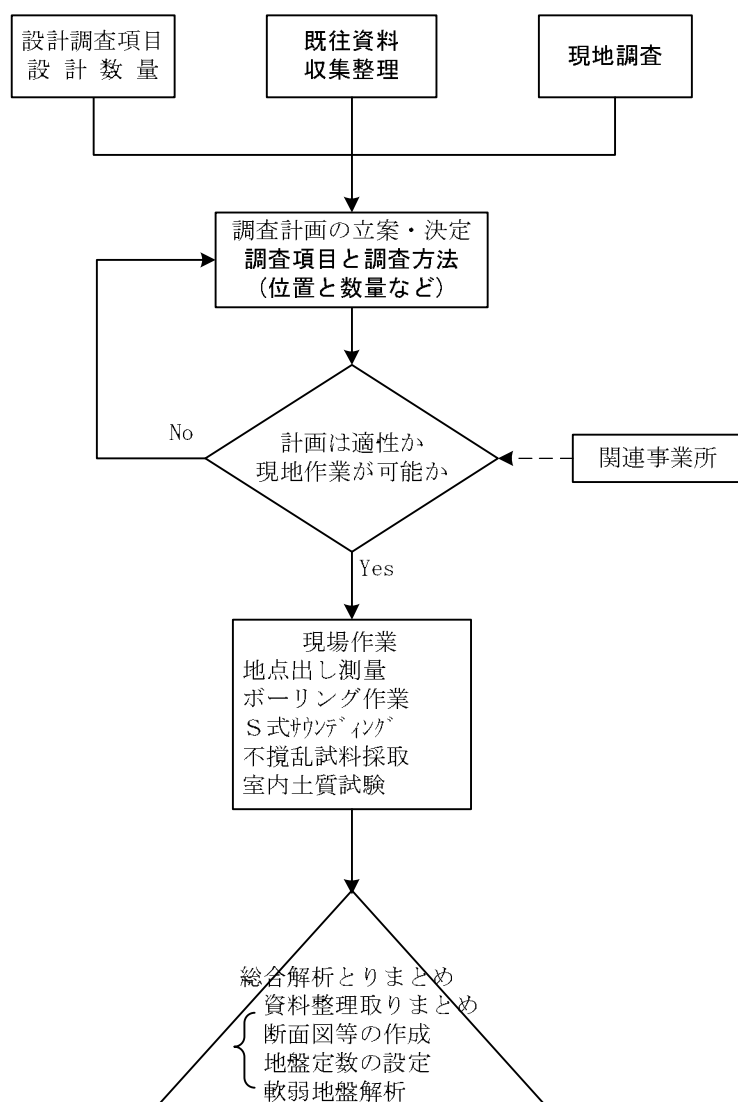


図 3-1 調査フロー

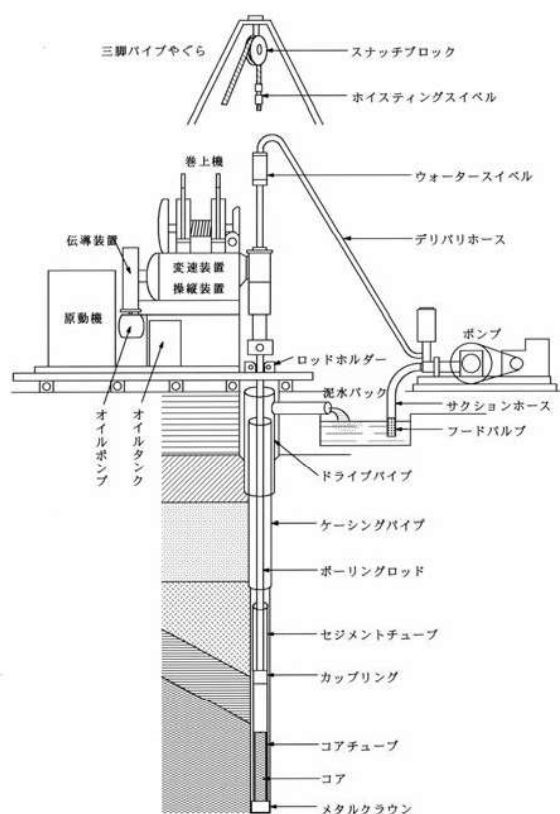
3.2 調査方法

(1) 機械ボーリング

機械ボーリングは、ロータリー式試錐機により、調査地点の地盤状況（地質・硬軟・地下水状況等）を把握すること、標準貫入試験や孔内水平載荷試験等の原位置試験を行うための孔壁を保持すること等を目的とし、孔径 $\phi 66\sim 86\text{mm}$ にて掘削した。また、孔内水位確認までは無水掘りとし、以深は孔壁崩壊防止のためのケーシングパイプの挿入と泥水使用を適宜選定してコア採取率向上に努めた。

採取したコアはコア箱に整理し、土質の状態を観察してボーリング柱状図にまとめた。

図 3-2 にボーリング装置の概略図を示す。



出典：「ボーリングポケットブック」（全国地質調査業協会連合会）

図 3-2 ボーリング機械概略図

(2) 標準貫入試験

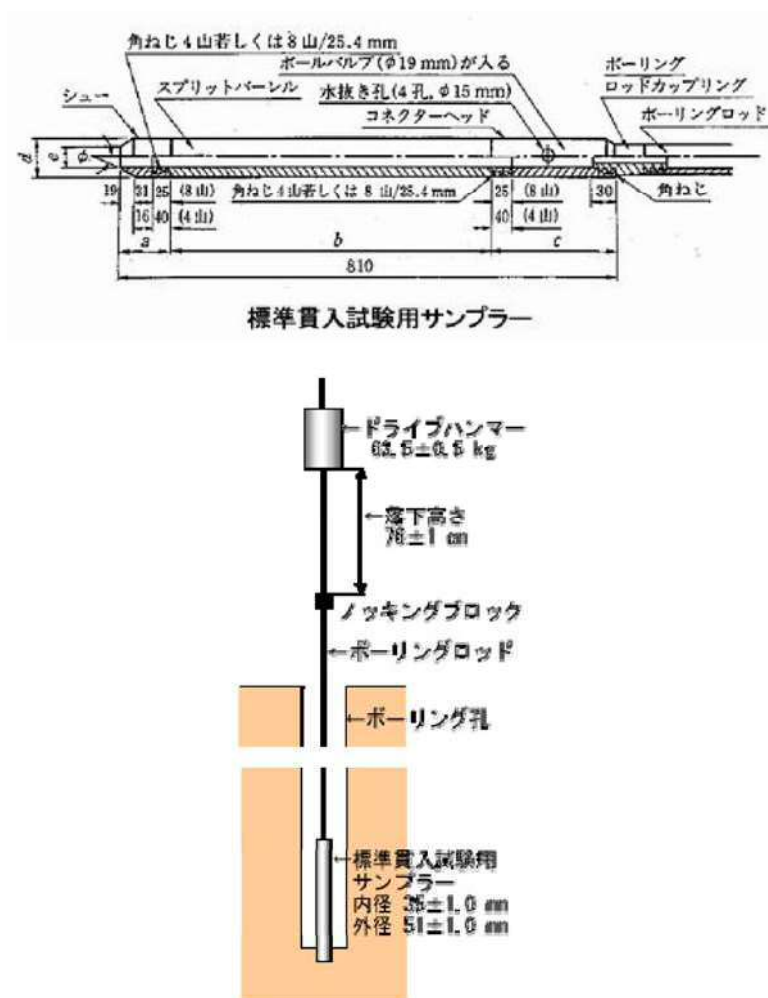
標準貫入試験は、地盤の硬軟あるいは締まり具合の相対値の指標である「N値」を求めるために実施した。また、試験の際に採取した試料より土質の確認を行った。

試験は、深度1 m毎を原則として実施した。その方法は、JIS A 1219 に準拠し、質量63.5kgのドライブハンマーを76cmの高さから自由落下させ、標準貫入試験用サンプラーを30cm打ち込むのに要する打撃回数を「N値」として測定した。ただし、地盤が固く打撃回数が50回を数えた時点でも貫入量が30cmに達しない場合は、その時点で試験を打ち切り、N値は打撃回数50回に対する貫入量の大きさで示した。

なお、ドライブハンマーの落下方法は半自動落下装置による自由落下法である。

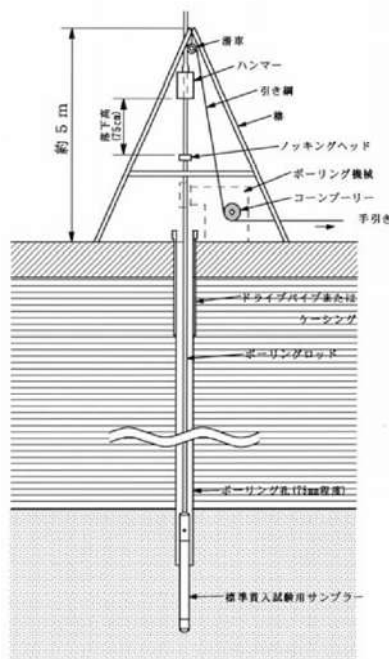
採取したコアは、ボーリングコアと共にコア箱に整理し、土質の状態を観察した。

図3-3に標準貫入試験用器具、図3-4に試験概要図、図3-5に砂の内部摩擦角とN値の関係図を示す。

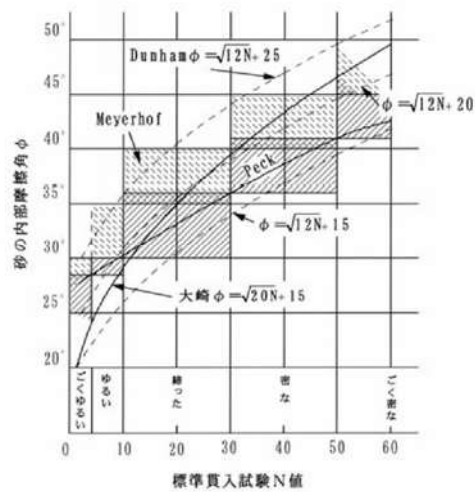


出典：「ボーリングポケットブック」（全国地質調査業協会連合会）

図 3-3 標準貫入試験器具と概要図



出典：「ボーリングポケットブック」
(全国地質調査業協会連合会)



出典：「地盤調査法」(地盤工学会)

図 3-4 標準貫入試験概要図

図 3-5 砂の内部摩擦角 ϕ と N 値の関係

また、N 値と砂質土の相対密度・内部摩擦角、N 値と粘性土のコンシステンシー・一軸圧縮強さ等の関係から、表 3-1 がよく用いられている。

表 3-1 N 値と相対密度及び相対稠度の関係

砂の相対密度、内部摩擦角と N 値との関係
(Terzaghi and Peck, Meyerhof)

