

報 文 *掘削機械
路下型地中連続壁掘削機 (ミニカッター)

佐藤 徹太郎* 梅本 慶三** 山岸 敏雄*** 気仙 哲夫****

1. ま え が き

パウアー社 (ドイツ) の地中連続壁掘削機である「トレンチカッター」は、1988年12月に第1号機が日本 (間組) に導入された。それ以来、約4年が経過したわけであるが、その間に日本のマーケットに適合するように種々の改良・開発が行われてきた。また、パウアー社のこれらの特殊機械のより一層の普及、およびメンテナンス体制の充実を目的として、1991年4月にはパウアー・ジャパン(株)が設立された。導入当時、パウアー社はBC30およびBC20の2

機種 (いずれもヨーロッパ仕様) しか保有していなかったが、表-1に示すように、この4年間でミニカッター (MBC30)、ホースドラムカッター (DBC30) など、多くの開発が行われてきた。今回は、このうち路下型の地中連続壁掘削機として開発されたミニカッターに焦点を絞って、その機械的特徴と実施例について述べるものである。

2. ミニカッター (MBC30) について

2.1 位置付け

地中連続壁の掘削方式は、大別して「バケット

表-1 トレンチカッターシリーズ一覧表

機 種	ヨーロッパ仕様		日 本 仕 様				
	BC20	BC30	MBC30	DBC30	BC30J	BC30JL	BC50
掘削深さ (m)	44	50	54	60	60	100	150
掘削壁幅 (mm)	2,200	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	3,200
掘削壁厚 (mm)	500~1,500	640~2,400	640~1,500	640~1,500	640~2,400	640~2,400	1,200~3,600
カッター重量 (t)	12~20	26~38	17~20	26~35	26~38	26~38	40~55
カッタートルク (t-m)	2×3.4	2×8.1	2×8.1	2×8.1	2×8.1	2×8.1	2×11.3
ベースマシン	Liebherr HS851 (80t)	Liebherr HS881 (100t)	レール式橋路下型	マスト式クローラ 都市型	100tクレーン	150tクレーン	200tクレーン
油圧システム (kW)	ベースマシン内 300kW	ベースマシン内 430kW	パワーバック 490kW	パワーバック 430kW	パワーバック 430kW	パワーバック 430kW	パワーバック 600kW
ホース・ケーブルシステム	2 ウィンチ 2 ホイール・サスペンション	2 ウィンチ 2 ホイール・サスペンション	2 ホースドラム	2 ホースドラム	2 ウィンチ 2 ホイール・サスペンション	4 ウィンチ 4 ホイール・サスペンション	4 ウィンチ 4 ホイール・サスペンション
掘削機概略寸法 高×幅×奥行き (m)	27×4.8×11.7	30×5.6×13.0	5×4.1×4.8	20.0×6.0×8.2	35×6.0×17.0	39×6.7×18.0	48×7.1×21.0
製造台数 (’92.12月現在)	9台	8台	3台	1台	3台	5台	0台

* SATO Tetsutarō 間組 東京支店 東中野作業所 所長 東京都中野区東中野1-45-5 日の出ビル3F
 ** UMEMOTO Keizō 同上 本店 機材部 係長 東京都港区北青山2-5-8
 *** YAMAGISHI Hisao 青山機工(株) 第2工亭部 部長 東京都港区北青山2-5-8
 **** KESEN Tetsuo パウアー・ジャパン(株) 技術部 部長 東京都港区南青山4-20-19 プレム南青山ビル2F

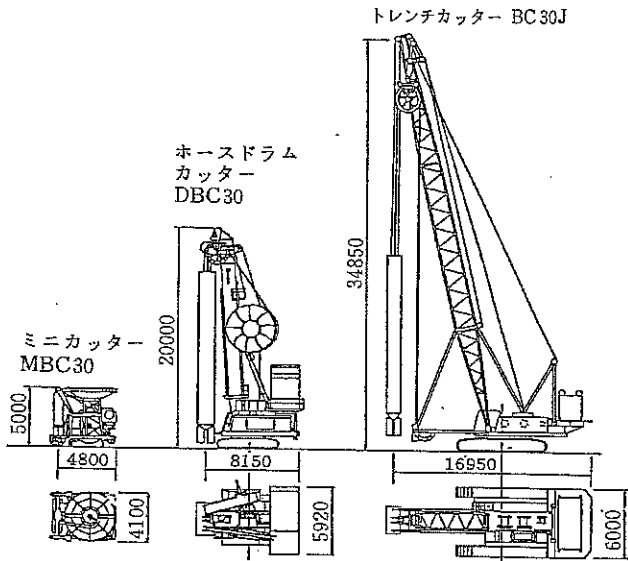


図-1 代表的3機種の概略寸法比較

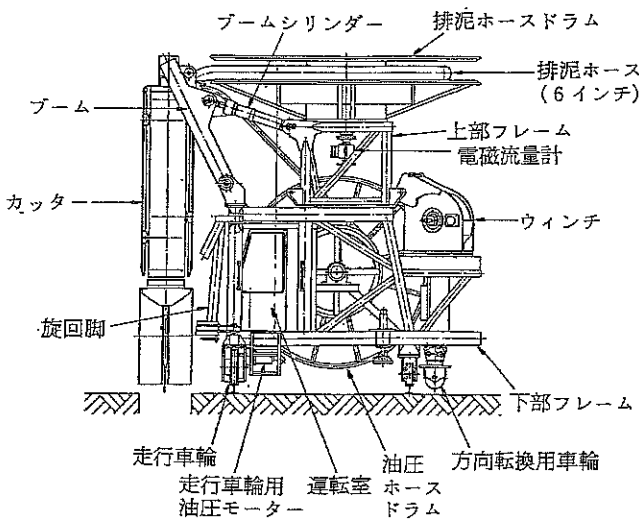


図-2 ミニカッターの構造と各部の名称

式]、「衝撃式」、「回転式」の3種類に分類されるが、トレンチカッターは回転式掘削機の種類である“水平多軸回転式掘削機”に分類される。基本的には、トレンチカッターシリーズ中の各機種は下記のように位置付けることができる。

- MBC30 ……路下型
- DBC30 ……都市型
- BC30J ……標準型
- BC30JL ……大深度型
- BC50 ……超大深度・大壁厚型

なお参考までに、代表的な3機種の概略寸法の比較を図-1に示す。

2.2 機械的特徴

ミニカッター（写真-1および図-2、3参照）に

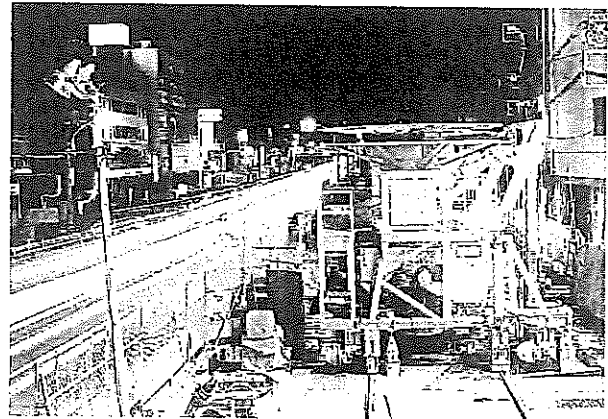


写真-1 現場で稼働中のミニカッター
アジャストガイド シリンダー

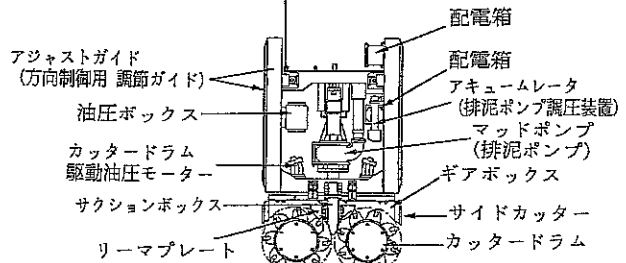


図-3 カッター本体の構造と各部の名称



写真-2 油圧と排泥ホースドラム

は、従来のトレンチカッターが保有する高い掘削能力に加えて、都市内での狭隘な空間や路下での施工を考慮して、以下のような新しい機構が採用されている。

2.2.1 ホースドラムシステム

図-2中に示すように、排泥ホースドラムを水平型、油圧ホースドラムを垂直型とし、特に油圧ホースドラムでは回転中心部にロータリージョイントを採用し、1ドラムで油圧ホース8本を巻取る構造とした（写真-2参照）。

2.2.2 2モーター式油圧ウィンチ

通常のBC30Jでは、掘削中のカッターの降下は油圧シリンダー（ストローク5m）を利用して行っていた。しかしながら、ミニカッターでは機械本体の高さが制限されていることから、油圧シリンダー方式は採用できなかつた。これに代わる方法として開発されたのが2モーター式油圧ウィンチ（写真-3参照）であり、手動操作のほかには次の二つの

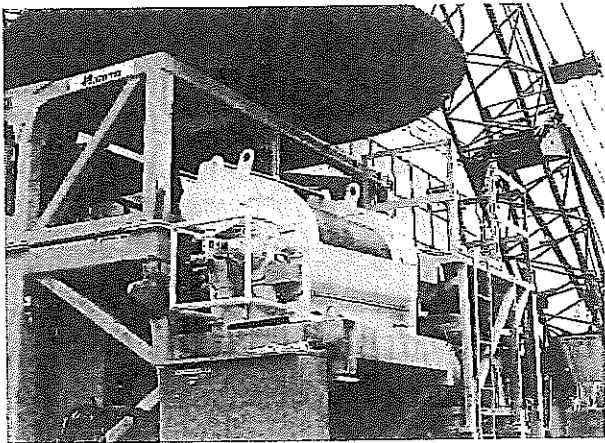


写真-3 2モーター式油圧ウィンチ

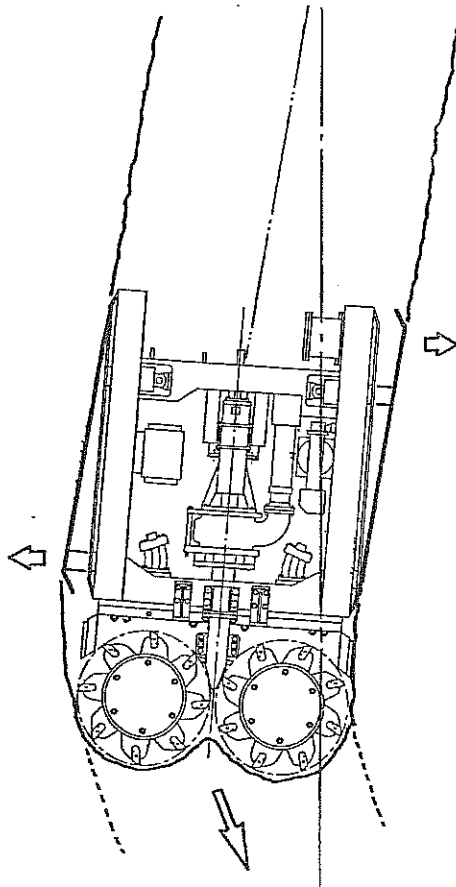


図-4 アジャストガイドによる方向修正

自動制御機構を装備している。

- ① 速度制御——掘削時の巻下げ速度を0～5 m/min（0～100%）の範囲で、1%単位で一定速度制御できるものとした。
- ② 荷重制御——掘削機の吊り荷重0～20t（0～100%）を、1%単位で設定荷重以下にならないように制御できるものとした。

2.2.3 アジャストガイド

前後方向は各2枚、左右方向は各1枚の計6枚のガイドとし、かつ油圧ジャッキによる直押し方式で、カッター本体の垂直面に対し斜めに張出す機構とした（図-4参照）。

2.2.4 カッター本体

高さ4.4mと従来のBC30J型の約1/3とし、その中にカッターモーター、排泥ポンプ、アジャストガイド用ジャッキ、油圧・電気ボックス、アキユムレーターなどの装置を組込んだ。

2.2.5 パワーユニット

路下施工におけるディーゼルエンジンの排気ガスを考慮して、新しいパワーユニットは電動機駆動とし、別置きとした。これにより、施工地点の低騒音・低振動化が可能となった。

なお、上述した機構に加えて、路下への搬入と組立を容易にするために、3mの開口部より搬入できるように分割できる構造とした。

2.3 仕様

ミニカッターの仕様を表-2に示す。

表-2 ミニカッター（MBC30）仕様

掘削方式	水平多軸回転式カッター
最大掘削深度	54m
掘削幅	2,800mm
掘削壁厚	640～1,500mm
カッター 本体重量	約20t
回転速度	0～30 rpm (60Hz)
トルク	0～8,100kg-m
排泥ポンプ 口径 ・能力	6インチ 400m ³ /hr (60Hz)
ウィンチ 吊上げ能力	12t (60Hz)
ベースマシン 重量 登坂能力	28t 3%
パワーバック 所要動力 ベースマシン用 カッター、排泥ポンプ用	(電動, 60Hz, AC400V) 全体: 490kW 75kW 400kW

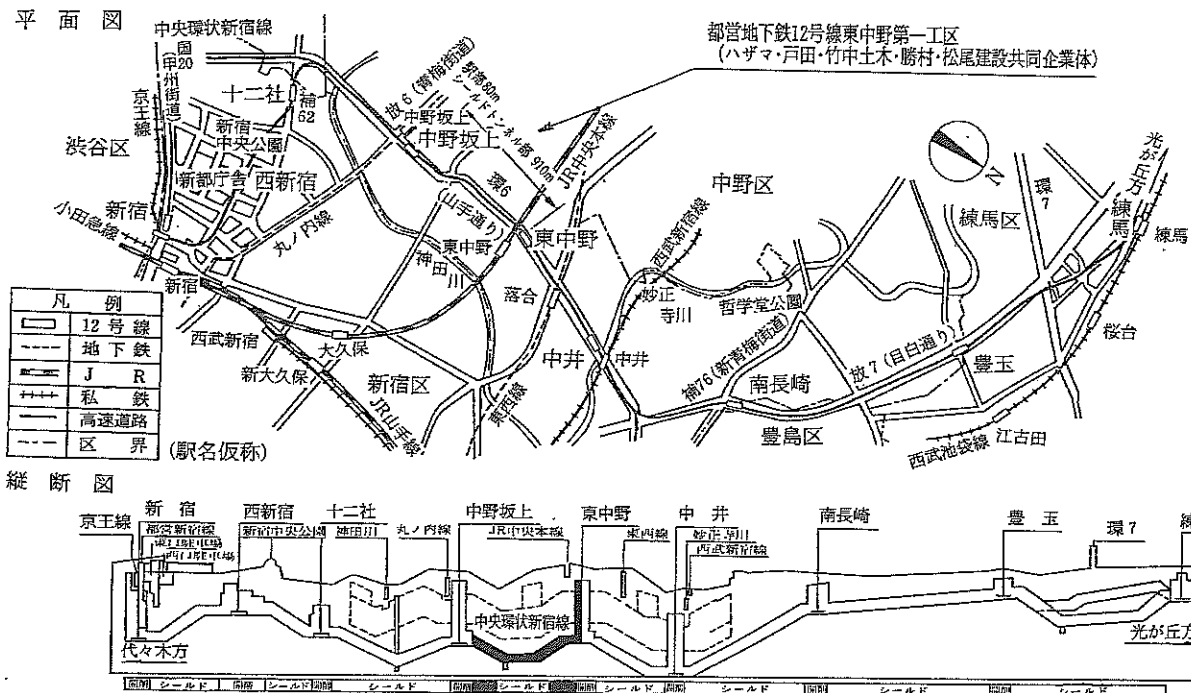


図-5 東中野第一工区位置図

3. 地下鉄工事への適用例

3.1 工事概要

ミニカッターの第1回目の現場への適用を東京都交通局発注の都営地下鉄12号線の東中野第一工区建設工事の現場にて行った。都営地下鉄12号線は新宿副都心を起点として、東中野・練馬を経て光が丘に至る放射部約14kmと、柳町・春日・上野広小路・蔵前・森下・清澄・門前仲町・月島・浜松町・麻布十番・六本木青山一丁目を経て、再び新宿に戻る環状部約29kmからなる総延長約43kmの路線である。当東中野第一工区は、その放射部の一部に位置し、環状6号線(山手通り)での施工となる(図-5参照)。

当工区は駅部80m、シールド部910mからなる延長約1kmの工区であり、駅部においては、将来、地下鉄上部に首都高速道路の中央環状新宿線が載るために、その構造も一体として施工するようになっている(図-6参照)。

このため、駅部は深さ約40mと深く、土留め壁は厚さ1.2mの地中連続壁となっていて、この地中壁は首都高の本体壁の一部となる構造になっている。

なお、当工事での連続地中壁は路上からの施工であるが、掘削機が幅10mの作業帯内に設置可能で

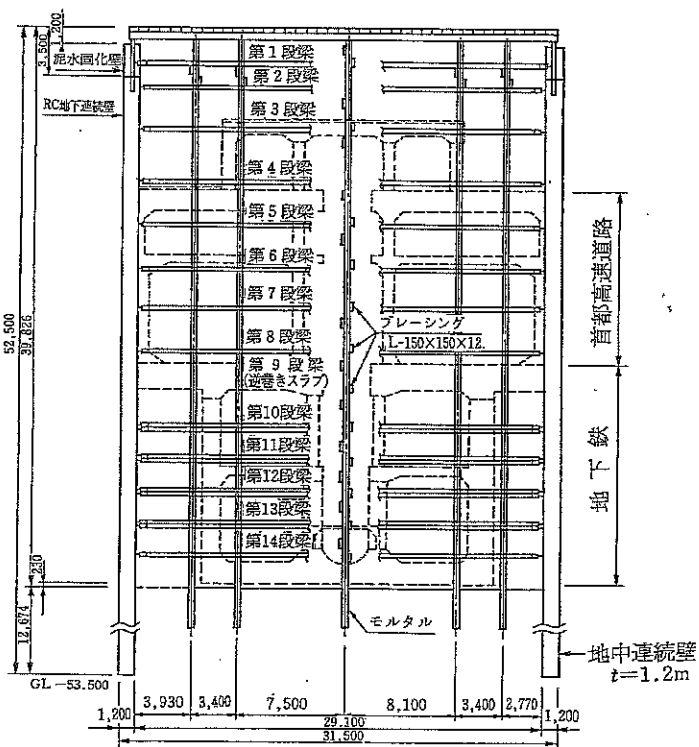


図-6 駅部断面図

あること、およびGL-30m以深で、N値50以上の砂および砂礫層を掘削しなくてはならないことからミニカッターを採用した。

工事名称：都営地下鉄12号線東中野第一工区建設工事

*掘削機械 路下型地中連続壁掘削機（ミニカッター）

企業者：東京都交通局

施工場所：東京都中野区中央二丁目8番地先～同区東中野三丁目8番地先

工期：平成4年1月～8年11月（58ヵ月）
（ただし、今回の連壁工は平成4年3月23日～4年9月30日）

工事内容：（駅部）

開削工法，延長80m

RC造地下5階，幅31.5m，深37m

地中連続壁 $t=1.2m$ ，10,040 m^2

（ただし、今回施工分は3,132 m^2 ）

（トンネル部）

シールド工法 910m×2本=1,820m

単線シールド $\phi 5,400mm$

シールド機種 土圧式シールド

2次覆工 あり

（ポンプ所）

開削工法 1ヵ所

施工者：ハザマ・戸田・竹中土木・勝村・松尾建設共同企業体

3.2 地質

当地点は妙正寺川と神田川の開析谷に挟まれた標高約35mの平坦な台地上に位置し、分類上は武蔵野台地の中位面I（小原台面）に分類される台地上に当たっている（図-7参照）。この武蔵野台地にはいくつかの段丘面があり、古多摩川の浸食を受けなかった最も高い台地面である上位面（下末吉面）から順次、中位面I（小原台面）、中位面II（武蔵野面）、下位面（立川面）に区分される。このうち上位面と中位面の段差は海成段丘としてすでに生じていたものと思われ、地質構成のうえでも決定的に差が生じるのは、陸化の初期における旧多摩川の段丘形成によるところであり、中位面以下には段丘礫層が存在している。

したがって、当地点の台地における地質は、上位より立川～武蔵野ローム層、下末吉ローム層（ローム質粘土層）、武蔵野礫層（段丘礫層）、東京層、東京礫層および江戸川層から構成されるのが一般である。

図-8に当地点における調査ボーリング結果を示すが、図中のGL-3.2～-8.6m間

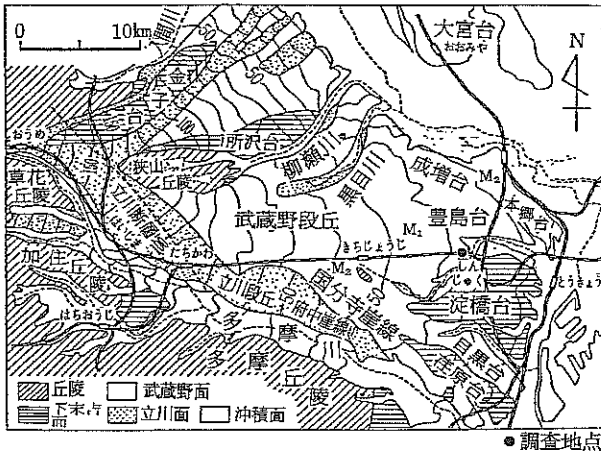


図-7 武蔵野台地の地形と調査地点（出典：地学のガイド〈東京都〉貝塚爽平監修）

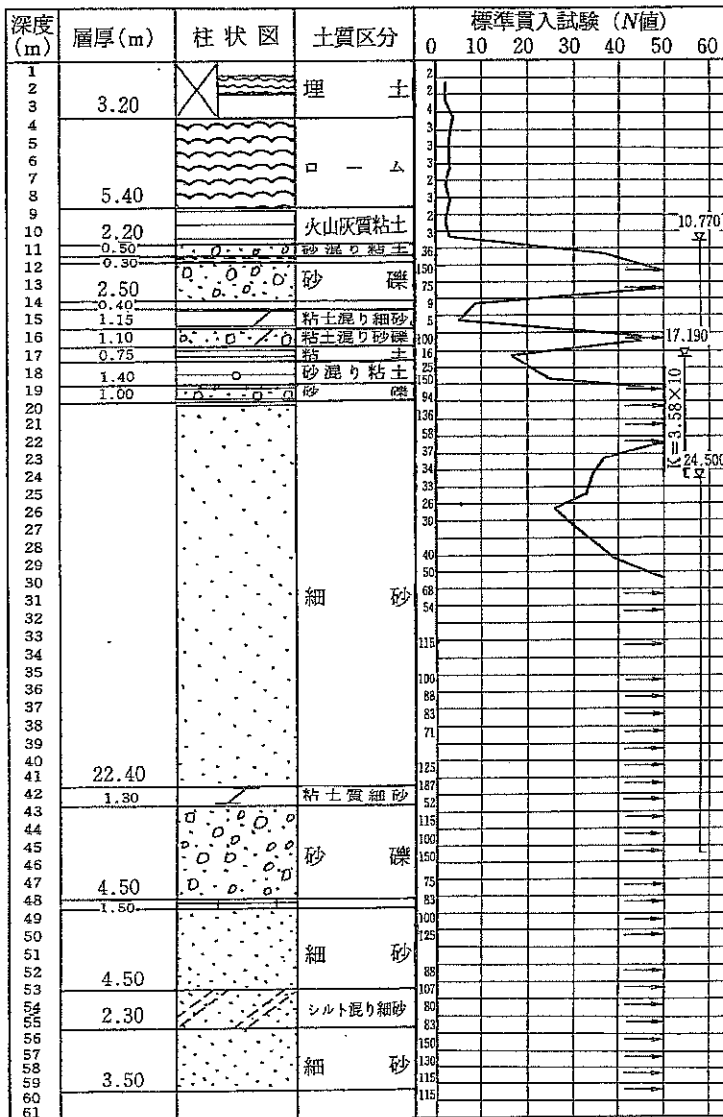


図-8 調査ボーリング結果

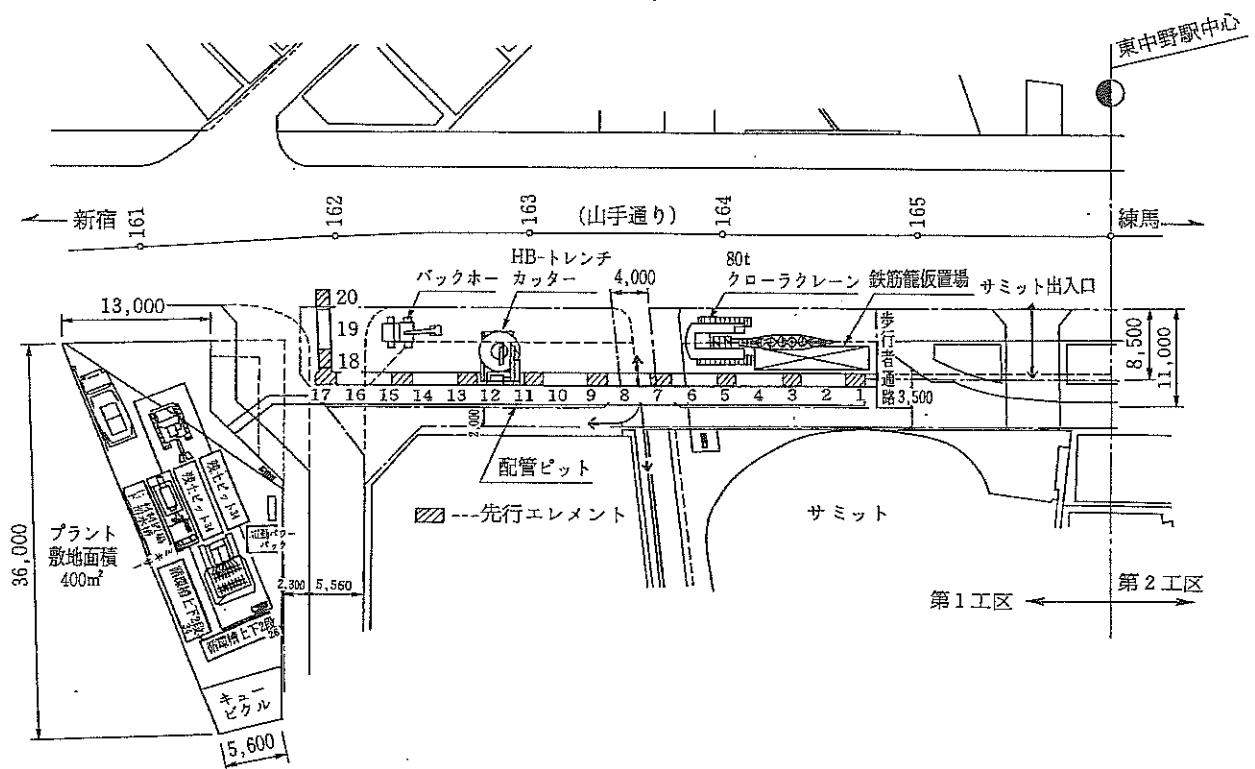


図-9 工事平面図

が立川～武蔵野ローム層，GL-8.6～-10.8m間
が下末吉ローム層，GL-10.8～-14.1m間が武蔵
野礫層，GL-14.1～-15.65m間が東京層，GL-
15.65～-19.9m間が東京礫層，GL-19.9m以深
が江戸川層となっている。今回施工した連続地中壁
の床付け面はこの江戸川砂層に当り，その直上に不
透水層の江戸川粘土層が存在する。

