

快適な空間構造をめざす建設技術

東日本旅客鉄道株式会社 執行役員 建設工事部担当部長 兼 構造技術センター所長

石橋 忠良



都市部において駅改良や開発が多く計画、施工されています。また、鉄道の利便性向上のための線路増設も行われています。しかし、都市部において必要性が高いこれらの事業を進めるには、鉄道に用いている線路の上か下の空間を使わないと難しい。この線路の上や下での工事は制約条件が大きく、今までは工事費、工期がかかることで避けてきた場所でもあります。しかし、これら望まれる事業を進めるには、この空間を開発していくことが必要です。そのためには、構造、施工などの幅広い技術開発が必要であり、その主な問題点と開発の方向性について述べます。

1. はじめに

わが国は人口減少の時代に入り、地方の人口が減り中核都市に集中する傾向が強くなっています。さらに、人口の高齢化も進んできています。そのような状況下において、鉄道に対しては乗換えの利便性の向上、バリアフリーなどが求められるようになってきました。また、駅空間の快適性や、ホームなど駅の安全性の向上も求められています。

これらの要求にこたえるため、都市部の駅において駅改良工事が行われ、これに合わせてオフィスやショッピングの施設を併設する計画も多くなっています。現在、当社においても駅改良と開発を合わせたプロジェクトとして、東京駅、新宿駅などが工事中で、千葉駅、渋谷駅、横浜駅、仙台駅などにおいては計画や部分的に工事が始まっています。また、駅改良が中心のプロジェクトとして、新橋駅や御茶ノ水駅などの改良計画が進んでいます。

また、乗換えの利便性向上のための工事としては東北縦貫線の工事が行われています。これは東海道線が東京駅で終点となっているのを、東京駅と上野駅との間に新たに線路を造って、乗換えなく常磐線や東北線に行くことを可能とする工事です。在来高架橋上にスペースのある範囲はそこに新たな線路を配置し、スペースのない神田駅付近は東北新幹線の高架橋の上に高架を継ぎ足しそこに線路を造る工事です。

このように、都市部においては駅改良あるいは、駅の改良と合わせてオフィスやショッピングのための施設を造る工事や、乗換えの利便性向上のために線路の新設の工事が、既存の線路上空にて計画あるいは実施されています。都市部においてこれら多くの要望にこたえるためのスペースは周辺が高度利用されているため、利用できる空間として線路の上か

下に求めざるを得ない状況です。そのため、線路の上下空間の利用を安全にかつ事業の成立する工事費でできるようにすることが望まれています。

今までこのような制約条件の厳しい箇所での建設工事は基本的に避けてきましたが、都市の鉄道の利便性向上や、鉄道会社の事業の拡大には、これら線路上空空間を利用することが、必要となってきています。このために施工スペースや施工時間の制約、列車や、お客さまに対する安全確保など、これら厳しい条件下での構造、施工にかかわる建設の技術開発の成果が大いに期待されています。

例えば現在千葉駅の改良工事が始まりました。これは線路上空を覆う本格的な駅の開発、改良工事です。このプロジェクトを計画するに当たり、工事費、工期を少なくするためにさまざまな検討がなされました。従来の設計、施工では問題を解決できないため、今まであまり踏み込んでこなかった施工機械の開発まで当社にて行いました。また、列車の走っている時間は、線路のそばでの工事は事故防止の面から避けられました。この近接工事についても技術面から検討し、安全なものについては列車運行時間帯でも施工できるよう、その技術判断のために『列車運行時間帯の近接工事設計施工マニュアル』を制定しました。このほか、社内に人工地盤コストダウン委員会を設け、4半期に1回の委員会で計画中の全プロジェクトの構造計画について議論し、委員会と委員会の間に個別のプロジェクトの検討を行っています。また、施工中の東北縦貫線工事は、運行中の新幹線の直上に新しい線路を造る今までにない画期的な工事です。

