

建設工事分野における 技術開発について

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



JR東日本における工事の特徴は、列車の走っている線路の近くか、線路の上や下での施工が多いことです。いままでこのような厳しい施工条件はできるだけ避けて計画してきましたが、今後の予定されているプロジェクトは、ほとんどがこの厳しい環境下で計画されています。これら多くの予定されているプロジェクトを推進するには、この厳しい環境下の設計施工技術を開発していくことが必要であり、かつ当社が中心になって進めていくことが必要です。

1. 建設工事分野の技術開発について

JR東日本の鉄道にかかわる工事の多くは、三鷹－立川間の高架化工事や、東京－上野間を結ぶ東北縦貫線の建設工事などからもわかるように、ほとんどが、営業している線路の側や、線路の上や下での工事です。これらの工事では、一般の場所での工事に比べ、工期、コストが非常に多くかかっています。これらの鉄道工事の工期の短縮、コスト低減が強く求められています。

また最近増えてきた、生活サービス事業のための工事も、多くは同様に厳しい施工条件下で計画されています。いままでは施工しやすい箇所を中心に線路の上下の空間の開発がされてきました。今後開発を進めたい場所は、工事の施工条件の厳しい箇所が多くなっています。鉄道会社の大きな財産である線路の上下空間を活用して、お客さまの利便性向上と合わせて、生活サービス事業の開発をコスト的に成立可能にすることが望まれています。

2. 技術開発の進め方

2.1 十分な構想と実用化のためのチーム編成

技術開発には、研究的な開発と、事業化をめざしたいような技術商品開発があります。設計手法を新たに作ることで、いままでより合理的な構造が可能となるなどは、研究的な開発ということが出来ます。新しい工法の開発などは、この工法を広く使ってもらうことで事業化や、ロイヤリティー

の回収により収益の確保をめざすもので、技術商品開発といえます。

技術開発をはじめるとあって、研究的な開発にも必要ですが、特に技術商品開発においては構想を十分に練って、その成果物の市場、コスト競争力、合わせて開発グループの持っている技術能力を検討のうえ、実施に進むかを決めることが必要です。必要な開発テーマでも、チームに技術能力がなければ成果は期待できません。また同じテーマでも担当者により成果は異なります。開発が成功するかどうかは担当する人やグループの構成員で決まるともいえます。建設会社の開発を見ても、実用化している開発は、ほとんど特定の担当者のかかわっているものです。実用化に持っていくには、技術力、コスト管理能力、発想力、粘り強さなどの必要な能力の欠けないチーム編成とする必要があります。

研究的開発や汎用的開発は、開発専門のメンバーのみでも可能ですが、特定のプロジェクトでの使用をめざした技術開発は、プロジェクトの関係者を開発メンバーに加えておくことが必要です。プロジェクトはそれぞれ条件が異なることが多く、開発を成功させるにはそのプロジェクトの条件下でメリットを出すことが大切です。このため、技術開発のメンバーにはそのプロジェクトの責任者を加えておき、常にプロジェクトの条件にあっているか、使用時期に技術開発が間にあうのかの確認をしながら進めていくことが必要です。プロジェクトは、日々条件が変化してくるので、その変化を常に考慮しながら開発の方向も修正していかないと実際に適応できるものにならないからです。

開発成果に対する開発途中でのコスト管理も重要です。しっかりコスト管理をしないと、機能は満足しても高価すぎて実用にならないという開発成果になってしまいます。開発成果が高価すぎて使われないものとならないように、常に開発の方向を管理することが必要です。メンバーの一員として成果物のコストを常に意識できる人を加えておくことも大切です。

