

空間創造と構造技術の革新

東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 所長

野澤 伸一郎



鉄道駅の近くに空間を創造するために構造を工夫しています。東京駅丸の内駅舎の保存・復原においては、レンガ駅舎を地震に対して現在の基準を満たしかつ隣接する高架橋に接触しないように、変位を小さくした免震工法を採用しました。東北縦貫線工事では、既設の高架橋の耐震性能を向上させるための工法を開発しました。千葉駅・駅ビル改良工事においては、実験と解析で安全性を検証して基準を作成して杭施工と鉄骨架設を列車運行時間帯に可能にしました。新宿交通結節点整備では、線路の下を掘削するための工事用の桁をその後も使用できるPC桁工事桁を開発し本設利用しました。

1. はじめに

鉄道の駅の近くに空間を創造する場合、多くは線路の上空や直下、近傍での工事となります。列車やお客さまの通行しない短時間での作業や、高さや幅を制限された中での施工が多く、通常の建築・土木工事に比べると割高となります。これらに対して、設計や施工を含めた構造技術を革新することにより、工事のコストダウンや工期短縮に努めています。

2. 東京駅丸の内駅舎の保存・復原

「赤レンガ駅舎」として親しまれている東京駅丸の内駅舎は、1914年に開業しました。1925年の空襲による屋根や外壁の損傷のため、創建時の3階建てから2階建てとして使用されていましたが、図1に示すように2012年10月1日に保存・復原工事が完成しました。2003年に重要文化財に指定された丸の内駅舎は、現存している建物を可能な限り保存しつつ創建時の姿に復原されました。保存・復原は、特定容積率適用区域制度の創設に参加して初めて適用したこと、建物



図1 丸の内駅舎の全景

の意匠を過去の文献などを参考に可能なものは極力再現したことなど特筆される事柄は多くあります。構造面でも画期的な工夫を行い、保存・復原工事を推進しました。設計・施工面では

- 1) 駅舎を現在の耐震基準を満たして保存・復原すること
- 2) 一日約18万人が利用する通路階段などの駅舎機能を確保しつつ施工することが特に課題でした。

2.1 変位を制御した免震装置を活用

保存・復原する駅舎は、中程度の地震ではレンガ壁にひび割れを発生させず、想定される最大級の地震では、レンガ壁にひび割れの発生を許容するが、大きな補修をすることなく建物を使用できるように工事完成後の耐震性能を設定しました。

この要求性能を満たすために、免震構造とすることにしましたが、丸の内駅舎に隣接して東側には中央線の高架橋があります。図2にその略図を示します。駅舎が335mと長いために約350台の鉛プラグ入り積層ゴムを配置したほか、約

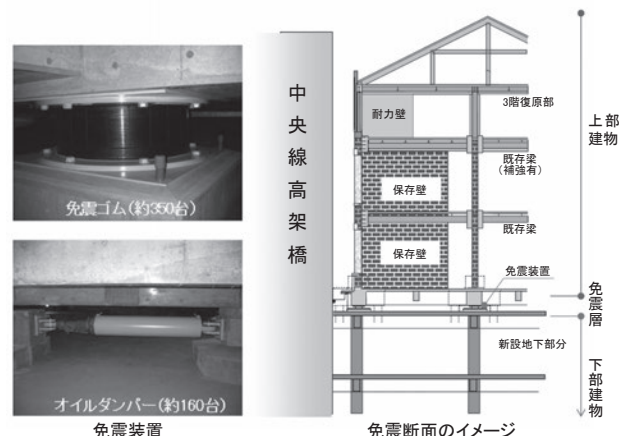


図2 免震断面と免震装置

160台のオイルダンパーを使用して、大地震時の免震層の変形を20cm以下に抑えました。通常の免震建物の変位は50cm程度ですが、今回は免震と隣接構造物への影響防止の両方を実現しました。

2.2 お客さま通路の確保

工事はお客さまの通路を確保しながら進められました。地下にある総武線のホームと連絡する総武通路階段とエスカレーター・中央地下通路についても仮受して、地下部分を掘削して構造物を構築しました。図3にその断面と状況を示します。

3. 東北縦貫線工事

東北縦貫線プロジェクトは東海道線東京駅～宇都宮線・高崎線・常磐線上野駅間を複線で結び、直通運転を可能にするものです。東北縦貫線の整備により、現在通勤時間帯の混雑が著しい上野～御徒町間をはじめとして混雑緩和が図れること、乗換えの解消等により宇都宮・高崎・常磐線から東京方面へ移動する際の速達性を向上できること、首都圏を南北に結ぶ輸送ネットワークの強化が図れ、地域の活性化に寄与すること等の効果が期待されています。

