

第 5 編
設 計

第5編 設計

第1章 地形・地質

第1節 地質概要

トンネルが通過する地質は、鳩ヶ谷駅から桜町Tの中間換気立坑付近までは荒川低地の粘性土層や軟弱な沖積層（有楽町層）の埋没谷である。

桜町T中間換気立坑からは大宮台地となり、新井宿駅を経由して赤山T終端付近までは比較的硬質な洪積層（東京層）の粘性土層や砂質層を通過した。

赤山T終端より戸塚安行駅・戸塚T・東川口駅および大門Tの区間では大宮台地南東部の尾根が残る台地の中川低地に位置し、谷底平野が綾瀬川沿いに向けて埋没谷が形成しているが、この下層の洪積層（東京層）の粘性土層や砂質層をトンネルが通過している。

なお、埋没谷を形成している戸塚安行駅は地表面下-6m～-26m程度までは超鋭敏粘土が存在する軟弱粘性土層である。地質縦断図は図5-1-1に示す。

第2節 各区間の地形・地質

1. 桜町トンネル（鳩ヶ谷～新井宿 St 間）

桜町Tは、新井宿 St 起点方立坑から起点方向に発進し、鳩ヶ谷中央 St 留置線の終端部に向けて掘進した。なお、工事延長の約61%は住宅地の直下を通過している。

発進立坑は、R=253mの曲線の位置内にあって発進から大きく左約90度に曲り、かつ33%の下り勾配で住宅地の直下より国道122号線を10～27mの土被りで国道直下を東京方面に南下している。

しかし、この下り勾配であっても国道見沼橋の基礎杭が支障する。このため、一旦左へ迂回し、国道擁壁の基礎杭直下と住宅地の下を（土被り15～8m）を通過するとともに、17%の上り勾配で再度国道下に戻り鳩ヶ谷中央 St に至るルートである。

主な交差構造物は、国道122号線の盛土用擁壁の基礎杭（シールド天端との離隔約2m）、また、主な近接構造物は同国道見沼橋の基礎杭や東電鉄塔である。

地質は大宮台地南端の台地下層部付近が発進位置となり、同台地の洪積層（東京層）の粘性土層を通過し、国道122号線より一旦民地下に左へ迂回付近から荒川低地の粘性土層に入る。

2. 赤山トンネル（新井宿～戸塚安行 St 間）

赤山Tは、新井宿 St 終点方立坑から発進し、川口戸塚 St まで終点方向に掘進した。なお、工事延長の約90%は住宅地等の直下を通過している。

発進立坑は、新井宿 St 直上の新井宿駅前通り線（仮称・都市計画道路）から終点方向に発進し、33%の下り勾配で一旦県道越谷・鳩ヶ谷線を交差したのち左曲線で住宅地の直下や基礎杭の無い東電鉄塔に接近して通過し、首都高速道路川口線との交差付近で同県道直下となる。

首都高交差後、再度民地部に入り同県道に沿って東京外郭環状道路と交差する。

東京外郭環状道路との交差後、県道越谷・鳩ヶ谷線と直交している県道大門・安行線の道路直下に設置する川口戸塚 St に向けて上り33%の勾配で到達するルートである。

主な交差構造物は、首都高速道路川口線および東京外郭環状道路（道路公団）の橋脚である。

この外には基礎杭が支障する建物のうち、日通倉庫の管理棟の基礎杭は地上より引抜き撤去した。また、東電鉄塔は基礎杭が無く、シールドとの離隔距離は水平4m・鉛直12mの超近接となっている。

発進立坑付近の地質は大宮台地の南端部に位置し、同台地の洪積層（東京層）の粘性土層を通過している。

赤山T終端付近の日通倉庫から戸塚安行 St までは、大宮台地南東部の中川低地の谷底平野が綾瀬川沿いに向けて分布する埋没谷の沖積層（有楽町層）の軟弱粘性土層である。

図 5-1-1 地質縦断

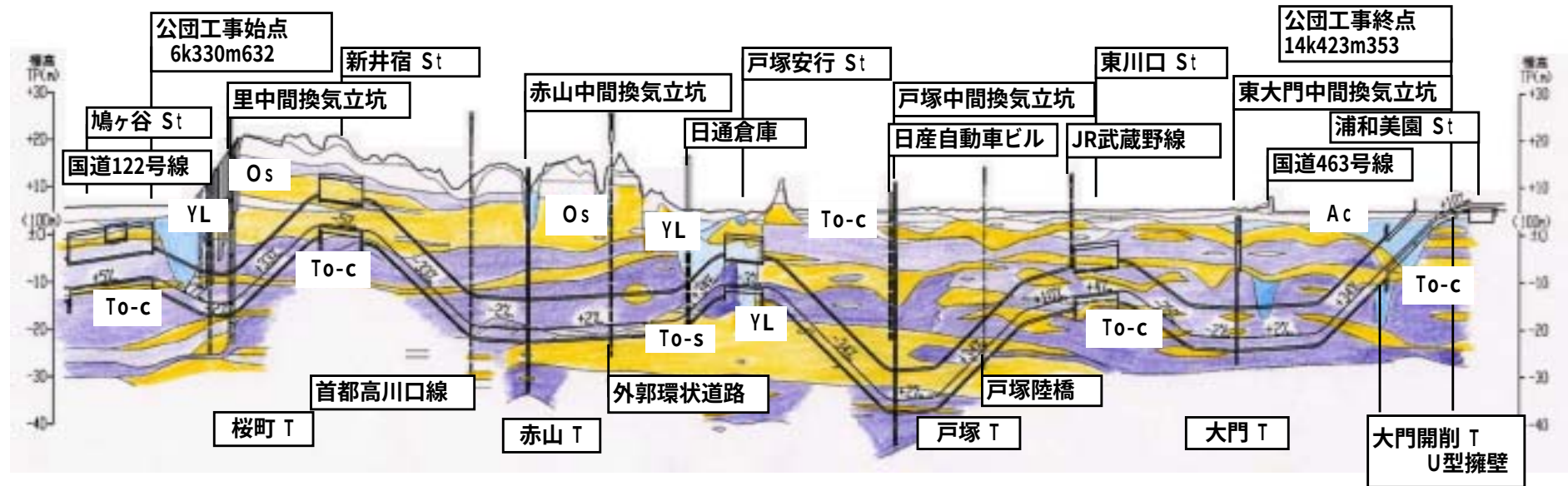
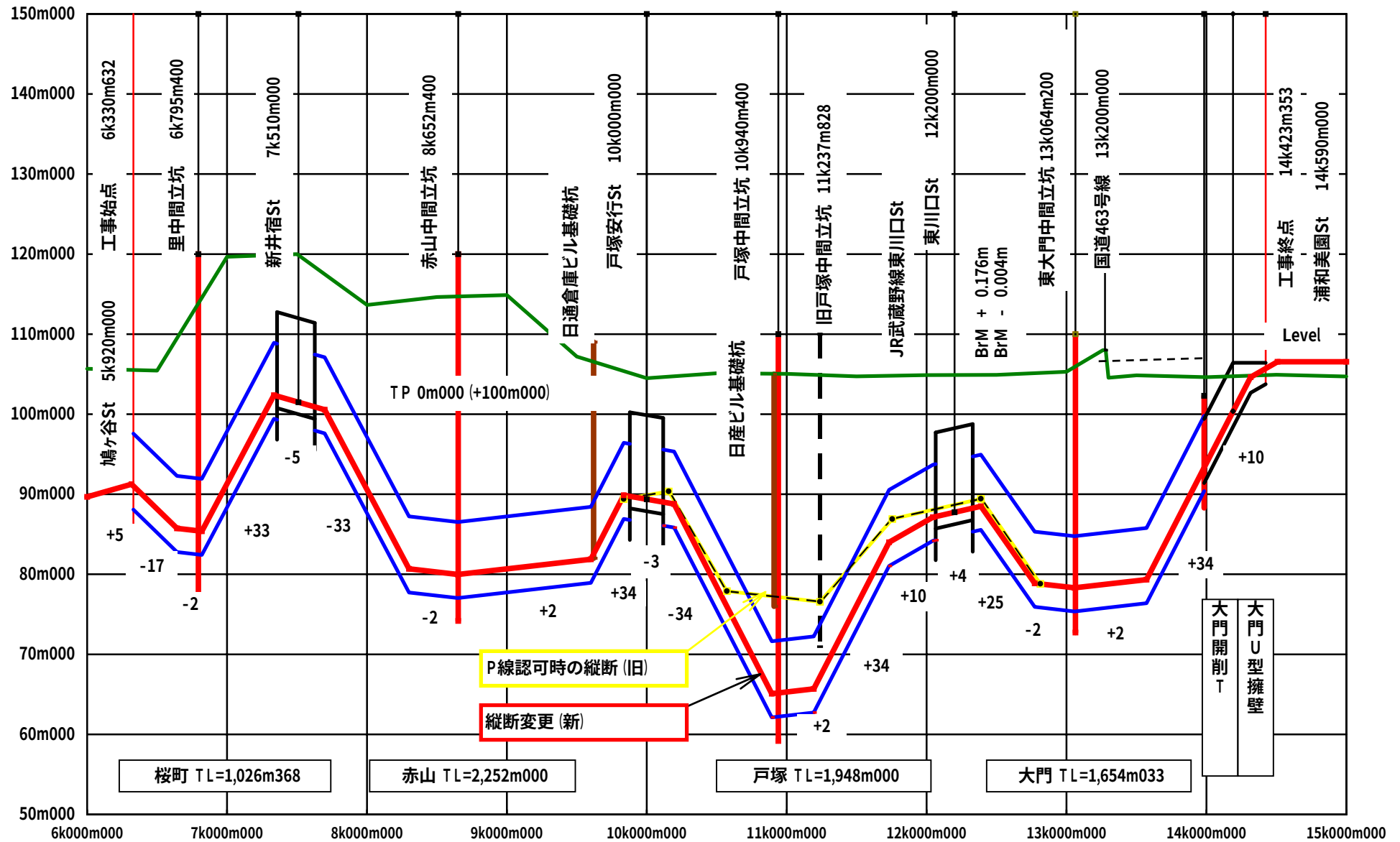


図 5-1-2 線路縦断



3. 戸塚トンネル（戸塚安行～東川口 St 間）

戸塚Tは、川口戸塚 St 終点方立坑から発進し、東川口 St まで終点方に向けて掘進した。なお、工事延長の約 56%は住宅地の直下を通過している。

シールドは発進後ただちに中間換気室に向かって－34‰で下り、換気立坑通過後＋2‰と＋34‰の上り勾配で戻るV字形の勾配となる。これは、日産自動車ビルの基礎杭先端を避けたためである。

この区間は、東川口駅前通り（県道大門・安行・西立野線）に沿うルートであり、発進立坑から住宅地の直下を通過したのち同駅前通りに入る。その後、一旦日産ビルから戸塚陸橋付近までは住宅地の直下であるが、再度駅前通りの道路下に戻る。

この駅前通りから勾配は上り 10‰となり、JR 武蔵野線東川口 St と交差したのち、本線の東川口 St に至る。土被りは 8m～33m程度となっている。主な交差構造物は、日産自動車ビル・県道戸塚陸橋および JR 武蔵野線高架橋である。

発進立坑の地質は、大宮台地南東部の尾根が残る台地の下層部であるが、東川口駅前通りに入る付近からは同台地の中川低地に位置し、谷底平野が綾瀬川沿いに向けて分布する洪積層（東京層）の粘性土層や砂質層を大宮台地に沿って通過する。

4. 大門トンネル（東川口～浦和美國 St 間）

大門Tは、大門開削トンネル（箱型）の起点方立坑から発進し、東川口 St まで起点方に向けて掘進した。なお、工事延長の約 63%は住宅地と農地の下を通過している。

発進位置は、地上に出る上り 34‰の勾配区間中であり、かつ約 5m の土被りから下向のシールドを掘進させる。立坑から国道 463 号線間は農地下であるが、国道を越え中間換気室間は住宅地の直下となり、中間換気室から東川口駅前通り（県道大門・安行・西立野線）の道路下を通過して東川口 St に至るルートである。なお、東川口 St に到達する直前の駅前通りは急曲線となっており、このためビル直下を通過している。

主な交差構造物は、シールドが到達する直前の駅前通りの急曲線部にある丸勇不動産ビルである。

発進立坑付近の地質は、大宮台地南東部の中川低地に位置し、同台地の谷底平野が綾瀬川沿いに向けて分布する洪積層（東京層）の粘性土層や砂質層を大宮台地に沿って通過した。

第3節 線路平面・縦断線形

線路の平面および縦断線形は、基本的には認可時と変更していない。

しかし、戸塚T（戸塚安行 St～東川口 St 間）では、日産自動車ビルの基礎杭（10k900m 付近）が支障することから、最深度の RL を 76.559m（TP-23.441m）から約 11m 深度を下げて 65.080m（TP-34.92m）に縦断変更をした。

なお、赤山Tの終端にある日通倉庫（9k600m 付近）の基礎杭は、線路線形の変更が不可能なため地上から基礎杭を引抜き撤去した。

図 5-1-2 は、線路縦断を示す。

表 5-1-1 は、シールド・開削駅の新旧延長並びに立坑の空立積（空 m³）および掘削都土量を示す。

表 5-1-1 シールドおよび開削駅の新旧比較

名称	新延長		当初延長		新旧延長差		掘削土量 (空 m ³)		
	延長	二次覆工 (m)	延長 (m)	二次覆工 (m)	延長差 (m)	二次覆工延長差		m ³)	m ³ /m
桜町T	1,026.368	391.200	1,026.368	620.400	0.000	-229.200	立坑	0	空m ³
赤山T	2,252.000	331.200	2,247.000	1,480.800	5.000	-1,149.600		0	—
戸塚T	1,948.000	0.000	1,923.633	1,467.600	24.367	-1,467.600		0	—
大門T	1,654.033	234.376	1,652.740	960.376	1.293	-726.000		0	—
計	6,880.401	956.776	6,849.741	4,529.176	30.660	-3,572.400		0	—
新井宿St	270.000	—	273.000	—	-3.000	—	掘削	83,084	307.7
安行St	238.000	—	250.000	—	-12.000	—		63,551	267.0
東川口St	265.000	—	280.000	—	-15.000	—		85,918	324.2
計	773.000	—	803.000	—	-30.000	—		232,553	300.8
大門開削T	206.500	—	206.500	—	0.000	—	掘削	12,918	62.6
大門U型	232.992	—	233.652	—	-0.660	—		8,310	35.7
計	439.492	—	440.152	—	-0.660	—		21,228	48.3
総延長	8,092.893	—	8,092.893	—	0.000	—			

