

羽田空港国際線ターミナル駅建設工事

供用中の鉄道トンネルを拡幅し地下新駅を構築

柄澤正芳

羽田空港国際線ターミナル駅（京浜急行）は、羽田空港再拡張事業に伴い新設される新国際線旅客ターミナルビルに直結すべく、営業線供用中の既設トンネルの途中に開削工法により建設された。

本稿では「営業線安全運行を確保した上での新駅建設」が命題の当工事において、特に大きな課題であった、営業線建築限界直近における既設構造物撤去、及び新設構造物構築工の安全対策等を中心に新駅築造工の施工について報告するものである。

キーワード：供用中の鉄道トンネル拡幅、SMW 工法、TRD 工法、SDM-Dy 工法、ワイヤーソー、ウォータージェット、営業線安全運行確保

1. はじめに

京浜急行電鉄の営業路線は、都心から川崎・横浜・横須賀を経て三浦半島に至る本線及び、空港線・大師線・逗子線・久里浜線の5路線、計87.0kmである（図-1）。

空港線は平成10年11月の羽田空港駅開業時より都心及び横浜方面からの羽田空港へのアクセスとして重要な役割を担っている。羽田空港駅の1日あたりの乗降人員は約78,000人である。

一方、羽田空港は増大する航空需要に対応するため航空機発着容量の拡大を目的として新設滑走路整備事業が進められておりこれにあわせて、国内線発着余裕枠を活用した国際定期便の就航を可能とする国際線地区整備事業が国土交通省により平成22年10月末の供用開始を目途に進められた。京浜急行電鉄(株)は羽田空港国際化に対応すべく、国際線地区に新設される「新国際線旅客ターミナルビル」の前面直下に「羽田空港国際線ターミナル駅」を建設することにした（図-2）。

本工事は営業線供用中の既設トンネル（1層2径間、写真-1）の周囲を掘削し、新たなRC構造物を構築し新旧構造物の接続施工を行った後に既設側壁を撤去して2層4径間の構造物とし（図-3）、最大幅員14m、延長160mの上下相対式ホームを備えた新駅を新設するものである。またB2Fホームより、ターミナルビル出発（3F）、到着（2F）に接続する地上駅ビル（地

