

JR 渋谷駅改良工事中央工区 第2回線路切換における工事桁こう上横移動への挑戦 機械と人力作業の融合で2日間の大規模線路切換工事に貢献

山田 広樹・片山 理志・梅田 晃寛・関 司 英明

渋谷駅改良工事は、渋谷駅周辺開発に併せて、2015年に着手、山手線・埼京線のホーム並列化等を行うものであり、現在も施工中である。計4線（4回）の大規模線路切換工事を行うが、本稿では第2回線路切換（埼京線下り）における中央工区の施工方法について報告する。令和2年5月29日の終電後から6月1日の始発までの54時間の切換工事であり、そのうち線路を支える工事桁（8m程度の短い鉄橋）移動に与えられた時間は17時間である。切換延長709mのうち工事桁移動区間は422mであり、中央工区はそのうち約81m（工事桁10連）、最大1.3mこう上・横移動2.6mを担当した。
キーワード：線路切換、こう上・横移動、人力施工、門型設備、ジャッキシステム

1. はじめに

渋谷駅改良は、山手線に隣接していた東急東横線渋谷駅の地下化を機に、東急東横線渋谷駅跡地を活用した土地区画整理事業により埼京線ホームスペースを確保し、さらにJR渋谷駅ホームの上空と東西エリアを一体的なビル構造とするため、中央・東（渋谷スクランブルスクエア）・西の3棟を建設する計画であり、同時に鉄道線形改良を行う大規模な工事である（図-1, 2）。

一般的に線路切換工事は、連続立体高架化工事の切

換口部で行われることが多く、通常の夜間時間帯もしくは始発を数時間遅らせる長大間合いで施工される。しかし、今回の渋谷駅第2回線路切換は、同時にこう上・横移動を行うものであり、2日間の埼京線運休を伴うため、早い段階からの計画調整、工夫を凝らした設計施工、周到的準備を行い、切換に挑んだ。

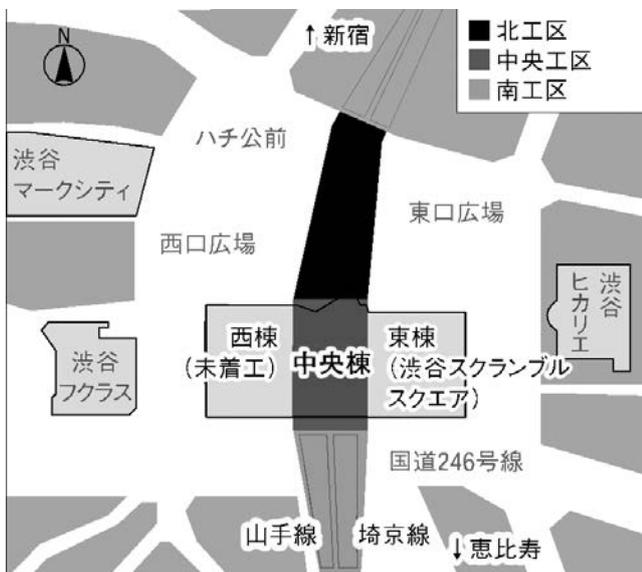


図-1 渋谷駅周辺開発平面図

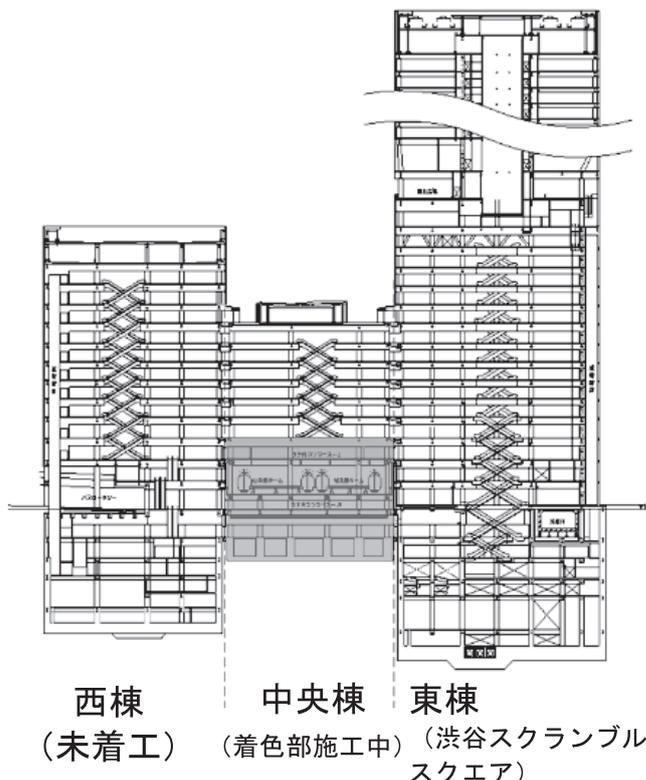


図-2 駅部断面図

2. 全体工事概要

渋谷駅は山手線ホームより約 350 m 離れた場所に 埼京線ホームがあり、山手線ホームは内回り外回りにそれぞれホームがある。本工事は、計 4 線の埼京線、山手線を 1 線ずつ移動（線路切換）し、埼京線・山手線のホーム並列化と山手線ホームの島式化（1 面 2 線化）（図-3）を駅改良工事と並行して行うものである。

