

技術開発成果を取り入れた空間創造

東日本旅客鉄道株式会社 建設工事事部 構造技術センター 副所長・課長
野澤 伸一郎・大迫 勝彦



本稿では、駅周辺の線路上空や高架下に新たな空間を経済的に創出する取組みを紹介します。まず、地中梁をなくした構造を高さ31mまで拡大させ、それらを線路上の空間建設に取り入れました。千葉駅や東中野駅ではその成果を活かして工事を進めています。また、新しい柱構造および柱と梁接合構造を開発することによって、新青森駅の高架下空間を経済的に構築しました。さらに、これまで、勘と経験を主体に列車の運行時間帯に施工できるか否か判断していた工事に対して、試験を実施することで安全な範囲を確かめるなどして、安全で経済的な空間を創出するためのマニュアルを制定しました。今回はこれらの空間創造の取組みについて述べます。

1. はじめに

駅はお客さまが集うにぎやかな空間です。そのスペースを広げることができれば、混雑しているお客さまの流動がスムーズになり、また、新たな公共や事業、商業スペースを創出できます。課題は建設コストです。お客さまと列車の安全を確保しながら工事するためには、「夜間に列車の走らない時間帯のみ施工可能」などの時間の制約と、軌道や架線、構造物などに制約された狭い作業空間がコストアップにつながっていました。JR東日本では、構造計画や設計、施工面でこれらの課題を克服するべく、技術開発成果を活かしてプロジェクトを推進しています。

2. 線路上の空間の創出

2.1 構造設計法の改定

線路上空建築物は、図1にあるように、施工上の制約から一般建物とは異なり基礎杭どうしをつなぐ地中梁が省略された架構形式となる一方で、大地震時においても多数のお客さまの安全や列車の運行を確保できるように十分な耐震性をもたせる必要があります。

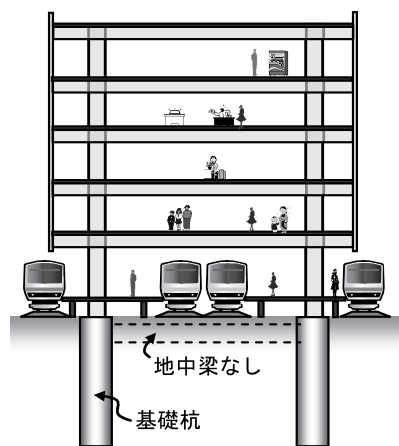


図1 線路上空利用建築物

線路上空を利用した建物の構造設計に関しては、構造高さ20m以下かつ4層までの橋上駅など低層の建物を対象とした「線路上空建築物（低層）構造設計標準」（以下、低層標準）が1987年に制定されました。その後、この設計標準は、関連法規の改定や、技術の進展に伴う解析手法や工法の多様化に対応すること、および二方向地中梁無しの構造形式も適用範囲に含めることを目的に2002年に改定され、これまで数多くの橋上駅などの設計に活用されてきました。しかし、図2に示すように、昨今の都市部における線路上空空間の高度利用に対するニーズが高まったことから、設計標準の適用範囲の拡大が求められるようになりました。そこで、中高層化に伴う影響について構造解析などによる技術的な検討を行い、大地震時においても耐震性能を十分確保するための設計法を策定しました。検討結果および設計法は、学識経験者や建築行政関係者を含む委員会におい

て慎重に審議され、構造高さ31mまでに対応した構造設計法として既往の設計標準を2009年に改定しました。

行政関係者と協議した結果、低層標準で設計した建築物の行政上の取扱いは、2010年5月に日本建築行政会議が発行した「駅舎などの鉄道施設の構造審査要領」の中に示されました。そこには、低層標準の規模などの適用範囲および設計条件内で設計された建築物は、一般的な確認申請で扱うことが可能であると記載されています。構造高さ31mまでに対応した低層標準を改訂したことにより、構造設計や行政手続きが円滑に行えるようになりました。

