

建て込み工法による大口径長尺鋼管矢板土留壁の施工

Earth Retaining Wall Construction Using Large-Diameter Long Steel Pipe sheet piles by the Insertion Method

中川 勲 治¹ 後藤 正彦¹ 牧田 展行¹
Kunji Nakagawa Masahiko Gotou Nobuyuki Makida

【要旨】

夢洲トンネルは咲洲と夢洲の両地区を結ぶ鉄道と道路を併設した海底トンネル(沈埋トンネル工法)と陸上トンネル(開削工法)を整備するものである。

土留工は施工箇所が海に近い事、掘削が大深度(約23m)である事から遮水性、剛性の高い大口径長尺鋼管矢板による土留壁が採用されている。施工地盤はGL-16mまでが平成元年以降施工された埋立地盤であるが、障害物(転石等)が混入しており、一般的に採用されるパイプロ等による打撃工法、圧入工法、中掘工法が適用できず、全旋回オールケーシング工法と建て込み工法を併用した特殊な工法が採用された。今回はその工法の詳細を報告するも

【キーワード】 鋼管矢板 建て込み工法 遮水性

1. はじめに

21世紀の新都心にふさわしい機能を集積させた「テクノポート大阪」計画を推進するため、大阪港では舞洲、夢洲などの臨海部における国際物流施設等の開発整備を行っている。両地区の交通需要の増加に対応し、物流と人流の分離による埠頭間の物流効率化を図るため、臨港鉄道(北港テクノポート線)、並びに幹線臨港道路が計画された。その中でも夢洲トンネルは、咲洲と夢洲の両地区を結ぶ鉄道と道路を併設した、海底トンネル(沈埋トンネル工法)と陸上トンネル(開削工法)を整備するものである。



写真-1 大阪港周辺空撮写真

本工事はその夢洲トンネルの咲洲側において、陸上トンネルのアプローチ部分を開削工法として施工し、土留工、仮設棧橋工、掘削工、計測管理工を行うものである。



図-1 大阪港夢洲トンネル概要

その中の土留工では、施工場所が港湾地区であるため遮水性を重視し、さらに掘削深度が約23mと深い事から剛性の高い大口径長尺鋼管矢板による土留壁が採用されている。

本報告では、この大口径長尺鋼管矢板の施工方法として採用された特殊な工法である建て込み工法の施工方法を報告するものである。

2. 夢洲トンネル工事概要

工事件名 大阪港夢洲トンネル咲洲側アプローチ部
 築造工事(その5)

工期 自 2002年1月31日
 至 2004年3月12日

施工場所 大阪府大阪市住之江区南港北2丁目

請負者 飛島・三井住友・みらい

建設工事共同企業体

発注者 国土交通省 近畿地方整備局

工事数量

・土留工		
鋼管矢板	1500,L=51.2-53.0m	80本
中間杭	H-300,L=41.0-42.0m	33本
切梁腹起	H-400,H-500	945t
支柱	H-350,H-400,L=32.5-40.5m	40本
	500,L=40.0m	28本
栈橋	上下部材 217t	1070m ²
・土工		
掘削工		23668m ³
・計測管理工		
計測機器	多段式傾斜計,歪計他	1式
計測管理	自動計測,手動計測	1式
・残土処分		
・安全管理		