3. 第 2 回線路切換概要

駅部である中央工区は、前述のとおり工事桁 10 連を最大こう上 1.3 m、最大横移動 2.6 m を 17 時間で行うものであった。

以下に、第 2 回線路切換概要図（図-4）、中央工区工事桁移動概要図（図-5）、時間工程（図-6）、線路切換写真イメージ（写真-1）、中央工区工事桁

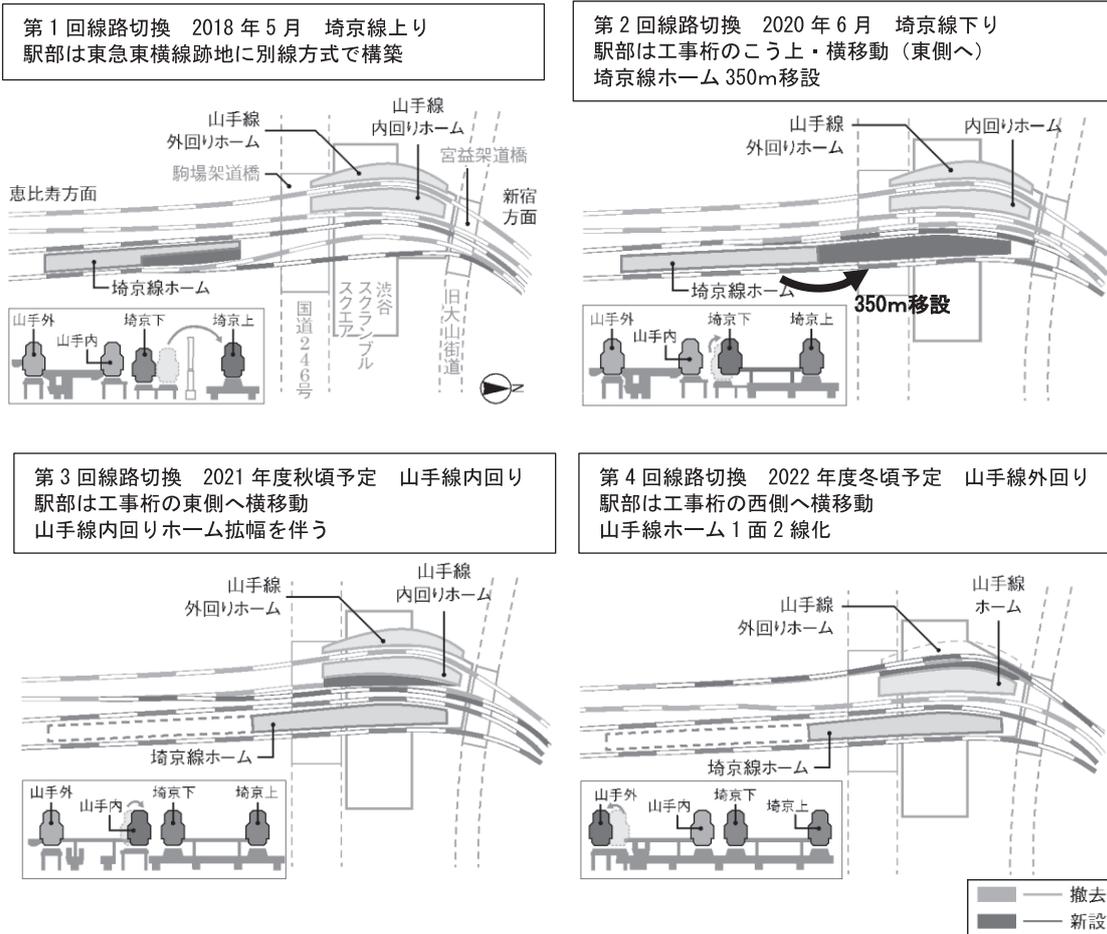


図-3 切換ステップ図

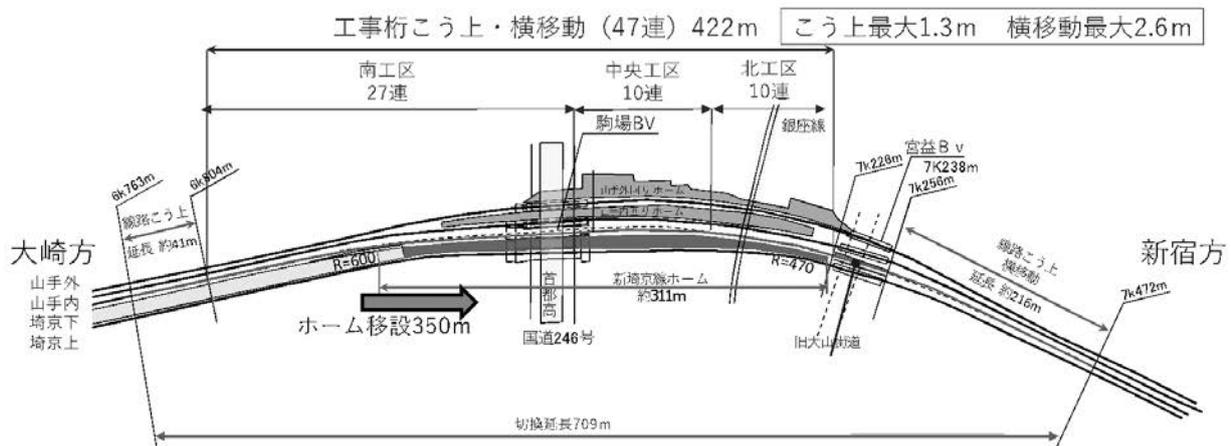
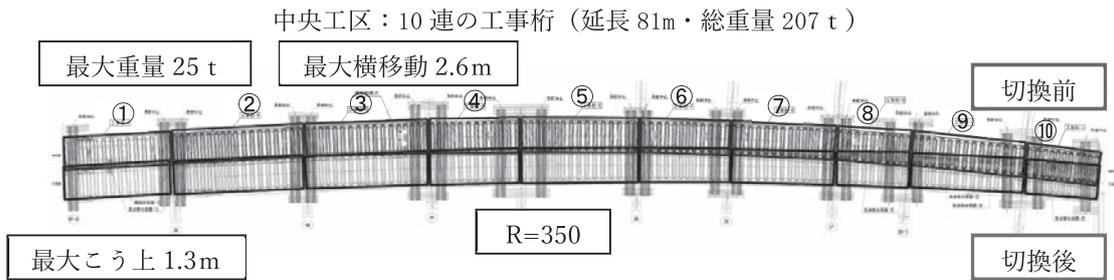
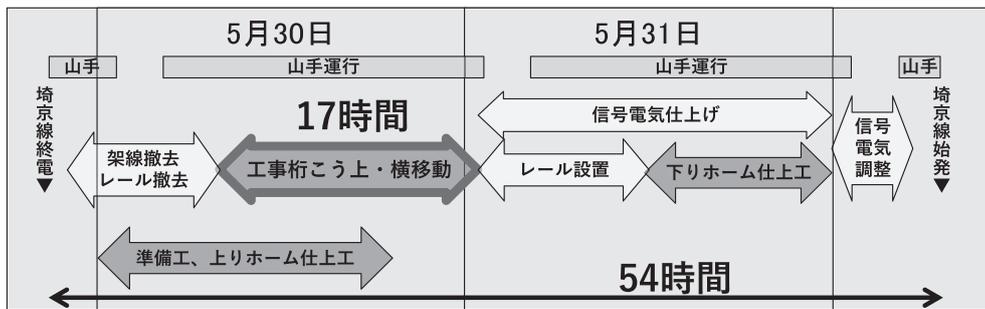


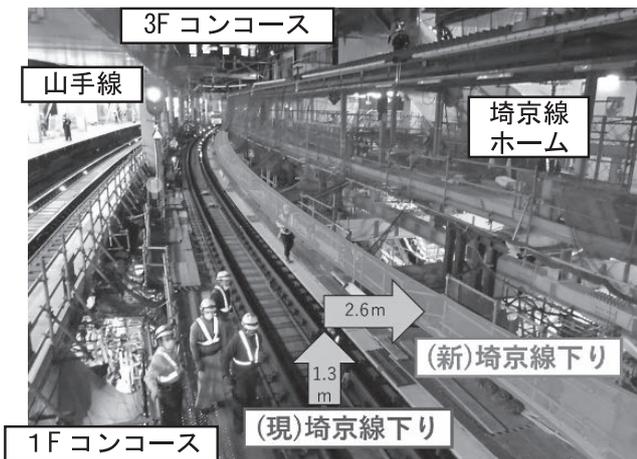