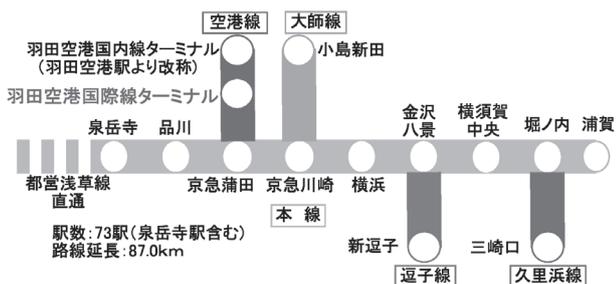


図-1 京浜急行電鉄(株)路線図

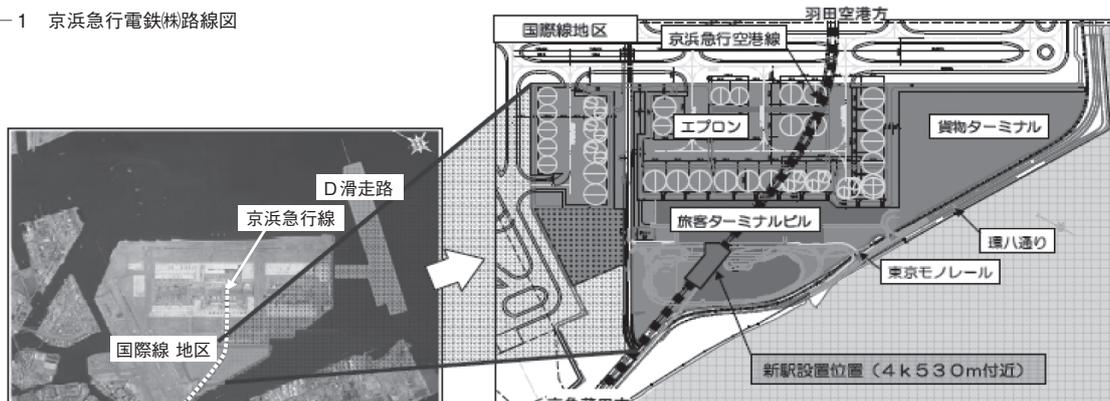


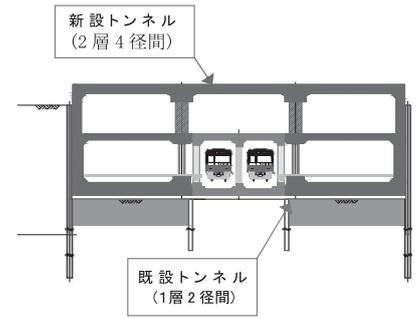
図-2 京急新駅位置図



写真一 既設トンネル（着工前）



写真二 地上部全景（着工前）



図一三 トンネル断面図

下2F, 地上3F)については別途建築工事として発注され、土木JVと同構成の建築JVにて施工した。

2. 工事概要

- 発注者 : 京浜急行電鉄株式会社
 工事名 : [国際線ターミナル駅（仮称）建設工事]
 土木工事
 工事場所 : 東京都大田区羽田空港内
 工期 : 平成18年4月1日～平成22年11月30日
 [土木(その1)工事～土木(その4)工事にて分割発注]

主要工事数量 :

- ・ソイルモルタル地中連続壁 (φ 650, L = 37.5 m) 15,663 m²
- ・地盤改良工 (改良厚 3 m) 15,885 m³
- ・山留支保工 (4段切梁) 2,086 t
- ・作業構台 1,188 m²
- ・土工 掘削工 69,691 m³
- 埋戻し工 4,124 m³
- ・躯体構築工 型枠工 15,562 m²
- 鉄筋工 3,464 t
- ・鉄筋コンクリート工 21,000 m³
- ・ホーム床版工 (t = 200) 4,400 m²

3. 施工詳細

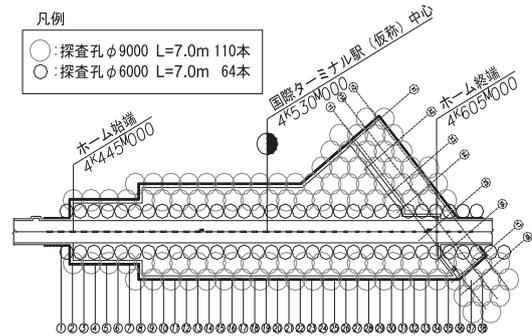
(1) 不発弾探査

工事に先立ち、当該施工区域内の不発弾の事前調査を実施した。

調査は事前調査として水平磁気探査による現地キャリブレーションを実施後、鉛直磁気探査により不発弾の有無を確認した（図一四、写真一三）。

(2) 障害物撤去

当該施工区域は戦時中に存在した工場の基礎等が残置されており、土留め杭打設に先立ち障害物撤去を実施した。障害物は支持杭（松杭）を含めるとGL-10m程度と深い深度にまで存在していた。そこで撤去方法として、深度の深い障害物に関しては全周旋回オールケーシング工法（写真一四、五参照）を採用した。



図一四 磁気探査実施平面図



写真一三 鉛直磁気探査実施状況



写真一四 障害物撤去（クレーン掘削）



写真一五 障害物撤去（BG機掘削）

(3) 土留工

土留壁はソイルモルタル地中連続壁（φ 650, L = 37.5 m）であった。施工方法は当初計画では一般的なSMW 工法であったが、非常に長い直線部があるという当工事の山留形状の特徴を考慮し、長い直線部については施工能率と、出来形の向上が期待できるTRD 工法を採用し工期の短縮を図った(図-5, 写真-6, 7)。

結果、施工実績としてTRD 工法は105 m² /日セット、SMW 工法は70 m² /日セットの施工実績であった。また土留工は当初工程では5カ月見込んでいたが、実施工程は4.5カ月と0.5カ月圧縮した。

