

選奨土木遺産である 銀座線新橋駅の改良工事

和田 康平¹・吉田 敬²・原口 繁充³

¹正会員 東京地下鉄株式会社 改良建設部 第三工事事務所（〒135-0043 東京都江東区塩浜二丁目 28-17）
E-mail: k.wada.g3t@tokyometro.jp

²非会員 東京地下鉄株式会社 改良建設部 第三工事事務所（〒135-0043 東京都江東区塩浜二丁目 28-17）
E-mail: ke.yoshida@tokyometro.jp

³非会員 東京地下鉄株式会社 改良建設部 第三工事事務所（〒135-0043 東京都江東区塩浜二丁目 28-17）
E-mail: s.haraguchi@tokyometro.jp

東京メトロ銀座線新橋駅は、一日の乗降人員が 25 万人を超える主要駅であるとともに、他社線との乗換駅として都心交通の一翼を担っているが、近年の再開発事業などによる利用者増加に伴い、旅客流動に支障が発生している。現在東京メトロでは、ホーム・コンコース拡幅、昇降設備の再配置などにより、駅構内の混雑緩和、利用者の安全確保、周辺交通機関への乗換え円滑化を目指し、工事を実施している。

90 年以上の歴史を有する当駅は、鉄鋼框構造で築造されていることに加え、工事においては、作業スペースが狭隘であることによる空間的制約、営業時間外での作業であることによる時間的制約など、厳しい条件下での施工となる。

本稿では、工事の核をなすホーム・コンコース拡幅における鉄鋼框の撤去・新設について、各種制約条件への対応を踏まえて報告する。

Key Words: *Ginza Line Shimbashi Station, Steel frame structure, Congestion mitigation measure, Working under operated line*

1. はじめに

東京メトロ銀座線（以下、銀座線）は、昭和 2 年（1927 年）12 月 30 日に浅草駅～上野駅間 2.2km で営業を開始した日本で最初の地下鉄である。銀座線の大部分は開削工法で建設されており、路線の大半が地下 10m に満たない浅い部分を走っている。

現在の銀座線は、東京都台東区の浅草駅から渋谷区の渋谷駅まで全線 14.2km を結ぶ、東京都の主要路線となっている。また、図-1 に示す通り、表参道・銀座・上野など、東京の主要な街を通るため、多くの旅客に利用されており、ラッシュ時は 2 分、日中も 3 分間隔のダイヤが組まれている。

銀座線新橋駅（以下、新橋駅）は、一日の乗降人員が約 25.3 万人（2018 年度 1 日平均）を超える東京メトロの主要駅であり、東日本旅客鉄道（JR）・東京都交通局（都営地下鉄）・東京臨海新交通臨海線（ゆりかもめ）との乗換駅として、都心交通の一翼を担っている¹⁻⁵⁾。

本稿では、銀座線新橋駅における現状の課題から、課題解決を目的とした駅の大規模改良工事の全体像、さらには、工事の核であるホーム・コンコース拡幅における鉄鋼框の撤去・新設の施工に際しての課題とその解決策について記述する。

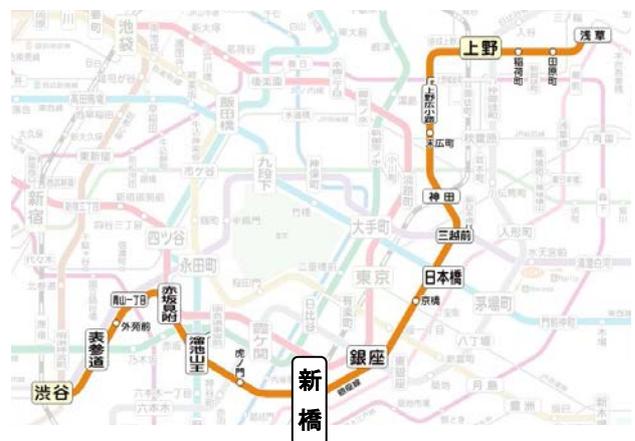


図-1 銀座線概要図

3. 新橋駅の改良計画

改良後の新橋駅のコンコース階、ホーム階の平面図をそれぞれ図-4、図-5に示す。また、改良後の駅構内立体図を図-6に示す。2. (2)にて述べた課題を解決するため、改良計画の策定にあたっては、コンコース階および渋谷方面ホームにおける、駅構内レイアウトの大幅な変更を行うこととした。以下に具体的な改良計画を示す。

(1) 乗換改札の分散

- ・JR 口改札に集中している旅客流動を、田村町口改札側に分散させるため、現状、出入口 7, 8 方面に面している田村町口改札の改札位置を、乗換連絡通路方面に移設し、それとともに改札内歩行空間を拡幅する。

- ・JR 口改札においても、出場専用の改札位置を出入口 1, 2 方面にスライドする。

(2) 渋谷方面ホームの滞留空間の創出

- ・渋谷方面ホームを渋谷側に約 26.5m 延伸し、それに合わせて直上のコンコースを拡幅する。さらには、ホームの延伸に伴い、列車停止位置を現状の位置から渋谷側に約 37m 移動する。