第2章 設計

第1節 構造物の設計基準

構造物の設計基準は、埼玉高速鉄道線普通鉄道構造規則の実施細則によっている。

主な設計基準類は、次のとおりである。

1. 建造物設計標準

- ① 鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物（昭和58年旧JNR）
- ② 基礎構造物、抗土圧構造物（昭和61年旧JNR）

表5-2-1に開削トンネル等の設計基準強度を示す。

2. 設計指針等

- ① 土木構造物設計示方書（埼玉高速鉄道KK）
- ② 深い掘削土留工設計指針（平成5年公団）
- ③ シールドトンネル（セグメント）の設計指針（案）（平成5年営団地下鉄）

表5-2-2にシールドトンネルの設計基準強度を示す。

3. 耐震設計に関する資料

- ① 新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料（平成8年JR総研）
- ② 地下鉄トンネルの耐震設計指針（案）（昭和62年営団地下鉄）

（注）本線は、営団南北線と相互乗入れする路線であるため、セグメントの形状および設計の基本を統一した。

表5-2-3に耐震設計に関する設計基準強度を示す。

4. 構造物

（1）区間

- ① 鳩ヶ谷 St 終端～浦和美園 St 始端
- ② 6k330m632 ～14k423m353
- ③ 延長 8k092m721

（2）地下駅（島式ホーム）

- ① 新井宿 St 開削延長・L= 270m000
- ② 戸塚安行 St 開削延長・L= 238m000
- ③ 東川口 St 開削延長・L= 265m000

（3）複線シールドトンネル

（中間換気立坑含む）

- ① 桜町 T 外径φ9.5m・L=1k026m368
- ② 赤山 T 外径φ9.5m・L=2k252m000
- ③ 戸塚 T 外径φ9.5m・L=1k948m000

- ④ 大門 T 外径φ9.4m・L=1k654m033
- （4）大門開削トンネル等

- ① 箱型複線トンネル ・L=206.500 m
- ② U型擁壁 ・L=232.992 m

表 5-2-1 開削トンネル等の設計基準強度

設計基準強度 (開削トンネルおよびU型擁壁)				平成 5年 (1993)	
コンクリート強度		σ_{ck}	kgf/cm ²	240.0	
許容曲げ圧縮応力度 (軸方向力を含む)			kgf/cm ²	90.0	
許容せん断応力度	斜引張鉄筋の計算をしない場合	曲げ	kgf/cm ²	4.5	
		押抜き	kgf/cm ²	9.0	
	斜引張鉄筋の計算をしない場合		kgf/cm ²	20.0	
			kgf/cm ²	8.0	
許容付着応力度	丸鋼		kgf/cm ²	16.0	
許容支圧応力度	一般の場合		kgf/cm ²	72.0	
	支圧を受ける部分が充分補強されている場合		kgf/cm ²	80.0	
	鋼管柱支承部		kgf/cm ²	90.0	
鉄筋の許容応力度	SD 345		kgf/cm ²	1,800	
鋼管柱 (合成構造)	STK490/SM490	引張	kgf/cm ²	2,150	
	SCW490-CF	圧縮	kgf/cm ²	2,150	
鋼管柱支承版	SCW480	引張	kgf/cm ²	1,750	
		圧縮	kgf/cm ²	1,850	
アンカー筋	SS400	引張	kgf/cm ²	1,600	
		圧縮	kgf/cm ²	1,600	

表 5-2-2 シールドトンネル設計基準

設計基準強度 (シールドトンネル)				平成 5年 (1993)	
コンクリートセグメント	平板型 中子型	設計基準強度	σ_{ck}	kgf/cm ²	480.0
		曲げ圧縮応力度		kgf/cm ²	170.0
		支圧応力度		kgf/cm ²	140.0
				kgf/cm ²	
ダクトイルセグメント	球状黒鉛鋳鉄 (ダクトイル鋳鉄)	FCD500	引張	kgf/cm ²	1,600
			圧縮	kgf/cm ²	1,900
			せん断	kgf/cm ²	1,200
				kgf/cm ²	2,100
ダクトイル区間の連絡横坑部	鋼製セグメント	SM490	引張	kgf/cm ²	2,100
			圧縮	kgf/cm ²	2,100
			せん断	kgf/cm ²	1,200
				kgf/cm ²	
継手ボルト (耐候性鋼 鋼)	平板型	10.9 (10T)	引張	kgf/cm ²	3,000
			せん断	kgf/cm ²	1,900
	中子型	8.8 (8T)	引張	kgf/cm ²	2,400
			せん断	kgf/cm ²	1,500
	ダクトイル	4.6 (4T)	引張	kgf/cm ²	1,200
			せん断	kgf/cm ²	800
	中子型 リンク間継手	4.6 (4T)	引張	kgf/cm ²	1,200
			せん断	kgf/cm ²	800
継手金具	インサート式高剛性継手			FCD500	
設備関係埋込栓	取付ボルト埋込栓 (φイロン製)			φ22mm用	
到達覆工鉄筋コンクリート		σ_{ck}	kgf/cm ²	240.0	
二次覆工コンクリート (ひびわれ防止鉄筋を含む)		σ_{ck}	kgf/cm ²	240.0	

表 5-2-3 耐震設計に関する設計基準

新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料					平成 8年 (1996)			
鉄筋の強度の特性値 材料係数 $\gamma_{mr}=1.0$) kgf/cm^2)								
鉄筋の種類	設計引張降伏強度 f_{yd}				設計引張強度 f_{yd}			
	設計圧縮降伏強度 f_{syd}				設計圧縮強度 f_{syd}			
SR295	3,000				4,500			
SD345	3,500				5,000			
鉄道構造物等設計標準・コンクリート構造物					平成 4年 (1992)			
普通コンクリートの設計強度 限界状態の材料係数 $\gamma_c=1.3$) kgf/cm^2)								
設計基準強度	f_{ck}	240	270	300	新設構造物の当面の耐震設計に関する補強設計に適用			
設計圧縮強度	f_{cd}	185	208	231				
設計曲げ強度	f_{bd}	27	29	31				
設計引張強度	f_{td}	15	16	17				
設計付着強度	f_{bod}	18	19	21				
鋼材								
構造用鋼材の強度の特性値 材料係数 $\gamma_{ms}=1.05$) kgf/cm^2)					平成 8年 (1996)			
	引張降伏強度 圧縮降伏強度				引張強度			
	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570	SS400 SM400 SMA400	SM490Y SM490 SMA490	SM520 SMA570	SM570
$t \leq 16$	2,500	3,300	3,700	4,700	4,100	5,000	5,300	5,800
$16 < t \leq 40$	2,400	3,200	3,600	4,600				
$40 < t$	2,200	3,000	3,400	4,400				

第2節 耐震設計

開削トンネルの設計は、兵庫県南部地震（1995.1.17）の以降「新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料（1996.3・JR総研）」に基づき設計した。