東北縦貫線の桁架設状況を図4に示します。神田駅付近の既存新幹線高架橋は、鋼ラーメン橋台および橋脚構造と

なっています。新幹線高架橋に継ぎ足す形で鋼ラーメン橋台および橋脚を構築し、橋脚間又は橋脚と橋台間にはPC桁と鋼桁を架設しました。1991年開業の東北新幹線に用いられている既存新幹線高架橋は、将来の重層化を考慮して耐震設計がなされていましたが、開業後に発生した兵庫県南部地震を契機に検討された鉄道構造物の新たな耐震設計基準に示される耐震性能を重層化後も満足させることが困難でした。そこで、既設鋼ラーメン橋台および橋脚をいかに改造・補強して既設新幹線構造物の上に東北縦貫線の構造物を建設するかが課題でした。

3.1 既設新幹線高架橋柱の耐震性能向上

既設鋼ラーメン高架橋の既設柱は、角型断面を有しています。この既設柱は、中空の鋼矩形断面としての設計がなされています。既設柱周辺は、高架下利用により店舗が配置されており、ブレースやダンパーを設置して柱外面から補強することが困難な状況にありました。そこで既設柱内部から補強することを検討し、図5に示すようにコンクリート充填やスパイラル筋を配置することにより補強することとしました。スパイラル筋による補強は、この補強筋に囲まれた内部のコアコンクリートが大変形領域においても損傷せずに残ることで、急激な耐力低下を防ぎ変形性能の向上を図る補強方法です。本補強方法については、実験によりその耐震性能を確認しています。



図3 階段とエスカレーターを仮受しながら施工

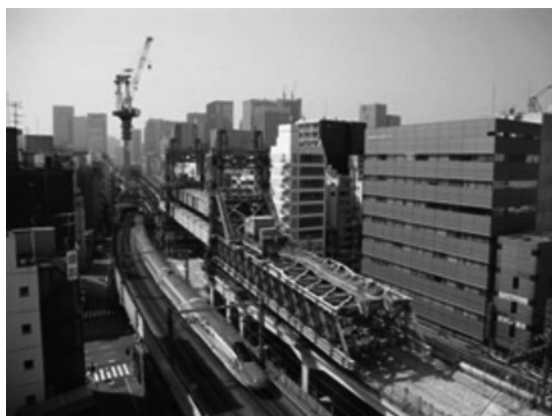
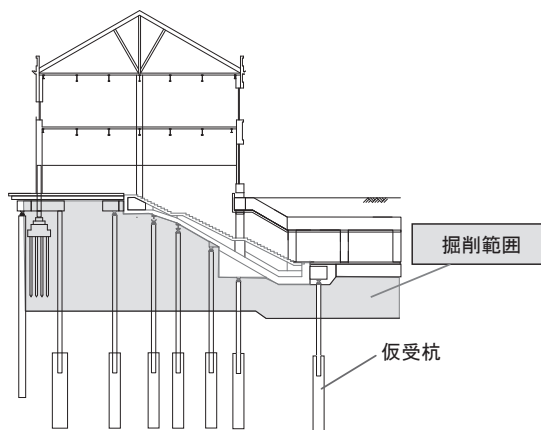


図4 東北縦貫線工事の桁架設状況

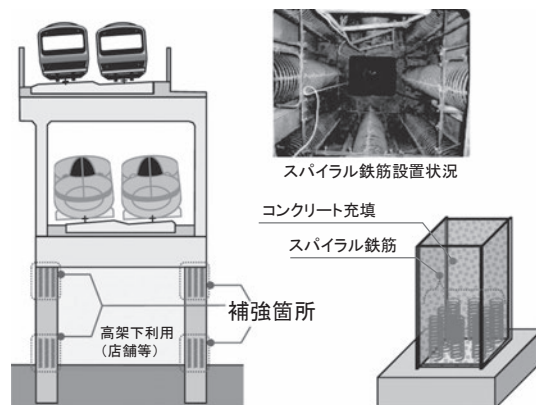


図5 柱の耐震補強（鋼管柱の内部にスパイラル筋）

3.2 既設高架橋の杭に対する耐震性向上

さらに、東京駅方アプローチのRC高架橋では、図6に示すような、地表面に高架橋の変位を抑制する基礎スラブを敷設することにより、地中部の柱や杭部材を補強することなく耐震性能を向上させられる工法を開発し、適用しました。これらにより、大幅な工期短縮とコストダウンが実現できました。