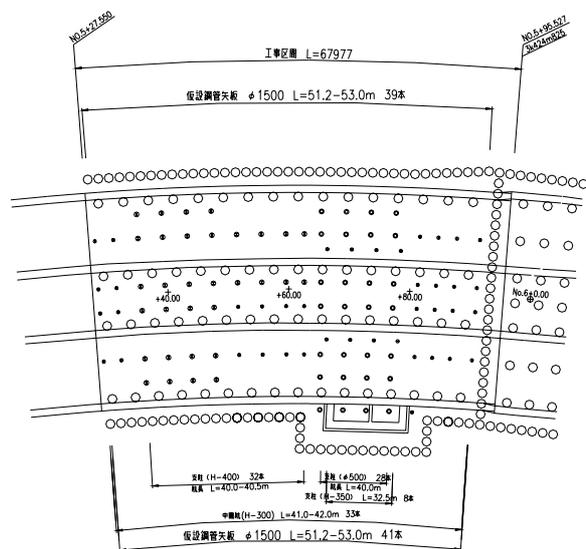


図-2 平面図

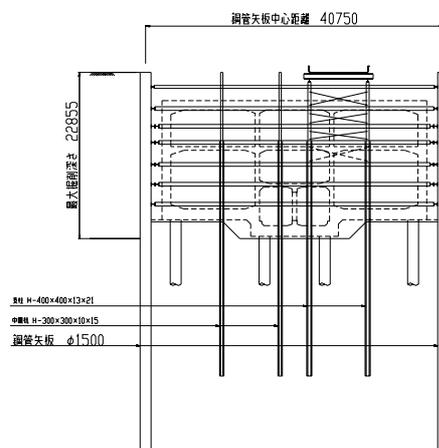


図-3 横断面図



写真-2 夢洲トンネル咲洲側アプローチ全景

3. 鋼管矢板施工方法の検討

3.1 土質

鋼管矢板施工箇所は、平成元年以降の埋め立て地盤である。土質柱状図を図-4 に示す。

上部の 16m は埋め立て土層で、砂質土から粘性土まで様々であり、転石などの障害物（1m 程度）が 10% 程度混入している。

次の 23m は沖積粘土層であり、旧海底地盤である。埋め立てを行ってからの期間が短く、未圧密状態で N 値 10 以下の非常に軟弱な粘土層である。

次の 10m は第一洪積砂礫層であり、N 値 50 以上の非常に固い層である。この層は被圧水があり本体掘削の際、盤ぶくれが懸念される。

次の層は洪積粘土層であり、N 値 10 以下の非常に軟弱な粘土である。遮水性を高めるために鋼管矢板をこの層に貫入させる。

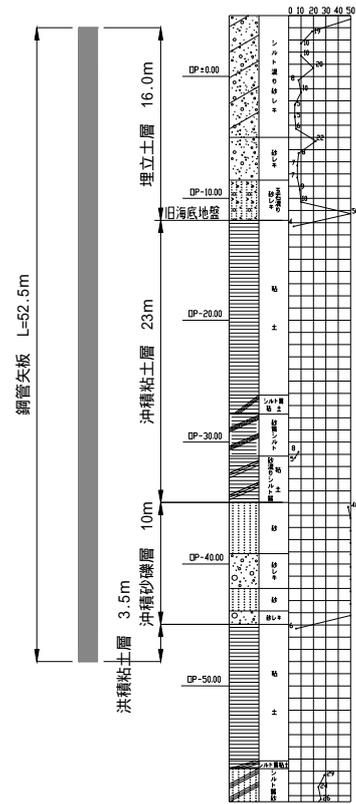


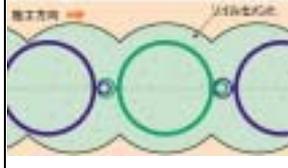
図-4 土質柱状図

3.2 工法検討

鋼管矢板打設工法は、上部の埋め立て土層に転石の混入がある事、また近隣に野鳥園があることから低振動・

低騒音工法でなければならない事を大前提として4つの工法について比較検討を行い建て込み工法を採用した。

表-1 工法比較表

工法	障害撤去砂置換 圧入工法	障害撤去砂置換 中掘圧入工法	ソイルセメント 柱列杭工法	建て込み工法
概要図				
工法概要	全旋回掘削機にて障害撤去し、砂置換した後、鋼管パイラーにて鋼管矢板を圧入する。	全旋回掘削機にて障害撤去し、砂置換した後、鋼管矢板を中掘圧入する。	アースオーガにて掘削を行い、ソイルセメントにて置換した後、その中に鋼管矢板を建て込む。	全旋回掘削機にて障害撤去し、下部はアースドリル機にて掘削を行う。安定液で孔壁保持し、その中に鋼管矢板を建て込む。
精度	確認不可能。	確認不可能。	確認不可能。	確認可能。
経済性	砂置換が必要で、鋼管パイラーが希少なため施工費は非常に高い。	砂置換が必要だが、中掘圧入は一般的で施工費は一番安い。	施工実績が無いためリスクが大きい。	施工費は高いが、先発工区にて実績があり、リスクが少ない。
その他	鋼管パイラーは希少である。	1500 の鋼管矢板を吊り込んだ状態での中掘機の安定に不安がある。	1500 鋼管矢板の施工実績が無い。	咲洲トンネル（先発工区）において実績あり。
総合評価				

