

技術開発成果を生かした 線路上下空間の創造

東日本旅客鉄道株式会社 建設工事事務部 構造技術センター
次長 野澤 伸一郎 / 課長 大迫 勝彦



線路の上下に新たな空間を創造することは、ニーズは高いものの、施工が空間と時間に制限を受けるためコストアップと長い工期が課題でした。駅部では施工が難しい地中梁を無くした設計を可能とし、大宮駅などの人工地盤建設に適用しました。立川駅では一括して人工地盤を架設できる工法を、日暮里駅では線路に挟まれた空間に基礎杭を構築できる工法を開発して使用しました。線路の下の空間に関しては、列車運行を妨げずにより安全に施工可能な工法を開発し道路などの立体交差を進めるとともに、最近では道路の拡幅やレンガ高架橋区間の線路下空間の構築を実施しています。

1. はじめに

鉄道の設備は平面的に広がっていますが、その上下に空間を創造することができればいろいろな活用の機会が広がります。特に駅周辺の線路上空に人工地盤を構築すれば、お客さまの流動を改善し、新たなサービスの空間も提供できます。また、近年では特に鉄道と道路の立体交差化のために線路の下に空間を生み出すニーズも高くなっています。

これらの工事を行う場合、限られた空間に列車運行を確保しながら施工するため、特にコストと工期が課題でした。JR東日本では、それぞれのニーズに合った技術を開発・適用し、列車とお客さまの安全を確保した上でコストダウンと工期短縮を図りながらプロジェクトを進めています。

2. 線路上空の空間の創出

2.1 大宮駅コスモスプランと人工地盤

(1) 概要

大宮駅は1日約48万人が乗降するターミナル駅です。駅の可能性を最大限に引き出し、お客さまの利便性向上と高収益化をめざした21世紀の新しい駅づくり「ステーションルネッサンス」の取組みとして2005年3月に「エキュー

ト大宮」が開業しました。

「通過する駅から集う駅へ」をコンセプトに大宮駅の可能性を最大限に引き出すための実施項目として、魅力ある店舗の展開、バリアフリー設備の整備、駅業務施設の集約およびレイアウトの見直し、自治体との協力による自由通路整備および橋上化、耐震補強工事などが挙げられます。これらを実現するために人工地盤の建設により新たな大規模駅空間を創出しました。図1に完成した人工地盤の状況を示します。床面積については約4,200㎡、延べ約8,900㎡を新設しました。



図1 大宮駅コスモスプラン

(2) 1柱1杭基礎構造の採用

商業施設として1日でも早く営業開始するために工期短縮とコストダウンが強く求められました。大幅な工期短縮を実現するために、構造設計において図2に示すような地中梁をなくした1柱1杭基礎構造を提案しました。従前は線路並行方向のみ地中梁を設けた構造形式により設計を行っていました。この設計法については「線路上空建

建築物（低層）構造設計標準」として1987年1月に制定されていきました。地中梁をなくした1柱1杭基礎構造を実現するために「線路上空建築物（低層）構造設計標準2002」として2002年4月に改訂し、大宮駅の人工地盤建設において初めて採用することができました。

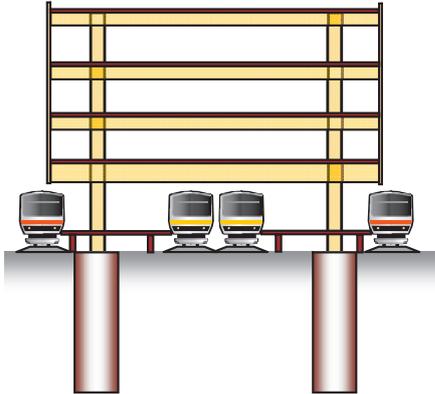


図2 1柱1杭基礎構造

2.2 立川駅コスモスプランと人工地盤

(1) 概要

立川駅は1日約31万人が乗降するターミナル駅です。立川駅コスモスプランは、駅の混雑緩和とバリアフリー化を主目的に八王子方に大規模な人工地盤を新設し、コンコースの改札内外に店舗を設置した計画です。新設した人工地盤は、コンコース階およびその上部を含め3層の店舗構成となっています。ホテル部を除いてコンコースを含めた延べ開発面積は11,500㎡です。