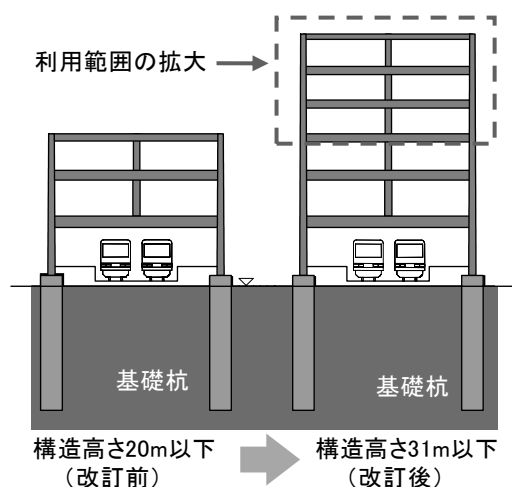


図2 線路上空利用建築物の中層化

2.2 適用プロジェクト

(1) 千葉駅

1963年に建設された千葉駅舎および千葉駅ビルは、老朽化が進み耐震補強も必要なうえ、改札付近の動線や視認性などの課題がありました。この様な課題を解決するため、線路上空の3階部分に駅を橋上化して、通路が広く天井の高い開放感のある分かりやすい駅になるように計画し、駅ビルも駅舎と合わせて建替えを行い、駅と一体となった魅力ある商業施設も建設します（図3）。

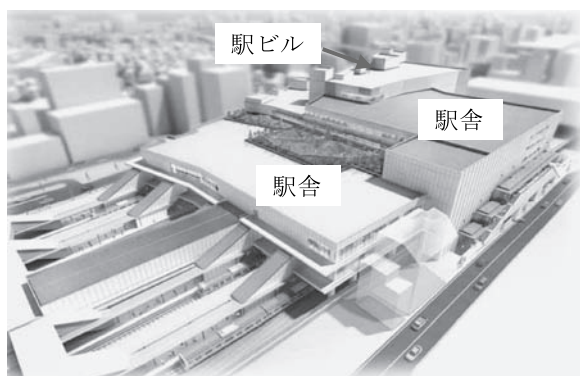


図3 新駅舎・新駅ビル完成予想図

千葉駅の建物本体工事は、2011年10月から着手しています。新駅舎・新駅ビルは鉄骨造で、規模は地上7階・地下1階建て（新駅舎は、地上6階）、延べ床面積70,000㎡、床面積の内訳は、駅施設・コンコース約16,000㎡、エキナカ商業施設約6,000㎡、駅ビル約46,000㎡です。新駅ビルは、線路上空でないで地中梁のある建築物として設計しています。新駅舎は、線路上空で地中梁を設けるのが困難なため、構造高さの適用範囲を31mまで拡大した低層標準に従い、1柱1杭の地中梁のない構造で設計を行っています。新駅舎と新駅ビルの間には、エキスパンションジョイントを設けて別構造としています（図4）。

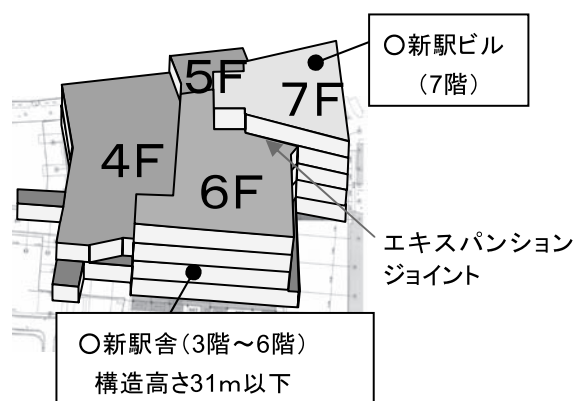


図4 建物イメージ図

線路上空部は、6層・高さ約30m、柱が少なく開放的な空間、地中梁なし、柱が高架橋を貫通しているため線路階（1階）の柱が長いなどの条件により、杭径3mの場所打ちコンクリート杭が必要となりました。千葉駅では、この大口径杭の効率的な機械施工と昼夜での施工を可能とするために技術開発した「機械が小型・軽量のため狭い場所でも施工が可能な超低空頭場所打ち杭工法」、「周りの土が崩れないための防護鋼板を同時に施工が可能な場所打ち杭工法（図5）」を導入しています。

