

第4章 地 盤

4-1 概 要

新建築物の建設時及び存在時における掘削工事等による周辺地盤や地下水位への影響について検討を行った。

4-2 調 査

既存資料により、現況の把握を行った。

(1) 調査事項

事業予定地及びその周辺における地形及び地盤、地下水並びに地盤沈下の状況

(2) 調査方法

① 地形及び地盤の状況

以下に示す既存資料の収集によった。

- ・「最新名古屋地盤図」（土質工学会中部支部，昭和 62 年）
- ・「名古屋地域地質断面図集」（土質工学会中部支部，昭和 62 年）
- ・「ささしまライブ 24 計画地盤調査報告書」

（株式会社 東京ソイルリサーチ，平成 20 年）

② 地下水位の状況

以下に示す既存資料の収集によった。

- ・「濃尾平野の地盤沈下と地下水」（東海三県地盤沈下調査会，昭和 60 年）
- ・「ささしまライブ 24 計画地盤調査報告書」

（株式会社 東京ソイルリサーチ，平成 20 年）

③ 地盤沈下の状況

以下に示す既存資料の収集によった。

- ・「東海三県地盤沈下調査測量水準点成果表」（東海三県地盤沈下調査会，平成 19 年）

(3) 調査結果

① 地形及び地盤の状況

名古屋市域の地形は、西から東へ沖積平野、台地、丘陵地に分けられ、東に向かって標高が次第に高くなっている。事業予定地は沖積低地に位置し、標高は 2 m 前後である。

濃尾平野の地層状況は、図 2-4-1 に示すとおりである。名古屋市付近の地質構成は、新第三紀の東海層群を基盤とし、これを第四紀の海部・弥富累層、熱田層等の洪積層及び沖積層が覆っている。これらの地層は、濃尾傾動地塊と呼ばれる西または南西へ傾く構造を持っている。

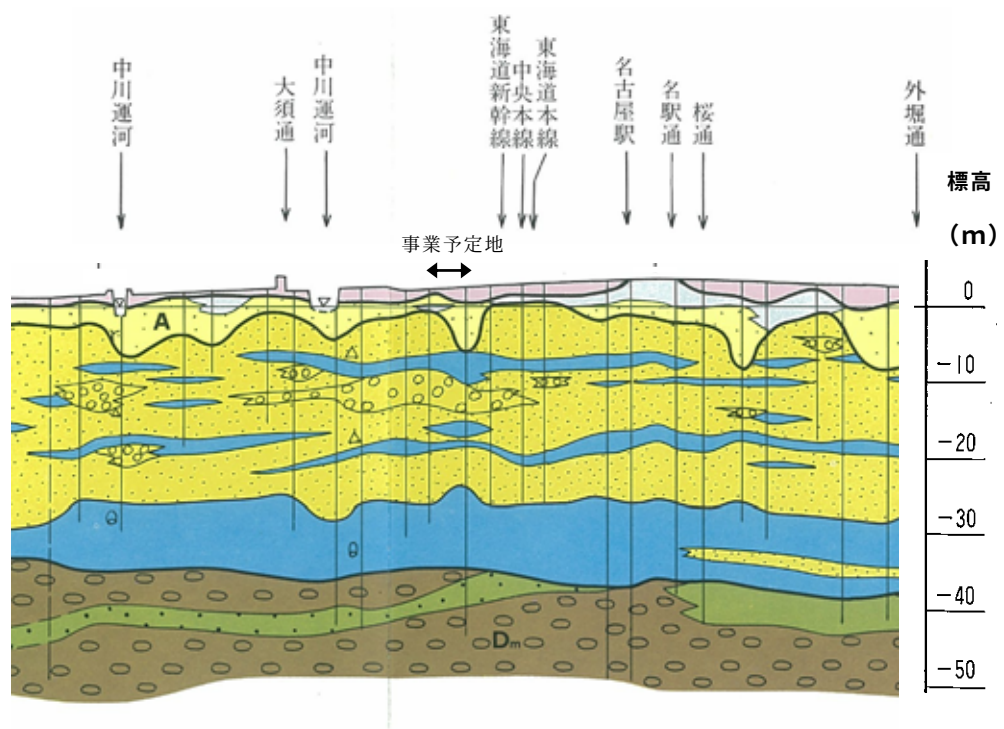
事業予定地付近の地盤は、図 2-4-2 に示すように、深部より海部・弥富累層 (D_m)、熱田層 (D_{3U}、D_{3L})、沖積層 (A) から構成されている。

海部・弥富累層は、今から 100 万年程前の更新世中期に形成された地層で、礫層を主体とし、粘性土層を挟在している。

熱田層は、更新世の中期～後期に堆積したもので、厚さ 30m 前後で砂層を主体とした上部層 (D_{3U}) と、10m 程度の海成粘土層を主体とした下部層 (D_{3L}) からなる。

沖積層は、軟弱な粘土や砂からなり、臨海部では 30m 以上に達する。

事業予定地周辺の層序表は、表 2-4-1 に示すとおりである。



出典)「名古屋地域地質断面図集」

(土質工学会中部支部, 昭和 62 年)

凡 例	
	粘土・砂・礫
	粘土・シルト
	砂・砂・礫
	砂・粘土・礫
	礫
	礫
	粘土・シルト
	砂・砂・礫
	粘土・砂
	砂・礫
	礫 土 (B)
	沖 積 層 (A)
	濃 尾 層 (N)
	鳥 居 松 礫 層 (D _s)
	大 曾 根 層 (D _e)
	熱 田 層 (D _{3U})
	熱 田 層 (D _{3L})
	海 部 ・ 弥 富 累 層 (D _m)

図 2-4-2 事業予定地付近の地質状況

表 2-4-1 事業予定地周辺の地質層序表

地質時代		地層名		土 質	記 号	記 事
現世		盛 土		-	B	砂礫、瓦礫混入
完新世		沖積層		砂質土	A	細砂主体、軟弱
新生代 第四紀	更新世後期	熱田層	上部	粘性土	D _{3U-c}	軽石、腐植物混入
				砂質土	D _{3U-s}	軽石少量混入
				礫質土	D _{3U-g}	—
	下部		粘性土	D _{3L-c}	貝殻片混入	
			砂質土	D _{3L-s}	薄層で分布	
			海部・弥富 累層	粘性土	D _{m-c}	—
	砂質土	D _{m-s}		—		
	礫質土	D _{m-g}		玉石混入		