(2) ソード工法の概要と適用

図3に完成した人工地盤の外観を示します。立川駅に人工地盤を建設した場所は、周囲を駅本屋、乗換ご線橋、商業ビルに囲まれた線路上空です。このような厳しい施工条件で、電車が運行しない夜間の短い時間で線路上空に鉄骨を組み立てる工事は、施工効率が悪く、従来の工法では非常に工期が長くなります。その対策として、線路上空に人工地盤を構築して建物を建設する工法の工期短縮や安全性の向上が図れる新工法（ソード工法）を開発しました。ソード工法の概要を図4に示します。

ソード工法は、あらかじめ昼間に発進構台上で建物の上部鉄骨を組み上げておき、夜間、線路上空にスライドさせて、最下階のフロアをジャッキダウンして線路上空に建物を建設します。スライド後の状況を図5に示します。立川駅コスモスプラン工事で初めてソード工法を採用し、計画より6ヶ月間工期を短縮することができました。



図3 立川駅コスモスプラン

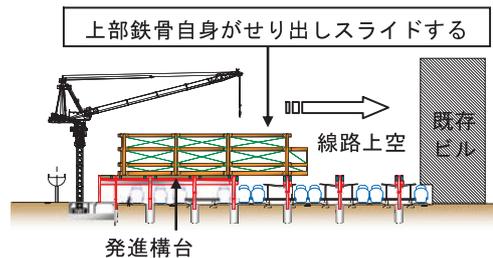


図4 ソード工法概要図



図5 スライド工事後の状況

2.3 日暮里駅改良工事で人工地盤

(1) 概要

日暮里駅は、1日約16万人が乗降し、乗換えのお客さまも大変多いターミナル駅です。2008年3月には日暮里・舎人ライナーが接続し、隣接する京成電鉄日暮里駅改良工事も進んでいます。お客さまの増加が予想されることから、線路上空に約2,800㎡の人工地盤を創出し、お客さまの流動を改善し、合わせて店舗を配置できる空間を確保することとしました。図6に、完成した人工地盤を活用して広がったコンコースの状況を示します。