図-4 第 2 回線路切換概要図



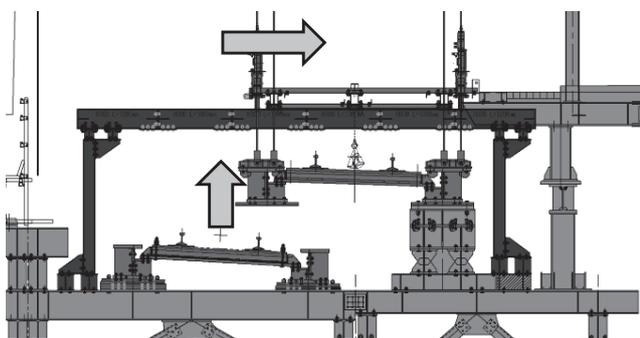
図一五 中央工区工事桁移動概要図



図一六 時間工程



写真一 線路切換写真イメージ



図一七 中央工区工事桁移動概要断面図

移動概要断面図（図一七）を示す。

4. 施工方法の選択

工事桁のこう上・横移動の施工条件・検討条件は以

下の通りである。

- ①工事桁 10 連（約 81 m），最大こう上 1.3 m，最大横移動 2.6 m である。曲線部のため，平面・横断・縦断それぞれの移動量がすべての工事桁で異なっている。
- ②工事桁は最大重量 25 t であるが，西側に線路，東側にホーム，上下にコンコース，南北は他工区に挟まれた施工空間であり，大型クレーン等による施工は困難である。
- ③工事桁のこう上・横移動に与えられた時間は 17 時間である。

