

埋設稠密交差点下での開放型矩形シールドの施工

～大阪市営地下鉄8号線 緑橋駅連絡通路工事～

Execution under the intersection with dense conduits by “Square open type shield”

馬場畑美敏¹・中谷孝司²・山下清広³・鈴木聡⁴

Mitoshi Babahata, Takashi Nakatani, Kiyohiro Yamashita and Satoru Suzuki

¹ 非会員 大阪市交通局 建設技術本部建設部新線建設担当課長 (〒536-0025 大阪市城東区森之宮 1-6-115)

² 非会員 大阪市交通局 建設技術本部建設部古市建設事務所副所長 (同 上)

³ 正会員 大成建設株式会社 関西支店地下鉄8号線緑橋作業所長 (〒537-0021 大阪市東成区東中本 1-13-9)

⁴ 正会員 大成建設株式会社 関西支店地下鉄8号線緑橋作業所課長代理 (同 上)

The 8th line “Imazatosuji line” of Osaka city subway is now under construction at East Osaka, which will be open on December 2006. Midoribashi is a cross station to the 4th line “Chuo line”. This is a construction of a tunnel of transfer passage. At first, we supposed to construct by “Cut and cover tunneling method”. But it was very difficult, because there was dense conduits and under the intersection of heavy traffic volume. In addition, many under ground obstacles were found. So we changed the way of construction this tunnel of this station to “Square open type shield”. As a result, we resolved these problems. This report is written about the process of the adoption of this method, working procedure, and execution.

Key Words : Square open type shield Dense conduits Under the intersection Under ground obstacles

1. はじめに

大阪市営地下鉄第8号線は、大阪市東部の東淀川区井高野～東成区今里間、約 12km・11 駅を整備する新線建設工事(図-1)で、平成 18 年 12 月に今里筋線として開業予定である。

緑橋工区の内、緑橋停留場第4号線地下連絡通路工事は、新設する8号線緑橋停留場と既設4号線(中央線)緑橋停留場とを改札内で結ぶ連絡通路を、開削工法と開放型シールドにより築造する工事である。

本文は同工事で開放型シールドが採用された経緯、施工計画から実施工について報告するものである。

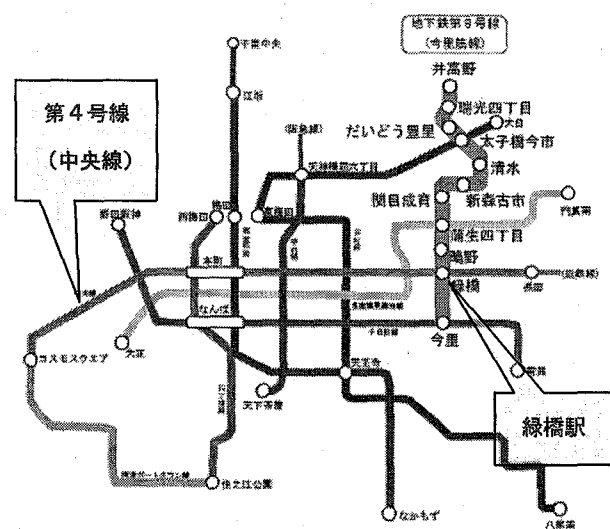


図-1 地下鉄8号線路線概略図

2. 埋設管路が輻輳する交差点直下の施工

当初この連絡通路工事は、全て開削工法で計画されていた。しかし図-2の平面図に示すように、交差点直下の施工である上、埋設管路（着色部）が輻輳しており、約50%の土留欠損が生じるなど、開削工法での施工が困難となる部分があった。

そこで、この部分について非開削工法を採用（図-3）することにより、土留欠損の低減・埋設管路への影響の軽減を図るとともに工程の短縮を図った。

埋設管路の中でも特に離隔の小さい下水道（ $\phi 3500 \cdot \square 2200 \times 1580$ ）については、高圧噴射攪拌工法（RJP）による防護を実施した。