戸塚安行 St は、3 駅の中でも地質は非常に軟弱な粘性土層（N 値=0）のおぼれ谷を形成し、超鋭敏粘土が多く分布している。

このため、地震時の地盤変移に対応させ耐震性能を向上させた図 5-2-1 は兵庫県南部地震規模の地震に対する検討結果である。

なお、戸塚安行 St は図 5-2-2 に示す地質縦断図のとおり超軟弱な地盤である。

超鋭敏粘土を表す指標に液性指数と非排水せん断強度の関係図がある。これらの関係を他線区と比較するため図 5-2-3 に示す。

地盤を静的および動的解析により水平変位量を比較した。旧来からの 200gal（震度 0.2）では、地表面の変位は 55mm 程度となる。

しかし、700gal となると静的解析で 277mm、動的解析で 342mm と地表面の変位量となる。

表 5-2-4 は、地表面、構造物（箱型トンネル）の各位置の地盤変位量である。

図 5-2-1 兵庫県南部地震規模の地震に対する検討

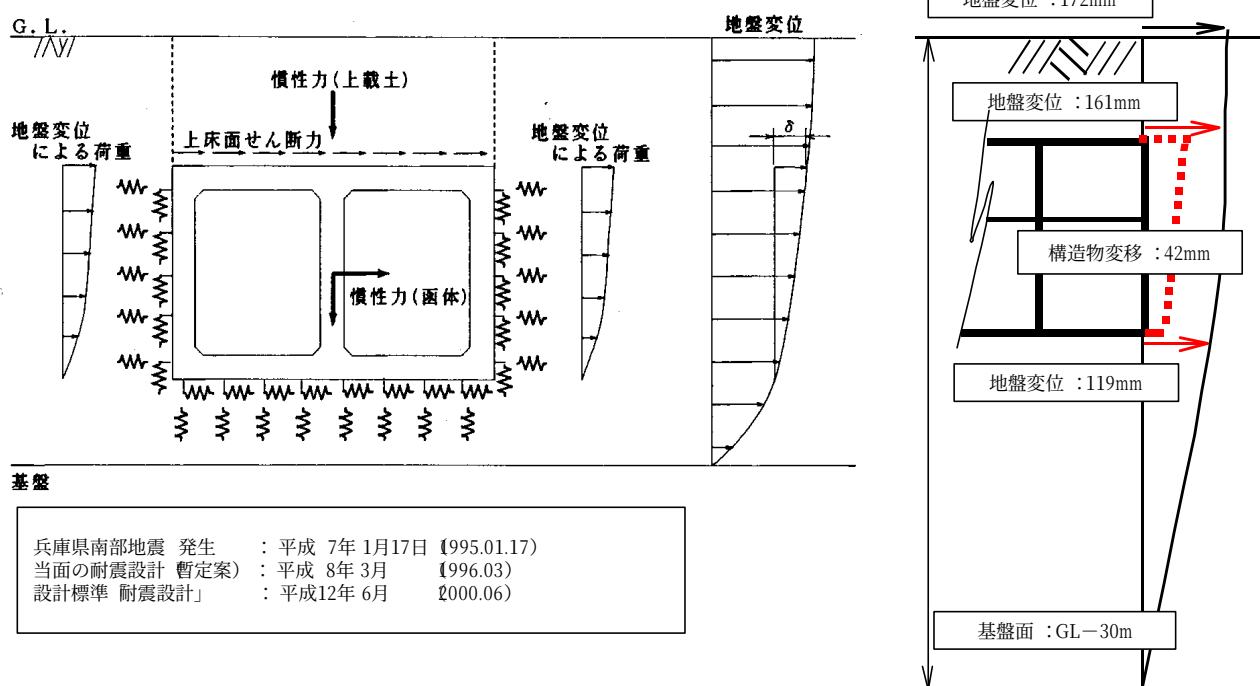


図 5-2-2 戸塚安行 St 付近の地質縦断

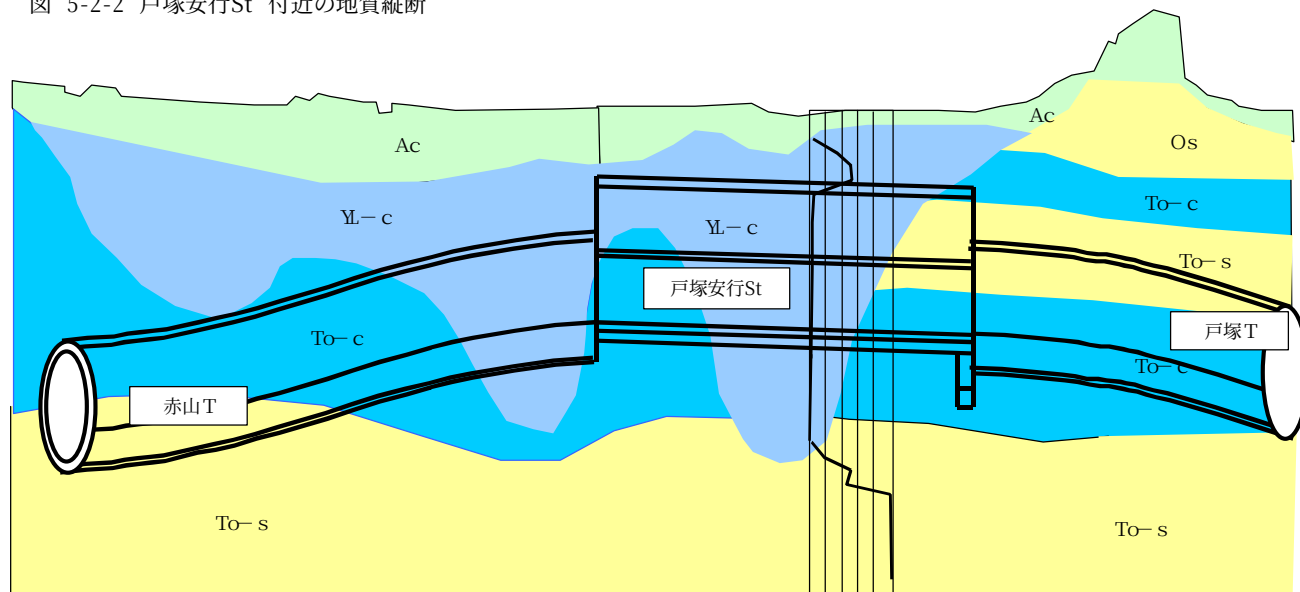


図 5-2-3 液性指数と非排水せん断強度との関係

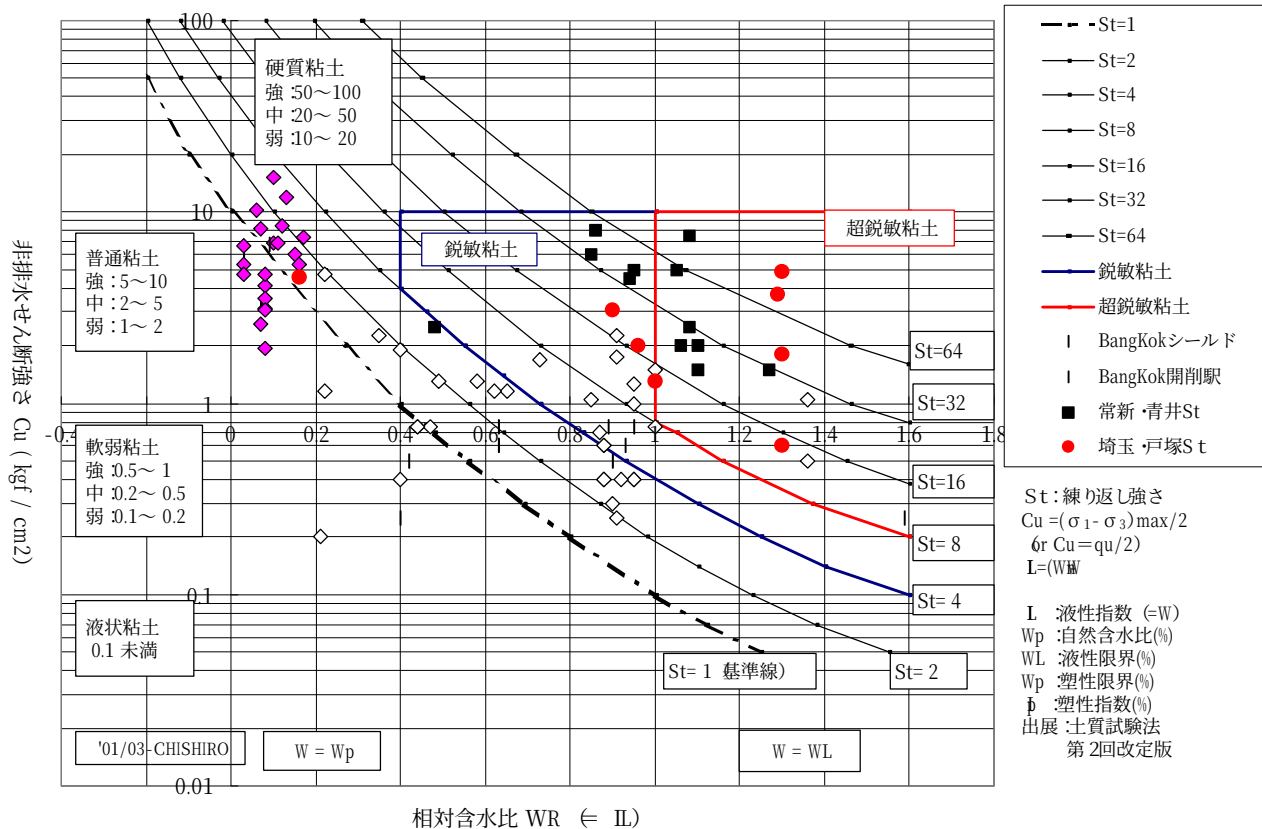


図 5-2-4 動的解析による地盤変位

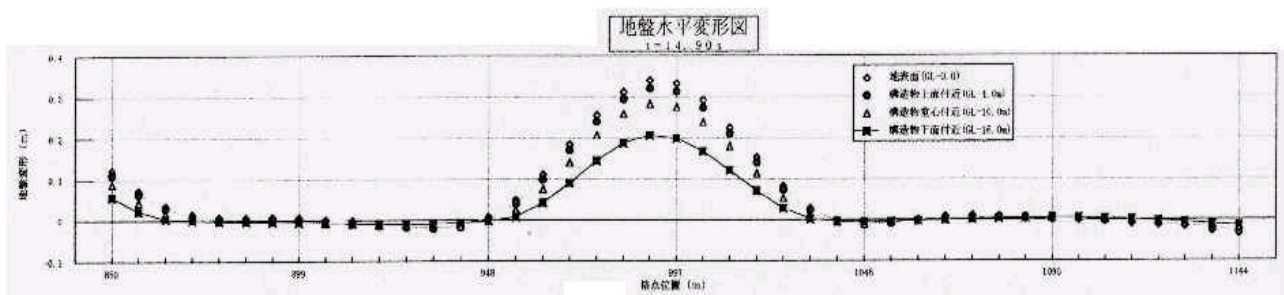
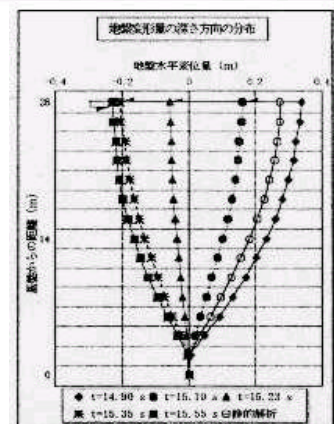


表 5-2-4 地盤の静的解析と動的解析との比較

解析条件	入射波 PORT IALAND NS GL-83.0m Max Value 678.8 cm/s ² 減衰定数 0.100		
解析結果	深度	最大変位 (mm)	経過時間 (t=sec)
	GL=0.0m 地表面	342	14.90
	GL=4.0m 構造物天端	322	14.89
	GL=10.0m 構造物重心位置	285	14.88
	GL=16.0m 構造物下端	206	14.89
構造物の変位量差		静的解析	動的解析
静的解析と動的解析の比較		200 gal (mm)	700 gal (mm)
	GL=0.0m 地表面	55.4	276.8
	GL=4.0m 構造物天端	53.8	268.8
	GL=10.0m 構造物重心位置	45.6	227.8
	GL=16.0m 構造物下端	31.4	157.2
構造物の変位量差		22.4	111.6



第3節 開削トンネル

1. 仮土留工

本線の開削駅（新井宿及び戸塚安行 St）付近は、低層木造家屋が多く近接しているが、東川口 St では JR 武蔵野線東川口 St の交差や中層ビルに近接した位置での開削工事である。

大門開削箱型 T や U 型擁壁区間は、一部低層木造家屋が近接しているが、概ね綾瀬川の遊水池を兼ねた農地である。

地表面の最大沈下量は、仮土留工の最大変形量の概ね 50%～100%といわれている。また、木造家屋の不同沈下とその障害は、表 5-2-5 とおり想定（提案）されている。

従って、地表面の最大許容沈下量を 50mm とし、その 80%を変形量と設定し、仮土留工の設計を次のとおりとした。

（1）仮土留工の形式および深度

① ソイルセメント壁（呼称：SMW 工法）

・掘削深さ 5m 以上（SMW 削孔長 15m）

（注、掘削深度の詳細事由については、第 3 節 6. を参照）

② 鋼矢板（海外資材による埋設材）

・掘削深さ 5m 以下

（2）仮土留工の最大変形量

① 一般区間 : 40mm 以下

② ビル近接区間 : 20mm 以下

③ JR 近接区間 : 10mm 以下

2. 仮土留工の設計

SMW は、土質・掘削深度によって削孔径や芯材（H 形鋼断面）および全孔芯材または隔孔芯材としている。

図 5-2-5 は、芯材の挿入例を示す。

また、戸塚 T 到達部（東川口 St 起点方）のシールド到達用ソケット構造は芯材を連結して側壁コンクリートと一体化を図った。

この構造により道路用地内に全て収めることができ、民地支障を避けられた。

図 5-2-6 は、一般的な仮土留の応力状態の例を示す。

表 5-2-5 許容総沈下量について

種類	即日沈下	圧密沈下		建物の傾斜	記 事
基礎形式	布基礎	布基礎	べた基礎		
標準値	15mm	25mm	25mm（～ 50mm）	1.5/1,000	（ ）内は、剛性の高い基礎
最大値	25mm	50mm	50mm（～100mm）	3.0/1,000	

抜粋：土と基礎（1993/11・福山大教授、発表文）

図 5-2-5 ソイルセメント壁及び芯材間隔

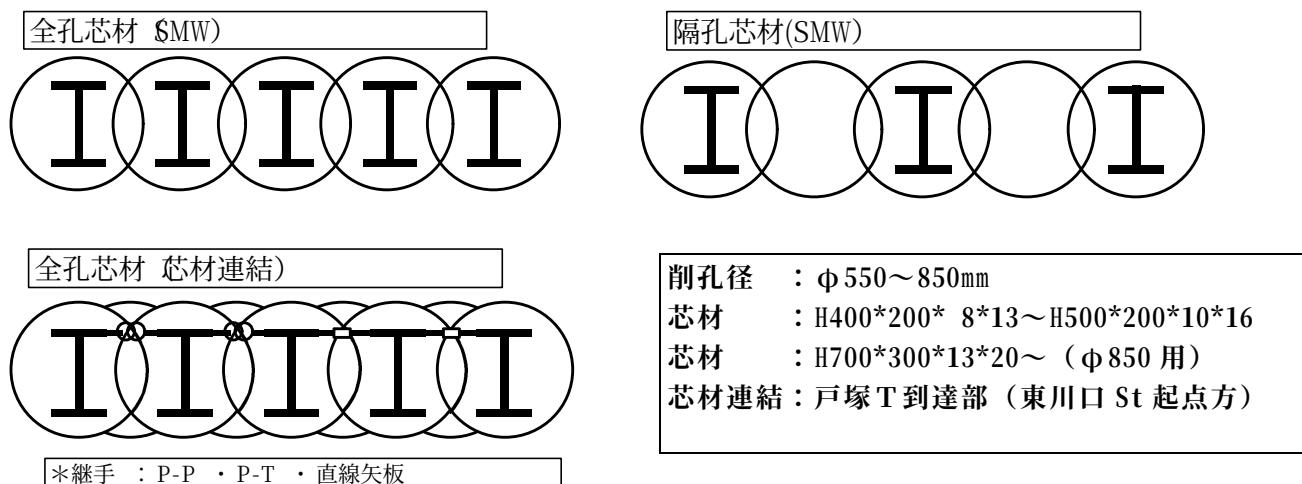
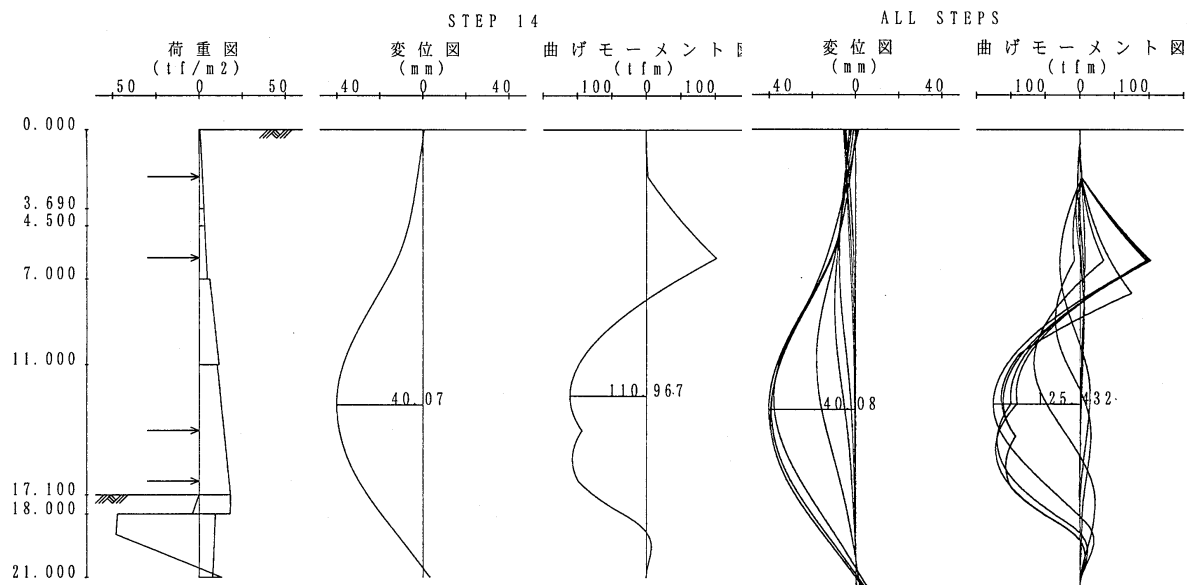


図 5-2-6 仮土留の応力状態



3. 開削地下駅

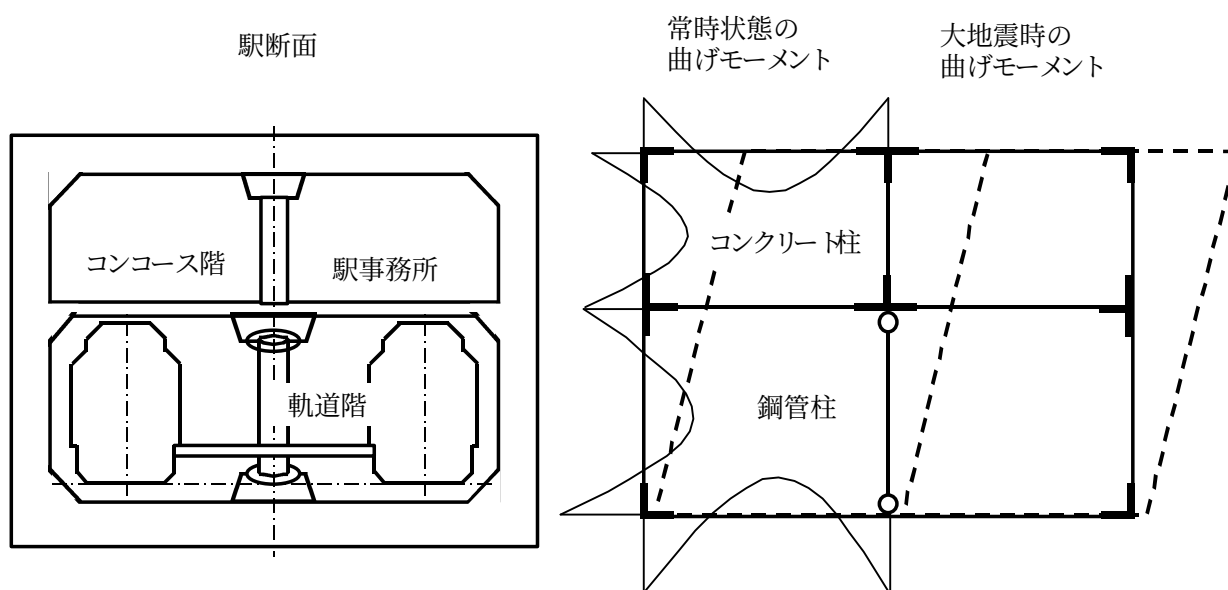
地下駅における構造は、ホームやコンクール階の中柱には鋼管柱を用い、それ以外ではコンクリート柱を採用した。