(4) 底盤改良工

掘削に先立ち新設躯体底部に全面地盤改良を実施した。

改良工法は一部障害物が残置されている箇所はCJG 工法とし、その他一般部については大口径高速低変位深層混合処理工法（SDM-Dy 工法）とした。

SDM-Dy (SDM-Dynamic) 工法は、3点支持式杭打ち機を使い、2軸式機械攪拌と超高压噴射攪拌を併用した工法である。従来工法に比べ大口径の改良体が得られるとともに、特殊オーガースクリューにより改良と同時にスラリー添加量に見合う量の排土を行うことで、施工時の地盤変位を抑制でき、大量処理施工と低変位施工を同時に行うことのできる深層混合処理工法である(図-6, 写真-8, 9)。以下の点を考慮し当工法を採用した。

①既設構造物等との確実な密着施工

高压噴射工法との併用のため、既設構造物（新旧土留壁）に対して密着施工を行える。



写真-6 山留工 (SMW)



写真-7 山留工 (TRD)

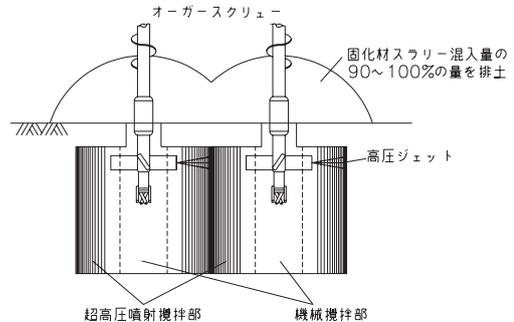


図-6 SDM-Dy 工法概要



写真-8 地盤改良工 (SDM-Dy)



写真-9 地盤改良工 (CJG)

②改良時の既設構造物への変位抑制

特殊オーガースクリューにより、施工と同時にスラリー添加量に見合う量の排土を行うことで、排土機能を有していない従来の工法に比べ、周辺地盤の変位が小さくなる。鉄道営業線を抱えている既設構造物への影響を最小限に抑えることは最優先事項であった。

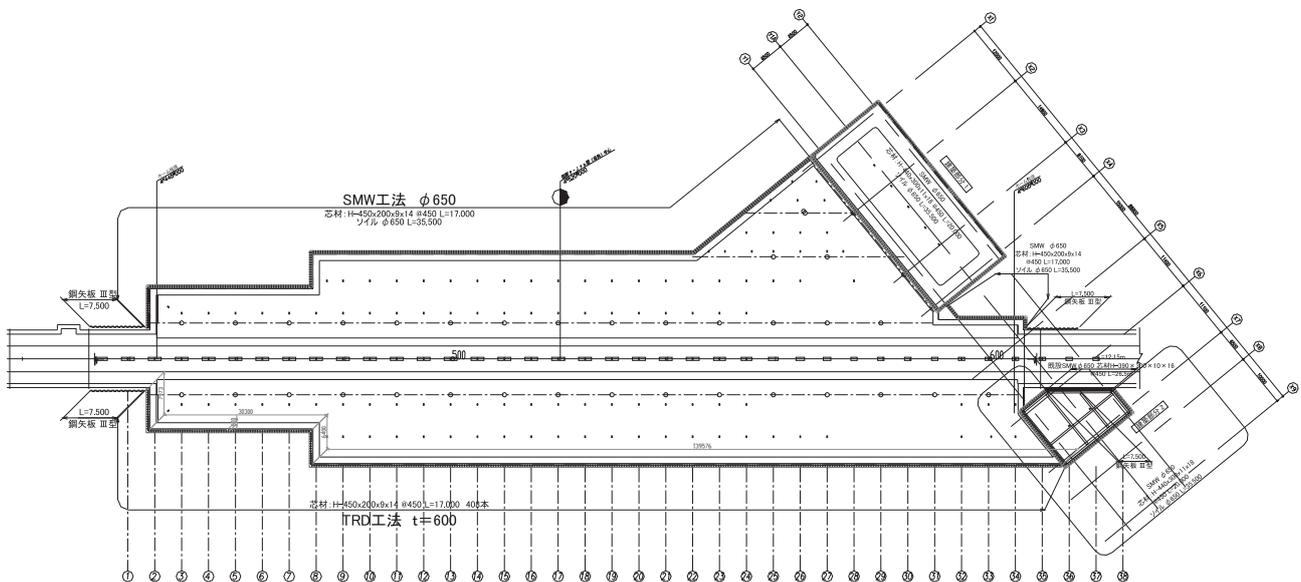


図-5 土留工平面図

(5) 躯体構築工

①既設構造物接続工 (図-7)