これらの施工の始まった、あるいは施工中の工事から見た、線路空間の開発に関する技術上の問題点や、今後の望まれる技術開発の方向性について述べたいと思います。

2. 線路上空間開発のための制約条件と解決の方向

2.1 工事中進入路の確保、工事中の資材置き場の確保

改良や開発を行いたい駅の周辺は高度に利用されていることが一般的です。そのため、工事の資機材の搬入路や、資機材を置くスペースの確保が非常に困難です。工事費が過大になるかどうかというのは、進入路や工事中の資材を置く場所が確保できるかどうかにかかっているといっても過言ではありません。線路上空に構台を造って資機材を置くスペースとすることも計画されますが、その構台を造るための最小のスペースがなくては困難です。資材の搬入の工夫の例として千葉駅の事例を紹介します。

千葉駅のプロジェクトにおいては、資機材置き場が狭いため線路上の構台の一部を資機材置き場として利用する計画となっています。構台上に道路からすぐトラックを載せるために大型のエレベーターを据付け、トラックごと構台上に持ち上げる計画としています（図1）。これは工事中の用地が少ない中で、搬入の道路の交通を支障せずにスムーズな資機材搬入を行うための工夫です。

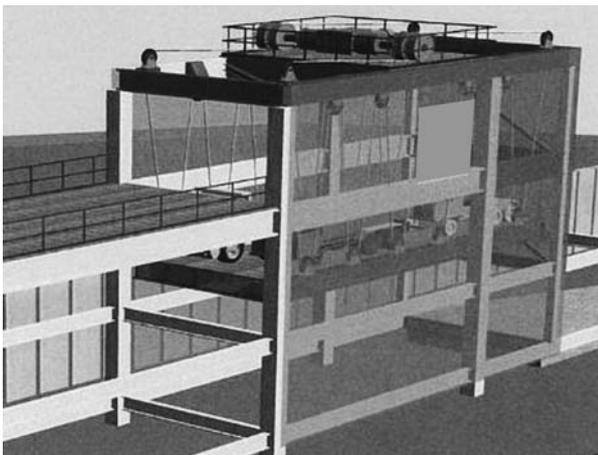


図1 資機材搬入用大型エレベーター

東北縦貫線の工事（写真1）においては資機材の搬入路が近くにないため、多くの資機材は線路を利用して東京駅からレールにて運搬しています。



写真1 東北縦貫線

新幹線の運行が終わってから東京駅で積み込んだ機械や資材を現地に運搬して工事を行い、新幹線の運行の始まる前に戻ってくることを繰り返しています。また、ブロックにしたPC桁は、夜間にトレーラーで工事現場の下の空間が空いている箇所に運び、持ち上げるということも繰り返しています。また持ち上げたブロックをつないでプレストレストコンクリート桁としますが、その作業もすでに造った桁の上のスペースに限定されています。

このように資機材の搬入、あるいはその置き場に非常に制約を受けての工事が一般的です。この問題を解決する構造、材料、施工法などの開発が望まれます。

2.2 杭

線路上空に構造物を造るには、その基礎や柱を線路と線路の間に造らなければなりません。線路と線路の間はあまり広くないので、施工スペースからホームの位置に杭や柱を配置することが一般的です。ホームは旅客が使っているため、その安全や流動性に支障しない施工が必要となります。今までの杭の施工機械はその高さなどが大きく、ホームの上には置くことができないなどの問題がありました。そのため、背が低くかつ大きな径の杭を施工できる機械の開発を行いました（写真2）。施工の方式はリバース工法です。線路の近くで施工するため、線路に影響しないように施工管理をしなければなりません。特に泥水の品質や、水位の管理が重要です。その前提として、地質や地下水の水位を考慮して杭壁が崩壊しない限界の泥水位の計算が重要です。この計算プログラムについては、フロンティアサービス研究所にて開発を担当しています。



写真2 超低空頭場所打ち杭機

さらに地盤がよくない時は、地盤改良や、杭壁を防護しながら杭を施工することになります。この杭壁の安全性を高める方法については、より低コストで信頼性の高い方法の開発を期待しています。