- ・昇降設備の増設および配置変更によって、渋谷方面ホーム上の旅客を滞留を緩和させる。具体的には、田村町口改札内においては、これまで 1 箇所のみであった階段を移設することに加えて、延伸したホーム上にも階段を 1 箇所増設する。JR 口改札においては、変更後の列車停止位置を考慮して ESC・EV を再配置する。

以上の対策を行うことにより、コンコース階においては、これまでJR口改札に集中していた旅客流動を田村町口改札に分散させるとともに、渋谷方面ホームにおいては、旅客の滞留緩和を図ることとした。

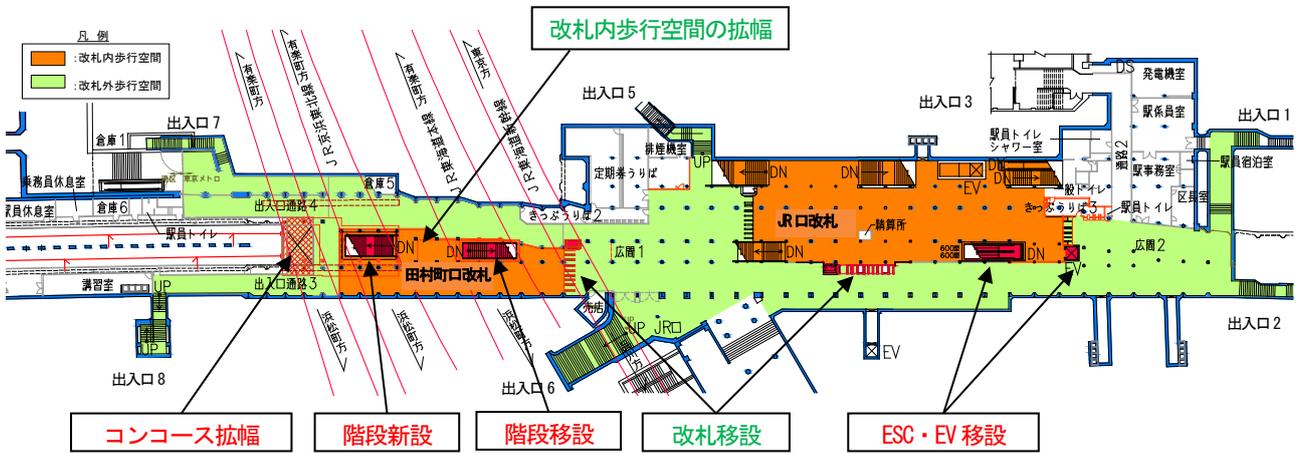


図-4 地下一階コンコース階平面図 (改良後)

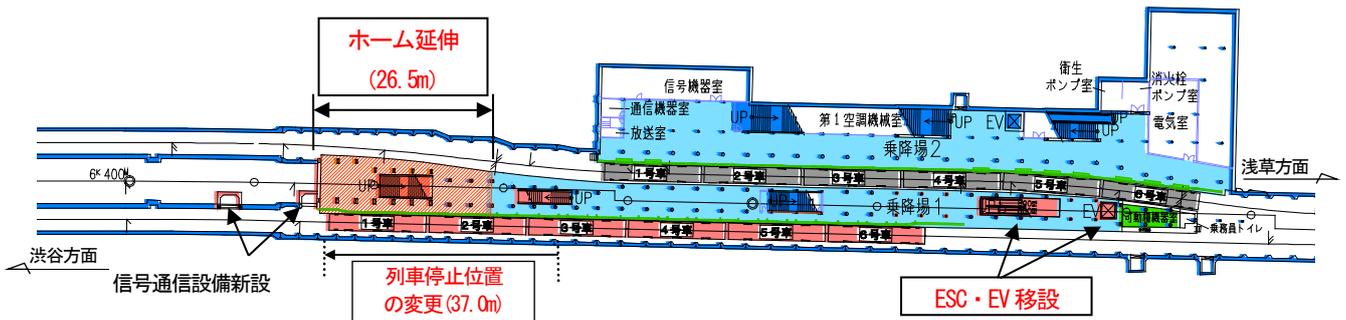


図-5 地下二階ホーム階平面図 (改良後)