3.3 施工の概要

3.3.1 エレメント配置とガット割付

先述したように，今回の連壁工は用地取得の関係
上，全施工面積10,040㎡中の約1/3である3,132㎡
の施工である。路上作業帯は幅10m，延長約60mで
あり，この中に先行11エレメント，後行9エレメン
トの合計20エレメントが配置されている（図-9参
照）。

掘削の割付は，基本的には先行エレメントは1
ガット掘削，後行エレメントは2ガット掘削にて行
われるように計画された。標準的なガット割付を図
-10に示す。

3.3.2 施工手順

施工は，図-11の施工順序図に示すような手順に
て行った。

なお，鉄筋籠は，当工事用地内に加工・製作ス
ペースが確保できないことから，別途に加工・製作

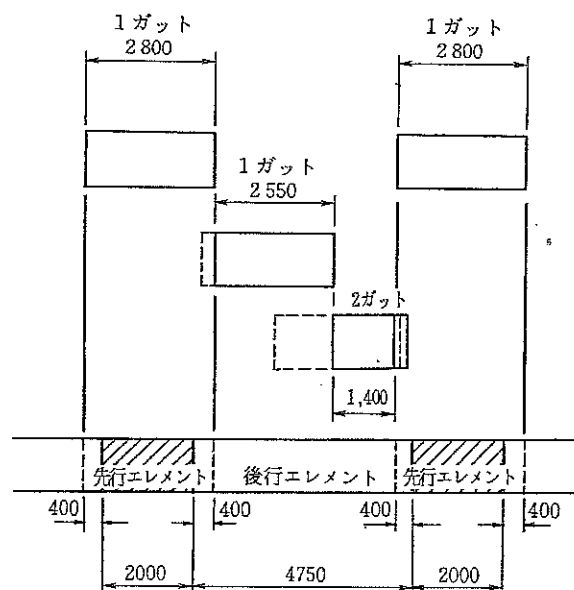


図-10 標準的なガット割付

ヤードを準備し，そこで製作した後トレーラーで場
内搬入し建込みを行った。また，図中には触れてい
ないが，先行・後行エレメントともコンクリート打
設完了後（GL-3 mまで），プラスチックカバー
で覆われたH鋼杭の建込みを行い，その後，コンク
リートが打設されていない部分に対して現位置攪拌
方式による泥水固化を行った（図-6参照）。

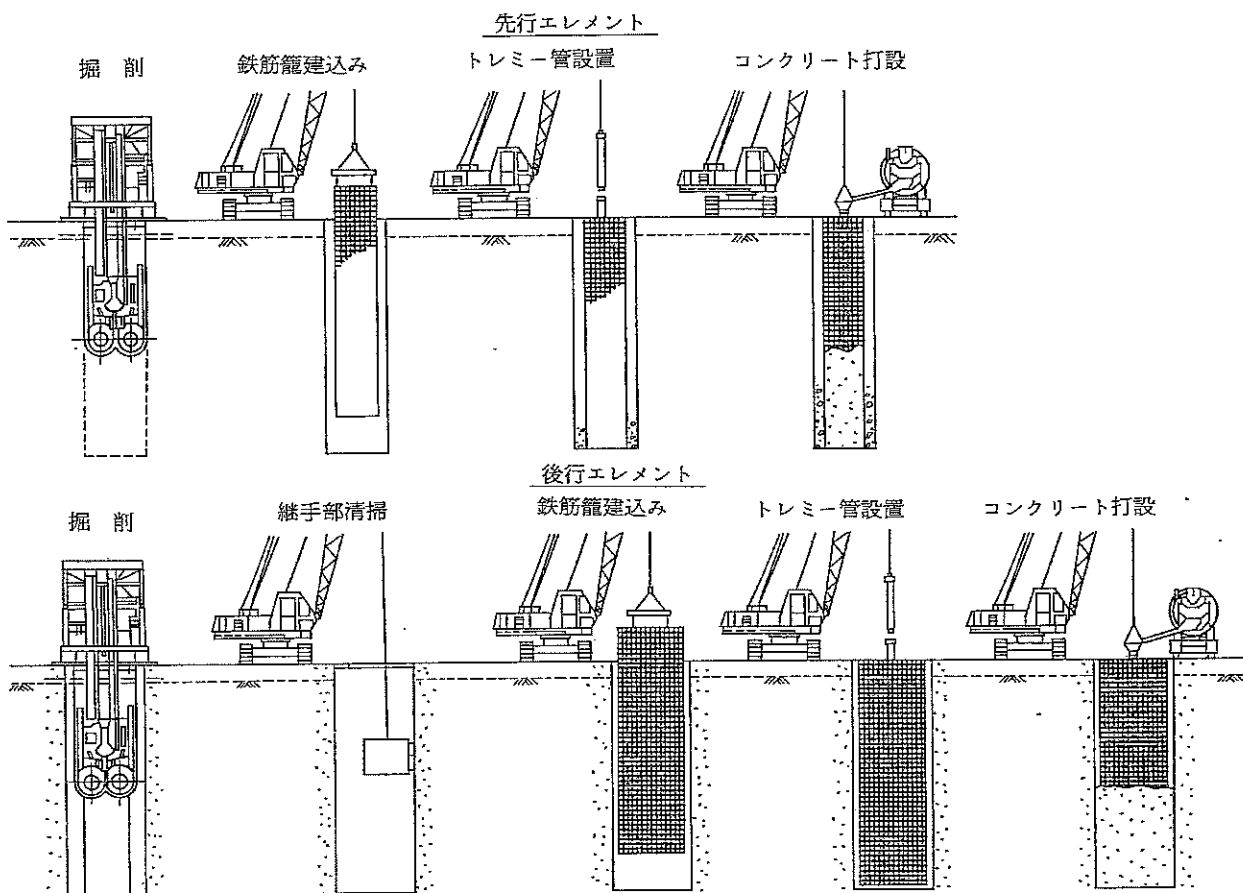


図-11 施工順序図

3.3.3 安定液

安定液は大きく分けて“ベントナイト系”と“ポリマー系”の2種類があるが、当工事では前述したように、泥水固化材料としても安定液を使用することから、表-3に示す配合のベントナイト系安定液を標準として使用した。なお、配合は施工中の状況に応じて適時修正を行った。

表-3 安定液の標準配合 (水1m³当り)

材料	配合 (kg)
水	1,000
ベントナイト	60
C M C	0.5~1.5
分散剤	1~2
pH調整剤	適時
変質防止剤	適時
逸泥防止剤	適時

3.4 仮設関係

3.4.1 ガイドウォール

当工事では作業帯幅等の関係上、ガイドウォール上に掘削機、クレーン、生コン車などの重量物の荷重が直接作用する。こうした荷重の支持のため、当工事では図-12に示すような形状のガイドウォールを採用した。

3.4.2 作業床

作業床上で掘削機、クレーン、生コン車などがひ

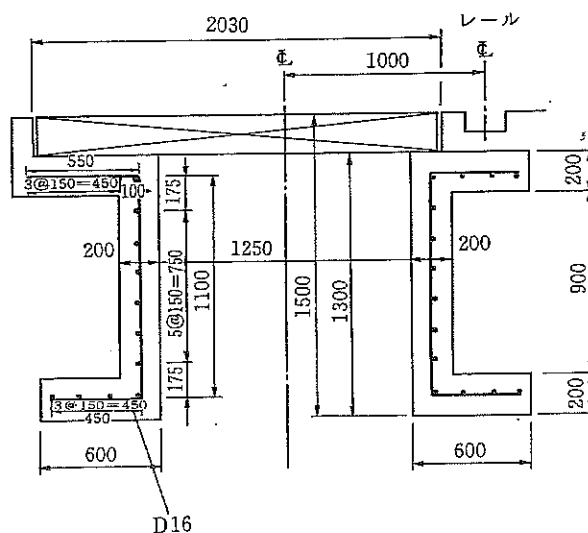


図-12 ガイドウォールの形状寸法

んぱんに移動および作業するため、作業床も強固かつ不陸等のないものを築造する必要がある。したがって、当工事では図-13に示すような作業床を築造した。

3.4.3 安定液プラント

スペースの関係上、安定液プラントも作業帯内に

設置することができないため、図-9中に示したように、隣接する公園敷地内を借用し設置することとした。

図-14に安定液プラントの配置を示す。なお、回収槽は公園敷地内の地上スペースでは確保できないため、鋼矢板Ⅲ型 ($L=8.5\text{m}$)を使用して $123\text{m}\times W 5\text{m}\times H 5\text{m}=575\text{m}^3$ の地下回収槽を築造した。

3.4.4 使用機械および設備

各工種で使用した機械および設備の一覧をまとめて表-4に示す。

なお、クローラクレーンに関しては、予想された最大吊荷重42t (E-17鉄筋籠) および作業帯内での機械のすれ違い等の寸法を考慮して、80t吊りクローラを採用した (図-15参照)。

3.5 施工実績

今回の連壁工の工期 (3月23日～9月30日) に対し、実績は図-16に示すように4月2日～9月16日と工期内で無事終了することができた。しかしながら、今回の工事では以下に記すように当初予測しな

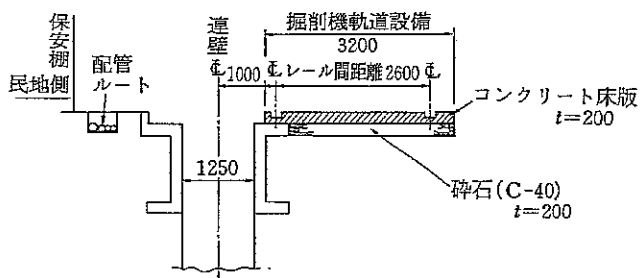


図-13 作業床の形状寸法

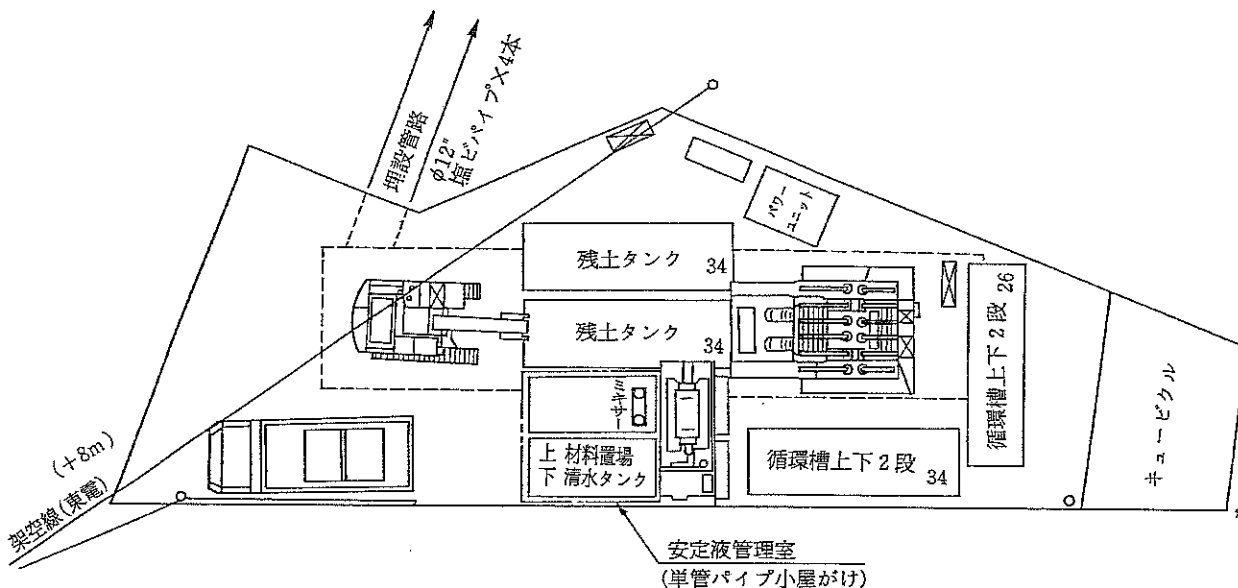


図-14 安定液プラント配置図

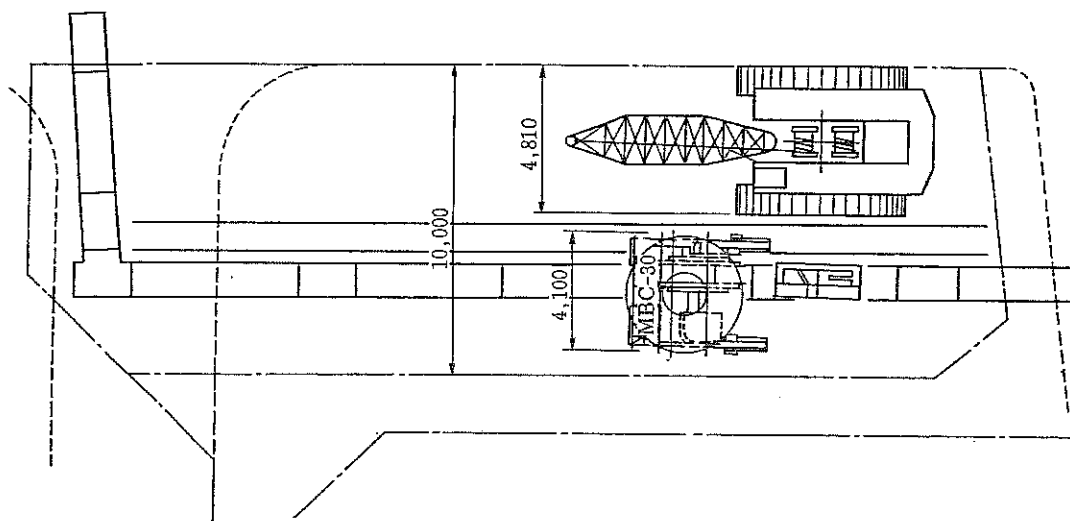


図-15 クレーンと掘削機のすれ違い状況図

表-4 使用機材一覧表

工種	機 械 名	仕 様	出力kW	数 量	電 気 容 量 kW
掘 削 工	HBトレンチカッター	MBC-30		1 台	490
	槽			1 台	
	サンドスクリーン	12m ³ /min	132.0	1 台	132.0
	超音波測定器	4方向	1.0(100V)	1 台	1.0
	バックホー	0.7 m ³		1 台	
スライム処理	スライム処理機	サンドポンプ4"	22.0	1 台	22.0
	スクリーデカンタ	25m ³ /hr	45.0	1 台	45.0
安 定 液 工	ジェットミキサー	9m ³ /hr	5.5	1 台	5.5
	スラッシュタンク (良液槽)	26m ³		1 台	
	スラッシュタンク (清水槽)	26m ³		1 台	
安定液循環工	水中ポンプ	4"	5.5	2 台	11.0
	攪拌ポンプ	4"	11.0	1 台	11.0
	地下ピット (回収槽)			575 m ³	
	スラッシュタンク (循環槽)	26m ³		2 台	
	スラッシュタンク (")	34m ³		2 台	
	水中ポンプ	2"	2.5	2 台	5.0
	サンドポンプ	4"	5.5	2 台	38.5
	"	6"	15.0	1 台	15.0
	"	8"	22.0	1 台	22.0
	配管材	4"		2 m	
"	6"		m		
"	8"		m		
鉄筋籠製作工	※他所にて製作				
鉄筋籠建込み工	電機溶接機		16.0	2 台	32.0
	吊治具			1 台	
生コン打設工	トレーラー (鉄筋籠運搬用)	30t		1 台	
	トレミー管	250mm		108m	
継手施工	ミニコンボ			1 台	
	サンドポンプ	4"	11.0	1 台	11.0
砕石かき落としおよび継手清掃機					
残土処理工	クラムシェル	0.7m ³		1 台	
	ダンプトラック	11t		随時	
廃液処理工	スラッシュタンク	34m ³		2 台	
	バキューム車	9.0m ³		随時	
廃液処理工	スラッシュタンク	26m ³		1 台	
	"			随時	
共 通 機 械	クローラクレーン	80t		1 台	
	ユニック車	4t		1 台	
	トランシット			1 台	
	レベラ			1 台	
	高圧洗浄器		2kW	1 台	6.0
	仮設用鋼材			3 台	
	照明器具			1 台	20.0
電機設備容量	889kW				

かったような事態が生じたため、かなりのロスタイムがあった。

- ① 作業帯長は約60mあるが、昼間は中間に位置する私道を開放せざるを得ないため、35mと20mの長さの部分に分割された。
- ② プラント用地の面積が少なく、掘削能力に見合うプラント設備が設けられなかった。
- ③ 土砂分離機の騒音・振動 (特に低周波騒音) の問題で、深夜12時以降の掘削ができなくなった。
- ④ 支障埋設物処理 (水道, NTT) の関係で、工程に影響が出た。
- ⑤ 道路使用の関係で、鉄筋籠の現場搬入が夜間だけに制限された。
- ⑥ 土砂分離機および掘削機 (初期故障) の修理・調整に時間を要した。

したがって、これらの問題が事前に解決されていたならば、さらに工程を短縮することが可能であったと考えられる。

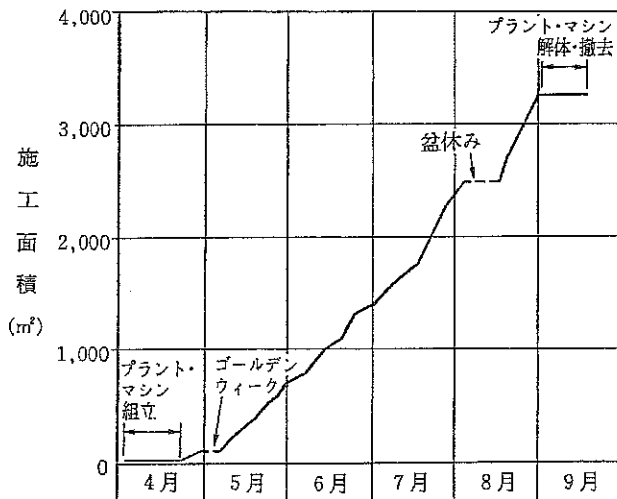


図-16 施工実績

4. あとがき

今回の工事はミニカッターの最初の工事であったため、機械の操作不慣れや初期故障などの問題、あるいは安定液処理プラントの能力不足などの問題もあり、100%の能力を発揮する機会が少なかった。しかしながら、その基本的施工能力の高さは確認することができた。

今後、当工事で得られた貴重なデータをもとに、さらに一層の改良・開発を重ね、より完成された機械にしていきたいと考えている。

最後に、当工事にご協力いただいた関係各位に、誌上を借りてお礼申し上げる次第であります。

報 文 東京ガス扇島シールド中間立坑工事

多田 幸夫* 早川 康之** 小松原 徹*** 根本 光男****

1. はじめに

東京ガス(株)では、首都圏の都市ガス需要に対応するため、横浜市扇島に最新鋭の技術を駆使した世界最大規模のLNG基地・扇島工場の建設を進めており、1998年6月にその第1期工事が完了し、同10月から営業運転が開始されている(図-1参照)。

本稿では、この扇島工場建設工事のうち、沖合のシーバースと工場を結ぶ延長約2kmのLNG受入れ配管用シールドトンネルのシールド発進・到達用の中間立坑工事について、その設計および施工の概要を紹介する。

2. 立坑工事の概要

本立坑の建設地点は埋立地であり、埋立後約20年が経過しているものの、埋立層の下部に存在する層厚約35mの沖積粘性土層は未圧密であり、今後さらに50cm以上の残留圧密沈下が予測された。したがって、シールドトンネルはLNG配管の不同沈下防止とセグメントへの荷重低減の目的で、土被り60m以上の洪積層を通過させる必要があると判断された。この結果、立坑の掘削深さは約75mとなり、掘削完了時点では国内最大深度のシールド立坑となった。

立坑構築のための仮設土留め壁には壁厚80cm、内径21.55m、施工深度82.7mの地中連続壁工法を採用した。

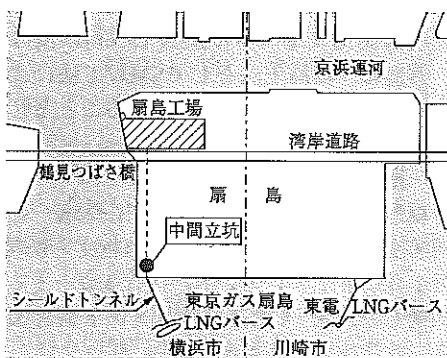


図-1 位置図

3. 地中連続壁の設計および施工

3.1 土質概要および立坑構造図

図-2に土質柱状図および立坑構造図を示す。当該地盤は、層厚約25mのN値10~15程度の埋立砂層(Bs1)の下に、N値5程度の沖積粘性土層(A1c, 2c)が約35m、洪積粘性土と洪積砂層の互層(Dc, s)が約20m、さらにその下に土丹層(Kac)が堆積している。

3.2 連壁の設計

3.2.1 連壁厚の設定

連壁応力解析は、等圧(土圧+水圧)に対しては、軸対称モデルによる弾塑性逐次解析を行い、偏圧(常時偏土圧、地震時偏土圧、地震時慣性力)に対しては3次元円筒シェル解析による最終掘削時の解析を行った。

連壁応力解析の結果、大深度・泥水中でのコンクリート施工実績より、設計基準強度の最大値を $\sigma_{ck} = 36\text{N/mm}^2$ とした場合の必要最小壁厚は80cmとなった。一方、

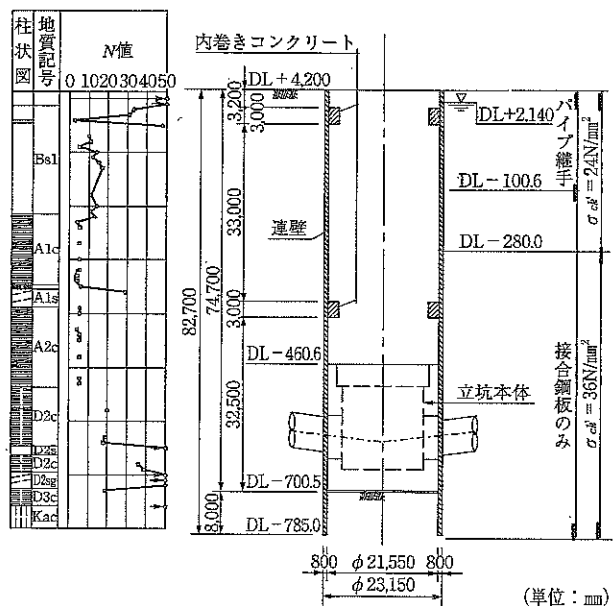


図-2 土質概要および立坑構造図

*TADA Yukio 鹿島建設 土木設計本部 第三設計部 設計主査
 **HAYAKAWA Yasuyuki 同上 土木技術本部 担当部長
 ***KOMATSUBARA Tōru 東京ガス(株) 生産部 副部長
 ****NEMOTO Mitsuo 同上 生産技術部 課長

