

第4章

鉄道橋における振動・騒音対策の事例

4-1 鉄道高架橋における振動対策工とその評価

振動対策：鉄道高架橋において、建物が近接して立地する地域では、列車通過時に生じる建造物の振動や沿線地盤振動への改善対策が取り組まれている。

1. はじめに

経済成長を支えてきた多くの社会資本施設は、今後も適切な維持管理のもと、その機能を維持向上しながら継続的に供用されていく必要がある。開業から40年余を経た東海道新幹線も同様で、今後も大都市間ネットワーク機能としての重責を担うと考えられる。

また、重責を担ってきた背景として、変化する時代のニーズ（要求性能）に答え、建設当初は想定していなかった列車運行の高密度化、高速化を達成してきた点も挙げられる。こうした中、新たな要求性能として一部の区間においては、沿線の地盤振動の課題にも配慮する必要がある^{1),2)}。

鉄道振動対策は、対策実施箇所により、①発生する振動の振動源、②振動の伝播経路、③振動の受信箇所に分類される。一般に振動源に近い対策が効率的であると考えられており、車両の軽量化、軌道締結装置の改良、弾性マクラギの導入、地盤改良等、種々の対策が検討・実施されている^{3),4),5)}。この中で、東海道新幹線では1992年以降、新製車両の開発導入により、軸重の軽減（約30%の軽減）がなされ、2003年10月の品川駅開業に伴う車両性能の統一により現在全て軽量車両となっている。こうした車両の軽量化により一定の振動低減効果が得られている。

本稿では、一般的な鉄筋コンクリート（RC）ラーメン高架橋形式の鉄道高架橋の列車走行時の建造物の振動特性の実測結果を示し⁶⁾、この高架橋の振動特性に着目した高架橋の張出し端部補強⁵⁾について概観する。さらに、振動対策の効果等を評価する一手法として、高架橋と列車との連成振動解析^{7),8)}ならびに同解析から得られる地盤反力を加振力とした地盤振動解析を行う手法⁹⁾について述べる。

2. 鉄道高架橋の列車走行時の振動特性

2.1 対象とした鉄道高架橋

対象とした鉄道高架橋は、図-1に示す標準的なRCラーメン高架橋である。複線2柱式3径間のRCビームスラブ式ラーメンで、両端に3mの張出し部をもつスパン6mの3スパン連続ラーメン構造であり、高架橋1ブロックの長さは24mである。軌道構造は、レール、PCマクラギ、バラストからなるバラスト軌道である。

この高架橋に特徴的な構造として、前述した橋軸方向両端の張出し構造が挙げられる。この構造は山陽新幹線の岡山開業まで用いられ、本格的なスラブ軌道が導入される岡山以西（博多開業）ではゲルバー式に移行した。また、東北新幹線では、高速化を視野に入れた変位規制（たわみ規制）等を考慮して、背割れ式、ゲルバー式が一般的な高架橋構造に採用され、以降、北陸や九州新幹線等、現在設計されるRCラーメン高架橋では端部張出し式ではなく、一般にゲルバー式の構造形式が採用されている^{9),10)}。

この構造的な特徴に着目し、列車走行時の高架橋の振動測定を実施した。測定は、図-2に示す各着目点（Point-1～3）について、列車走行時の高架橋の振動加速度測定を実施した⁶⁾。なお、本章で測定した高架橋は、軟弱地盤上に位置し、表層がSPT-N値1程度の軟弱なシルト層で、その下部にN値10程度の砂層、GL-18mでN値40以上の礫層（設計上の支持層）である。基礎形式は既成RC打込み杭で、設計上の支持層まで打ち込まれている。

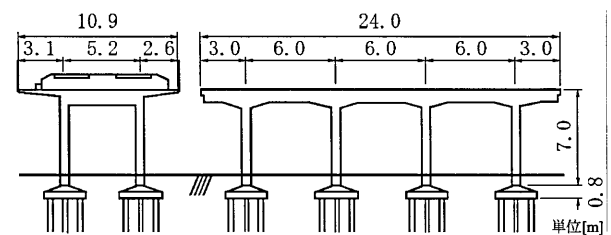


図-1 標準的なRCラーメン高架橋

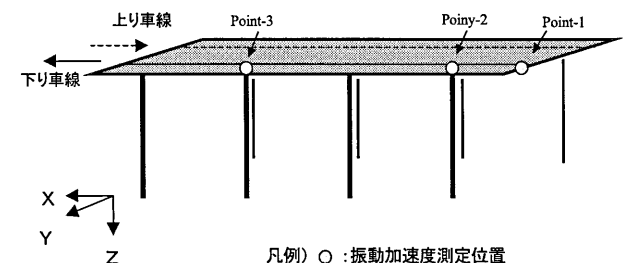


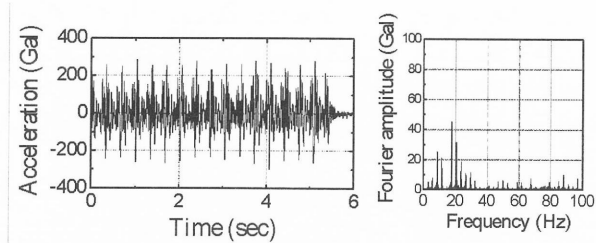
図-2 鉄道高架橋の振動加速度測定

2.2 振動加速度測定⁶⁾

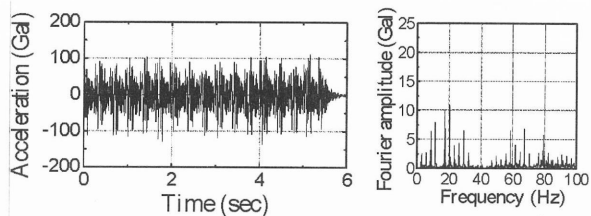
図-3に、列車が速度270km/hで下り線側を走行するケース（振動加速度測定側の列車走行の場合）について、各着目点（Point-1～3）での実測値のZ方向（鉛直方向）加速度波形とフーリエスペクトルを示す。

測定結果の特徴として、いずれの着目点においても、Z方向の振動加速度は、中心周波数8Hzおよび18Hz付近が卓越している。この卓越周波数は、列車走行速度と車軸間隔に起因する振動数が卓越したものと考えられる。

