

みなとみらい21線大空間地下駅の施工技術

小島 滋

KOJIMA Shigeru

正会員

日本鉄道建設公団 東京支社 工事第一部 部長

みなとみらい21線は、東急東横線と相互直通運転をし、横浜駅から横浜の中枢を占める地域の地下を走る地下鉄新線である。21世紀に横浜の経済活動の中心的役割を担い、横浜の新しい顔となる「みなとみらい21地区」を始めとして県庁のある県庁街、歴史のある馬車道、山下公園、中華街や元町など魅力あふれる地域にふさわしい駅が2004（平成16）年2月に誕生する。地下駅には、機能的な質の高さとともに快適性を十分に取入れた大空間の創出を求め、他に例をみない優れた個性的な駅舎施工として、新高島駅、みなとみらい駅、馬車道駅、元町・中華街の4駅について紹介する（図-1）。



図-1 みなとみらい21線路線図

新高島駅

現在開発が進行している「みなとみらい21」の北部（旧国鉄高島ヤード部）に位置するこのエリアに、モダンな街が出現する。この“未来の街”の駅においては「海」をモチーフにモダンで活気ある街の将来を予感させるデザインとし、駅中央部は二層吹き抜け構造を採用し、明るい開放的な地下空間を創出することとした。

この駅は、延長約180m、幅約24m、掘削最大深さ約37mで5層3径間を基本とした大深度地下駅であり、開削工法を用いて構築した。

建設にあたっての課題は、超軟弱地盤中における37mの掘削に伴う、耐力を有する土留め壁の施工、駅部掘削終了後「みなとみらい駅」から発進したシールド機（複線10m）が「みなとみらいトンネル」（約530m）を掘進し、新高島駅到達後、約180m縦断移動させることである。

以下にそれらの施工について述べる。

鋼製地中連続壁工法

今回採用した鋼製連壁工法は、RC連壁と同様に安定液掘

削工法により、掘削を行った後、RC連壁工法の鉄筋籠に変えて特殊鋼製部材「NS-BOX」を建て込みコンクリートを充填するものである。

この工法は、RC連壁のもつ特徴のほか、高い断面性能を有することから、土留め壁の薄壁化、現場の鉄筋加工ヤードが不要となり省スペース化や工期短縮が図れる等の利点がある。さらに芯材間が嵌合継ぎ手で相互に連結されることや、中埋コンクリートを充填することにより信頼性の高い土留め壁が構築される利点もある。

鋼製連壁の施工においては、大型の掘削機や特殊鋼材が注視されがちであるが、掘削精度の管理、溝壁安定の工夫、安定液管理、エレメント間のジョイントの工夫（コンクリート漏れ防止としてエチレンシートの取付）およびコンクリート打設技術（コンクリート打設種類ごとの碎石投入高さの確保、最適打設スピード7m/hrの確保）など多くの施工管理や現場における工夫等を行った。

水張り足場工法

前述したシールド機が本駅開削構内を縦断移動し、横浜



写真-1 水張り足場工法による作業状況

方から再発進することを可能にするために、全体で10段仮設した土留め支保工の下部3段を工程上の問題から一挙に解体する必要がある。

この土留め支保工の解体作業は高所作業での重量物取扱いとなり、労務安全の確保が大きな課題であり、種々検討の結果水張り足場工法を採用した。

水張り足場工法とは開削内に水を注水し、浮かべた木製いかだを足場として使用するものである(写真-1)。

この工法の長所としては、万が一作業員が転倒、落下してもライフジャケットの着用により重大災害の発生は非常に少ない、鋼材荷揚げ時の退避が容易である、鋼材に付着した裏込めコンクリートの落下に対して、水がダンパーとして働くため、底板コンクリートに対する制振効果、衝撃の緩和が期待できる。

水張り足場工法による土留め支保工解体作業は、1999年10月中旬に注水を開始、11月中旬に排水を完了した。1か月の間に8~10段までの4300tの支保工鋼材を無事故無災害で解体した本工法は労務安全確保の面から大きい成果があったと同時に、在来工法に比較して約20日の工期短縮が図れた。



写真-2 移動中のシールド機

その後、2000年2月末、シールドマシンの構内縦断移動が無事完了した(写真-2)。

みなとみらい駅

みなとみらい駅は、周辺に横浜美術館、国際会議場、ランドマークタワー、クイーンズスクエア、高層ビル、文化施設、商業施設が立ち並ぶ横浜の新都心「みなとみらい21地区」の中央地区の中心となる駅である。

駅は「船」をデザインモチーフとし、地下に埋設されたチューブ空間にさまざまな機能(空中ブリッジ、シースルーエレベーター、駅務・券売機室のブース群)を点在させ、全体を交通の装置体として捉えた近未来型ステーションとして計画した(図-2)。

当駅は、幅約16~43m、深さ約29m、延長250mの地下駅で、工事は開削工法で施工したものである。この工事における特徴ある工法を紹介する。

大型共同溝アンダーピニング

大型共同溝はみなとみらい3号線の道路下に位置し、横浜国際会議場およびホテル等への供給用配管が多数入っている。この大型共同溝(約2270t)は、直接基礎形式のボックスカルバート構造であり、この共同溝を横断して地下駅を構築するためアンダーピニング工法で受け替えることにした(図-3)。