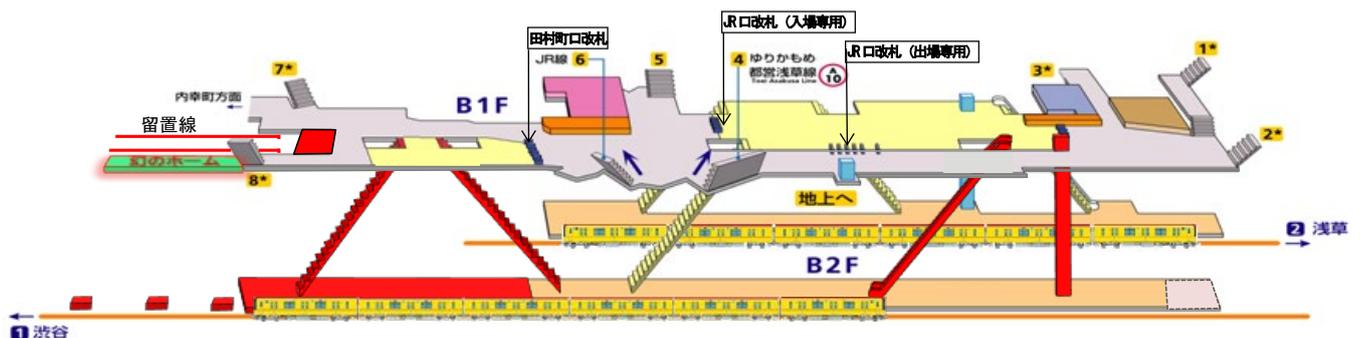


図-6 駅構内立体図

4. ホーム・コンコース拡幅工事

本章では新橋駅改良土木工事の核となるホーム・コンコース拡幅（以下、本工事）について詳細を記述する。

(1) 工事概要

改良前および改良後の縦断面図・横断面図をそれぞれ図-7、図-8に示す。ホームを拡幅する範囲は、柱3通りから柱12通りまでとした。なお、柱3通りから柱9通りにおいては、主骨格を形成している既存の鉄鋼框を切断・撤去し、新たな鉄鋼框を設置することとした。現状の框位置のままでは、ホームの軌道側端部に柱が位置することとなり、旅客流動の阻害となることに加え、駅員・運転士の視認性低下に繋がるためである。

(2) 施工条件

a) 幻のホーム

コンコース階の柱5通りから渋谷側には、昭和14年（1939年）に旧東京高速鉄道が建設した「幻のホーム」と呼ばれるホームがある。現在は留置線として利用されているが、その一部をセットバックし、旅客の通行が可能なコンコースとして供用する。留置線の軌道がある箇所については、コンコース階から一段下がった位置に下床版があるため、二層三径間の異高型断面となっている。