4. 千葉駅・駅ビル改良工事

千葉駅では、駅施設の移設・再配置や、駅と一体となった駅ビル・エキナカの展開により分かりやすく開放感のある、千葉の玄関口としてのターミナル駅への工事を進めています(図7)。コンコースを線路上空の3階に移設し、駅を橋上化することで、安全性、快適性、回遊性を高めて千葉の顔を創出したいと考えています。

4.1 線路に近接した位置での大口径杭

工事を進めるにあたって、線路上空に大規模な建物を建設することから、柱の位置が線路や階段に支障しないことが条件になります。そのため、柱と杭の位置は制約条件が多く、間隔も広くなることがあります。特に杭の施工が、

- 1) 基礎杭の直径が大きく、施工可能な機械がない
- 2) 線路に近い場所や、限られた空間(ホーム等)では、深夜帯のみに施工せざるを得ない

などの理由によって、工事期間が長くなり工事費が高くなっていました。

そこで、図8に示す2種類の新しい場所打ち杭の施工方法を施工会社と共同で開発し、使用しています。左は「孔壁防護併用場所打ち杭工法」と呼ぶ、周りの土が崩れないための防護鋼板を杭の掘削と同時に挿入できることが特徴の杭施工方法です。右は「超低空頭場所打ち杭工法」であり、機械が小型・軽量のため、狭い場所でも施工が可能です。この杭の施工方法を用いることにより、列車運行時間帯にも施工できるようになり、杭施工の工期は約1/5にできました。

4.2 列車運行時間帯での鉄骨架設

さらに、鉄骨架設を列車運行時間帯に24時間施工できるように、安全な範囲を明確にして基準を作成しました。実際の工事を想定して、施工中の床を模した試験体に鉄骨を落下させる実験を行い、鉄骨重量と落下高さをパラメータとして万一落下させても安全な閾値を解明しました。図9にその落下試験状況を示します。