東京都港区赤坂6-5-30
 東京都港区元赤坂1-2-7
 東京都港区海岸1-5-20
 横浜市鶴見区扇島4-1

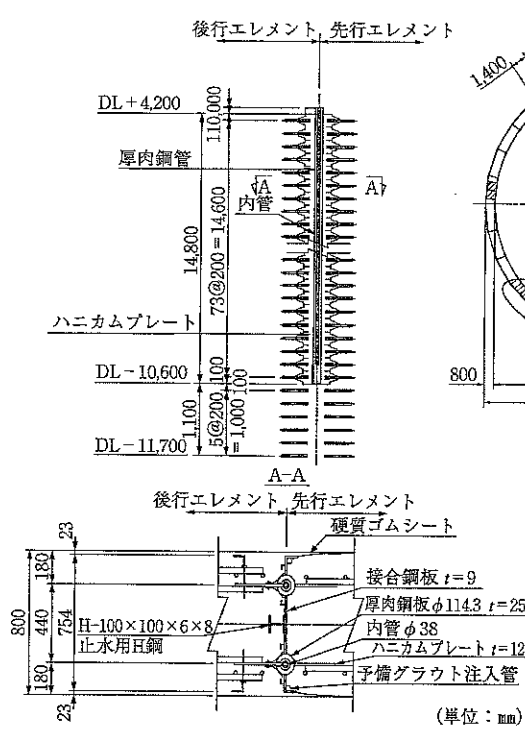


図-3 パイプ継手構造図

この壁厚80cmはコンクリート打設時のトレミー管の挿入が円滑に行える最小限度幅でもあり、連壁厚は設計上および施工上の両面から求まる共通の最小値とした。

また、連壁上部は作用土圧が小さく、発生応力度が小さいことから、DL-28.0m以浅には $\sigma_{ck}' = 24\text{N/mm}^2$ 、DL-28.0m以深には $\sigma_{ck}' = 36\text{N/mm}^2$ という異なる強度のコンクリートを使用することとした。

3.2.2 パイプ継手の採用

3次元円筒シェル解析の結果、偏圧作用時にはDL-5.0m以浅で円周方向の曲げ引張り応力度がコンクリート引張り強度を超える値となった。そこで土留め壁としての安全性・止水性確保の観点から、先行・後行エレメント間にも有効な引張り鋼材の配置が必要であると判断し、連壁鉄筋籠の最終建込みロットとなる第6ロット (DL+4.2~10.6m) の先行・後行エレメント間には、パイプ継手構造を採用した。

パイプ継手は図-3に示すように、ハニカムプレートにより円周方向鉄筋と接続した厚肉鋼管 (メス) を先行エレメント側の接合鋼板部に設置し、これに後行エレメント側のハニカムプレート端部の鋼管 (オス) を挿入して、エレメント間での円周方向鉄筋を結合する継手構造である。なお、偏圧作用時にも全断面圧縮となるDL-10.6m以深のロットについては、接合鋼板のみとした。また、当連壁では大深度・高水圧下でのエレメント間の止水性、構造的連続性の確保がきわめて重要であったが、パイプ継手の採用により連壁全長にわたって継手面の構造が単純・平滑化され、確実なスライム除去・清掃 (高圧噴射・ブラシ併用) が可能となった。

3.2.3 円筒座屈に対する対策工

本連壁は径に比較して大深度であるため、円筒の細長

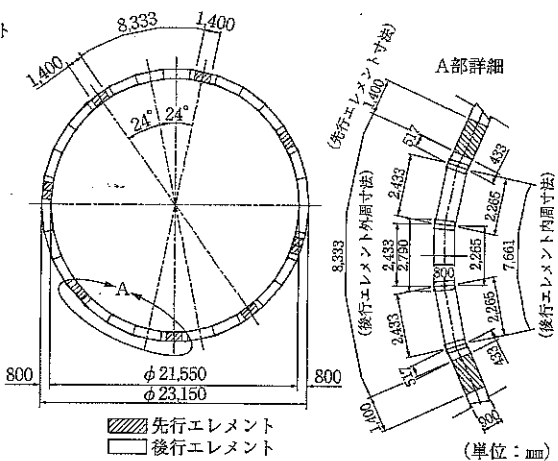


図-4 連壁エレメント割付図

比が大きく部材厚も薄いことから、円筒座屈に対して脆弱な構造である。このため、細長比の低減と変形抑止の目的で、連壁の上・中段に内巻きコンクリートリング (高さ3.0m、幅2.0m) を設置し、座屈に対する安全性の向上を図った (図-2参照)。

3.2.4 根入れ長の設定

連壁根入れ部の地盤は、自立性の高い土丹層 ($q_u \geq 2.0\text{N/mm}^2$) であるため、盤ぶくれの安全確保以外に、掘削に伴う連壁の変形により連壁背面に空隙が生じ、上部帯水層 (D_s) の地下水が連壁下端まで回り込み、掘削面へ湧水することが懸念された。そこで根入れ長は、土丹層への5.0m (塑性域1.0m、健全部水圧抵抗長2.0m、土丹層不陸2.0m考慮) に土丹層上部の洪積粘性土層3.0mを加え合計8.0mとした。なお、万一の湧水に備えて、①連壁下端近傍の内・外面に間隙水圧計を設置し、作用水圧を把握するとともに、②湧水時の連壁先端への止水注入のため連壁内部にグラウト注入管を設置した。

3.2.5 溝壁の安定検討

当連壁が護岸の近傍 (最短離れ約28m) で、海水面の干満による地下水位の変動により地盤がルーズな状態になりやすく、また埋立砂層の均等係数が2~3、粒度が均質で細粒分含有率が4~8%と小さいため、地盤条件的に溝壁の不安定要素が高いことに加え、施工深度83m、エレメント長8.3mに対し、掘削幅が90cmと小さく、3次元的な形状効果が期待できないこと、施工ヤード上、連壁掘削機を連壁内部土上に配置せざるを得ないことなどから、施工時の溝壁崩壊が懸念された。そこで、プロトジャコフの方法および3次元円筒すべり法による溝壁の安定計算結果に基づき、DL-19.6m以浅の連壁掘削部内・外側に、補助工法としてSMW工法による防護工 ($\phi 550\text{mm} @ 450\text{mm}$, 23m) を採用することとした。

3.3 連壁の施工

3.3.1 掘削精度の確保

連壁の掘削工は、回転式掘削機 (BC-30K) を使用して、掘削精度管理システムにより掘削精度を管理しながら、先行1ガット1エレメント、後行3ガット1エレメントで掘削した。図-4に連壁エレメント割付図を示す。

3.3.2 鉄筋籠建込み精度の確保

鉄筋の所要被りの確保とエレメント間のパイプ継手の確実な嵌合を行うため、鉄筋籠は超音波測定器による建込み精度の確認と、ジャッキによる位置修正を行いながら実施したが、さらに修正を要する場合には、溝内に横押しジャッキを降下して使用し精度確保を図った。

凡例

計器名	記号
鉄筋計 円周応力	●
鉄筋計 鉛直応力	○
間隙水圧計	△
挿入式傾斜計	■
レベル, トランシット	▽

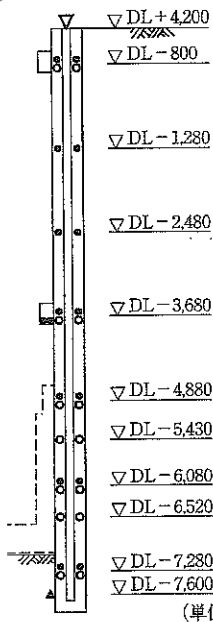


図-5 計器配置図

4. 掘削時の計測管理

4.1 計測の目的および計器配置

掘削時の連壁の挙動を把握し、施工の安全性確認と異常時の迅速な対応のための判断材料を得る目的で、計測管理を行うこととした。表-1に計測項目および計測目的、図-5に計器配置図を示す。

4.2 計測結果

図-6, 7に床付け掘削完了時の変形量, 円周方向鉄筋応力度を示す。また, 図-8に連壁内外面の間隙水圧の経時変化を示す。

4.3 計測結果の考察

図-7より, 連壁の発生応力は設計値を下回っていることがわかる。これは, 設計上の土圧より実際の作用土圧が小さかったこと, 掘削に伴う連壁の変形により粘性土層部の連壁背面側に負の間隙水圧が発生し, 作用水圧も設計値(静水圧)を下回ったこと(図-8参照)によるものと考えられる。一方, 作用土圧・水圧が設計値に比べ小さかったと推測されるにもかかわらず, 連壁変形量の計測値と設計値がほぼ一致している(図-6参照)のは, 円周方向軸力が作用した際の連壁エレメント継手間のなじみや計測誤差に起因するものと判断される。

5. おわりに

本立坑工事においては, 工期短縮と工費削減のため仮設土留め壁の工事数量の削減を追求する一方, 大深度か

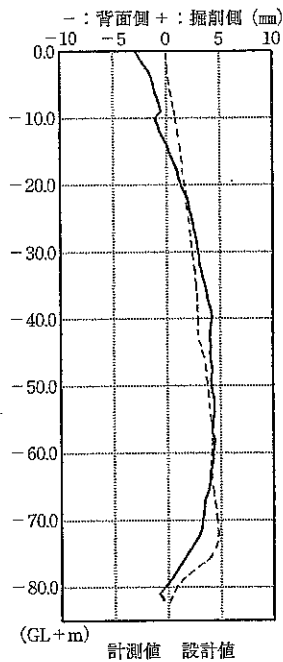


図-6 連壁変形量

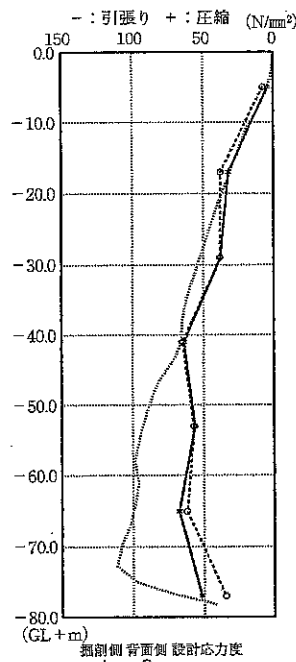


図-7 円周方向鉄筋応力度

表-1 計測項目および計測目的

計測項目	計測目的	使用計器(記号)
変形	・立坑全体の変形状況, 設計変位との比較により, 特異挙動の有無を確認。	挿入式傾斜計
鉄筋応力	・鉄筋の発生応力の把握, 設計値との比較により, 構造安全性を確認。 ・特異挙動の有無を確認。	鉄筋計(○, ●)
間隙水圧	・連壁への作用水圧の把握。 ・湧水に対する安全性の確認。	間隙水圧計(△)
頭部変位	・頭部変位量(絶対値)の把握。	レベル, トランシット(▽)

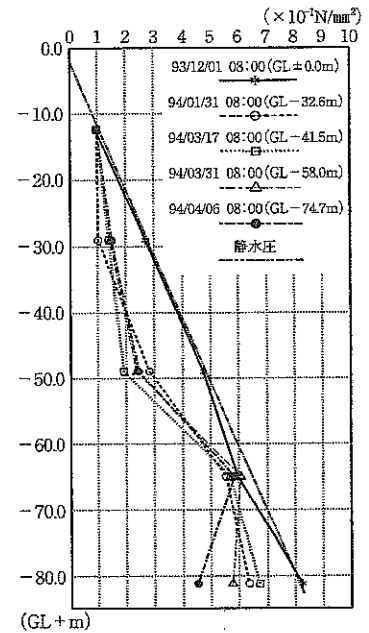


図-8 間隙水圧経時変化

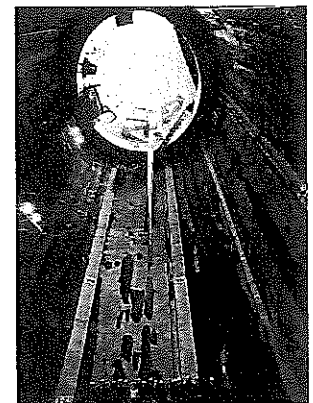


写真-1 連壁内部掘削完了状況

つ高水圧(0.7N/mm²)作用下という厳しい施工条件に対する土留め掘削工

の安全性確保, 湧水防止が設計・施工上の最重要課題であったが, 種々の事前検討, 対策工の実施並びに連壁施工時の真円精度, 鉛直精度の向上, 安定液管理, コンクリート打設速度管理, エレメント間継手面の清掃等の施工管理の徹底, 計測管理による連壁挙動の把握などにより, 工事を無事完了することができた。

今後, さらにシールド立坑をはじめとして地下構造物の大深度化が進むと予想されることより,

- ①高強度・高流動など高性能コンクリートの開発
- ②連壁継手構造の止水性向上
- ③連壁掘削精度の向上

などが, ますます望まれるところである。

本稿が, 今後の大深度立坑, 大深度地中連続壁工事の設計・施工の一助となれば幸いである。

[参考文献]

- 1) 小野塚大輔, 早川康之, 小松原徹, 小土井満治: 大深度円形立坑の設計及び計測管理, 第50回土木学会年次学術講演会概要集, 1995. 9.

報 文

首都高速大宮線 浦和所沢線立体交差部

地中連続壁基礎工事

堀米 憲治* 関口 隆史** 荻原 充信*** 鶴谷 幸夫**** 佐久間 誠也*****

1. はじめに

本工事は、国道17号（新大宮バイパス）と県道浦和所沢線立体交差部に建設する、首都高速大宮線の橋脚基礎10基（P79～P83）の新設工事であった。基礎の築造位置は、立体交差部の側道部分で作業帯幅がきわめて狭く、既設構造物に近接していることなどの制約条件から、地中連続壁基礎（以下、連壁基礎という）が採用された。図-1に一般図を示す。

本稿は、この狭隘な場所における連壁基礎の設計と施工について紹介する。

2. 橋脚基礎形式の選定について

一般に橋梁基礎として計画される連壁基礎は、隣接する地中連続壁エレメント間を剛結継手で結び矩形の閉合断面を有する。連壁基礎の特徴は、軟弱層から硬質層まで土質に対する適用性が広く、断面剛性が高いため基礎の平面寸法を小さくすることができる。このため、用地の制約や既設構造物に対する近接施工に有利な基礎形式である。さらに、100mを超える大深度まで施工が可能であり任意形状の基礎が構築できる低振動、低騒音工法でもある。

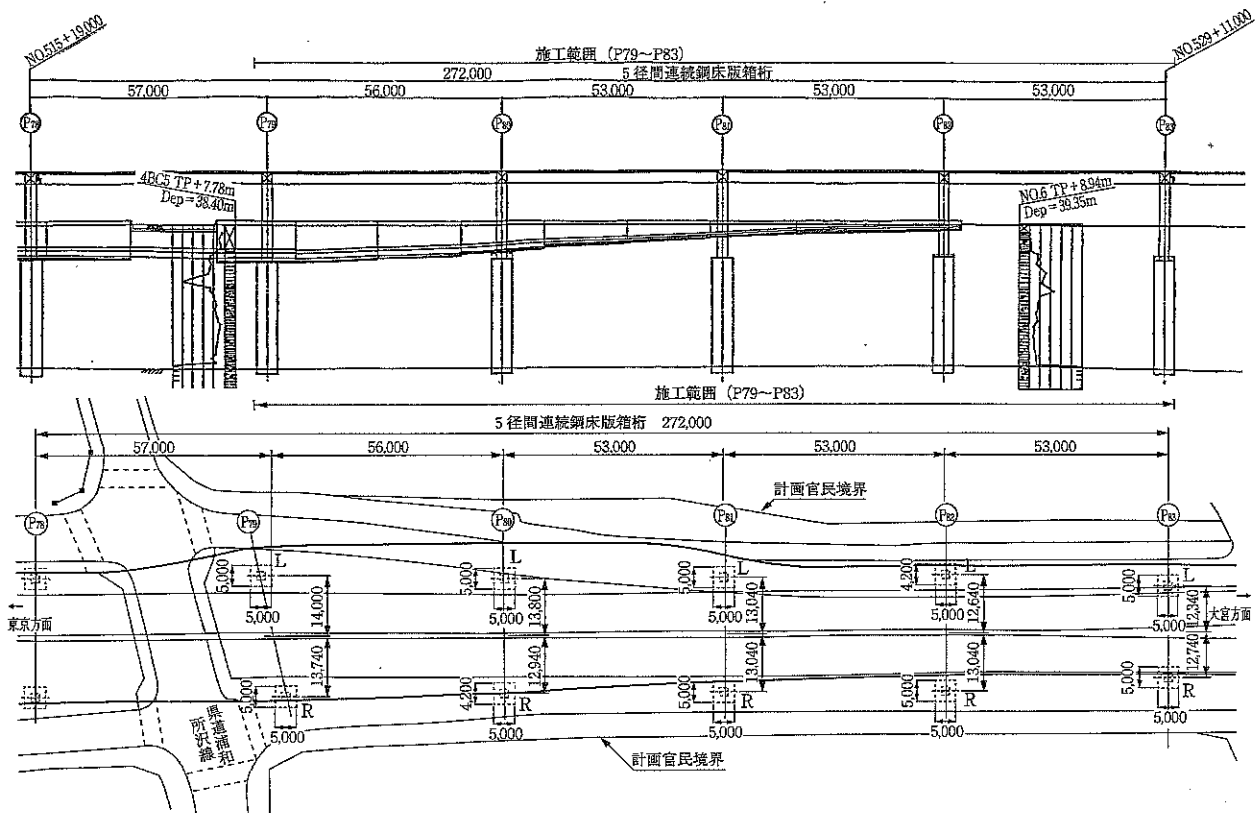


図-1 全体一般図

*HORIGOME Kenji	首都高速道路公団 工務部 工事管理課 課長 (当時第一建設部設計課長)	東京都千代田区霞が関 1-4-1
**SEKIGUCHI Takashi	同上 東京都管理局 保全部 調査役	東京都江東区木場 6-1-1
***OGIWARA Mitsunobu	同上 計画部 調査課 課長補佐	東京都千代田区霞が関 1-4-1
****TSURUYA Yukio	併間組 北関東支店 板倉作業所 所長	群馬県邑楽郡板倉町泉野地内
*****SAKUMA Seiya	同上 土木本部 都市土木統括部 課長	東京都港区北青山 2-5-8

当工事においては、橋梁基礎形式の選定にあたり①上部工反力の大きさ、②施工スペース、③上り線側P79R橋脚～P83R橋脚に近接する立体交差部のアンダーパスU型擁壁および流域下水管等の既存構造物に対する近接施工の影響、などに対し複数案の工法比較検討を行い連壁基礎を採用した。図-2にP80R橋脚における既設構造物との位置関係を示す。

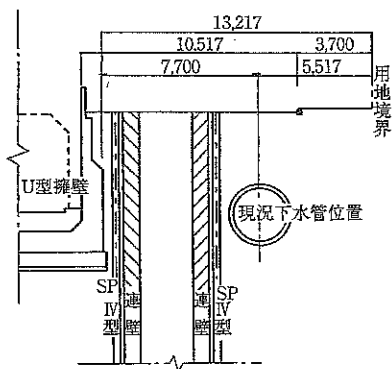


図-2 P80R橋脚における既設構造物との位置関係

比較対象となった主な工法の不採用の理由を以下に示す。

- 1) ケーソン案では、近接構造物に対する防護工を考慮すると基礎のスペースが確保できないこと。
- 2) 一般的な場所打ち杭案では、基礎フーチングが大きくなり既存のU型擁壁に干渉すること。
- 3) 大口径リバース杭案では、橋軸方向にフーチングが大きくなり一部の基礎が交差点にかかるとのこと。

3. 地層区分および連壁基礎の支持層

本工区の地層構成は、現況舗装下に礫や廃材を混入する埋土層があり、その下には細砂を主体とする沖積砂質土が広がる（場所によっては軟弱粘性土も出現）。地下水位は、GL-1.0m程度と非常に高い位置にある。沖積土の下には、砂混りシルト質粘土を主体とした洪積粘性土層、その下部には洪積礫質土層が存在する。

橋脚基礎の支持層は、 N 値50以上を確認できる洪積礫質土層とした。地質断面図からは、支持層の傾斜はないものと判断された。図-3に1例としてP80L橋脚の断面図と近傍の土質柱状図を示す。

4. 連壁基礎の設計

4.1 構造形式

連壁基礎は、平面的には $5\text{m} \times 5\text{m}$ の正方形を標準としており、頂版フーチングとは、連壁頭部の連結鉄筋で結合される形式となっている。平面形状は、P80R橋脚については既設下水管が支障となるため、またP82L橋脚は用地収用未了により、作業帯が確保できないため $4.2\text{m} \times 5\text{m}$ とした。連壁の壁厚は80cm、掘削深度は34～37.5mである。

4.2 溝壁の安定

本工区においては、橋脚基礎の位置によって表層からGL-15m程度まで軟弱な腐植土層および粘性土層が見られる場所もあり、安定液掘削時の溝壁安定が特に問題とされた。同時に地下水位が比較的高いこと、車道が近

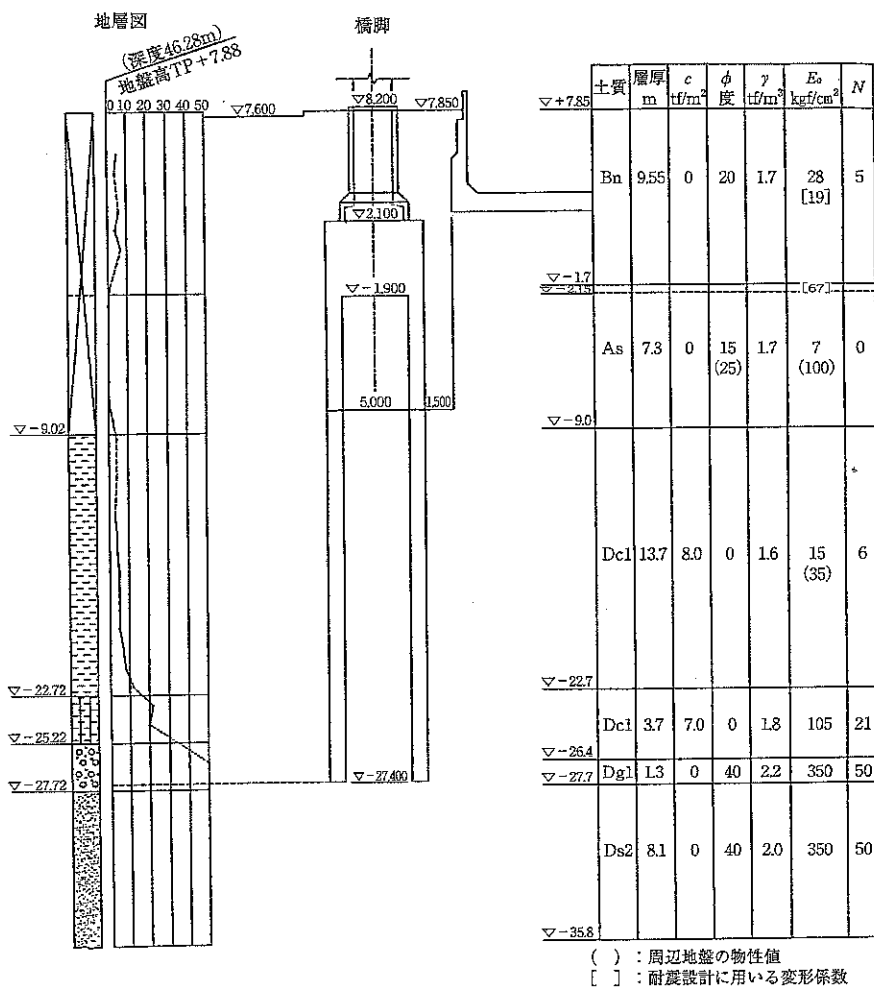


図-3 橋脚断面図および土質柱状図

接し上載荷重の影響が及ぶことから、現状地盤における溝壁の安定検討を実施した。この結果、全10基において、現状地盤では溝壁崩壊の恐れがあることが判明したため、土質性状とその効果および施工性を検討し砂質土はセメント系の機械攪拌工法、粘性土は薬液注入工法による地盤改良を行った。なお、地盤改良幅は上記安定検討の結果、溝壁面から1.5m幅の改良とした。

実施工においては、部分的な溝壁崩壊が見られ掘削機

が動かなくなるというアクシデントもあったが、入念な地盤改良の効果により大きな崩壊は発生しなかった。

4.3 連壁基礎の設計

基礎本体の設計に際しては、以下の基準・指針類を参

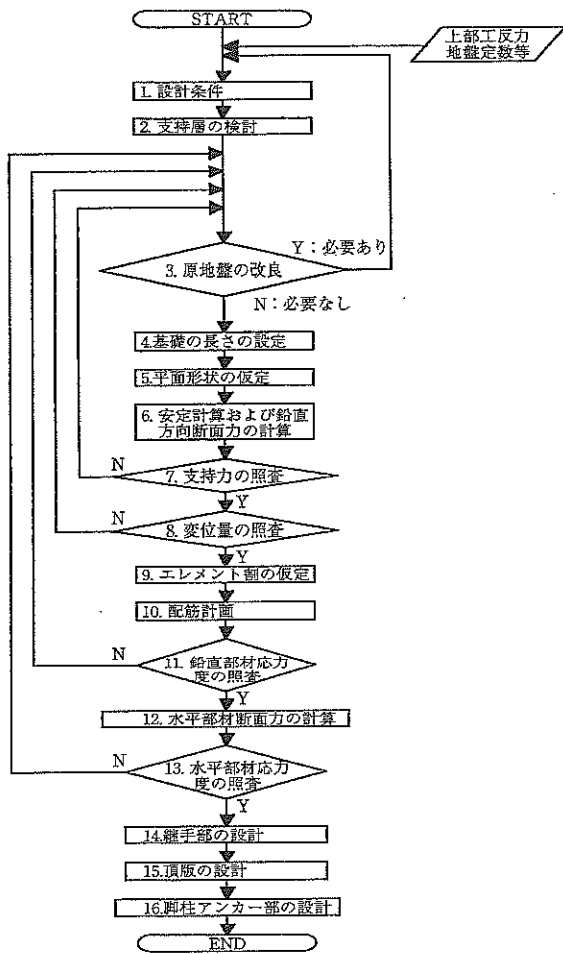


図-4 連壁基礎詳細設計フロー図

考にした。

①「下部構造物設計基準」

(平成4年4月, 首都高速道路公団)