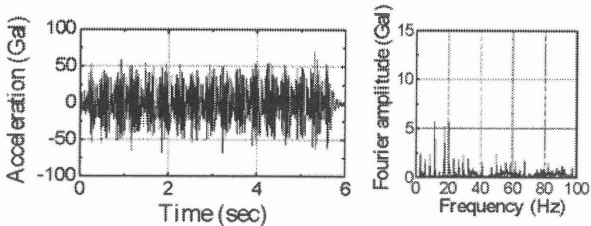
また、着目点別に見た場合、振動加速度は、Point-1>Point-2>Point-3の順となっており、Point-1：橋軸方向張出し部での測定値が極めて大きい。これは、橋軸方向の高架橋端部張出し構造（片持ち梁構造）のため、レール等の軌道構造が連続して存在するが、隣接する高架橋との間の不同変位が中間部よりは生じやすく、また、軸重によるたわみ量も相対的に大きくなることに起因すると考えられる。



(a) Point-1：橋軸方向張出し部



(b) Point-2：第1柱（端部柱）の上端部



(c) Point-3：第3柱（中間部柱）の上端部

図-3 高架橋の振動加速度の実測値

支持機能が求められることから、補強工と既設高架橋部とを密着させる補強工沓部の構造が採用されている。鋼製架台下部は固定し、鋼製架台上部と既設高架橋の張出し梁部の間に設置した沓部でジャッキアップする構造であり、ジャッキアップにはフラットジャッキを採用し、中に注入する液体に樹脂を用いて支持体とする機能を持たせている。

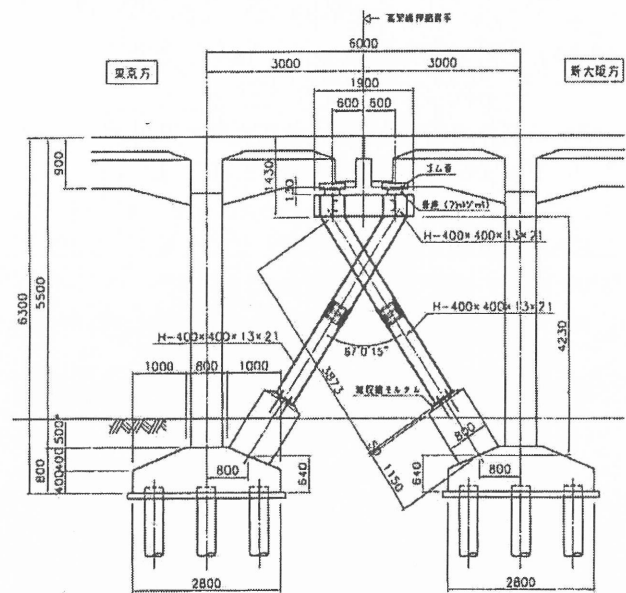


図-4 補強工構造一般図⁵⁾

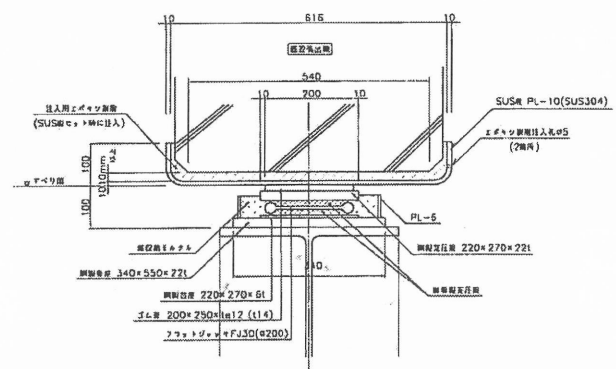


図-5 補強工沓部詳細図（橋軸直角方向断面）⁵⁾

3. 高架橋の張出し端部補強工

3.1 端部補強工の概要

2章での列車走行時の高架橋の振動特性に着目して、隣接高架橋間の列車走行による不同変位を抑制する観点から、高架橋の張出し端部を補強する振動対策工が提案されている⁵⁾。図-4に補強工の構造一般図を、図-5に高架橋との接続部となる補強工沓部詳細図（橋軸直角方向断面）を、図-6に設置状況を各々示す。

隣接高架橋を剛結することが振動特性の改善には最も効果的と予測されるが、温度変化への対応にも配慮し、本構造形式の対策工が選定されている。

対策工は既設高架橋の中に嵌め込む構造であり、かつ

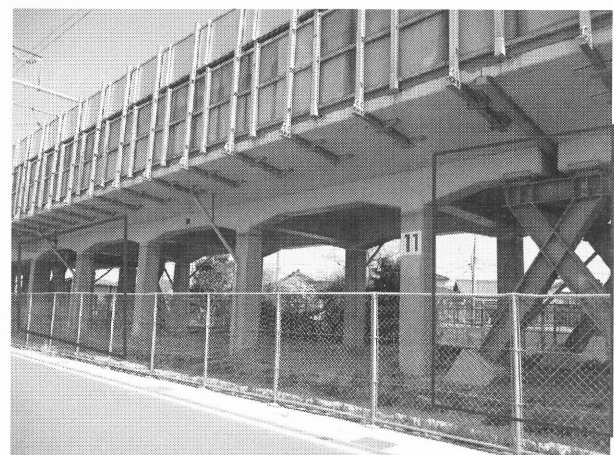
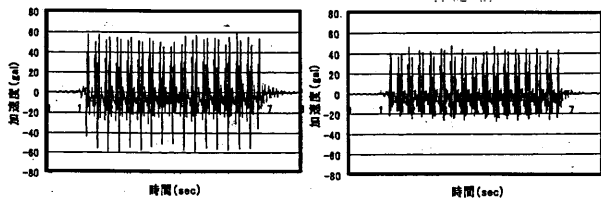