3. 工法選定

適用工法として、推進工法とシールド工法の2つが候補として挙げられた。各埋設企業者との協議の結果、埋設管路直下を通過した後、テールボイドを裏込注入により速やかに充填することにより埋設管路への影響を軽減するという観点から、シールド工法を採用することとした。

線形を決定した後に、埋設管路や4号線（中央線）構築の施工記録などを調査した結果、多数の残置杭が存在していることが確認された。シールドの掘進は、この残置杭の撤去をしながらの施工となるため、

開放型シールド工法が適していると判断した。他の理由として、掘進延長が27mと短いためにシールド機が工事費に占める割合が非常に高く、密閉型のシールド機ではコストが上がってしまうこと、後方設備ヤードに著しく制約があること、埋設管路の防護のために路線の殆どを地盤改良する必要があったことなどが挙げられる。なお掘削断面は鋭敏な沖積粘性土であるため、開放型シールドの採用にあたり、切羽の自立を目的に、全区間地盤改良を事前に実施することとした。

4. 線形および断面計画

平面線形は図-3に示すように直線である。一方縦断線形は、8号線緑橋停留場の改札階・4号線（中央線）緑橋停留場の改札階および埋設管路の位置関係から、図-4に示すような7.9%の上り勾配となる。

連絡通路はバリアフリー構造とするため、勾配区間にはムービングウォーク（動く歩道）が設置されることとなり、必要内空は3.8m $\times$ 3.8mである。

掘削断面は上記必要内空を確保した上で、埋設管路・地下構造物との離隔を確保するため、4.41m $\times$ 4.41mの矩形断面に決定、セグメントの外径は4.2m $\times$ 4.2m・桁高200mmとした（図-5）。なおセグメント幅は、シールド機長と後方の資材投入余裕との兼ね合いから600mmとした。

