

## 新たな空間を創出した工事と取り組み

東日本旅客鉄道(株) 建設工事事部 構造技術センター  
課長 **大迫 勝彦** / 次長 **野澤伸一郎**



2000年以降に開業したさいたま新都心駅、八戸駅、小田原駅では、ゆるやかな曲線でホームとコンコースを一体化した明るく軽快な広い駅空間を創出しました。上野駅、東京駅では膜構造を用いて地域に開けた大空間の実現を目指しています。また、鉄道高架下に関しても、秋葉原駅での改築や、中央本線三鷹～立川間などの高架橋新設時に従来より広い柱間隔を採用しました。

駅周辺の空間は、列車振動により騒音で不利な面がありますが、吊り免振構造を採用したホテルドリームゲート舞浜を開業させ、軌道構造の工夫等で恵比寿駅ビル、目黒駅ビル等に静粛な空間を実現してきました。

### 1. はじめに

鉄道の駅やその周辺は、お客様が集い、地域との窓口となる重要な場所です。そこに新たな空間を創造すれば、鉄道を利用されるお客様の流動をよくすること、地域を含めた新たな事業を生み出すことなどの点で価値があります。JR東日本では、単に鉄道設備を建設するだけでなく、より広い空間や静粛な空間を創出することに留意し、新しい技術や設計を採り入れて快適性を向上させています。

### 2. 広い空間の創出

#### 2.1 駅空間

近年、駅の大空間であるコンコースの天蓋として、様々な工法や建築材料が用いられています。各駅の大空間の規模を表1に、内観を図1から図5に示します。

表1 各駅の諸元

駅名	竣工	大空間部面積	天井高
さいたま新都心駅	2000年4月	コンコース: 3,195 m <sup>2</sup> 自由通路: 2,530 m <sup>2</sup>	21.0m
八戸駅	2002年12月	コンコース: 775 m <sup>2</sup> 新幹線上家: 9,050 m <sup>2</sup>	13.7m
上野駅	2003年2月改修	待合広場: 3,800 m <sup>2</sup>	10.5m
小田原駅	2004年3月	コンコース: 3,100 m <sup>2</sup>	13.0m
東京駅八重洲口	2014年3月予定	5,400 m <sup>2</sup>	26.6m

#### (1) さいたま新都心駅

駅舎のデザインは周辺の多様な都市施設や建築群のなかにあって、周辺環境と自然に調和するような形態を意図しました。橋上駅舎・自由通路・ホーム上家が一体となったフォルムは、雲・空気を意識した柔らかく流れるような形態で、その内部をやさしく心地よく包み込むようなシェルターとして機能します。また屋根全体の3分の1を占めるトップライトから自然光を十分に採り入れることで、内部を明るくし開放感に満ちた空間にするとともに、時間とともに移ろいゆく光と影の変化で、外部と意識させる空間をめざしています。



図1 さいたま新都心駅

#### (2) 八戸駅

東北新幹線盛岡～八戸間開業に合わせ、「21世紀の新しい駅」、「新幹線の青森県の玄関口としてふさわしい駅」をキーワードとし、「海・港」をコンセプトにデザインしました。新幹線橋上駅舎をすっぽりと覆う上家を設け、

ホーム、コンコース、待合室が一体となった空間を作り出しました。それぞれの機能が一体化することで、連続性が生まれ、2階コンコースからはホームに入ってくる新幹線が望め、視覚的にもより旅情を誘う空間となっています。310mにも及ぶ大屋根はトラス構造の梁で支えられています。周辺環境への配慮を行い、屋根の外観を緩やかな曲線で形成しました。



図2 上野駅

### (3) 上野駅

上野駅は1883年（明治16年）に開業し、「北の玄関口」として親しまれてきました。JR東日本で進めている「コスモスプラン」の第一弾として2002年2月、あたらしく生まれ変わりました。中央改札口前のラチス構造大屋根を膜屋根に葺き替え、この空間を「グランドコンコース」とネーミングしました。旧駅舎のクラシックな雰囲気を活かし落ち着いたあるレストラン街「レトロ館」とモダンでありながら下町情緒たっぷりのロフト空間「七番街」を結ぶ光あふれる空間です。