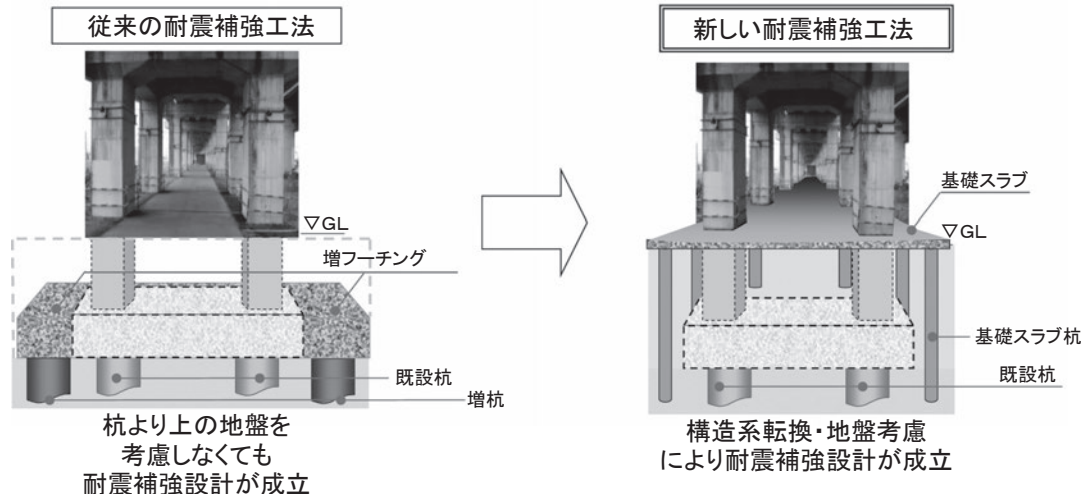


図6 基礎スラブコンクリート補強による既設RC高架橋の活用

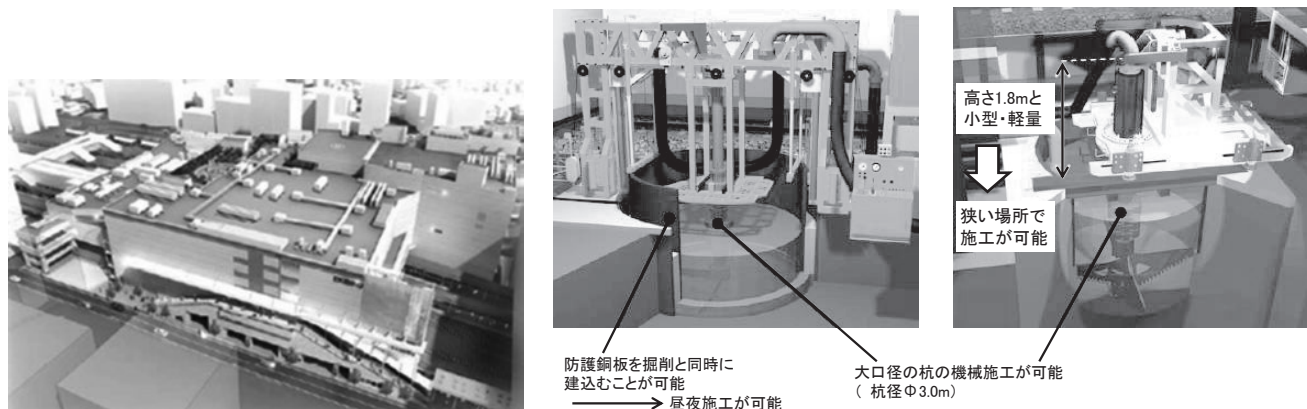


図7 千葉駅・駅ビルの完成イメージ

図8 新しい場所打ち杭

5. 新宿交通結節点整備

新宿駅は日本一の乗降客数を誇りますが、電車だけでなく、バス、タクシー、一般車などとの乗り換えを便利にする新宿交通結節点整備を実施しています。新宿交通結節点整備は、国道20号（甲州街道）新宿跨線橋の南側線路上空を活用し、1.47haの人工地盤を構築、交通施設を立体的に整備するものです。

交通施設の建物は4階建てとし、1階が線路階、2階が駅施設・歩行者広場など、3階がタクシーおよび一般車乗降場、4階が高速バス関連施設となる予定です（図10）。

また、山手貨物線下（1～5番線）には、人工地盤の約1/3の面積に施設全体の機械室などに利用する地下構造物を構築しています。

5.1 PC 工事桁

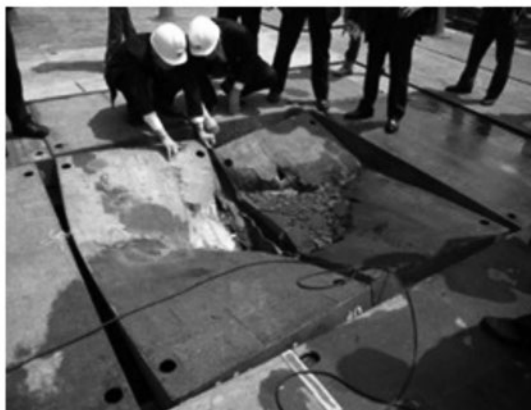
構造物を線路下に構築するため、工事桁や仮設構造物で軌道、ホームを仮受けしながら施工を行っています。現場の軌道は、将来撤去不要な「本設利用PC工事桁」および仮橋脚で仮受けしています。PC工事桁の設置状況を図11に示します。左右の主桁に組立部材数を減らして横桁は3か所としたこのPC工事桁は、事前に設置したストッパー等を定規にして、夜間作業の短時間内に桁一連を一括または分割して架設する工法です。

6. おわりに

新しい空間を創造するために構造技術を工夫した一例を紹介しました。価値のある空間は通常駅や線路の近傍です。その創造のための工事は未だ時間的、空間的制約が多く、さらに改善していきたいと考えています。



試験状況



覆工板損傷状況

図9 鉄骨架設の落下試験状況

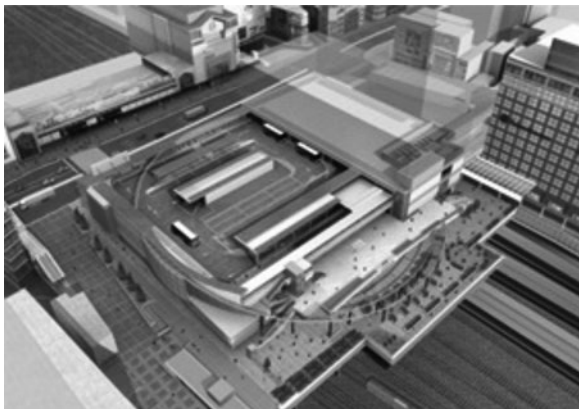


図10 新宿駅南口完成イメージ



図11 PC工事桁設置状況