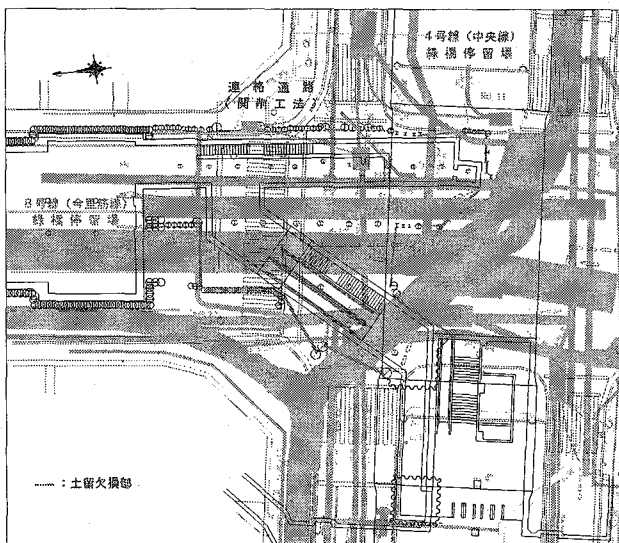


図-2 当初計画案平面図

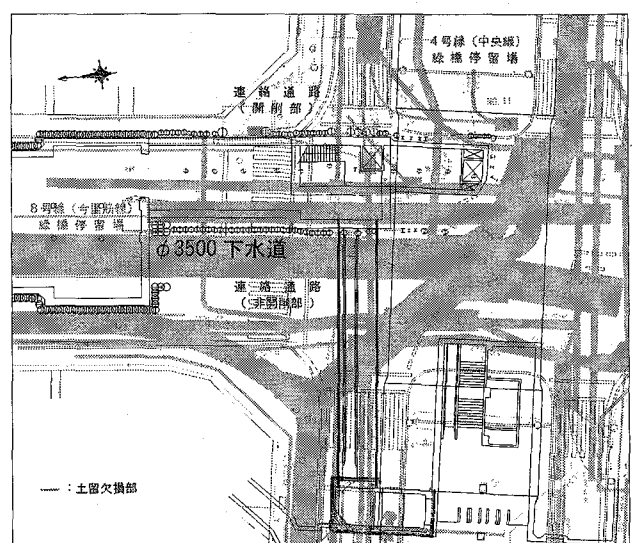


図-3 非開削案平面図

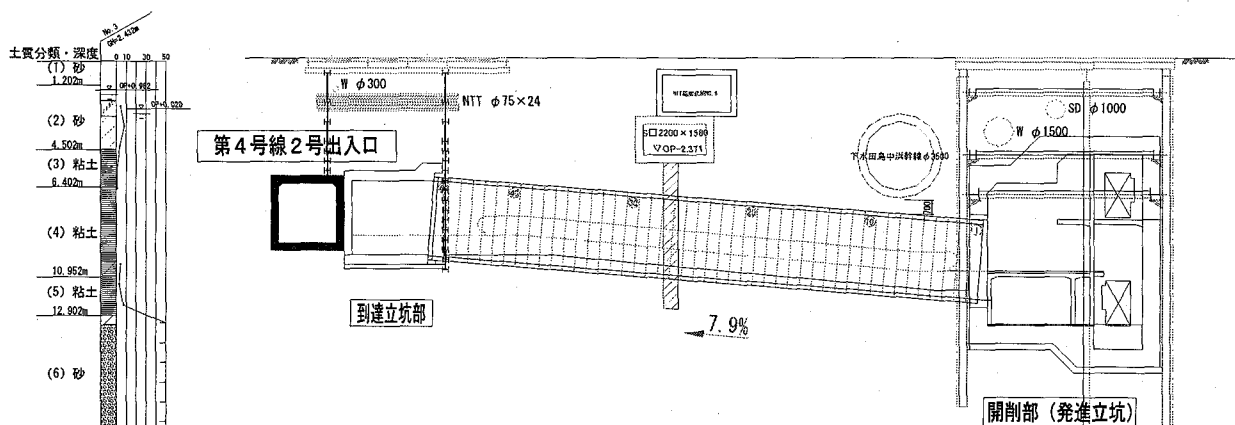


図-4 縦断線形

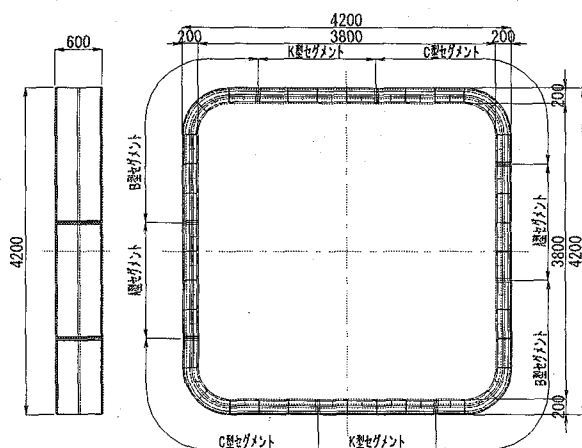


図-5 セグメント

5. 施工

(1) 地盤改良

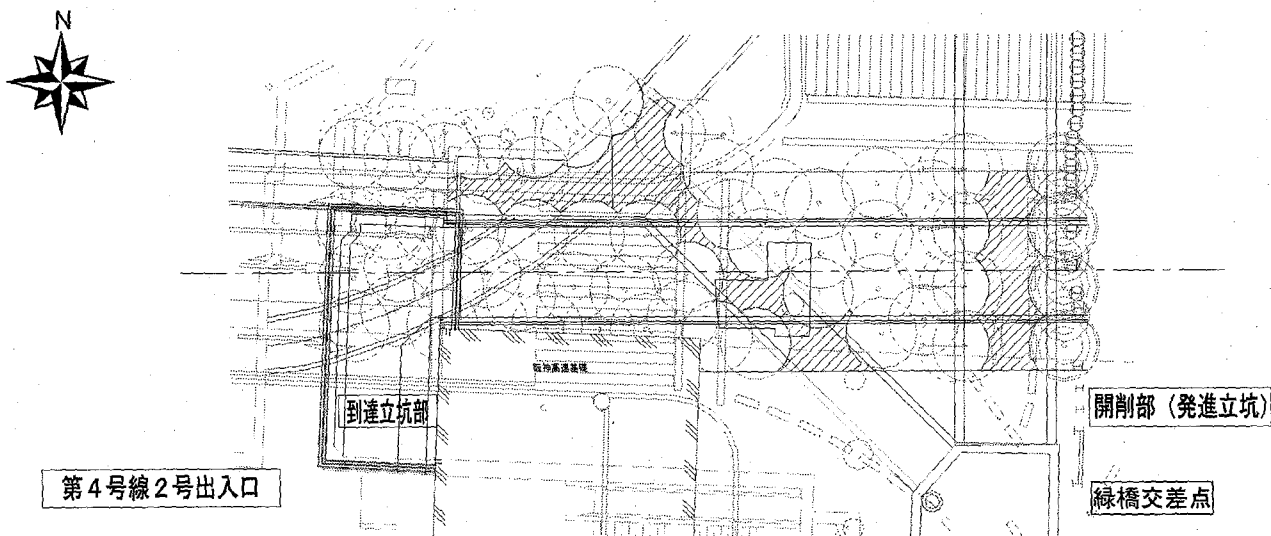
前述のとおり、地盤改良は高圧噴射攪拌工法（RJP）で行った。夜間の路上作業で、昼間は占有を解放しなくてはならない。作業後に毎回舗装を復旧することは不可能な上、排泥ピットもないことから、地盤改良工専用の仮覆工を設置して、作業を行った。