出典) 最新名古屋地盤図(土質工学会中部支部, 昭和 63 年)より作成

事業予定地の地層状況を把握するために、既存のボーリング結果を用いて、地層断面図を A-A'及び B-B'方向の 2 断面作成した。断面位置は図 2-4-3 に、各断面図は図 2-4-4 に示すとおりである。(事業予定地におけるボーリング柱状図は、資料 6-1 (資料編 p.231) 参照)

断面図に示したように、事業予定地周辺においては、両断面とも盛土及び沖積層や熱田層、海部・弥富累層がほぼ水平に分布している。

盛土 (B) は、地表部に 1.5~2.8mの層厚で分布し、コンクリート片や瓦礫を多量に混入した砂礫質土から構成される。

沖積層 (A) は、細砂を主体に 2.0~3.5mの層厚で分布する。本層の上部付近に水位があり、N値は 10 程度と緩い締まりにある。

沖積層の下位には熱田層が厚く分布する。熱田層は、砂質土を主体に砂礫層、粘性土層、砂層が連続性良く分布し、層厚 20~25mからなる上部層 (D_{3U}) と、粘性土を主体とした層厚 8~10m程の下部層 (D_{3L}) から構成される。下部層 (D_{3L}) の N値は 10 以下を示している。

海部・弥富累層 (D_m) は、既存ボーリングでは No 1 において層厚 40m程が確認されている。層厚 2 m程の粘性土層を挟在しながら、チャート礫を多く含む砂礫層を主体としており、いずれも N値 50 以上と非常に良く締まっている。

なお、地盤高さは任意標高であり、D.L.と表示した。

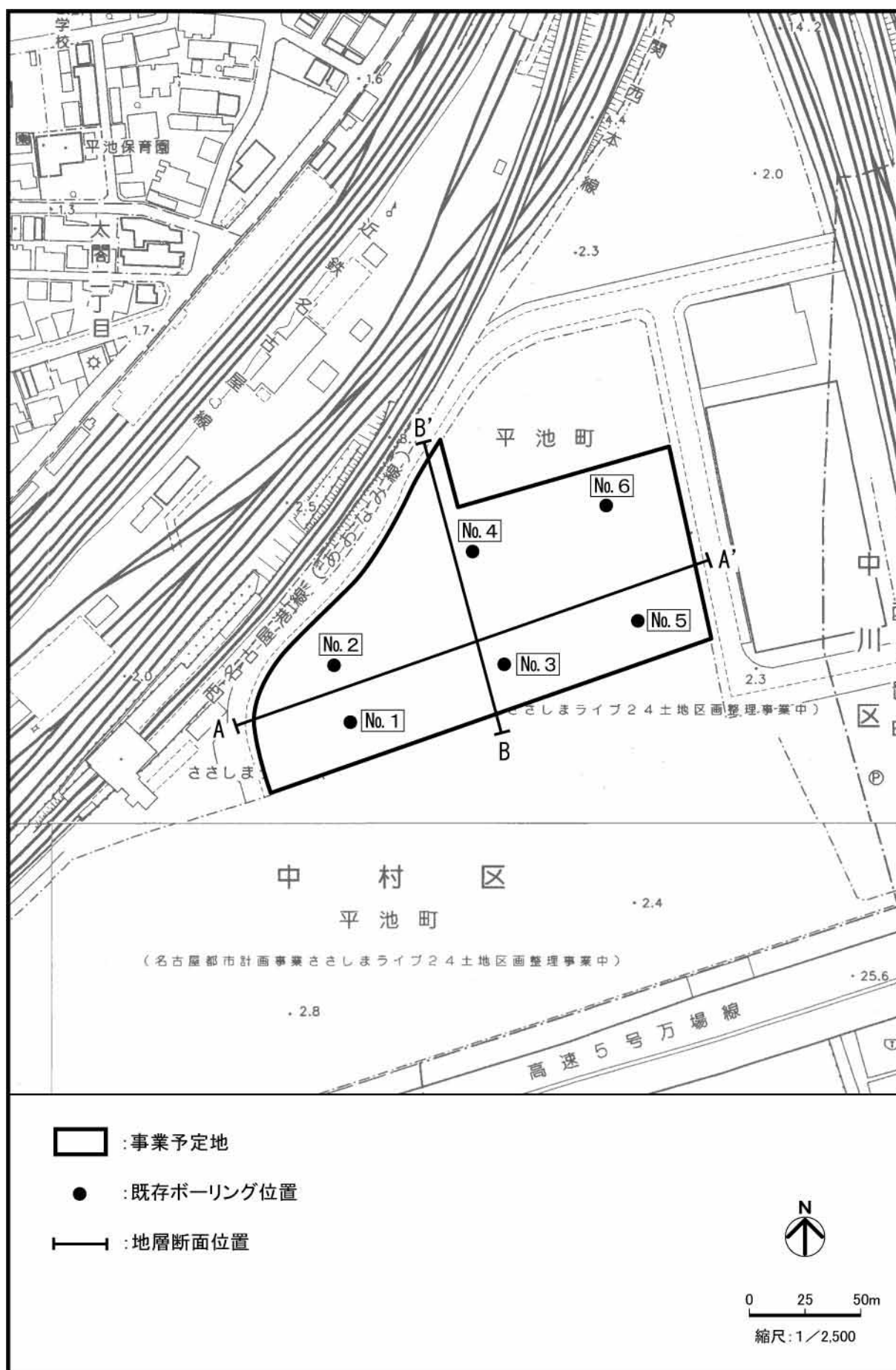
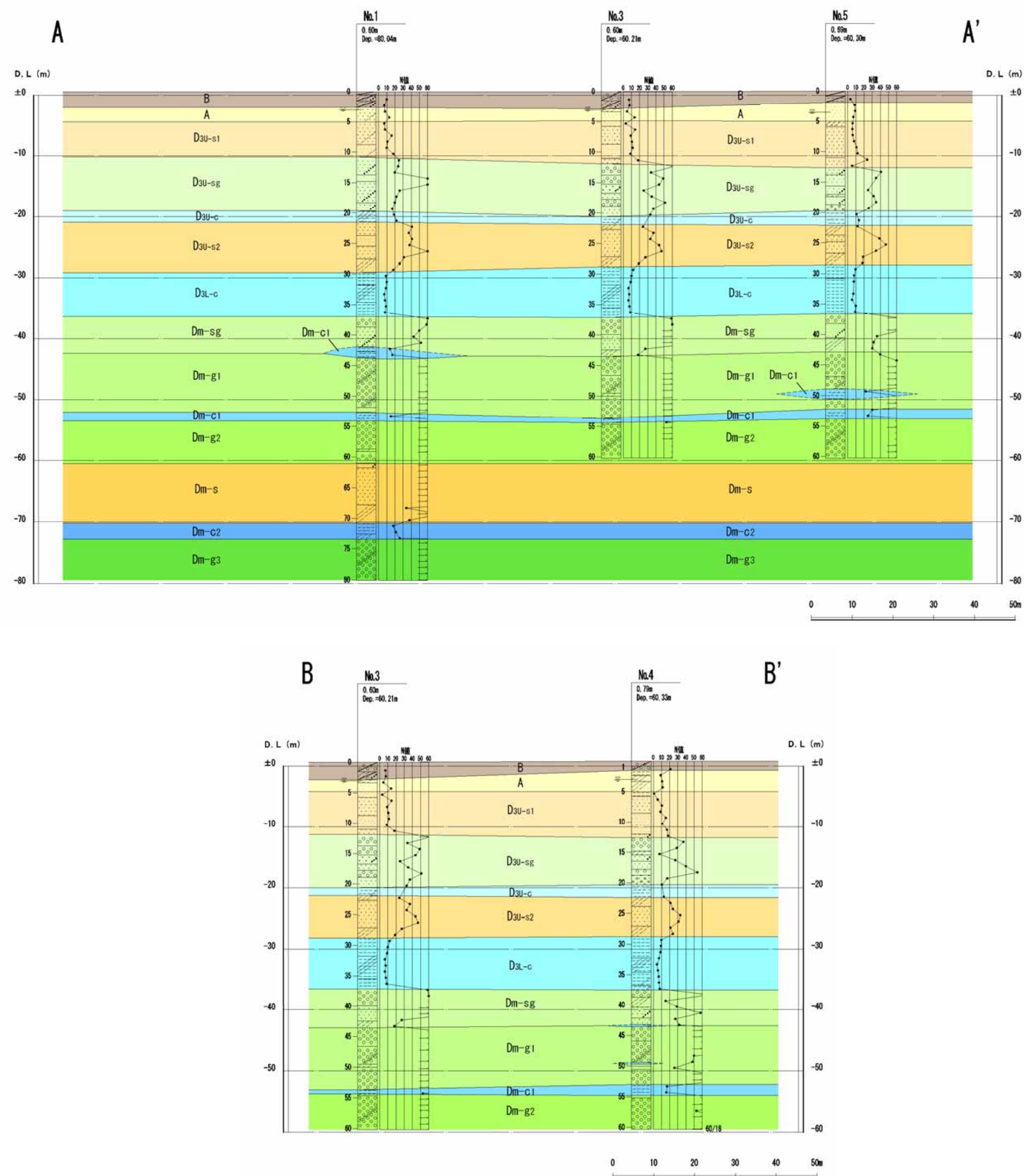