N 値	相 対 密 度 (Relative Density)	$D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$	内部摩擦角 ϕ 度	
			ペックによる	マイヤホーフによる
0～4	非常に緩い (Very Loose)	0.0～0.2	28.5以下	30以下
4～10	緩い (Loose)	0.2～0.4	28.5～30	30～35
10～30	中 位 の (Medium)	0.4～0.6	30～36	35～40
30～50	密 な (Dense)	0.6～0.8	36～41	40～45
50以上	非常に密な (Very Dense)	0.8～1.0	41以上	45以上

粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さと N 値との関係
(Terzaghi and Peck)

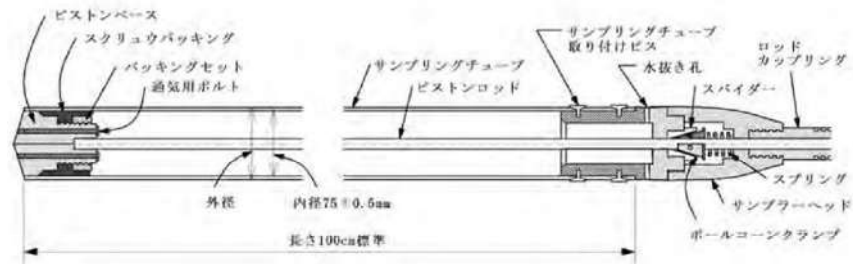
コンシステンシー	非常に軟らかい	軟らかい	中 位 の	硬 い	非常に硬い	固結した
N	2以下	2～4	4～8	8～15	15～30	30以上
q_u kN/m ² {kgf/cm ² }	25以下 {0.25以下}	25～50 {0.25～0.5}	50～100 {0.5～1.0}	100～200 {1.0～2.0}	200～400 {2.0～4.0}	400以上 {4.0以上}

出典：「地盤調査法」(地盤工学会)

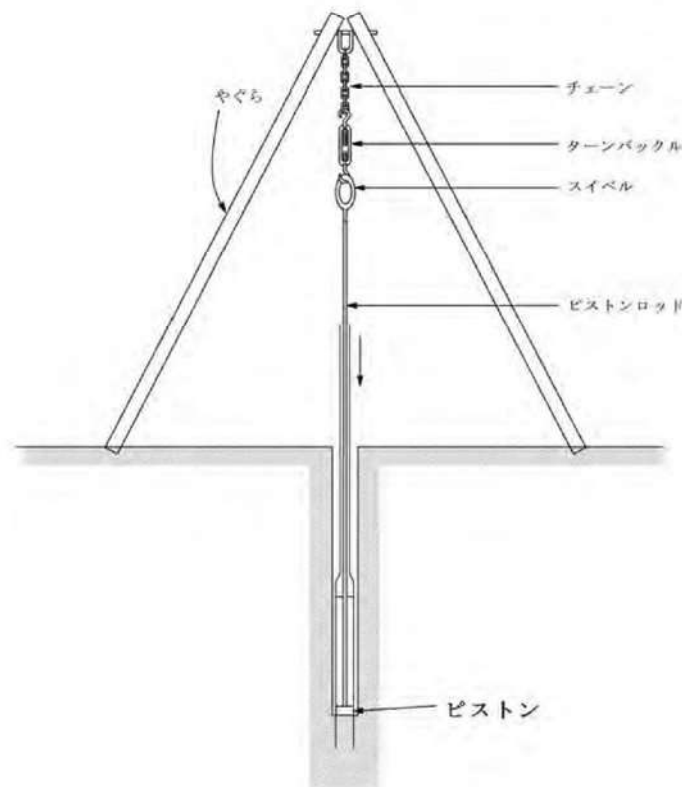
(3) シンウォールサンプリング

室内土質試験に供するための不攪乱試料採取は固定ピストン式シンウォールサンプラーで行った。サンプリングは試料採取深度まで孔径 $\phi 86\text{mm}$ で掘進し、サンプラーの押し込みは衝撃を与えないように注意深く連続的に行い、サンプラーの引き上げは衝撃を与えないよう注意しながら速やかに行った。採取された試料は直ちにパラフィンでシールし、衝撃や振動などを与えないように注意して速やかに運搬して土質試験に供した。

図 3-6 にシンウォールサンプリングの概略図を示す。



固定ピストン式シンウォールサンプラー



出典：「ボーリングポケットブック」(全国地質調査業協会連合会)

図 3-6 シンウォールサンプリング概略図

(4) 室内土質試験

室内土質試験は表 3-2 の項目を JIS 及び JGS 規格に基づいて実施した。

表 3-2 室内土質試験

試験項目		試験結果から 得られる主な値	試験規格	
			JIS	JGS
物理 試験	土粒子の密度試験	・土粒子の密度 ρ_s	A 1202	0111
	土の含水量試験	・含水比 W_n	A 1203	0121
	土の粒度試験	・粒径加積曲線 ・均等係数 V_c ・曲率係数 U_c ・細粒分含有率 F_c	A 1204	0131
	土の液性限界試験 土の塑性限界試験	・液性限界 WL ・塑性限界 W_p ・塑性指数 I_p	A 1205	0141
	土の湿潤密度試験	・湿潤密度 ρ_t ・乾燥密度 ρ_d	A 1225	0191
力学 試験	土の一軸圧縮試験	・一軸圧縮強さ q_u ・変形係数 E_{50}	A 1216	0511
	土の圧密試験	・圧縮指数 C_c ・圧密降伏応力 P_c	A 1217	0411

(5) 室内 CBR 試験

室内 CBR 試験は路床材料を対象として採取した攪乱試料を用いて、JIS-A-1211 の規格に基づいて実施した。

4. 地形地質概要

4.1 地形概要

荒井西地区は仙台駅の南東 4km にあり、海拔標高 5m 前後の海岸沖積平野中央部に位置する。調査地周辺の地形は、西側の青葉山丘陵（Ⅲ、標高 100～200m）と西風蕃山^{ならいばんさん}－権現森丘陵（Ⅵ、標高 300m 以上）および七北田丘陵（Ⅴ、標高 60～200m）の裾部を梅田川および広瀬川によって形成された台地、及び低地（宮城野原平野）に区分される（図 4-1 参照）。宮城野原平野の海岸沿いには浜堤が形成されている。

調査地は、宮城野海岸平野の低地に位置し、旧河道（図 4-2 参照）の自然堤防と後背湿地が発達し形成されている。

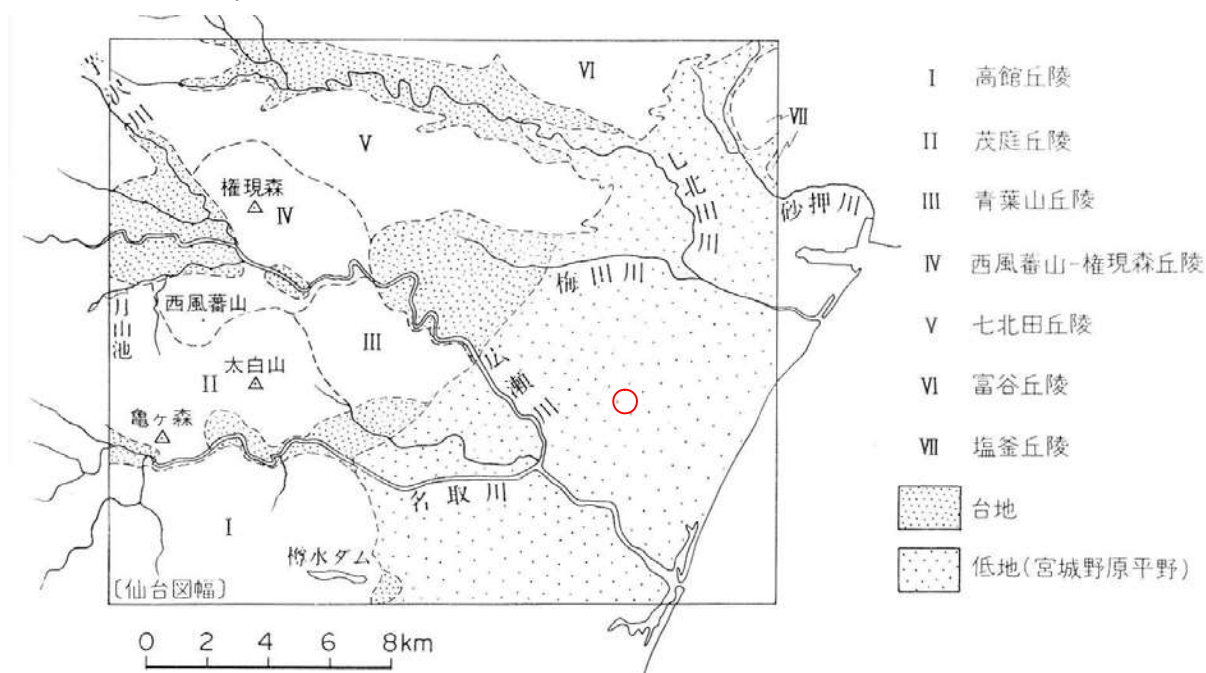


図 4-1 「仙台」図幅地域の地形区分

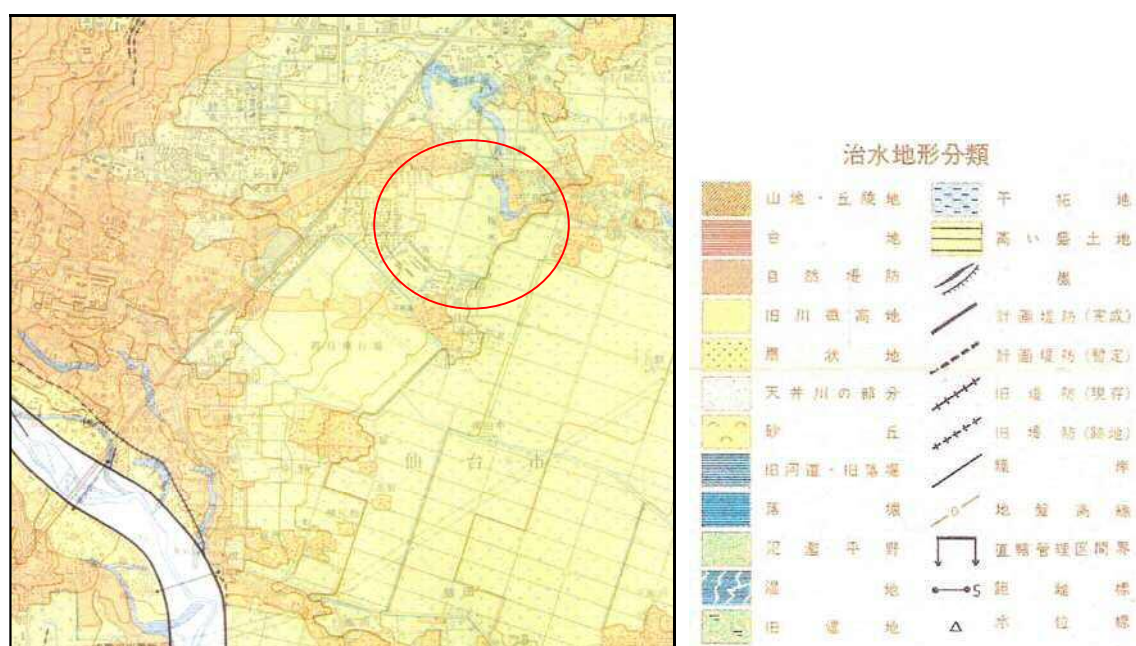


図 4-2 治水地形分類図

4.2 地質概要

仙台市周辺の表層地質図を、地質調査所「仙台地域の地質」から引用し図 4-4 に示す。前述した地形区分で青葉山丘陵と西風蕃山・^{ならいばんさん}権現森丘陵および七北田丘陵の裾部を南東方向に流下する梅田川および広瀬川によって形成された台地と低地(宮城野原平野)に区分されることから、当地区では新第三紀鮮新世の仙台層群を基盤とし、その上に第四紀洪積層や沖積層の海成及び河成堆積物、氾濫原堆積物、後背湿地性堆積物が堆積している。