2.2 実験は仮説の検証、実験は自らしよう

1) 計画は常に変更を

実験の計画を立て、実際に実験を始めると予測と違う結果が得られることがほとんどです。この場合、計画していた次の実験を続けるのではなく、再度仮説を立て、実験計画を変えていくことが大切です。初めに計画したままに進めると、無駄な実験を多くし続けることとなります。計画の変更が可能なような実験の工程としておくことが大切です。いままでの技術開発で良い成果の得られたものの多くは、最初の計画から、途中の結果で何度も計画を変えています。実験1回ごとに結果を検討し、当初の計画にとらわれず、次の実験を変更していくことが大切です。

2) 自ら実験を

外部機関から公開実験の案内が来ることがあります。その分野の大学の先生や、企業の専門家へ案内され、実験の計画書が送られ、見学にくるときに各人結果の予測を持参くださいということが良く行なわれていました。皆その道の専門家ですが、予測や解釈はそれぞれ人により異なります。

大切なことは、できるだけ担当者は自ら実験などを行うことです。模型を作って壊すことなど、直接実施することで問題の本質を理解できることが多いのです。外注して結果だけをもらうということは、一番大切な実際の破壊状況などを見ずに、他人のフィルターを通して見ることになります。他人の能力により実験結果が評価されることとなります。貴重な実験であるので、できるだけ多くの人が見ることも大切です。実験を直接実施することで、その過程で多くのことを経験できます。実験そのものがうまくいかなくても、うまくいかないことから別の開発に結びつくこともあります。また、自ら体を使い実験することで、構造物や、材料などに対する感性が身につきます。さらに、破壊の状況などを見ておくことは、実物の変状や災害などで、被害の状況が破壊のどの程度手前なのか、すぐ破壊なのかという判断にも役立つからです。これは、写真や本などでは身につかない感性であり、直接見ることは重要です。

2.3 成果は社会に認められる手続きを

新しい構造などを開発した場合、社会のインフラにそれを使用するので、安全性など十分に証明しなくてはなりません。新しい設計法など提案する場合も、社会に認知されてから実物に採用することが必要です。通常は、学会の論文集などに投稿して採用されることで認知してもらうことにしています。場合によっては学識経験者などを入れた委員会での認知の手続きを踏むこともあります。実構造物に採用するには、いずれにしてもこのような手順を踏むことが必要です。社内的な報告で開発終了でなく、学会の論文など提出して、社会に認めてもらうことが成果のひとつの区切りです。

2.4 開発よりも、改良により多くのエネルギーを

開発が終わり実用化に至ったものについても、現場への適用実績を重ねながら粘り強く改良していくことが大切です。3年程度の技術開発の期間が過ぎ報告して終わりとするのではなく、それから実用化したものを改良していくことに、それまで以上にエネルギーをかけることが、本当の開発成果を得るには必要です。建設にかかわる開発成果は、施工場所が変わるごとに施工条件に応じて改良していくことが必要です。この継続的に改良、改善をしていくことが技術開発の成果を確実にしていきます。

3. 線路近接工事のコストダウン

線路近接工事の工期を短縮することや、工事費を低減する上で、技術開発は重要です。それ以外にも重要なことがいくつかあります。それは、施工しやすい構造計画とすることや、不合理な基準などに対して変更の働きかけをすることです。

3.1 良い計画を作ることが最大のコストダウン

線路近接工事や線路空間の開発工事は非常に施工条件が厳しい場所で行なわれます。ここに一般の場所での構造を採用することは非常な高コストとなりがちです。少々材料が増えても、施工のしやすい構造としていくことがコストダウンには有効です。線路近接工事では資機材置き場、資機材の搬入路、施工時間、などが制約されていることがほとんどです。これらの制約の受けにくい構造形式にすることが最も大きくコスト低減に寄与します。構造物の形を決めるときに、同時に施工方法や、施工手順を一緒に検討することが大切です。構造物の形を決めた後で施工方法を考えるのでは、施工はなんとかできても、