以上の条件のもと，クリアすべき課題と対策は以下の通りであった。

(1) 回転を伴う移動への対策

R=350 m から R=470 m への曲線変更のため，10 連すべての工事桁で移動量が異なり，かつ，回転を伴う移動である。10 連個別の移動では隣り合う桁同士が干渉する懸念があった。そこで，10 連を同時に移動できるジャッキシステムを採用した。

(2) 精度確保のための架設構造

高さ ± 5 mm，通り ± 10 mm の精度を確保する必要があるため，微調整が容易なストランド鋼線によるセンターホールジャッキ方式を採用した。

(3) 人力施工可能なジャッキ架設構造

センターホールジャッキを据え付ける架設構造は，大型機械による施工が困難であるため，人力施工可能な部材を用いる設計・計画とした。

(4) 試験施工

限られた時間内で要求される精度を確保し，無事故

無災害で施工を完了させるため、試験施工によって人力施工の習熟度を上げ、時間的にも十分予定時間内に収まるように技量を向上させた。

(5) IT活用による進捗管理システム

11箇所の門型設備、10連の工事桁移動について、リアルタイムに全体を把握できる管理を行うため、ITを活用したシステムを採用した。

(6) 万一のトラブル対策

万一のトラブル対応を可能にするため、予備資材を準備するとともに、故障時の資機材交換試験を実施した。

5. それぞれの課題における検討事項・実施対策

(1) 回転を伴う移動への対策

曲線部の線形改良を伴う移動であるため、全ての工事桁を1連ずつ個々に移動させた場合は、隣り合う桁と干渉する恐れが多分にあった(図-8)。その解決

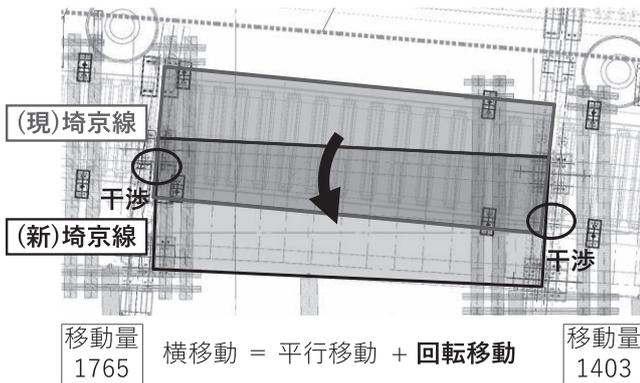


図-8 回転移動説明図

策として、工事桁10連のそれぞれの移動量を13段階に分割し、コンピューター制御により連動させて移動することにより、所定の遊間を保持できるようにした(図-9)。また、水平ジャッキには吊上げに使用するセンターホールジャッキと同等品を採用し、ジャッキの転用を可能とすることで、万一の故障リスクへも対応した(写真-2参照)。

(2) 精度確保のための架設構造

工事桁は鉄道線路を支えるものであり、高さ±5mm、通り±10mmという設置精度を要求されるため、架設構造を検討した。一般にサンドルジャッキ方式が多く用いられるが、中央工区は、全工区で最大のごう上量、移動量があるため、吊構造で柔軟な微調整が可能なストランド鋼線・門型設備によるセンター