図3 上野駅(グランドコンコース)

### (4) 小田原駅 (JR東日本部分)

小田原駅は、大屋根曲線の連続により箱根連山を表現しています。ダイナミックな空間を形成している大屋根を、丸パイプによる連続した一体曲線としました。屋根の5本のトップライトと大壁の開口部から自然光を採り入れ大空間を明るくし、時間の変化を感じる空間としました。140mにも及ぶ大屋根に設置したハイサイドライトによりホーム端からコンコースを一気に包み込んでおり、柔らかく均一な自然光が降り注ぐデザインとしました。



図4 小田原駅

### (5) 東京駅八重洲口

新しい首都東京の顔作りを目指して、東京駅八重洲口の開発計画を進めています。その駅前広場を挟んだ南北の超高層ツインタワー中央部にタワーを結ぶ大屋根があります。全体の空間イメージとして、先進技術を象徴する特徴的かつ印象的形態の大屋根を中央に架けることによって、新たな駅舎の形を提案する計画です。人々を迎え入れるような大きな「むくり」をもった大屋根は、テフロン膜で構成することによって、駅空間に柔らかい光を落とすとともに長さ240mの長大な空間を創出します。



図5 東京駅八重洲中央口

## 2.2 高架下空間

市街地を鉄道が通る場合、線路両側の都市の分断や交通渋滞を防ぐために、踏切の無い鉄道高架化が望まれます。大規模な高架橋は新幹線をはじめとする新線建設時と既設の線路の踏切除却を目的とした連続立体交差事業時等に造られてきました。連続立体交差事業等は、都市と連携して工事が進められます。高架化することで生み出された高架下空間は、駐車場や飲食店などとして活用されている場所もありますが、柱が林立する比較的狭い印象を受ける空間でした。高架橋のスパン（柱と柱の間隔）そのものは、経済性や景観等を考えて決められますが、スパンを長くすることにより高架下空間を自由に使用できる可能性が高まります。

(1) 高架橋スパン長さの変遷

鉄道の高架橋は、1910年に使用を開始した現在の山手線等が使用する延長約2.8kmのレンガアーチでできた東京高架橋をはじめとし、材質や形式の違いがある多くの種類があります。鉄筋コンクリート（以下、RC）製でも古くは1915～1919年にスパン5.5mの単純桁を用いた高架橋が中央線東京～万世橋間に、1920～1925年にはスパン4.6mの単純桁と連続桁を用いた高架橋が東北線東京～上野間に建設されました<sup>1)</sup>。今回は最も経済的といわれ、圧倒的に多いRCビームスラブ式ラーメン高架橋についてスパン長さに注目しその変遷を振り返ってみます。

図6は1955年頃からの新幹線と主な連続立体交差工事（限度額立交含む）に用いられた高架橋についての建設時期と標準スパンの関係を示しています。ビームスラブ式のRCラーメン高架橋といっても、さらにその形式はゲルバー式、張出し式、背割り式等があります。例えば張出し式の場合は両端に張出し部を有しているため1ブロックのスパンは3m+3×8m+3mのような表示になりますが、この場合は中央の部分のスパンで比較しています。また、道路を跨ぐ部分などに特殊区間として長いスパンを用いた高架橋もありますが、標準スパンで代表させています。数年前まではスパン8～10mでしたが、最近ではスパン約15mの高架橋も建設され始めてきました。