構造設計は、節点の剛度を考慮し、鋼管柱の上下端部はヒンジ構造として設計している。

兵庫県南部地震の補強設計では、コンクリート中柱上下端部付近および側壁のコーナー部の鉄筋量を増加させて補強している。

図 5-2-7 は開削地下駅の構造断面であり、常時状態の曲げモーメントと大地震時の構造物の変位状況例を示す。

図 5-2-7 開削駅構造



4. 開削地下駅比較

地下駅構造(2層階)を他線区含め比較(H12年度)すると6駅あるが、平均的なコンクリート量及び鉄筋量は表5-2-6に示すとおりである。

表 5-2-6 開削駅構造比較

No	構 造	新井宿 S t	戸塚安行 S t	東川口 S t	Sa-Ha	Jyo-Na	Jyo-Tu
		SMW土留	SMW土留	SMW土留	連壁	起点方	終点方
		島式1面2線	島式1面2線	島式1面2線	島式1面2線	島式1面2線	島式1面2線
1	土被り(最大 m)	8.50	5.10	7.70	4.80	4.60	5.60
2	土被り(最小 m)	6.50	4.70	6.00	4.80	3.85	4.70
3	平均土被り (m)	7.50	4.90	6.85	4.80	4.23	5.15
4	地層	硬質粘性土	超軟弱粘性土	硬質粘性土		硬質粘性土	硬質砂質土
5	延長 (m)	270.00	238.00	265.00	248.00	119.00	241.00
6	幅 (m)	15.70	15.80	17.20	16.30	17.40	20.87
7	構造高さ (m)	12.10	12.00	12.00	12.00	13.60	13.72
8	階層	2	2	2	2	2	2
9	上床版厚 (cm)	70.00	80.00	60.00	80.00	95.00	100.00
10	下床版厚 (cm)	80.00	90.00	70.00	90.00	110.00	110.00
11	上・側壁厚 (cm)	60.00	80.00	60.00	100.00	85.00	100.00
12	下・側壁厚 (cm)	70.00	80.00	70.00	100.00	105.00	110.00
13	コンクリート (Σ m3)	16,570.00	13,384.00	15,680.00	17,135.00	8,160.20	22,581.00
14	駅m当り量 (m3/m)	61.37	56.24	59.17	69.09	68.57	93.70
15	鉄筋量 (Σ Ton)	2,690.00	2,194.00	2,055.50	3,551.00	1,445.40	3,495.20
16	m3 当り (kg/m3)	162.34	163.93	131.09	207.24	177.13	154.78
17	駅m当り重量 (Ton/m)	9.96	9.22	7.76	14.32	12.15	14.50
18	掘削量 (Σ m3)	83,084.40	63,550.76	85,918.30	67,912.32	36,908.45	94,909.87
19	駅m当り土量 (m3/m)	307.72	267.02	324.22	273.84	310.16	393.82
20	備考	発進立坑 2	発進立坑 1	—	発進立坑 1		

開削駅(新井宿、戸塚安行、東川口)の平面を図5-2-8～10に示す。

図 5-2-8 新井宿St 平面図

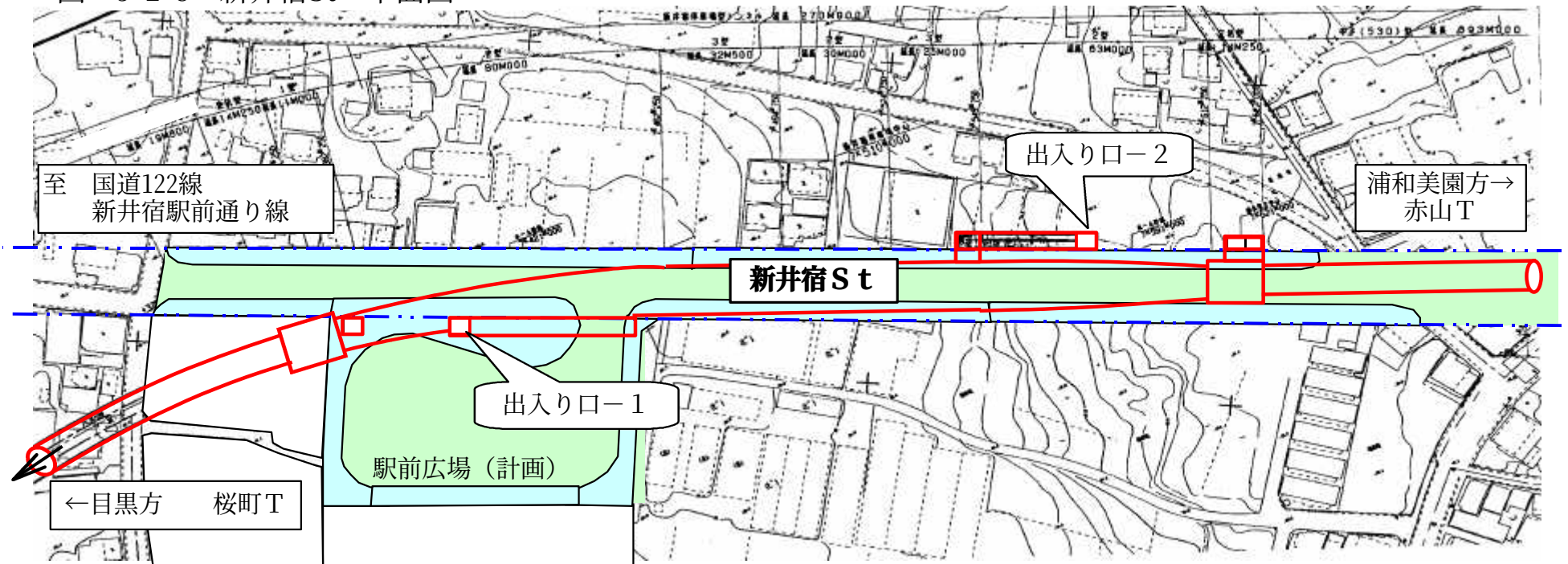


図 5-2-9 戸塚安行St 平面図

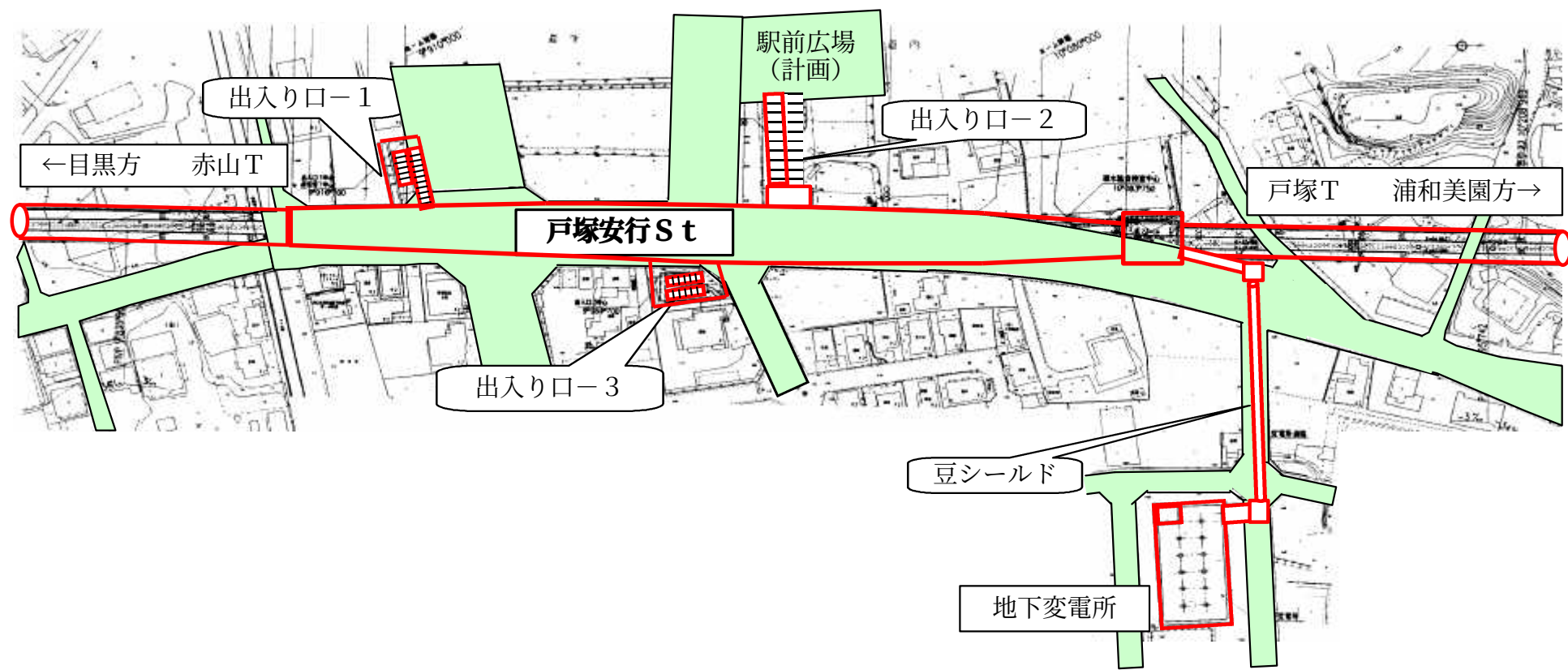
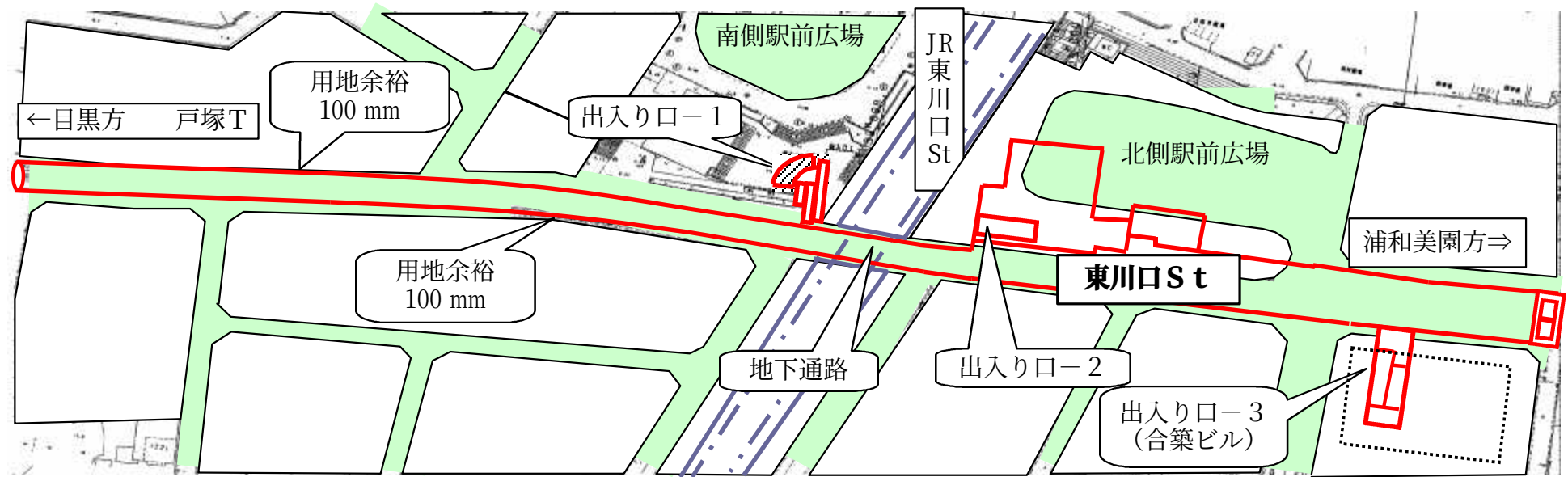


図 5-2-10 東川口St 平面図



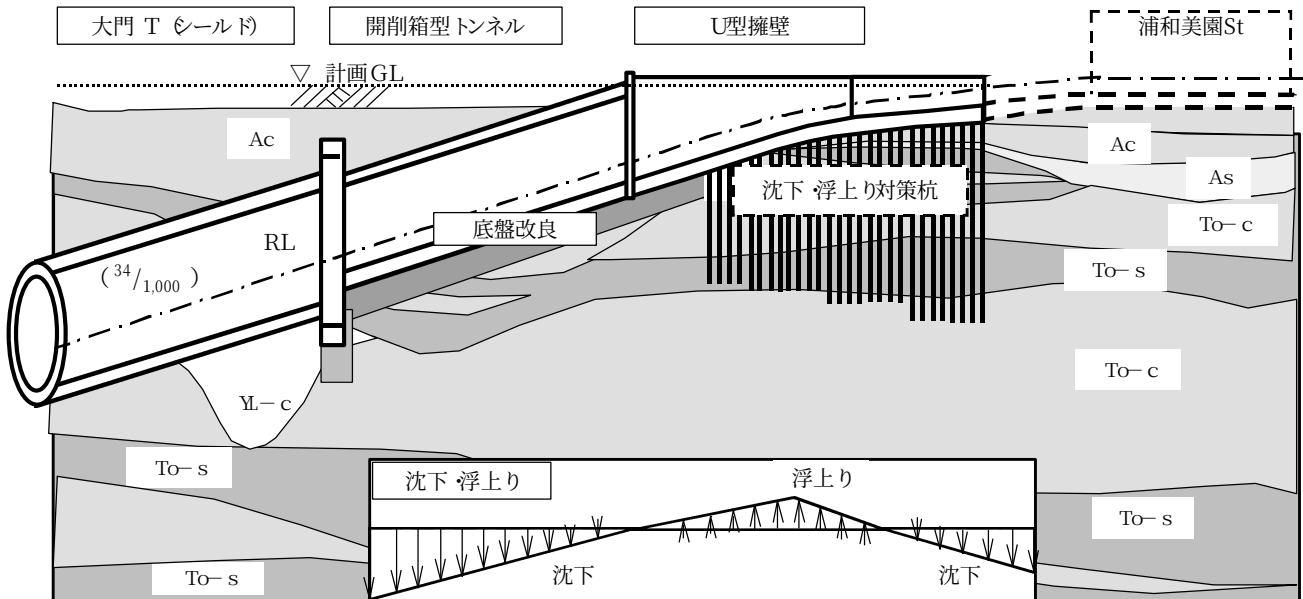
5. トンネルから地上に出る区間の対策

大門T終端は、シールドから開削箱型トンネルおよびU型擁壁区間であり、軟弱粘性土層と地表面付近まで地下水位が高い地層であり、また綾瀬川の遊水地となっている。

このため、沈下並びに浮上りの防止対策工に底盤改良や場所打ち杭を施工した。

図 5-2-11 に沈下・浮上り対策を示す。

図 5-2-11 沈下浮上り対策区間



6. 掘削深さ 5m 以上を SMW とした事由

開削箱型TおよびU型擁壁区間の掘削中の盤膨れや液状化並びに底盤からの地下水の廻り込みによる浮上り等を防止するための処置である。

このため、沈下・浮上り対策杭を除く範囲を SMW および鋼矢板で閉塞し、砂層を遮断した。

***掘削深さ 5m 以上について**

SMW : 削孔長 15m

(芯材長 7m、芯材無し 8m)