仙台層群は下位から、亀岡層・竜の口層・向山層及び大年寺層の 4 層で構成され、仙台市街地周辺の丘陵に分布している。

今回の調査地区での基盤層は仙台層群の最上部層の大年寺層で、主にシルト岩・砂岩・礫岩・亜炭からなり、基底部には一般に礫岩又は礫まじり砂岩を伴っている。層厚は仙台市街地西方で最大 90m、仙台市街地南西方の丘陵では約 30～55m の厚さになっている。本調査の周辺においては第四系の下位に分布するが標高-20～-50m と起伏に富む。

第四紀の海成堆積物は未固結の粘性土からなり貝殻片を混入する。また氾濫原堆積物は未固結の礫・砂を主体とし、後背湿地性堆積物は未固結の粘性土からなり圧縮性が高い。調査地付近の第四紀沖積層の基盤深度は図 4-3 によると約 10～15m と予想される。

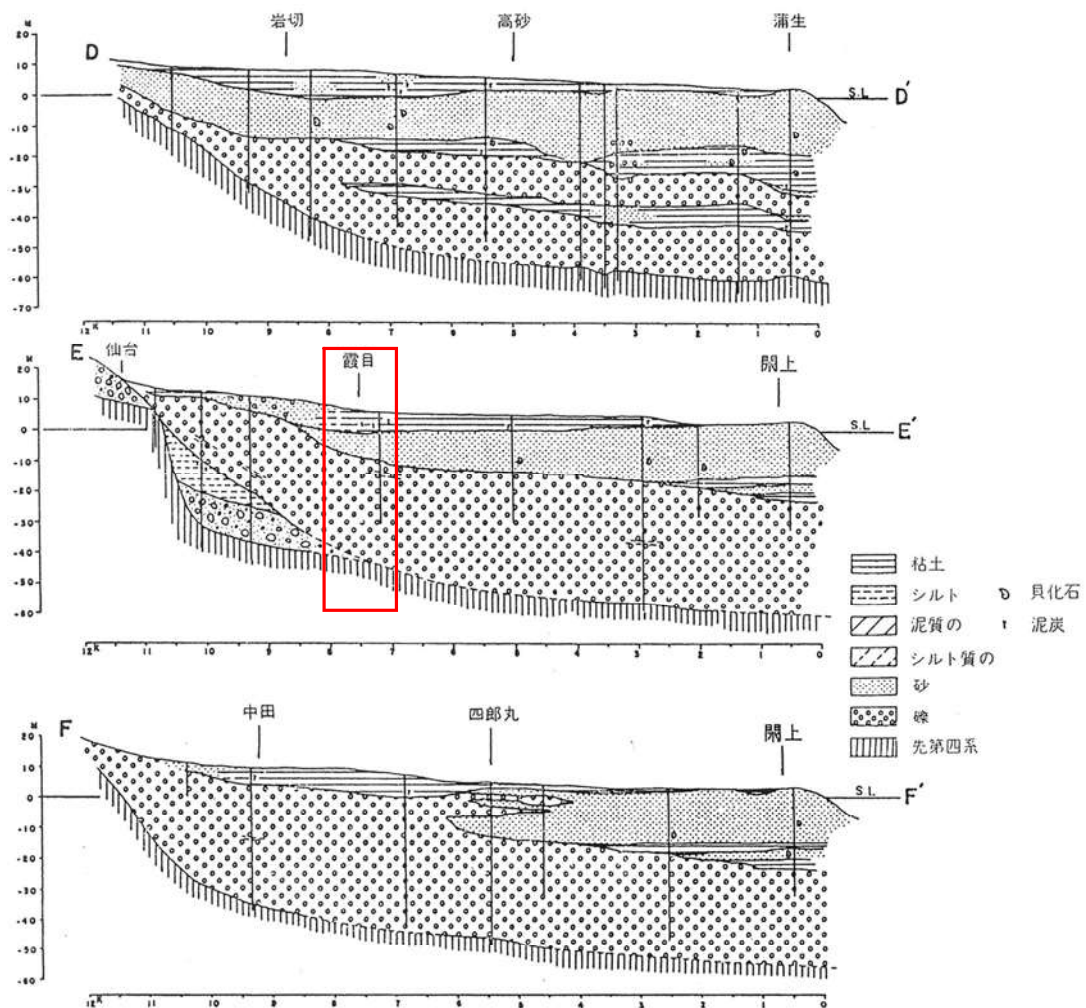


図 4-3 宮城野原平野の沖積層の地質断面図
(「仙台地域の地質」より抜粋 地質調査所)

5. 総合解析とりまとめ

5.1 調査地域及び調査地点

調査地域は、対象事業により地盤沈下に対する影響が想定される地域として事業区域内及び境界付近とした。

調査地点は、事業区域周辺の微地形等を踏まえながら、土層の断面構成が判断できる地点とし、図 5-1 に示すとおり、ボーリングの調査箇所数は、宅地開発の基準となる「仙台市開発指導要綱」を参考に、概ね 400m 四方に 1 箇所程度 (Bo-1～Bo-11 の 11 地点) とし、さらにこれらを補間して S-1～ S-13 の 13 地点でサウンディング調査を実施し、地表面下 20m 付近までの土層構成状況を明らかにした。

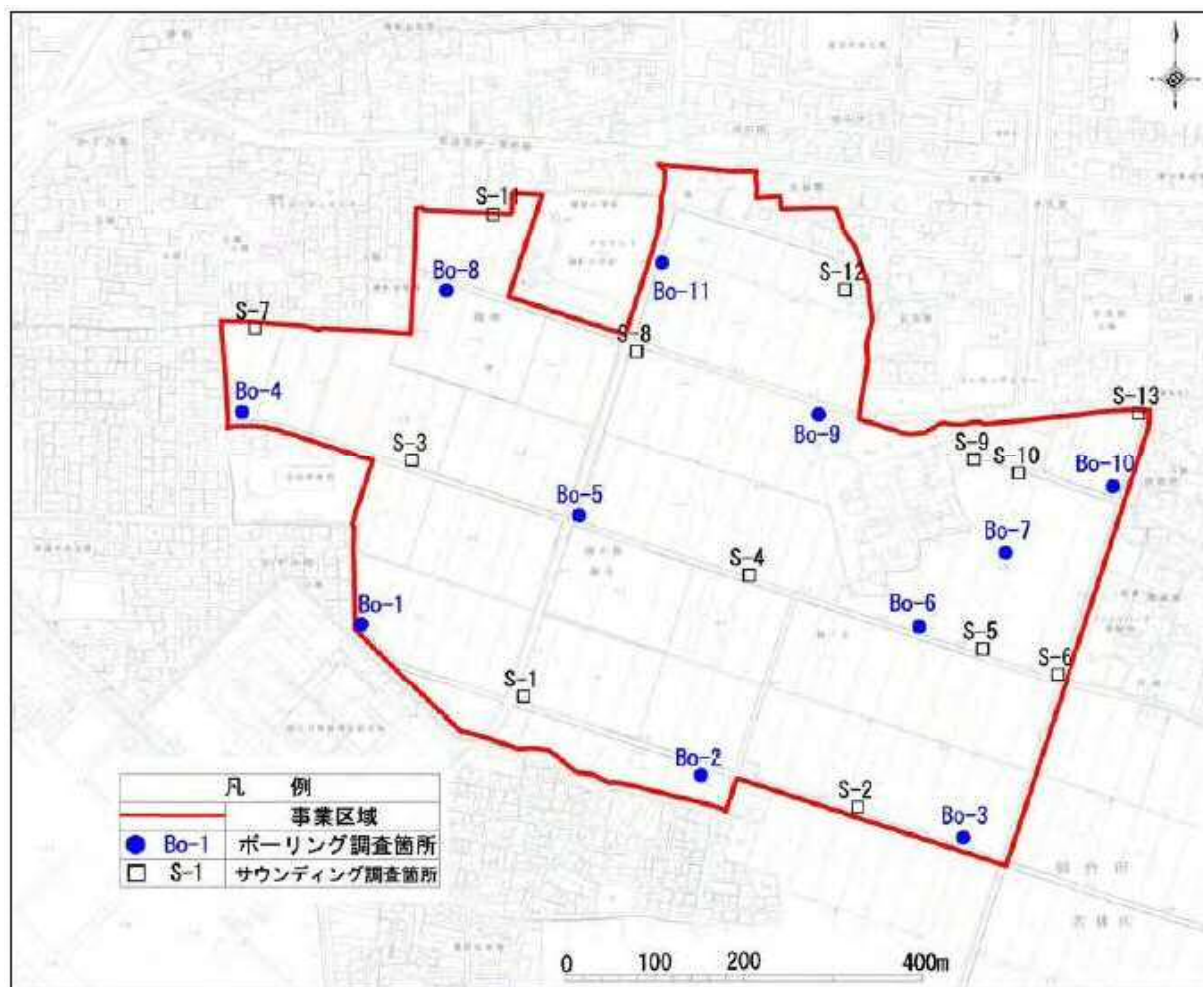


図 5-1 ボーリング調査位置

5.2 ボーリング結果

今回実施したボーリング調査およびスウェーデン式サウンディング試験から、表 5-1 に地質層序表、図 5-3(1) ～ 図 5-3(9) に地層想定断面図を示す。

調査範囲では表層部から最大厚 9m程度（表土含む）の軟弱な粘性土及び砂質土、有機質土が分布している。これらの軟弱地盤は調査地全域に分布して、特に事業区域の西側エリアにおいて層厚が厚くなる。