図 2-4-3 事業予定地周辺の地層断面位置図



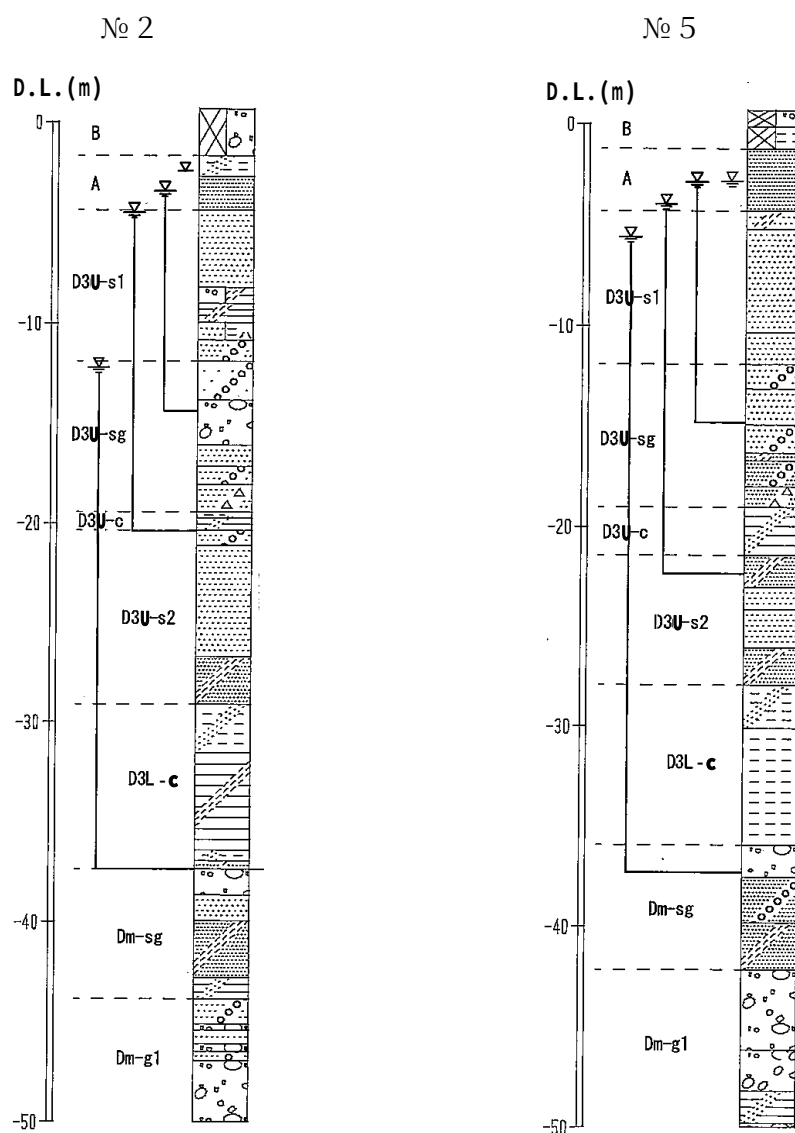
地層記号凡例			
地質時代	地層区分		記号
現世	盛土		B
完新世	冲積層		A
更新世	熱田層	上部	第一砂層
			D3U-s1
			砂・礫層
			D3U-sg
			粘土層
			D3U-c
			第二砂層
			D3U-s2
		下部	D3L-c
	海部・弥富果層		砂・礫層
			Dm-sg
			第一礫層
			Dm-g1
			第一粘土層
			Dm-c1
			第二礫層
			Dm-g2
			砂層
			Dm-s
			第二粘土層
			Dm-c2
			第三礫層
			Dm-g3