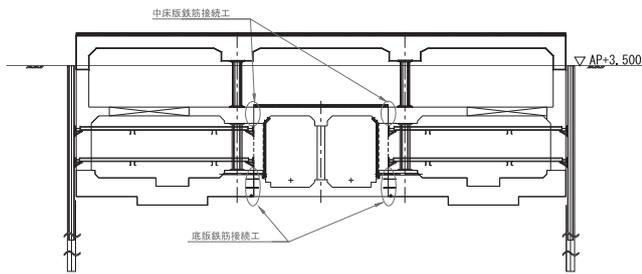


図-7 既設構造物接続部

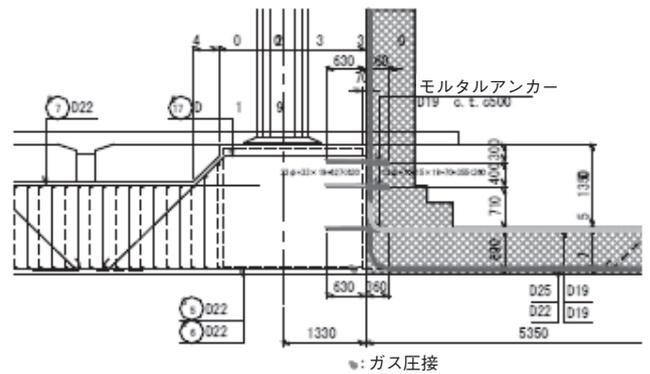


図-8 底版部接続詳細図

◎既設鉄筋接続方法の検討

新設躯体と既設躯体との接合方法については、構造的な問題をクリアすることは当然であるが、施工により既設躯体（営業線）が受ける品質低下及び営業線の安全確保についても十分に考慮しなければならないと考えた。そこで、営業線の安全を確保する観点から、既設躯体との鉄筋接続方法について元設計よりの変更を提案した。提案に際しては下記項目を考慮して決定した。

また接続する既設鉄筋周囲のハツリ出しについて、既設鉄筋及び、コンクリートを損傷しないようにウォータージェットを使用した。

【底版部 (図-8, 写真-10~13)】

- 営業線への少なからぬ影響を考慮すると、ハツリ出しは、できるだけ小さい方が望ましい。
- 上筋については、新設躯体と接合することにより、現状よりも引張力が軽減されることから、上筋を接続しなくても構造上の問題はクリアされる。
- アンカー筋は、新旧躯体の定着を確保すれば十分で



写真-10 底版部接続部ハツリ出し状況 (人カハツリ)



写真-11 底版部接続部ハツリ出し状況 (ウォータージェット工法)



写真-12 底版部接続工 (ガス圧接状況)



写真-13 底版部接続工 (モルタルアンカー打設状況)

あると考えることから、突き出し長を短くし、打設本数も少なくできる。

【中床版部 (図-9, 写真-14~17)】



写真-14 中床版ハツリ出し状況 (ワイヤーソー切断ブロック荷揚げ)



写真-15 中床版ハツリ出し状況 (ウォータージェット工法)



写真-16 中床版接続工 (機械式継手)