コストは高く、工期は長くなるのが一般的です。計画の時点で施工を十分に検討し、容易に施工できる構造形式とすることが大切です。1年ほど前から全工事事務所では、構造計画検討委員会をつくり、近接工事については、施工を考えた構造を議論してもらうようにしました。一般に造られているものと同じ構造形式を安易に選ばず、工夫して施工しやすい構造形式にしていくことが必要です。

3.2 建築行政への働きかけの取組み

鉄道構造物については、JR東日本は認定事業者ということで、ほとんどの工事は自己責任で、設計、施工を進めることができます。建築構造物は、建築確認を受けてから工事に取り掛からねばなりません。線路内の杭や柱、線路直上のスラブなどは、列車の走行の空間を確保する鉄道構造物であるとともに、上を建物で用いると建築構造物ともなります。鉄道事業法と、建築基準法が重なっている部分です。このような箇所について、構造の安全を鉄道の設計管理者が確認し、さらに建築主事が確認をするというのは無駄ではないかということで委員会をつくり、建築行政の取り扱いとして、建築の基準と同等以上の安全であることが証明されている鉄道基準で設計されているもので、鉄道の設計管理者が安全を保障したものについては、その部分はそちらにゆだねる、ということになりました。これにより鉄道構造物の中に建築が入るような場合の建築確認の手続きが大きく緩和されました。そのほか、線路上空建物に対する設計基準の適用範囲が、それまで高さ20mとなっていたものを31mまで変えるべく、学識経験者、国土交通省、建築主事の代表、JR関係者などからなる委員会をつくり、議論を重ねた結果、この方向で2009年3月にまとまりました。

4. 技術開発によるコストダウン、工期短縮

4.1 いままでの開発成果

建設工事に関わる工期短縮やコストダウン、安全性向上に効果をあげた技術開発成果を以下にいくつか紹介します。

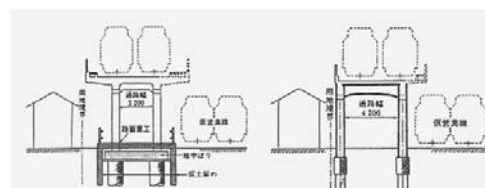
1) 地中梁の省略と先端プレロード杭の開発

鉄道近接工事の工事費に大きく影響するのは高架橋などの地中梁です。この地中梁をなくすことができれば、工期、工事費が大きく低減します。これをなくすべく学識経験者などと議論を重ね、杭の施工の信頼性をあげることを条件に、地中梁のない構造を採用可能としました。杭の信頼性を向上するために開発したのが先端プレロー

ド杭です（図1）。この杭を用いての地中梁の省略は、三鷹－立川、長町、浦和をはじめ多賀城高架など線路近接の高架橋にはほぼ全面的に採用してきています。図2に当初計画と、地中梁をなくした、三鷹－立川の高架橋を示します。地中梁があると、線路を全線に渡って防護することが必要となり、かつ施工で掘削するので工事用の車両なども通行不能となります。この先端プレロード杭の開発が、地中梁のない新しい構造形式の採用を可能とし、大幅な工期短縮と、工事費の縮減を可能としました。



図1 先端プレロード場所打ち杭



従来の高架橋（地中梁あり） 新しき高架橋（地中梁なし）
図2 高架橋形式の比較

2) 線路下横断工事のJES工法、COMPASS工法

過去に多発した線路下横断工事の路盤陥没事故を減らすべく開発した工法がこれらです。いままでの線路下横断工法より、安全性が大幅に向上した工法であることから、全国で採用され、すでに100件を超える実績となっています。大切なことは、たゆまず改良改善のための開発を続けていることです。

3) ソード工法

立川駅の線路上空建物の建設工期短縮に大きく貢献した新しい工法です。これもさらに改良して次に生かすことが大切です。

4) 内巻きスパイラル柱

耐震性能が大幅に向上する工法です（図3）。高架橋の



図3 内巻きスパイラル柱配筋状況

柱の配筋に全面的に採用されています。

5) 高密度鉄筋柱の開発

厚肉鋼管に変わり、鉄筋を多数本束ねて、薄い鋼管で包んだもので、鋼管よりも大幅に安くなると期待されています。日暮里の開発プロジェクトでの柱に使うことが現在計画されています。今後の駅改良工事などに多く使われていくと思います。