写真-2 実際の横移動状況

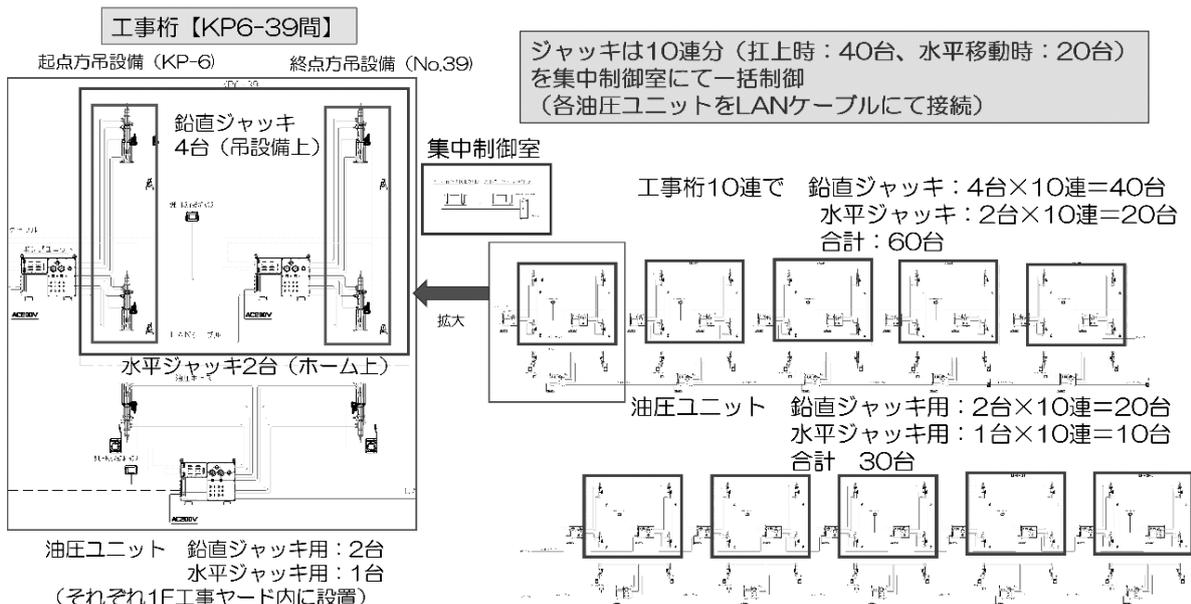


図-9 ジャッキシステム概要図

ホールジャッキ方式を採用した。その他の利点としては、こう上に要する施工時間が早いということ、回転移動への適応性が高いこともあった。

門型設備は工事桁両端部に門構を設置し、上部は吊桁2本を流し、その上に吊装置を設け、センターホールジャッキを2本の吊桁間に設置した(写真-3, 4)。横移動時は、センターホールジャッキから固定金具へ吊り変えて移動した。