②「地中連続壁基礎設計施工指針・同解説」

(平成3年7月, 日本道路協会)

検討ケースは、基礎10基について、上部工反力の大きさと地盤条件を考慮し詳細設計を実施した。図-4に詳細設計の基本的なフローを示す。なお、前述したとおり近接構造物や作業用地の関係から連壁基礎の形状としては、5.0m×5.0mと4.2m×5.0mの2タイプとした。

4.4 本体設計上の工夫点

本工区は作業帯が限定され、鉄筋加工場を場内に確保することができなかったため、鉄筋籠の加工組立は千葉県四街道市で実施した。鉄筋籠の運搬は、一般道路を使用するため、後行エレメントがコ型の形状のままでは運搬が困難であった。そこで、鉄筋籠を雄籠と雌籠に2分割して陸上運搬されることを前提に、重ね継手方式を採用し必要継手長を確保することとした。図-5にP79L橋脚の平面配筋図例を示す。

4.5 補助工法の検討

本工区では、溝壁の安定に対する補助工法のほかに、連壁基礎の安定および近接構造物の変状防止を目的とした補助工法の検討を行った。検討の結果、橋脚別に近接する流域下水管およびU型擁壁への影響範囲について土質性状を考慮し、セメント系の機械攪拌工法と薬液注入工法を組合わせて地盤改良工を実施した。

5. 施工

5.1 連壁工

連壁工の工程は、L側から施工を開始し、全10基の連壁基礎を平成7年7月(ガイドウォール工)から平成8年8月(最終コンクリート打設)の約1年間で終了した。

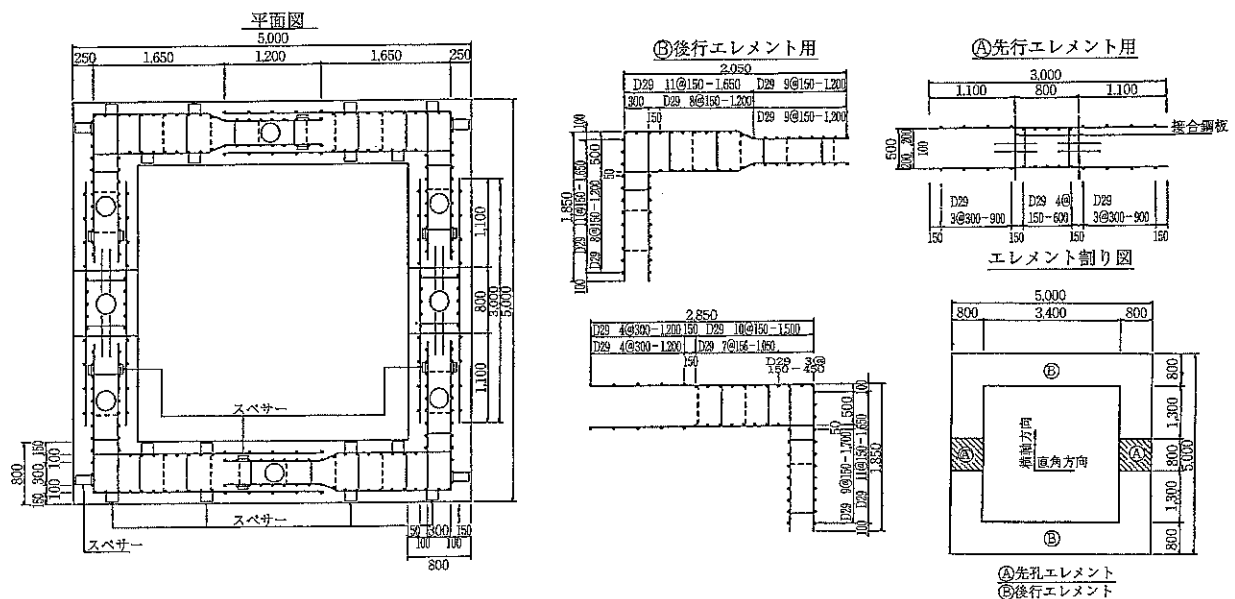


図-5 P79L橋脚連壁基礎平面配筋図例

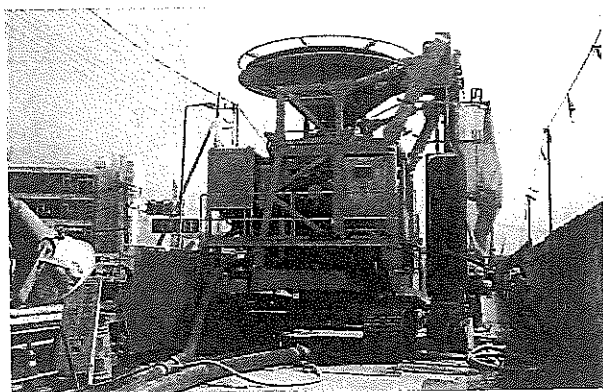


写真-1 MBC水平多軸回転カッター掘削機

5.1.1 ガイドウォール工

ガイドウォール形状は、以下の理由によりL型ではなくコ型を採用した。

- ① 連壁掘削時のカッター引上げ時に掘削機片側のキャタピラ先端部において、接地圧が約21tf/m²と大きな反力が作用すること。
- ② 支持地盤は、セメント系の地盤改良を施した地盤を想定しているため直接基礎としての支持面積が必要となること。

5.1.2 掘削機の選定

連壁掘削機の選定に際しては、以下の点を考慮しMBC30水平多軸回転カッター掘削機を選定した。また、作業スペースと工程上の制約からMBC30掘削機2台で施工を行った。

- ① 橋軸直角方向に約7m~12mという非常に狭隘な作業帯であること。
- ② 作業帯の両脇を1日約8万台の一般車両が通過するため、掘削残土の積みこぼしが少ないこと。
- ③ 作業帯から約10m離れたところには民家があり、低振動・低騒音型が望ましいこと。
- ④ 砂礫層、セメント系改良土を掘削できること。
- ⑤ 最大約40mの掘削が可能であること。
- ⑥ 掘削性能が高いこと。
- ⑦ 鉄筋籠の形状がコ型であり、掘削精度がよいこと。

写真-1にMBC掘削機を示す。

5.1.3 掘削工

掘削については、掘削壁厚800mmに対して継手函体部の厚さが760mmと余裕がほとんどなく、後行エレメントの鉄筋籠の形状がコ型であることもあり、掘削精度に対しては厳しい管理が要求された。通常の仕様であれば、掘削精度は1/500以下かつ5cm以下と規定されているが、当工事においては壁厚が減少することのないように管理基準値を0~+5cmとして超音波測定による施工管理を実施した。また、スライム処理および良液置換についてはMBC掘削機で行った。

5.1.4 鉄筋籠製作・運搬・建込み・コンクリート打設

施工時間帯は、作業帯に民家が近い下り線側(L橋脚)は昼間施工とし、上り線側(R橋脚)では工期短縮のため昼夜間施工を行った。そのため、組立架台(5m×40

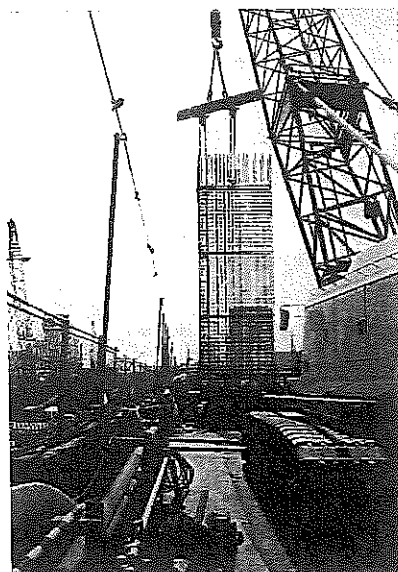


写真-2 鉄筋籠建込み状況
(後行エレメント)

m)を2台用意し、2エレメント分を仮置きできるようにした。また鉄筋籠には、輸送時や建込み時を考慮し、変形防止材をつけて場内に搬入し、建込み時に外せる構造とした。鉄筋籠の分割については、輸送時の制限により先行・後行ともエレメントを深さ方向に3分割とし、さらに後行エレメントにおいては前述のように雄籠と雌籠の横2分割とした。

鉄筋籠の建込みに際しては、各エレメントの鉄筋籠の建込み時の引張り力の分担、吊込み時の鉛直性の保持、この二点から吊り治具には滑車を取付けた。また、建込む際に地山を痛めないよう、最下端部の鋼板にはテーパ加工を施した。写真-2に後行エレメントの鉄筋籠の建込み状況を示す。

実施工における苦心点は連壁工の各施工段階における精度確保であったが、特に鉄筋籠の製作では、加工場での仮組み、模擬吊り込みによる変形剛性の確認などを行い精度確保に留意した。

コンクリートの打設は、トレミー管スペースの関係から8インチ管を使用した。施工中は、管の閉塞等のトラブルもあったが、おおむね順調に施工を完了した。

6. あとがき

連壁基礎は、現在では施工数も336基(平成11年度9月現在地中連続壁基礎協会調べ)と多くなり、橋梁基礎の代表的な工法の一つとなった。しかし、施工面では十分な経験に基づいた設計・施工管理が要求される工法である。

当工事は、非常に狭隘な場所において、さまざまな設計・施工上の制約を受けながらの工事であったが、ノウハウの蓄積も多かった。今回の工事でも得られた数々の経験を生かし、今後の連壁基礎の設計・施工に反映させていきたいと考える。

東邦ガス知多緑浜工場 No.1 LNG地下タンク地中連続壁工事

児島 統一* 高木 健次** 伊藤 努*** 丸山 克夫****

1. はじめに

東邦ガス(株)では、今後増大するガス需要とその安定供給のため、愛知県知多市緑浜町(名古屋港南5区)に「知多緑浜工場」の建設を進めている。

そのうち、主要設備であるNo.1 LNGタンクは、N値50以上の常滑層(第3期層)中に深度約100m、壁厚1.4mの地中連続壁(以下、連壁)を止水山留め壁として構築し、その後内部を無支保工で掘削し築造するものである。

連壁工事の特徴は、①大深度(98.3~100.3m)である、②GL-12.3m以深はすべてN値50以上の軟岩である、ことなどである。

2. 工事概要

地下タンクの構造と土質を図-1に、エレメント割付を図-2に示す。また、地中連続壁の諸元と主要工事数量を表-1に示す。

本工事場所の土層は、地表から埋立層が約11mまであり、薄い沖積層を挟んで、それ以深は常滑層と呼ばれる軟岩となっている。この常滑層の軟岩は、それ以前に当地近くで施工された連壁工事において安定液の粘性を上

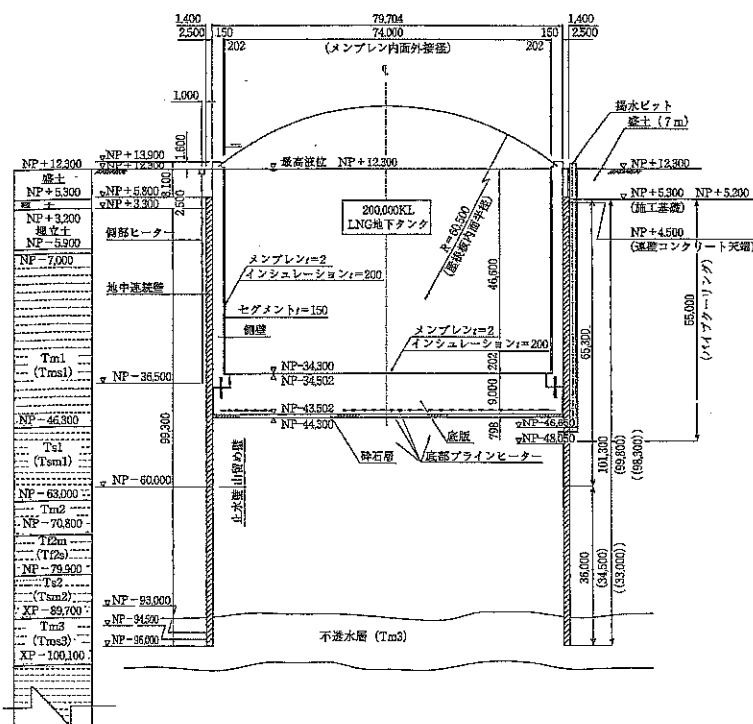


図-1 地下タンク構造図

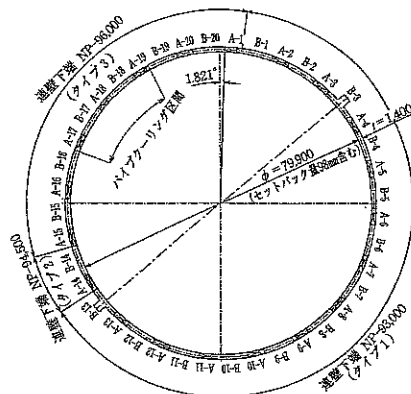


図-2 連壁エレメント割付図

表-1 地中連続壁の主要工事数量

項目	数量	備考
壁厚(mm)	1,400	
深度(m)	100.3, 99.8, 98.3	施工基準(NP+5.3)よりの深さ
山留め壁部	65.3	
止水壁部	35.0, 34.5, 33.0	
内径(m)	79.9	掘削位置の逃げ100mmを含む
面積(m ²)	26,605	GLからの面積(ピット含む)
エレメント数(個)	40	
先行(Aエレメント)	20	
後行(Bエレメント)	20	掘ピット部2個を含む
掘削土量(m ³)	36,049	GW深1.6m除外、ピット含む
鋼材量(t)	2,225.901	SD295A, SD345
仕切り網	825.105	
フレーム等	826.592	フレーム、セパレータ、注入管
コンクリート量(m ³)	25.045	山留め壁
止水壁	10.660	
根固めモルタル量(m ³)	356.5	

* KOJIMA Tōichi 清水建設(株) 土木東京支店 基礎工事部 工事長
 ** TAKAGI Kenji 東邦ガス(株) 知多緑浜工場建設部 土木グループ マネジャー
 *** ITO Tsutomu 同 上 係長
 **** MARUYAMA Katsuo 清水建設(株) 土木東京支店 土木第二部 工事長

市川市塩浜3-17-4
 知多市緑浜1番地
 同 上
 同 上

昇させ、種々のトラブルを発生させている。当工事においては、それらも念頭において仮設備の検討を行っている。

3. 仮設備工

3.1 安定液プラント

当工事における安定液プラントの特徴は次のとおりである。

3.1.1 スーパーデカンタの採用

安定液中に常滑層の軟岩の成分が極力混入しないよう、まず掘削機からの安定液全量を1次土砂分離機（回転式1台、振動式2台）に通し、10mm以上の粒子を除去した後、スーパーデカンタ（4台）に通し74 μ 以上の土砂分をほぼ完全に捕捉できるようにした。

なお、74 μ 未満の粒子除去用にスクリュウデカンタを1台設置した。

3.1.2 安定液補給配管を単純化

3台の掘削機への補給管が独立していると煩雑になり、また配管スペースも広がるので、循環層に22 H の水の中サンドポンプ8台を集合ポンプとして配置した。タンクヤード内のループ管から各掘削機への分岐部には電磁弁を配置した。

3.2 鉄筋かご組立ヤード

掘削機3台による掘削スピードに対応するため、幅10m、全長105mの組立架台3面と、幅15m、全長105mの鉄筋加工場・材料置場を設けた。ヤード内の材料の移動は、スパン長25mの門型クレーン2台と55t吊りクローラクレーン1台で行った。また、150t吊りクローラクレーン1台を完成した鉄筋かごの移動用に配置した。

組立架台3面のうち2面には、雨天による工程遅延防止用に架台上を移動できるテントを設置し、雨天時の溶接作業を可能にした。

4. 施工管理状況

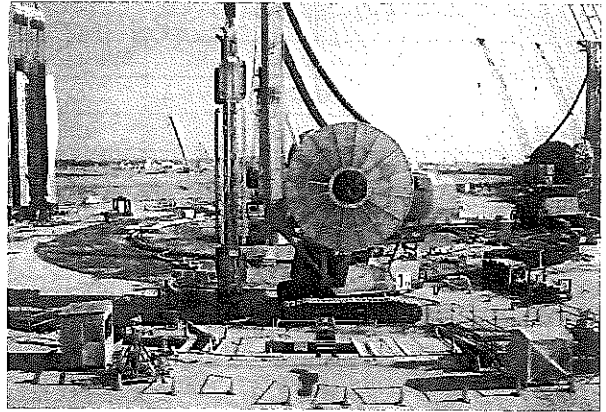


写真-1 工事状況全景

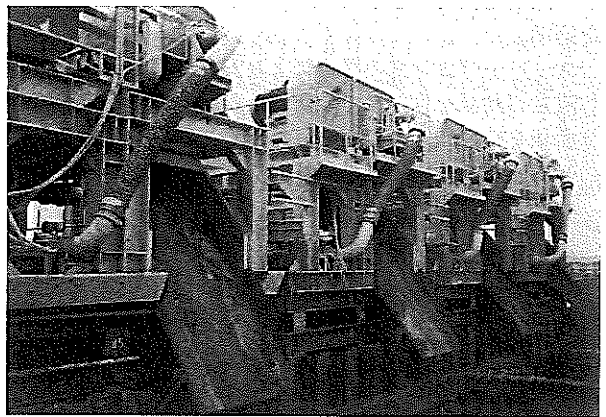


写真-2 スーパーデカンタ稼動状況

4.1 掘削・安定液管理・残土処分工

掘削は、水平多軸回転掘削機3台（BC-30 \times 2台、HF-12000 \times 1台）で行った。

安定液は、表-2のベントナイト系の当初配合としたが、常滑層泥岩の微粒子の溶込みにより粘性が増したため、途中からベントナイトを控えた配合に切替えた。スーパーデカンタは、当初のねらいどおり74 μ 以上の砂

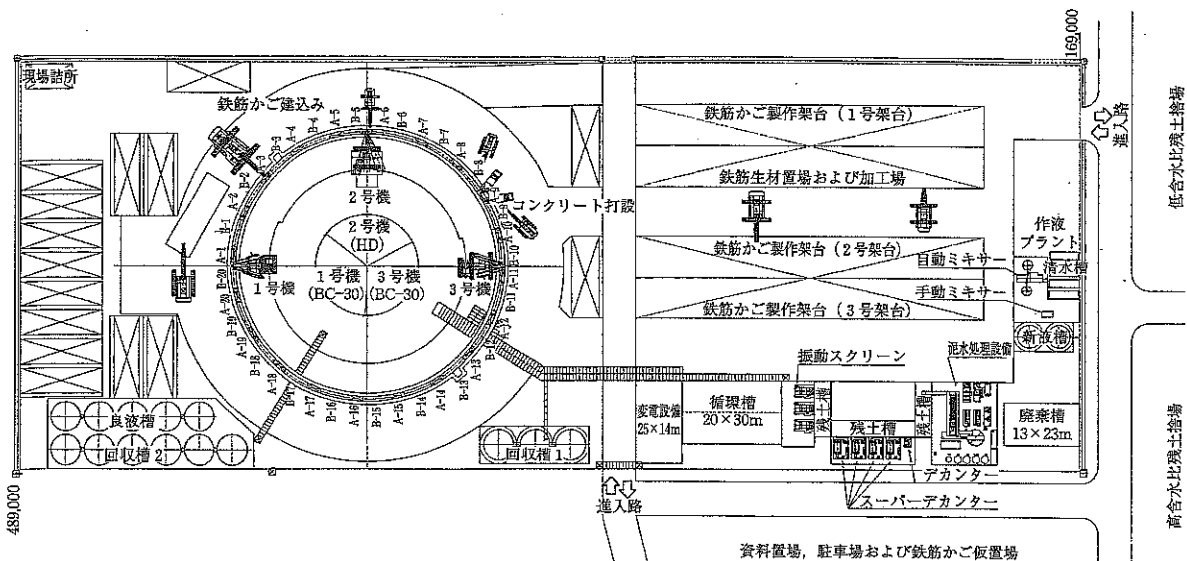


図-3 機械配置計画

表-2 安定液の配合

	材 料	仕 様 ・ 名 称	配合(kg/m ³)
当初配合	ベントナイト	豊順浅間印300メッシュ	60
	CMC	DKハイポリマー	1.5
	分 散 剤	サンキャリアNa5L	3
変更配合	ベントナイト	豊順浅間印300メッシュ	1.5
	CMC	DKハイポリマー	1~3
	分 散 剤	サンキャリアNa5L	1.5~4

分をほぼ完全に除去したが、74 μ 以下の微粒子の影響で、粘性の上昇をコントロールすることができなかった。これに対しては、安定液を繰返しスーパーデカンタに通し、スクリュードカンタの運転時間を増すことによって微粒子の捕捉を促進するとともに、新液で希釈し粘性の上昇を抑制した。

スーパーデカンタの採用により安定液の転用率を上げ作液量の削減を目論んでいたが、変更配合の安定液により希釈を終始行う必要があったため、作液量は掘削量の約90%となり、作液量の削減はならなかった。

4.2 鉄筋かご製作・建込み

当工事においては壁間継手として仕切板方式を採用しているが、仕切板の工場製作の平易化を目指して、ウェブプレートの板厚を従来の9mmから12mmに変更し、補剛材であるほぞアングルを省略した。

鉄筋かごの補強フレームは、横フレームを深度方向に2.4~3mピッチに、また、縦フレームを後行エレメントに4列/エレメント配置した。補強フレームの材料はスライムの滞留低減を図るため、縦フレームの主材に山形鋼を使用した以外は平鋼と丸棒を使用した。

止水性向上のために、連壁背面からの漏水の水途（みずみち）となる可能性が高いスターラップには止水ゴムを取付け漏水の防止を図った。

鉄筋かごは、組立架台上で全長を組立てた後、20m程度の5節に分割し仮置架台へ移動した。

建込みには、主クレーンに450t吊りクローラクレーン、また補助に150t吊りクローラクレーンを使用し、先行エレメントはほぼ2昼夜、後行エレメントはほぼ1昼夜を要した。

4.3 根固めモルタル・コンクリート打設

鉄筋かご建込み完了後、鉄筋かごの中央部に取付けた5インチ管を用いて根固めモルタルを圧送した。

根固めモルタルはスランプフロー値が70~85cmの水中不分離性モルタルとし、実掘削深度から必要モルタル量を算出し連続して圧送した。

コンクリートは、設計上配合が途中（GL-65.3m）

表-3 コンクリートの配合

設計基準強度 [N/mm ²]	G _{max} [mm]	スランプ・ス ランプフロー [cm]	空気量 [%]	W/C [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]				混和剤 [%]
						W	C	S	G	
51	25	60±5.0	4.5±1.0	35.6	48.7	160	450	819	900	2.1
30	25	22±1.5	2.0±1.0	46.3	48.2	185	400	829	920	0.9



写真-3 450t吊りクローラクレーンによる鉄筋かごの建込み

で止水壁部用 ($f_{ck}=30\text{N/mm}^2$) から山留め壁用 ($f_{ck}=51\text{N/mm}^2$) に切替わるが、施工ではトレミー管の貫入長を考慮して、5m下のGL-70.3mから切替えた。

アジテータ車からの荷卸しは、トレミー管内の閉塞を防止するため、過去の施工例を参考に3分以内/台で行うようにした。平均打設速度を先行エレメントで5m/時、後行エレメントで5.5m/時とした結果、打設時間は18~20時間/エレメントとなった。

打設天端高さはGL-0.8mであり、50cmの余盛り分を強力パキューム車で除去した後、不足分を気中打ちし、表面仕上げとグリーンカットを行った。

4.4 廃液および余剰安定液処理

常滑層泥岩の微粒子の混入により、管理基準値を外れた廃液と余剰安定液の総量は約30,000m³となった。当工事では、掘削開始1ヵ月後から場内に処理プラントを設置し、高分子凝集剤およびPACを用いて半年間凝集脱水処理を行った。分離水は、放流基準を満足するようSS, COD, pHを調整した。

5. まとめ

当工事は、従来の100m級連壁の課題に加えて、常滑層泥岩の影響を受けるという安定液管理が大きな課題となった。当初想定した仮設備の組合わせは、この課題に対しては十分なものとはいえなかったが、その中で対応して工期を遅延させることなく、その後の内部掘削に移行できたのは各関係者のご支援のたまものである。ここで深く謝意を表する。

当地下タンクは、平成11年4月に土木工事を終え、本格的に機械工事を開始し、平成13年3月には完成の予定であることを最後に記しておく。

東京電力富津火力発電所 LNG地下式貯槽建設工事

上原 義和* 金岡 稔**

1. はじめに

東京電力㈱富津火力発電所は、昭和60年より運転を開始した液化天然ガス（LNG）専焼の総出力200万kWの発電所で、LNGバース1基とLNG地下式貯槽8基を有し、千葉県内の発電所への燃料供給基地としても重要な役割を担っている。

東京電力では、漸増する電力需要に対応するため、平成10年5月より、発電所3・4号系列およびLNG関連設備の増設工事を進めている。増設計画の概要を表-1に、完成後の構内配置を図-1に示す。

LNG地下式貯槽については、現在10・11号の2基を構築している。本稿では、すでに工事を終えた連続地中壁（以下、連壁という）の設計および施工の概要について報告する。