b) 営業線との近接

施工箇所の両脇が銀座線の営業線となっている。工事ヤードと営業線とは防護壁で隔てているものの、安全管理上、作業内容によっては営業時間内の施工ができない。

c) JR線二葉橋架道橋の橋脚

銀座線新橋駅の直上を、JR線が交差しており、本工事にて施工を行う範囲の躯体上床版には、JR線二葉橋架道橋（以下、JR架道橋）の橋脚基礎が設置されている。

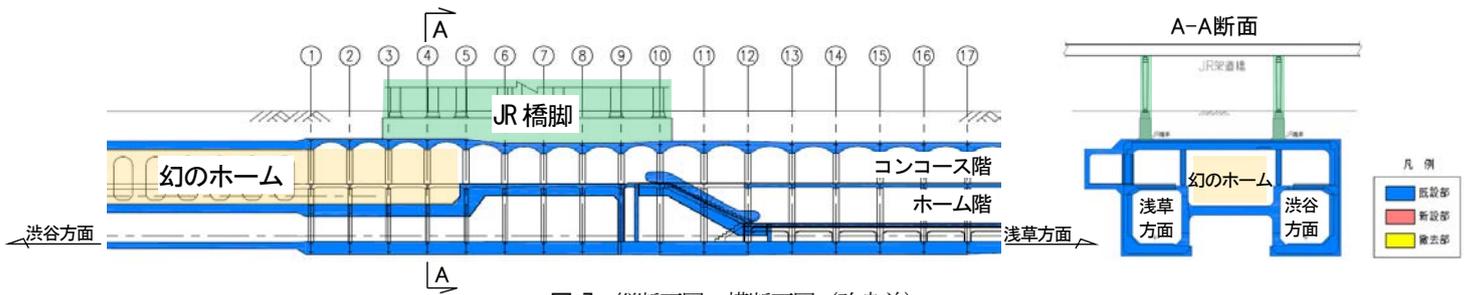


図-7 縦断面図・横断面図（改良前）

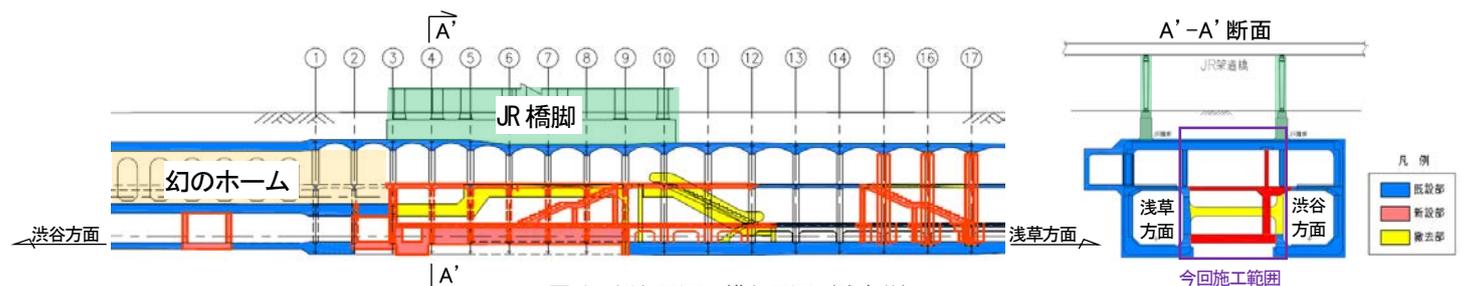


図-8 縦断面図・横断面図（改良後）

d) 施工開口

ホーム・コンコース拡幅部は交通量の多い外堀通りの直下に位置しており、施工開口を設置できる場所が限られている。そのため、施工開口は施工箇所から約100m離れた場所に1箇所のみを設置となり、そこからすべての資機材の搬出入を行う必要がある。施工開口から施工箇所までは天井クレーンを用いて資機材の運搬を行う。

(3) 施工ステップ

本工事の主要な施工ステップを図-9に示す。なお、横断面図には、新設階段が位置する柱8通りの断面を示す。

STEP 1に示す掘削工では、作業スペースが非常に狭隘であるため、作業エリアに応じて適宜、支保工の架設・撤去を行いながら、順次進めていく。

掘削完了後は、鉄鋼框の切断・撤去を行う準備工として、STEP 2に示すような順序で施工を行う。鉄鋼框両脇の一部既設側壁を撤去し、そのスペースに油圧ジャッキ付きの仮支柱を設置する。

STEP 3に示す鉄鋼框の切断・撤去および新設では、既設框の切断・撤去の直前に、前述の仮支柱のジャッキアップを行い、既設框が支えていた荷重を一時的に受替える。既設框を撤去し、新設框の設置が完了した後に、仮支柱のジャッキダウンを行う。ジャッキアップおよびジャッキダウンにあたっては、既設構造物および近接構造物に変状が生じないように、異常の有無を確認しながら、設計荷重の20%・40%・60%・80%・100%と順次加圧・減圧を行う。新設框への荷重の受替えが完了した後、仮支柱および残りの範囲の既設側壁を撤去する。

STEP 4に示す躯体構築工では、下床版・ホーム床版を構築した後に、工事ヤードと営業線とを隔てている防護壁を撤去する。その後、階段等の構築を行うステップとなっている。