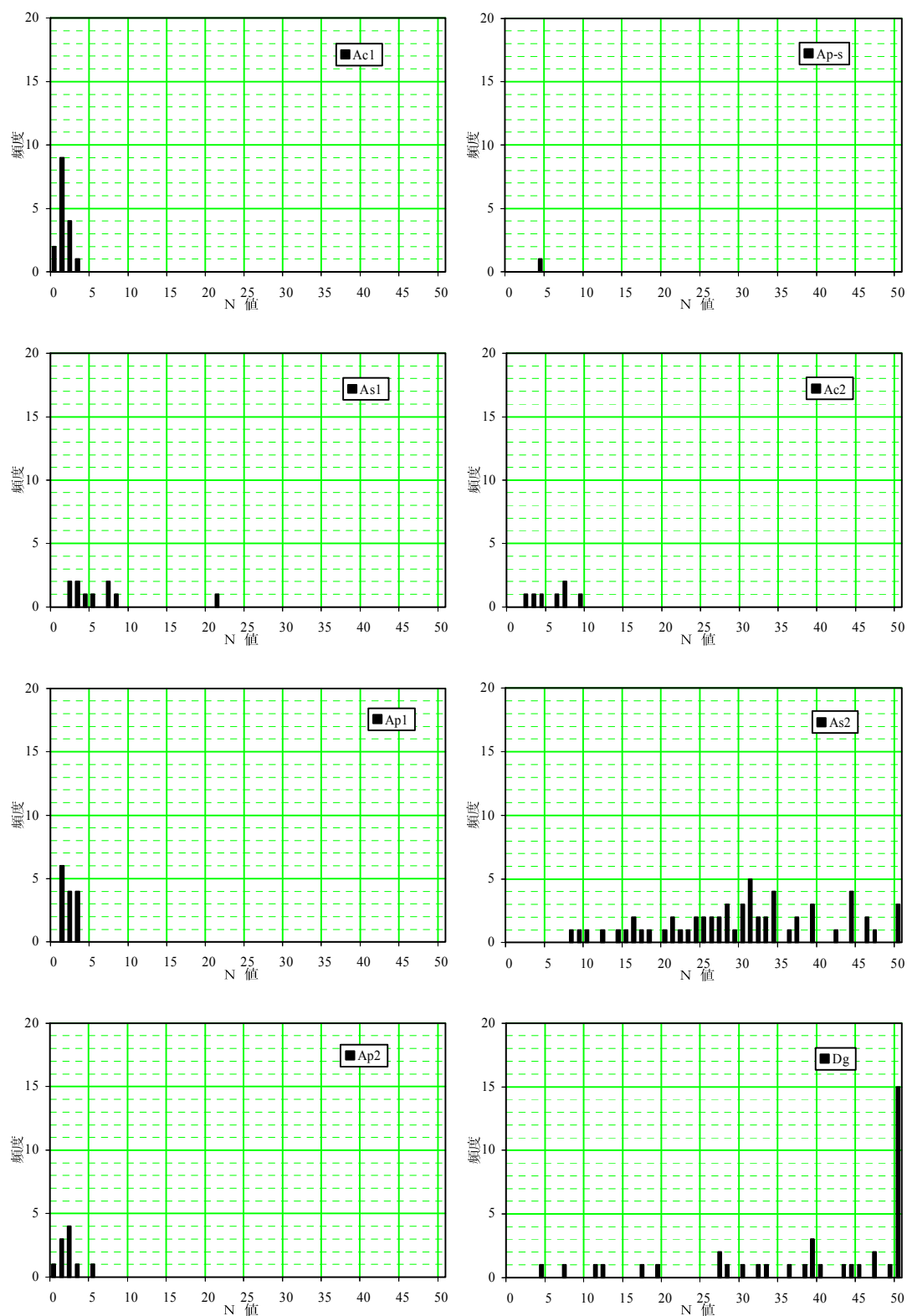
また、これらの軟弱地盤の下位には、N 値 10～30 の砂質土層が事業区域のほぼ全域に分布しており、その下位には、N 値 30 以上の砂礫層が厚く分布している。

一般的に軟弱地盤とは、粘性土でN値 4 以下、砂質土でN値 10～15 以下とされており（「道路土工－軟弱地盤対策工指針」（昭和 61 年 11 月、日本道路協会））、ボーリング調査結果からは有機粘性土(Ap 層)、第 1 粘性土(Ac1 層)、第 2 粘性土(Ac2 層)、第 1 砂質土(As1 層)がそれに該当する。

表 5-1 地質層序表

時代	地 層 名 (記 号)	N 値	層 厚 (m)	記 事
第四紀	現世			
	表土層 (ts)	—	0.25～ 0.40	耕作土主体。草根混じりの腐植質シルト～砂質シルト。調査地全体の地表に分布する。有機質シルト～砂質シルト主体。
	沖積世	第1粘性土層 (Ac1)	0～3 (1.3)	0.35～ 4.30 不均質な粘土質シルト主体。調査地全体の地表付近に分布する。粘土質シルト主体で、含水が高く軟らかい。
		第1砂質土層 (As1)	2～8 (4.7)	0.85～ 2.60 不均一な細砂主体。所々にシルト分や腐植物を含む。 (N=21 埋木障害は除外) 細砂主体で、Ac1層とAp層に挟まれて分布する。 調査地西側のA-A'断面周辺では確認されない。
		有機質粘性土層 (Ap)	0～4 (1.8)	1.05～ 3.10 不均質な粘土質シルト主体。全般に腐植物混入。含水高く軟らかい。調査地全体のAc1層・As1層の下位に分布する。特にBo-2, Bo-3, Bo-6, Bo-8付近ではWn=140～250%の有機質土が優勢のためAp2とし、それ以外のAp1と区分した。軟質なBo-1付近では細砂層(Ap-s)を挟在する。
		挟在砂質土層 (Ap-s)	4 (4.0)	0.50 均一な細砂。 少量の腐植物を混入。
		第2粘性土層 (Ac2)	2～9 (5.7)	2.05～ 4.30 砂質粘土～砂質シルト主体。所々に砂分を多く混入。 調査地の南西部 (Bo-1, Bo-4, S-3) に分布する。 Bo-1付近では細砂層 (Ac2-s) を2枚挟在する。
		挟在砂質土層 (Ac2-s)	—	0.20～ 0.35 不均一な細砂主体。 少量の細礫混入。
		第2砂質土層 (As2)	9～50 (30.4)	4.10～ 11.40 均一な細砂主体で、所により中砂～粗砂。所々に腐植物、円礫、貝殻混入。調査地の中央～東側にかけてAp層の下位にDg層を覆って広く分布する。
	洪積世	砂礫層 (Dg)	4～50 (38.5)	11.30 以上 φ2～30mmの円礫主体。最大径はφ50mm程度。マトリックスは粗砂主体で所々に粘土分混入。調査地全体の深度10～20mに広く分布する。西側で浅く、東ほど伏在深度が深くなる。

なお、調査地における N 値の頻度分布と代表的な統計値を図 5-2 にまとめた。



層記号	Ac1	As1	Ap1	Ap2	Ap-s	Ac2	As2	Dg
標本数	16	10	14	10	1	7	60	39
最小	0	1.7	1	0.0	3.6	2.0	8.0	4
最大	2.7	21.0	3.0	5.0	3.6	9.0	50.0	50
平均	1.1	6.0	1.7	1.8	3.6	5	30	38
標準偏差	0.7	5.7	0.8	1.4		2.5	10.7	13.9

図 5-2 N 値頻度グラフと主な統計値

凡例 地質層序表			
時 代		地層名	記号
第四紀	現世	表土層	ts
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層	Ac1
		第1砂質土層	As1
		有機質粘性土層	Ap
		挟在砂質土層	Ap-s
		第2粘性土層	Ac2
		挟在砂質土層	Ac2-s
		第2砂質土層	As2
	更新世 (洪積世)	砂礫層	Dg

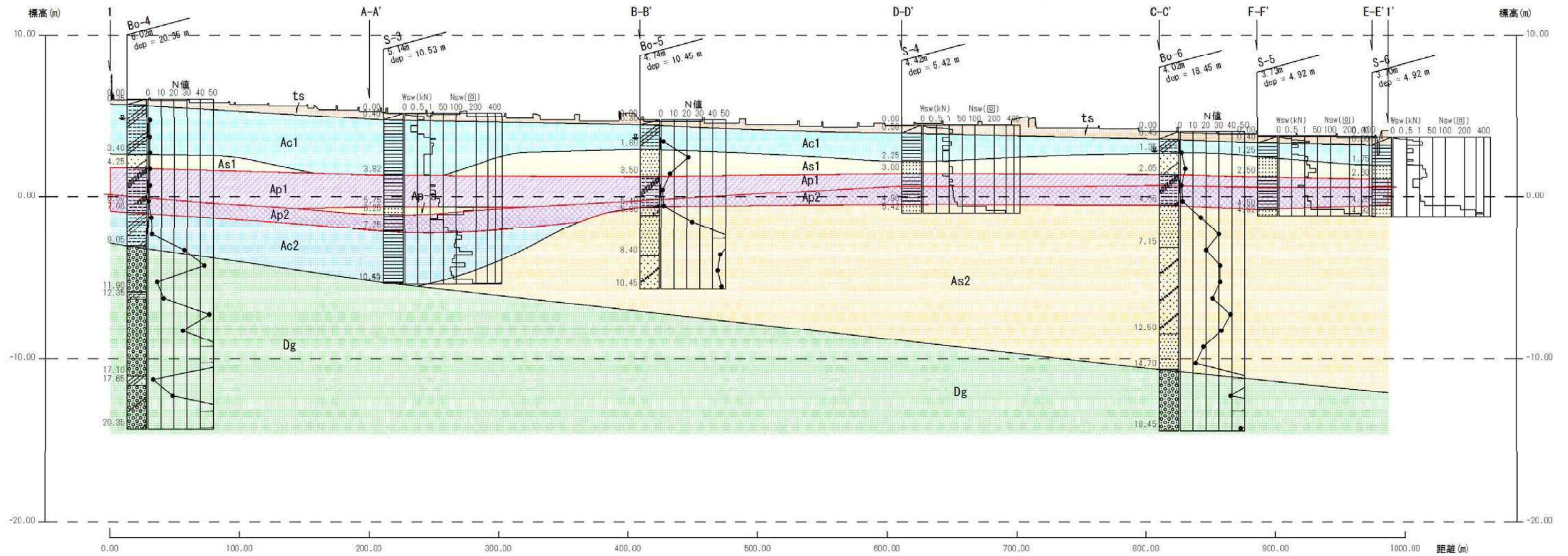
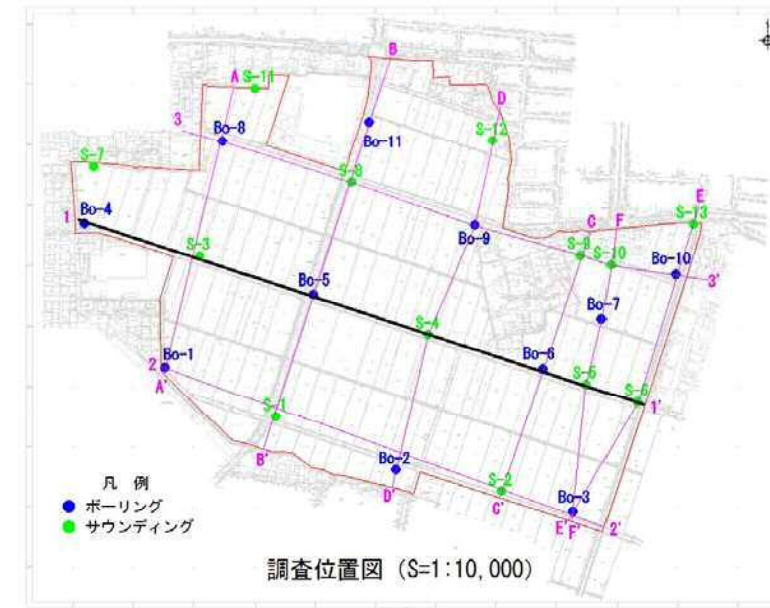
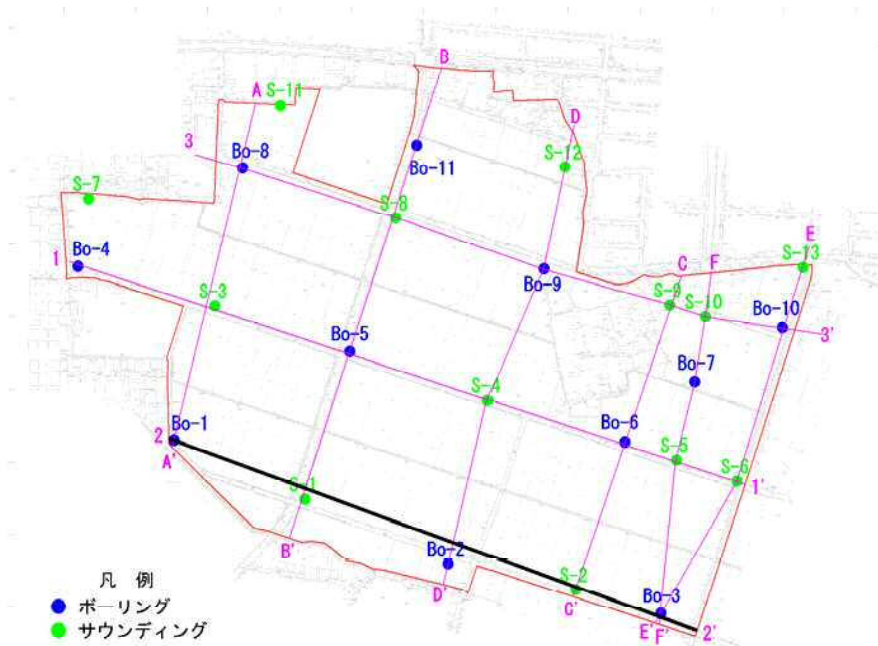