また、それぞれの工事桁の移動の方向、回転角度等を

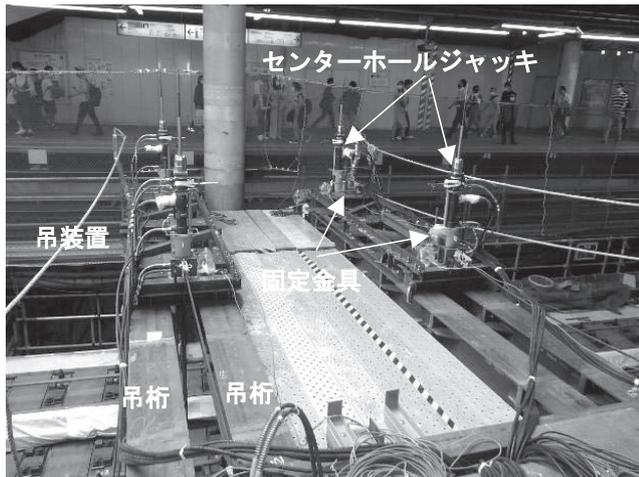


写真-3 実際の吊り設備状況

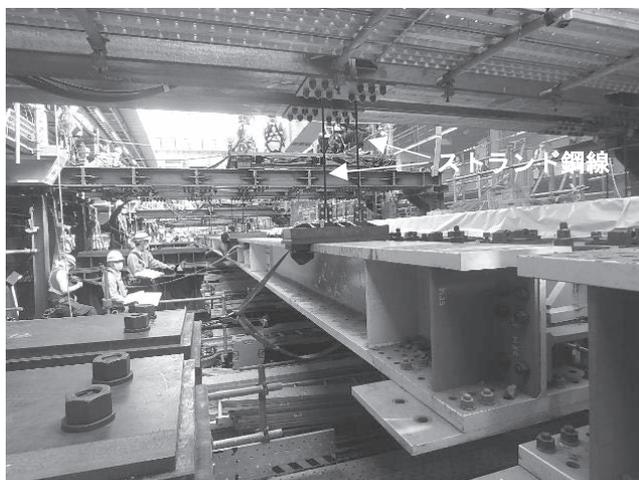


写真-4 実際のこう上状況

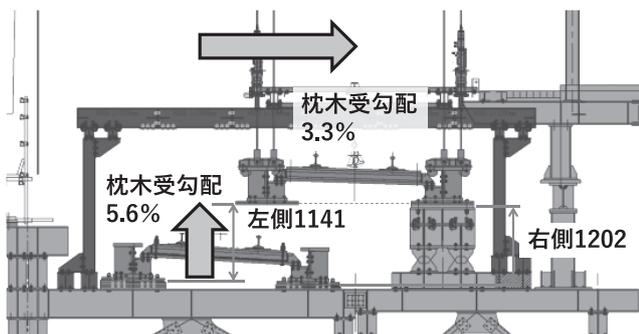


図-10 各支点で高さが違う状況図



写真-5 実際の位置調整状況

考慮し、吊桁の配置を詳細に計画した(図-8 参照)。

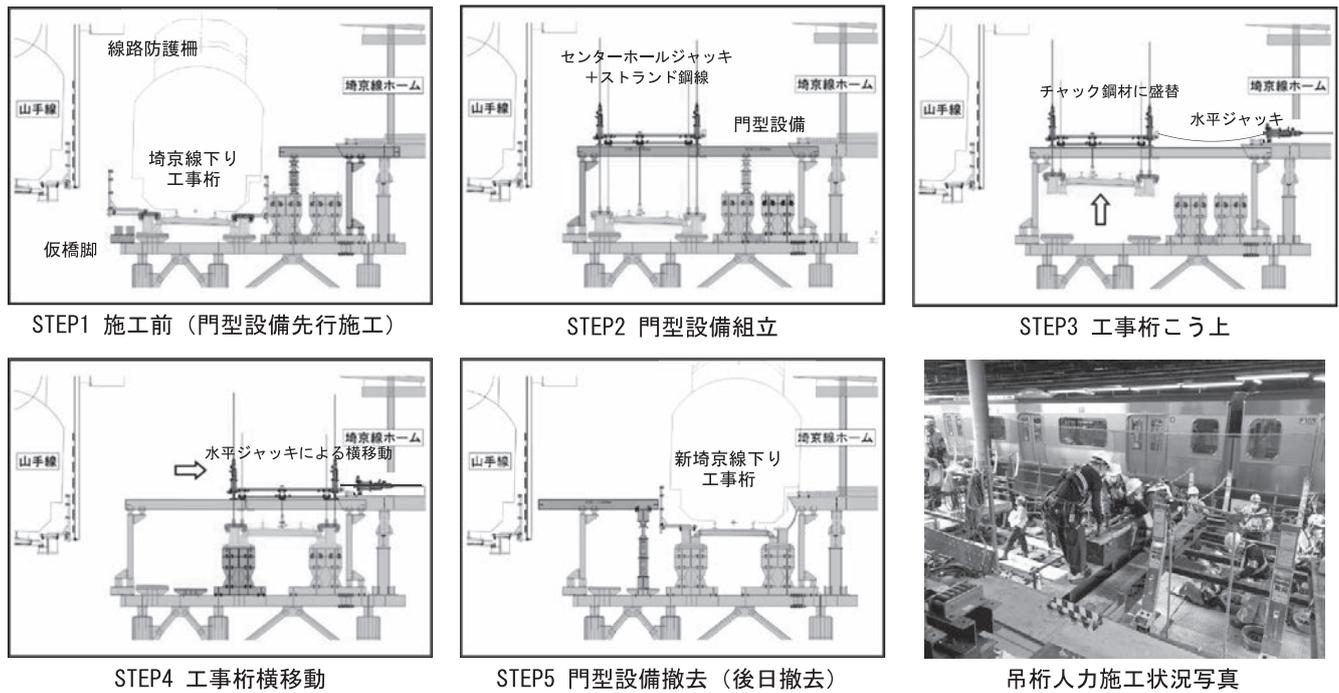
センターホールジャッキで残り 100 mm の位置まで同時移動させ、残りの移動距離を測定し、各工事桁で個別に移動後、最終位置への微調整をレバーブロック等を行うことにより、全ての工事桁で、管理値(高さ ± 5 mm, 通り ± 10 mm)内に収めることができた(写真-5)。

(3) 人力施工可能なジャッキ架設構造

門型設備(写真-6, 図-11)の部材は、全て人力施工が可能なサイズとし、重量部材の配置も人力への負担を軽減すべく、ホーム下や建築限界外に準備しておく計画とした。重量部材設置については、チェーンブロックによるスライドやギアトrolleyによる移動などの施工方法を取り入れた。事前準備の空間がなく、人力により架設しなければならない部材がほとんどであり、最大 100 kg (H300 の吊り桁 1 m) の部材を作業員 2 人で運搬する計画とした。



写真-6 門型設備全景写真(試験施工時撮影)



図一 11 人力施工ステップ図, 写真

(4) 試験施工

17時間という短時間の制約条件下で、門型設備および工事桁移動作業の時間短縮、ミスロスを減らすことに注力して試験施工を実施した。

試験施工は、2019年10月～11月に4回実施した(写真一7)。前後作業を除く本作業計画12時間に対し、初回は14.8時間を要し、作業の見直し等を行い、最終8.3時間で終了させることができた。入場予定の全作業員が必ず1度は試験施工に参加することとし、当日の予期せぬ事態や他工事の影響を受けたとしても対応可能なレベルまで習熟度を上げることができた(図一12)。

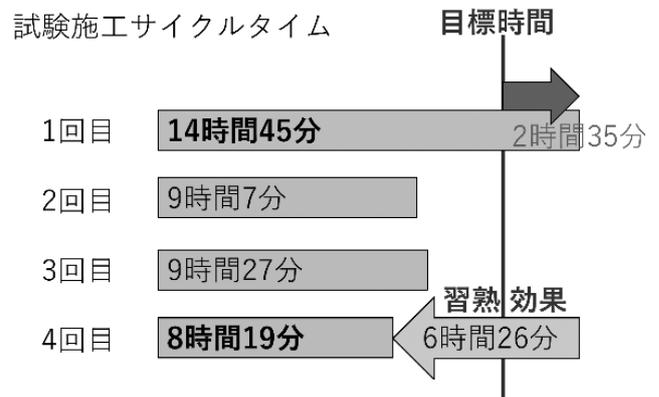


写真一7 試験施工の様子

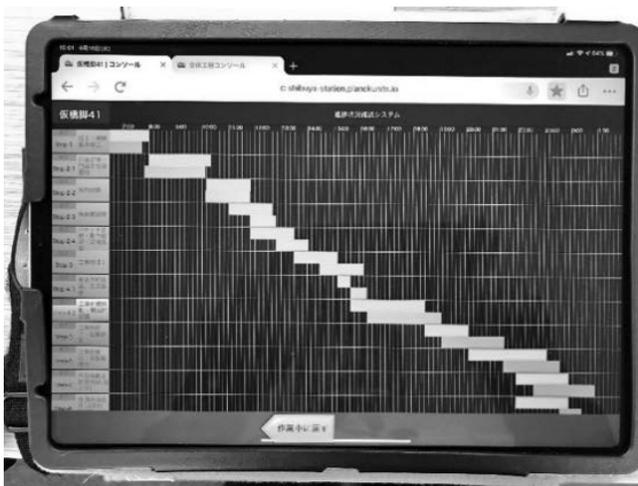
(5) IT活用による進捗管理システム

所定時間内での工事桁10連の同時移動を完成させるため、当日に組立する門型設備・吊設備11箇所の設置時間をリアルタイムに把握可能なインターネットを利用したiPadによる進捗管理システムを採用した。