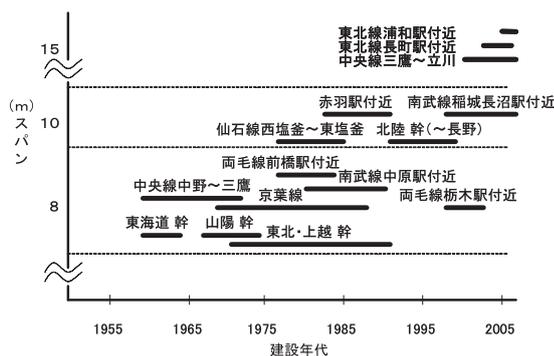


図6 高架橋の建設年代とスパン

(2) 秋葉原駅高架橋改良工事

秋葉原駅では1915年および1925年に開業した現在の京浜東北・山手線に使用されているRC高架橋と、これを跨ぐ形で1932年に建設された総武線の鋼構造の高架橋が交差しています。特にRC高架橋のスパンは4～5m程度と短く、さらに軌道部とホーム部がそれぞれ独立して多数の柱が林立していました。2005年8月のつくばエクスプレス乗り入れ時にはさらにお客様が増加するため、RC高架

橋の柱間隔を広げることとし、改築後の高架橋はスパン11mとなり、約1,800㎡の見通しの良い高架下空間となりました（図7）。現在、中央改札口と電気街口を結ぶ通路等に使用しています。図8に新旧高架橋を重ねた断面を示します。特に新しい高架橋を支える場所打ち杭24本については、ストランド場所打ち杭と呼ばれる新しい杭を開発して適用しました。対象の杭は直径1.8m、長さ27mであり、高架下のため空頭は杭施工時に平均で5.5m、最低で2.75mしかありませんでしたが、曲がりやすい高強度鋼材を用いたため、従来実施していた鉄筋の継ぎ足しがなくなり、コストと工期にメリットが出ました。



図7 秋葉原駅高架橋下通路

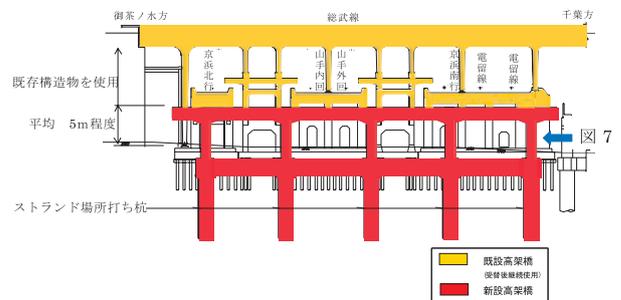


図8 秋葉原駅高架橋改良 断面図

(3) 中央本線三鷹～立川間高架橋

中央本線の三鷹～立川間と西武多摩川線武蔵境駅付近を連続立体交差化して、18箇所の踏切道を廃止し、9箇所の都市計画道路を立体化する事業が1999年に着工し、東側の区間（三鷹～国分寺間）では2004年から高架橋建設工事が始まっています。地上の線路を約10mの位置に高くするために用いられる高架橋は、住宅地に位置することから景観を、工事取り付け道路の制約などから施工をそれぞれ考え、模型やパースを作成して構造と形状を検討しました。その結果、従来のスパンより長くしても経済性に劣らず、景観や施工性に優れている図9のような構造が選ばれました。一般部の標準スパンは15m、駅部は12.5mとなりました。線路直角方向についても、柱の間を

ダンプトラックが走れるようにしないと施工できないことから、従来よりも柱が線路直角方向外側によっています。この事業が完成すると、総延長約7.5kmにわたって柱間隔の広い高架下空間が生まれます。



図9 中央線高架橋のイメージ

#### (4) 東北本線長町駅付近高架橋

東北本線の長町駅付近を立体交差化する事業は、仙台市長町副都心土地区画整理事業の一環として、鉄道を高架化することにより有効な土地利用を図るもので、交差道路は7箇所あります。2002年3月に着工し、2006年9月に開業しました。高架下に図10に示す広い空間が、線路方向に約2.2kmにわたって生まれました。線路の西側を平行して1982年開業の東北新幹線のスパン8mの高架橋（図10左側）がありますが、今回高架橋のスパンは、2倍の約16mとしました。