2. LNG地下式貯槽の概要

2.1 構造概要

10号貯槽の標準断面図を図-2に示す。本貯槽は、容量125,000kl（内径69m、液深33.5m）のLNGを貯える円筒状の地下構造物で、鉄筋コンクリート製の連壁・側壁・底版、鋼製ドーム屋根、メンブレン、保冷材、および周辺地盤の凍結を防止するための側部・底部ヒーターより構成される。

2.2 構築手順

本貯槽の構築手順を図-3に示す。円筒形の連壁を施工し、これを山留め・止水壁として内部を最終床付けまで掘削する。次に底版、側壁を順巻き工法で順次構築し、貯槽周辺部の盛土を行う。その後、鋼製ドーム屋根を側

壁頂部に固定する。躯体工事完了後に、底版および側壁の内表面に保冷材とメンブレンを設置し完成する。

富津火力発電所の既設1～8号貯槽では、連壁工事費を低減するため、現地盤から約10m盤下げした地盤を施工基盤としていた。10・11号貯槽は、施工スペースが狭隘のため盤下げせずに、連壁を現地盤から施工することとした。このため、コンクリート強度を従来の31N/mm²から51N/mm²に高強度化し、壁厚を計画時の1.4mから1.1mに薄型化して連壁工事費の低減を図った。

2.3 地盤概要

10・11号貯槽周辺の地質断面を図-4に示す。当該地点の地質は、上位より埋立層（F層）、沖積層（A層）、洪積層（D層）から構成されている。F層は、昭和50年代半ばに発電所用地として埋立てられた厚さ10m程度の砂主体の地層であり、N値は5～20程度である。

F層の下部は、厚さ約2mのAs₁層（N値10～20）を挟み堅固なD層が続く。貯槽本体はこのうちDs₂層に直接

表-1 富津火力発電所3・4号系列増設計画概要

項目	概要
発電設備	総出力304万kW 3号系列：38万kW（ACC）×4軸 4号系列：50.7万kW（MACC）×3軸
LNGバース	13.5万kl級×1基、ドルフィン式
LNG貯槽	地下式貯槽 12.5万kl×4基

*ACC：アドバンスド・コンバインド・サイクル発電方式。
MACC：モースト・アドバンスド・コンバインド・サイクル発電方式。

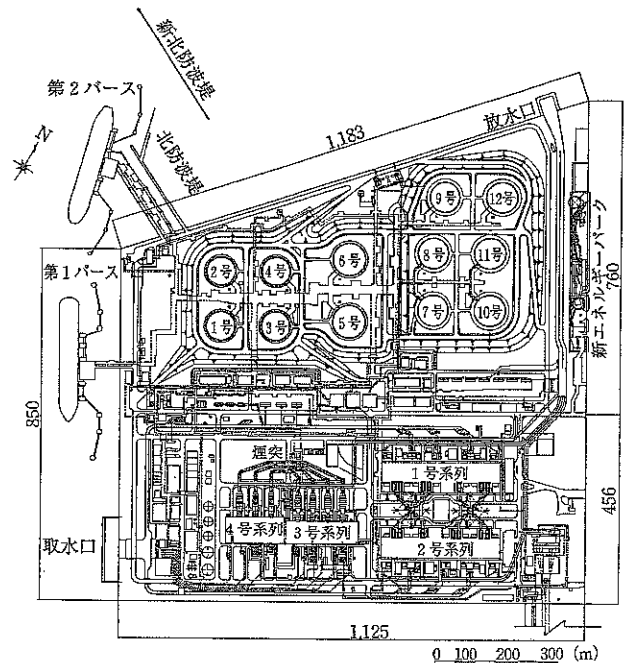


図-1 完成後の構内配置図

*UEHARA Yoshikazu 東京電力㈱ 富津火力建設所 燃料土木グループ マネージャー 富津市新富25番地
**KANAOKA Minoru 鹿島・清水JV 東電富津地下タンク工事事務所 所長 富津市新富33-7

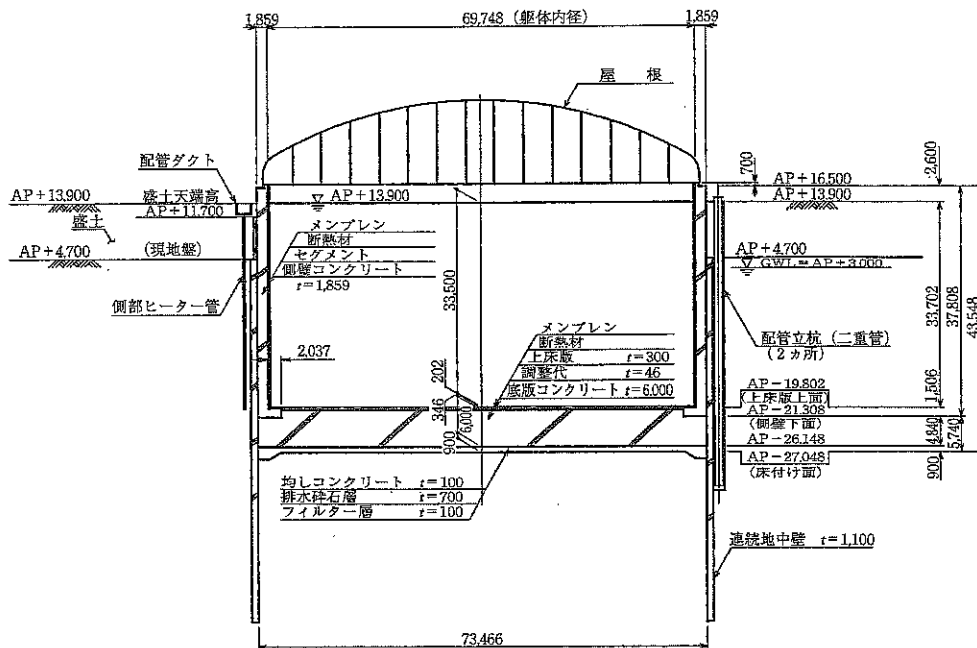


図-2 10号地下式貯槽標準断面図

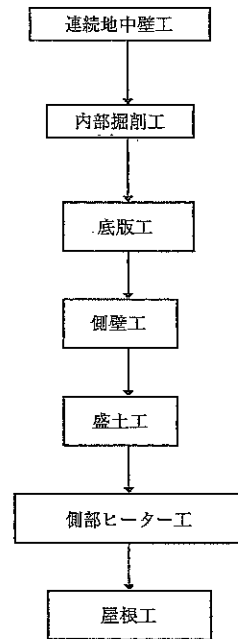


図-3 構築手順図

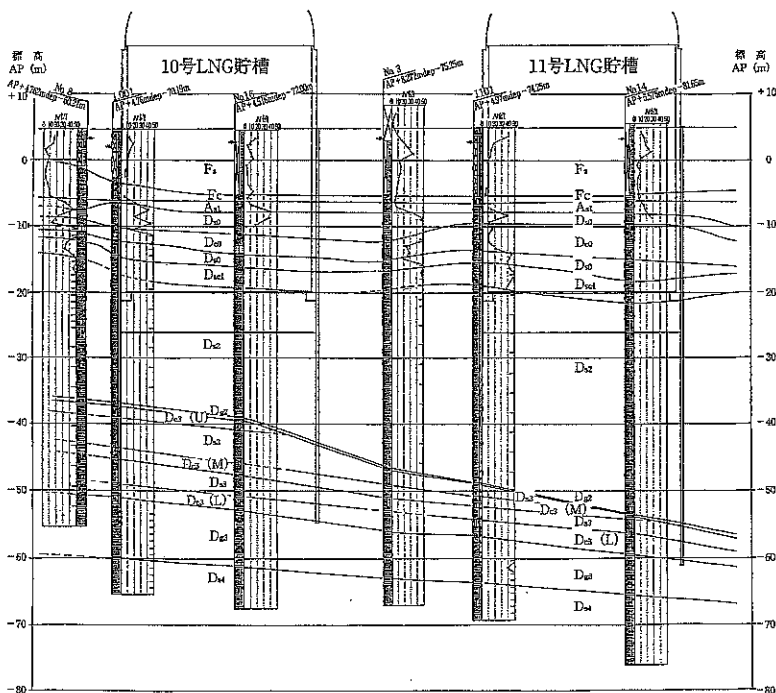


図-4 地質断面図

地質層序

地質時代	埋土層	上質区分		土質名
		区分	記号	
現世	埋土層	F	F _s 層	貝殻、礫混り細砂、細砂
			F _c 層	シルト、砂質シルト
新世	沖積層	A	A _{s1} 層	礫混り細砂、細砂
			A _{s2} 層	細砂
			A _{c1} 層	砂質シルト
第四紀	洪積層以上	D ₀	D _{s0} 層	細砂、礫混り細砂
			D _{c0} 層	凝灰質シルト、軽石質シルト
		D ₁	D _{s1} 層	シルト、シルト質細砂、細砂
			D _{c1} 層	シルト、シルト質細砂、細砂
	D ₂	D _{s2} 層	細砂、微細砂、シルト混り細砂	
		D _{c2} 層	砂礫	
	地蔵堂層	D ₃	D _{s3} 層	細砂
			D _{c3} 層	シルト、砂質シルト
			D _{s4} 層	浮石、浮石混り砂
			D _{c4} 層	細砂

支持させている。また連壁は、AP-50~60m付近に連続して存在する難透水層 (D_{c3}層) に根入れをしている。

3. 連続地中壁の設計

3.1 概要

本貯槽の連壁は、施工時には山留め・止水壁として機能し、完成時には側壁と約25,000本のジベル筋で連結され、地下水による揚圧力や地震荷重等に対して側壁と一体となって抵抗できる構造となっている。したがって、

施工中の山留め壁としての検討だけでなく、完成後についてもその耐荷性能について検討を行っている。

なお、連壁エレメント相互の継手構造は、コンクリートカッティング方式の直継手を採用し、施工時および完成後の検討において、その影響を考慮し安全性を確認している。

3.2 施工時の検討

連壁の施工時の検討としては、掘削中および最終掘削後について検討を行った。

施工時において考慮した荷重組合わせケースは、表-2のとおりである。掘削時の検討は、掘削を6ステップに分け、各掘削ステップに応じた土水圧を用いて躯体の設計を実施した。また、通常時および地震時の検討では、最終掘削時の土水圧を用いて設計を実施した。

座屈の検討は、最も厳しい状態である最終掘削時の円周方向に着目し、線形固有値解析をもとに、「IASS（国際シェル・立体構造学会）鉄筋コンクリートシェルの座屈指針（案）」に従って実施した。

検討の結果、常時および地震時の座屈安全率はIASS指針（案）で推奨する必要安全率を満足し、座屈に対しての安全性を確保できることが確認された。

3.3 完成後の検討

貯槽完成後の検討においては、ジベル筋をせん断パネとして連壁と側壁を接合させた2重円筒シェルモデルによるFEM解析を行い、連壁と側壁の一体効果を考慮した設計を実施した。完成後の検討における荷重組合わせケースは表-3に示すとおりである。

4. 連続地中壁の施工

4.1 掘削工

4.1.1 掘削機

掘削は、コンクリートカッティングが可能で、地山掘削で急速施工の実績のあるパワー社製の水平多軸掘削機BC-30K（写真-1）を1台使用した。表-4に掘削機の仕様を示す。ベースマシンについては、移動性を考慮して150t吊り級クローラークレーンとした。

4.1.2 エレメントおよびガット割

エレメントの割付は、掘削機の掘削幅（2.8m）および溝壁の安定を考慮して、先行・後行各22エレメントの合計44エレメントとした。先行エレメントは3ガット掘削で、コンクリート打設までの開放長が約8mとなる。後行エレメントは1ガット掘削で、先行エレメントコンクリートの切削代は約14cmとした。図-5にエレメント割付図を示す。

4.2 鉄筋籠工

4.2.1 製作

1エレメント当り全長59.5mの鉄筋籠を5節に分割して、場内の鉄筋籠製作ヤードで組立てた。なお、製作精度確保のため、製作架台は1エレメント分5節を一直線上に配置した。本連壁は、完成後においてもその耐力を期待するため、鉄筋の補強フレームへの結束は番線結束とし、スターラップの端部は両端とも鋭角フックとした。

4.2.2 建込み

鉄筋籠の建込みは、250tクローラークレーンを使用した。各節の接合は縦フレームをハイテンションボルトにより摩擦接合し、縦筋の継手は重ね継手とした。建込み状況を写真-2に示す。

4.3 コンクリート工

4.3.1 コンクリートの配合

使用したコンクリートの仕様、および配合を表-

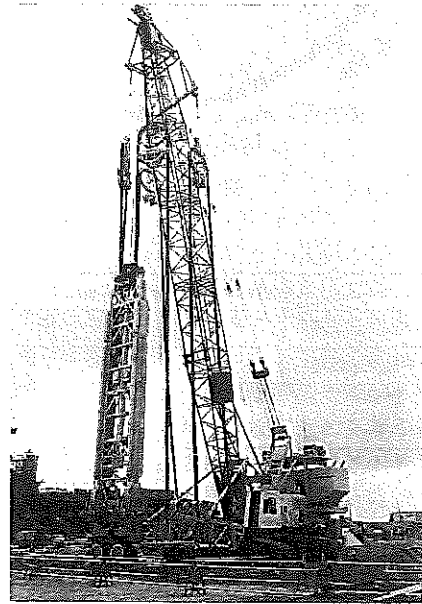


写真-1 パワー掘削機BC-30K

表-2 連壁の施工時荷重組合せ一覧表

荷重組合せ	掘削時		通常時		地震時	
	温度なし	温度あり	冬期	夏期	冬期	夏期
連壁自重	○	○	○	○	○	○
上載圧	○	○	○	○	○	○
土水圧、偏土圧	○	○	○	○	○	○
既設貯槽盛土偏土圧	○	○	○	○	○	○
施工誤差	○	○	○	○	○	○
温度荷重			○	○	○	○
躯体慣性力					○	○
地震時増分土圧					○	○

表-3 連壁の完成後荷重組合せ一覧表

荷重組合せ	通常時				地震時	
	温度なし		温度あり		空液	満液
連壁自重	○	○	○	○	○	○
側壁自重	○	○	○	○	○	○
屋根荷重	○	○	○	○	○	○
土水圧、偏土圧	○	○	○	○	○	○
既設貯槽盛土偏土圧	○	○	○	○	○	○
施工誤差	○	○	○	○	○	○
液圧、ガス圧		○		○		○
温度荷重			○	○	○	○
躯体慣性力					○	○
地震時増分土圧					○	○
貯蔵液の動液圧					○	○

表-4 BC-30K仕様

掘削深さ(m)	120
掘削壁幅(mm)	2800
掘削壁厚(mm)	640~2800
カッター重量(t)	26~40
カッタートルク(tf·m)	2×8.1
ベースマシン	クレーン 150t
油圧システム(kW)	パワーバック 430
ホース・ケーブルシステム	ホイールサスペンション (4ホイール)
掘削機寸法 高×幅×奥行(m)	39.9×6.0×18.0

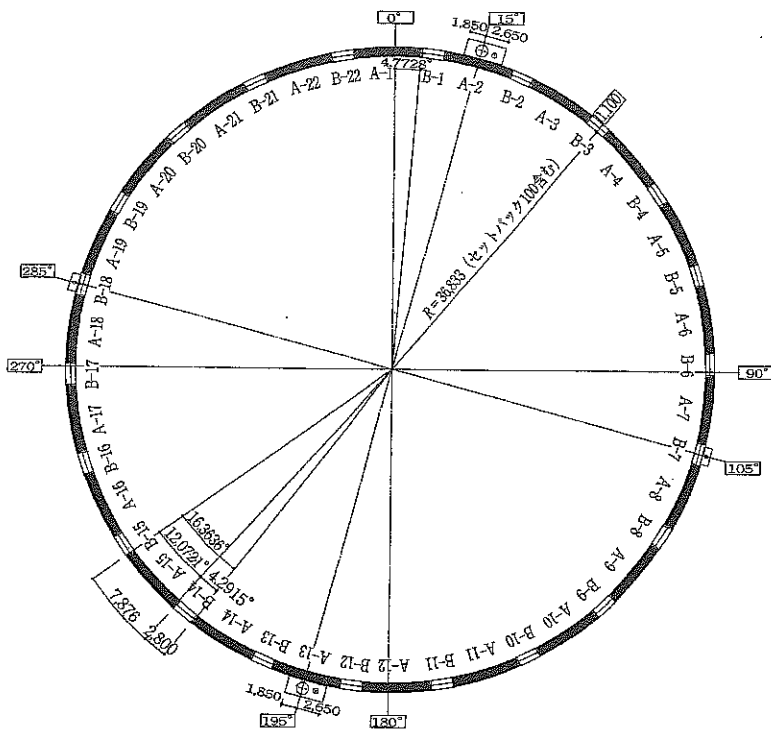


図-5 エレメント割付図

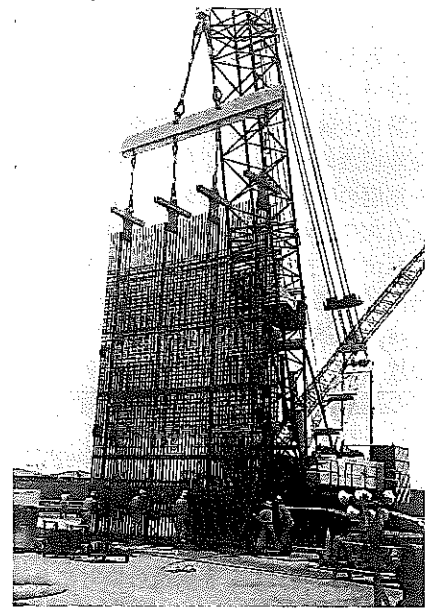


写真-2 先行エレメント鉄筋籠の建込み

表-5 連壁コンクリートの仕様

	設計基準強度 σ_{s1} (N/mm ²)	最大粗骨材 (mm)	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)
AP-48.5m以浅	51	20	—	60±7.5	4.5±1.5
AP-48.5m以深	31	20	21±1.5	(40±5)	4.5±1.5

表-6 連壁コンクリートの配合

	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				混 和 剤 (c×%)	増 粘 剤 (kg/m ³)	セメントの種類	混 和 剤の種類
			水	セメント	細骨材	粗骨材				
AP-48.5m以浅	35.4~36.0	46.5~46.7	170	472~480	767~776	919~921	1.5~1.7	0.085	低熱ポルトランド	高性能AE減水剤
AP-48.5m以深	50.5~51.3	43.9~46.9	182~185	360~361	746~790	934~988	1.0	—	高炉B種	AE減水剤

5, 6に示す。山留め壁部のコンクリートは、高い充填性と分離抵抗性を確保するため、増粘剤併用型の高流動コンクリート(スランプフロー60cm)とし、高強度化に伴う温度ひび割れ抑制のため、低熱ポルトランドセメントを使用した。

4.3.2 コンクリートの打設

コンクリートの打設は、トレミー管(φ250mm)を用いて行った。トレミー管の配置は、稜側から1m以内、トレミー管間隔を3m以内とし、先行エレメントは3本、後行エレメントは2本とした。なお、コンクリート打設速度は、先行・後行とも8m/hとした。

5. おわりに

10・11号LNG地下式貯槽工事は、これまでに連壁工事、内部掘削工を終え、10号貯槽は平成11年10月末に底版コンクリート打設を完了した。また、11号貯槽は平成12年1月末のコンクリート打設に向けて底版鉄筋の組立中であり、10月末現在の土木工事の全体進捗率は約52%である。今後は側壁を順次構築し、10号は平成12年9月に、11号は12月に機械工事に引渡す予定であるが、平成14年7月の無事故・無災害での竣工に向け、引続き安全・品質管理に努め工事を進めていきたい。



報 文 (仮称)山王共同ビルの山留め地中連続壁の施工

富田 真一* 加藤 博巳** 岡口 澄夫*** 児島 統一****

1. はじめに

永田町二丁目地区は、国際都市東京の中心部に位置し、国政レベルの中核機能が集中した地区である。この永田町二丁目地区再開発地区計画のうちA地区に建設され、土地の高度利用を担っているのが(仮称)山王共同ビルである。

当連壁工事の特徴は、①施工規模が非常に大きい、②地下駐車場入口に当る部分が半円形形状となっている、③用地の周囲および用地内に地下鉄(営業中3線、建設中1線)が通っている、④地盤条件等によりエレメントごとの設計深度がさまざまである、⑤周辺に首相官邸、国会議事堂、日技神社、ホテルなどがあり人通りが多いなどである。

2. 工事概要

2.1 工事数量

地中連続壁の平面形状およびエレメント割付を図-1に示す。

当連壁は設計深度が37.2m~40.2mの低層棟部29エレメントと、同じく47.7m~72.7mの高層棟部88エレメントに分けることができる。主要工事数量を表-1に示す。

2.2 地盤概要

当工事の施工現場は旧江戸城外濠の溜池地区にあり、標高はTP+7~10mである。表層の5~7mは埋土および腐植土層で、続くGL-15m付近までがN値0~3程度の軟弱シルト層である。それ以深はおおむねN値50以上の細砂層である。

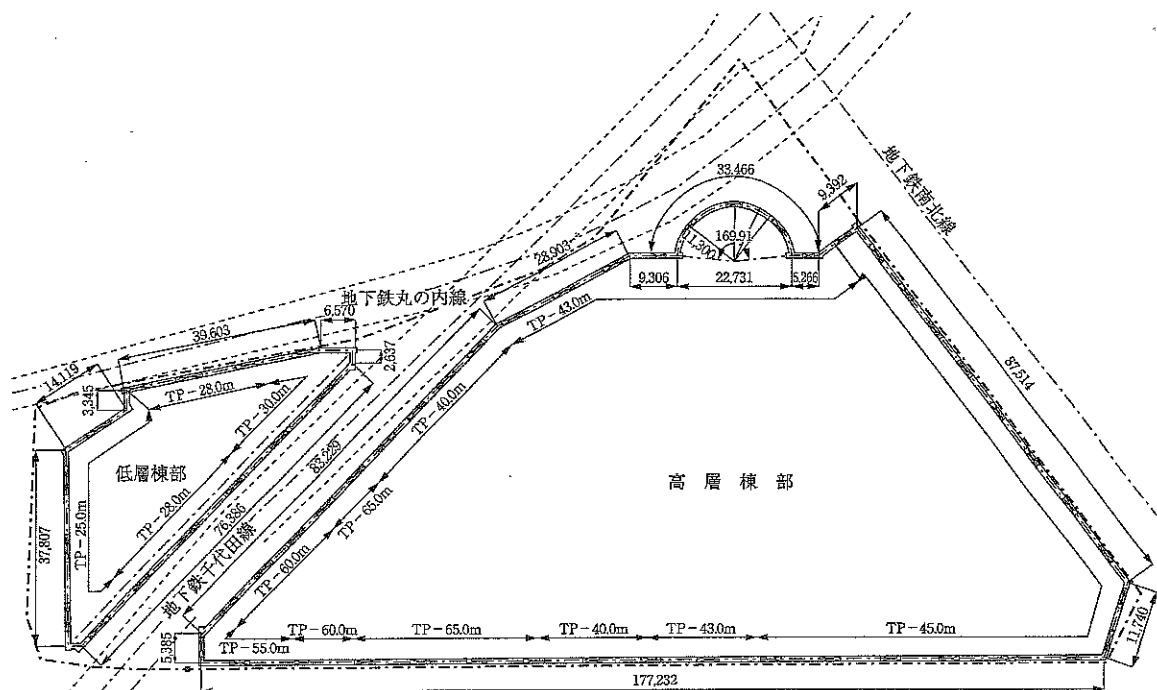


図-1 連壁平面

* TOMITA Shin-ichi	清水建設(株)	東京支店	山王共同ビル建設所	所長	東京都千代田区永田町2-11
** KATŌ Hiromi	同上	同上	同上	副所長	同上
*** OKAGUCHI Sumio	同上	同上	同上	現業長	同上
**** KOJIMA Tōichi	同上	土木東京支店	基礎工事部	工事長	市川市塩浜3-17-4

表-1 地中連続壁の主要工事数量一覧表

項目	低層棟		高層棟		合計
	SSS-B (ロックンガバ)	SSS-B (仕切板)	SSS-A (仕切板)	小計	
壁厚[mm]	1,000				
深度[GL-m]	32.7~40.2	47.7~72.2	50.7		
壁芯延長[m]	183.095	412.188	42.747	454.935	638.030
エレメント数	29	79	9	88	117
うち先行	14	39	5	44	58
後行	14	40	4	44	58
片押し	1	0	0	0	1
施工面積[m ²]	6,532.9	23,136.4	2,215.8	25,852.2	31,885.1
掘削土量[m ³]	6,325.0	22,600.3	2,126.0	24,726.3	31,051.3
コンクリート量[m ³]	5,907.8	21,875.3	2,111.5	23,986.8	29,894.6
泥水固化面積[m ²]	667.9	1,189.7	32.4	1,221.1	1,890.0

溝壁安定検討の結果より溝壁防護工は不要となったが、地下鉄近接部や隅角部など崩落の恐れがある箇所については、SMWによる溝壁防護工を施した。また、地下鉄千代田線および南北線近接部については、近接防護、逸液防止のため薬液注入を施工した。

2.3 掘削、スライム処理工

当工事では、比較的掘削深度の浅い低層棟部には電動油圧バケット式掘削機MEHを2台、また、最深72.7mになる高層棟部には、水平多軸回転掘削機EMX150およびBC-30を各1台使用した。