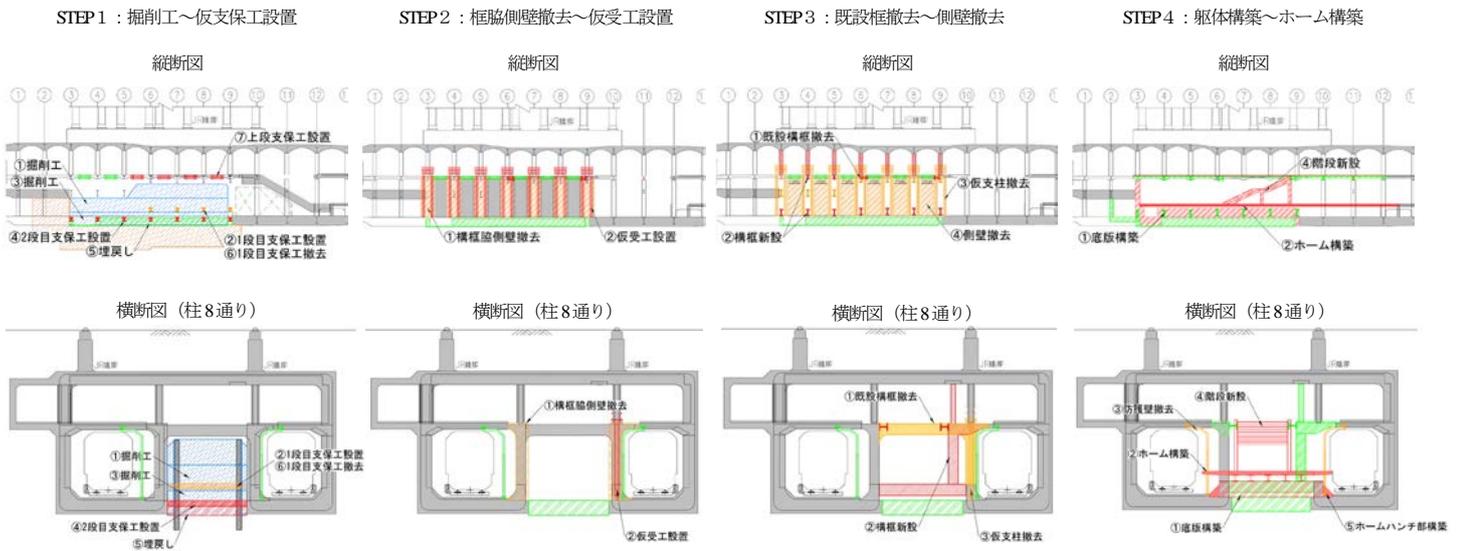


図-9 施工ステップ図

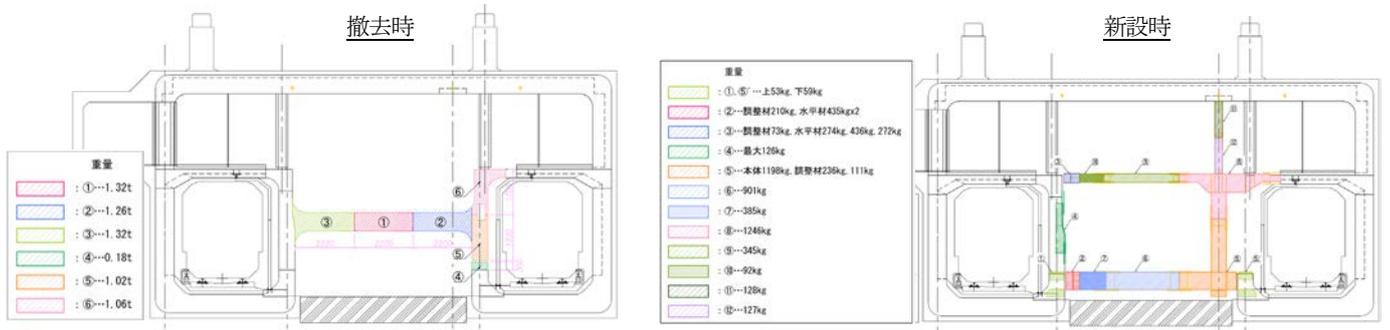


図-10 鉄鋼枠の切断・撤去および新設におけるブロック割付図

ここで、鉄鋼枠の撤去・新設におけるブロック割付を図-10に示す。ブロックの割付にあたっては、前述の天井クレーンの定格荷重および施工開口から施工箇所までの運搬ルートのスペースを考慮した。

なお、旅客の安全確保のため、資機材の搬出入から鉄鋼枠の切断・撤去および新設に至るまで、ほぼすべての作業を営業時間外に実施した。

(4) 施工上の課題

a) 営業線および近接構造物に対する計測管理

当該施工範囲は営業線と近接していることに加え、躯体上部には JR 架道橋が設置されている。そのため、鉄鋼枠の切断・撤去および新設を行うにあたっては、これらの構造物に影響を与えないよう、改良工事の施工に伴う営業線および近接構造物への影響を把握し、有事の際には速やかに対策を講じることが必要不可欠であった。

そこで、下記項目による複合計測管理を実施することにより、既設構造物の保全と安全運行の確保、並びに改良工事の円滑な進捗と安全管理の徹底を図ることとした。

- i) 構造物の鉛直変位 …沈下計測(自動計測)
…水準測量(手計測)
- ii) 構造物の垂直変位 …水平測量(手計測)

- iii) 軌道狂い …軌道四項目測定(手計測)
- iv) 構築内面の変状 …目視および写真撮影による構築内面調査
- v) JR橋脚の鉛直変位 …水準測量(手計測)
- vi) JR橋脚の水平変位 …水平測量(手計測)
- vii) JR橋脚の傾斜変位 …傾斜測量(手計測)

JR橋脚計測機器配置図、コンコース階計測機器配置図・ホーム階計測機器配置図をそれぞれ図-11、図-12、図-13に示す。

鉛直変位・水平変位については、一次管理値(警戒値)を±3.5mm、二次管理値(限界値)を±5.0mmとして、傾斜変位については、一次管理値(警戒値)を±3.5分、二次管理値(限界値)を±5.0分として、適時、計測管理を実施した。万が一、鉄鋼枠の切断・撤去時に、上記の管理値を超えた場合には、工事を一時中止するとともに、緊急対応として、既設枠を鋼材で添接し即座に主骨格を再形成することとした。そのための準備として、事前に鋼材を添接する箇所のケレン・削孔などを行った。

このように、複数の計測機器を活用し、不測の事態を想定しながら工事を進めることにより、鉄鋼枠の切断・撤去および新設においては、営業線および近接構造物に影響を与えないよう施工を進めることを可能とした。