図 2-4-4 事業予定地周辺の地層断面図

② 地下水位の状況

既存のボーリング調査結果によれば、事業予定地付近の表層地下水位及び被圧地下水位がボーリング№2及び№5地点で求められており、その状況は、図2-4-5に示すとおりである。

表層地下水位（自由地下水位）は、D.L. = -2.8m（GL-3.5m）付近に認められる。被圧地下水位は、熱田層上部砂礫層（D_{3U-sg}）と熱田層上部砂層（D_{3U-s2}）及び海部・弥富累層（D_{m-sg}）からのものが測定されており、熱田層上部砂礫層は D.L. = -3.0m（GL-3.7m）付近に、熱田層上部砂層は D.L. = -4.4m（GL-5.1m）付近に、海部・弥富累層は D.L. = -5.6m（GL-6.3m）に測定されている。



出典) 「ささしまライブ24計画地盤調査報告書」

(株式会社 東京ソイルリサーチ, 平成20年) より作成

凡 例
 ▽ : 表層地下水位
 — : 被圧地下水位

図2-4-5 事業予定地付近の地下水位状況

聞き取り調査結果によると、事業予定地周辺にある井戸は、その大半が事業予定地北側の名古屋駅周辺に位置しており、表 2-4-2 に示すとおり、半径 1,000m以内に 9 箇所 16 本の井戸が確認されている。

事業予定地に最も近い井戸は、本予定地から約 550mの位置にあるが、井戸深度は 300 mと深く、基盤である東海層群にまで達しているものと推定される。次に近い井戸は、約 600m前後離れた位置に 2 本あるが、これらの井戸も深度 150～200mの深井戸である。

井戸深度は、最も浅いもので 80mであり、200m以上のものが半数を占める。

表 2-4-2 事業予定地周辺の井戸一覧

番 号	事業予定地 からの距離 (m)	井戸深度 (m)	番 号	事業予定地 からの距離 (m)	井戸深度 (m)
①	約 770	86	⑥ (2 本)	約 650	300
					300
② (3 本)	約 920	110	⑦ (2 本)	約 550	300
		110			300
		110			300
③ (2 本)	約 800	205	⑧	約 850	80
		170			
④ (2 本)	約 740	234	⑨	約 800	135
		260			
⑤ (2 本)	約 600	203	—	—	—
		150			

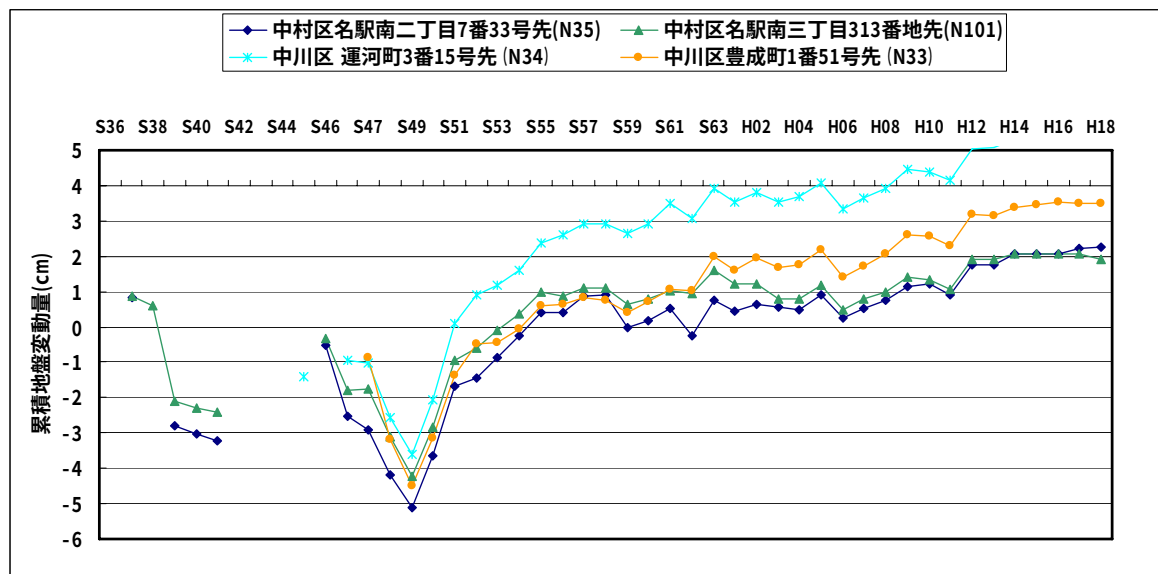
注) 事業予定地からの距離は、事業予定地の中心からの直線距離を示す。

参考) 名古屋市環境局への聞き取り調査

③ 地盤沈下の状況

事業予定地周辺の水準点位置は図 2-4-6 に、地盤沈下の状況は図 2-4-7 に示すとおりである。

事業予定地周辺の地盤沈下は、昭和 49 年ごろまでは沈下傾向がみられたが、「名古屋市環境保全条例」等による揚水規制の効果により、それ以降は、沈静化あるいは逆に隆起傾向がみられる。



注) 地盤変動量は、各観測地点での観測開始時を基準とした値である。

出典)「東海三県地盤沈下調査測量水準点成果表」(東海三県地盤沈下調査会, 平成 19 年)