図 5-3(1) 地層想定断面図(1-1'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代	地層名	記号
第四紀	現世	表土層
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層
		第1砂質土層
		有機質粘性土層
		挟在砂質土層
		第2粘性土層
		挟在砂質土層
		第2砂質土層
	更新世 (洪積世)	砂礫層



調査位置図 (S=1:10,000)

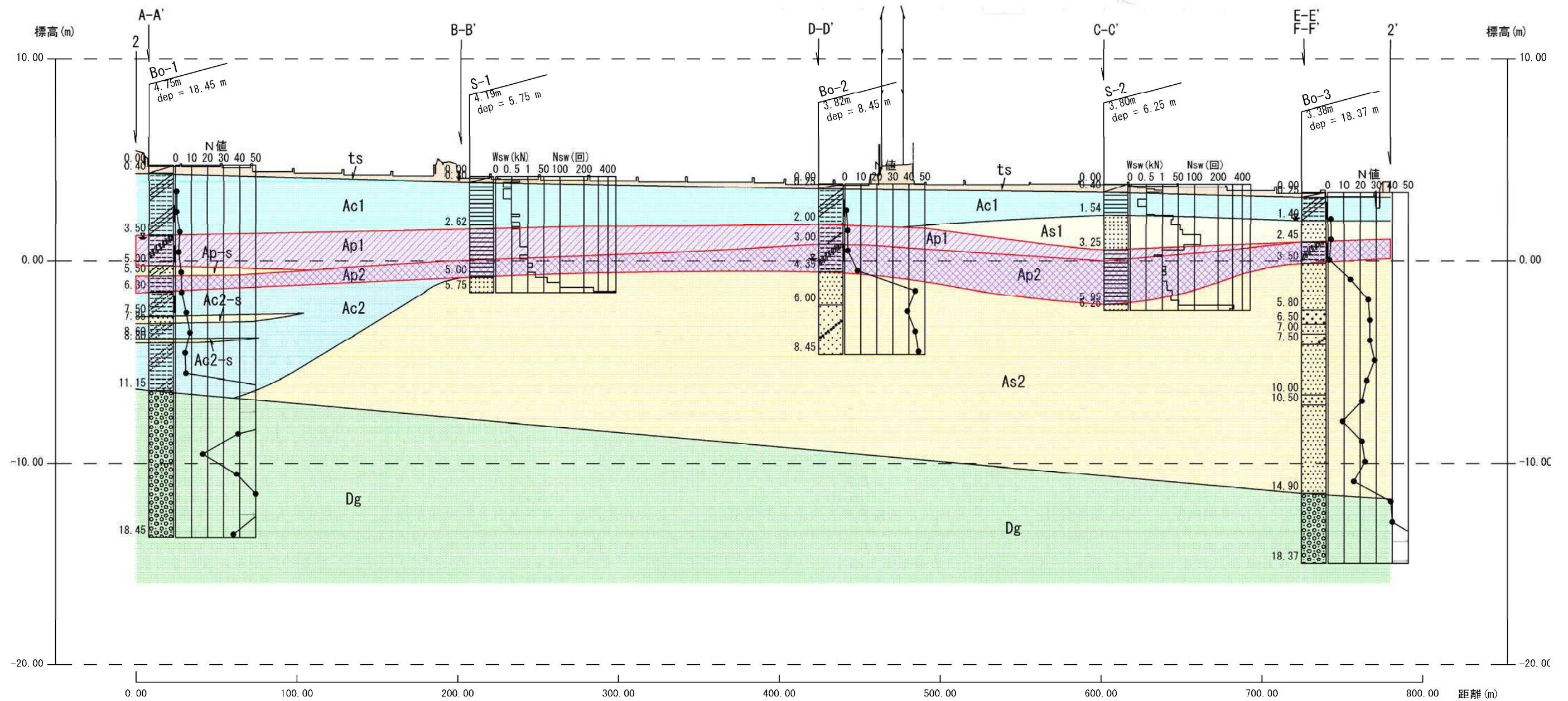


図 5-3(2) 地層想定断面図 (2-2'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代		地層名	記号
第四紀	現世	表土層	ts
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層	Ac1
		第1砂質土層	As1
		有機質粘性土層	Ap
		挟在砂質土層	Ap-s
		第2粘性土層	Ac2
		挟在砂質土層	Ac2-s
		第2砂質土層	As2
	更新世 (洪積世)	砂礫層	Dg

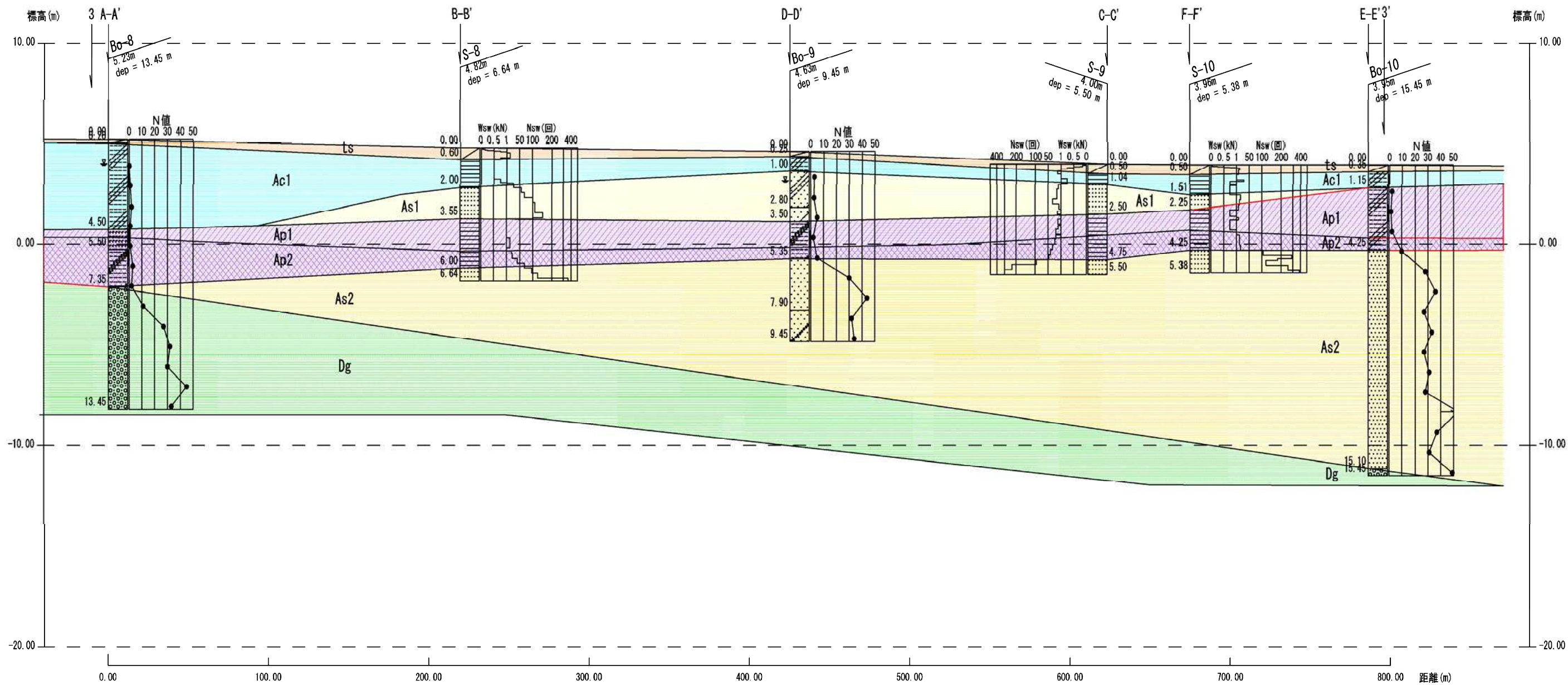
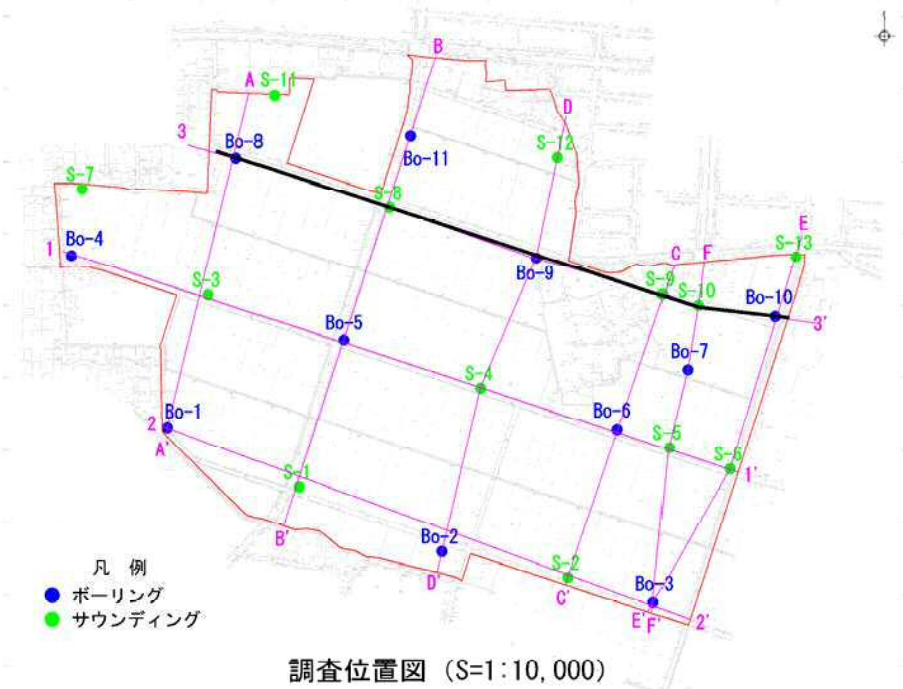
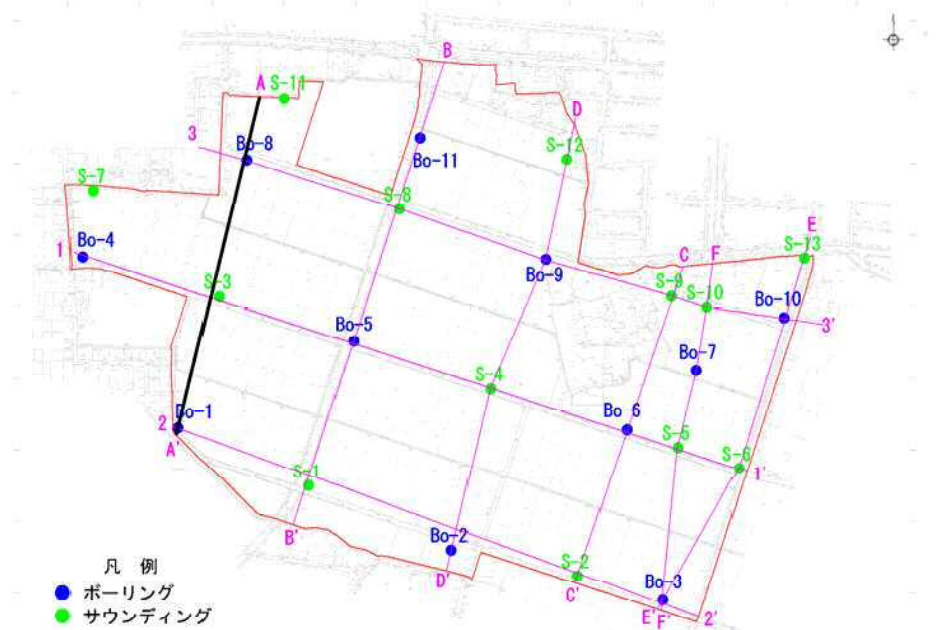