このほか杭施工に関してまだ改良が必要な項目は、狭い空間での鉄筋の短時間の施工、短時間でのコンクリートの施工などが挙げられます。

また、杭構造の技術開発も望まれています。線路のそばでの工事は地中梁を造ることは大変なので、一般に地中梁のない構造が計画されます。そのため杭は太くかつ強度の高いことが必要となります。この杭そのものの構造も低コストで施工性のよいものが望まれています。狭い空間で鋼管を用いると溶接に多くの時間がかかることや、鉄筋においても継ぎ手が多く、その施工に多くの時間がかかるなどの問題点があります。これらの問題点を解決する技術開発が望まれます。

2.3 線路上空のスラブの施工

線路直上のスラブの施工は一般に線路閉鎖、電気を止めての作業となり、施工時間が多くの場合非常に短時間となります。この制約条件の中でいかに早くスラブを施工するかということが求められています。線路直上のスラブについては、列車の通らない時間帯に通常の方法で施工し、そのスラブを防護するか、補強することで、それより上の構造は列車の運行下で施工することも行われています。その場合は、スラブの強度が、その上での施工荷重や、吊り上げた部材が落下した時でも耐えられることの確認が必要です。写真3は、7.5tの部材を11mの高さから落とした時のスラブ上の防護鋼板の効果について確認するためになされた試験の様子です。

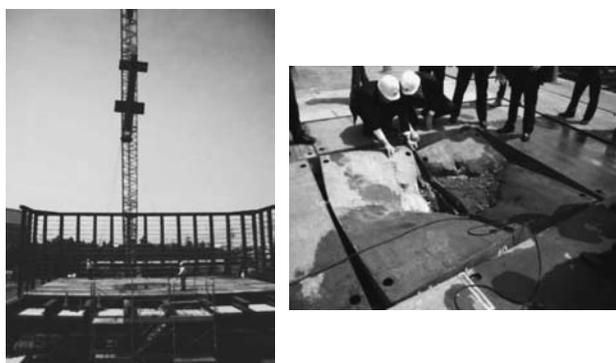


写真3 部材の実物落下試験
(左：試験状況全景、右：部材落下後の防護鋼板)

また、一部のプロジェクトでは、線路上に施工ヤードを造り、この上で構造物を上部まで造り、これを夜間に線路上に移動させることを繰り返して、施工した例もあります(図2)。

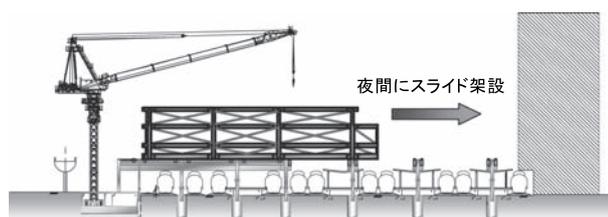


図2 建築物を夜間に線路上を移動させた例

このような工夫や、技術開発により、線路上空の構造物の施工速度を向上させる必要があります。

2.4 柱の構造

柱はホーム上や線路と線路の間に建てるため、太くできないので鋼管柱やCFT柱が多く用いられてきました。肉厚の鋼管は、製作に時間がかかりまたコストも高いことから、高密度の鉄筋コンクリートの柱も開発されて用いられ始めています。高密度RC柱の配筋の状況を写真4に示します。またこのような高密度の鉄筋を用いた柱と梁の接合部の開発も行われています。

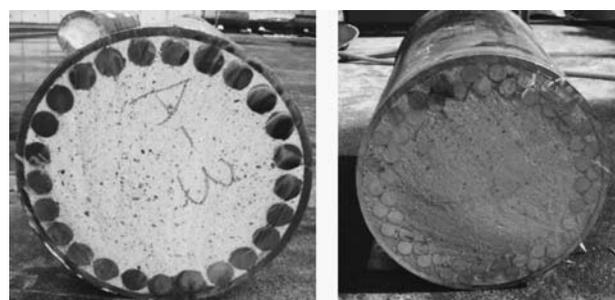


写真4 高密度RC柱

東北縦貫線工事では、既設の新幹線の柱を補強する必要が生じました。将来新幹線上に1層継ぎ足されることは想定して設計されていましたが、阪神大震災以降、設計の地震力が大きくなり、補強しなくては継ぎ足せなくなりました。そのため既設の鋼製の柱の中にスパイラルを何個か入れてコンクリートを鋼製柱につめるという補強を行いました。補強の状況を写真5に示します。この補強により柱の変形性能が大幅に向上しました。図3にこの柱の交番載荷試験の結果を示します。