＊芯材無しの範囲について

底盤改良は、地盤収縮に伴う構造物沈下に対するものであり、更に改良地盤の下層に As および To-s 層があるため構造物の浮上り問題がある。

このため、急激な異常高水位による浮上りを防止するため、SMW により地下水層を遮断することとした。

第4節 シールドトンネル

1. シールド外径

シールド外径は、最小半径から断面を決定する。桜町Tは、最小半径 $R=250\text{m}$ であり、外径は次のとおりである。

(1) セグメント外径

① 外径 9,500 (桜町・赤山・戸塚T)

a) 設計値

- ・最小半径 $R\text{-min} = 250\text{m}$
- ・カント $C\text{-max} = 105\text{mm}$
- ・保守余裕 $= 150\text{mm}$
- ・シールドだ行余裕 $= 50\text{mm}$
(建築限界外余裕 200mm)

b) 平板型セグメント区間の内空断面

- ・平板型セグメント厚さ $= 400\text{mm}$
- ・二次覆工厚さ $= 150\text{mm}$
- ・有効内空断面 $= 8,400\text{mm}$

c) 中子型セグメント区間の内空断面

- ・中子型セグメント高さ $= 530\text{mm}$
- ・二次覆工厚さ $= 0\text{mm}$
- ・有効内空断面 $= 8,440\text{mm}$

② 外径 9,400 (大門T)

a) 設計値

- ・最小半径 $R\text{-min} = 850\text{m}$
- ・カント $C\text{-max} = 105\text{mm}$
- ・保守余裕 $= 150\text{mm}$
- ・シールドだ行余裕 $= 50\text{mm}$
(建築限界外余裕 200mm)

b) 平板型セグメント区間の内空断面

- ・平板型セグメント厚さ $= 400\text{mm}$
- ・二次覆工厚さ $= 150\text{mm}$
- ・有効内空断面 $= 8,300\text{mm}$

c) 中子型セグメント区間の内空断面

- ・中子型セグメント高さ $= 530\text{mm}$
- ・二次覆工厚さ $= 0\text{mm}$
- ・有効内空断面 $= 8,340\text{mm}$

(大門Tは、 $R=850\text{m}$ 以上の曲線であり、将来の最高速度 100km/hr 考慮しても建築限界外に余裕がある。)

(2) セグメントの設計

① 平板型セグメント

a) 形状

- ・幅 $1,200\text{mm}$ 厚さ 400mm

b) ピース割付

- ・K型+7ピース継手

c) 継手形式および継手バネ

・セグメント間

：インサート式高剛性継手

回転バネ : MK法

・リング間 : インサート継手

せん断バネ : 無限大値

インサート式高剛性継手は、従来から用いられたダクタイル継手 (ボルト+铸铁板) より施工性・経済性が優位であり、セグメントの曲げモーメントや変形も減少することから採用した。

表 5-2-7 は、継手の回転バネ値および曲げモーメントの新旧比較を、図 5-2-12 では継手構造図を示す。

② 中子型セグメント

a) 形状

- ・幅 $1,200\text{mm}$ 桁高さ 530mm
- ・3-Box 型 (1 ピース 3 中子タイプ)

b) ピース割付

- ・K型+7ピース継手

c) 継手形式

- ・セグメント間 : 5 本 (長ボルト)
- ・リング間 : 44 本 (長ボルト)
：凹凸 Key

中子型は、当初 4-Box 型 (1 ピース 4 中子タイプ)、リング間継手ボルトは 58 本であったが、コンクリートを半円突起させた凹凸 Key 構造 (せん断耐力を増加) を設けたことにより、施工性・経済性の向上を図った。

図 5-2-13 は、平板型セグメントを図 5-2-14 では中子型セグメントの新旧比較を示す。

2. 鉄筋コンクリートセグメント

(1) 平板型セグメント ($t=400\text{mm}$)

- ① 民地区間 (建物最大荷重 8.0tf/m^2)
- ② 土被り 1D (全土圧) : 平板 I 型
- ③ 土被り 2D (全土圧) : 平板 II 型
- ④ 2D 以上 (ゆるみ土圧) : 平板 I 型

(2) 中子型セグメント ($t=530\text{mm}$)

- ① 道路区間 (道路荷重 1.0tf/m^2)
- ② 土被り 1D (全土圧) : 中子 I 型
- ③ 土被り 2D (全土圧) : 中子 II 型
- ④ 2D 以上 (ゆるみ土圧) : 中子 I 型

(3) ダクティルセグメント (t=350mm)

- ① 里中間換気立坑の連絡横坑トンネル
(3並列の区間)

3. 偏土圧区間

(1) 国道 122 号線擁壁下

- ① ダクティルセグメント
② 平板型セグメント (平板Ⅱ型)

(2) 戸塚 T (11k660m～JR 武蔵野線交差および東川口 St 到達立坑間)

- ① 平板型セグメント (平板Ⅱ型)

4. 平板型と中子型との変更点

(1) 民地直下区間

シールドが民地内にある区間は、原則として平板型としている。

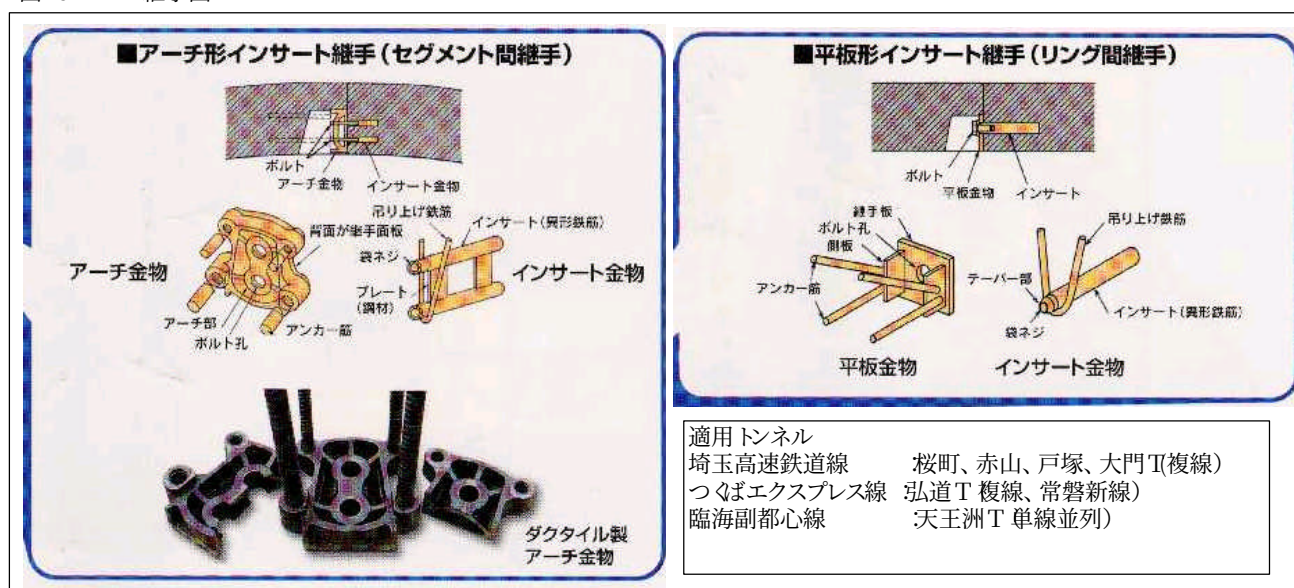
(2) 道路直下区間

- ① 赤山 T 新井宿 St 発進立坑～首都高速道路間は将来道路を考慮して、中子型を採用した。
② 戸塚 T 11k600m～12k065m 間 (JR 下を含む) は、県道幅が狭く蛇行しているため、線路線形はそのままにしてシールドを道路線形に合わせて蛇行させている。このため、平板型を使用して建築限界を確保した。
③ 大門 T (東川口 St～公園) の中子型区間は一部民地に支障するが、ゆるみ土圧となるため、中子型とした。

表 5-2-7 継手の回転バネ値比較

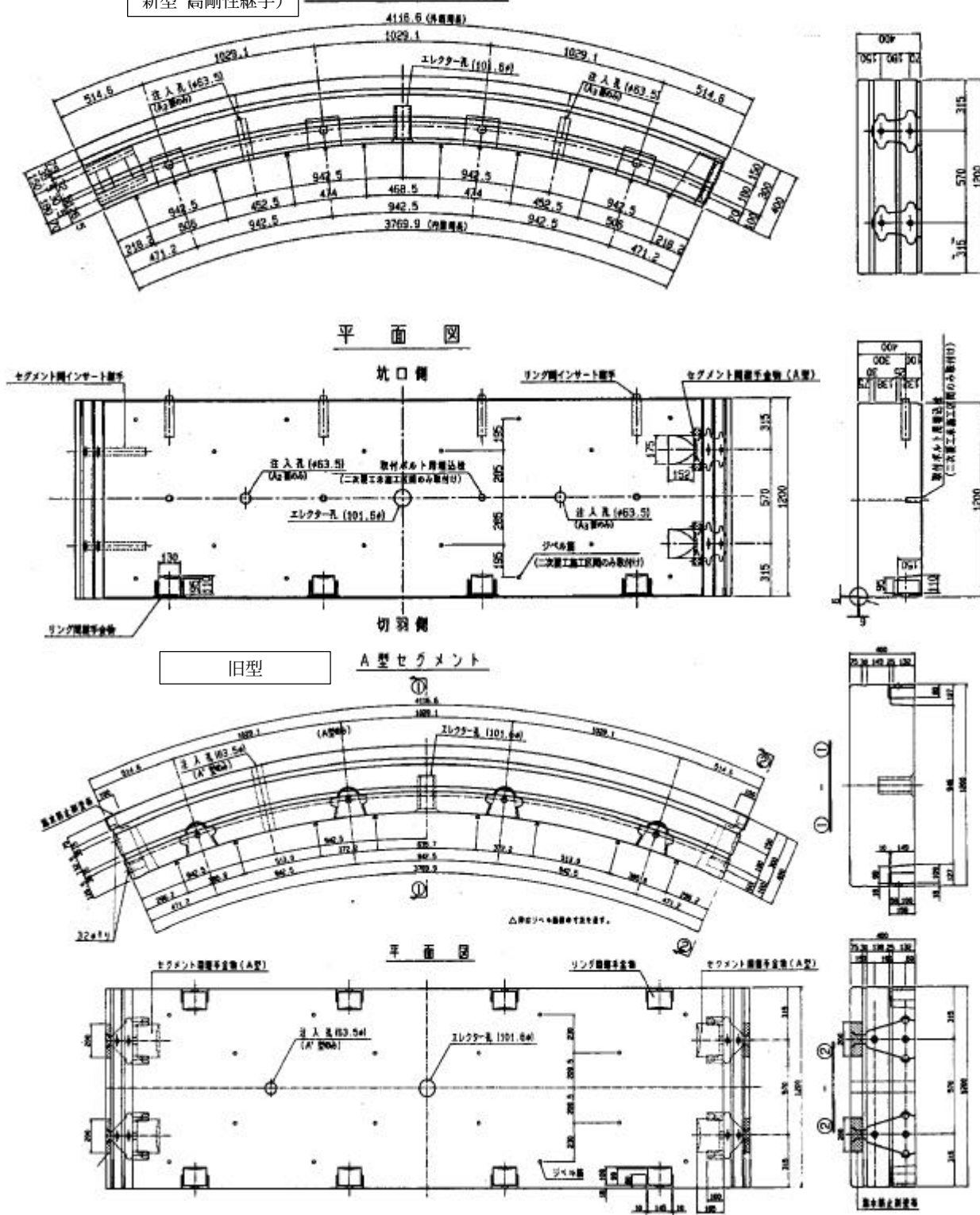
セグメント	項 目	回転バネ値			記事
			正曲げ	負曲げ	
回転バネ値	従来タイプ	Kθ	1.850	3.410	
Kθ (tf/m/rad)	インサート式高剛性継手	Kθ	14.300	7.640	
	増加差	Kθ	12.450	4.230	
	率		673%	124%	
曲げモーメント	従来タイプ	tf・m	48.034	-31.934	
	インサート式高剛性継手	tf・m	41.790	-28.998	
	減少差	tf・m	-6.244	2.936	
	率		-13%	-9%	

図 5-2-12 継手図



新型 高剛性継手)