図 2-4-7 事業予定地周辺の地盤沈下状況

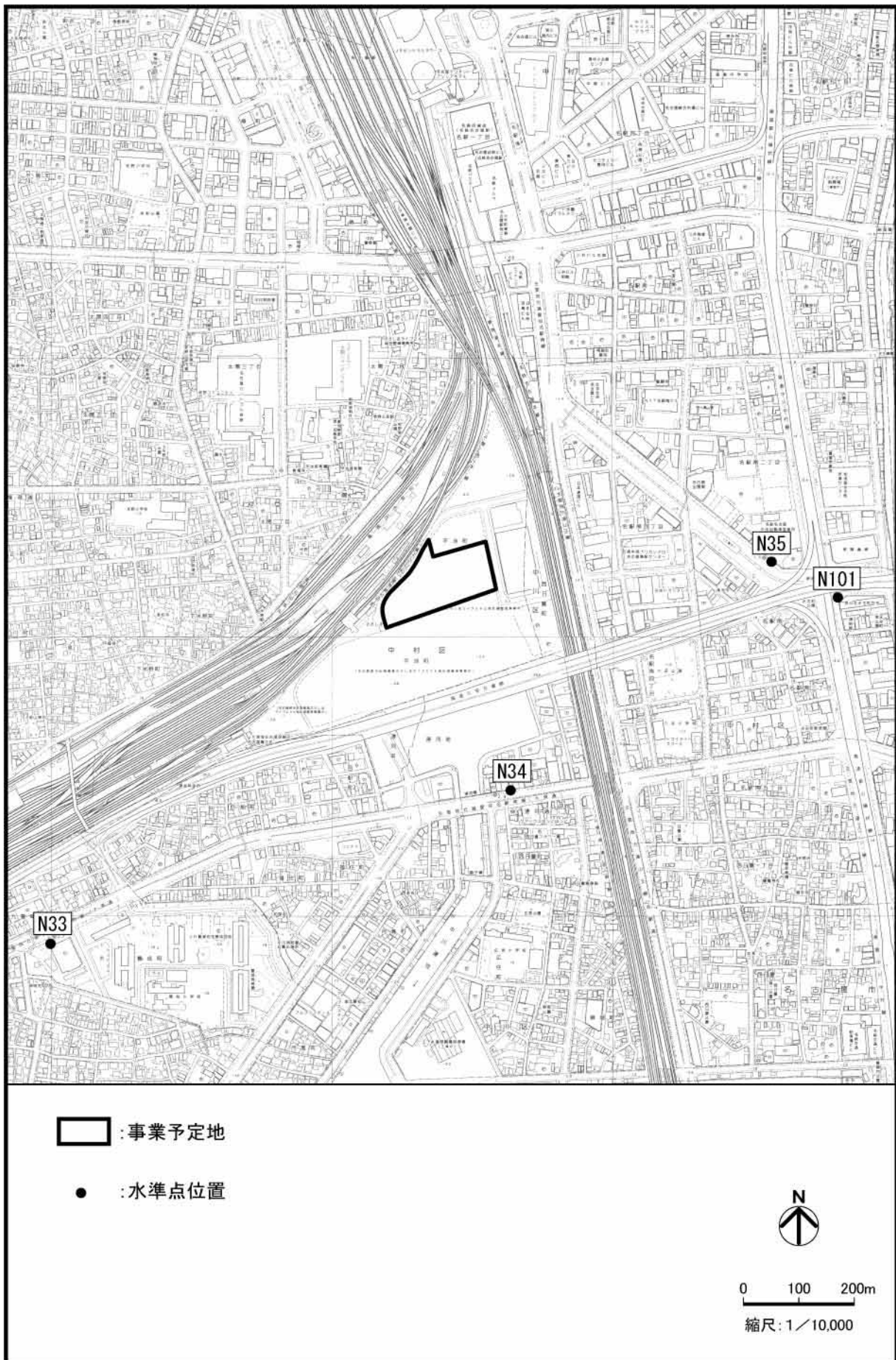


図 2-4-6 事業予定地周辺の水準点位置図

4-3 予 測

4-3-1 地下水位

(1) 予測事項

地下水位の変動

(2) 予測対象時期

工事中（掘削工事時）

(3) 予測場所

予測断面は、掘削深度が最も深い WEST タワーを横断し、事業予定地全体を包括できる断面とするため、前掲図 2-4-3 の地層断面位置に示す 2 断面について予測を行った。

(4) 予測方法

① 予測手法

地下水の流れはダルシー則に基づくものとし、解析は有限要素法による定常浸透流解析によった。（予測式の詳細は、資料 6－2（資料編 p.232）参照）

② 予測条件

ア 計算要素の設定

予測のパラメータは、初期水位、各土層の層厚及び透水係数、構造物の幅と透水係数であり、各土層等の透水係数は、既存資料に基づき、表 2-4-3 に示すとおり設定した。

既存資料によれば、掘削深度内に水位を有する自由地下水と熱田層上部砂礫層（D_{3U-sg}）の被圧地下水は、前掲図 2-4-5 に示すように、ほぼ同深度に水頭を有していることから、解析は水位が高い自由地下水位を代表させた。

イ 施工条件の設定

本事業においては、事前配慮に基づき、掘削の山留め壁は、H鋼を芯材とした止水壁である SMW からなり、各棟とも不透水層である D_{3L-c} 層（透水係数 $k=3.0 \times 10^{-5}$ cm/s）まで根入れさせる計画である。

また、掘削エリアにおける地下水の汲み上げは、掘削深度内に分布する D_{3U-s1} 層及び D_{3U-sg} 層からのディープウェル排水とし、ドライ施工を考慮して、基礎底面－1 m（最大 D.L.＝－15m）まで水位を下げるものとした。