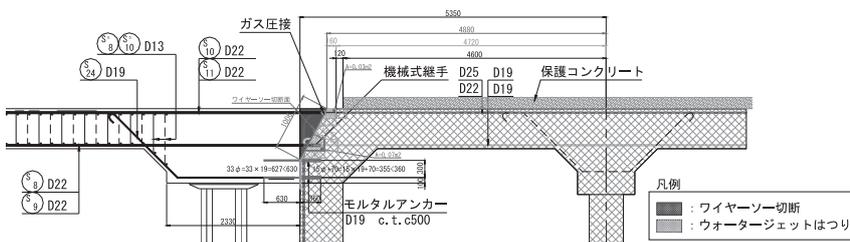


図-9 中床版部接続詳細図



写真-17 中床版接続工 (ガス圧接継手)

- 上, 下主筋に引張力が発生するので, 構造的に確実に接続する必要があるが, 接続に伴うハツリ出しの部分が大きくなるのが, 既設躯体に与える影響をできるだけ最小限にするよう考慮し, ワイヤソー工法を採用した。
- ハツリ量を減らすことで鉄筋の接続は, 同一断面になる。鉄筋が同径ならば手動圧接よりも信頼性の高い熱間押し抜き圧接が可能であるが, 異径同士のため機械式継手(モルタル注入式)を採用した。

(6) 既設躯体撤去工

鋼管柱, 中床版施工完了後に既設側壁の撤去工を実施した。

既設側壁は建築限界からおよそ 400 mm しか離隔がなかった。鉄道安全確保を第一として検討した結果, 撤去方法としてはワイヤソーにてブロック塊に切断し, 手前に引出し荷揚げした後, 地上にて小割・搬出する方法を採用した(図一10)。

①列車防護柵設置

撤去開始に先立ち, 列車防護柵を設置した。列車防護柵は以下の点を考慮して構造を計画・検討した。

- 1) ワイヤソー切断を昼間に行えるように, 切断時に列車に対して水, 粉塵の飛散を防げるように密

閉した構造であること。

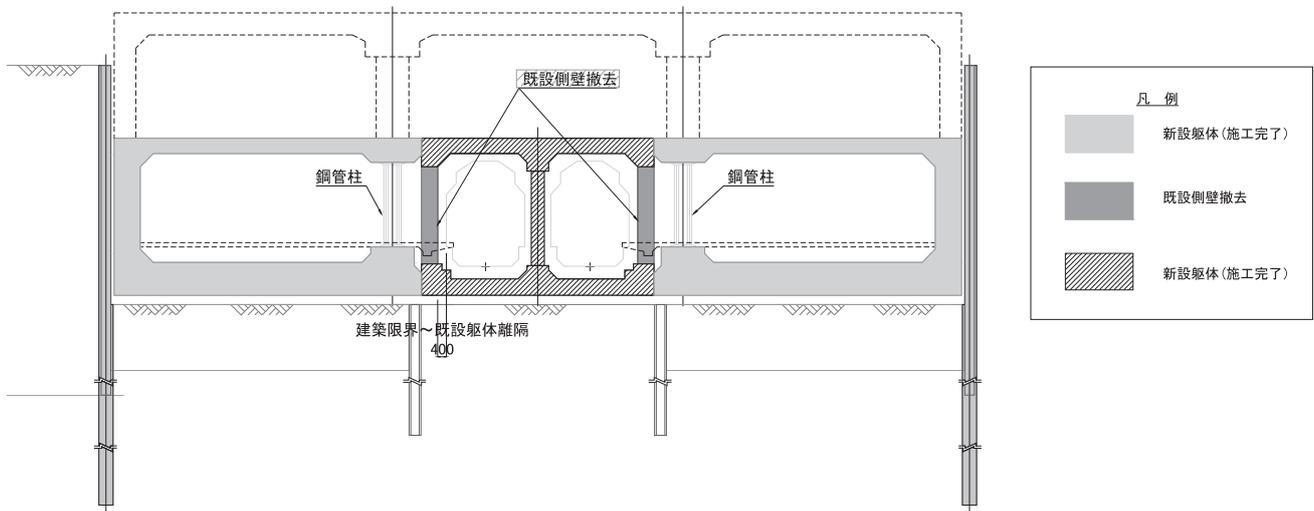
- 2) 上記のように構造は密閉したものが望ましいが, 日中列車が直近をおよそ 100 km/h, 10 分間隔で走ってくるので, その風加重に耐えうる構造を有すること。
- 3) 万一, 切断中にワイヤーが切断した場合に軌道側にワイヤーが飛び出さないように措置しておくこと。
- 4) 列車防護柵設置箇所はトンネル内の狭隘な場所であるので大きい揚重機が必要な重設備では設置が困難である。人力作業にて取り扱いが可能な軽材料により組立てられる構造であること。