4. 鋼管矢板建て込み工法概要

4.1 施工フロー

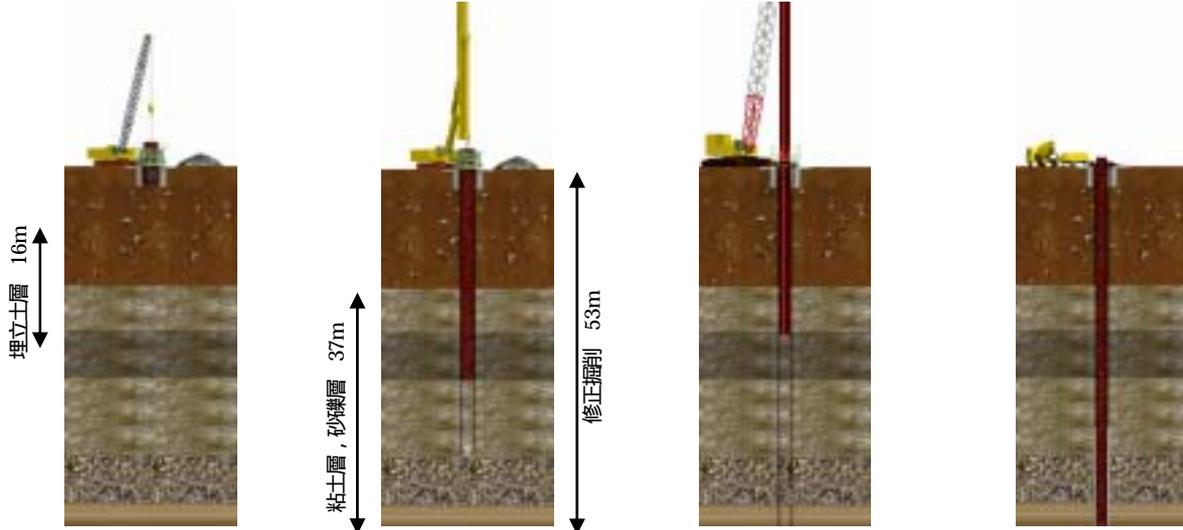


図-5 施工フロー図

4.2 工法の特徴

1) 掘削工法

施工費を低減させるため、転石の混入がある埋め立て土層（GL-16mまで）は、全回転オールケーシング掘削機を使用した掘削を行い、粘土層、砂礫層（GL-16m からGL-53mまで）は、施工費の安いアースドリル機を使用したノンケーシング掘削を行った。

掘削位置は、打設完了した鋼管矢板のジャンクションを傷めない様に約150mm 離隔をとった。掘削径は、全回転オールケーシング掘削を 2000、アースドリル掘削はその内部を掘削するため 1960 とした。

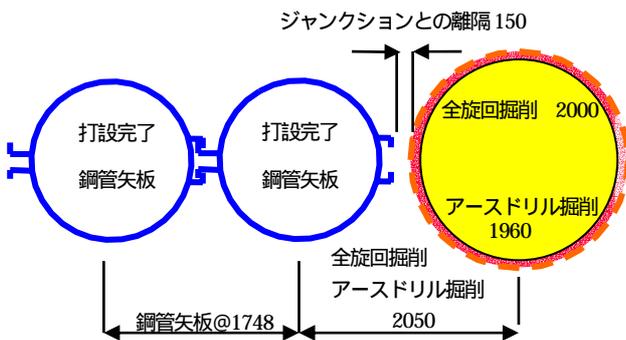


図-6 掘削平面位置

2) 修正掘削

修正掘削とは全回転オールケーシング掘削およびアースドリル掘削にて取り残した鋼管矢板継手付近の周辺充填材およびスラグサンドを削り取り、所定の掘削寸法を確保するものである。