図6 改札内コンコース状況

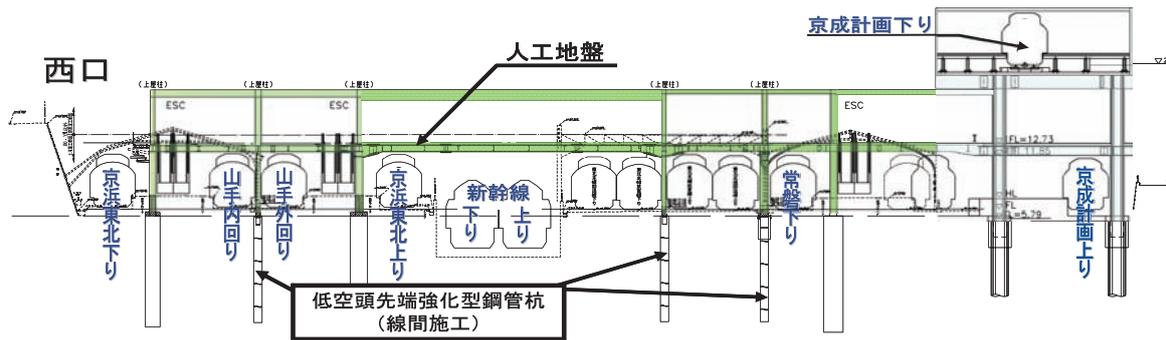


図7 日暮里駅 人工地盤断面図

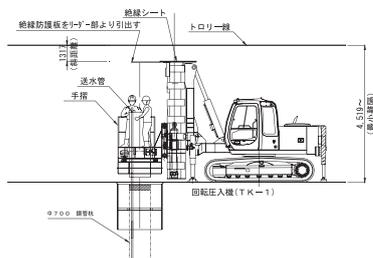


図8 低空頭先端強化型鋼管杭打機



図9 線間における鋼管杭打設状況

本工事においては、線路と線路の間の狭隘な空間に、人工地盤を支える杭を設置し、柱を立てなければならないことがコストアップとなり課題でした。図7は日暮里駅と今回新設した人工地盤の断面図です。柱を設置できる場所が限られていることがわかります。ホーム上以外に設置する柱の両側は線路であり列車が通るので、トローリー線に電気を通さない時間（き電停止間合い）が夜間2時間程度の間に限られ、杭に関しても機械を用いて施工することができませんでした。また、杭のために地盤を削孔することによる地盤変状防止対策として、薬液注入して地盤を固めることなどがコストアップとなっていました。

(2) 低空頭先端強化型鋼管杭の開発と適用

そこで、図8に示すような、線路内で鋼管を押し込める機械を開発し、工事に使用しました¹⁾。この低空頭先端強化型鋼管杭打機は軌道も通路も移動することができ、列車が走らない時間帯に設置する杭の近くまで移動して鋼管を押し込み、作業が終わると列車運行に支障しない場所まで退去しました。作業状況を図9に示します。鋼管は直径700mmで、1ピースの長さは約25mでねじによりつながりました。通常は一晚1ピースずつ建築限界に支障しない高さまで押し込み、杭全体としては1本あたり約11mの基礎杭を完成させました。31本に使用し、従来工法に比べて10%以上のコストダウンを達成するとともに、杭施工中の孔壁崩壊がなくなり列車運行への安全性を向上させ

ることができました。また、この鋼管杭と柱の接合には、技術開発したソケット接合を使用し、接合部のコストダウンを図りました。

3. 線路直下の空間の創出

3.1 HEP & JES 工法の開発と工事例

(1) 工法の概要

線路の直下にも空間を安価に構築できれば、線路上空の人工地盤と同様に、さまざまな用途に使用できます。線路と道路や線路、水路を立体交差させる場合、列車を通常通り運行させたまま、地下空間を生み出すために、これまでもいろいろな工法が開発されていました。

JR東日本では、線路下横断工事をいままでもよりも安全にかつ安価に施工するため、HEP&JES工法を開発しました。HEP (High Speed Element Pull) 工法とは、従来のようにエレメントを発進側から元押し推進するかわりに、到達側に設置したけん引装置で、事前に挿入しておくPC鋼より線を引張ることにより、エレメントを発進側から引き込む工法です (図10)。これにより施工速度が向上し、また引き込むために精度が向上しました。

JES (Jointed Element Structure) 工法は、図11に示すように地中に挿入するエレメントの軸直角方向に力を伝達可能な継手を有する鋼製エレメントを用いることによ

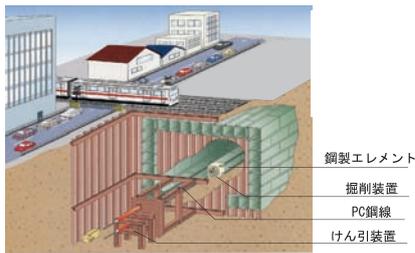


図10 HEP工法概要図

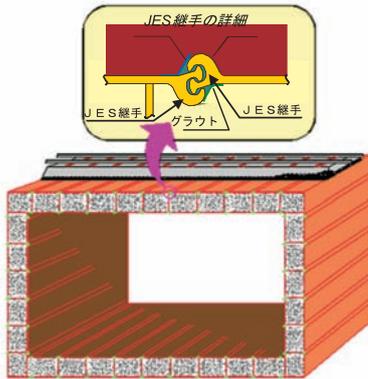


図11 JES工法概要図

り、路盤面下に非開削で箱型ラーメン形式または円形などの構造物を延長に制約されずに構築できる工法です。

なお、2006年3月から4月までの短期間に、HEP&JES工法で施工していた工事において軌道を隆起させるなどで3件の輸送トラブルを発生させ、多くのお客さまにご迷惑をおかけしました。これを契機に、この工法をはじめとする線路下横断工事の各段階でのリスクを洗い出し、各段階における軌道変状リスクへの対処方策を充実させました。これらは非開削工法施工マニュアルにまとめられ、工事の安全性が高まりました。