図-2 アーチ構造のみなとみらい駅コンコース(完成予想図)

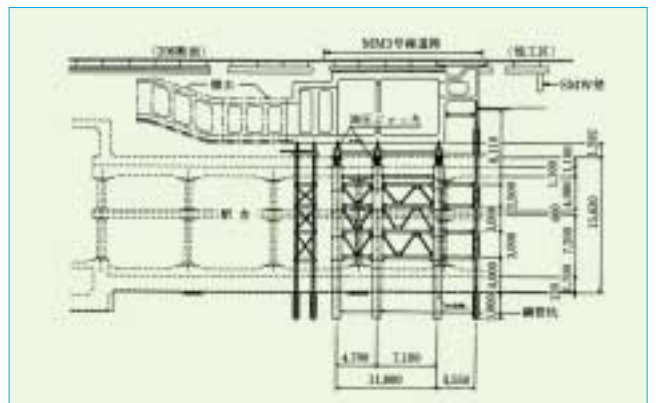


図-3 共同溝仮受け断面図

共同溝直下の地盤は土丹層まで、CDM 工法で改良されていることから共同溝底盤の鉄筋量が少ないため、仮受け時に鉄筋の許容応力度を越えることが懸念された。

この条件を考慮し検討の結果、以下の方策をとった。

仮受け杭の施工時に、共同溝の応力不足が懸念されるため、すべての導坑支保工にプレロードを導入し掘削する。

仮受け杭は鋼管とし、深礎工法で掘削後、分割した鋼管を建て込む。

深礎工法を採用した理由は、杭先端の地盤が確認でき杭先端の岩着が確実なこと、予想されるドック・船台などの地中障害物の撤去が他の工法に比べ容易なためである。また杭材を鋼管としたのは場所打ち工法と違って、杭間プレスの取付け手間が簡略化でき、躯体構築後の仮受け杭の撤去が容易なためである。

共同溝の変位計測は、共同溝内に設置した沈下計、継ぎ目計および仮受け杭に設置した基準点をレベル測量して行ったが共同溝の大きな変位は観測されず、変位は目標管理値内におさまった。

移動セトルによるアーチ部コンクリートの施工

駅本体部分の構造は、三層三径間を標準としているが、中央部コンコースの約 70 m は地下一階と二階が一体となった直径約 20 m のアーチ構造を採用した。

このアーチ部の施工にあたっては、幅約 20 m の移動セトルを採用し、以下の工夫を行った（写真3）。

鉄筋は1ブロック当たり4分割のプレハブ化施工とした。これにより、アーチ側面において鉄筋組立て作業は分割ラップ部分（3か所）のみとなり、高所作業の低減を図った。

セトルのセット時の管理項目は、高さ・位置（センター）・回転・目開き（前ブロックとの段差）・型枠の目地合わせである。大断面のこの調整は各所ジャッキ 20 か所、ターンバックル 10 か所を駆使して行い、



写真-3 スライドセトル組み立て状況

施工精度の向上を図った（写真3）

馬車道駅

馬車道駅周辺には、県立歴史博物館をはじめとする石やレンガ作りのクラシックな建物や高層オフィスがある。この駅のコンコース壁面はレンガ積みとし、ホーム対向壁にもレンガタイルを用いてレトロ調のムードをかもし出すとともに、新しい素材とデザインを随所に採り入れ、駅で過去と未来を対比させる計画とした。

この駅は地下空間の閉鎖的イメージを緩和するため、駅中央部に地下1層と2層を吹抜けとしたドーム形状とした。ドーム付け根のリング状梁の直径が 25.0 m、ドーム中央部の高さが 12.0 m の空間である（図4、5）。

このドームコンクリートの施工にあたってはドーム付け根のリング状梁の厚さ 2.7 m、ドーム頂部の厚さ 0.8 m のマッシブな構造であり、周囲を既設コンクリートで拘束されていることと、部材厚の変化する広がりのあるスラブ構造であることから温度ひび割れの発生が懸念された。このためこの部分においては耐久性、止水性、美観の面からひび割れの制御を図るため三次元有限要素法による温度・温度応力解析とひび割れ幅の推定を実施し、ひび割れ対策工の検討を行った。