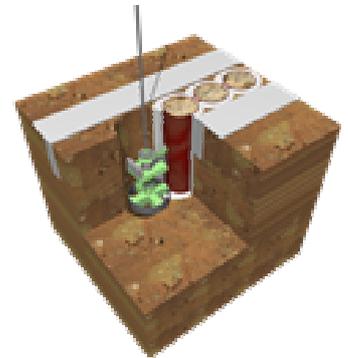


図-7 修正掘削概念図

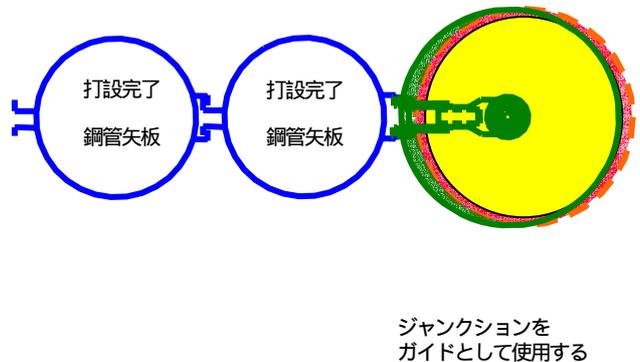


図-8 掘削平面位置

アースドリル掘削の先端にロータリーサポートという回転切削機を取り付け、L型鋼で作られたジャンクションをガイドにしながコアバレルを回転させ、鋼管矢板の全延長の修正掘削を行う。

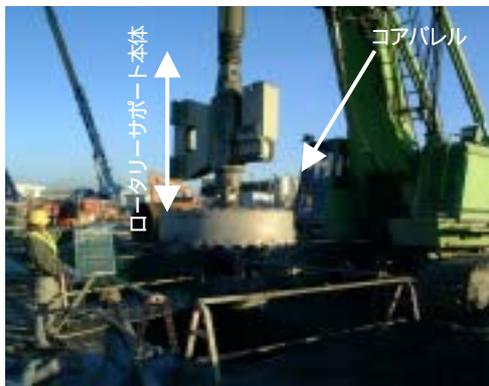


写真-3 ロータリーサポート



写真-4 ロータリーサポートの挿入

3) 鋼管矢板ジャンクション形状

建て込み工法は、既設鋼管矢板ジャンクションをガイドにして修正掘削を行うことから、ロータリーサポートを滑らせる形状で無ければならない。よって、ジャンクション形状は図-5のようにL型鋼を組み合わせた形状とした。

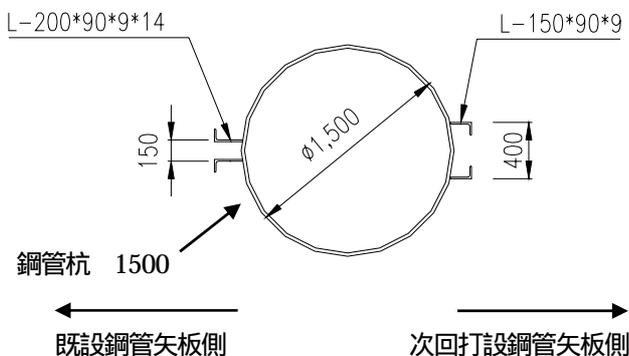


図-9 鋼管矢板ジャンクション形状

4) ジャンクション保護

建て込み工法は、2000で掘削を行い1500の鋼管矢板を建て込み固定するため、その隙間に周辺充填材を打設する。しかし、ジャンクションは修正掘削時のガイドとなるため、ジャンクション内に周辺充填材が流入し硬化するとその機能が果たせなくなる。よって、周辺充填材のジャンクションへの浸入防護のため、土木シート（#1020）をジャンクションに固定し、鋼管矢板建て込み完了後スラグサンドをその中に投入し充填材の流入防止を行った。