低層棟部のうち北側は地盤高が2.5m高く、まず北側の8エレメントを先行して施工し、その連壁を土留め壁として南側の施工基面を整備して施工することとした。したがって、隅角部では既施工の先行エレメント面に、南側の後行エレメントが突き当たる格好になった。

この部分では、掘削機に切削金具を取付け、先行エレメント側の土砂を除去した後、ブラシ洗浄および高圧水ジェット洗浄を行い一体化を図り、連壁施工後にコラムジェットにより止水性能を確保した。

高層棟部のうち北西側の千代田線沿いでは、バックホーによる先行掘削中に鋼製の有孔管(薬液注入用か?)の存在が確認されたため、GL-10m程度までをMEHで掘削し、それ以深をEMX機で掘削した。

また、南東側は星ガ岡ビル撤去跡での施工となったが、地下躯体をロックオーガーで解体撤去しているため、鉄筋クズ等が残っていることが懸念された。そこで、地下躯体撤去跡もMEH機で上部を掘削し、それ以深をBC機で掘削した。

連壁の施工場所が工事用地の最外周部にあるため、掘削中に掘削機本体やワイヤーロープから安定液が飛散し、仮囲い外側の歩行者や車両を汚損する恐れがあった。当工事では4台すべての掘削機に飛散防止ネットあるいはシート、風管を取付けて飛散防止を図るとともに、掘削機設置位置前面の仮囲い(高さ3m)の上部に、さらに飛散防止シートを張り万全を期した。

表-2 安定液の基本配合

材料	仕様・名称	配合[kg/m ³]
ベントナイト	豊順浅間印300メッシュ	60
CMC	DKハイポリマー	1.5
分散剤	サンキャリアNa5L	3
逸液防止材	TNファイバー	5

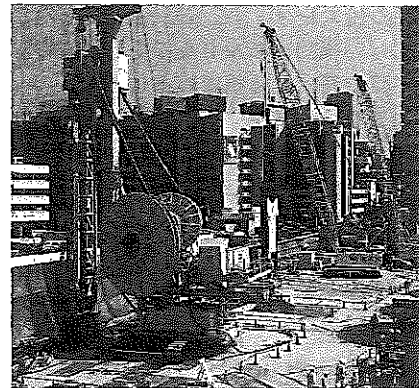


写真-1 施工機械



写真-2 施工状況

2.4 安定液工

安定液の配合は、表-2に示すようにベントナイトを主体とし、耐セメント性能が優れた分散剤により転用率の向上を図った。

安定液プラントはすべて地上式とし、鋼製角型水槽、円形水槽を使用した。土砂分離装置としてネンドマスターで1次処理、スーパーデカンタで2次処理することにより、常時砂分1%未満の良液を補給できるシステムとなり、従来よりプラントの面積が縮小できた。

安定液性能管理とスーパーデカンタの採用等も寄与して、総安定液量は16,850m³となり、掘削土量の54%程度となった。

2.5 鉄筋工

掘削機4台が昼夜施工で掘削するスピードに合わせて鉄筋かごを組立てるため、場内に3面の架台を設置し、施工の進捗に合わせて、うち2面を移設した。

鉄筋かご組立に当っては、溶接見本の展示、溶接工全員の技量確認を行うなどにより溶接品質の確保を図った。鋼材を含めて2,869tの鉄筋かごを142日で組立てるこ

とができたため、1日当りの施工量は約20tとなった。

3～7節に分割した鉄筋かごの建込みには、200tまたは100t吊りクレーンを主クレーンとして使用した。全117エレメントを112日にわたって建込んだが、場内の重機配置を細かく調整することにより、1日に3エレメントの建込みを行った日もあった。

高層棟部の先行エレメントのうち、設計深度がGL-62.7m以深の12エレメントとSSS-A工法部の5エレメントについては、根固めモルタルにより根固めし、他の27エレメントは碎石による根固めとした。

2.6 コンクリート工

コンクリートは設計基準強度 300kgf/cm^2 （管理材令56日）、スランブ20cm、空気量4.5%、高炉セメントB種使

用とした。出荷プラントは7工場としたが、夏季においては運搬時間が60分以上になる3工場は除外した。

コンクリートの荷卸しでは、充填性向上、トレミー閉塞防止のため、1台分 5m^3 を3分以内で行うことを目標とした。

平均打設速度は、先行エレメントは仕切板の設計強度とA-2エレメントでの側圧測定結果から 5.0m/時 または 7.5m/時 以下、後行エレメントは 7.5m/時 とした。

2.7 泥水固化工

高層棟と低層棟の連絡部（千代田線両側）、および地下鉄南北線溜池山王駅連絡通路開口部は、地上からGL-8.4～11.6mの間をH形鋼柱列杭とした目標強度 5kgf/cm^2 の泥水固化壁とした。

泥水固化は、固化剤として1：1モルタルを用い、これを安定液中に投入しながらエアブローにより攪拌、均質化する原位置固化工法とした。低層棟の先行エレメントについては、ロッキングパイプ引抜きのため、モルタル投入前に固化助剤として炭酸塩を投入し、早期強度発現を図った。また、モルタル投入量は、安定液中のベントナイト濃度を勘案し決定した。

地上付近から採取した試験体の4週強度は、ばらつきはあるものの平均 8.5kgf/cm^2 となった。

3. 半円形山留め壁の設計・施工

3.1 半円形山留め部構造概要

半円形山留め部分の概念図を図-2に示す。半円形部分以外の一般部では、B3Fのスラブまで逆打ち工法で掘削し、その後、床付面まではアイランド工法を採用し、先行して構築した躯体に鋼製切梁を設置した後、外周部を掘削する工法がとられている。しかし、半円形部分は、B3Fまでのスラブが螺旋状の斜路であることから逆打ち工法が困難であること、B3F以深の切梁は山留め壁が円弧状であり、設置が困難であることから、一般部と同じ掘削方法が採用できなかった。

そこで、この部分はB3Fスラブの支保のみで床付面まで掘削が可能となるように、半円形断面の剛性を生か

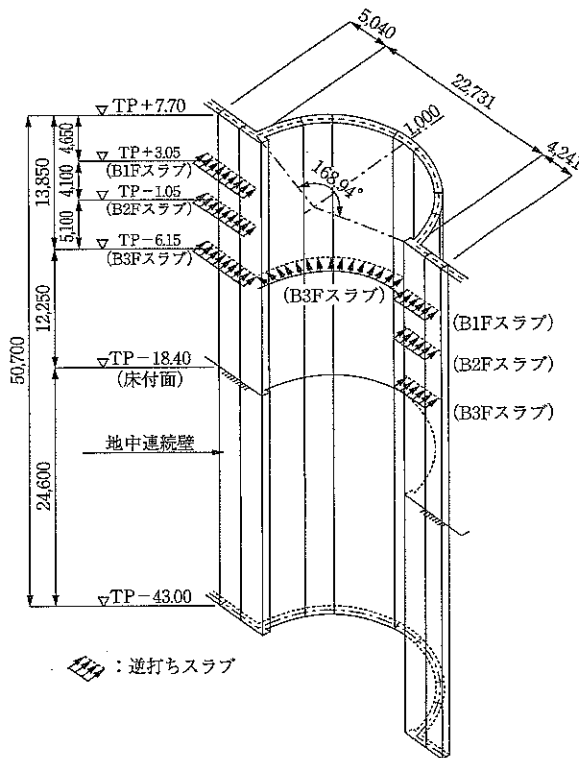


図-2 概念図

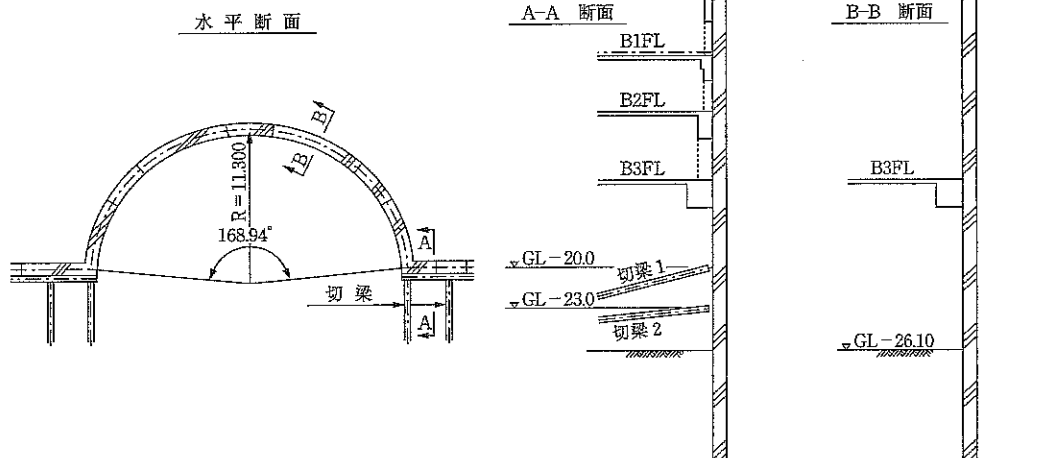


図-3 支保工配置図

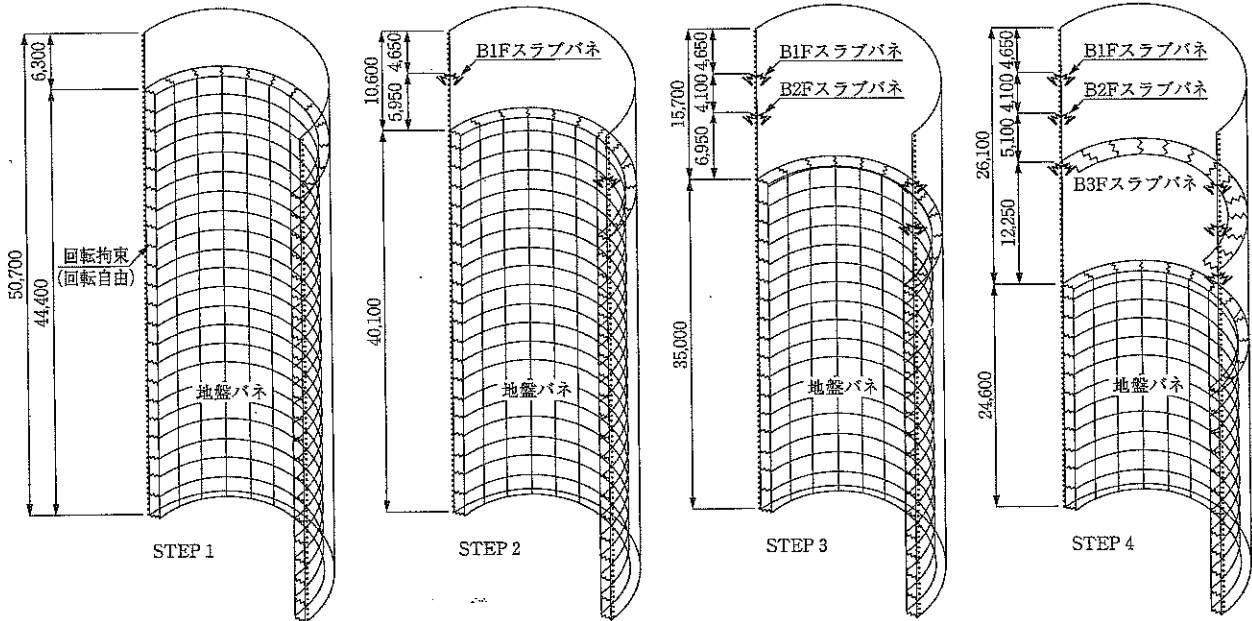


図-4 解析モデル図

した山留め壁として設計を行った。この場合、山留め壁には鉛直方向および水平方向の断面力や面内せん断力が発生するため、連壁はこれらに抵抗できる2方向版とし、エレメント間継手には剛結継手を採用した。

3.2 構造設計

掘削に伴い発生する変位・断面力の算出には、半円形に構築される山留め壁をシェル要素でモデル化した3次元弾性解析を行った。このとき、B1F~B3Fのスラブはパネ支点とし、地盤は壁面直角方向パネおよびせん断パネとして考慮した。なお、これらのパネは、施工ステップごとに付加したり削除したりした。また、半円形部分の両側に接続している直線部分の連壁の拘束効果として、モデル端部は回転拘束の場合と回転自由の場合の2ケースを検討した(図-4参照)。

各ステップの荷重は、図-5に示すとおりとした。また、各ステップごとの断面力および変位は、その前のステップの計算結果と重ね合わせて算出した。なお、当該山留め壁の背面側は、近接構造物の変位抑制のために、円弧部分の約1/2の範囲に地盤改良が施されている。この影響を考慮して背面側には偏圧を作用させた。

3.3 半円形部の施工

掘削は、MEH機により行った。多角形状に掘削した後、ガット間に掘削機をおろしリーミングを行い円弧状に整形した。

鉄筋かごは、円弧状の架台を設置し、それを定規に製

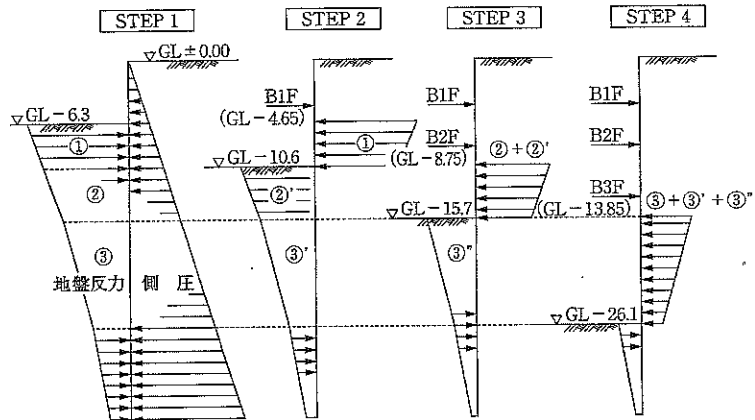


図-5 荷重図

作した。半円形形状の端部に隣接するエレメント間の継手部は、内部掘削時に土水圧により変形し、止水性能が損なわれる恐れがあるため、先行エレメントの止水板にセメント分と反応する止水ゴムを装着した。

コンクリート打設は他のエレメントと同様に行った。

4. おわりに

当工事は、最大深度72.7m、壁芯延長約638mに及ぶ大工事を都心部で施工するものであり、用地の制限、地下鉄との近接、周囲の環境など多くの問題点を有していた。この状況の中で、関係者が一体となり取組んだ結果、所定の品質と工期を確保して後工程に引渡すことができた。この結果は、今後の市街地における同種工事の施工の参考になるものと考えられる。

報 文 低空頭掘削機を適用した路下泥土モルタル壁の施工

櫻井 裕一* 大西 亮** 増田 浩二***

1. はじめに

首都高速道路中央環状新宿線は、東京都目黒区青葉台四丁目を起点に、板橋区熊野町を終点とする延長約11kmの自動車専用道路であり、環状6号線（山手通り）の下に、その全線のほとんどが地下構造で計画されている。

このうち要町付近は、道路トンネルおよび上部に道路トンネルを併設する換気所を、開削工法により施工する計画となっている。道路トンネル部と換気所部については、床付け深さがそれぞれ29.0m、52.5mと違うことから、道路トンネル部と換気所部横断境に仕切り壁として地中連続壁（泥土モルタル壁）を施工した。本報文は、この泥土モルタル壁のうち、空頭制限を受ける路下において低空頭掘削機を用いて施工した事例を報告する。

2. 土質概要

仕切り壁施工箇所の地層構成は、施工基盤であるGL-13.5mから18.9mまでは礫径φ10~30mmを主体とした東京礫層、GL-34.9mまでは細砂を不規則に混入している粘土層（N値15~40）、さらにGL-60.8mまでは細砂を主体とした江戸川砂層（N値50以上）となっている。

また、路下泥土モルタル壁の施工基盤がGL-13.5mであるのに対し、地下水位はGL-3.0mと高いことから、特に逸液層となる東京礫層における溝壁の崩壊が懸念された。

3. 路下泥土モルタル壁の施工

3.1 準備工

図-1に泥土モルタル壁の平面・縦断面図を示す。

泥土モルタル壁のうち、施工位置に東

電管φ1,400、NTT管4条4段など地下埋設物が横断する箇所については、路上から透かし掘り連壁掘削機による施工も考えられた。しかし、山手通りにおける道路の切廻しが不可能であったこと、溝壁の解放長および解放期間が長くなり、溝壁安定を確保できないことから、SMWにて一次山留めを施工した後、埋設下の空間を利用して路下施工にて構築することとした。施工基盤は低空頭掘削機の作業空間の確保、山留め支保工の設置位置

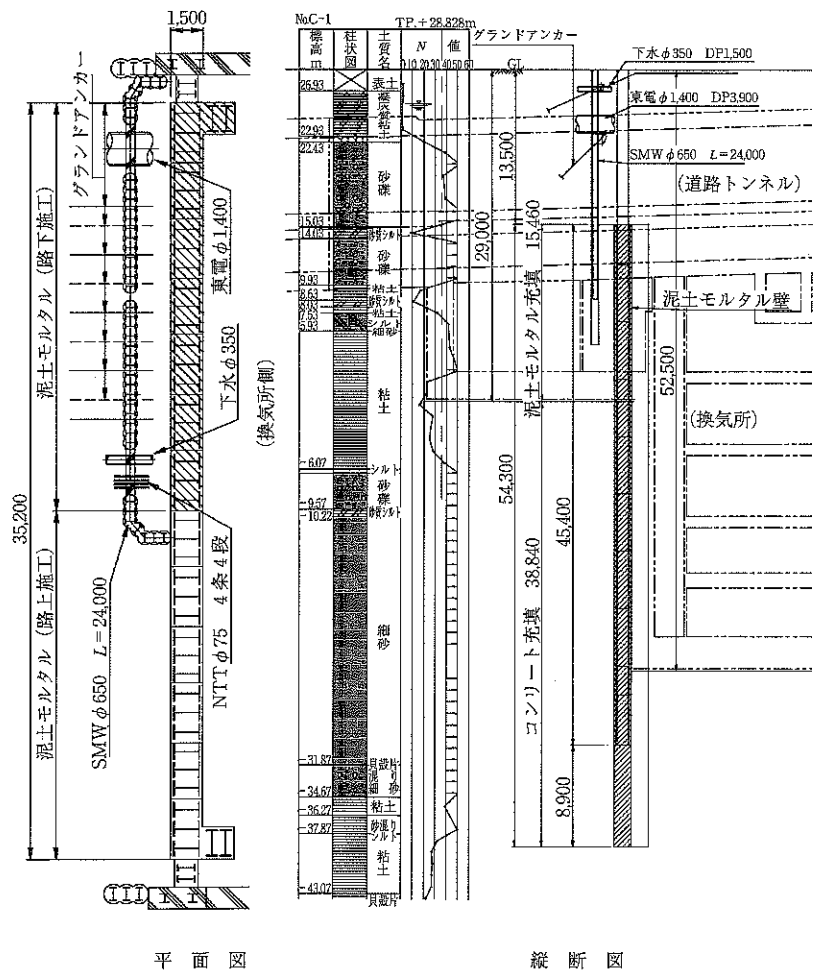


図-1 泥土モルタル壁平面・縦断面図

* SAKURAI Hirokazu 首都高速道路公団 東京建設局 建設第一部 池袋工事事務所 工事第3課長 東京都豊島区西池袋 5-13-13
 ** ONISHI Ryō 総関組 東京支店 要町作業所 副所長 東京都豊島区要町 1-11-1 センチュリービル 2F
 *** MASUDA Kōji 同上 土木事業本部 技術第一部 主任 東京都港区北青山 2-5-8

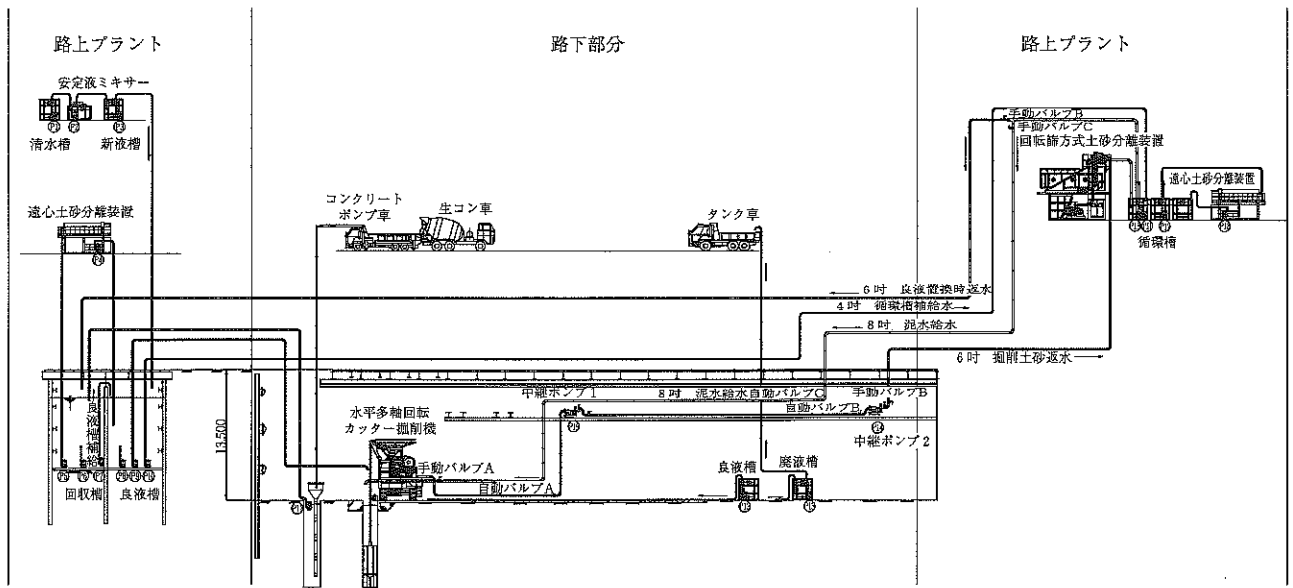


図-2 安定液プラント概要図

および江戸川砂層における最大被圧水位 (GL-18.2m) を考慮して、GL-13.5mとした。

路下における施工であるため、ガイドウォールとともに、以下に示す目的で作業床を設置した。①ストラット (捨梁) として土留め壁を支持する。②掘削機・揚重機などの走行、据付けおよび水平の確保をスムーズに行ない、掘削精度や作業能率を高める。③掘削機・揚重機などによる上載荷重を分散して地盤に伝え、溝壁の安定度を高める。④安定液の飛散による作業盤の泥寧化を防ぎ、作業の安定性と能率を高める。

3.2 安定液プラント

安定液プラントは、路下においてスペースの確保が困難であるため、路上に設置したプラントから地中および覆工下に埋設した配管を通して泥水の供給・排泥を行なった (図-2 参照)。

3.3 溝壁防護

一次土留めであるSMWが埋設物により不連続となる箇所については、SMWの背面側に薬液注入工 (二重管複相式) により地盤改良を行なった。しかし前述したように、地下水位はGL-3.0mと高く、路下泥土モルタル壁の施工基盤との水位差が10.5mあるため、溝壁の崩壊が懸念された。

このため、連壁側においても薬液注入工 (二重管複相式) による補足注入を実施した (図-3 参照)。

3.4 掘削

連壁掘削機として、空頭制限が7.0mであること、深度50mでN値50以上の砂、砂礫層の掘削が可能であるこ

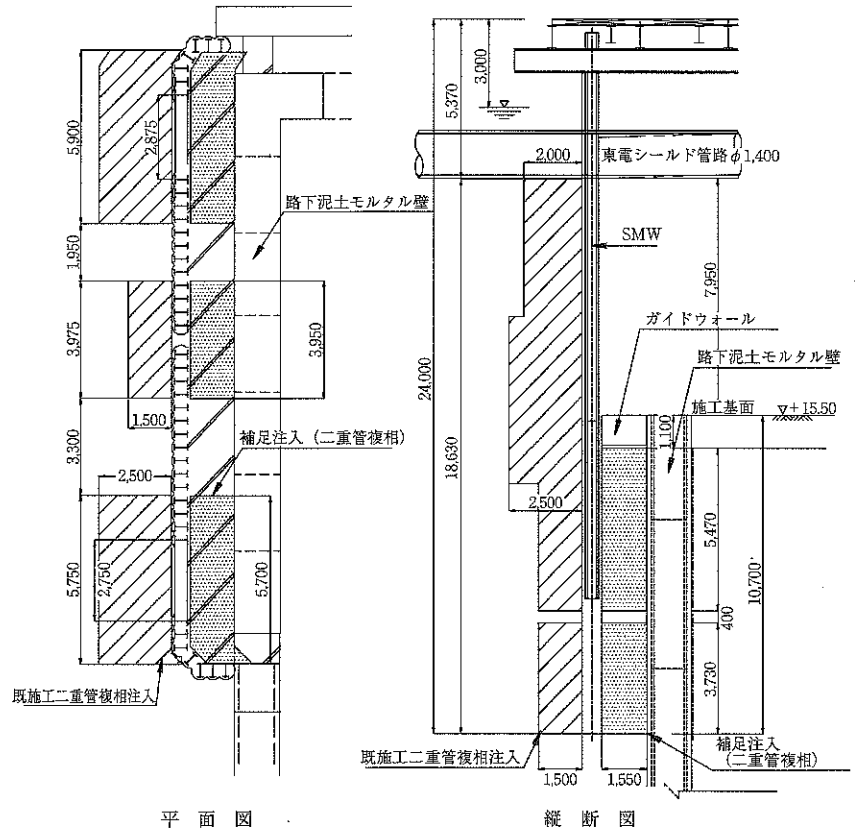


図-3 溝壁防護工

とを考慮して、低空頭水平多軸回転カッター掘削機MBC30 (写真-1 参照) を選定した。掘削機の1ガットの掘削幅は2.8mであり、先行エレメントは1ガット掘削、後行エレメントも同様に1ガット掘削とし、先行エレメントを10cmずつカッティングして施工を行なった (図-4 参照)。また、安定液については、砂層・砂礫層が約90%を占めるために、間隙水による安定液の希釈・消耗が大きいことや、掘削初期は安定液の比重は小さく、特に上部の砂層が不安定になりやすいので、ベントナイ