(2) 最近の適用事例

図12にこれまでHEP&JES工法で工事が施工された都道府県別の件数を示します。東日本エリアだけでなく北海道3件、福岡県1件など、多くの地域で採用され、2008年12月までに99件が施工されました。

最近の施工例を図13に示します。図13[a]は中央線東中野駅付近の線路の下部に完成した首都高速道路中央環状新宿線です。HEP&JES工法を用いたのは道路方向に22mですが、幅23.7m、高さ約10mの空間が建設され、2007年12月にその他の区間とともに開業しました。

図13[b]は、現在山形駅付近で建設中の県道の工事写真です。山形新幹線の直下に、幅23m、高さ約5mの空間を新設しています。

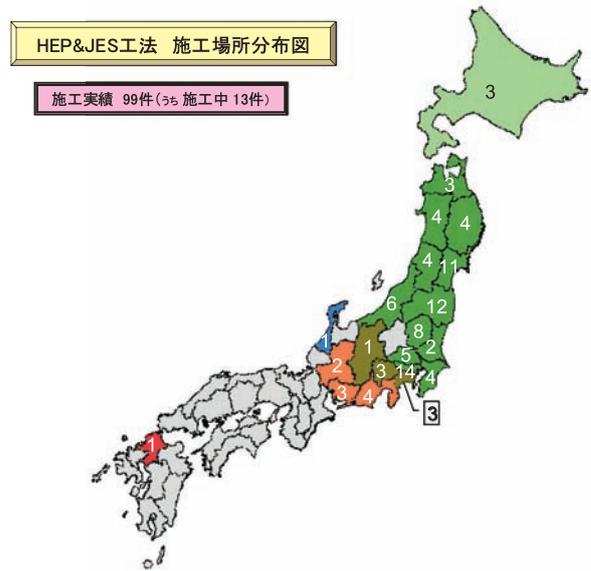


図12 HEP&JES工法施工件数



[a] 鉄道交差部の首都高速道路 [b] 山形新幹線直下工事
図13 最近の施工事例

3.2 線路下の道路幅を拡幅（第二与野新道架道橋）

第二与野新道架道橋は、東北本線さいたま新都心～大宮間の大宮駅南方約500mに位置し、東北本線、京浜東北線など9線を、一日約1,200本の列車が通過する橋梁で、県道南大通東線と延長約120mで交差しています。この道路は近年交通量が增大していたため、図14に示すように、幅員12.5mを22.0mへ拡幅する工事を実施し、2006年に開業させました。

この工事は、橋梁の桁を支える橋台を、拡幅する幅の位置に設置することが必要で、通常通り列車を運行しながら実施することは、それまでの方法では工事費と工期に難点がありました。そこで、開発したHEP&JES工法を用いて、使用中の橋台位置から道路とは逆側の盛土に新しい橋台を構築しました。図15にこの施工ステップを示します。Step1において、列車運行と道路交通を従前どおり活かしたままで、拡幅する位置に新しい橋台を建設しました。その後Step2～4を実施し、長年の懸案であった線路下の空間を広げることができました。

この工事が完成して、工事区間の両側にある交差点で

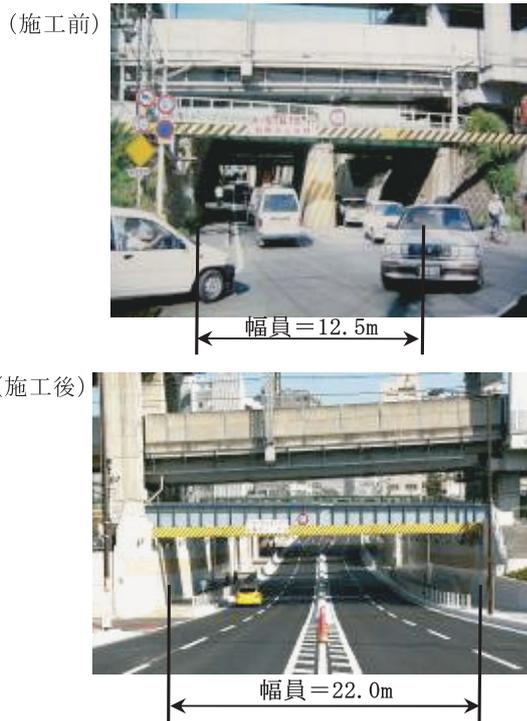


図14 第二与野新道架道橋 全景 (施工前後)