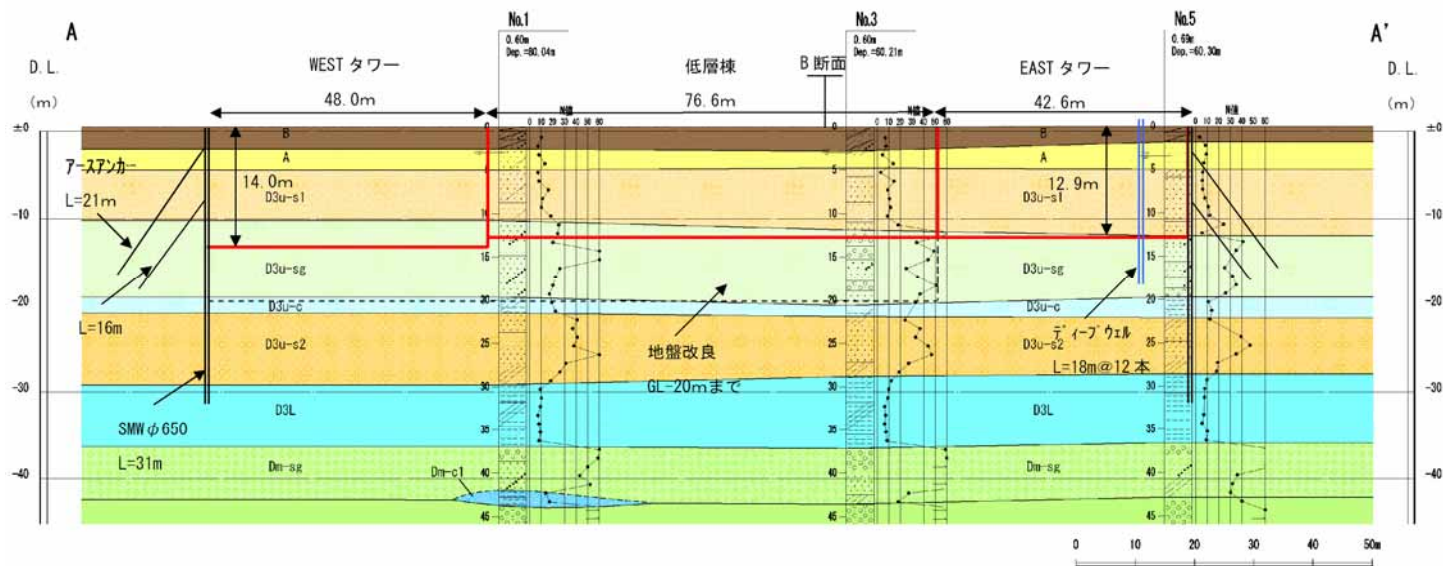
ウ 境界条件の設定

断面の左右の境界は「水位一定」とし、底面の境界については、底面からの地下水の流入・流出を「なし」とした。

表 2-4-3 有限要素法による解析に用いる主な土質定数

土層名	記号	平均 N値	変形解析					浸透流解析
			変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 φ (°)	単体重量 γ (kN/m ³)	透水係数 k(cm/sec)
盛土	B	9	25,200	0.33	0	33.2	18	-
沖積層	A	10	28,000	0.33	0	33.7	18	7.7×10^{-3}
熱田層上部	D3u-s1	11	30,800	0.33	0	34.2	18	5.1×10^{-3}
	D3u-sg	35	98,000	0.33	0	39.7	19	3.4×10^{-3}
	D3u-c	16	44,800	0.33	229	0.0	16	3.0×10^{-6}
	D3u-s2	31	86,800	0.33	0	39.2	19	3.3×10^{-4}
熱田層下部	D3L-c	8	22,400	0.33	319	0.0	19	3.0×10^{-5}
海部・弥富累層	Dm-sg	47	131,600	0.33	0	41.2	20	1.0×10^{-3}
	Dm-gl	60	168,000	0.33	0	42.3	20	6.0×10^{-5}
	Dm-cl	19	53,200	0.33	260	0.0	20	1.0×10^{-6}
	Dm-g2	60	168,000	0.33	0	42.3	19	1.0×10^{-3}
	Dm-sg	60	168,000	0.33	0	42.3	19	4.2×10^{-4}
	Dm-c2	22	61,600	0.33	310	0.0	18	1.0×10^{-6}
	Dm-g3	60	168,000	0.33	0	42.3	20	1.0×10^{-3}
土留壁	SMW	-	23,500,000	0.17	250	0.0	20	1.0×10^{-8}

注)「ささしまライブ 24 計画地盤調査報告書」(株式会社 東京ソイルリサーチ, 平成 20 年)に基づき作成した。



注) 土層の色分けは、前掲図 2-4-4 と同じである。

図 2-4-8 地下水及び地盤変位の予測条件概要図

(5) 予測結果

本事業における地下水位変動量の予測結果は、表 2-4-4 に示すとおりである。

本事業における地下水の汲み上げは、止水壁と粘性土からなる D_{3L} 層に囲まれ、外側とは遮断された状態にある内側の D_{3U-s1} 層及び D_{3U-sg} 層に含まれる水を対象として行われることから、定性的に見てもこの揚水により周辺地下水が低下するとは考えにくい。

地下水位を低下させた場合、低下井戸際で最大低下量を示し、井戸より離れるにしたがい初期水位に漸近する。本予測でも山留め壁際で最大の低下を示し、最大の水位低下量は、A-A'断面西側の 34 cm と予測される。B-B'断面では南側において 25 cm の低下が予測される。

山留め壁より 40m 程離れば、いずれの断面においても水位変動は認められないと予測される。

表 2-4-4 浸透流解析による地下水位変動量

A-A'断面

西						方 向	東					
40	20	15	10	5	0	距 離(m)	0	5	10	15	20	40
0	1	1	6	12	34	低下量(cm)	24	8	3	1	1	0

B-B'断面

南						方 向	北					
40	20	15	10	5	0	距 離(m)	0	5	10	15	20	40
0	1	1	4	7	25	低下量(cm)	19	6	2	1	1	0

4-3-2 地盤変位

(1) 予測事項

地盤変位

(2) 予測対象時期

工事中（地盤掘削工事時期）及び存在・供用時

(3) 予測場所

予測は、地下水位変位解析と同じ断面を用い、前掲図 2-4-3 に示す A-A'、B-B' の 2 断面について行った。

(4) 予測方法

① 予測手法

掘削及び存在時の建物荷重による周辺地盤の地表面変位予測は、有限要素法による弾性解析プログラムを用いて行った。（予測式の詳細は、資料 6－4（資料編 p.234）参照）

② 予測条件

ア 計算要素の設定

解析範囲は、掘削深度が最も深い WEST タワーを掘削の代表とし、水平方向には山留め壁より掘削深度の 10 倍以上を、鉛直方向には設計上の基盤面より上の範囲を設定した。ここで設計上の基盤面とは、N 値 60 以上を示す海部・弥富累層上面を示す。