図-6 補強工の設置状況

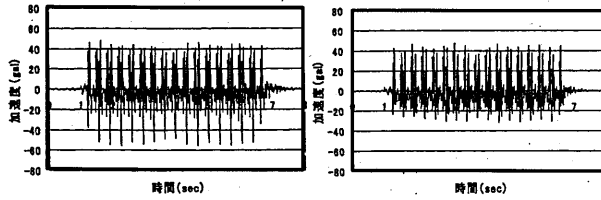
3.2 端部補強工の効果評価 (実測)⁵⁾

高架橋の張出し端部補強工の振動低減効果について、試験施工箇所における対策前後での高架橋の振動加速度、地盤振動測定を実施した。

高架橋柱加速度波形 (Point-2) の対策工施工前後の比較を図-7に、地盤振動加速度波形 (柱直下) の対策工施工前後の比較を図-8に、柱直下の地盤振動加速度の1/3オクターブバンドスペクトルの施工前後の比較を図-9に示す。高架橋の加速度波形、柱直下地盤振動加速度波形ともに、対策工により加速度が30~50%程度減少しており、高い振動低減効果が伺える。また、1/3オクターブバンドスペクトルの結果から、対策工により、卓越していた振動数8~10Hz付近の領域で振動が半分程度となっており、端部補強工が10Hz前後の振動数成分に効果を発揮していることがわかる。



(a)対策工なし (b)対策工あり
図-7 高架橋振動加速度の比較 (Point-2)⁵⁾



(a)対策工なし (b)対策工あり
図-8 地盤振動加速度の比較 (柱直下)⁵⁾

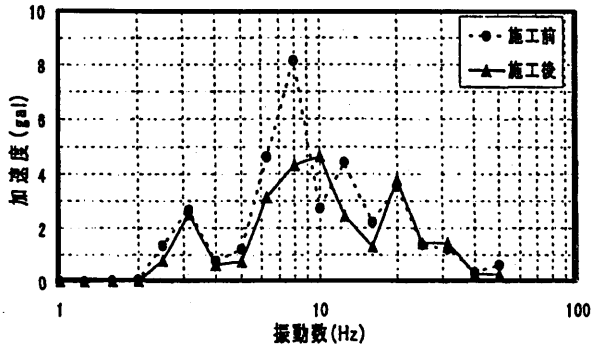


図-9 1/3オクターブバンドスペクトルの比較 (地盤振動加速度 (柱直下))⁵⁾

4. 高架橋の張出し端部補強工の解析評価

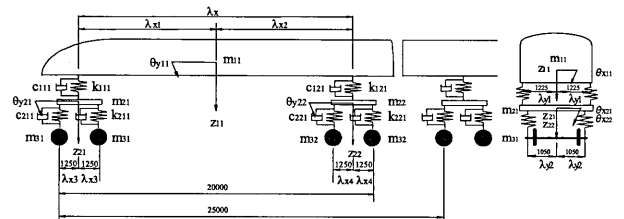
4.1 解析検討概要

本章では、振動対策の効果等を評価する一手法として、高架橋と列車との連成振動解析^{7),8)}ならびに同解析から

得られる地盤反力を加振力とした地盤振動解析を行う手法⁸⁾について述べる。

列車と高架橋の連成振動解析は、振動系である車両と高架橋を各々モデル化し、両者の連成振動の微分方程式をモード法により定式化して、Newmark-β法を用いた逐次積分により動的応答解析を実施した (ここで、β=1/4、各時間間隔における収束判定は1/1000)。

走行列車は16両編成の新幹線列車を想定し、1車両を図-10に示す9自由度振動系にモデル化した (表-1に諸元を示す)。なお、本検討では、鉛直方向の応答のみに着目し、解析効率を考慮した自由度のモデルとしている。



単位:mm

図-10 車両モデル (9自由度振動系)

表-1 車両モデルの物性値

質量 m (t)	m_{11}	32.818
	m_{21}, m_{22}	2.639
	m_{31}, m_{32}	0.9025
ばね定数 k (N/m)	k_{11}, k_{12}	8.86×10^5
	k_{21}, k_{22}	2.42×10^6
減衰係数 c (N·s/m)	c_{11}, c_{12}	4.32×10^4
	c_{21}, c_{22}	3.92×10^4
車体固有振動数 (Hz)	f_{vi}	1.07
ばね下固有振動数 (Hz)	f_i	7.41

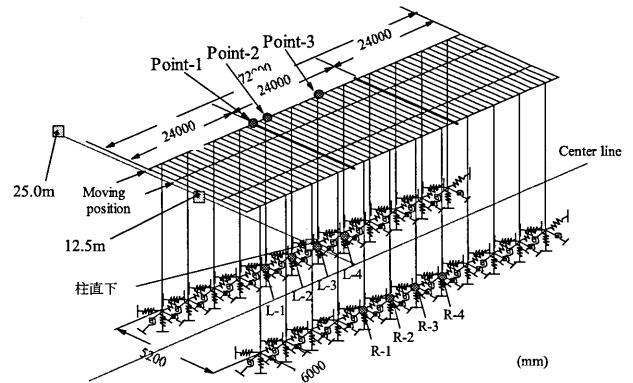


図-11 高架橋モデル (3ブロック立体FEMモデル)

表-2 解析モデルの地盤ばね定数

	線路方向	線路直角方向
鉛直ばね(kN/m)	3.86×10^6	
回転ばね(kN·m/rad)	3.64×10^6	2.42×10^6
フーチング水平ばね(kN/m)	4.84×10^3	4.72×10^3
杭頭水平ばね(kN/m)	8.22×10^4	8.08×10^4

高架橋モデルは、図-1の標準的なRCラーメン高架橋(1ブロック24m)が連続した3ブロック分72mをモデル化し、中央の高架橋ブロックの応答に着目した(図-11参照)。高架橋本体は一節点6自由度の三次元はり要素でモデル化し、柱下端部には二重節点を定義して鉛直、回転、水平の地盤ばねを設定(地盤ばね定数は表-2参照)。軌道構造はレールを三次元はり要素で、マクラギ間隔に線形ばねを設けた。隣接ブロック間はレールのみで接続。対策工は3ブロック高架橋モデルの中央ブロックと隣接ブロック間の張出し部分に設け、補強工の沓部に二重節点を用いて、水平方向フリーの沓にモデル化している。

連成振動解析では、列車が走行速度270km/hで走行した際の図-11に示す各着目点の加速度応答を算出する(Point-1は線路方向の張出し端部、Point-2は端部第1柱の上端部、Point-3は中間部第3柱の上端部の位置)。また、各柱下端部(L-1~L-4, R-1~R-4)における地盤反力も算出する。