作業箇所は交差点内で占有時間に制約があった上、地表面付近でも障害物が多数存在したため、仮覆工の設置には多大な時間を費やした。また、地盤改良施工当時は停留場工事と併行して作業していた。停

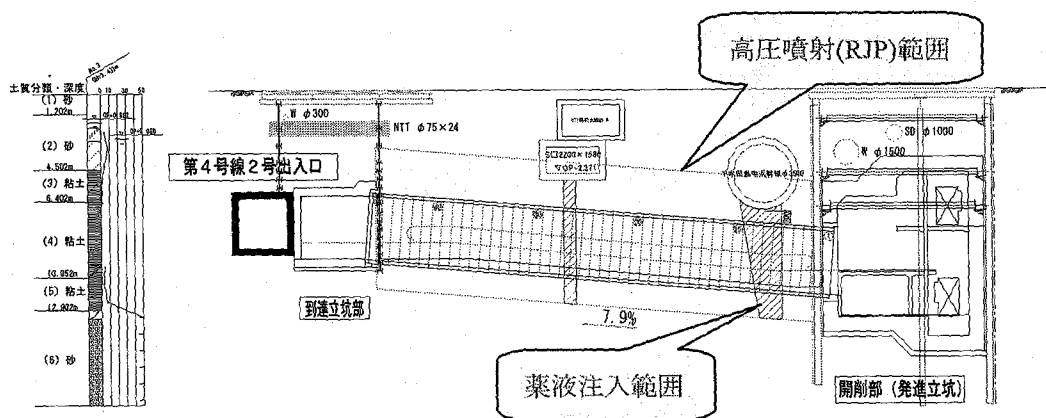
留場への材料投入開口は、今里筋の東側に位置しており、投入作業には道路の東側を占有する必要があった。一方地盤改良を施工する非開削部は、今里筋の西側に位置しており、施工には道路の西側を占有しなくてはならなかった。工程上停留場工事を優先する必要があったことから、地盤改良の施工が連続してできなかった。

図-6に地盤改良の配列図を示す。埋設管路を避けて配置し、埋設管路下部も可能な限り改良できるよう斜め削孔を行ったが、図-7に示すようにシールドとの離隔が小さいφ3500と、ボックスカルバートの下水道下部に未改良部分が残った。また、記録には記されていない残置杭も多数存在し、計画配置通りに施工できない部分もあった。この部分については、両立坑から水平注入を行い、切羽の自立を確保した。