山留め壁は、曲げにくさを表す曲げ剛性を持った材料（曲げ部材）として扱った。また山留め壁と掘削側の地盤との間には、相対変位を許容した。

モデル化した断面の土質定数は、既存資料を用いて決定し、前掲表 2-4-3 に示すとおりとした。ただし、本解析は弾性解析であり、粘着力と内部摩擦角は、解析には直接関与していない。

解析手順は工事計画に準じて設定し、アンカー施工と 2 段階の掘削状況を計算に反映させた。

新建築物の基礎形式は、掘削底面付近に分布する D_{3U-Sg} を支持層とする直接基礎であり、掘削底面に建物荷重を等分布荷重として作用させ、完成時における建物による周辺の地盤変位も考慮した。

イ 境界条件の設定

断面の左右の境界は、鉛直方向の変位を許し水平方向は固定とした。また、底面の境界は鉛直、水平とも「固定」とした。

ウ 施工条件の設定

掘削規模は工事計画に基づき、WEST タワーは D.L. = -14.0m、低層棟及び EAST タワーは D.L. = -12.9m とした。

本事業においては、事前配慮に基づき、地下水排水は、止水壁の内側でのみ行う計画であることから、周辺地盤の水位変動に伴う地盤変位はないものとした。

(5) 予測結果

掘削に伴う工事中の地盤変位は、図 2-4-9、表 2-4-5 及び図 2-4-10 に示すとおりである。（各層における地盤変位は、資料 6-6（資料編 p.236）参照）

掘削工事中においては、掘削除荷に伴うリバウンドにより掘削底面が隆起する。山留め壁と地盤とはアンカーにより一体化しているため、山留め壁ごと隆起し、A-A'断面では、EAST タワー側の東側において、最大 23.7 mm の隆起が予測される。B-B'断面では、北側において、最大 24.3 mm の隆起が予測される。

いずれの断面においても、壁より離れるにしたがい隆起量は減少し、山留め壁から 30～35m 以上離れた地点では沈下を示すようになる。最大沈下量は、A-A'断面の WEST タワー側の西側で 1.3 mm を示す。壁より 65m 以上離れると、沈下量はほぼゼロと予測される。

敷地境界上では、山留め壁に近い B-B'断面の南側道路境界において、最大 21.9 mm の隆起が予測される。A-A'断面では、東側敷地境界において、14.2 mm の隆起が予測される。

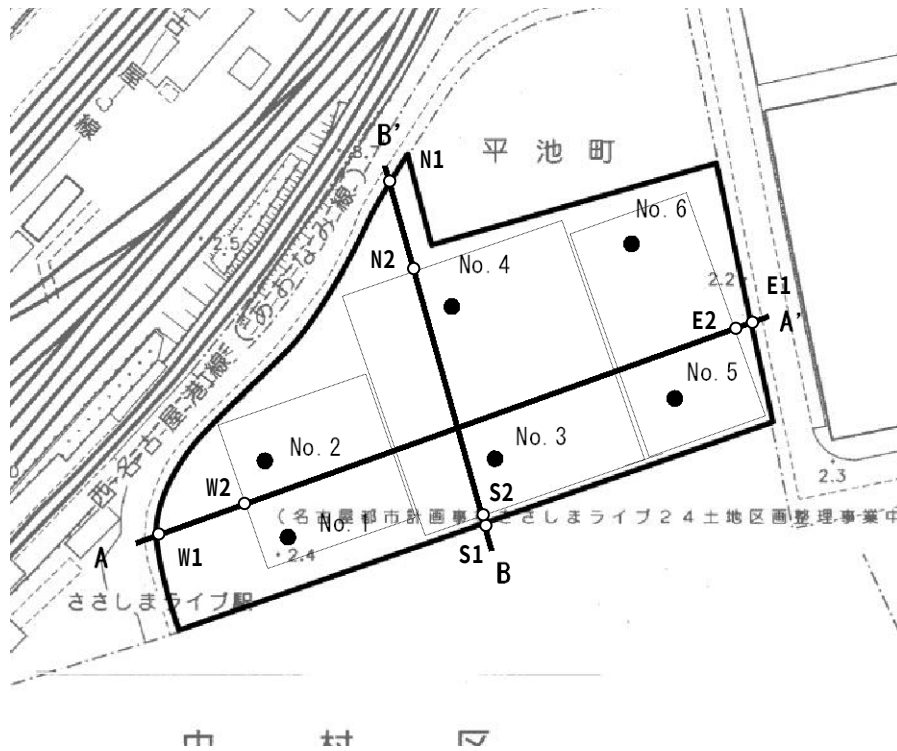


図 2-4-9 変位置算出地点

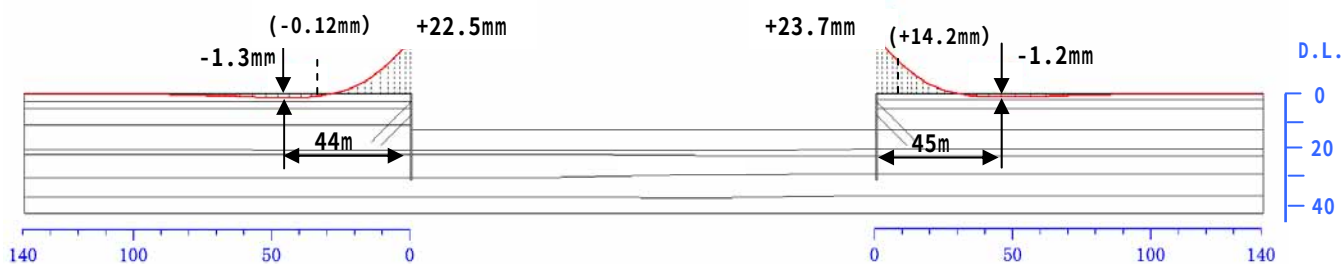
表 2-4-5 掘削工事後の地盤変位置

断面	算出位置	地点名	変位置 (mm)
A-A'	山留め壁	E2	+23.7
		W2	+22.5
	敷地境界	E1	+14.2
		W1	-0.12
B-B'	山留め壁	N2	+24.3
		S2	+23.6
	敷地境界	N1	+0.11
		S1	+21.9