図10 長町駅付近高架橋（左側は東北新幹線）

#### (5) 東北本線浦和駅付近高架橋

東北本線の浦和駅付近高架化は、鉄道を高架化し、都市計画道路田島大牧線の整備を一体的に進めて地域の均衡ある発展を図る事業であり、2004年に着工しました。西側には1968年に開業した東北貨物線のスパン6mの高架橋がありますが、今回京浜東北線と東北本線も高架化することとしました。この事業により線路方向に約0.6kmの高架下空間が生じます。図11に東北貨物線と2007年1月に使用開始となった京浜東北線南行の高架下の状況を示し

ます。高架橋のスパンは、駅部分では東北貨物線の2倍となる12m、その他一般部では15mを基本としました。



a) 貨物線高架橋 b) 京浜東北線高架橋

図11 浦和駅付近高架橋

### 3. 静粛な空間の創出

駅や線路の近くは移動の観点からは便利な空間ですが、列車の運行のために生じる振動と騒音が大きいという欠点があります。そのため、用途としては駐車場や倉庫、飲食店などに限られ、騒音振動が軽減できると事務所にも用途が広がります。より静かになれば、ホテルや劇場、病院を設置することも可能となります。

#### 3.1 列車振動を低減させる方法

駅周辺の建物における列車振動を低減させる方法は、一般に①発生源対策、②伝播対策、③受振部対策に分類されます。発生源対策としては、車両の軽量化やタイヤフラットの低減、軌道側ではロングレール化やフローティングスラブ軌道の採用がなされてきました。効果をあげるには鉄道の安全性、安定性を確認する必要がある対策もあります。

伝播対策は軌道と受振部の間の地盤に壁を構築すること等が実施されています。ただし、これらの対策を実施できる空間があることが条件となります。受振部対策では基礎や建物の剛性を増加すること、防振材の挿入などがおこなわれますが、効果は比較的小さいことが難点でした。

#### 3.2 高架下空間

##### (1) ホテルドリームゲート舞浜

駅周辺の高架下は利便性の高い立地でありながら、静けさが要求される用途での活用は困難と考えられていました。JR東日本と竹中工務店は、高架橋の耐震性に影響を及ぼすことなく、建物全体を防音・防振・免震とする新技術、「吊り免振工法」を共同開発し、世界初の鉄道高架下ホテルを舞浜駅高架下に実現しました。完成したホテルは、全客室（80室）でホテルに相応しい騒音振動性能を達成しました。



図12 吊り免振機構

①開発工法

図12に示す吊り免振機構は、高架橋から伝搬する振動を、吊り免振装置の防振ゴム⇒吊り鋼棒⇒防振ゴム⇒受梁⇒建物床の経路で順次低減させ、振動と固体伝搬音を制御する機能を持っています。吊り免振工法では建物を高架橋から吊っており、地震時や暴風時にゆっくりした周期（約3秒）で横方向に動きます。そのため、免震構造と同様に、建物への入力地震動を大幅に低減でき、高架橋に与える水平力は基礎上に建物を載荷する従来工法より小さく、高架橋の構造安全性も損なわれない技術が可能となりました。

②開発効果

客室内の騒音は、ホテル客室として適切な騒音目標としている等級であるN-45（日本建築学会指針<sup>2)</sup>）を満足しました。室内床の振動も、目標値V-0.75\*（日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価指針<sup>3)</sup>：寝室として望ましいレベル）を満足しています。この結果、従来技術では困難であったN-45レベルの静粛性を実現できました。図13a)には、室内固体伝搬音の解析モデルを示します。躯体振動に内装材の音響放射や室内吸音力を考慮して予測した固体伝搬音と、外部騒音から予測した空気伝搬音を合成することで、室内騒音を精度良く評価する手法を確立しました。