掘削時に改良の状態を確認したところ、障害物周辺を除き、湧水もなく良好な改良体が確認された。また掘進中は地表面・埋設管路の変状を測定したが、地盤改良の効果により影響は殆どみられず、下水道管路の管理基準値を上回ることにはなかった。



図一6 高圧噴射攪拌工配置平面図



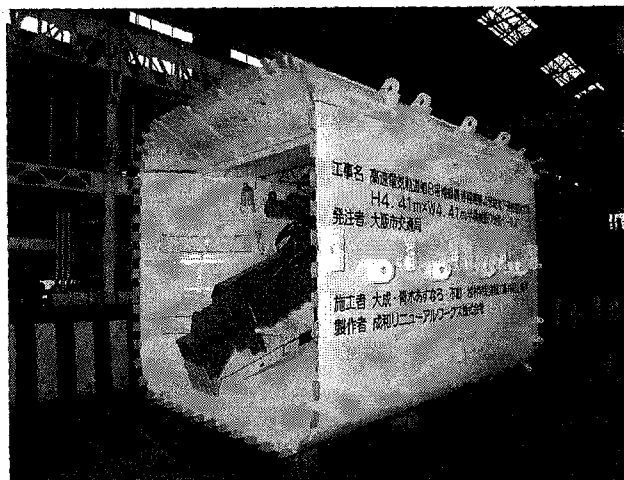
図一7 高圧噴射攪拌工縦断面図

(2) 設備計画

設備計画にあたり、問題点とその対応を以下に示す。

a) シールド機投入

投入開口が $3.0\text{m} \times 2.4\text{m}$ と小さいため、外殻を4分割した図-8のシールド機を水平に投入する開口が確保できなかった。また投入開口がシールド機発進位置から約18m離れており、シールド機を横移動する必要があった。このため、シールド機の分割ブロックを縦向きに吊上げ、坑内に投入後に電動チェーンブロックにより水平に調整して設置した。また横移動については、ウィンチを用いた。



図一8 開放型矩形シールド機

b) 覆工耐力の検討

駅舎工事施工中のため、投入開口周辺は全て路面覆工であった。そのため、シールド機投入用クレーン（160 t 吊り）の据付位置、路面覆工の耐力検討を必要とした。クレーンの据付位置を詳細に検討した結果、覆工桁に大きな負担がかからない位置に配置することにより、覆工構造を補強することなく投入することができた。

c) 坑内運搬設備

縦断勾配が 7.9% と急であるため、通常のバッテリー機関車を採用することができず、補助装置を必要とした。一般的に急勾配施工の場合、バッテリー機関車に補助装置を設置するのが一般的であるが、本工事の場合は掘進延長が短いこともあり、材料台車をウィンチで牽引する形態（図-9）を採用した。台車には逸走防止装置を考案した。一方で残土搬出は、7.9% の下り勾配を実車で運搬する場合、十分な安全性が確保できないと考え、連続ベルコン方式を採用した。

d) 土砂搬出

開口は車道部にしか設けることができなかったため、残土搬出は夜間に限定された。また後方のヤードが地下鉄駅舎内であるため、土砂ピットを設置す

逸走防止装置

牽引ワイヤーが緩むとフックが
下がってセグメントに掛かる

荷台は勾配に合わせて加工



逸走防止装置（上り専用）

セグメントに掛かり、
逸走を防止する。

図-9 坑内運搬台車



図-10 大型土のうによる残土集積

ることができなかった。作業効率・衛生面を考慮し、大型土のうによる集積・搬出を実施した。（図-10）

e) 荷役設備

一部上床版構築完了部分に資材ヤードを設ける必要が生じ、荷役設備（天井クレーン）が設置できないため、資材の運搬方法の検討が必要であった。そこで、天井クレーンに替わり、フォークリフトを用いることによりスムーズな資材運搬を確保した。（図-11）