A 型セグメント



新旧比較

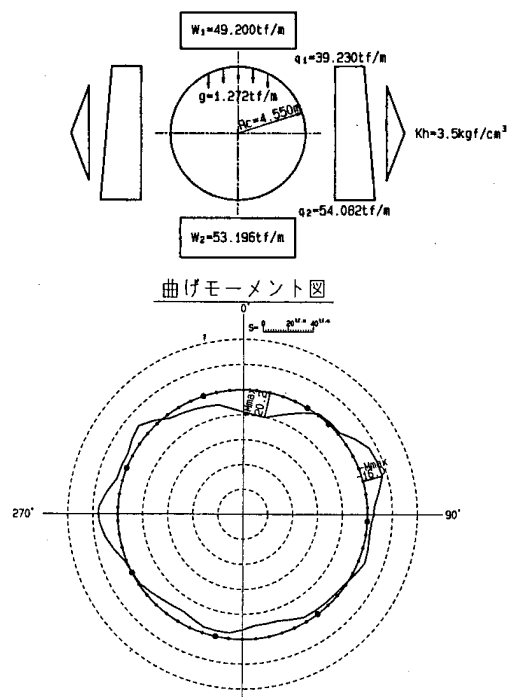
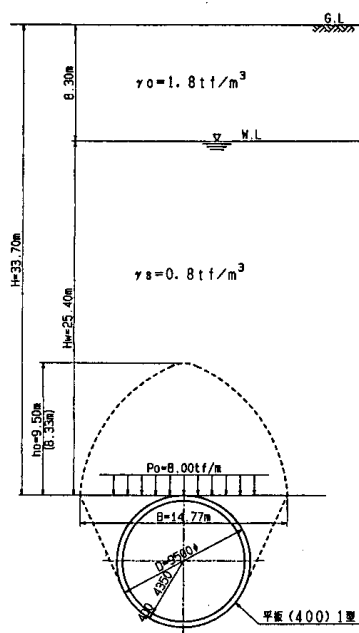
新旧比較	旧型（従来）	新型（高剛性）	差 引	比率
平板型（1.2m/Ring）				
コンクリート	13.328 m3	13.455 m3	0.127 m3	101%
鉄筋	3,963.0 kg	3,193.8 kg	-769.2 kg	81%
セグメント継手重量	249.4 kg	350.9 kg	101.5 kg	141%
リング継手重量	569.6 kg	327.6 kg	-242.0 kg	58%
ボルト総重量	819.0 kg	678.5 kg	-140.5 kg	83%
セグメント有効幅	946 mm	1,090 mm	144 mm	115%
セグメント有効幅率	79%	91%	12%	115%

[illegible]

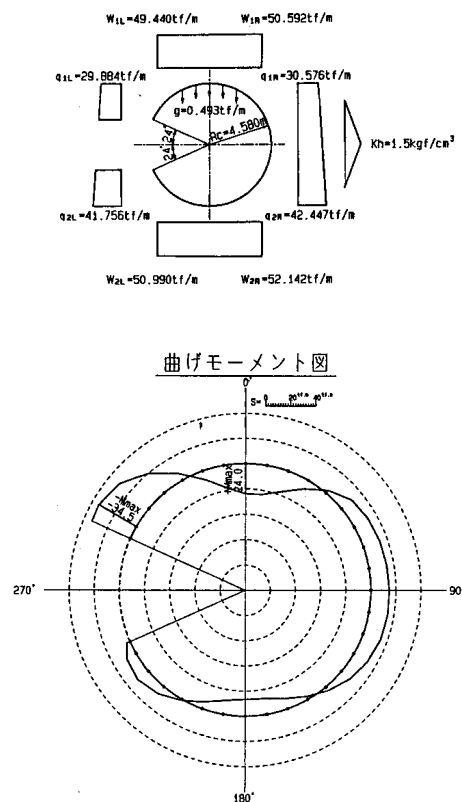
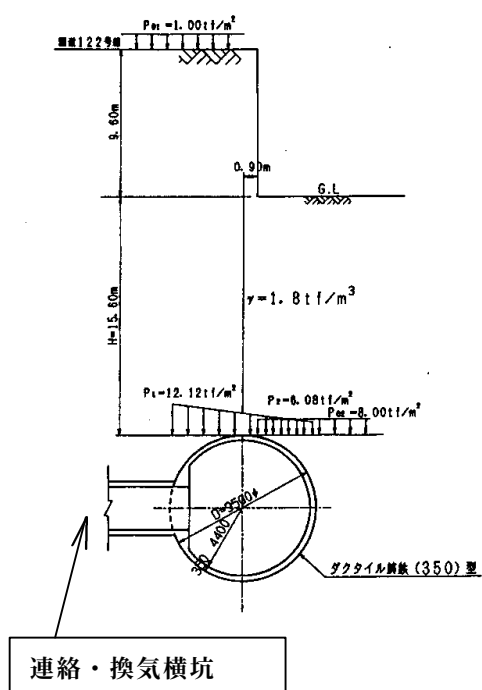
新旧比較	旧型 (4 Box)	新型 (3 Box)	差 引	比率
中子型 (1.2m/Ring)				
コンクリート	13.491 m3	13.768 m3	0.277 m3	102%
鉄筋	4,679.2 kg	4,300.0 kg	-379.2 kg	92%
セグメント継手ボルト	40 本	40 本	0 本	100%
リング継手ボルト	58 本	44 本	-14 本	76%
ボルト総本数	98 本	84 本	-14 本	86%
コンクリート凹凸	0 個	22 個	22 個	—

図 5-2-15 セグメントの荷重および曲げモーメント

ゆるみ土圧



ダクトイルセグメント（里中間立坑・連絡横坑部）



5. セグメントの設計

セグメントは、土質状態・土被り等から、鉛直土圧は全土圧もしくはゆるみ土圧荷重により設計した。

図 5-2-15 の上段は、ゆるみ土圧による設計計算結果である。

また、ダクタイルセグメント区間（桜町T里中間立坑）は、国道 122 号線の盛土荷重が偏土圧として載荷し、かつ連絡横坑用にダクタイルセグメントを円形に開口するための設計も実施している。図 5-2-15 の下段に示す。

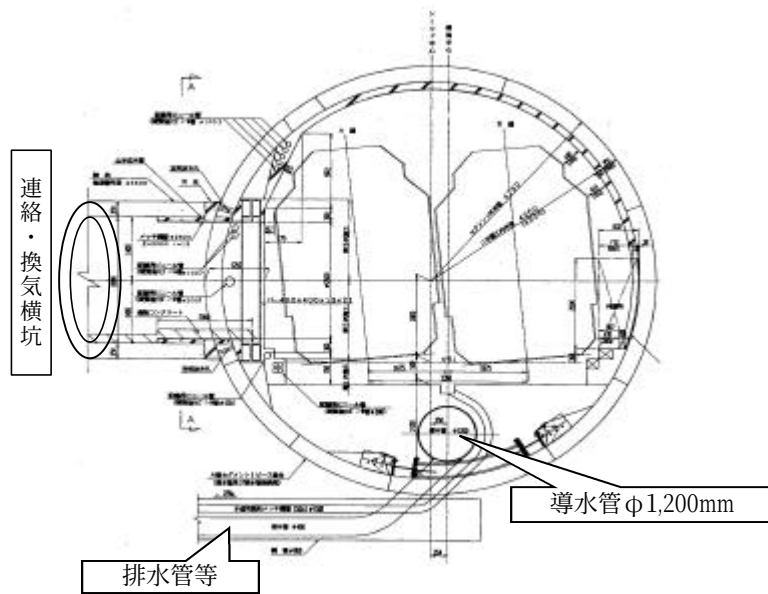
図 5-2-16 は、里中間立坑の連絡・換気横坑（内径 2,600mm×3 本）とシールドとを連結した断面である。

なお、インバート部に敷設した導水管（φ 1,200mm・旧建設省からの受託工事）や排水等のため、セグメント下端から立坑間に共同管（鋼管）を設置した。

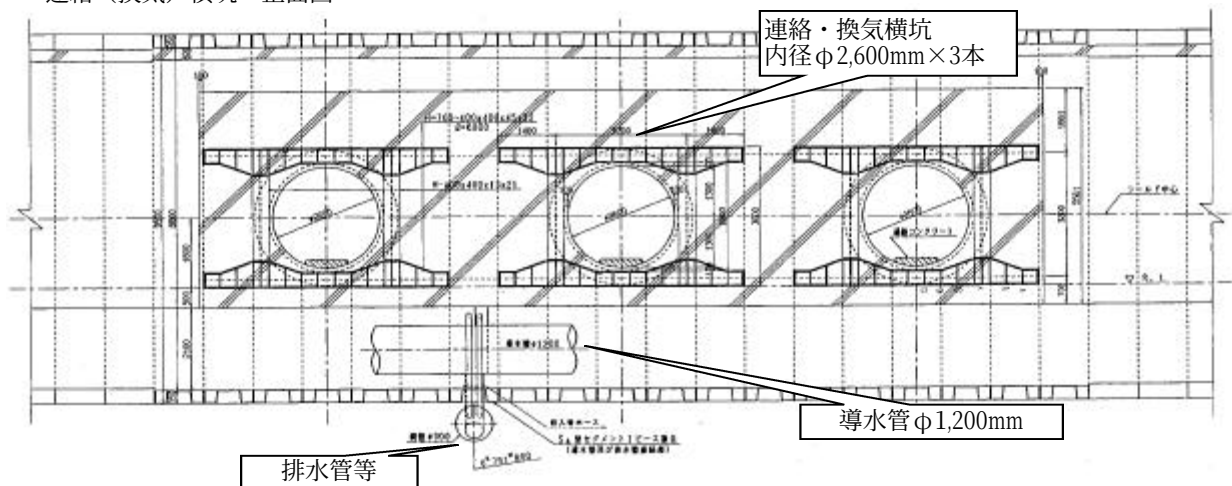
＊共同管内の管種は、次のとおりである。

- ・導水管の中間排水管（旧建設省）
- ・トンネル漏水用排水管
- ・消防用連結送水管
- ・逆送排水管(赤山立坑へ排水するため)

図 5-2-16 ダクティルセグメント（里中間立坑）



連絡（換気）横坑 正面図



第5節 中間換気立坑

1. 里中間立坑

- (1) 位置：赤羽岩淵起点 6k 813m000 左側
- (2) 立坑構造：路下式ニューマチックケーソン

(3) 現地の状況

立坑位置は、鳩ヶ谷 St の国道 122 号線直下から同国道見沼橋の基礎杭を避け一旦住宅地の下へ迂回したのち、再度国道下に戻る盛土用擁壁と住宅地との境界付近の左側に位置している。

(4) シールドと立坑との連絡

換気塔は国道をはさんで擁壁の反対側の民地部に設置し、シールドトンネル（ダクタイルセグメント覆工）との連結は連絡横坑方式によっている。

図 5-2-17 にシールドとケーソン立坑および連絡横坑の関係を示す。

(5) 連絡横坑の構造

- ①延長 12.6m（平均）×3 列
- ②鉄筋コンクリート管
内径 $\phi=2,800\text{mm}$ ・ $t=350\text{mm}$
管長 $L=1.8\text{m}/\text{個}$
- ③縦方向連結
PC スtrand $\phi 12.8\text{mm} \times 8$ 本

2. 赤山中間立坑

- (1) 位置：赤羽岩淵起点 8k 552m40
- (2) 立坑構造：鋼製地下連続壁（本体利用）
- (3) 現地の状況

立坑位置は、埼玉県安行武南自然公園の指定地内であり、県道越谷・鳩ヶ谷線と赤芝川が交差する民地部である。

(4) シールドと立坑との連絡

換気立坑とトンネルとの連結は、シールド機をそのまま通過させる貫通方式である。

(5) 仮壁切削工法

立坑は、シールド到達および発進壁面にプレキャスト材（CFRP＋コンクリート・石灰碎石：呼称 NOMST）を設置した。立坑内のシールド貫通部には中詰モルタルを施工し、シールドのカッタービットで切削して立坑を通過している。

3. 戸塚中間立坑

- (1) 位置：赤羽岩淵起点 10k 940m40
- (2) 構造：鋼製地下連続壁（本体利用）
- (3) 現地の状況

当初立坑位置（工事施行認可時）は、11k 214m 付近の第 1 種住宅専用地域内に計画されていた。

また、その後トンネルのルート調査によって日産自動車ビル（10k 900m）の基礎杭が支障することが明らかになった。

このため、ビルの移転や受け替え（アンダーピンニング）等について検討したが、基礎杭先端の下を通過する縦断降下ルート案を採用した。

従って、戸塚トンネルは川口戸塚 St を発進後ただちに日産自動車ビルに向かって－34‰で下り、杭先端の約 5m の離隔を持って通過し、＋2‰および＋34‰の上り勾配となっている。