以上を主に考慮して列車防護柵構造を決定した。

支柱は H-125 とし上下をケミカルアンカー止めとし, 防護壁には汎用品の防音パネルを使用した。またワイヤー切断に耐えられるように防護柵と躯体のわずかな離隔約 50 mm にはワイヤソー用防護シート(ダイニーマシート)を設置した(写真一18~20)。

②既設側壁撤去工

既設側壁の切断寸法は安全に扱える範囲で極力大きい方が工費及び工期的に有利になると考え, 横引きのフォークリフト, 荷揚げクレーン等の重機性能を考慮



図一10 既設側壁撤去断面図



写真一18 列車防護柵組立状況(パネル設置)



写真一19 列車防護柵組立状況(防護シート設置)



写真一20 列車防護柵組立完了全景

し最大7tと定めた。切断ブロックはおおよそ、2,500 × 1,250 × 厚750の寸法であった。切断したブロックが万一にも軌道側へ転倒しないように以下のような施工方法を採用した。

○ワイヤーソー切断時は事前にケミカルアンカーによる治具より、背後の中間杭から控えをとり緊張しておく(図-11、写真-21)。

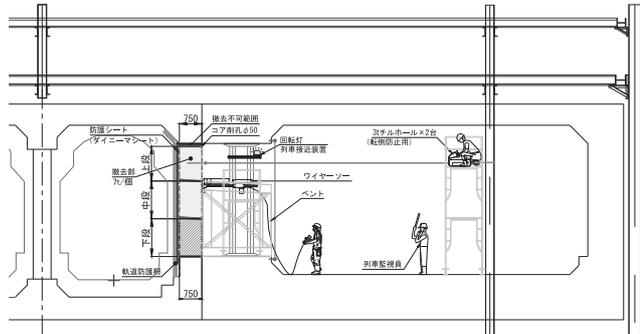


図-11 ワイヤーソー切断状況図



写真-21 ワイヤーソー切断状況

○切断は軌道側には転倒・滑りがないように先行コアの段階で角度をつけておく。

○横持ちのフォークリフトが操作の誤り等により、切断ブロックを軌道側へ押し出したりすることのないように切断ブロックは安全な位置まで引出してからフォークリフトで横持ちすることとした。また切断ブロックの引出しは最も懸念される作業であったので機械を用いずに人力(チルホール等)にて慎重に作業することにした(図-12, 13, 写真-22~25)。

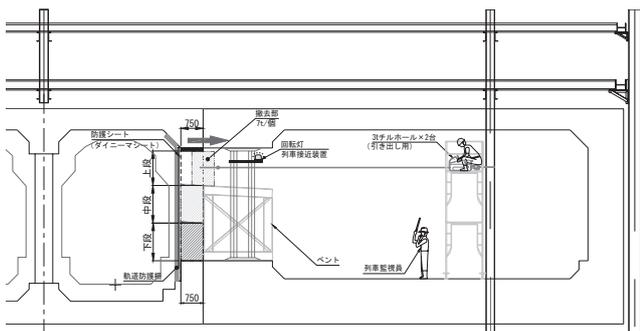


図-12 切断ブロック引出し状況図

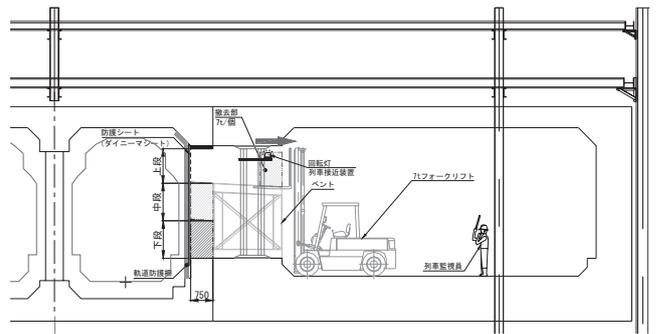


図-13 切断ブロック荷取状況図



写真-22 切断ブロック引出し状況



写真-23 切断ブロック荷取状況
(10tフォークリフト)