写真5 スパイラル鉄筋による柱内部補強状況

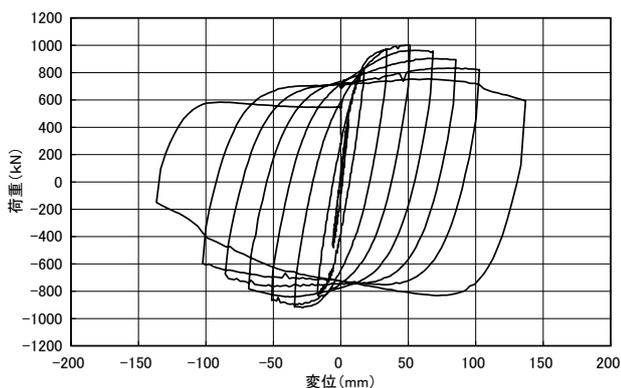


図3 スパイラル鉄筋で補強した柱の荷重変位曲線

また、高架橋上に建築物を載せる計画も多く存在します。この場合、狭隘空間に運べる資材とするため、柱を鉄筋コンクリートとせざるを得ない場合があります。このような柱は今まで高架橋では経験しなかったような高軸力を受ける場合があります。そのような高軸力を受ける鉄筋コンクリート（以下RC）柱の開発も行っています。図4は高軸力を受けるRC柱の水平交番試験の結果です。柱の配筋は軸方向鉄筋の内側にスパイラル筋を配置しています。このような配筋とすることで高軸力でも耐震性に優れた柱が可能です。

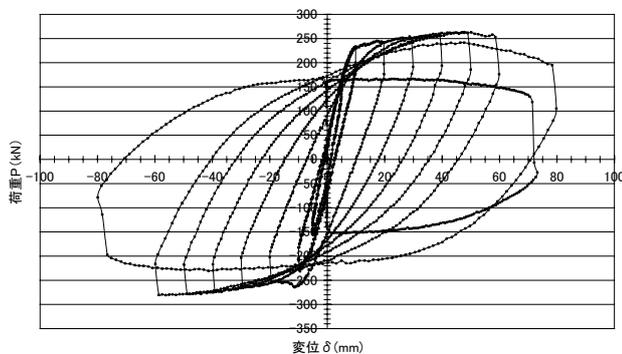


図4 高軸力を受ける柱の荷重変位曲線
(軸力：30N/mm²、f'ck：50N/mm²)

3. おわりに

線路近接構造物の工事費、工期は、進入路、資材置き場、それと施工しやすい構造計画が大きく影響します。どのように施工していくかを考えたうえでの構造とすることが重要です。一般構造物の施工手順は構造を決めて、後から考えてもよいですが、近接構造物の場合は、施工手順を考えながら構造を考えていくことが重要です。そのためには、担当する技術者は、構造と施工の両方の分野が分かっている必要があります。構造が決まった後に工事費、工期を縮小させるのはあまり効果がないことから、構造から変えることが必要です。

列車を支持する構造物や鉄道の空間を覆っている構造物は鉄道構造物とされています。この範囲の工事は営業線近接工事となり、造る場合も壊す場合もたいへんな作業です。その意味でもこの範囲は、100年を超えても触らないで済むような計画とすることが望ましいと言えます。一方、その上の建築構造物は、世の中の建築物と同じく、時代に合わなくなれば、建て替えるという議論が出てくると想定されます。それらを考えると、鉄道構造物の部分と、建築の部分は構造的に分離しておき、建て替え時にも、鉄道構造物の範囲は壊さないで済むような構造の開発も望まれます。

都市部においては鉄道の利便性をより追求していくことが鉄道利用の拡大のために必要です。現状は鉄道の上下空間の利用はあまりなされていません。特に都市部の利便性の高いこれらの空間は大いに高度利用していくことが望まれています。貴重な資源であるこれらの空間を高度利用可能とする技術開発について、関係者のいっそうの活躍を期待します。