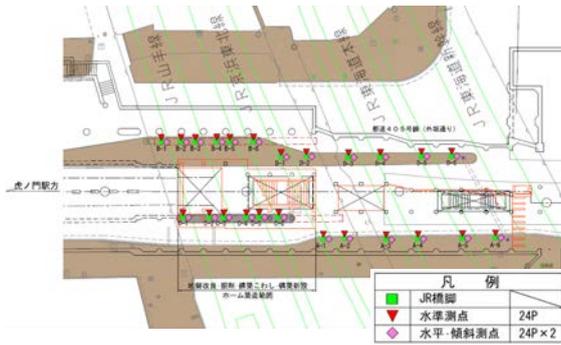


図-11 JR橋脚計測機器配置図

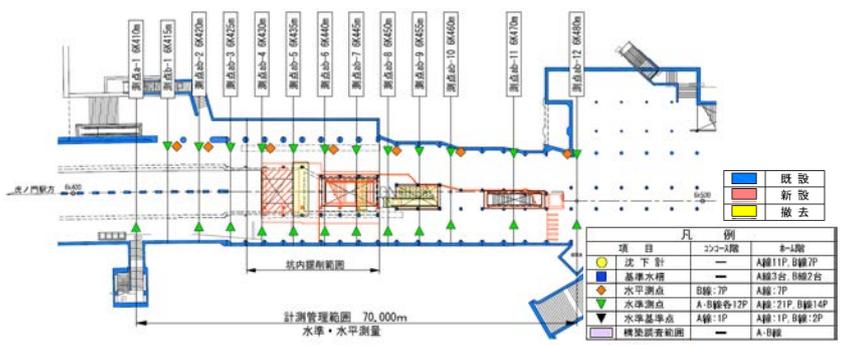


図-12 コンコース階計測機器配置図

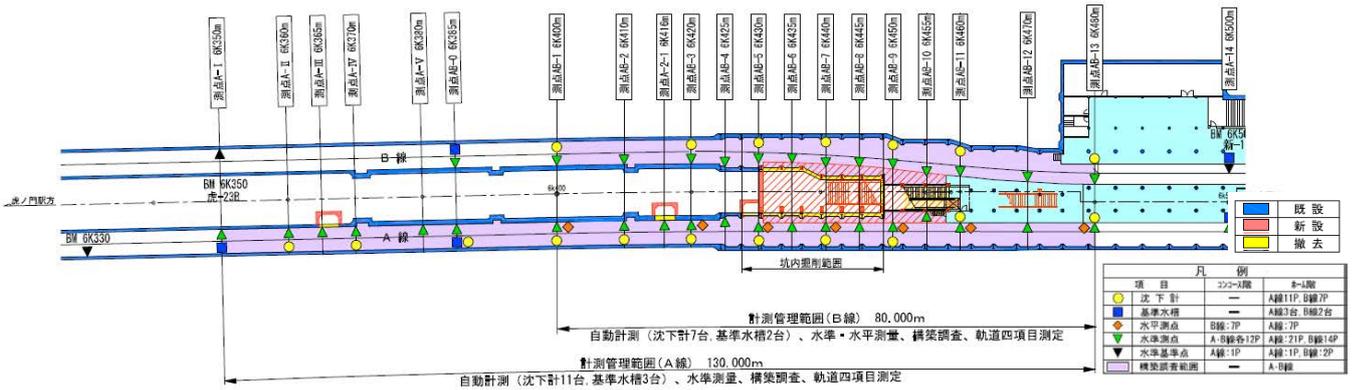


図-13 ホーム階計測機器配置図

b) 既設鉄鋼框の傾き・ねじれ

鉄鋼框の切断・撤去および新設にあたっては、既設框を露出させ実測した結果、傾き・ねじれ等が生じており、建設当時の竣工図と現地との差異が確認された。現況の框構造の位置詳細を精緻に把握するために、框の新設を行う柱3通り～柱9通りの全断面に対して3Dレーザースキャナによる測量（以下、3D測量）を実施し、X軸（軌道直角方向）・Y軸（軌道方向）・Z軸（鉛直方向）のすべての座標を測定する必要がある。

3D測量とは、地形や構造物などを3次元的にデータ化する目的で行われるものである。測量により得られたデータを点群（点の集合体）として図化することで、CAD等のソフトで使用可能となる。

本工事における3D測量の手順を以下に示す。

- i) 基準点・補助基準点の設置
- ii) 現地測量による3次元点群データの取得
- iii) 専用ソフトを用いた測量座標計算
- iv) ノイズ除去等の点群データ処理
- v) 点群データを用いた構造物形状の抽出・図化

使用した3D測量機器の座標精度としては、50m離れた対象物に対して誤差3mm以内と、非常に高精度である。一方で、レーザースキャナの特性として、レーザー光が当たらない箇所については点群データを取得することができない。そのため、足場の撤去・架設を適時行いながら複数の地点で計測を実施し、得られた点群データを合成することで、現地測量の精度を高めることとした。