4.2 これから望まれる技術開発

線路近接工事や、線路上空開発の工事費が高つくのは、安全設備の多くなることは当然としても、作業時間の短いこと、施工ヤードの少ないことが大きな原因です。技術面での解決は、これらの制約を少しでも取り払うことのできるようにすることです。

コストのかかる最大の原因は、鉄道の運行のない夜間数時間での作業が多いからです。できるだけ鉄道の運行中でも安全に作業ができるようにすることが、コストダウンや、工期短縮に効果的です。そのためには、構造計画の段階で昼夜作業の可能な計画とするとともに、新しい構造形式の開発や、施工法、施工機械の開発が必要です。施工機械は建設会社に任せればよいという時代ではなくなりました。現在、線路上空の開発案件が多く計画されています。いままでは施工条件の厳しい場所での開発は難しく、コストもかかるので避けてきました。今予定されている多くのプロジェクトを実施可能にしていくには、施工機械などの開発が不可欠となっています。市場の小さい線路近接工事のための特殊な機械の開発に、建設会社は人もコストもかけてきませんでしたし、いまは建設会社の体力がなくなってきたことから、ますます建設会社の開発に期待できない状況となっています。JR自らコストダウン、工期短縮に必要な機器を開発していかないと、予定されているプロジェクトを動かすことはできません。施工機械についても主体的に開発することを1年程前から取組み始めました。現在実施中の施工機械の開発として、以下のものがあります。

1) 大口径低空頭杭施工法

杭の直径3mで、線路近接箇所でも安全に24時間施工可能な機械をめざしています。図4に製作途中の機械を示します。

2) 地盤切削JES工法

線路下横断工を、列車を通しながらも安全に施工できるようにする目的で取組んできました。図5に公開施工試験の状況を示します。

今後の開発テーマとして思いつくものをあげてみましょう。

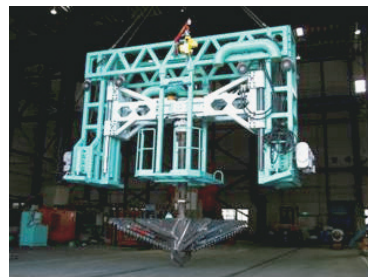


図4 製作中の大口径低空頭杭打ち機



図5 地盤切削JES工法公開施工試験状況

①24時間施工可能な杭施工のためのホームの下に入る
大きさの杭打ち機

②短時間で架設可能な工事桁

③人工地盤の昼夜施工可能工法

などがあります。

線路の上下空間開発工事で工程上大きなネックとなっているのが一般に杭の施工です。杭の施工機械は、その大きさからホームや、線間に置いておくことができないので、夜間の人や列車のいない間に数時間作業しては、別の場所に移動していました。これをその施工場所に置き続けても、旅客や、列車に支障しない大きさにしていくことが一つの大きなテーマです。さらに、列車運行時にも安全に施工できるようにすることです。プロジェクト全てに使える機械を開発できれば最も望ましいですが、限定された場所で使えるものでも開発していく必要があります。

線路の直下に構造物をつくる場合は、一時的に線路を支持して、その下の土砂を取り除く作業が生じます。この仮に線路を受ける工法として工事桁工法があります。これも列車の走らない時間に作業しなくてはなりません。バラストを撤去して桁を据え付けるということが必要です。できるだけ短時間で施工可能な構造などに変えていく必要があります。

杭と柱が出来るとその上に人工地盤を造ることになります。この梁とスラブの施工もいままでは、列車の通っていない時間での施工となっています。この人工地盤の施工も、列車の運行中でも施工できる部分を出来るだけ増やしていく必要があります。