ひび割れの許容目標値を 0.25 mm 程度とし検討した結果、低発熱型セメントの使用、湿潤保温養生マットによる

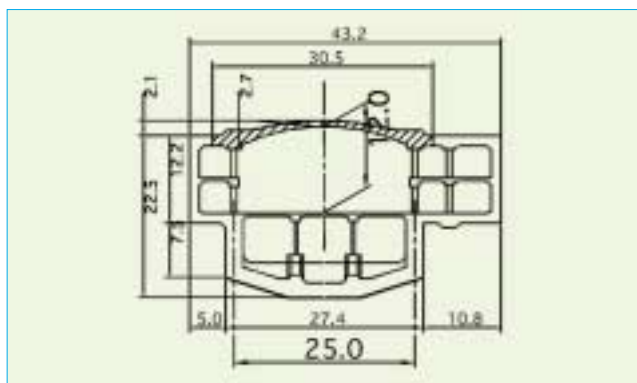


図-4 ドーム部断面図



図-5 ドーム部改札周り（完成予想図）

養生、ドーム下側をカーテンシートで囲うこと等により部材内部の温度差の緩和と急激な温度降下の防止対策工を行った。

施工後のひび割れ調査の結果、円周方向に卓越する外部拘束応力によると思われる 0.05～0.15 mm 程度のひび割れがドーム中心部から端部の方向に数本確認できたが、ひび割れ幅は小さく収まり、ひび割れ対策工の効果が確認できた。

元町・中華街駅

元町、中華街、山下公園、外人墓地、港の見える丘公園など観光・ファッション・グルメと、歴史的・文化的に最もヨコハマを感じさせる場所に位置する駅、これが元町・中華街駅である。

この駅は地域のシンボルとして“みなとよこはま”を直に体験していただけるよう、開港以来の歴史・文化を紹介すべくホームには明治後期から昭和初期にかけての古い街並み、コンコースに当時をしのばせる人・物を描写するとともに、駅中央部を二段吹き抜けアーチ構造として開放的な地下空間を確保した(図-6)。

この駅は横浜でも最も交通量の多いコンテナ街道直下での開削工法および二級河川堀川下のパイプルーフ工法等で構築した。また駅始点方には道路施設である山下町地下駐車場との一体施工を行った。

ここでは、堀川河川下でのパイプルーフ工法を紹介する。
パイプルーフ工法の施工条件

河川下での施工に加え、近接した首都高速狩場線橋脚、堀川護岸、谷戸橋橋台等があり、道路下には古い幹線下水等の重要構造物がある。特に護岸基礎は、パイプルーフ天端との離隔が約 70 cm の余裕しかなく、厳しい条件下での施工であった。

パイプルーフの設計概要

本体躯体構造の外縁に、鋼管を水平部29本、垂直部15本×2の門型に配列した。鋼管は、711.2×12 mm、平均



図-6 アーチ構造の元町・中華街駅プラットホーム(完成予想図)

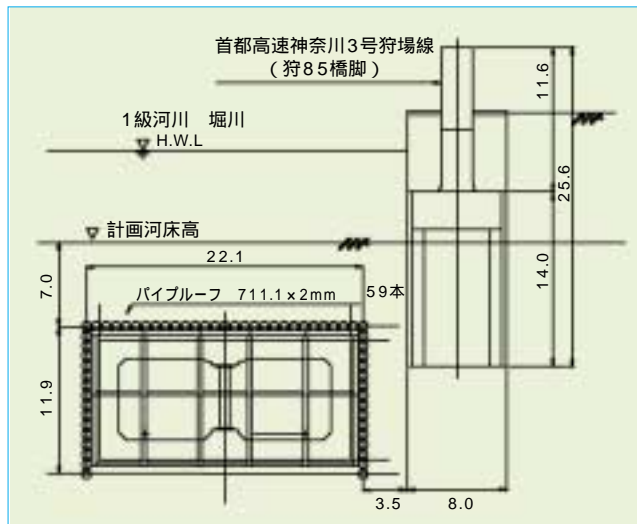


図-7 パイプルーフ設計図

延長 70 m (最大 80 m) で、継手はL型アングルの組合せによるアウトジョイントの構造である。鋼管は施工条件、溶接回数等を検討し最大長 6.0 m とし全周半自動溶接とした。

設計上の推進精度は垂直方向 1/1300、水平方向 1/800 である(図-7)。

推進工法の概要

推進工法は、地質条件から密閉式小口径推進工法とし、経済性と現在までの実績等から泥水加圧式を採用した。

掘進機は機長約 2.5 m としたが、到達立坑が狭隘なため分割回収できる構造とした。

発進立坑に元押装置を設置して推進を行い、掘進機は従来工法では困難であった蛇行修正が可能な構造とした。

掘削土は流体輸送により坑外に設置した泥水処理設備(一次・二次)により分別処理した。

推進架台にセットしたジャッキ(総推力 600 t)により、水平部はセンター基準管より左右へ 2 台で施工し、垂直部は昇降架台を両側に設置し上部から順次推進した。計測を行いながら慎重に施工した結果、近接する首都高、下水、河川護岸等に変状を与えることなく終了した。

参考文献

- 1 - 鋼製地中連続壁：鋼製地中連続壁協会：設計施工指針，H9.9
- 2 - 荒井治・大内雅典：土留支保工解体工事における安全施工への取組み(水張り足場工法)日本鉄道施設協会誌(2003.3)
- 3 - 丸山治・荒井治：ドーム構造を採用した地下駅のひび割れ対策(土木技術57巻5号)
- 4 - 鹿島隆・東 優：河川直下におけるパイプルーフの施工(日本鉄道施設協会誌 1997.10)