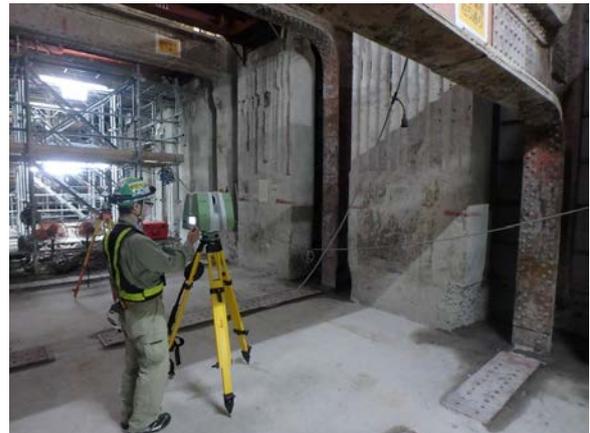


写真-5 3D測量の施工状況

3D測量の施工状況写真を写真-5に示す。

こうして図化した既設框の3Dモデルに、設計図を基に製作した新設框の3Dモデルを重ね合わせることで、新旧框接続部におけるずれ量を算出した。図-14に柱6通りにおける3D測量結果を用いた新旧框の重ね合わせ図を示す。また図-15には、新旧框接続部の実測と、当初計画との差異を記載した詳細図の一例として、柱6通り②部の図を示す。銀座線開業時の竣工図を基に、既設框・新設框の設計値を350mmとしていたが、当該箇所における既設框の実測値は332mmであった。また、計画の接続位置からY軸方向に+8mm（浅草側に8mmの移動）、Z軸方向に-17mm（下側に17mmの移動）の差異があることが確認された。

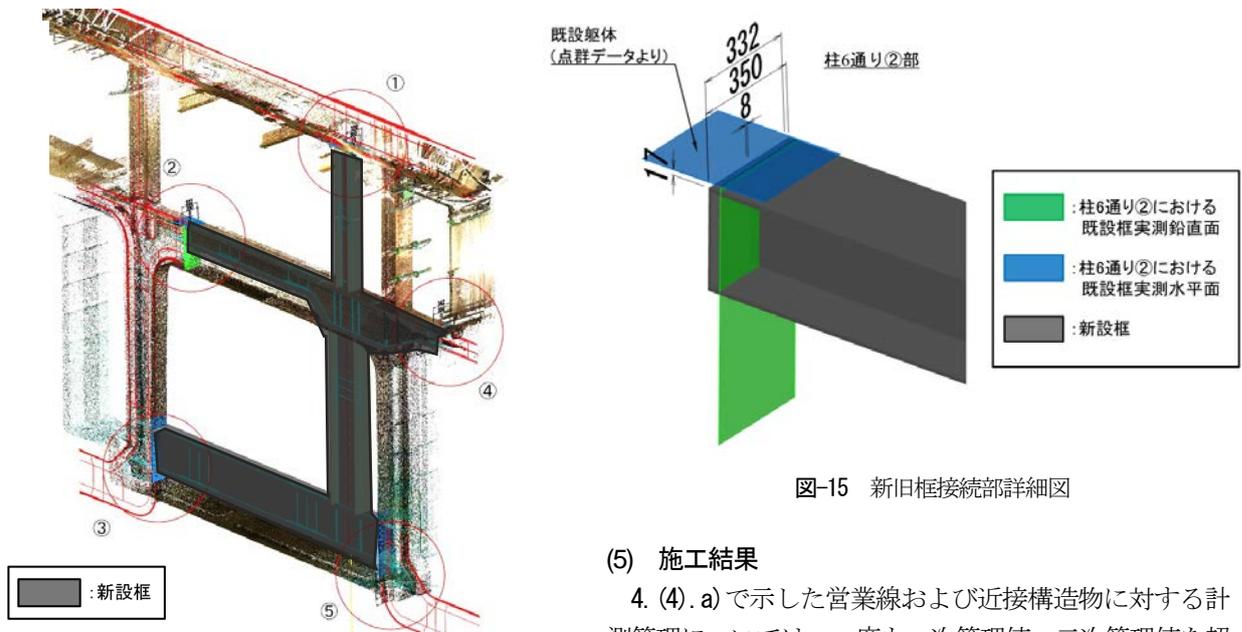


図-14 3D測量結果を用いた新旧框重ね合わせ図

すべての接続部において図-15 のような接続部詳細図を作成し、既設框現況位置と、新設框の設計図とのずれ量を算出した。その結果、既設框のずれ量は最大で87mmに上ることが判明した。

当初の設計では、図-14 に示す①～⑤のすべての接続箇所が同一平面上に存在することを前提としていた。したがって、設計通りの施工では、軸力を伝達する際にねじれが生じてしまい、構造の安定性が担保できないことが明らかとなった。そのため、改良後も安定した主骨格が形成されるよう、新旧框の接続方法についての再検討および設計図の修正を行った。