次に、前述の地盤反力を加振力として、動的サブストラクチャー法による汎用解析ツールSASSI 2000¹¹⁾を用いた地盤振動解析を実施する。解析対象の構造物(基礎構造:RC杭、杭長18.0m、フーチング)および表層地盤をモデル化する。フーチングと杭からなる構造物部分は有限要素(フーチング:固体要素、杭:はり要素)にモデル化する(図-12参照)。地盤は、各層の厚さを各層の最短S波波長の1/5以下とし、支持基盤までを薄層要素で

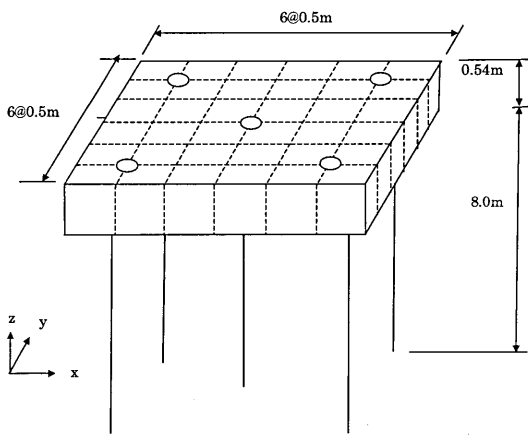


図-12 構造物(フーチング・杭)解析モデル(有限要素)

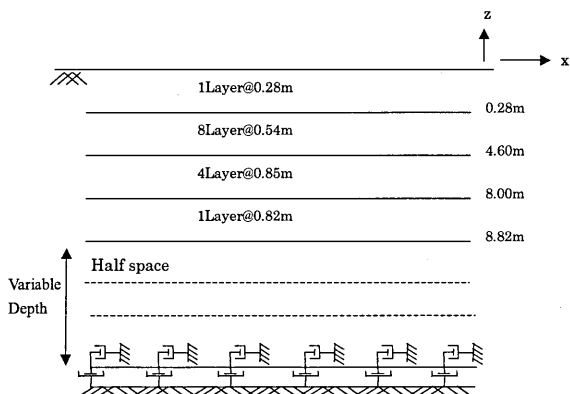


図-13 地盤解析モデル(薄層要素)

モデル化し、以深については、半無限地盤を表現するために薄層の仮想地盤と粘性境界を設ける(図-13参照)。解析着目点は第3柱直下、高架橋中心から12.5m位置、25.0m位置である(図-11参照)。

4.2 解析検討手法の検証

解析検討手法の検証として、はじめに解析モデルの固有値解析結果について述べる。図-14に高架橋全体系が水平振動する1次モードを示す。このモードの卓越振動数は2.18Hzである。モデル化した高架橋について別途実施した衝撃振動試験¹²⁾による固有振動数の実測結果は2.19Hzであり、解析値と実測値はよく整合し、高架橋解析モデルは妥当であると判断できる。

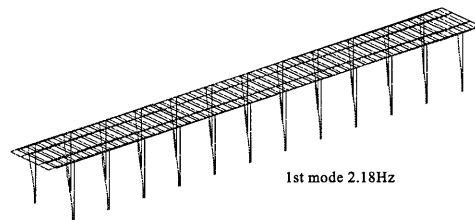


図-14 固有値解析結果の代表例(1次モード)

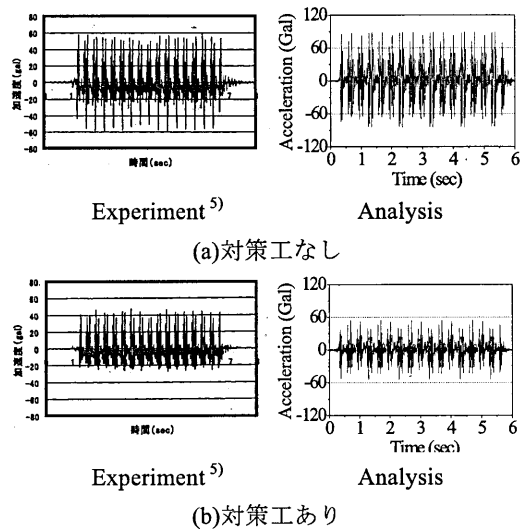


図-15 高架橋振動加速度の実験解析比較(Point-2)

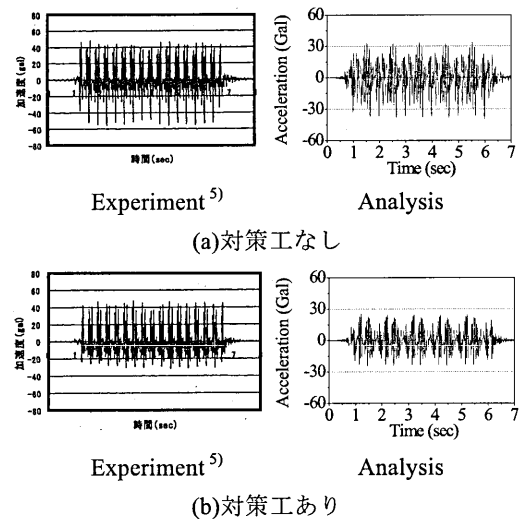


図-16 地盤振動加速度の実験解析比較(柱直下)

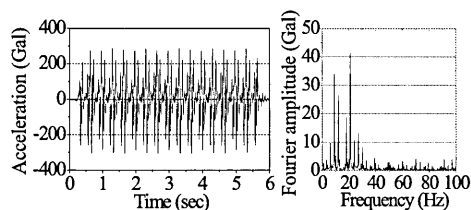
次に、対策工の施工前後で実測された高架橋柱と地盤振動加速度波形（図-6、図-7の再掲）および同着目点での連成振動解析の結果の比較を図-15、図-16に示す。

解析結果の加速度波形においても、実測値と同様に対策工により30%~50%程度の明確な振動低減効果が確認できる。また、対策後の解析結果は実測に比べて負側の応答が大きいのが、これは対策工と高架橋張り出し部の接点でのジャッキアップによる効果を解析では考慮できていないためである。