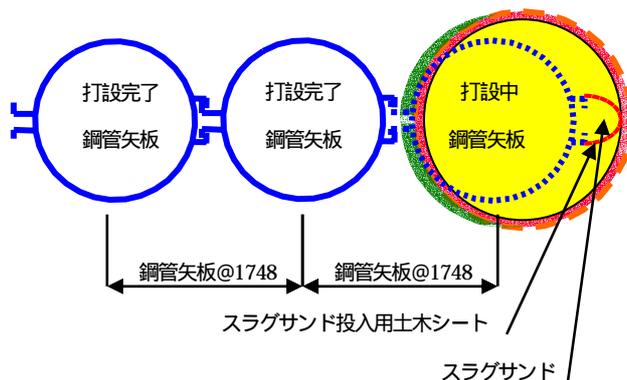


図-10 ジャンクション保護



写真-5 土木シート接続

スラグサンドはJISA5011-3 コンクリート用スラグ骨材銅スラグ骨材で、銅製錬プロセスから生成するスラグを多量の流水で冷却し、砂状に水砕したガラス質の黒い物質で、物理的・化学的性質は極めて安定している材料である。砂は安定液内に微粒子が浮遊し安定液の品質に影響しやすく不適であるため、比重が大きく、沈降性が良く、安定液にスライムを発生させない材料としてスラグサンドを選定した。

表-2 スラグサンドと天然砂の比重比較

	スラグサンド	天然砂

比重	3.5~3.6	2.4~2.7
----	---------	---------

5) 周辺充填材の改良

周辺充填材は、品質に問題が無く ($\sigma_{28}=0.5\text{N/mm}^2$ 以上)、安価で、しかも環境に優しい材料としてスラリーモルタル (固化材添加量 250kg/m^3 - 建設汚泥リサイクル品 -) を使用することとした。配合は建設汚泥に粒度調整を加えて製造した比重 1.5 の原泥に普通ポルトランドセメント 250kg/m^3 を添加し攪拌したものである。

比重	1.51
フロー値	22cm × 22cm
圧縮強度	$\sigma_{28} = 0.763\text{N/mm}^2$

表-3 試験練り結果

4.3 施工手順

1) 全旋回掘削 (2000)

全旋回オールケーシング掘削機を使用して 2000 のケーシングチューブを回転圧入し、ハンマーグラブにて転石を除去した。

鉛直性の管理はトランシットを使用し、2 方向から鉛直性を確認する。



写真-6 全旋回オールケーシング掘削

2) アースドリル掘削 (1960)

アースドリル掘削機に 1960 のドリリングバケットを取り付け、掘削を行った。孔壁保護のため、安定液を随時追加しながらの掘削となる。

鉛直性の管理は超音波測定器を使用して行った。掘削中は随時測定を行い掘削の修正を行い、掘削深度はレッドを使用して確認した。



写真-7 アースドリル掘削



写真-8 孔壁測定、掘削深度確認

安定液は地下水の影響や、孔壁に作用する土水圧により仕様は変わるが、今回使用した安定液は海水に強く、造壁性の高いポリマー系安定液 (ファンネル粘性 22 秒 ~ 35 秒, 比重 1.02 ~ 1.10) のものを使用した。

安定液は再生調合施設によって回収された安定液と新液を攪拌し再利用するが、日々、粘性および比重の試験を行い再利用の可否を判断した。使用材料および材料特性を以下に示す。

表-4 使用材料の材料名および材料特性

材料名	材料特性
CMC (RX-70S)	耐塩性・耐セメント性・耐腐敗性に優れたポリマー安定液の主剤。
ベントナイト (TB-250)	250 メッシュのベントナイト。
分散剤 (キャリボン)	粒子の沈降を防止し、安定な分散状態を保つ。
PH 調整剤 (ソーダ灰)	セメントの分散剤・中和剤。

表-5 安定液配合 (水 20m^3 当り)

水	ベントナイト	CMC	分散剤	PH 調整剤
20m^3	200kg	80kg	20kg	20kg

3) 修正掘削・スライム処理

修正掘削で鋼管矢板継手付近の周辺充填材およびスラグサンドを削り取り、所定の掘削寸法を確保した。削り取られ掘削最深部に堆積した土砂は、ドリリングバケツを使用して取り除き、鋼管矢板建て込み直前にスライム処理として、再度、ドリリングバケツで底浚えを行った。



写真-9 修正掘削

4) 鋼管矢板建て込み

鋼管矢板の建て込みには総重量が約42tとなるため、クローラクレーン(300t吊)が選定された。打設完了した鋼管矢板のジャンクションに沿って下矢板、中矢板、上矢板の順に建て込みを行い、現場溶接(半自動溶接)にて接続を行った。溶接箇所は超音波探傷検査を全本数の20%、それ以外の80%は浸透探傷検査を行い、溶接の品質を管理した。鋼管矢板の固定は、ガイドウォール上にH型鋼にて組上げたサンドル上に、ジャーナルジャッキで東西南北の4方向支持にて行った。