図-15 新旧框接続部詳細図

(5) 施工結果

4. (4). a) で示した営業線および近接構造物に対する計測管理については、一度も一次管理値・二次管理値を超えることなく、施工を行うことができた。

また、4. (4). b) の既設鉄鋼框の傾き・ねじれに対する対応策については、当初計画からずれ量の少ない箇所では、ねじれに対して安全であることを確認したうえで、図-16に示す通り、新旧框の接続部を駒材を介して接続することとした。一方、ずれ量の大きい箇所については、駒材ではねじれが解消されないため、新旧框接続部の縦断方向に、框間を跨ぐ水平材を設置し、新旧框部材間の応力伝達はこの水平材を介して行うものとした。駒材および水平材の設置後の写真をそれぞれ写真-6、写真-7に示す。

上記の方針に基づき、設計から見直しを行い、現地状況に即した框を製作・設置したことで、無事に鉄鋼框の新設を完了させることができた。

鉄鋼框の新設前後の状況を写真-8、写真-9に示す。

今後は、前述のステップ図 (図-9) STEP 3-④の側壁撤去から、STEP 4の底版・ホーム・中床版・階段の構築を順次進めていく。引き続き営業線との近接施工となるため、十分に注意を払い施工を進めていきたい。

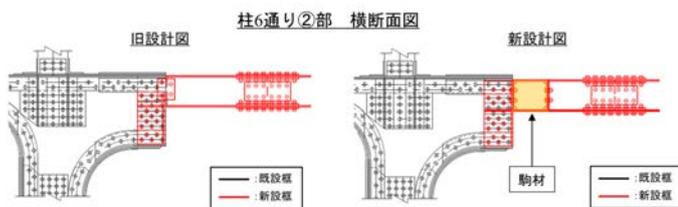


図-16 柱6通り②部 新旧設計図



写真-6 駒材の設置後



写真-7 水平材の設置後



写真-8 鉄鋼框新設前



写真-9 鉄鋼框新設後

5. おわりに

本稿においては、銀座線新橋駅における改良計画の全体像からホーム・コンコース拡幅の施工における課題・解決策に至るまで、多岐にわたる内容を記述した。その中でも特にホーム・コンコース拡幅における鉄鋼框の切断・撤去および新設については、前例のない施工であるとともに、非常に厳しい条件下での作業であったが、多くの困難を克服し、無事完了することができた。

前述の通り今後も新橋駅改良工事は続く一方で、新橋駅周辺においても複数の再開発が行われる見込みである。鉄道事業者として、変化する駅周辺状況の的確な把握に努め、必要であれば速やかに計画を策定できるよう、準備を進めていく必要があると考えられる。

本工事は関係者の皆さまの多大なるご支援、ご協力を頂きながら、約6年の歳月を経て、一番の難所を乗り越えることができた。本工事の事例が、今後の地下空間における大規模改良工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 荻野竹敏, 福田隆二, 郡山剛, 小柳朋宏: 推奨土木遺産である銀座線新橋駅の改良計画, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第20巻, pp.183-190, 2015.1.
- 2) 城石尚明, 福田隆二, 石田晴英: 銀座線新橋駅改良工事における鉄鋼框切断に伴う補強計画, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-255, pp.509-510, 2017.9.
- 3) 辻口貴大, 鈴木章悦, 藤野覚, 長野敏彦: 銀座線新橋駅改良土木工事 ホーム延伸工事に伴う西新橋方面改札の切り替え工事について, 土木学会第73回年次学術講演会, VI-1008, pp.2015-2016, 2018.9.
- 4) 鈴木章悦, 藤野覚, 渡部諒介: 地下鉄営業線内でのホーム延伸部の掘削, 基礎工, pp.84-87, 2020.5.
- 5) 千田健斗, 鈴木章悦, 藤野覚, 西勇哉: 地下鉄営業線構内におけるホーム延伸部の掘削について—銀座線新橋駅改良土木工事一, 土木学会第74回年次学術講演会, VI-417, 2019.9.
- 6) 東京地下鉄株式会社: 銀座線トンネル維持管理検討委員会報告書, 2005.3.
- 7) 東京地下鉄道株式会社: 東京地下鐵道史, 1934.6.

The Improvement work of Shimbashi station on Tokyo metro Ginza line, a civil engineering heritage

Kohei WADA, Kei YOSHIDA, Shigemitsu HARAGUCHI

Shimbashi Station on Tokyo Metro Ginza line is one of the most important transportation stations in Tokyo used by more than 250,000 passengers every day. In addition, it is connected to JR lines, the Tokyo Metropolitan subway line, Yurikamome line and forming the transportation hub playing the central role in Tokyo. However, an unexpected increase in passengers caused by redevelopment in recent years has resulted in hindrances in the flow of passengers. To improve the situation, we have proposed construction plans including home concourse expansion and escalator facilities rearrangement for mitigating congestion occurring on platforms, enhancing passenger safety and facilitating transfers to other lines. Nevertheless, Shimbashi station was constructed more than 90 years ago and the main structure with steel frames which requires outstanding skills to improve. Moreover, the construction has been under difficult situations such as a narrow work space and restriction working time after operating hours as well. In this paper, we will report on the construction result of the main work, dismantling and constructing steel frames, and the process of overcoming the difficultness.