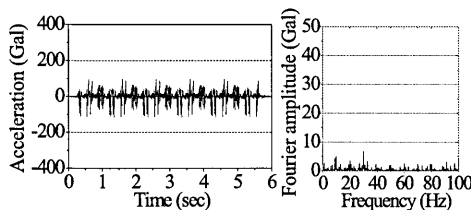
解析モデル化の条件設定において、必ずしも実橋の構造や振動測定時の実測条件などが適切に設定できていない部分もあるが、加速度応答波形に見る振動低減効果は、実測と解析で類似しており、本解析手法は妥当であると考えられる。

4.3 端部補強工の効果評価（解析）⁷⁾

連成振動解析で求められた高架橋柱の加速度波形とフーリエスペクトルを図-17、図-18に示す。

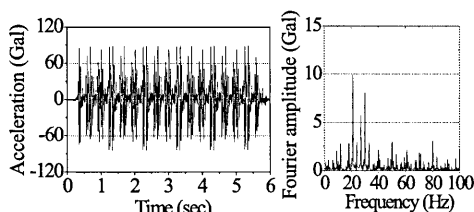


(a)対策工なし (Point-1)

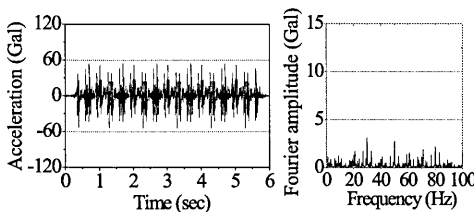


(b)対策工あり (Point-1)

図-17 高架橋振動加速度の解析結果比較 (Point-1)



(a)対策工なし (Point-2)



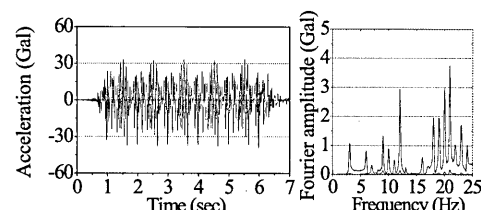
(b)対策工あり (Point-2)

図-18 高架橋振動加速度の解析結果比較 (Point-2)

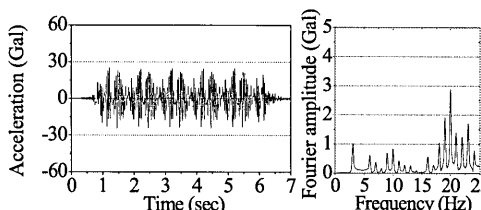
張出し端部補強の狙いは隣接ブロック間の不連続性を緩和し、張出部での列車の乗り移りをスムーズにすることで、Point-1の応答を低減することである。解析の結果も、その効果が得られており、Point-1の応答加速度が大幅に低減されている。また、張出し部の応答が抑えられた結果、Point-2においても応答が低減され、中央部の柱直上のPoint-3と同レベル以下に応答が抑制されている。周波数領域では、卓越周波数（Point-1では10Hz、20Hz付近、Point-2では20Hz付近）が極めて小さくなっており、この周波数成分の低減が振動特性改善につながることを示しており、実測結果⁹⁾と調和的である。

次に、地盤振動解析で求められた地盤加速度波形とフーリエスペクトルを図-19、図-20に示す。

高架橋の加速度応答の場合と同様に、地盤振動においても、各観測点における振動低減効果が得られた。周波数領域では、対策工により10Hz、20Hz付近の卓越周波数が抑えられ、25.0m地点において50%程度まで地盤振動が低減されている。

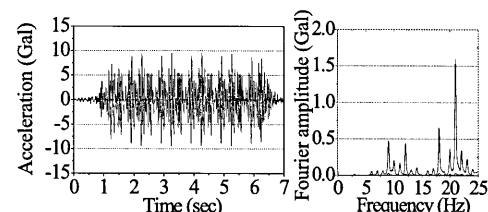


(a)対策工なし

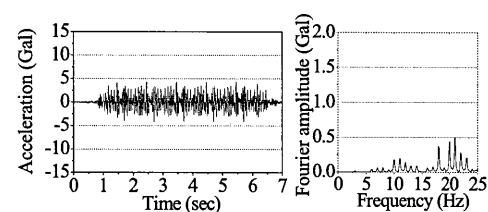


(b)対策工あり

図-19 地盤振動加速度の解析結果比較 (柱直下)



(a)対策工なし



(b)対策工あり

図-20 地盤振動加速度の解析結果比較 (25.0m)

5. まとめ

本稿では、一般的な鉄筋コンクリート (RC) ラーメン高架橋形式の鉄道高架橋の列車走行時の構造物の振動特性を踏まえた振動対策工として、高架橋の張出し端部補強工について事例紹介した。また、振動対策の効果等を評価する一手法として、高架橋と列車との連成振動解析ならびに同解析から得られる地盤反力を加振力とした地盤振動解析を行う手法について事例紹介した。

本件対象のような高架橋端部が張出し構造となる高架橋区間において、この張出し端部を補強する対策工によって高架橋の振動特性が改善され、周辺への地盤振動を低減させる効果を実測ならびに解析的に示した。

本対策工が鉄道高架橋の振動対策として、必ずしも万全な対策とはいえないが、橋梁の振動特性を適切に改善し、鉛直振動を抑えることが、周辺地盤振動を低減する有効な方法であることを示したよい事例であると考えられる。

また、高架橋と列車との連成振動解析ならびに同解析から得られる地盤反力を加振力とした地盤振動解析を行う手法を用いて、対策工による高架橋の振動特性への影響や地盤振動への影響を評価予測することができると考えられる。

参考文献

- 1) 原 恒雄：東海道新幹線の高速化技術発展の歴史，運輸と経済，(財)運輸調査局，第63巻，第12号，pp.32-44，2003.12.
- 2) Masaki Seki, Yoichi Inoue and Yasukuni Naganuma: Reduction of subgrade vibration and track maintenance for Tokaido Shinkansen, WCRR '97(World Congress on Railway Research), Vol.E, pp.395-402, Firenze, 16-19 Nov. 1997.
- 3) 江島 淳：地盤振動と対策，pp.146-154，吉井書店，1979.6.
- 4) 吉岡 修：新幹線鉄道振動の発生・伝搬モデルとその防振対策法への応用，鉄道総研報告，特別第30号，1999.10.
- 5) 原 恒雄，吉岡 修，神田 仁，舟橋秀麿，根岸 裕，藤野陽三，吉田一博：新幹線走行に伴う沿線地盤振動低減のための高架橋補強工の開発，土木学会論文集，No.766/I-68，pp.325-338，2004.7.
- 6) 吉田幸司，関 雅樹：RC ラーメン高架橋の柱剛性向上による鉄道振動への影響，構造工学論文集，Vol.50A，pp.403-412，2004.3.
- 7) 川谷充郎，何 興文，白神 亮，関 雅樹，西山誠治，吉田幸司：高速鉄道高架橋の列車走行時の振動解析，土木学会論文集 A，Vol.62，No.3，pp.509-519，2006.7.
- 8) Koji Yoshida, Masaki Seki, Mitsuo Kawatani, Syo Yamaguchi, Seiji Nishiyama : Influence of soundness degradation of railway viaducts on their dynamic response and site vibration, 3rd International Conference on Bridge

Maintenance, Safety and Management (IABMAS'06), Porto, Portugal, July 16-19, 2006.