は、最大渋滞長がそれぞれ100mから0mに、350mから70mと短くなりほぼ渋滞が解消しました。また、所要時間も方向別にそれぞれ2分と3分短縮されるなど、地域の方にも喜ばれています²⁾。

3.3 レンガ高架橋に広い空間を実現

(シオサイト架道橋ほか)

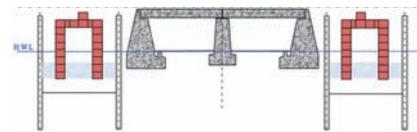
(1) 概要

シオサイト架道橋は、新橋～浜松町間に位置し、東海道本線、山手線および京浜東北線の各上下6線と都市計画道路環状2号線が交差できるように、レンガ高架橋とRC高架橋を改築して線路下に広い空間を構築したものです。レンガ高架橋は山手線と京浜東北線の4線に使用されていますが、一日1,100本以上の電車と約110万人以上のお客さまの運行を支える重要構造物です。これに加え、東海道本線2線を支えるRC高架橋があります。図16に示すように、レンガ高架橋部分を例にとればスパン8mであったものを約20mに広げ、線路下に広い空間を創造しました。この工事は、長大間合い（大規模な列車運休を伴う工事施工時間の確保）を使用せず、列車を運行させながら、2007年に完成させることができました。

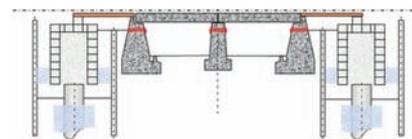
(2) 本設利用工事桁の開発と適用³⁾

仮設桁の撤去と本設桁の架設工事を伴う従来の工法では、列車の運休が必要で、この区間では適用できず、プ

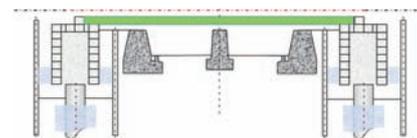
- Step 1 ・立坑構築
・門型橋台エレメントけん引
・構台内部掘削、場所打ち杭施工



- Step 2 ・工事桁架設
・旧構台・旧橋脚パラベット部切断
(切断後、切換当夜まで鋼材等で補強)



- Step 3 ・軌道仮撤去、工事桁撤去
・新桁架設
・軌道復旧、軌道整備



- Step 4 ・道路施設 (U型擁壁等) 整備

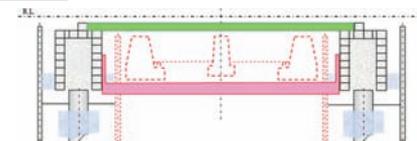


図15 第二与野新道架道橋の施工ステップ



図16 環状2号線交差部 全景 (施工前後)

ロジェクトの実現が困難でした。そこで、夜間の列車の走行しない時間帯に軌道を仮設のH形鋼からなる短スパンの仮設桁に受け替えた後、既設高架橋を撤去し仮設桁を長スパン化し、さらに撤去しないで本設構造物とすることで、列車運行に支障を与えず線路下に広い空間を構築できました。

図17に施工ステップを示します。仮設桁の長スパン化のためには桁の連結と桁高不足を補うために、仮設桁の下端に補強桁をボルト接合するなどの新構造を開発して適用しました (図18[a])。また、仮設桁を撤去しないで本設桁としてそのまま使用できるようにコンクリートを巻きたてることとしましたが、コンクリート硬化中に列