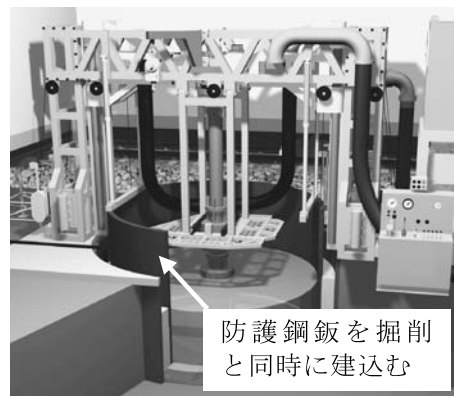


図5 防護鋼板同時施工の機械

(2) 東中野駅

東中野駅の開発は、環状6号線拡幅工事ヤードの駅前広場化に合わせ、中野区が広場から西口駅舎への連絡設備を整備し、当社が連絡設備と一体で人工地盤および駅ビルを整備する計画です。西口のイメージを図6に示します。また、既存駅舎（西口、東口）の改修も合わせて行い、東口から西口へ駅本屋を移転します。

西口駅ビルは、鉄骨造の地上5階建てで、構造高さ約30m、延床面積2,780㎡（用途：連絡設備、子育て支援施設、駅施設、店舗）です。当初は、構造高さが20mを超えるため特殊な設計とみなされ、行政手続きに時間がかかると考えていました。しかし、改定された低層標準で設計できたことにより、行政手続きが円滑に行うことができました。駅ビルの断面図を図7に示します。本建物は、線路直交方向が1スパン（約17m）で、人工地盤の連絡通路部は8m以上はねだす構造となっています。線路直交方向に地中梁はありませんが、平行方向には杭の水平変位を抑える為に杭上部に鉄骨梁やブレースを設けています。近接するよう壁や軌道への影響を考慮し、掘削を伴うRC地中梁の施工は避けています。

駅ビルの工事は、2011年3月から着手し、2012年夏に開業予定です。



図6 東中野駅西口イメージ

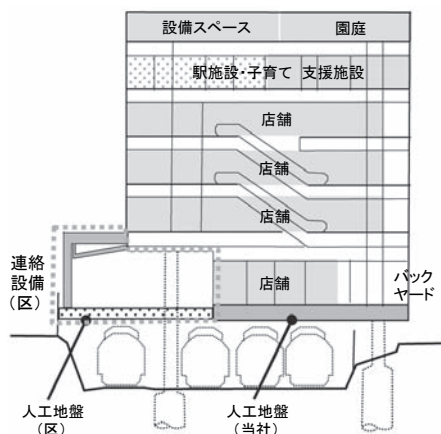


図7 西口駅ビル断面（線路直交方向）

3. 高架下空間の創出

3.1 構造計画・鋼板巻きRC柱とソケット接合の採用

図8は2010年12月に開業した東北新幹線新青森駅です。駅の高架橋のうち、在来線（奥羽本線）と交差する部分は高さの制約がありました。高架橋の梁高は中層縦梁を800mm以下、上層縦梁を1900mm以下としなければ、2層式高架橋が成り立たず、コンコースが確保できない状況でした。そこで、SRC（鉄骨鉄筋コンクリート）部材を梁として使用することとしました。

一方で、柱は営業線である奥羽本線に近接するため、なるべく細く、また短時間で施工できる必要がありました。一般的にはCFT（コンクリート充填鋼管）柱が用いられますが、その場合、鋼管厚が76mmとなりコストアップが課題でした。そのため、新たに開発していた鋼板巻きRC柱を採用することとし、鋼板巻きRC柱とSRC梁の接合方法を開発することとしました。

CFT柱と鉄骨の接合に開発したソケット接合を応用して、鋼板巻きRC柱と鉄骨梁を接合できるか検討しました。図9に接合部の略図を示します。模型試験体による交番載荷試験を実施して、従来のソケット接合の耐力評価式が採用できることを確かめました。

3.2 開発した構造での施工

まず、CFT柱から開発した鋼板巻きRC柱に変えることにより、材料費は約2割のコストダウンとなりました。さらにこの新青森駅の施工にあわせて開発した鋼板巻きRC柱と鉄骨梁のソケット接合を採用することでSRC部材での梁が可能となり、コンコースも確保することができました。