- 9) 松本英信，神山立男，宮崎修輔：新幹線高架橋の変遷－東海道，山陽（新大阪-岡山），山陽（岡山-博多），東北各新幹線－，構造物設計資料，No.39，pp.3-6，1974.9.
- 10) 建設コンサルタント協会：鉄道高架橋の変遷と展望，1.鉄道高架橋の変遷，pp.3-34,1997.8.
- 11) John Lysmer, Farhang Ostadan, Chih Cheng Chin: *SASSI2000 Theoretical Manual-A System for Analysis of Soil-Structure Interaction*, Academic Version, University of California, Berkeley, 1999. 11.
- 12) 土木学会：橋梁振動モニタリングのガイドライン，構造工学シリーズ 10，pp.158-159，2000.10.

4-2 開床式鋼鉄道橋から発生する構造物音の低減対策

騒音問題:都市内の開床式鋼鉄道橋において、列車走行による構造物音が原因で沿線住民から苦情が寄せられている。

1. はじめに

鋼橋は軽量であるため、架設工事の安全性が高い、耐震性が高い、下部工に対する影響が軽減される等の利点がある反面、騒音が大きくなるという欠点を有する。そのため、新設の鋼鉄道橋では、様々な防振・防音対策を施すことで、コンクリート橋とほぼ同程度にまで低減している。それでも、鋼橋は騒音が大きいというイメージが世間一般に広がっているのは、都市内にある開床式鋼鉄道橋の騒音が著しいためと思われる。

開床式鋼鉄道橋の防音対策の一つに遮音工がある。遮音工は、側方遮音工および下面遮音工で構成され、その効果は非常に大きい、相当の死荷重増になる可能性が高い。遮音材料としては、東海道新幹線を中心に使用されてきた制振石綿セメント板があるが、材料であるアスベストの有害性が指摘されている、単位重量が重いといった欠点がある。一方、制振鋼板は軽量であるが、鋼板が薄く、腐食しやすいため、耐久性に懸念がある。

ここでは、軽量であり、景観性、耐久性、施工性に配慮した循環型リサイクルエコボード（以下、エコボードと呼ぶ）を採用した、都市内の既設鋼鉄道橋の騒音対策について報告する。

2. 対象橋梁の概要

今回対象としたのは、3 径間連続の下路鋼鈹桁橋である。本橋は立体交差化に伴い昭和 38 年に架設された跨道橋である。建設当時はそれほど鉄道騒音が問題となっていなかったこと、桁下空頭確保のために、レールレベルから桁最下端を低くできる開床式下路プレートガーダーが採用されたと推測される。当然のことながら、騒音が大きいため、抜本的な対策が求められていたものの、従来の遮音材料を使用した遮音工では死荷重増加により桁の耐力不足が懸念されたことから、対策がとれずにいた。

3. 騒音の概要

3. 1 鉄道橋騒音

鋼鉄道橋の主な騒音源は、

- ① 電車のパンタグラフと架線の接触による集電系音
- ② 車両走行による空力音
- ③ 電車のモーター、気動車のエンジンなどによる駆動

音

- ④ 車輪とレールの接触による転動音
 - ⑤ 転動音によって構造物に伝わる構造物音
- 等が挙げられる。都市内の開床式鋼鉄道橋では電車走行に起因する集電系音や空力音などの影響は少なく、車輪やレールから放射される走行音および橋梁部材の振動による構造物音が主な音源となっている。

3. 2 構造物音

構造物音は、列車走行による主桁、床組、床組直下の張板、橋側歩道などが振動することにより生じるものである。

主な騒音対策は、

- ① 制振：部材の振動を抑制する。
- ② 防振：発信源から他の部材に振動が伝わらないようにする。
- ③ 遮音：音を遮る。
- ④ 吸音：音が反射しないように吸収する。

等である。これらの方法を、適材適所、かつ適量を用いることで対策はより効果を発揮する。鋼鉄道橋のように音源が多数存在する場合には、これらに対してバランスのとれた対策を施すことが重要である。すなわち、同じ大きさの音源であっても、いずれかの音源のみの対策を施しても全体音に対する効果は期待できない。

表-1 エコボード特性値一覧

曲げ強さ(MPa)	36
曲げ弾性率(MPa)	1600
線膨張係数(10 ⁻⁶ /°C)	6.25
吸水厚さ膨張率(JIS A5908)	重量変化0.3%(比較:合板6%)
耐風圧強度	400kg/m ² の風圧強度で、き裂等の発生なし
耐久性・耐候性 (スーパ-UVIによる耐久性評価)	200時間経過後の物性値には変化がなく、初期品同等レベル
難燃性	車両難燃基準FMVSS302合格