鋼管矢板の鉛直精度は、超音波測定器を使用して確認し、ジャッキの調整により鉛直精度修正を行った。



写真-10 鋼管矢板建て込み

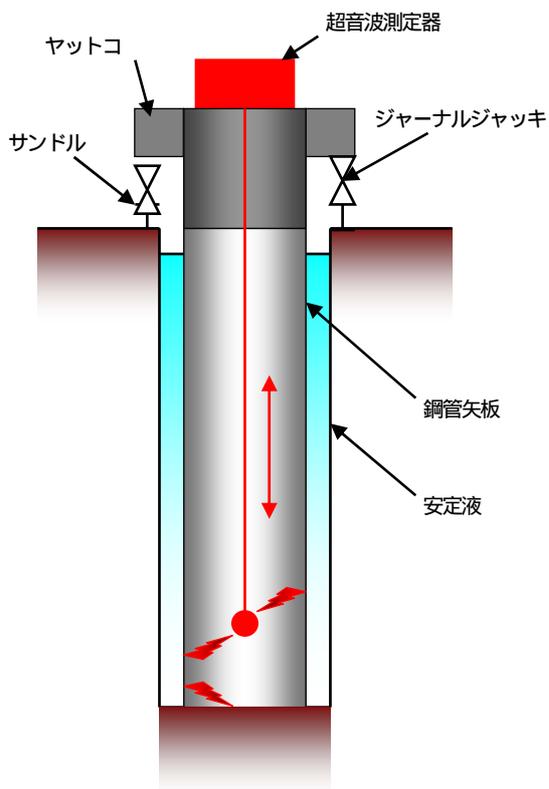


図-11 建て込み精度測定概念図

5) スラグサンド投入

スラグサンドは、鋼管矢板上にホッパーを取り付け、ベルトコンベアを使用して投入した。



写真-11 スラグサンド投入

6) 鋼管矢板内先行埋め戻し

周辺充填材の鋼管矢板内への吹き上がりを防止するために、15m程度鋼管矢板内部の先行埋め戻しを行った。



写真-12 鋼管矢板内先行埋め戻し



写真-13 周辺充填材打設, 三又分岐 (板バルブ)

7) 周辺充填材打設

鋼管矢板の周辺は充填材を打設することによって止水性を高めた。打設は、ジャンクション内に 50 の注入管を1本 鋼管矢板外部に 100 の注入管を2本建て込み、3 箇所打設高が均等になるように配管に板バルブを設け開閉を行い、レッドにて高さを確認し、注入管を随時引抜きながら行った。