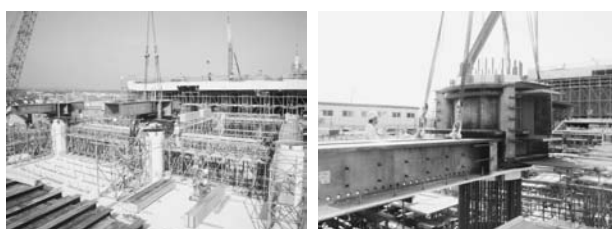
開発したソケット接合工法のさらなるメリットとして、梁・柱部材接合の複雑な構造を省略できることと、鉄骨を組み立てる時に誤差を吸収できることがありました。後者は、ソケット鋼管の偏心量を30mmまで許容できるので、実施工では鋼板巻きRC柱設置後にクレーンで吊り上げたソケット鋼管付きSRC梁を架設金具同士で連結し、鉄骨梁部材架設時に架設金具を緩解してソケット鋼管の位置を微修正しました。図10にその施工時の状況を示します。柱とソケット鋼管の接合部全52ヶ所中、ばらつきはあるものの最大偏心量は28mmとなり、所定の管理値で鉄骨建方を完了できました。このことは工期短縮に大きく役立ちました。以上により、2010年12月開業に合わせて図11に示す高架下空間を経済的に構築することができました。



図8 東北新幹線新青森駅

開発前	今回
柱部材 (CFT) ソケット鋼管内充填材 外ダイヤフラム 鋼製梁 ソケット鋼管	柱部材 (鋼板巻きRC柱) 主鉄筋 外ダイヤフラム 鋼製梁 ソケット鋼管

図9 ソケット接合部の略図



(a) 施工全景

(b) ソケット接合部

図10 ソケット接合工法の施工状況



図11 東北新幹線新青森駅高架下空間

4. 昼間の施工時間帯の拡大

4.1 線路上空における施工

線路上空で人工地盤などを施工する際には、お客さまの安全や列車の運行を確保できるよう慎重に施工計画を立てます。例えば図12のような人工地盤上での吊り荷作業がある場合、落下などのおそれがあるため夜間の線路閉鎖作業として計画を立てる場合が多くありました。その結果、夜間の限られた時間間合いでの作業となり、工期が長大化する大きな要素の一つでした。

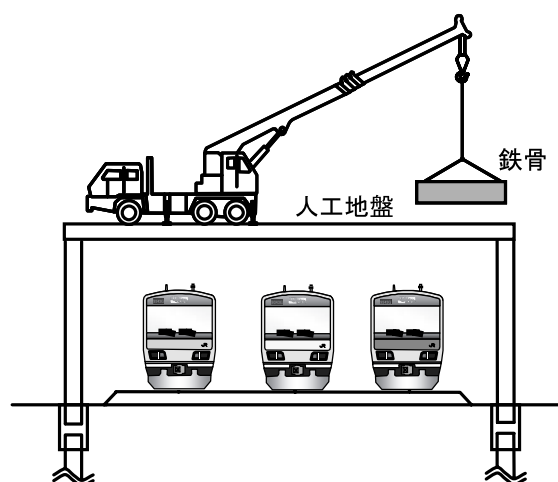


図12 人工地盤上での吊り荷作業

そこで、工期短縮やコストダウンの観点から昼間作業を拡大するための検討項目をマニュアルとして整理しました。そのマニュアルによることで安全であると判断できる項目やその基準を明確にして、昼間作業を拡大しやすくなりました。

4.2 列車運行時間帯の近接工事設計施工マニュアル

ここで、今回整理した「列車運行時間帯の近接工事設計施工マニュアル」（以下マニュアル）に掲載されている人工地盤上の作業に関する安全対策の事例として、床版上に覆工板を設置した場合の落下衝撃試験結果を紹介します。

(1) 落下衝撃試験概要

試験体は、実際に施工される構造を想定し、1スパン×1スパン（16m×13m）の範囲で作成し、吊り荷の自由落下試験を行いました。吊り荷は鉄骨建て方を想定し、柱部材2層（5・6階）1節分としました。柱部材の重さは6.5tです。図13に試験体模式図、図14に落下試験模式図、図15に床版詳細図を示します。なお、落下高さ11mの場合を試験体A、1mの場合を試験体Bとします。