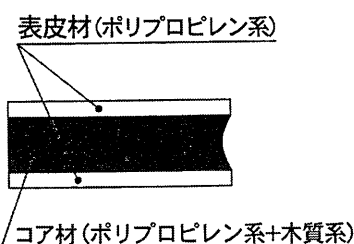


図-1 エコボードの断面構成

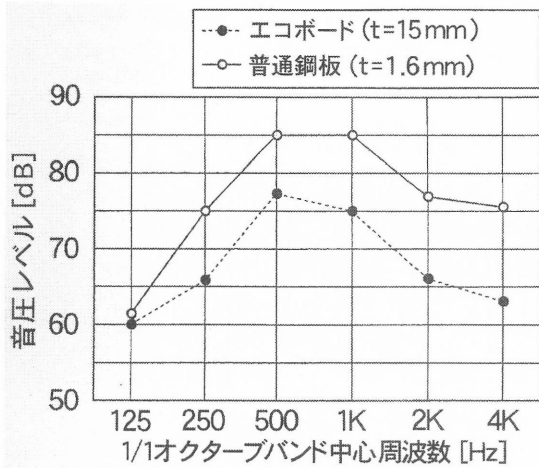


図-2 固体伝播音の比較

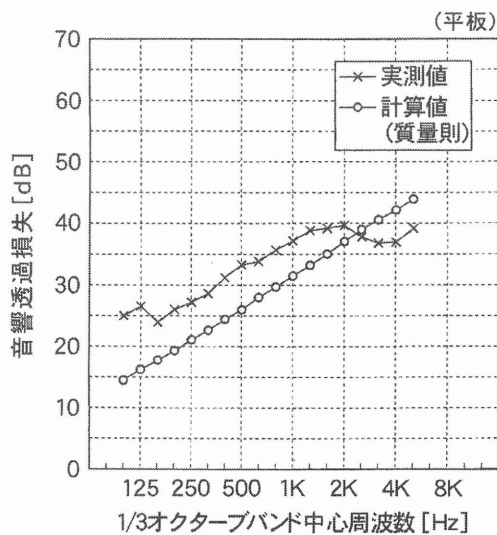


図-3 エコボードの遮音性能

4. 構造物音に対する対策設計

4.1 エコボードの特長

エコボードは自動車部品のゼロエミッションの一環として、自動車部品から回収したバンパー材、内装材などの回収品および端材品から再生したコア材（ポリプロピレン+木質系）をポリプロピレン系の表皮材でサンドイッチする構造となっている（図-1）。エコボードの特性の一覧を表-1 に示す。表皮材は密で適度な柔軟性があり、コア材は木質を加えることで微細な空隙と内部ロスを有していることから、騒音の原因となる固体伝播音の発生が小さくなる。

図-2 では、エコボードとほぼ同じ面密度を有する 1.6mm 厚の亜鉛めっき鋼板と固体伝播音の発生を比較している。周辺に同じ振動が加われば、エコボードから放射される音の方が 10dB 程度低い（適度な内部ロスは木並みの柔軟性を有し、音響放射率も低い）。

図-3 にはエコボードの音響透過損失を示している。鉄

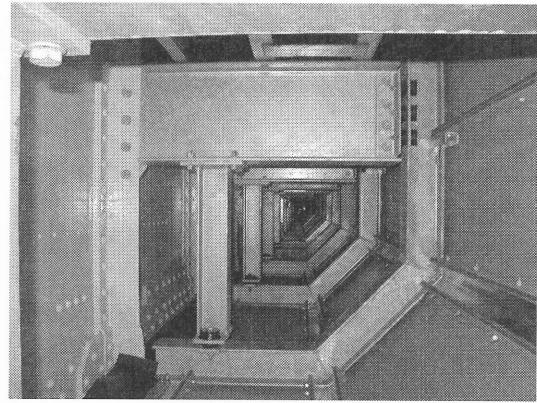


写真-1 遮音工内部

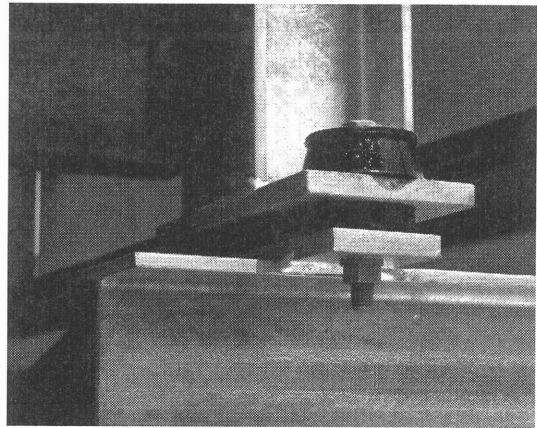


写真-2 吊下げ用防振ゴム

道騒音で主要な周波数帯域である 500~2kHz の騒音に対して 30dB 以上の音響透過損失を示すことから、軽量で、かつ高い遮音特性を備えていると言える。

4.2 対策の概要

遮音工方式は、側方遮音工と下面遮音工からなり、開床式鋼鉄道橋の騒音対策で大きな実績をあげている。特に、東海道新幹線の開床式桁（下路トラス、上下路プレートガーダー）に数多く採用されている¹⁾。したがって、本橋においても、事前の騒音シミュレーションの結果を考慮して、図-4 に示す遮音工を適用した。

しかしながら、本橋は、桁の耐力が不足している、桁下空間に余裕がないという制限があった。桁への負担を軽減する方法として補助桁方式があるが、本橋に補助桁方式を適用すると、補助桁支間が 60m と長くなり、重量増となることからコストアップになってしまう。本橋の遮音工は、軽量化を図り桁への負担をできる限り少なくするとともに、エコボードの特長の一つである低い固定伝播音を活かして、桁に直接取り付け方式を採用した。

遮音工は、桁全体を覆うことで騒音低減効果を発揮することができる。しかし、本橋では、桁下空間に余裕がなく、下面遮音工を主桁下フランジより下側に設置できなかったため、下フランジ下端の位置に設置した。