(4) シールドと立坑との連絡

換気立坑とトンネルとの連結は、シールド機をそのまま通過させる貫通方式である。

図 5-2-18 は、戸塚中間立坑位置および側面を示す。

図 5-2-17 里中間立坑

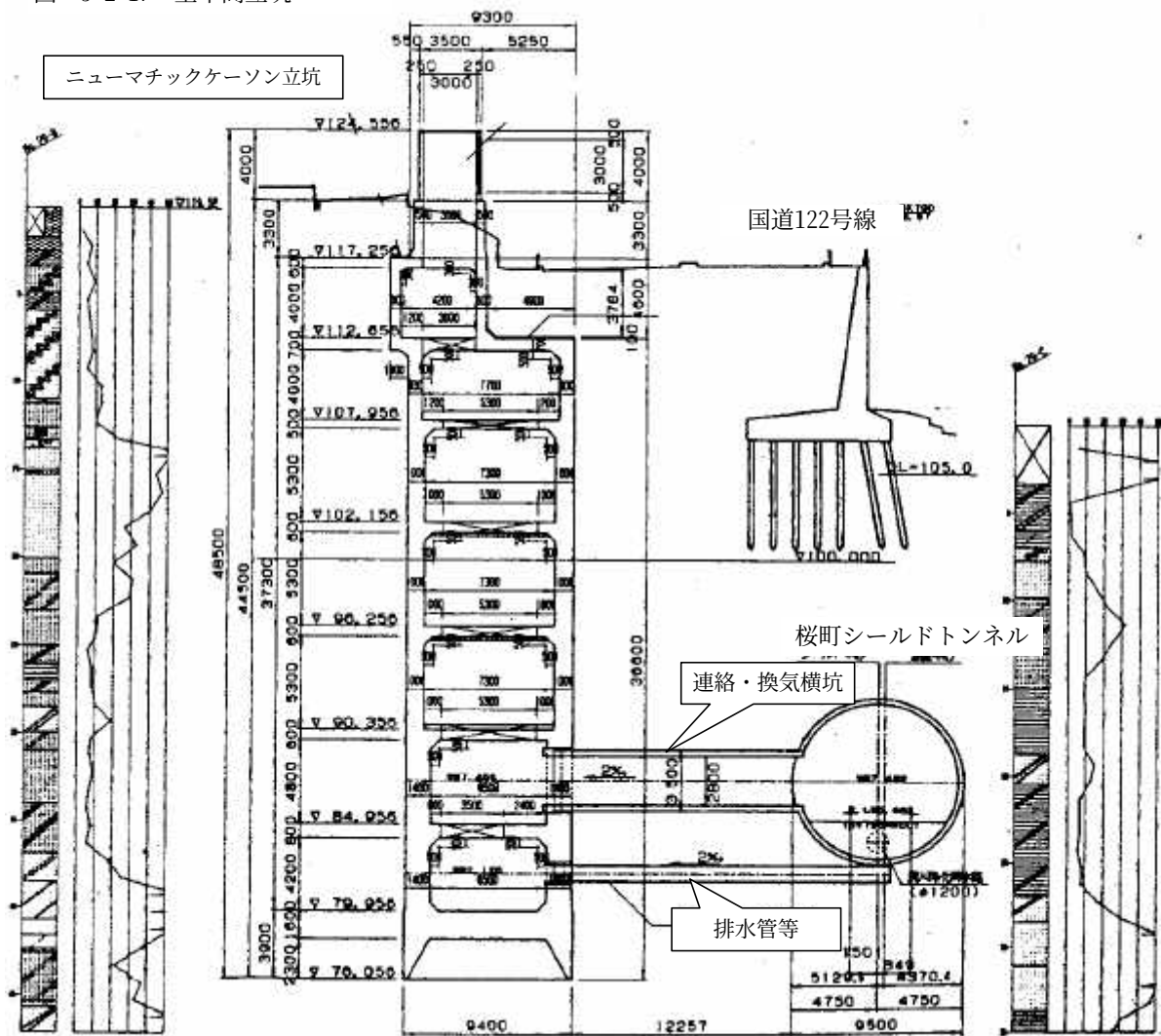
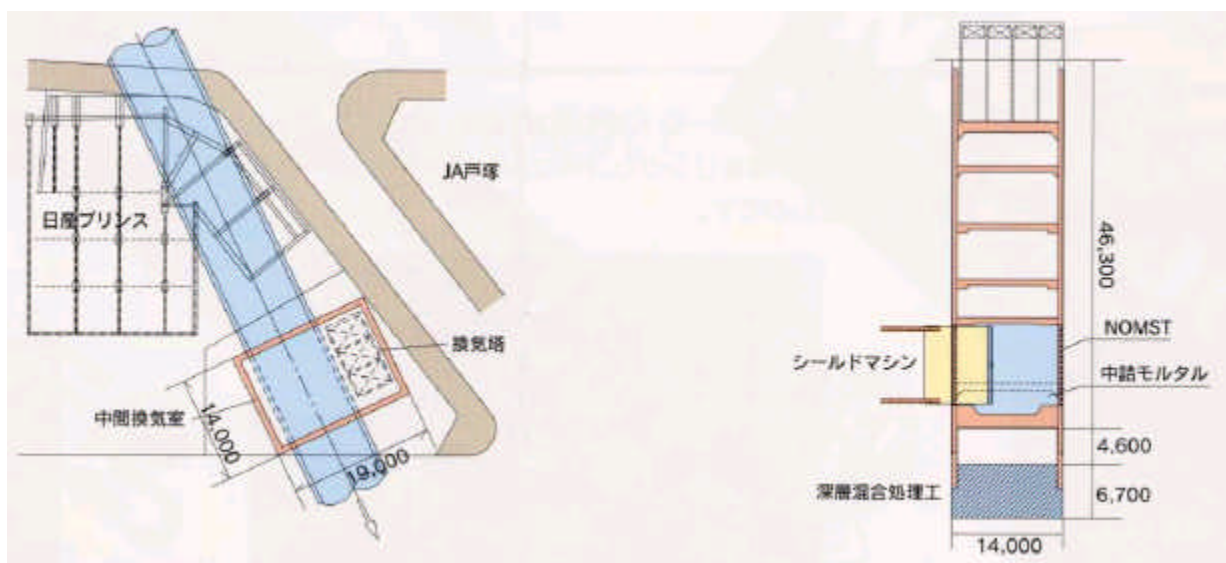


図 5-2-18 戸塚中間立坑



(5) 仮壁切削工法

立坑は、シールド到達および発進壁面にプレキャスト材（CFRP＋コンクリート・石灰砕石：呼称 NOMST）を設置した。立坑内のシールド貫通部には中詰モルタルを施工し、シールドのカッタービットで切削して立坑を通過している。

なお、この立坑では仮壁に使用した NOMST を VE 提案により変更している。

表 5-2-8 は、新旧比較を示す。

表 5-2-8 戸塚中間立坑部の仮壁切削工
NOMSTの強度および材料

CFRP標準仕様 (Carbon Fiber Reinforced Plastic)							記事
呼び径 (mm)	断面形状 (mm)	標準断面積 (mm ²)	コーナー 曲げ半径 R (mm)	曲げ加工部 引張強度 (kN)	許容応力度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	
CFRPスターラップ □10*15 (R-20)	10*15	150.0	20	50	450	120	
呼び径 (mm)	公証径 (mm)	標準断面積 (mm ²)		保証 引張耐力 (kN)	許容応力度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	
CFRPロッドφ30	30.0	706.9	—	560	594	190	
CFRPロッドφ25	25.0	490.9	—	410	626	190	

コンクリート (fck=50N/mm ²)									
粗骨材の最大寸 法	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C	細骨材率 S/a	単体量 (Kg/m ³)				
					W	C	S	G	混和材
20	3±1.5	1.5±1	36	41	144	400	778	1,158	5.76

戸塚中間立坑部のNOMST比較

仮壁切削工法	単位	当初	変更後	記事
NOMSTのコンクリート強度	N/mm ²	70	50	σ28
NOMSTのコンクリートのヤング係数	kN/mm ²	37	35	σ28
CFRP (1本当り数)	ケーブル	10	8	1本当り数
モルタルの強度	N/mm ²	1	3	σ4
モルタルのヤング係数	kN/mm ²	0.15	2.5	

(6) 鋼製地下連続壁（本体利用）

赤山 T 中間立坑並びに戸塚 T 中間立坑は、鋼製地下連続壁（本体利用）を採用している。

① 鋼材

- ・ GH-H 606*550*14～16*22～25 (SM490)
- ・ GH-R 600*16～19*12～19 (SM490)
- ・ 鋼材間隔 850mm

② コンクリート

- ・ σ_{ck} = 500kgf/cm²
- ・ 壁厚さ 800mm

図 5-2-18 に NOMST と鋼製地下連続壁詳細断面を、図 5-2-19 に連壁断面と NOMST 設置を示す。

[illegible][illegible]

2. 東大門中間立坑

- (1) 位置：赤羽岩淵起点 13k 064m20
- (2) 構造：ソイルセメント壁（SMW 工法）
- (3) 現地の状況

立坑位置は、大宮台地東側斜面にあって、区画整理事業によって整備された浦和市大門坂下公園となっている。なお、換気塔は立坑直上には設置できないため、公園斜面を利用し、かつ同事業を記念した石碑を避けて設置した。

(4) シールドと立坑との連絡

換気立坑とトンネルとの連結は、シールド機をそのまま通過させる貫通方式である。

図 5-2-20 に東大門中間立坑の換気機器室と縦シャフト（立坑部）およびシールドとの接続（貫通方式）を示す。

第 6 節 二次覆工コンクリート

1. 二次覆工の施工区間

平板及びダクタイルセグメント区間に施工した。

(1) 施工区間

- ①桜町 T：122 号線 L 型擁壁直下付近
- ②赤山 T：日通倉庫～戸塚駅到達付近
- ③大門 T：トンネル出口（土被り 2D 以下）

(2) 二次覆工延長の短縮した経緯

二次覆工は、当初平板セグメント及びダクタイルセグメントの全区間に施工することが標準であった。しかし、インサート式高剛性継手の採用並びに同時裏込め注入方式の採用によってセグメントの変形・漏水の防止が可能となったことにより軟弱地盤および土被り 2D 以下の区間のみとした。

このことから、セグメントに取付ける裏込め注入管は漏水を避けるため予備管とし、セグメントを貫通させない構造とした。

図 5-2-21 にシールドトンネル内の諸設備および裏込め注入管・電気設備等を取付ける埋込栓を示す

図 5-2-20 東大門中間立坑

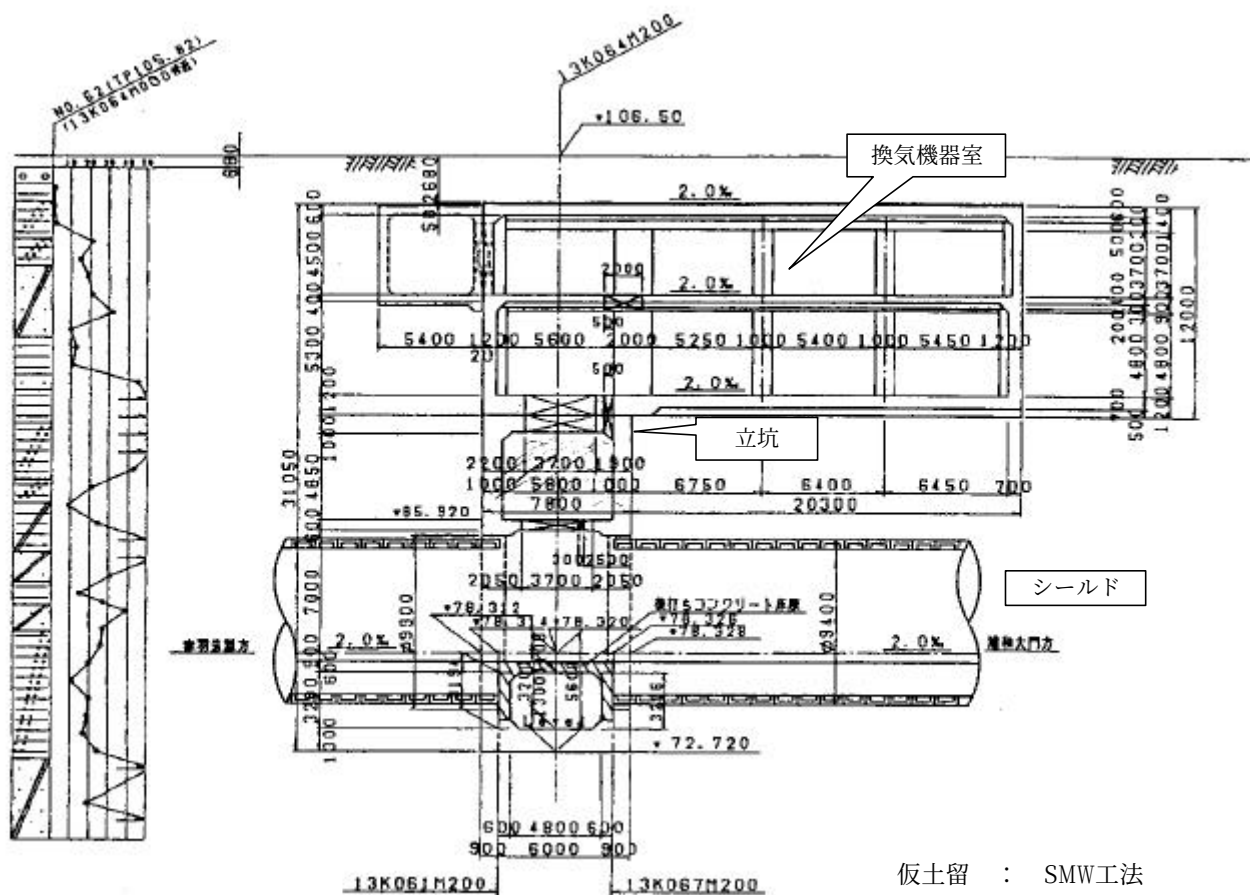
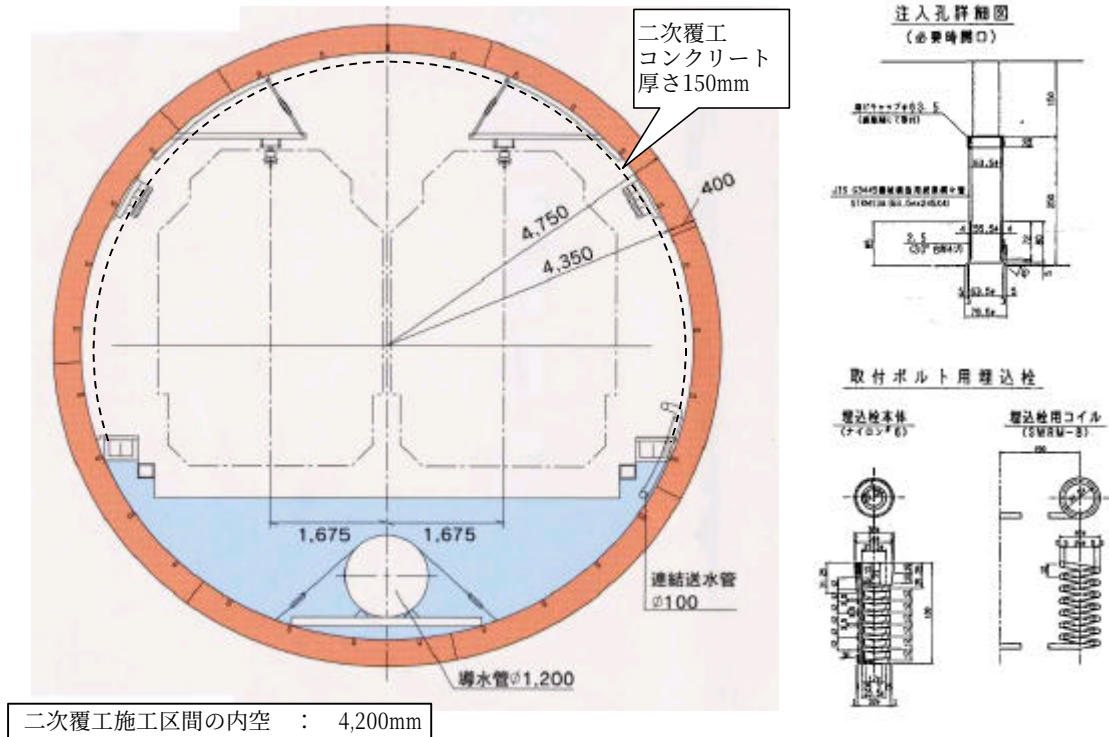