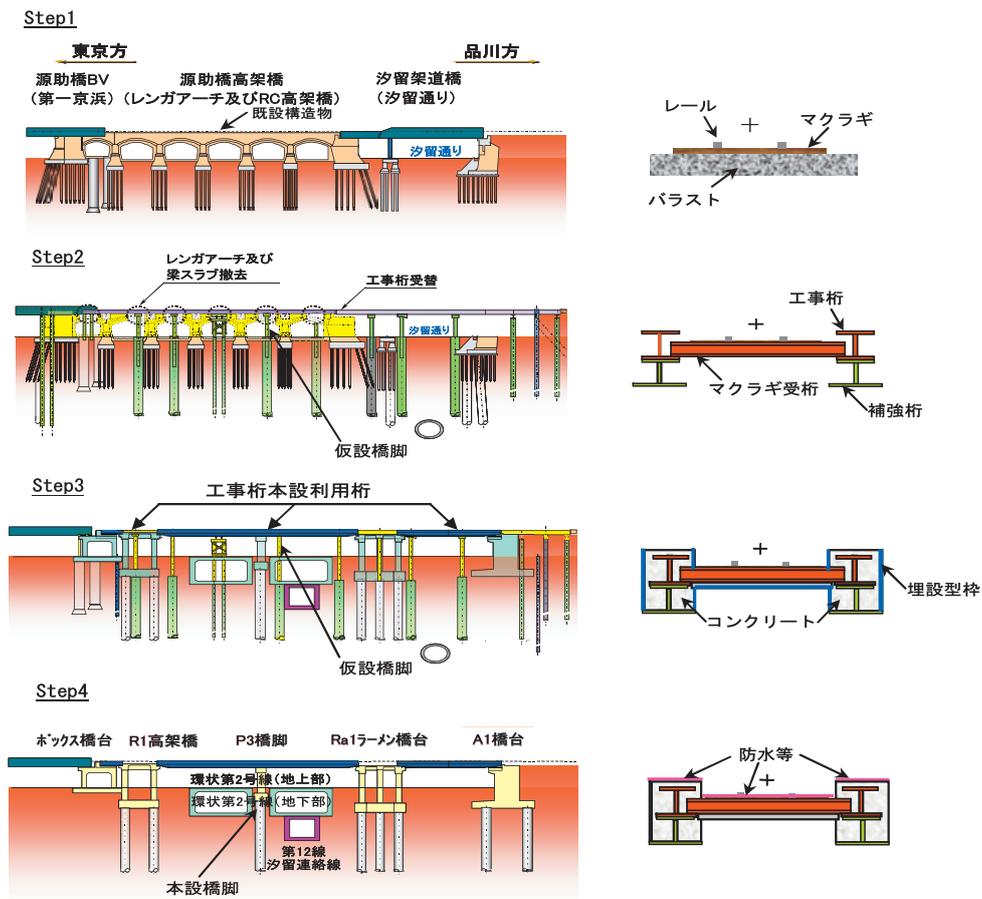


図17 シオサイト架道橋（環状2号線交差部）の施工ステップ



[a] 補強桁取付 [b] コンクリート打設
図18 施工状況

車振動を受けても仮設桁とコンクリートが一体化し、有害なひび割れを発生しないための型枠構造を開発しました。コンクリート打設中の状況を図18[b]に示します。

これら技術開発成果を適用することでプロジェクトを実現することができ、現在、マッカーサー道路と呼ばれる環状2号線の開業を待っています。

4. おわりに

線路上下空間の創出のためには、一般的な土木・建築の技術に加えて、

- ・列車運行に影響を与えないで昼でも夜でも連続して施工できる
- ・建設限界や軌道を考慮して狭い空間で施工できる
- ・列車が運行しない時間帯を活用して短時間で施工できる

などの技術を開発し、より安価で安全な工事を施工できるようにしたいと考えています。

参考文献

- 1) 沼田佳久、竹田茂嗣、高崎秀明、鈴木啓晋：杭先端部を根固め強化した鋼管杭の施工性と支持力特性、土木学会論文集F、Vol.64.No.2,pp.163-172,2008
- 2) <http://www.city.saitama.jp/www/contents/1221616095563/files/seibiminami.pdf>
- 3) 霞 誠司、岩田道敏、渡邊誠司、永田敏秋：工事桁を本設利用した鉄道複合桁の設計と施工、橋梁と基礎、pp.5-13,2007.10