図 5-3 (3) 地層想定断面図 (3-3'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代	地層名	記号
第四紀	現世	表土層
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層
		第1砂質土層
		有機質粘性土層
		挟在砂質土層
		第2粘性土層
		挟在砂質土層
		第2砂質土層
	更新世 (洪積世)	砂礫層



調査位置図 (S=1:10,000)

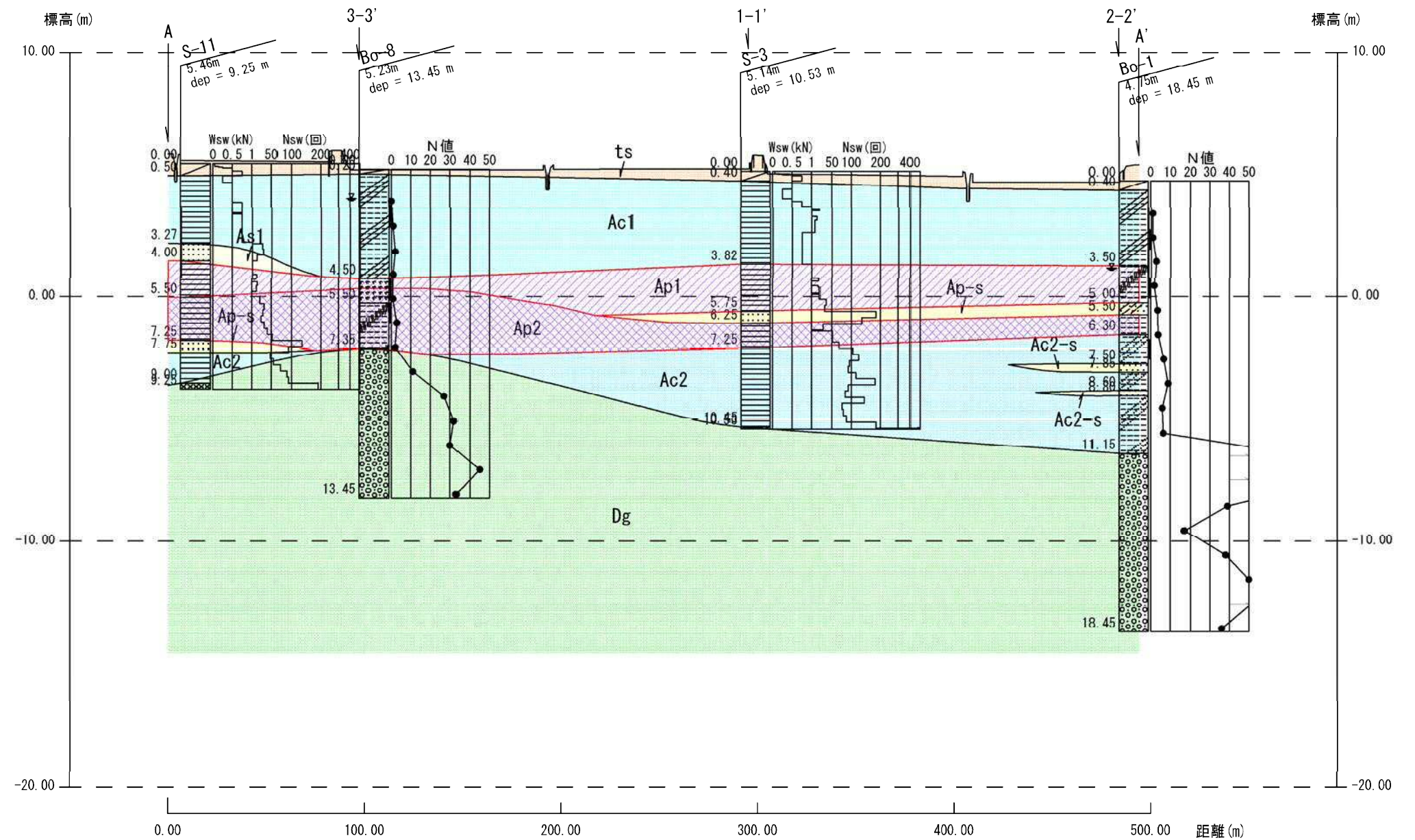
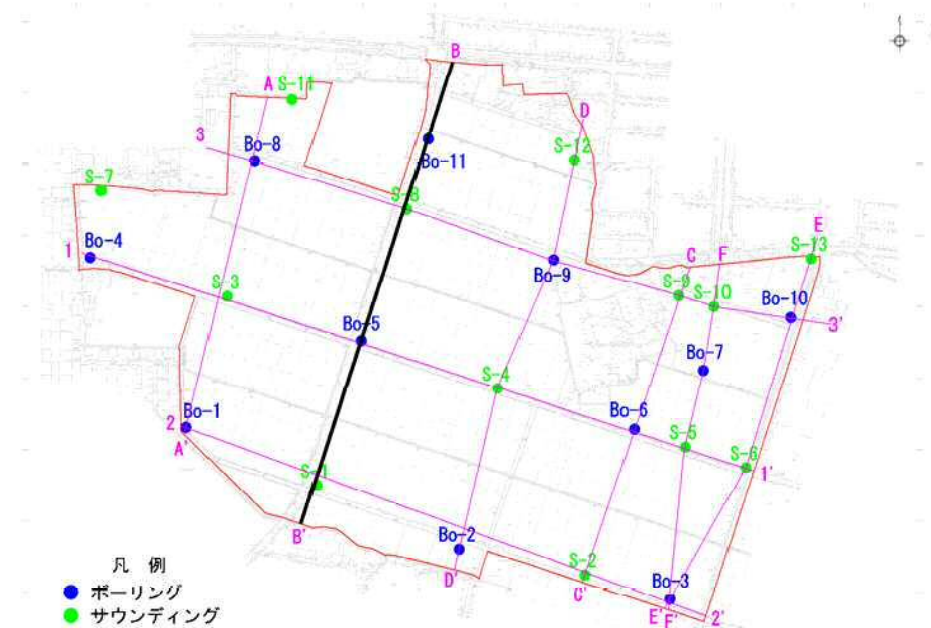


図 5-3 (4) 地層想定断面図 (A-A'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代	地層名	記号
第四紀	現世	表土層
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層
		第1砂質土層
		有機質粘性土層
		挟在砂質土層
		第2粘性土層
		挟在砂質土層
		第2砂質土層
更新世 (洪積世)	砂礫層	Dg



調査位置図 (S=1:10,000)