A-A' 断面

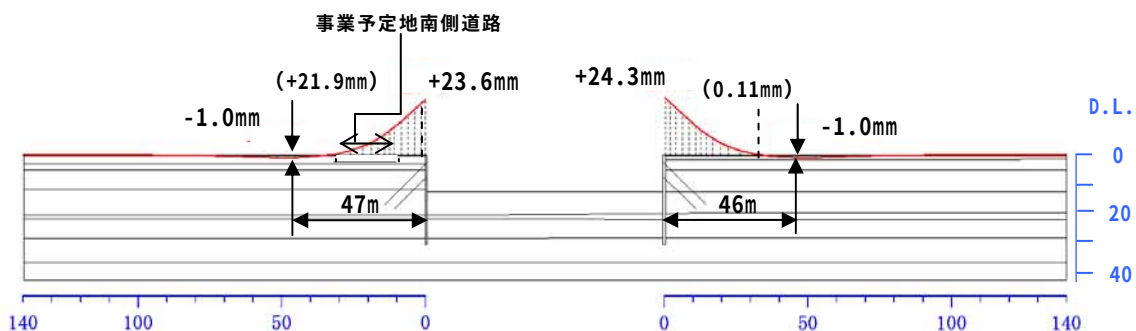
東

西



B-B' 断面

北



注) 変位量の+は隆起、-は沈下を示す。

┆ 敷地境界位置

() は敷地境界での変位

図 2-4-10 掘削工事後の地盤変位

建物完成時における地盤変位は、表 2-4-6 及び図 2-4-11 に示すとおりである。

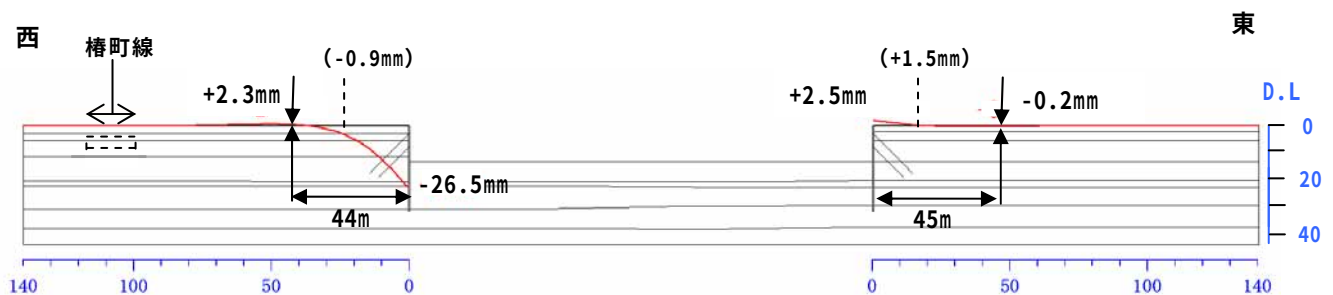
建物完成時においては、建物荷重が掘削面に直接作用するため、いずれの地点も沈下が生じ、WEST タワーの西側においては 26.5 mm の沈下を示す。他の地点では掘削時の隆起量が上回るため、B-B' 断面の北側において、最大 7.7 mm の隆起が予測される。掘削時において、予測された沈下量も減少し、最大でも 0.2 mm の沈下量に留まると予測される。

敷地境界上では、山留め壁に近い B-B' 断面の南側道路境界において、最大 6.6 mm の隆起が予測される。A-A' 断面では、東側敷地境界において、1.5 mm の隆起が予測される。

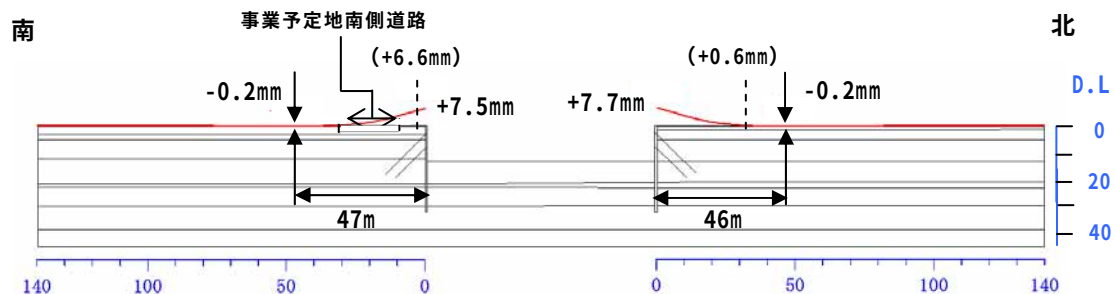
表 2-4-6 建物完成時の地盤変位量

断 面	算出位置	地点名	変位量 (mm)
A-A'	山留め壁	E2	+2.5
		W2	-26.5
	敷地境界	E1	+1.5
		W1	-0.9
B-B'	山留め壁	N2	+7.7
		S2	+7.5
	敷地境界	N1	+0.6
		S1	+6.6

A-A' 断面



B-B' 断面



注）変位量の+は隆起、-は沈下を示す。

！ 敷地境界位置

() は敷地境界での変位量

図 2-4-11 建物完成時の地盤変位

4-4 環境の保全のための措置

(1) 予測の前提とした措置

- ・掘削の山留め壁は、H鋼を芯材とした止水壁である SMW からなり、各棟とも不透水層まで根入れさせる計画である。
- ・地下水排水は、止水壁の内側でのみ行う計画である。

(2) 予測後の措置

- ・ 施工中に地盤変位量の計測を行い、適宜施工対応を講ずる。

4-5 評 価

予測結果によると、予測の前提とした措置を講ずることにより、工事中の地下水位変動量は、山留め壁際で最大 34 cm、周辺地盤変位については、工事中の最大変位量（隆起）が、山留め壁付近で最大 24.3 mm、壁より 65m以上離れた場所では、変位量はほぼゼロとなる。また、建物完成時においては直接基礎のため、建物荷重により沈下が生じ、相対的な変位量は、山留め壁付近で最大 26.5 mmの沈下から最大 7.7 mmの隆起となる。しかし、敷地境界では最大 1.5 mmとなり、周辺の環境に及ぼす影響は低減されるものと判断する。

なお、本事業の実施にあたっては、地盤変位量の計測管理を行い、適宜施工対応を講ずることにより、周辺の環境に及ぼす影響のさらなる低減に努める。