図 5-2-21 トンネル内設備および二次覆工コンクリート



第7節 発進・到達防護工

1. 発進立坑

(1) 設置位置

発進立坑は、駅の諸設備スペース（換気塔・排水槽等）を兼ねた立坑であり、新井宿、戸塚安行 St のシールド発進部に設置した。また、大門 T は開削箱型トンネル始端部に立坑を設置した。なお、この立坑は、終点方に続く U 型擁壁及び大門美園駅付近までの降雨水を含めた排水槽およびポンプ室となっている。

(2) 発進防護工

① 仮壁切削工法（NOMST）

・桜町 T、赤山 T および戸塚 T

② SMW・H 形鋼芯材引抜工法

・大門 T

③ 到達防護工

a) 高圧噴射攪拌工法

・桜町 T、赤山 T、戸塚 T および大門 T

第8節 近接構造物

1. JR 武蔵野線交差

(1) 位置

戸塚 T（12k035m）到達付近及び

東川口 St 出入口-1 地下連絡通路部

(2) 防護計画

防護計画は、シールド等の施工順序・施工方法を含めた JR 防護計画を検討し、かつ詳細な FEM 解析を実施した。

① 地下通路部を先施工、シールドを後通過

a) SMW を架道橋（PC 桁）直下で施工

b) SMW 天端に変形防止のためのストラット（H 型鋼）を設置

c) 先行地中梁（高圧噴射攪拌工法・シールド天端部）

d) 地下通路部の掘削・切梁施工、切梁プレロード

e) 地下通路下端にコンクリートストラット

f) 地下通路く体構築・切梁撤去、埋戻しシールド掘進通過させて完了

② 地下通路部を先施工の良好点

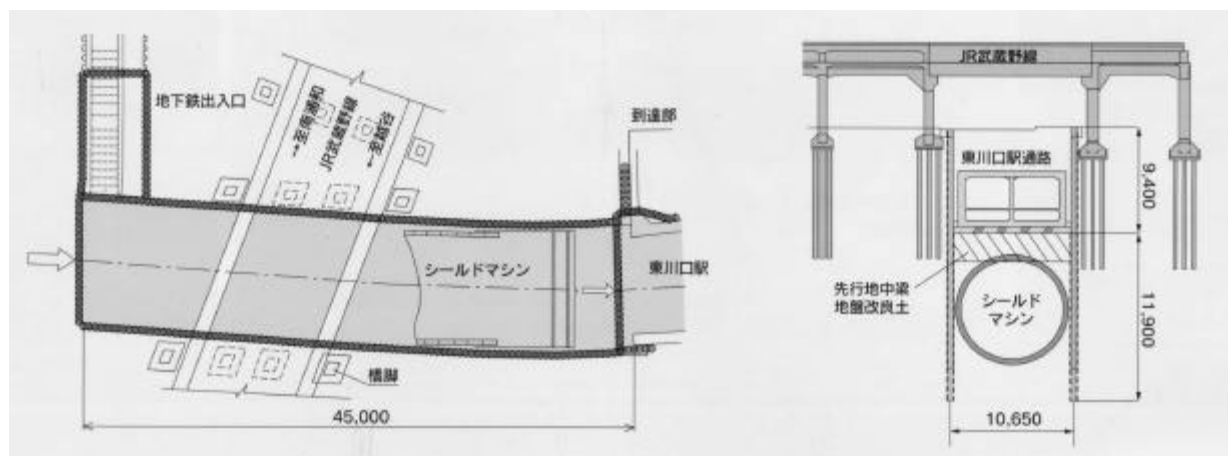
a) SMW 芯材の傾斜度は、地下通路部の掘削時に全て詳細に確認でき、シールドの掘進管理上有効なデータとなる。

b) コンクリートストラットの施工前に SMW にプレロード载荷により SMW の変形修正が可能となる。

c) シールド通過時は、左右に SMW の防護壁、天井部には地下通路がストラット部材として利用でき、門型の防護構造となる。

d) シールドは、密閉された構造中を掘進することになる。

図 5-2-22 戸塚 T および東川口 St 地下通路と JR 武蔵野線との交差



③ 解析計画

- a) JR 武蔵野線の軌道が整備基準値「上下方向±4mm」以内
- b) JR 構造物に発生する増加応力度が、永久荷重時および一時荷重時の許容応力度以内
- c) 耐震性能を確認する。
- d) シールドトンネルの開放率は、35%を基本値
- e) SMW およびセグメントの安全確認
- f) セグメントの応力・変形は、SMW が残存時と SMW の剛性耐力が無くなった状態
- g) シールド機と SMW 芯材との遊間 185mm 及び掘進中の土砂崩壊等の検討

④ 解析結果

解析の結果、次のとおり JR 構造物およびシールドトンネルの安全が確認できた。

- a) JR 構造物及び軌道面の変移量は基準値以下となった。
- b) JR 構造物に発生する増加応力度が、永久構造物の破壊安全度(平成 7 年度)
安全度 $1.06 = \mu_u * 1.2 / M$
 μ_u : 抵抗曲げモーメント
 M : 発生曲げモーメント

戸塚シールド並びに東川口駅出入口ー 1 の地下連絡通路と JR 武蔵野線交差部および防護工は図 5-2-24 に示す。また、図 5-2-25 は FEM 解析の結果を示す。

図 5-2-23 戸塚Tおよび東川口St地下通路の施工

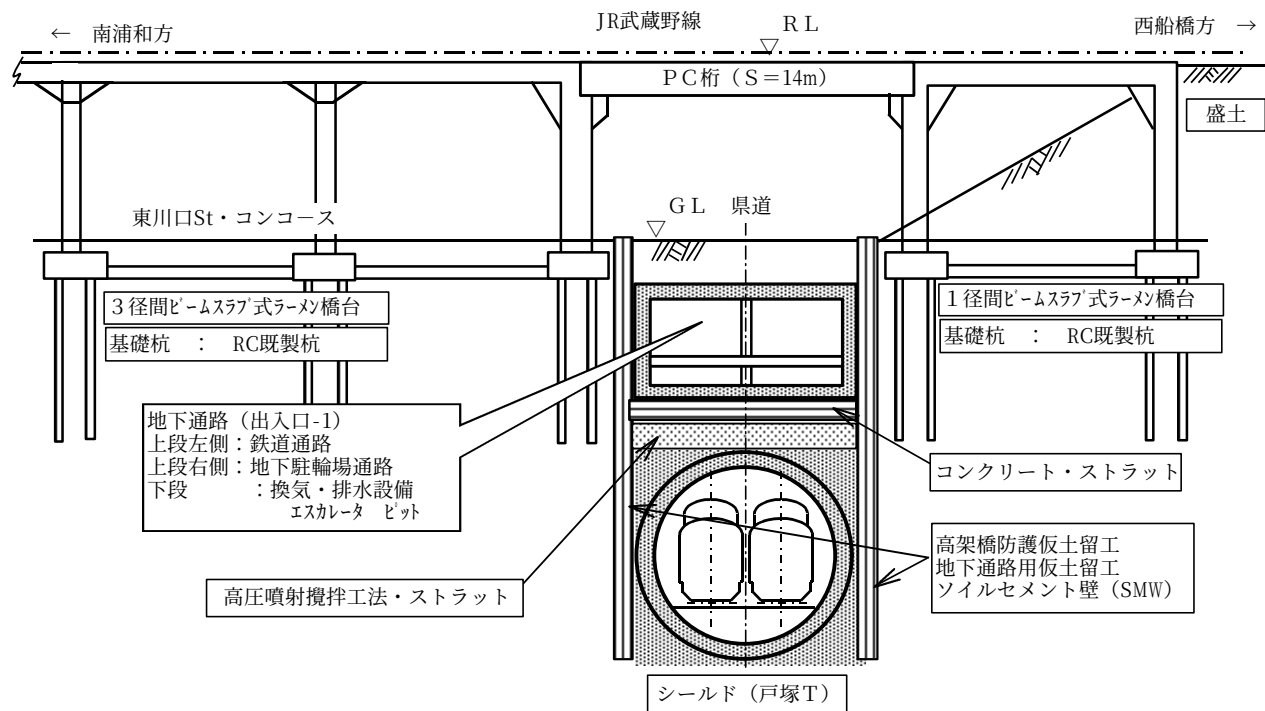
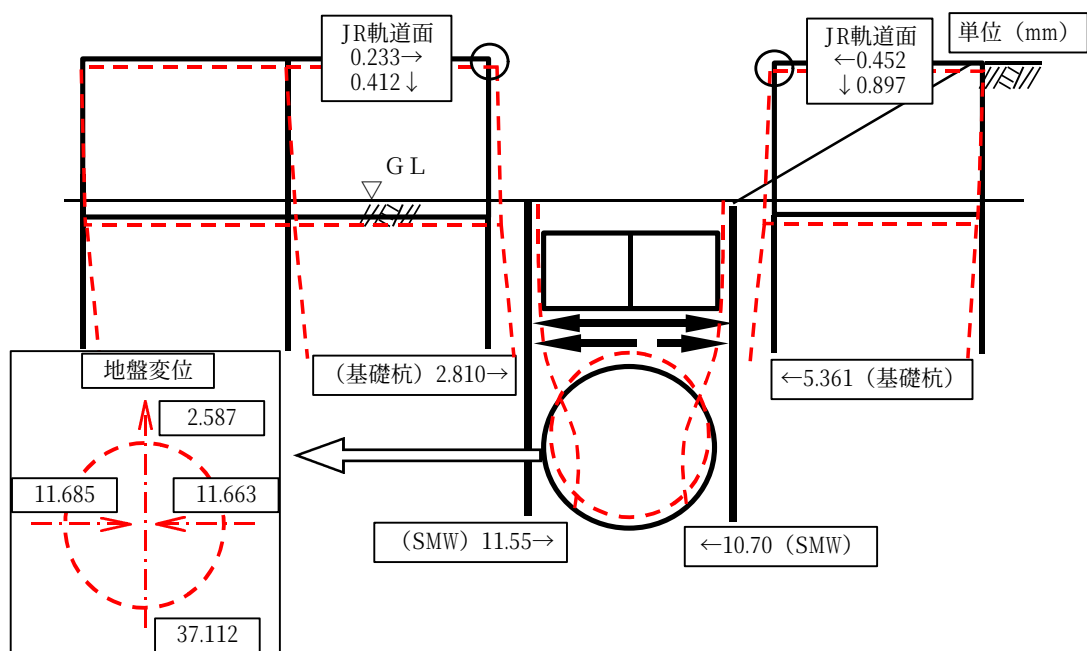


図 5-2-24 FEM 解析結果



第9節 その他

1. シールドのだ行

(1) 地下占用

シールドトンネルの道路地下占用(永久)または民地の地上権設定は、シールドセグメントの外径から左右に 50cm 加算して線路用地幅として設定している。

当線では、シールドセグメント外径 $9.50\text{m} + 0.50\text{m} \times 2 = 10.5\text{m}$ の幅とした。

(2) 戸塚Tシールド

戸塚Tの終端に近い 11k660m 付近から到達する 12k065m 間約 400m は、県道直下(東川口駅前通り線)を通過している。

しかし、Sカーブが続く県道であり、このため、シールドは民地部直下の一部を通過することになる。

このことから、線形(列車速度の減速)に影響を与えず、かつシールドを道路直下内に収める方法を実施した。

① シールドの内空断面

セグメント内空断面は、最小半径 $R=250\text{m}$ (櫻町T) で決定され、建築限界外余裕は 200mm (保守余裕 150mm・だ行余裕 50mm) である。また、直線部では建築限界外余裕は 472mm (保守余裕 422mm・だ行余裕 50mm) となっている。

② シールドの「だ行」掘進

支障する民地部は用地境界距離を縮小し、さらにシールドをシフトさせることにより、全て道路直下に収めることができた。

a) 当初の民地支障 : -672mm

(民地境界距離-500mm)

(シールド部 -172mm)

b) シフト量 : +272mm

c) 最終民地境界距離 : +100mm

民地支障は 672mm であるが、シールドを 272mm シフトさせることにより民地境界距離が 100mm 確保できる。

この結果、

「 $0.7\text{m} \times 50\text{m} \times 1/2 \times 3$ ヶ所 50m²」程度の地上権設定に係る交渉や費用を回避した。

(3) 到達部ソケット構造の変更

① 戸塚シールド到達部

東川口 St 始端側に到達する戸塚シールドは、JR 武蔵野線の防護を兼ねて出入口 -1 の地下連絡通路を設置している。

このため、防護上 SMW を出来る限り連続性を持たせるとともにソケット部のみとし、民地に支障しないように配慮した。

② 到達ソケット付近の用地幅

一般的な到達ソケット部の用地幅は「A」の幅が必要である。また、用地幅「B」はソケット部以外の必要な断面幅である。

当該位置は、用地幅「B」とし、不要な民地協議をさけ、道路の直下に全て収めることができた。

③ 到達ソケット構造

構造は、SMW の外面(地山側)を P-P 型で連結させている。

ソイルセグメントは、掘削と同時に撤去し、側壁鉄筋コンクリート構造とし、SMW 芯材の H 型鋼は仮設部材として使用した。図 5-2-24 に従来タイプと特殊タイプを示す。

図 5-2-25 シールド到達ソケット部