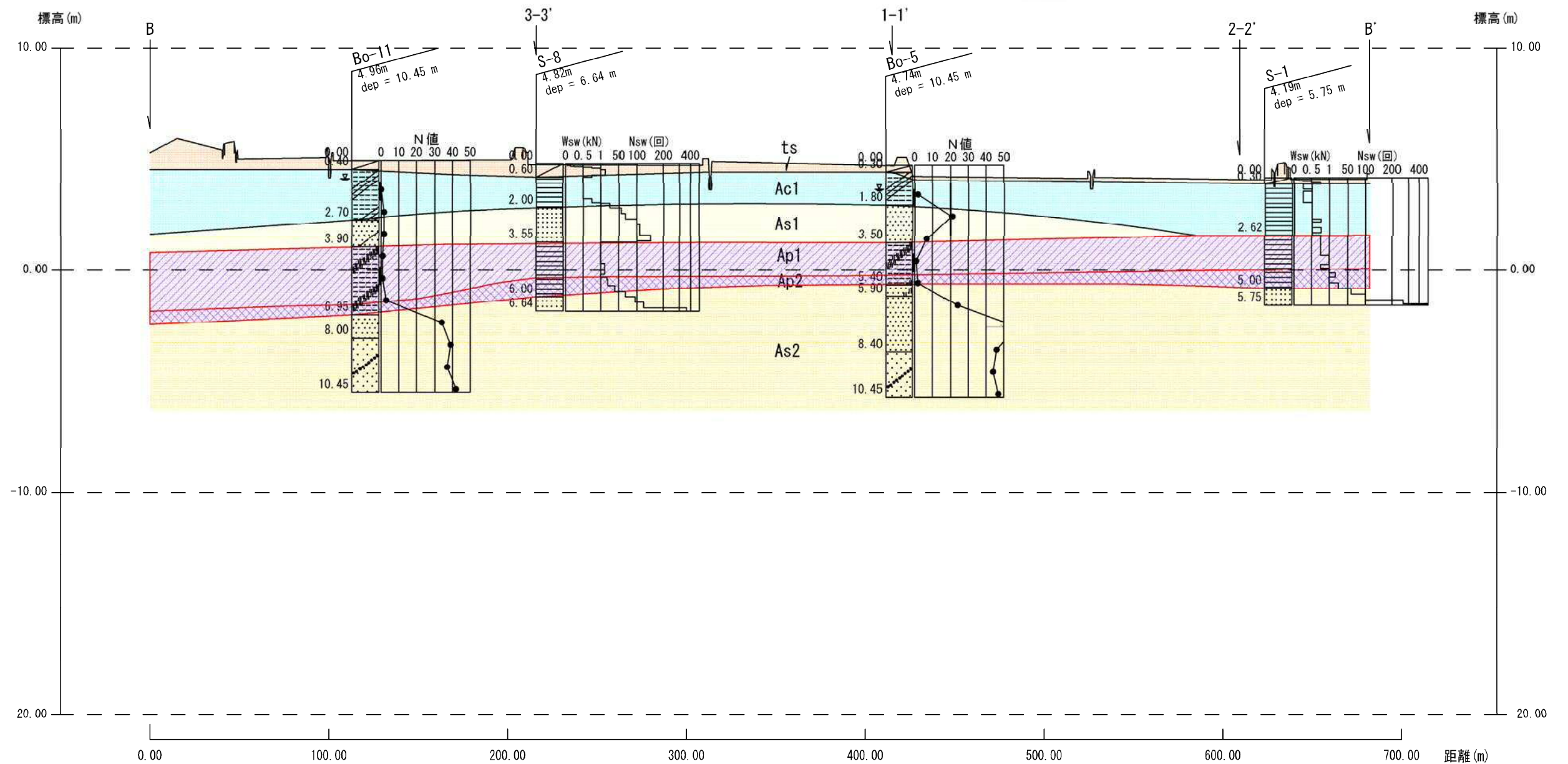


図 5-3 (5) 地層想定断面図 (B-B'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代	地層名	記号
第四紀	現世	表土層
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層
		第1砂質土層
		有機質粘性土層
		挟在砂質土層
		第2粘性土層
		挟在砂質土層
		第2砂質土層
	更新世 (洪積世)	砂礫層

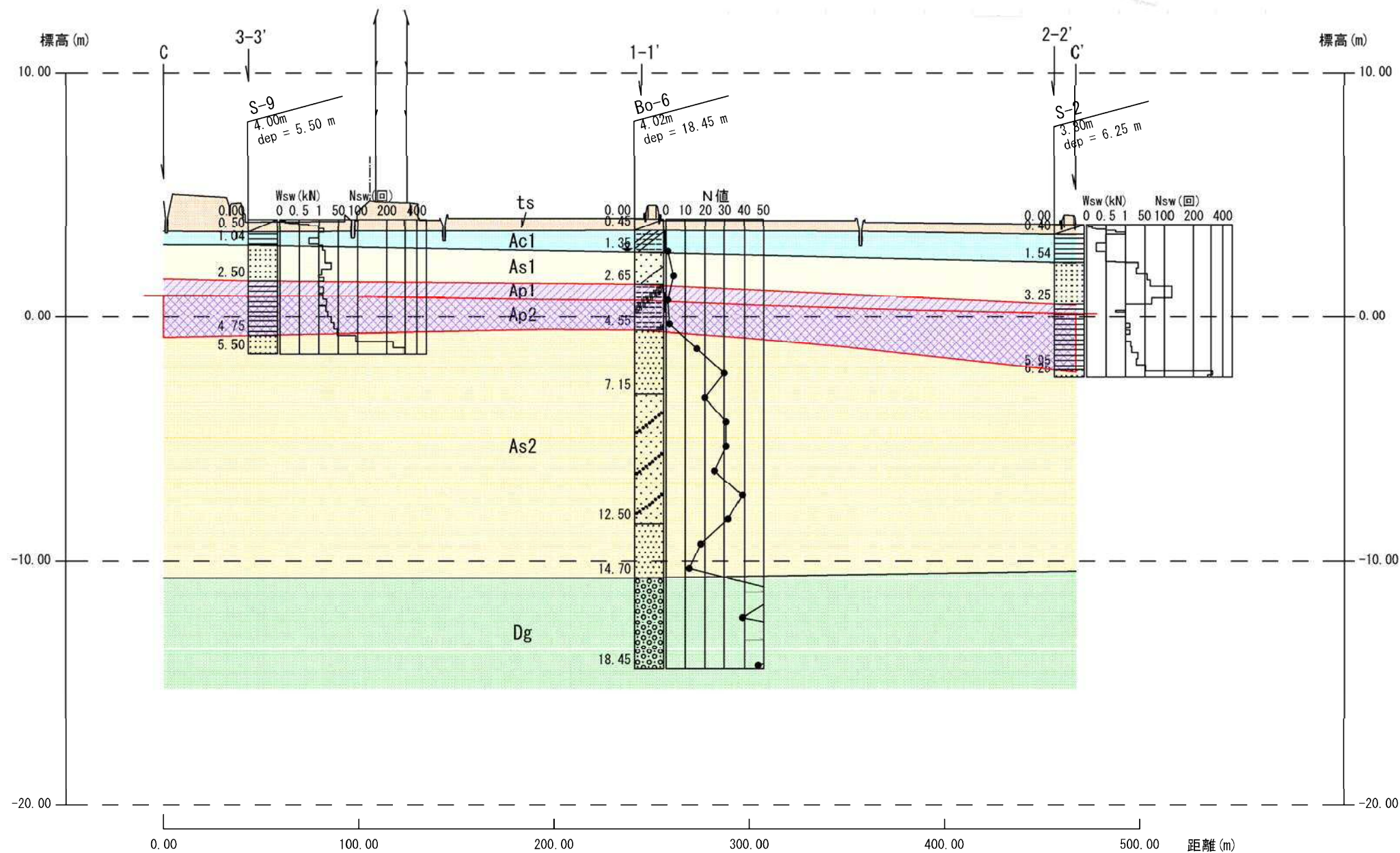
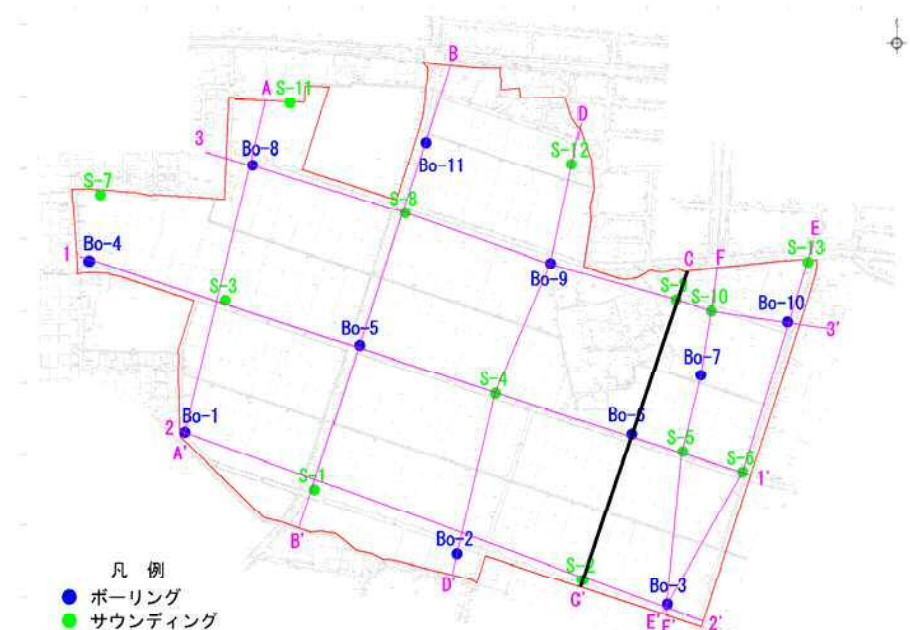
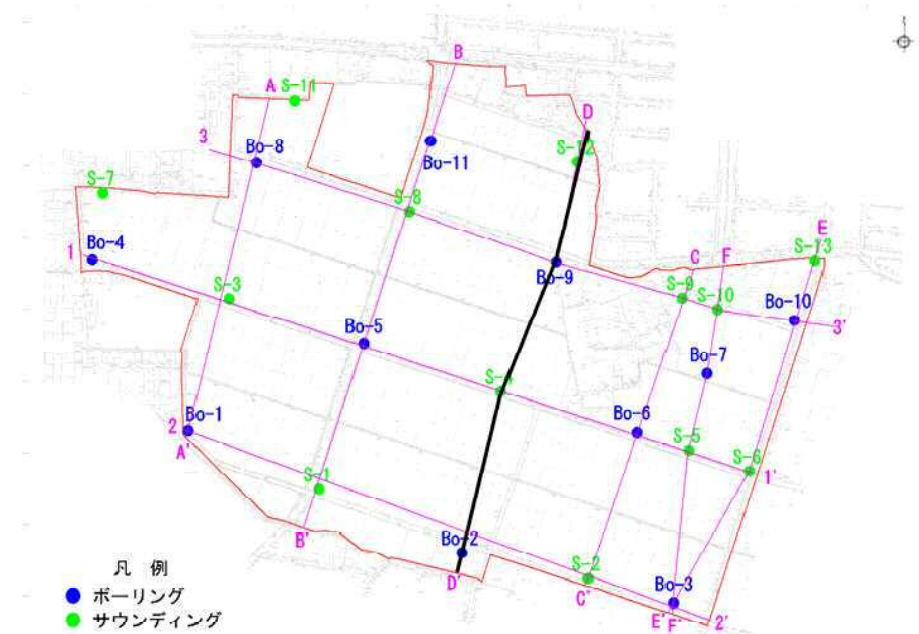


図 5-3 (6) 地層想定断面図 (C-C'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代	地層名	記号
第四紀	現世	表土層
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層
		第1砂質土層
		有機質粘性土層
		挟在砂質土層
		第2粘性土層
		挟在砂質土層
		第2砂質土層
	更新世 (洪積世)	砂礫層