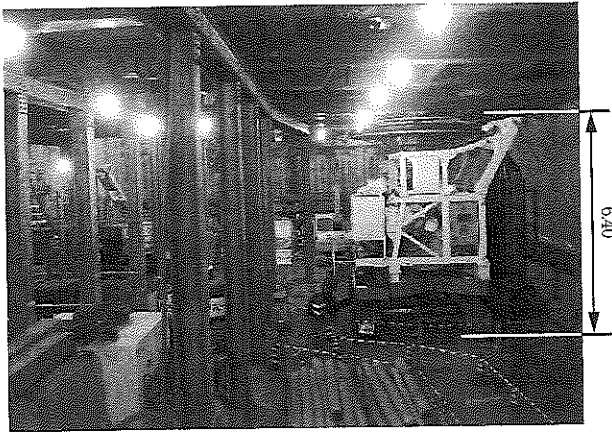


写真-1 低空頭連壁掘削機

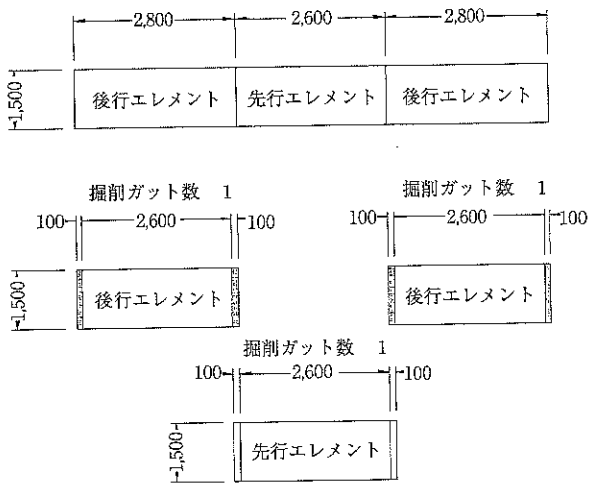


図-4 エレメント割付図

ト配合の中粘性の安定液とした。標準配合表を表-1に示す。

3.5 応力材建込み

空頭制限下において応力材 (BH-1, 200×700×14×12) の建込みを行なうため、写真-2に示すような65tクローラークレーン特殊ブームタイプを使用した。応力材の長さは最大5.0mとし、10分割してボルト接合により順次建込みを行なった。

3.6 コンクリート・泥土モルタル打込み

道路トンネル側の掘削床付けはGL-29mであり、固化材については、GL-29m以浅は掘削に伴い土留め壁を順次撤去していく必要があるため泥土モルタルとし、GL-29m以深についてはコンクリートとした。

一般的に泥土モルタルは現場において製造することが多いが、当該現場においては外部プラントより購入したものを使用した。泥土モルタルの設計基準強度は0.1N/mm²とした。標準配合を表-2に示す。施工はコンクリート、泥土モルタルともに、コンクリートミキサー車により運搬し、路上よりコンクリートポンプ車を用いて打込みを行なった。打込み速度は応力材の移動を防止するた

表-1 安定液標準配合

材 料	品 名	初期配合 (kg/m ³)	初期以後配合 (kg/m ³)
ベントナイト	300S	60	20~100
CMC	テルポリマー30同等品	2	0.5~3
PH調整剤	ソーダ灰・重曹	1	0.5~10



写真-2 応力材建込み状況

表-2 泥土モルタル標準配合

材 質		重 量
土	砂 質 土	650kg
セメント	高 炉 B 種	200kg
水	水 道 水	689kg

めに均等に立上げることに留意し、先行エレメントで5.0m/時間、後行エレメントで8.0m/時間以下とした。

コンクリートと泥土モルタルの打継ぎ箇所にはスライムが溜まり止水の弱点となりやすいため、泥土モルタル打込み前に1対3モルタルによりエアブローを行ない攪拌した。

3.7 施工管理

本工事においては路下施工であることから、溝壁の安定には特に留意し、安定液の性状、逸水量、掘削精度など通常の施工管理に加えて、溝壁の背面側圧に寄与する地下水の変動、背面側圧によるガイドウォールの水平変位を随時計測しながら施工を行なった。

4. あとがき

低空頭掘削機を用いた路下泥土モルタル壁の施工について述べた。路下における施工であることから、工種ごとに管理項目を定め、綿密な品質管理を行なった。

事前の詳細計画により、掘削、溝壁の保持、芯材の建込み、固化材の打込みなど、一連の作業が順調に進み、工程・出来形ともに所定の品質を得ることができた。

現在、換気所の建設工事は、掘削・構築を進めているところである。最後に本工事に対し、貴重なアドバイスをいただいた関係各位に深く感謝申し上げます。

報文 交通量が多い幹線道路における泥水固化壁の施工

吉村 正* 森 信雄** 田中 賢一***

1. 地下鉄13号線および新宿七丁目駅(仮称)の概要

1.1 地下鉄13号線の概要

地下鉄13号線は、池袋(新線)から渋谷に至る8.9kmの路線である。雑司ヶ谷、西早稲田、新宿七丁目、新宿三丁目、新千駄ヶ谷、明治神宮前、渋谷(いずれも仮称)の7駅が設置され、有楽町線(新線)を介して東武東上線および西武池袋線と、また渋谷においては東急東横線および横浜高速鉄道線(通称みなとみらい線)と相互直通運転を実施する予定である。

当路線は、池袋(新線)駅からグリーン大通り直下を通過して、途中環5の1道路予定地へ入り、都電荒川線鬼子母神駅直下に雑司ヶ谷駅(仮称)を設置して、以南は明治通り直下を通過して渋谷駅(仮称)へ至る(図-1)。

1.2 新宿七丁目駅(仮称)の概要

当駅は、都内でも有数の交通量を有する明治通り直下に築造する延長377m、一般部は4層2径間の開削トンネルである。平均掘削深さは37m、杭長が40.5mと非常に深く、東京礫層、上総層砂層などN値50以上であるが、地下水の非常に豊富な地層を掘削する。

13号線では急行運転を予定しており、急行列車の追越しのため2面4線の線路が必要となるが、道路幅員が22mと狭隘なためA線・B線を2層構造としており、13号線の中でも一番深く掘削する駅となっている(図-2)。

また特徴的なこととして、明治通りと大久保通りの交差点(大久保二丁目交差点)の直下においては、東京電力とう道、NTTシールドとう道、戸山幹線下水といった重要大型構造物がある関係から、開削工法で施工する。

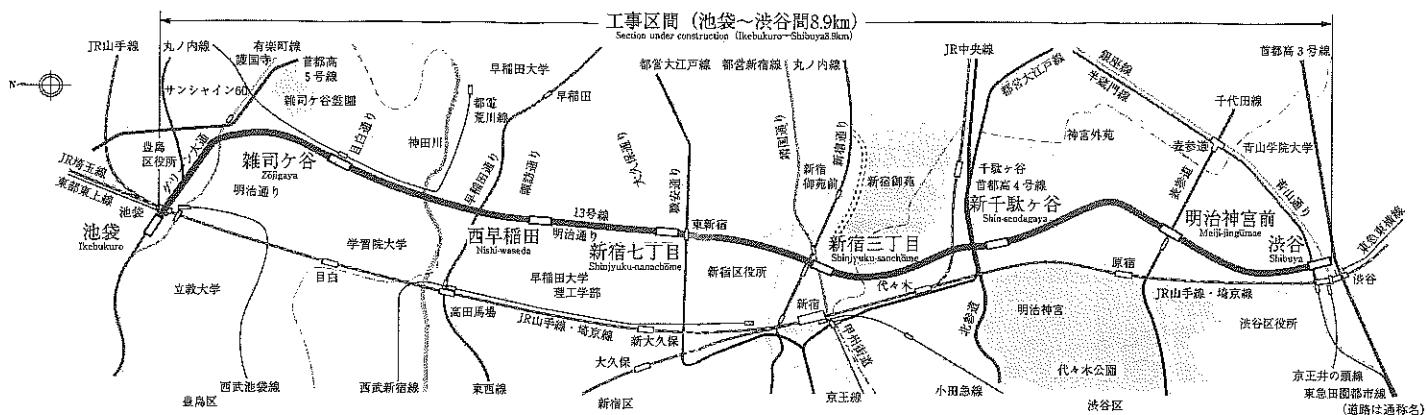


図-1 13号線概要平面図(工事区間の駅名は仮称)

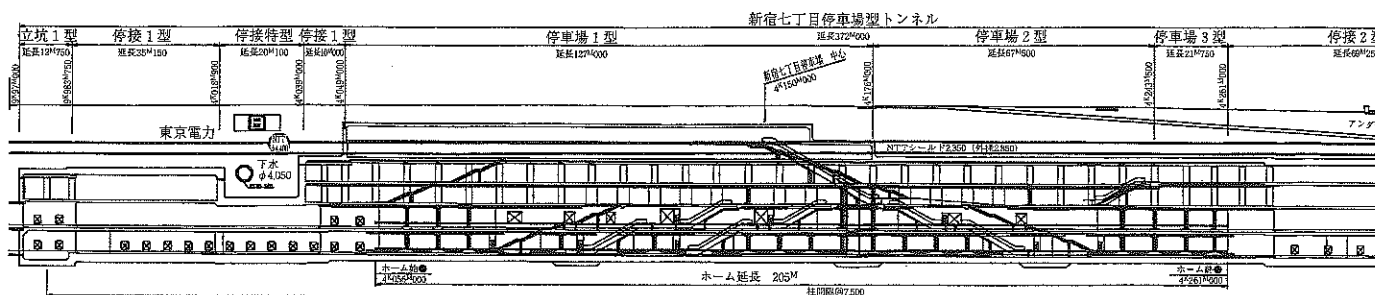


図-2① 新宿七丁目駅(仮称)縦断面図

* YOSHIMURA Tadashi 東京地下鉄(株) 建設部 早稲田工事事務所 技術課長
 ** MORI Nobuo 鴻池・青木あすなろ・白石建設工事共同企業体 新宿七丁目工事事務所 所長
 *** TANAKA Yoshikazu 大成・三井住友・西武建設工事共同企業体 メトロ13号線新宿作業所 所長
 東京都新宿区高田馬場1-1-5
 東京都新宿区大久保2-5-23 新宿ビル3F
 東京都新宿区新宿7-27-6 賀川ビル201

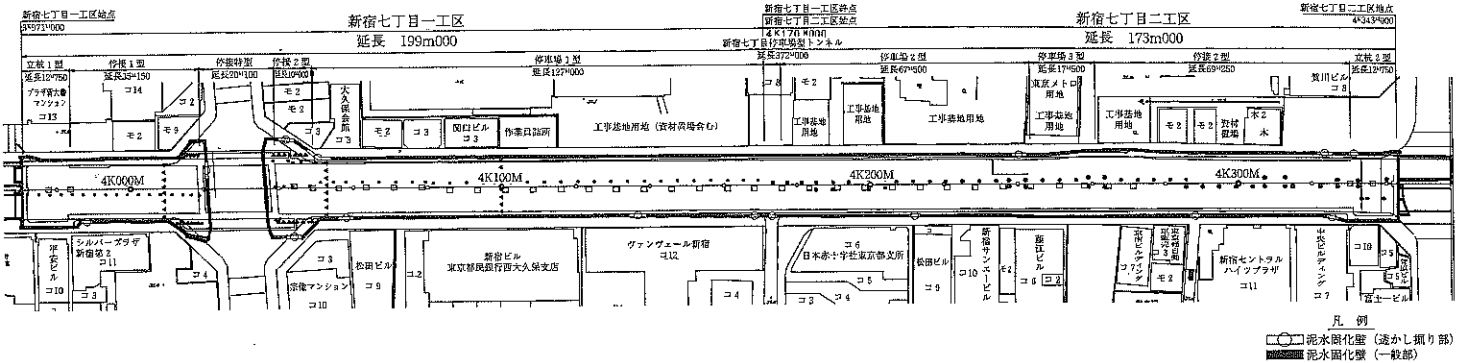


図-3 13号線新宿七丁目駅(仮称)杭打ち平面図

ことが非常に困難である。そのため、大久保二丁目交差点直下の延長約20mの区間においては、パイプルーフ工法にて施工する。当該区間のパイプルーフ上の土被りは約20mであり、上載荷重が桁違いに大きく、非常に難易度の高い工事を行うこととなる。

今回報告する泥水固化壁は側杭部分に採用しており、地先への埋設管等の下部は、後述する「透かし掘り工法」を採用して、連続壁の不連続部分ができないように施工を行った(図-3)。

2. 泥水固化壁採用の経緯

13号線の土留め工法については、基本的にSMW工法で施工することとなっていた。当駅においても、発注当初はSMW工法で施工することで計画されていた。

しかしながら、他駅に比べて杭長が非常に長いこと、また現場である明治通りの交通量が非常に多く、道路使用許可時間が22時～翌朝6時の8時間の制約を受ける中で、土留め杭をSMW工法で施工するのは困難が予想された。

そのため、西早稲田駅出入口用地内にて道路使用許可条件の中で施工できるか、試験施工を実施し検証した。その結果、道路使用許可条件下では芯材建込み途中で時間超過となり、芯材が高止まりすることが判明した。道

路開放後の道路交通の支障となるため、土留め工法の変更を検討することとなった。

また、当駅付近は低中層のビルが立ち並んでおり、深夜営業の店舗、住宅などがあり、SMW杭打ち時の騒音問題や空頭の高いSMW杭打ち機を長期間路上に設置しておくことも問題があった。

そのため、低空頭の機械で泥水掘削により騒音が低減できる泥水固化壁を採用することとした。泥水掘削のため、掘削・芯材建込みなどを当日中に行う必要がなく、道路使用条件下において行うことができる作業を繰り返し、泥水固化壁を施工することができた。

3. 施工

泥水固化壁の施工は平成14年10月に開始し、平成15年12月に終了した。本稿では、大久保二丁目交差点から池袋方の施工(始端部)、大久保二丁目交差点から渋谷方の施工(終端部)および埋設物下で採用した「透かし掘り工法」に分けて紹介する。

3.1 始端部の施工(駅始端～大久保通り)

3.1.1 施工概要

駅始端と大久保通りに挟まれた「明治通り」上において、水平多軸掘削機(MBC-30)1台を使用して山留め壁工事を施工した。後述する終端側の施工で使用した水平多軸掘削機(BMX)とは異なった水平多軸掘削機(MBC-30)を使用した。1エレメント当りのバケット掘削幅が、BMXは3.2mに対し、MBC-30は2.8mと狭くなっている。始端部は、シールドトンネルの発進立坑が計画されており、隅角施工が多く、また深夜営業店舗前の施工において、極力開口範囲を抑えるために後者を使用した。作業時間は22時～翌朝6時までの夜間作業で行った。施工数量を表-1、主要施工機械を表-2に示す。

3.1.2 作業帯の設置・撤去

「明治通り」は交通量が多いので(昼間約36,000台、夜間約9,000台)、昼間に4車線を確保し、さらに歩道として道路の両側に幅1.5m以上確保しなければならないため、昼間の片側常設作業帯は幅6mとなり、これを夜間に2車線分拡張して幅11.4mの作業帯を設置し作業を行った。夜間作業帯の撤去・車線開放については午前6時を厳守し、都バスの運行などに大きな支障とならないように最大の配慮を行った。

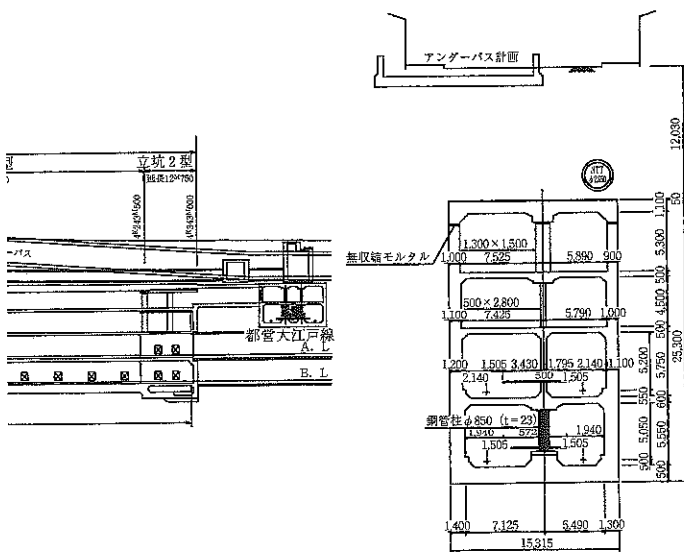


図-2② 新宿七丁目駅(仮称)断面図

表-1 施工数量

	壁厚(mm)	施工延長(m)	平均深度(m)	山留め面積(m ²)
A線	675	49.7	41.4	2,058
B線	675	49.4	42.0	1,865
妻部	675	17.1	34.1	583
計	—	111.2	—	4,506

表-2 主要施工機械

工種	名称	メーカー	仕様	台数	備考
掘削工	水平多軸掘削機	パワー	MBC30	1	t=675, L=2,800
	パワーバック	パワー			
	発電機		150kva	1	低騒音型
	超音波測定機	KODEN	DM682	1	
	バックホー		0.4m ³	1	低騒音型
	高圧洗浄機			1	
構築	クローラークレーン		65t吊	1	超低騒音型
	ミニクレーン		4.9t吊	1	低騒音型
	トレミー管		8B, 6B, L=43m	5	
工	泥土モルタル分配機	大容基工		1	
	ベッセル		3m ³	1	
	水中サンドポンプ		6B, 11.0kW	1	安定液回収用
安定液	高圧洗浄機			1	
	土砂分離機	近畿建機販売	サンドトロンメル	1	7m ³ /min
	遠心分離機	大容基工	スクリュエデ カンタMZ-50	1	30~50m ³ /min
	同下部タンク	東京機材工業	16m ³	1	
	残土タンク	東京機材工業	52m ³	1	
	循環タンク	東京機材工業	60m ³	1	
	良液タンク	東京機材工業	110m ³	1	
	回収タンク	東京機材工業	110m ³	1	
	清水タンク	東京機材工業	20m ³	1	
	新液タンク	東京機材工業	20m ³	1	
工	水中サンドポンプ		4B, 5.5kW	8	
	水中サンドポンプ		8B, 22.0kW	3	
	水中サンドポンプ		3B, 3.7kW	1	
	安定液ミキサー			1	安定液製作
	高圧洗浄機			1	
	発電機		300kva	1	超低騒音型
	発電機		150kva	1	低騒音型
	油圧クラム		0.4m ³	1	低騒音型

昼間常設作業帯および夜間作業帯の標準断面図を図-4に示す。

3.1.3 ガイドウォール

前述した作業帯の中に地中連続壁掘削および構築に必要なガイドウォールを設置したが、掘削に使用する安定液の運用配管設置のための配管ピットも兼用させるため、特殊な構造とした。ガイドウォール標準断面図を図-5に示す。

3.1.4 泥水処理プラントの設置

1) プラント設置

泥水処理プラントは、安定液プラント(安定液製造装置・土砂分離設備など)・発電機などで構成され、近隣にプラントを設置するための用地がないことから、明治通り上の常設作業帯スペースに設置した。また、プラント全体を防音パネルで覆い、近隣に対する騒音振動等の

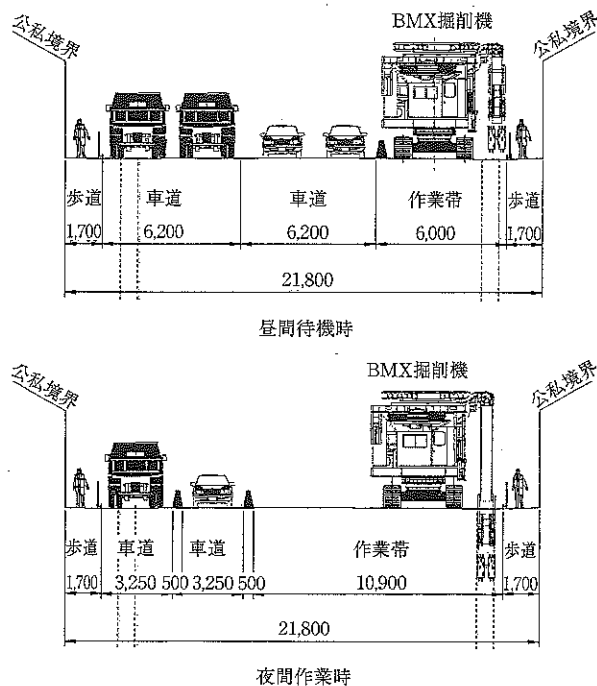


図-4 標準作業帯

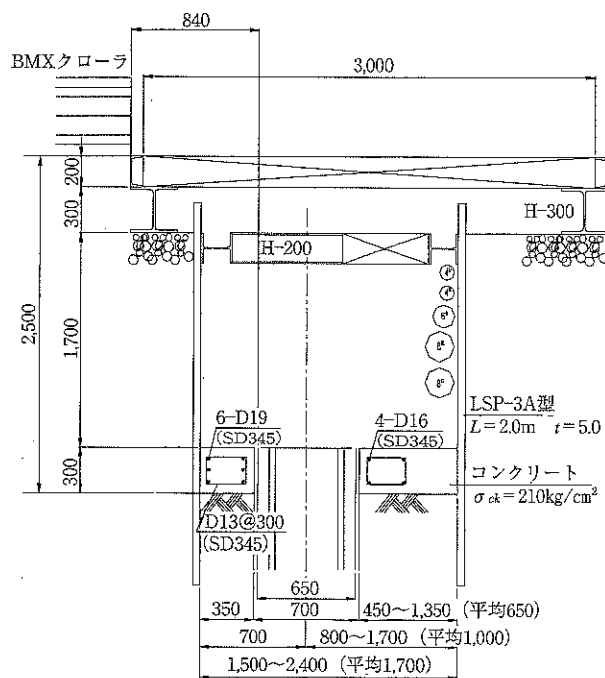


図-5 ガイドウォール標準断面

影響を少なくするように配慮した。プラント配置図を図-6に示す。

2) 泥土モルタル

設計基準強度1.0N/mm²に対して目標強度を2.0N/mm²とし、道路上の常設作業帯内の狭隘なスペースに泥水処理プラントを設置したことから、泥土モルタル製造プラントを設置できず、また後述する終端部に設置した泥土モルタル製造プラントでは、始端部打設用の泥土モルタルを賄い切れないことから、流動化処理土を工場から購入して打設した。標準配合を表-3に示す。

3.1.5 地中連続壁掘削

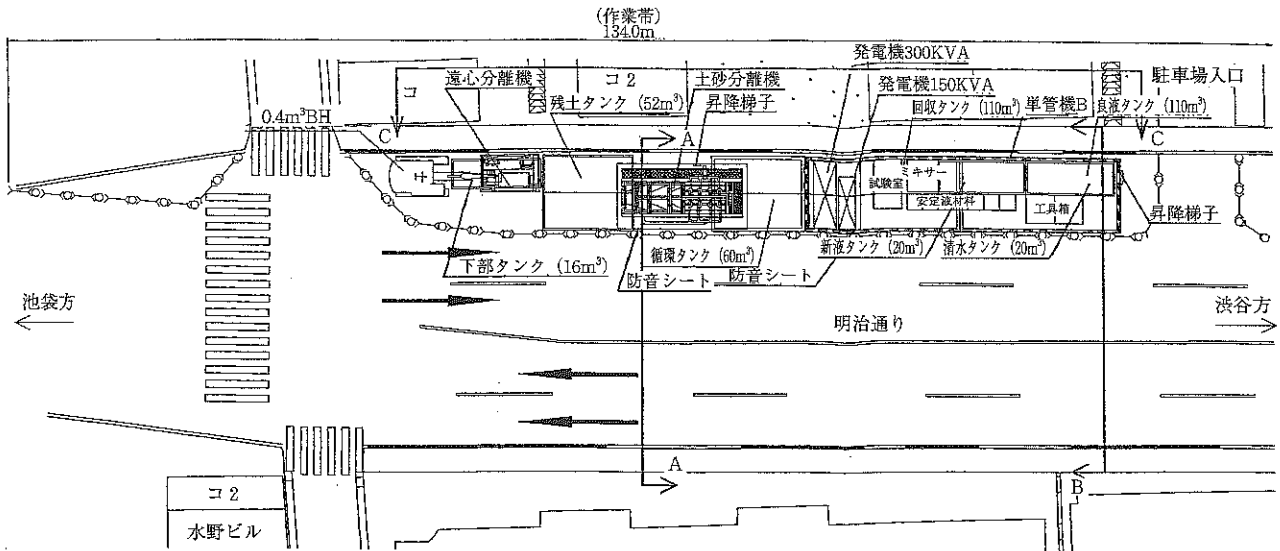


図-6 プラント配置図

表-3 泥土モルタル標準配合

	セメント	水	他工事発生土
配合量	200kg	450l	920kg

1) 掘削機据付・退避

地中連続壁の法線が歩道と重なるため、昼間の掘削機待機は掘削位置を離れた駐機場まで退避させて行った。したがって、夜間施工時は駐機場から掘削位置まで掘削機の移動・据付の作業が発生した。