以上の対策の結果、設備面においては大きな問題もなく施工を進めることができた。



図-11 資材運搬用フォークリフト

(3) 掘進管理

線形の管理については、直線・一定勾配という特性を考慮し、山岳トンネルで用いられるレーザー照射器を用いた。これにより簡易に、しかもリアルタイムでシールド機・セグメントの蛇行量を把握することができ、即座に掘進指示に反映することができた。その結果蛇行量は最大で鉛直 40mm・水平 30mm となり、全線にわたり±50mm という許容値を満足することができた。

計画段階では、開放型シールドは切羽土圧を受けないため、シールド機の自重により下方へ蛇行するものと考えていた。そこで上向き修正用として、シールド機下面に調整ジャッキを設けた。また掘削完了後に掘削下面の整正を行い、下方への蛇行に留意して推進した。しかし、実際には上方へ蛇行する傾向がみられた。当工区では本工事の他に、出入口への連絡通路も同種の工法により施工しているが、同じような傾向が見られた。これは下面の地盤改良が良好であったことに加え、余掘りにより上側の拘束力が小さかったことなどが要因ではないかと推察される。

(4) 障害物撤去

実際の掘進においては、試掘結果以上の残置杭(図-12)が存在した。撤去した残置杭を図-13に示す。

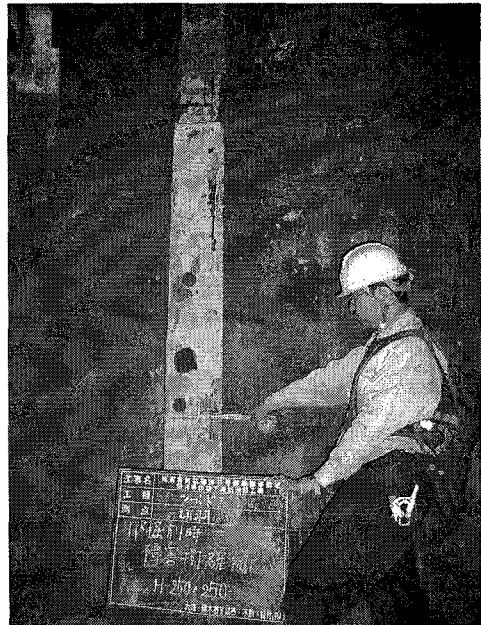


図-12 地中障害物(残置杭)

残置杭の多くは4号線緑橋停留場構築時の土留杭で、既設埋設管路の下部では、土留矢板が残置されている箇所もあった。矢板の背面は地盤改良が完全でない部分も存在した。この部分は停留場構築後の埋戻し土であるため、自立性に乏しい土であったが、補足注入により対応した。