システムの内容としては、各箇所に配置された担当者が進捗をタブレット端末にて入力するもので、操作は各ステップの開始/終了ボタンを押すだけで済むようにシステム化した。ステップごとに時間軸を持たせ、バーチャートにより一目で把握できる画面構成とした。また、責任者が各箇所の作業進捗を進捗管理システム内で一元管理できる画面も作成した(写真一8, 9参照)。



図一 12 試験施工サイクルタイム



写真一八 各箇所のiPad画面



写真一十 JV本部モニター



写真一九 11箇所一元管理のiPad画面

これにより、全体工事を調整するJR対策本部、当工事本部だけではなく、各担当者同士も同時かつ正確に相互確認が可能となった。また、従来の方法である拡声器や無線のように声による伝達のみでは、聞き間違い等のミスが生じる可能性があるとともに、運行中

の山手線旅客にも迷惑をかけることになるが、今回無線は重要な連絡のみに限定することで、混乱を回避できた。

さらに、当工事本部にもモニターを設置し、本支店応援者が進捗管理システムを使って進捗確認できるようにし、より多くの目で管理を行った（写真一十）。

こう上・横移動のジャッキ操作時は、Teamsによるチェック項目確認を同時に行った。チェック表のみの活用であったが、有効に機能した（図一十三）。

(6) 万一のトラブル対策

万一の際に備えて、以下の対策を実施した。

- ①試験施工の知見から、門型設備の組立部材に何の部材か、組立順番の番号や上下左右の向きを表示し、全部品のナンバリング化を図った（写真一十一）。
- ②門型設備を安全に施工するために施工足場や門型柱を現地にて、施工に支障がないか時間の許す限り訓練した（写真一十二）。

入力者		五川			
		工事桁A		工事桁B	
仮橋脚		KP-6	39	40	
イ	各工事桁のジャッキ動作確認が完了したことをエクセルシートにて報告する。	未	未	未	未
ロ	各仮橋脚の扛上準備が完了したことをエクセルシートにて報告する	未	未	未	未
ハ	地切り時に問題無いか（ボルトの取り忘れや支障物の引っ掛かり等が無い）確認完了したことをエクセルシートにて報告する	未	未	未	未
ニ	各桁の盛替えチェックが動作することをエクセルシートにて報告する	未	未	未	未