2) 掘削

作業時間は前述のとおり8時間であったが、作業帯設置撤去・掘削機移動据付・退避に3~4時間を要したため、1日の実掘削時間は4~5時間であった。したがって、通常の地中連続壁工事のような効率的な掘削作業を行うことができず、施工数量に比べて長期間の施工日数を必要とした。

3.1.6 芯材挿入

掘削を1エレメント1ガット(L=2.8m)の施工とし、1エレメント当りの芯材挿入は先行エレメント・後行エレメントともに4本とした。

芯材の挿入に当っては、作業帯の関係で1エレメント分を吊上げることのできる大型クレーンを設置できなかったため、芯材1本ごとにスパーサーを取付けて前後左右の挿入位置の管理を行った。

3.1.7 泥土モルタル打設

泥土モルタルは、工場から購入したものをトラックミキサー車で運搬し、各芯材間およびエレメントの両端部に設置したトレミー管を使用して打設した。

3.2 終端部の施工(大久保通り~駅終端)

3.2.1 施工概要

職安通りと大久保通りに挟まれた「明治通り」上において、水平多軸掘削機3台を使用して「掘削土再利用連壁工法(CRM工法)」による山留め壁工事を施工した。作業時間は22時~翌朝6時までの夜間作業で行った。施工数量を表-4、主要施工機械を表-5に示す。

3.2.2 作業帯の設置・撤去

表-4 施工数量

	壁厚(mm)	施工延長(m)	平均深度(m)	山留め面積(m ²)
A線	675	343.4	41.4	13,329
B線	675	337.0	41.4	13,085
妻部	675	30.2	31.1	912
計	675	710.6		27,326

表-5 主要施工機械

名称	仕様	数量	摘要	
水平多軸掘削機	BMX-120, EMX-150	3台	低空型型	
補助クレーン	65t吊り	3台		
ミニクレーン	4.9t吊り	4台		
土砂分離機A	14m ³ /min	1台		
土砂分離機B	10m ³ /min	1台		
遠心分離機	45m ³ /h	2台		
循環ピット	135m ³ ×2	1基		
残土ピット	180m ³	1基		
DMPプラント	40m ³ /h	1台		
原土ピット	150m ³	1基		
油圧ショベル	0.7m ³	4台		
安定液回収タンク	330m ³	1基		円形組立式
良液タンク	330m ³	1基		
清水タンク	20m ³	1台		
新液タンク	24m ³	1台		
廃液タンク	20m ³	1台		
安定液ミキサー	3m ³ /バッチ	1台		

始端部の施工と同様の理由で、夜間作業帯の撤去・車線開放については午前6時を厳守し、都バスの運行などに大きな支障とならないように最大の配慮を行った。

昼間常設作業帯および夜間作業帯の標準断面図は図-4を参照されたい。

3.2.3 ガイドウォール

前述した始端部と同様に、掘削に使用する安定液の運用配管設置のための配管ピットも兼用させるため、特殊な構造となっている。ガイドウォール標準断面図は図-5を参照されたい。

3.2.4 泥土モルタルの製造

1) プラント設置

泥土モルタル製造プラントは、製造装置本体・セメントサイロ・セメントミルクミキサー・原土ピットなどで構成され、設置には広いスペースを必要とするため、明治通りに面した民間駐車を借りて安定液プラント(安

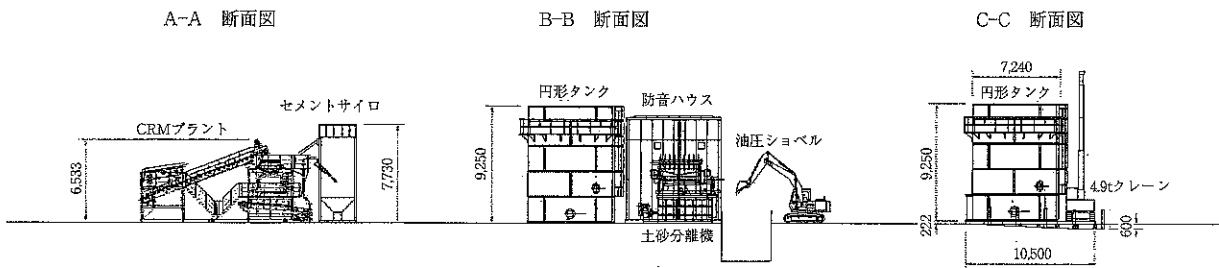
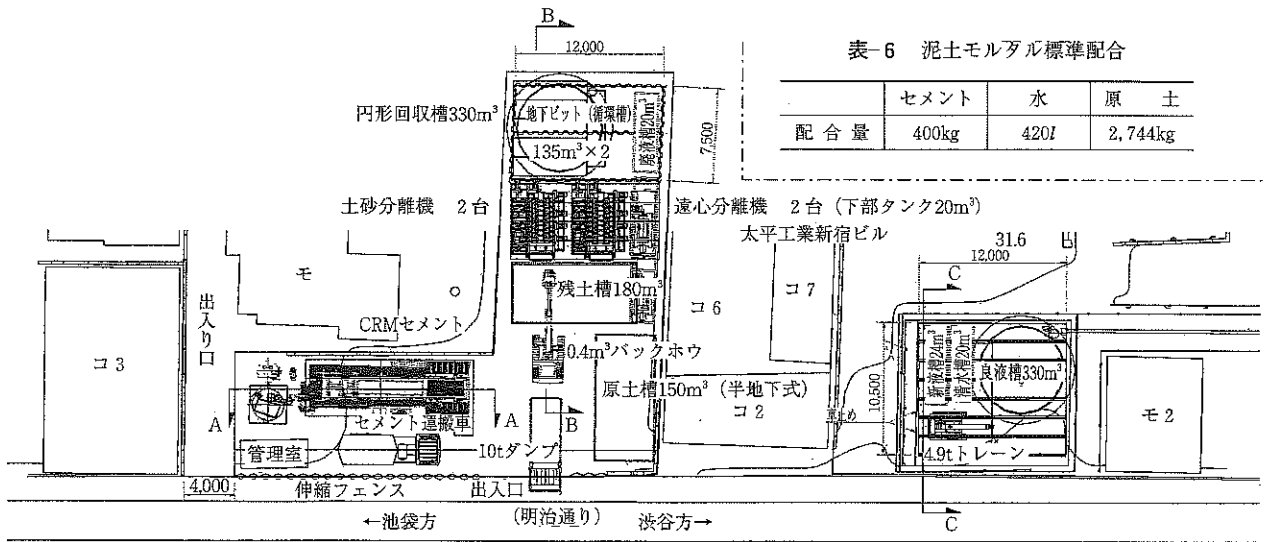


図-7 プラント配置図

定液製造装置・土砂分離設備など)とともに設置した。また、プラント全体を防音ハウスで覆い、近隣に対する騒音・振動等の影響を少なくするよう配慮した。プラント配置図を図-7に示す。

2) 配合

設計基準強度 $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ に対して目標強度を $2.0\text{N}/\text{mm}^2$ とし、現地土を使用して配合試験を行い、標準配合を決定した。標準配合を表-6に示す。

3.2.5 地中連続壁掘削

1) 掘削機据付・退避

始端部と同様に、地中連続壁の法線が歩道と重なるため、夜間施工時は駐機場から掘削位置まで掘削機の移動・据付の作業が発生した。

2) 掘削

始端部と同様の理由で、通常の地中連続壁工事のような効率的な掘削作業を行うことができず、施工数量に比べて長期間の施工日数を必要とした。

3.2.6 芯材挿入

掘削を1エレメント1ガット($L=3.2\text{m}$)の施工とし、1エレメント当りの芯材挿入は先行エレメント・後行エレメントともに4本とした。

芯材の挿入に当っては、始端部と同様の理由で大型クレーンを設置できなかったため、芯材1本ごとにスペーサーを取付けて前後左右の挿入位置の管理を行った。

3.2.7 泥土モルタル打設

泥土モルタルは、現場に隣接した製造プラントで製造したものをトラックミキサー車で運搬し、各芯材間およびエレメントの両端部に設置したトレミー管を使用して

打設した。

3.3 埋設物下の施工(透かし掘り工法)

3.3.1 施工概要

地中連続壁施工位置を横断する形で下水管等が存在する場所が16カ所あり、当初はこの部分を、歯抜け状態で連壁を施工した後で高圧噴射攪拌系の地盤改良工法で対処する予定でいたが、施工深度、中間の砂礫層の存在、 N 値50以上の上総層の存在などの諸条件から、「透かし掘り連壁工法」を採用することにした。

3.3.2 掘削

透かし掘りエレメントの施工は、最初に透かし掘り掘削機を投入するための先行孔を水平多軸掘削機で掘削し、次にここに反力ガイド材を設置し、これに沿わせて透かし掘り掘削機を降下させて底部で拡翼し、上部、下部とも下から上に向かって掘削を行った。なお、透かし掘り掘削機は切削した土砂を排土する機能を持たないため、排土には水平多軸掘削機を使用した。

透かし掘り施工フロー図を図-8に示す。

3.3.3 芯材加工

埋設物直下に芯材を設置するためには、あらかじめ必要な芯材を地上で組立てたものを掘削孔内で横移動させなければならない。しかし、夜間の限られた作業時間の中では組立作業を行うことができないので、透かし掘りエレメントの芯材については場外で組立てたものを搬入した。また、一般部のエレメントのように各芯材の間にトレミー管を設置することができないので、埋設物直下の芯材についてはウェブ面に開口を設け、開口部補強を行った。

空頭制限下における鋼製地中連続壁工法の施工

報 文

—福岡202号外環状共同溝立坑工事高架下施工—

吉田 弘明* 落河 和洋** 清崎 弘二***

1. はじめに

本報文は、鋼製地中連続壁工法を空頭制限下で、かつ狭隘な用地にて施工した事例を報告するものである。

「福岡202号外環状共同溝整備事業」は、ライフラインの信頼性確保および道路の保全を目的とし、水道・電力・電話の3企業の公益施設を一体的に收容し、地上部に位置する一般国道202号外環状道路および福岡高速5号線と一体的・効率的に整備が進められている。

福岡202号外環状共同溝は、一般国道3号板付共同溝から分岐し、福岡市西部に延びる全長16.2kmの幹線共同溝

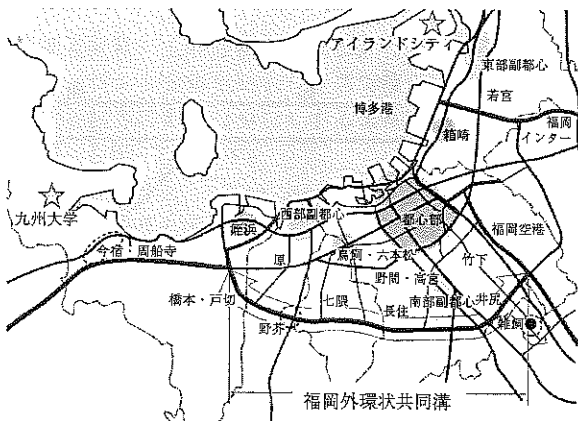


図-1 福岡202号外環状共同溝全体位置図

溝で、第Ⅰ工区シールド、第Ⅱ工区Aシールドおよび第Ⅱ工区Bシールドより構成される。

シールド工事に伴う立坑は全16基で、そのうち鋼製地中連続壁工法（以下、鋼製連壁という）が12基採用された。平成14年度に発注され、現在施工中の8立坑の形状、連壁厚、施工者の一覧表を表-1に示す。

2. 鋼製連壁の採用と連壁仕様

本立坑は、図-2に示すように福岡高速5号線の高架下に計画され、空頭制限が10m程度である。また高架の両側は民地で、かつ作業スペースは高架下部スペースに限られている。なお、地盤は図-3に示すように、計画地盤から30m以深は花崗岩層である。

このような条件下で各工法の比較検討を行なった結果、

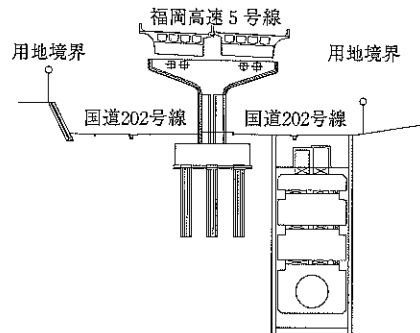


図-2 福岡202号外環状共同溝断面のイメージ

表-1 各立坑の仕様

項目	単位	Ⅰ工区						Ⅱ工区	
		I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	Ⅱ発進	ⅡA到達
施工者	—	森本組	銭高組	竹中土木	大本組	青木あすなる建設	浅沼組	前田・東洋JV	佐伯建設工業
壁厚	mm	800						700	
壁体平面寸法	m	矩形 17.6×10.1						矩形 13.2×9.2	矩形 12.1×7.9
掘削深度	m	40.0	41.2	42.6	41.7	42.2	38.0	37.6	30.5
空頭制限	—	一部あり	全面	一部あり	一部あり	なし	全面	なし	なし
空頭制限部材長	m	3.5~5.0	2.8~5.7	5.2~7.5	5.2~8.3	—	4.3~6.5	—	—
主クレーン	—	25tホイールクレーン	25tホイールクレーン	35tホイールクレーン	35tホイールクレーン	35tホイールクレーン	25tホイールクレーン	50tクローラクレーン	35tホイールクレーン
補助クレーン	—	50tクローラクレーン	50tホイールクレーン	50tクローラクレーン	50tクローラクレーン	50tホイールクレーン	100tホイールクレーン	50tホイールクレーン	—
掘削機	—	MBC-30	BMX-120	MBC-30	EMX-150	BMX-120	BMX-120	BMX-120	BMX-120

* YOSHIDA Hiroaki

銭高組 九州支店 福岡202号外環状共同溝第1工区シールド 第2立坑工事作業所 所長

福岡市博多区板付 7-8-28

** OCHIKAWA Kazuhiro

浅沼組 九州支店 福岡202号外環状共同溝第1工区シールド 第6立坑工事作業所 所長

福岡市南区井尻 4-7-21

*** KIYOSAKI Kōji

鋼製地中連続壁協会 事務局

東京都千代田区大手町 2-6-3 新日本製鐵管内

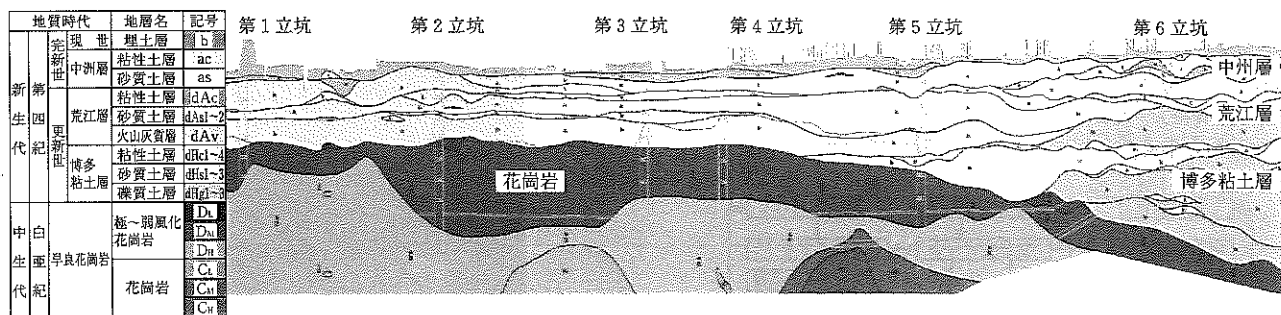


図-3 I工区土質概要

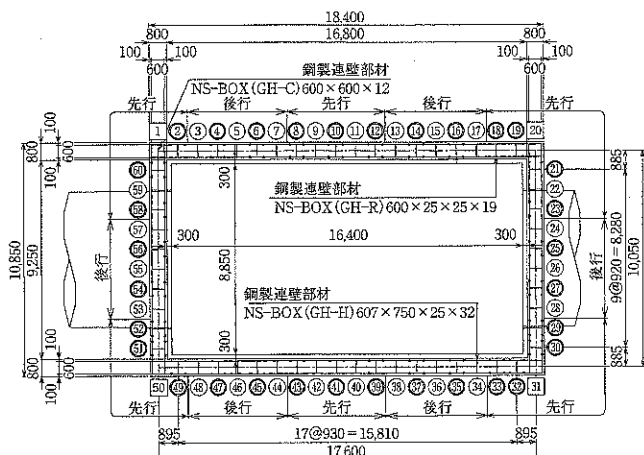


図-4 I-2立坑平面図

以下の理由により鋼製連壁が採用となった。

- ① 空頭制限下において低コストで施工可能であること。
- ② 民地への影響を考慮して、薄壁化が可能であること。
- ③ 限られた作業スペース内で施工可能であること。

連壁の仕様は、たとえばI-2立坑では連壁厚0.8m、部材高さ0.6m、構造形式は「単独壁」で、連壁構築後に化粧壁を300mm施す。鋼製連壁部材数は60条、高架下部の空頭制限部部材長は、上空の制限高さによって2.8~5.7mにて割付けられている。図-4にI-2立坑の平面図を示す。

3. 鋼製連壁の施工

3.1 施工計画

本工事の施工計画にて特に留意した点を以下に記す。

3.1.1 空頭制限下での掘削重機計画

掘削機の選定は、土質条件、掘削深度、壁厚、施工条件、工期などを考慮する必要があるが、ここでは特に空頭制限、構造物・民家との近接という施工条件とGL-30m以深が硬質な花崗岩であることに留意した。

掘削機はバケット式と回転式があるが、振動・騒音の少ない回転式とした。また硬質地盤の掘削が可能で水平多軸回転カッターを有する低空頭掘削機械を採用した。表-1に各立坑の掘削機を示す。

3.1.2 空頭制限下での建込み重機計画

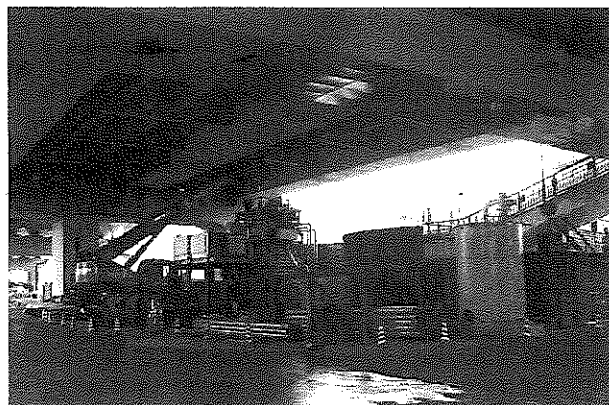


写真-1 プラント設置

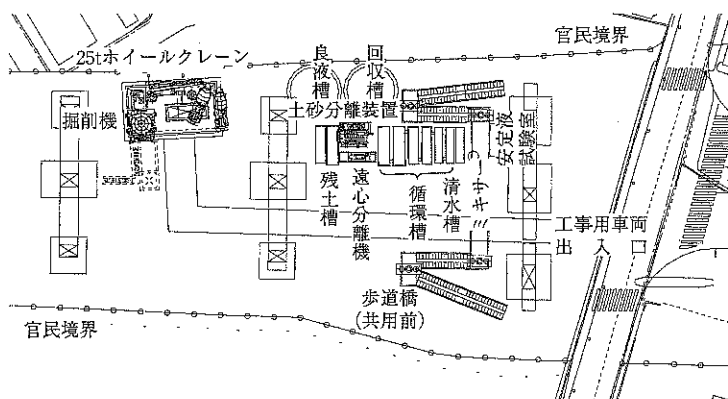


図-5 I-2立坑プラント配置図

空頭制限があることから、クレーンの接触防止対策を行なった。

- ① クレーンの大きさを25~35tのホイールクレーンとした。
- ② クレーン頭部にセンサーあるいは接触防止用クッション材を設置。
- ③ クレーンブーム角度のリミッターを常時作動させた。

3.1.3 プラント計画

プラント配置は図-5に示のように、高架下の限られたスペースにコンパクトに設置した。

3.1.4 掘削精度および建込み精度

本連壁は本体利用であり、鋼製連壁部材の建込み精度を確保するため以下の管理値による品質管理を実施した。

- ① 鉛直精度：1/800
- ② 鋼製連壁部材頭部の水平変位：± 5 mm
- ③ 鋼製連壁部材頭部の鉛直変位：± 5 mm

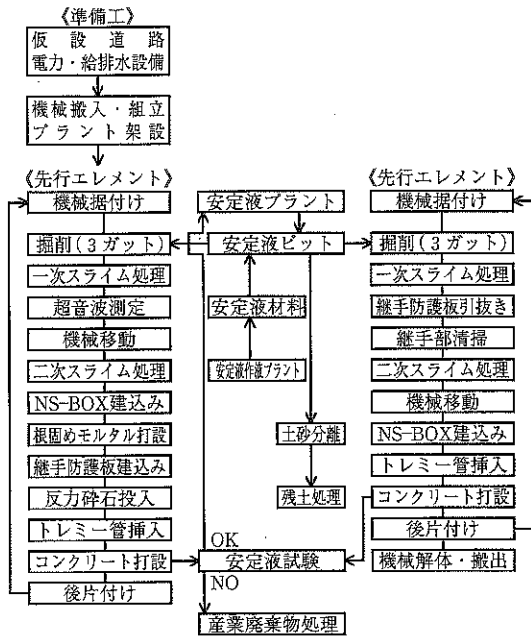


図-6 鋼製連壁の施工フロー

3.2 施工

図-6に施工フローを示す。

3.2.1 掘削

連壁掘削に先立ち約3mの先行掘削を行なった。本掘削は先行・後行エレメントともガット幅3.2mの掘削機により3ガット掘削する。掘削土砂は本体に内蔵している水中ポンプにより排土管を通して排出する逆循環方式で行ない、掘削残土はサンドコレクタ（振動振るい機）とマッドセパマシン（遠心分離器）で分級した後、土砂の性状により残土と建設汚泥（産廃）として処理した。

3.2.2 スライム処理

掘削完了後、スライムの堆積が安定する2～3時間後に、沈降した土粒子および掘削屑を掘削機により処理する。また再堆積を防止する目的で、溝内安定液を良液に置換し、日常管理において砂分1%以下であることを確認した。

3.2.3 超音波測定

2方向超音波測定器により溝壁の状況の確認および掘削精度の管理を行なった。精度が管理値を超える部分がある場合は、速やかに修正掘削を行なった。

3.2.4 鋼製連壁部材建込みおよびエレメント端部処理

鋼製連壁部材に歪みが生じないように、また鉛直性を確認・監視しながら溝内に挿入する。上下方向の現場継手は、トルシア形高力ボルトを使用した。

先行エレメントにおいては、建込み後、溝底からのコンクリート流出防止と芯材の移動防止のために根固めモルタルを1m打設した。また、後行エレメント嵌合継手防護のため、先行エレメント両端部に防護板を挿入した。その後、鋼製連壁部材の移動および変形防止のため、コンクリート打設と並行して反力碎石を投入した。

3.2.5 充填コンクリート打設

コンクリートは安定液中に2本のトレミー管を挿入し、

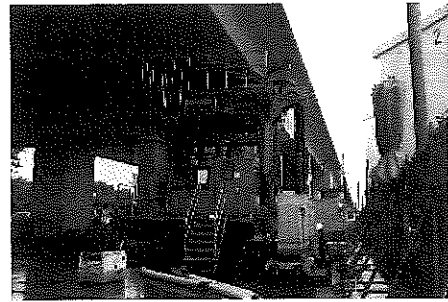


写真-2 BMX機による掘削状況



写真-3 鋼製連壁部材建込み状況

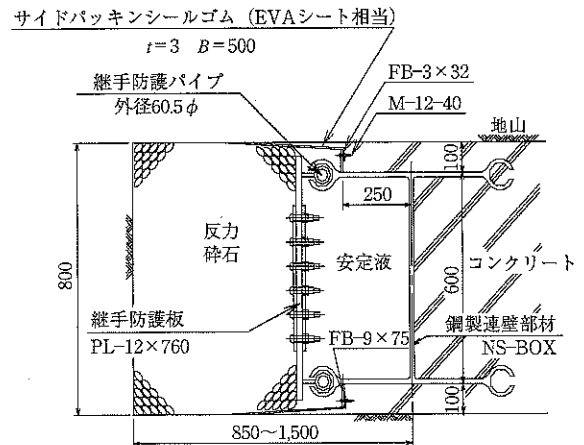


図-7 嵌合継手防護板の標準図

均等な打上がりになるように打設する。当工事では、充填性をよくするため、高流動コンクリート（設計基準強度 24N/mm^2 、呼び強度 30N/mm^2 、スランプフロー $60\pm 5\text{cm}$ 、粗骨材の最大寸法 20mm ）を使用した。

4. まとめ

本工事は、厳しい品質管理が求められる中で、低空頭制限下における狭隘な用地にて施工を行なった。種々の問題点を解決し、無事工程内に終えることができた。

安定液掘削・鋼製連壁部材建込みにおける精度管理は超音波測定によって行なったが、変位・鉛直精度それぞれの管理値 $\pm 5\text{mm}$ 、 $1/800$ を満足する結果を得た。

〔参考文献〕

- 1) 鋼製地中連続壁工法の施工「福岡202号外環状共同溝第1工区シールド第6立坑工事」, (株)浅沼組技術レポートNo27, 2004年.
- 2) 福岡外環状道路パンフレット, 国土交通省九州地方整備局福岡国道事務所, 2001年12月.