残置杭の撤去は、平均して1本あたり1方を費やした。撤去した杭の数量を表-1に示す。

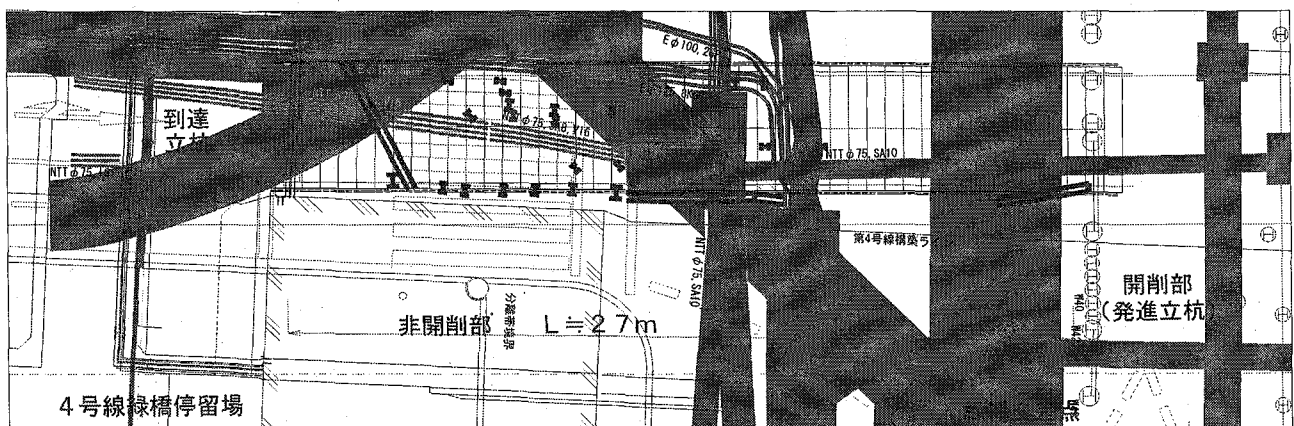


図-13 撤去杭位置図

表－1 残置杭撤去数量

種 類	本数 (本)	重 量 (kg)
H-250×250×9×14	26	8,436.5
H-300×300×10×15	13	5,440.5
H-400×400×13×21	2	1,548.0
合 計		15,425.0

杭の撤去に画期的な方法はなく、人力掘削により杭周辺の土を除去し、人で運搬できる大きさに切断した後、後方へ搬出した。

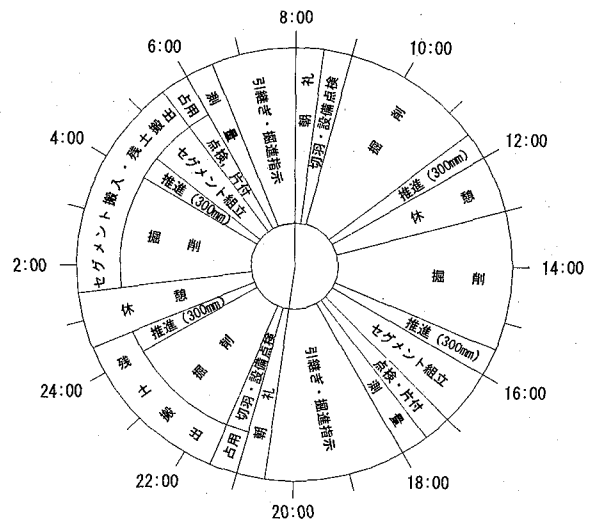
(5) 実施工程

標準的な施工サイクルを図－14 に示す。

施工は、昼夜施工で実施し、1日あたり0.6mの進捗であった。ただし残置杭が多数存在し、標準的なサイクルで施工できた日数は非常に少なかった。

表－2 は非開削部の実施工程である。地盤改良に多くの時間を要しているが、停留場工事・連絡通路工事開削部の施工を優先する必要性から、同時進行で施工した開削部分の底版改良を優先したためである。シールド機の投入・組立と併行して後方設備の組立を行い、3月20日に鏡切り、掘進を開始した。

障害物の撤去に時間を費やしたものの、概ね順調に掘進することができた。実質的な掘進期間は約1ヶ月であった。



図－14 施工サイクル

シールド機解体部は、通常二次覆工を施工するが、本工事ではさらなる工期短縮のため、解体部には空伏せセグメントを組み立てることとし、5月末日をもって全ての作業を完了した。

平成18年8月末現在、開削部の構築が完了し、別途建築仕上り工事へと移行しており、土木工事は復旧工事が主体となっている。

表－2 実施工程表

工 種	年	17												18				
	月	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
仮 覆 工																		
地盤改良工																		
掘進準備工																		
シールド機組立																		
掘 進 工																		
シールド機解体																		

6. おわりに

都市部においては、埋設管路や地下構造物が地下の浅い部分から順に配置され、当時の残置物も多く存在している。その中で、近年は地下通路などの再開発が数多く行われている。シールド工法は泥水式・泥土圧式の密閉型シールド工法が主流となっており、しかし、今後本工事のように延長の短い地下通路や、埋設物・障害物の多い場所での地下空間の築造においては、開放型シールドが適用されることが期待される。

謝辞：計画および施工にあたり、ご指導いただいた皆様ならびに工事関係者の方々には、誌面をお借りして御礼申し上げます。