調査位置図 (S=1:10,000)

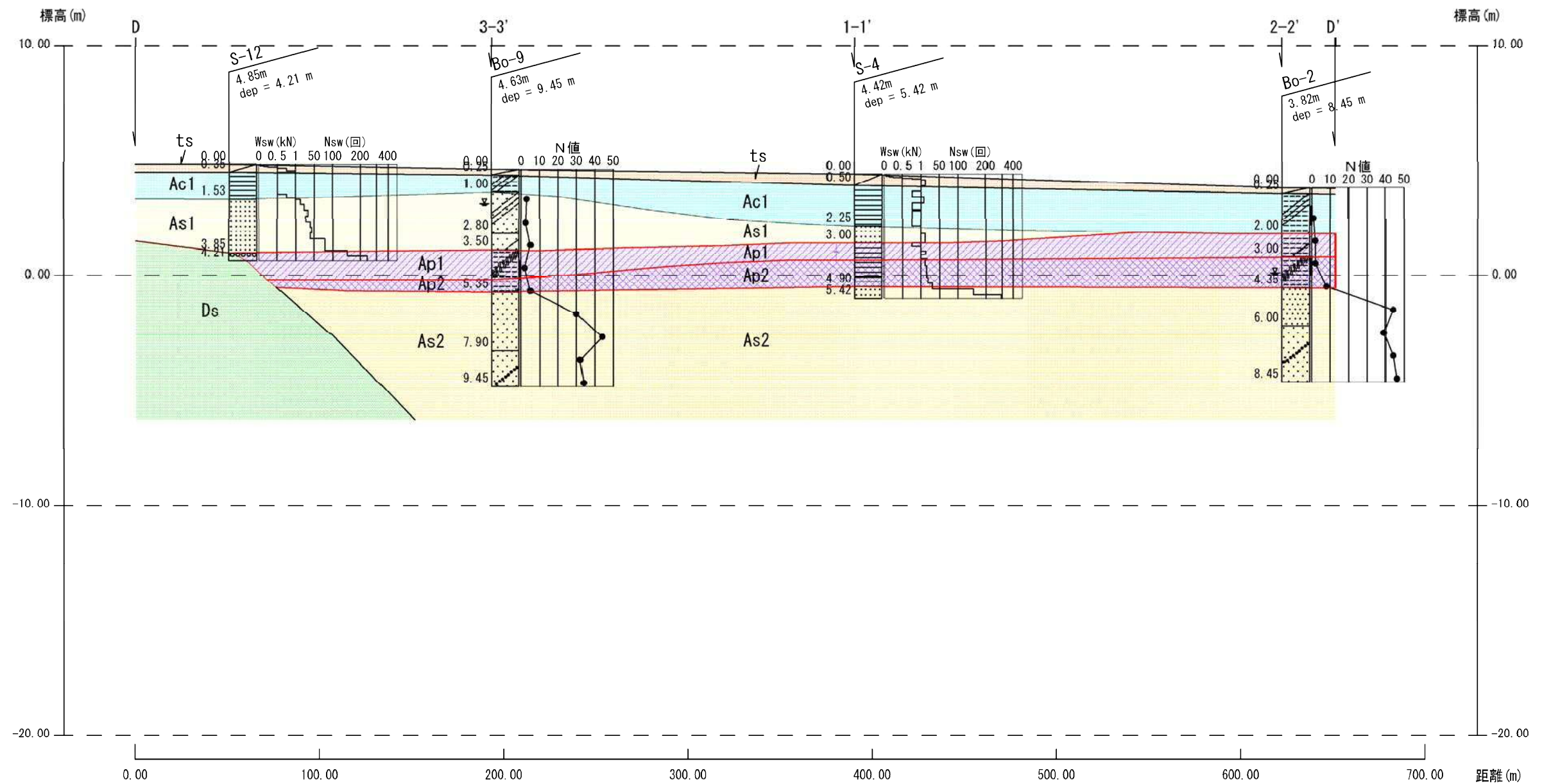


図 5-3 (7) 地層想定断面図 (D-D'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代		地層名	記号
第四紀	現世	表土層	ts
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層	Ac1
		第1砂質土層	As1
		有機質粘性土層	Ap
		挟在砂質土層	Ap-s
		第2粘性土層	Ac2
		挟在砂質土層	Ac2-s
		第2砂質土層	As2
	更新世 (洪積世)	砂礫層	Dg

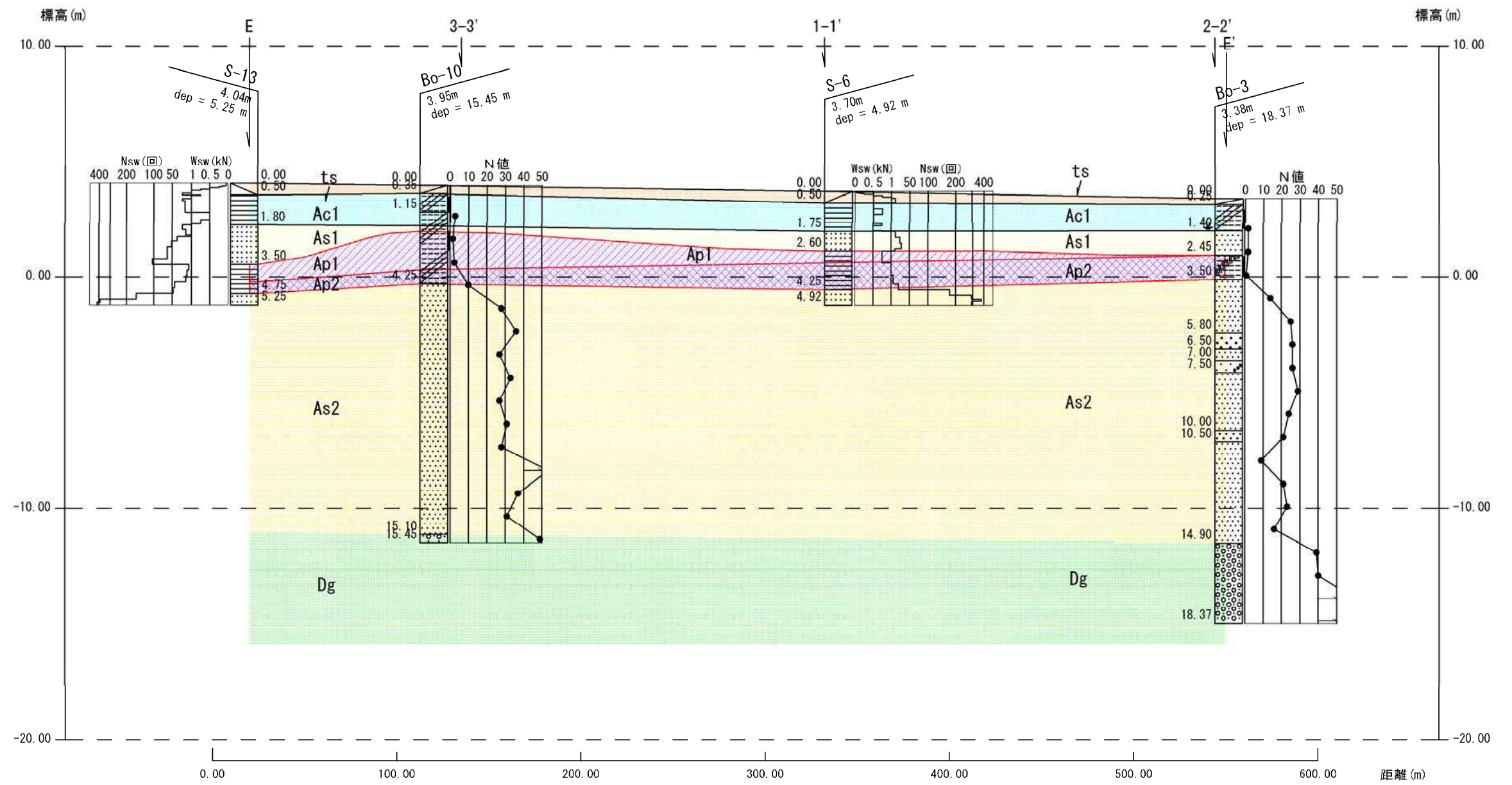
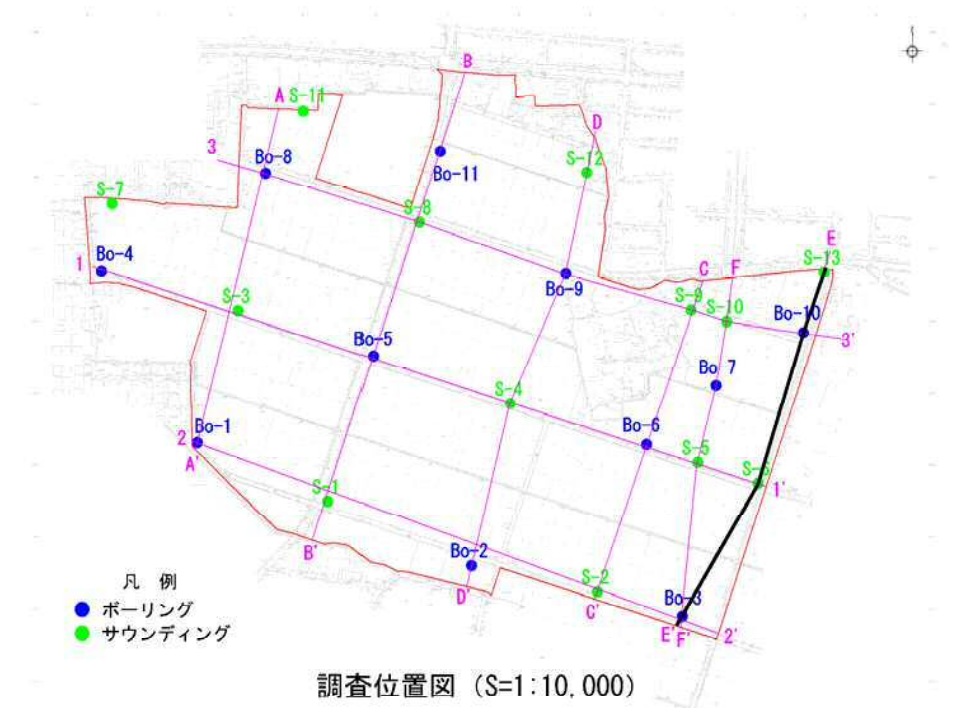


図 5-3 (8) 地層想定断面図 (E-E'、縮小版)

凡例 地質層序表

時 代		地層名	記号
第四紀	現世	表土層	ts
	完新世 (沖積世)	第1粘性土層	Ac1
		第1砂質土層	As1
		有機質粘性土層	Ap
		挟在砂質土層	Ap-s
		第2粘性土層	Ac2
		挟在砂質土層	Ac2-s
		第2砂質土層	As2
	更新世 (洪積世)	砂礫層	Dg