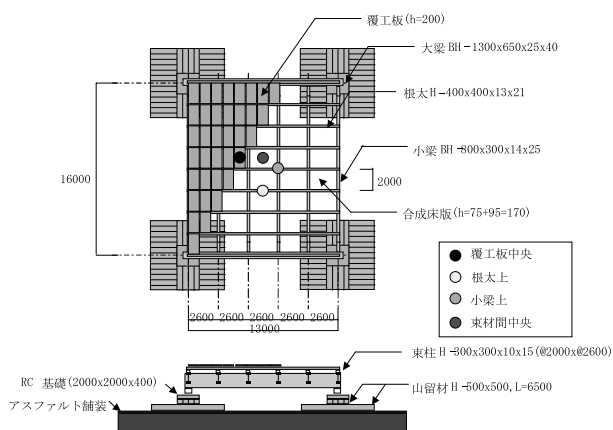


図13 試験体模式図

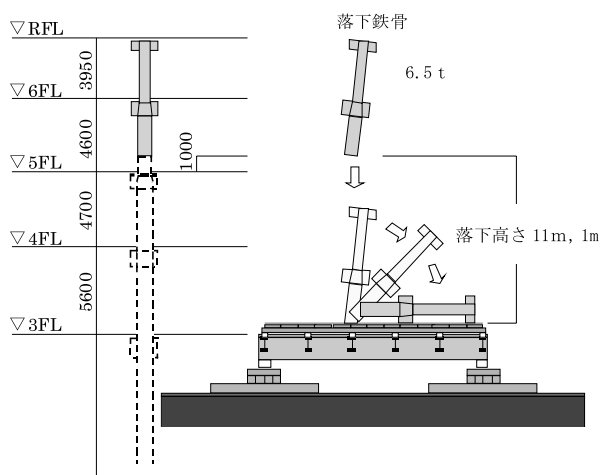


図14 落下試験模式図

■試験適合の必要条件

- 覆工板：h=200 (SM490)
- 根太：H-400×400×13×21 (SS400) @2000
- 束材：H-300×300×10×15 (SS400) @2000×@2600

合成床版：h=（デッキ高）75+95=170

小梁：BH-800×300×14×25

（端部 SN490 中央 SS400）

大梁：BH-1300×650×25×40 (SN490)

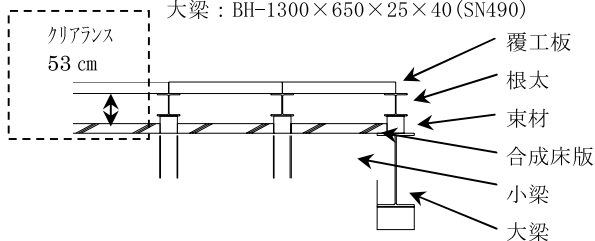


図15 床版詳細図

(2) 試験結果

図16に示すような状況で落下試験を行いました。

試験体A（スラブ+覆工板）の各落下位置のケースにおいて、図17のように覆工板や根太は損傷しましたが、スラブや梁、柱等にはほとんど損傷は見られず、スラブ下部への影響はありませんでした。覆工板がない試験体B（スラブのみ）

については、落下高さ1mですが柱鉄骨部材がスラブを貫通する結果となりました。よって、今回の試験条件において、床版を覆工板で養生することは、吊り荷の落下による衝撃に対して有効であることが確認できました。

これらの結果をもとに、万一吊り荷が落下しても安全な床版構造や吊り荷重量などを検証し、列車運行時間帯に施工できる範囲を定めました。



図16 試験状況



図17 覆工板損傷状況

(3) 今後

今回の落下試験のほか、覆工板よりも簡易的な方法で安全確保する方法などに関する技術開発を進めていく予定です。

5. おわりに

今後も各駅、各現場のニーズに応じた技術開発を実施し、新しい空間を創造していきたいと考えています。技術開発成果が、行政手続きの改善やマニュアルの制定に結びつけば、その後のプロジェクトにも採用できることから、今後積極的に実施していきたいと考えます。

参考文献

- 1) 線路上空建築物（低層）構造設計標準2009, 鉄道建築協会, 2009.7
- 2) 山崎裕史：在来線直上で桁高・工期の制約を受けた複合構造高架橋の設計施工, 総合技術講演会論文, 2009.10
- 3) 東日本旅客鉄道㈱：列車運行時間帯の近接工事設計施工マニュアル, 2011.10