図一十三 Teams チェック表（部分）

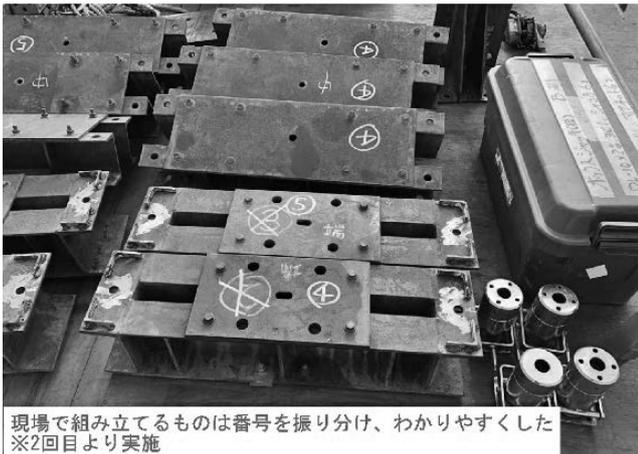


写真-11 部材のナンバリング化例



写真-13 手順教育用ビデオ



写真-12 現地訓練状況



写真-14 工事桁下のステージ

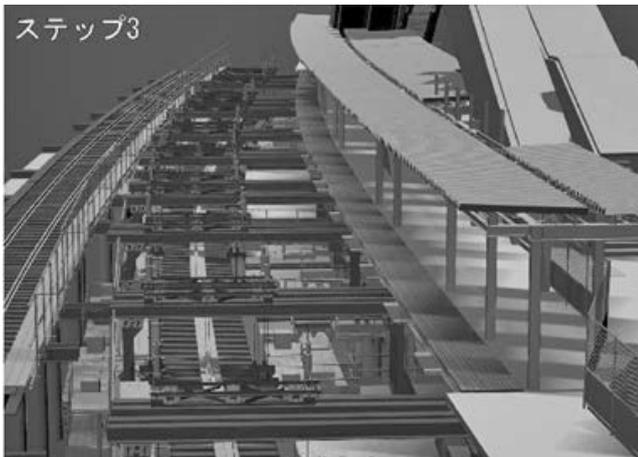


図-14 全体手順CG

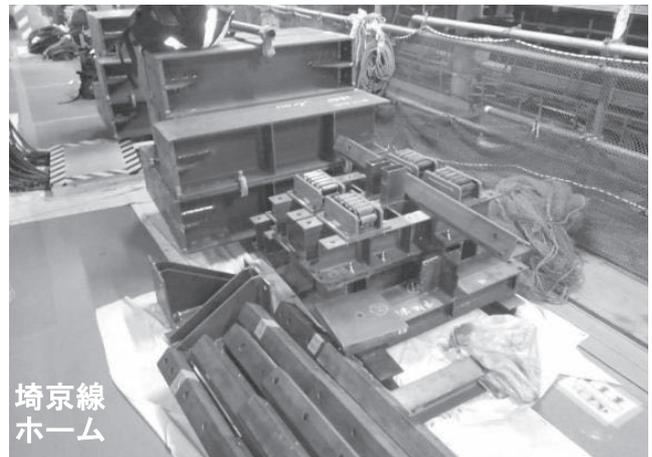


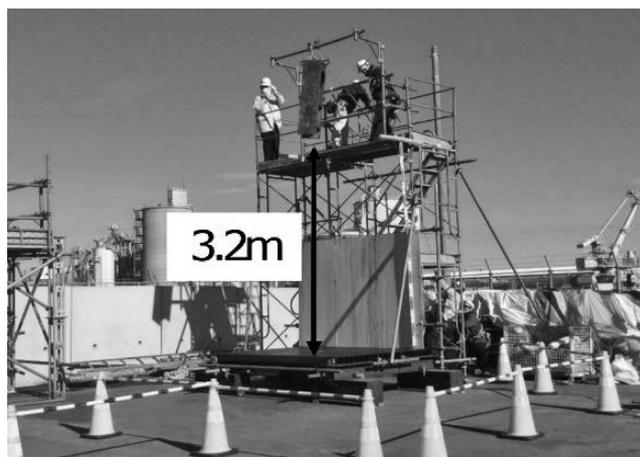
写真-15 ホーム資材配置状況

- ③試験施工から切換当日までの約半年間で、一般的な図面に加え、CGによる全体感がわかるビデオ（図-14）、試験施工時に撮影したビデオ（8時間を20分に編集）（写真-13）を用いて手順周知会を数回開催することで、作業員の理解力のレベルアップを図った。
- ④作業箇所が狭隘な空間であることから、ホーム下や

- 工事桁下にステージを作製し、重層的な施工ヤードを確保して資機材の整理整頓を行った。また、ホーム上も最大限利用した（写真-14, 15）。
- ⑤隣接して運行する山手線列車運転手への対応として、門型設備上で作業員が作業していても列車運転手からは直接見えない高さの列車防護柵（線間ネット）を設置した（写真-16）。



写真—16 線間ネット



写真—19 鋼材落下試験



写真—17 ロール・プレイング状況



写真—20 工事桁微調整試験



写真—18 予備 400 kVA 発電機



写真—21 交換試験 (ジャッキ)

⑥全ての材料間配りが完了した時点で、担当職員と職長がペアになって、各担当箇所の資材に不足や誤りがないか、手順通りに配置されているか、現地にてロール・プレイングを行った(写真—17)。
また、機材故障時の対応として、全ての資機材に予備を準備したことに加え、故障時の機材交換試験等も以下の通り実施した。

- ①ジャッキシステムの電源である商用電源が万一の停電した際に備え、大型発電機を配置した(写真—18)。
- ②旅客通路上で門型設備を組み立てる箇所もあるため、万一部材(H300長さ1m(重量100kg))が落下した際の落下試験を実施し、折板屋根の防護鋼材(□100)が破損しないことを確認した(写真—19)。
- ③門型設備を撤去した跡に、工事桁移動調整が生じた



写真-22 試運転車

場合にも対応できるコンパクトロックジャッキの試験施工を行った（写真-20）。

- ④機材故障時の交換がスムーズにできるか各種の交換試験を行った（写真-21）。

6. おわりに

この渋谷駅第2回線路切換は、鉄道工事では他に類を見ないこう上・横移動であったが、JR 東日本、関係各社、本支店の協力も得て無事に終えることができた。

技術進歩によりシステム化、機械化、自動化が中心となりつつある時代に、人力施工しかできない環境が

存在することを踏まえ、人・機械・IT を活用した工法として、今回の挑戦は、鉄道路工技術の工夫を凝らした集大成もとらえることができ、本稿が今後の同様のプロジェクトの参考になれば幸いである。

J C M A

【筆者紹介】



山田 広樹（やまだ ひろき）
大成・東急建設共同企業体
JR 渋谷駅改良中央工区作業所 現場代理人



片山 理志（かたやま さとし）
大成・東急建設共同企業体
JR 渋谷駅改良中央工区作業所 監理技術者



梅田 見寛（うめだ あきひろ）
大成・東急建設共同企業体
JR 渋谷駅改良中央工区作業所 監理技術者



図司 英明（ずし ひであき）
東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所
渋谷プロジェクトセンター 主席