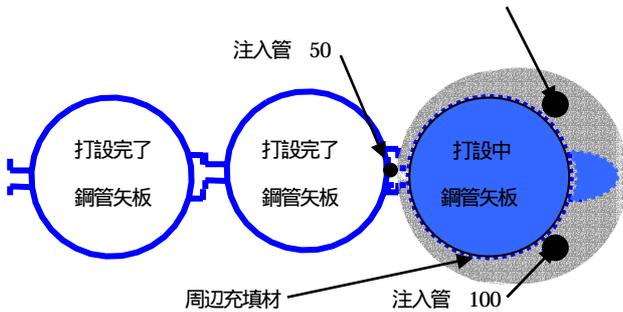


図-12 注入平面位置

8) 鋼管矢板内最終埋め戻し

周辺充填材硬化後、鋼管矢板天端まで最終埋め戻しを行い、安定液の回収を行った。

5. 施工結果

5.1 建込精度

1) 天端高精度

全本数 (80 本), $\pm 3\text{cm}$ 以内で施工を完了出来た。

2) 平面位置精度

全本数 (80 本), $\pm 8\text{cm}$ 以内で施工を完了出来た。

3) 鉛直精度

超音波測定器により鋼管矢板の鉛直精度の測定を行い、全本数 2/1000 以下にて施工を完了出来た。

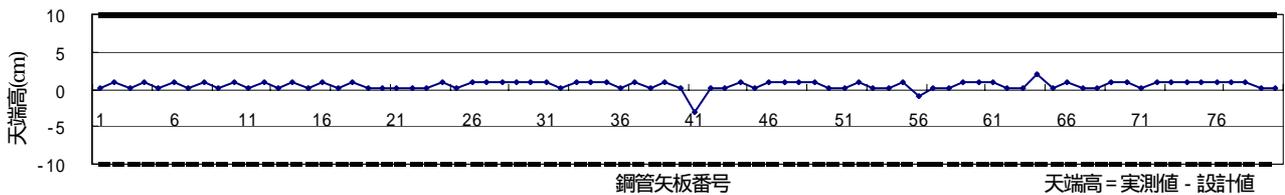


図-13 天端高出来形 (許容値 $\pm 10\text{cm}$)

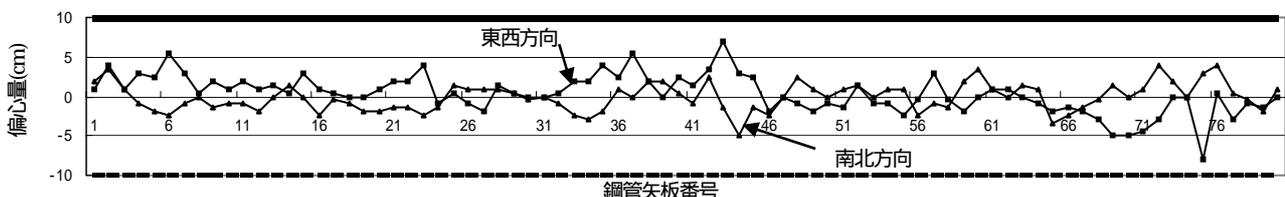
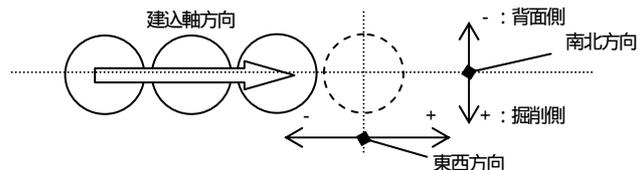


図-14 平面位置出来形 (許容値 $\pm 10\text{cm}$)

5.2 土留壁の遮水性

現場透水試験によりジャンクション内の透水係数を調査したが、掘削床付け付近である GL-20m 付近まで粘性土と同等の透水係数であることが確認でき、透水性は充分確保されていると判断できる。

表-6 現場透水試験結果（3深度計測）

試験深度	透水係数(cm/s)	透水性
GL-6.00~-10.00m	1.78×10^{-6}	非常に低い
GL-7.00~-15.00m	2.53×10^{-6}	非常に低い
GL-7.00~-20.00m	2.03×10^{-6}	非常に低い

6. おわりに

鋼管矢板建て込み工法は、鋼管矢板の形状及び施工方法の一部が、咲洲トンネル施工時に大林・五洋・鴻池 JV

にて開発された特許工法である。非常に特殊な工法で実績も少ないが、転石等の障害物層がある場所での施工、また、遮水性を強く求められる港湾部、河川部での施工に適した工法であると言え、今後、類似工事への応用が可能と思われる。現在、掘削途中（GL-13m）ではあるが鋼管矢板からの出水はほとんど無く、建込精度、遮水性共に十分な品質を確保出来ていると確信している。最後に、本工事の施工に当り多大なるご指導を頂いた関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 国土交通省近畿地方整備局：
大阪港夢洲トンネル咲洲側アプローチ部築造工事
工事概要書 Vol.6，2003。

Summary Yumeshima Tunnel is a railway and vehicular tunnel connecting Sakishima and Yumeshima, consisting of submerged and open-cut parts. To retain the open-cut earth to a depth of 23 m near the sea, large-diameter long steel pipe sheetpiles were adopted for their cut-off capability and high rigidity. The excavation site is a reclaimed land constructed during the past 15 years containing obstacles, such as boulder stones. This prevented the adoption of conventional methods. This paper reports on the details of the special method devised for this project, the insertion method.

【Keywords】 steel pipe sheet piles, inserting method, cut-off wall