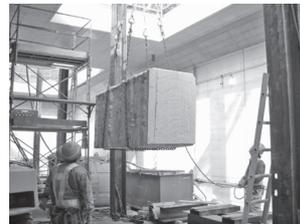


写真-24 切断ブロック荷揚げ
状況(坑内)



写真-25 切断ブロック荷揚げ
状況(地上部)

(7) ホーム床版工(図-14, 15, 写真-26~29)

ホーム床版は元設計では現場打ちであったが、型枠が建築限界を支障する可能性が高いため、ホーム先端部についてはプレキャストRC床版に変更した。

施工は先端部RC床版設置、列車防護柵設置については夜間作業とし、列車防護柵より内側の現場打ち床版構築作業は昼間作業とした。

また現場打ち床版と底版との離隔は約700mmと解

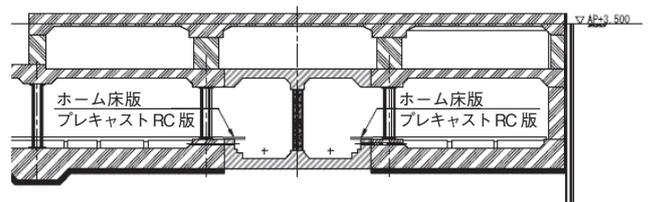


図-14 プレキャストホーム床版断面図

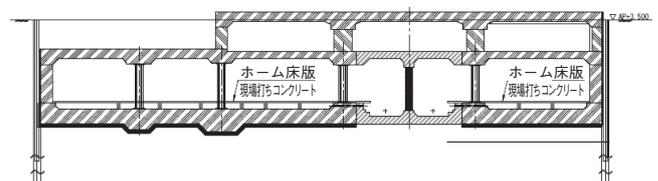


図-15 現場打ちホーム床版断面図



写真-26 プレキャストホーム床版設置状況
(一般部；クレーン架設)



写真-27 プレキャストホーム床版設置状況
(狭隘部；人力架設)



写真-28 躯体構築完了 (B2F；軌道階ホーム部)



写真-29 躯体構築完了 (B1F；機械室部)

体が困難であったため、型枠材料としては解体不要のフラットデッキを採用し工期短縮を図った。

4. おわりに

当工事は施工実績の少ない供用中の鉄道トンネルの周囲を掘削、拡幅する工事であった。様々な工種において、他の施工事例がほとんどないものであった。事例のない工種の設計、施工検討は得意先と協議しながら、現場、社内スタッフそして協力業者、皆で一体となって取組んできた。

平成22年10月21日の羽田空港新国際線開業に合わせて、「営業線安全運行の確保」という大目標は達成した上で無事に「国際線ターミナル駅」は開業を迎えた。

今後同種の工事があった場合、当工事の施工実績が参考となれば幸いである。

最後に、当工事に当りご理解とご指導をいただいた、京浜急行電鉄(株)鉄道本部蒲田連立・空港線担当様、

パシフィックコンサルタンツ(株)交通技術本部 鉄道部様、そして現場を支援していただいたJV(清水・大成・鹿島・五洋・京急建設共同企業体)各社、社内スタッフ、協力業者、関係各所の皆様にこの場を借りて深く感謝の意を表します。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 京浜急行電鉄(株)：国際線ターミナル駅(仮称)事業パンフレット
- 2) 新保貴光、柄澤正芳、安藤 陽：トンネルと地下 VOL.41, No.4, 2010
「羽田空港における地下建設に伴う軟弱地盤のリバウンド対策」

【筆者紹介】

柄澤 正芳 (からさわ まさよし)
清水建設(株)
土木東京支店 土木第一部