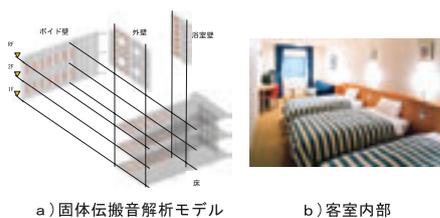


図13 室内固体振動解析モデルと客室内写真

(2) 高田馬場駅

高田馬場駅は、山手線が西武新宿線および東京メトロ東西線と連絡しており、約41万人/日の乗降人員がありま

す。今まではラチ内外コンコースが狭隘で混雑が激しく、バリアフリー設備が未整備であるなどお客様にとって利用し難い駅でした。盛土の上に軌道とホームがある構造でしたが、その軌道とホームの下に新たに250㎡の空間を生み出し、コンコースの拡充、エレベータ・エスカレータの整備、駅設備等の改良並びに店舗スペースの充実を図りました。他の工事で発生した工事桁（一時的に軌道を支える桁）を改造し、将来にわたって存置する本設構造物として使用することで資源有効利用を図った上で、

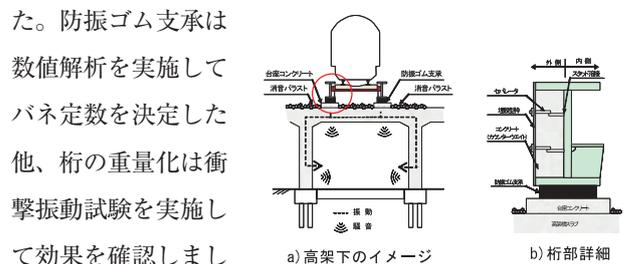


図14 振動騒音の伝搬と防振対策

図14に示すような防振ゴム支承と消音バラストの使用、ならびに桁の重量化により列車振動と騒音を低減しました。防振ゴム支承は数値解析を実施してバネ定数を決定した他、桁の重量化は衝撃振動試験を実施して効果を確認しました。高架橋のスラブ中央の位置において、桁のコンクリート打設後は、打設前に比べ応答倍率が約7割に低減されることが認められました<sup>4)</sup>。



図15 高田馬場駅（新設通路）

3.3 線路上空建物

(1) 恵比寿駅ビル

①建物概要

恵比寿駅ビルは、地上15階建ての事務所棟と地上8階建ての店舗棟の2棟で構成されています。図16に示す様に鉄道軌道は2階床レベルに取り込まれた形となっています。このため、列車走行による建物への振動伝搬の影響が予想されたため、振動源である軌道の防振化と建物内伝搬の低減を行いました。

②目標性能と対策工法

恵比寿駅ビルの事務所棟の防振目標は、各階床中央での振動レベルを日本建築学会指針による事務室の一般的なよりどころとする基準を振動レベルに換算した64dB以下（V-1.5\*：30Hz帯域）を満足することとしました。防音目標は、事務室内で適切な環境として推奨されている

NC-35（米国で提案されオフィスなどに用いられる騒音の評価基準）としました。

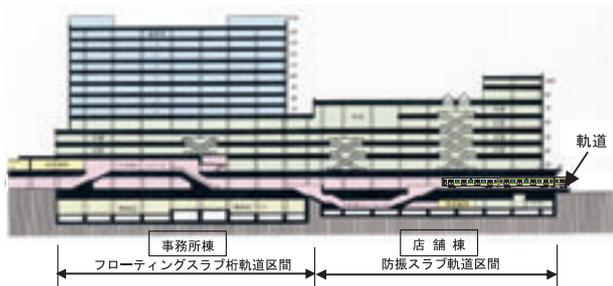


図16 線路方向断面図

事務所棟の7階以上はオフィスとして更に高い防振性能が要求されるため、フローティングスラブ桁軌道を採用しました。店舗棟は駅および店舗からなり、用途に合わせて防振性を考慮した防振スラブ軌道を採用しました。図17に両軌道の断面略図を示します。