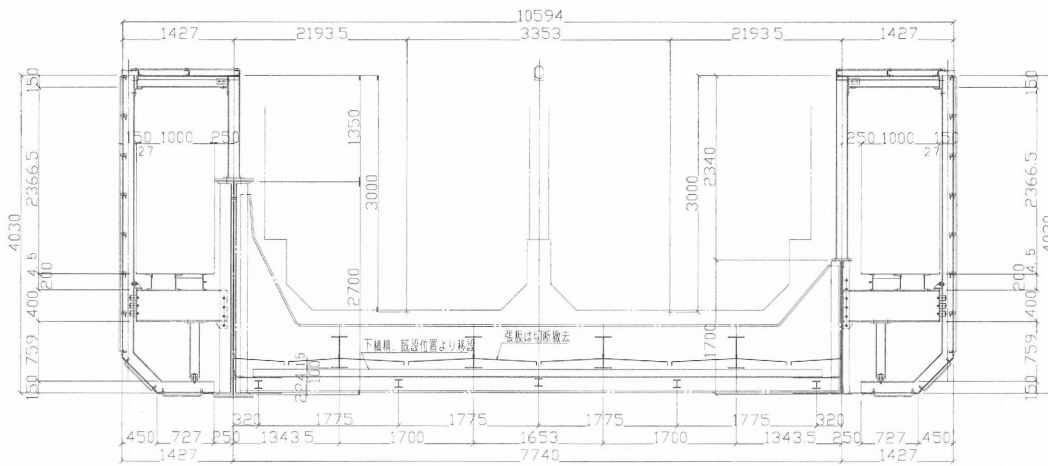
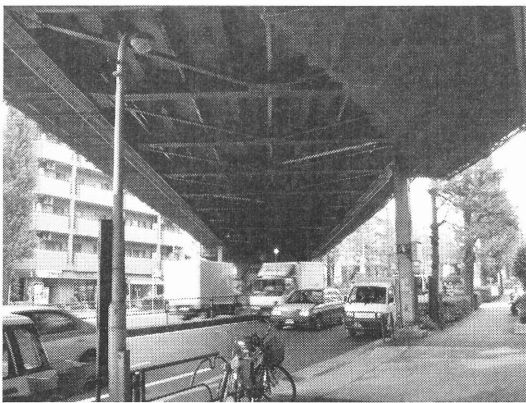


図-4 遮音工概要図



(a) 施工前



(b) 施工前

写真-3 下面遮音板

側方遮音工は構造音を遮断するのはもちろんであるが、走行音を遮断する目的もあるため、ある程度の高さが必要となる。しかし、高すぎると桁や遮音工に対して風荷重の影響が大きくなる、施工時の作業性および将来の維持管理性を考慮して、高くした場合と同等の効果があり、かつ高さを抑えることができる逆L型とした(写真-1)。遮音効果を増幅させるために、側方遮音工の内側には吸音材を取り付けている。側方遮音工は橋側歩道としても利用できる構造としたため、腕材や支柱は主桁に直接連結している。このため、桁の振動が遮音工に伝わらないように、腕材や支柱の部材間の連結部に防振ゴムを敷き、振動伝達の緩衝を図っている(写真-2)。

今回の遮音工では、側面遮音工の鋼製の同縁を減らすことと、外面に取付用ボルトが見えないようにするために、剛性の高いコの字型を使用した。また、下面遮音板は平板を用いている。

5. 施工

側方遮音工の施工に際して橋梁側面に足場を設置したが、桁下空頭制限により作業床は下フランジから

150mm 上方に設置した。この足場は電気や保線など日々の点検のために、新設橋側歩道設置まで旧歩廊位置に仮通路を設け、保守用仮通路としても利用した。

本橋は、昭和 38 年に制作されたリベット桁であるため、防音工と既設桁との連結は、材質上の問題から現場溶接を採用せず、すべてボルト接合とした。特に、側方遮音工の主桁上に立てる支柱の取付けには、既設リベットの一部分を切断撤去し、その孔を利用した。リベットの撤去は母材を傷つけないように慎重に行った。撤去するリベットの数を極力少なくしたため、残存しているリベットと支柱のベースプレートが干渉してしまう。この干渉を避けるためにフィラープレートを挿入した。

エコボード本体は、遮音効果の大きい側方から取付け、その後下面を取り付けた。エコボードの設置状況を写真-3に示す。特に、下面遮音板は、ハット型の金具にゴムを介して挟み込むようにして取り付ける構造(図-5)であるため、その設置には工夫を要した。

側方遮音工のエコボードの取付けは、当初地組みしたものをクレーンで一括架設する予定だったが、その後の計測により横桁間隔が一定ではなく、一括架設ではかえって施工性が悪くなる恐れがあったため、支柱を立てた

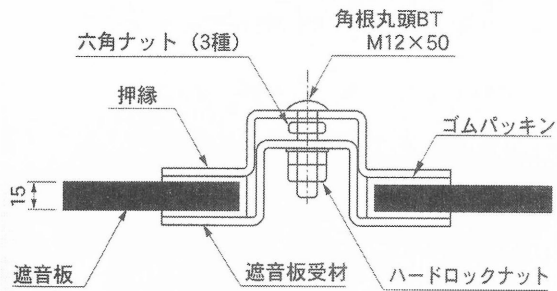


図-5 下面遮音板継目構造詳細

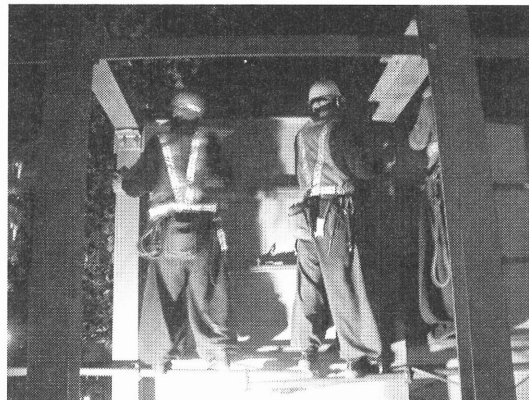


写真-4 エコボード設置状況

後にエコボードを設置することとした (写真-4)。

6. 騒音低減効果

騒音低減の効果について検証するために、簡易な騒音計を用いて施工前後に騒音測定を行った。その結果、軌道直下での施工後の騒音が施工前に比べて 10dB (A) 以上低減し、ほぼ期待通りの結果となった。桁下空頭確保のために桁を完全に覆うことができず、桁の振動が完全に遮断できていないことを考慮すると、効果としては十分といえる。

7. まとめ

都市内の開床式鋼鉄道橋において、列車走行による構造物音が問題となっていたことから、その対策として遮音工を施した。遮音工を適用するにあたり、死荷重増加の影響を最小限に抑える必要があったことから、遮音材料として軽量で、かつ景観性、耐久性、施工性に配慮したエコボードを採用した。施工前後において、10dB (A) 以上の騒音が低減されており、十分な遮音効果を発揮しているといえる。

設計および施工それぞれで問題点が挙げられたことから、それらを次の施工へ反映し、騒音低減効果の向上を図る必要がある。

参考文献

- 1) 阿部英彦：鉄橋の騒音対策，土木学会誌，pp. 36-42，1997.