### ③開発効果

通過電車による振動伝搬を線路階近傍の柱脚位置で測定した結果、フローティングスラブ桁軌道は防振スラブ軌道に比べ全体的に3~20dBの防振効果が確認されました。フローティングスラブ桁軌道を採用した事務所棟と防振スラブ軌道を採用した店舗棟とも、室内において適切な環境を実現できました。特に事務所棟の上階はオフィス階としてNC-35を十分満足しました。

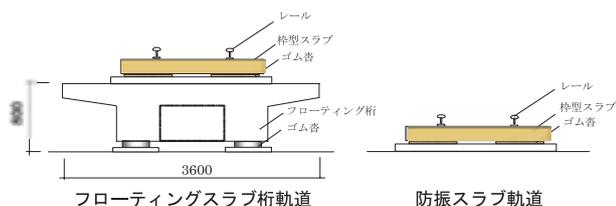


図17 軌道断面略図

## (2) JR東急目黒ビル

### ①建物概要

JR東急目黒ビルは、17階建てのオフィスを主体とした超高層複合ビルです。図18に示すように建物基礎と一体になった地下連絡通路を列車が走行しており、居室内において、振動伝搬の影響が懸念されました。

### ②目標性能と対策工法

オフィス階である3、4階の目標値は、振動レベルが55dB以下であること、騒音がNC-35以下であることの2点を同時に満足することにしました。列車からの振動を防止するため、軌道の振動が直接カルバート上面のスラブ

を叩かない方式として主桁とカルバート上面の間に防振ゴムを挿入するフローティング軌道を提案しました。また既存構造物への支障を最小限にすることを考慮し、横桁を主桁下フランジで受ける小型軌道を開発しました。図19に改良軌道の断面図を示します。解析では列車の移動荷重を考慮した動的立体解析により、桁、防振ゴムなどの諸元を決定し、軌道から建物内への振動伝搬も予測しました。

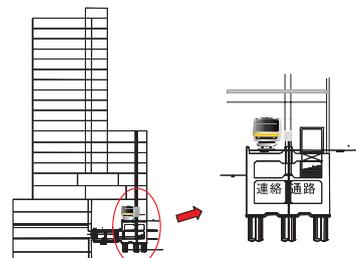


図18 建物と軌道の位置関係

### ③開発効果

建物室内における対策前後の振動を比較すると20dB以上の振動低減が確認されました。3階OAフロア上の振動は、全ての周波数帯域で知覚限界以下となりました。また、対策後の騒音は3階においてNC-30、4階ではNC-35と、目標性能であるNC-40を満足できました。

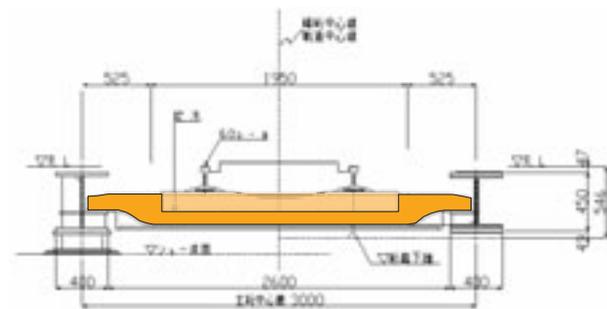


図19 対策軌道断面図

## 4. おわりに

今回紹介した工事のうち既に完成して使用開始している設備は、お客様から好評を得ています。これからも新しい技術や設計を採り入れ、広く静粛な魅力ある空間を駅周辺に創造していきたいと考えています。

### 参考文献

- 1) 松本：鉄筋コンクリートの歴史・鉄道構造物,土木学会論文集, No.426/V-14, 1991.2
- 2) 建築物の遮音性能基準と設計指針：日本建築学会1997年
- 3) 建築物の振動に関する居住性能評価指針：日本建築学会, 1991年\*改定前の指針を参考（建物竣工後の2004年に改定）
- 4) 黒田他：盛土部高架化に用いる鋼軌道桁の振動測定試験について, 第34回土木学会関東支部技術研究発表会, 2007.3