

鋼橋の騒音・振動低減対策

Reduction method of the noise and vibration on the steel bridge

南 莊 淳* 杵本正信**

*Hanshin Expressway Public Corporation Atsushi NANJO

**Fuji Engineering Co.,Ltd Masanobu SUGIMOTO

ABSTRACT The age of maintenance and preventive maintenance for infrastructures has come after the age of construction during the advanced economic growth. It is a present situation that the environment problems for highway bridges have become to be more and more severe. In the past, the study of noise and vibration on the viaduct has been carried out by many institutions. However, they have not found any effective measures for noise and vibration problem on the viaducts in present. The conventional study of noise and vibration problems has been conducted at the receiver-side and the propagation-side. Therefore, the results of study do not valance to the capital investment.

On the other hand, it was confirmed that the noise and vibration problems have relation to a road surface roughness by the source-side study. Moreover, the effective and available results could be obtained economically by the investigation of viaduct properties and the analysis of inhabitant quarrels. As above mentioned, we can provide the effective engineering service for bridge engineers and the available measures for inhabitant quarrels.

Key words : 橋梁維持管理, 騒音・振動, 路面不陸, 苦情
bridge-maintenance, noise and vibration, road face roughness,
inhabitant quarrel

1. まえがき

高度経済成長における建設の時代から、社会資本の維持管理、予防保全の時代を迎えています。一方で、社会資本とりわけ高速道路構造物を取り巻く環境問題は益々厳しくなっているのが実情です。道路橋における騒音・振動低減に関する取り組みは、過去多くの機関で研究されてきましたが、特に有効な手段を生み出すことができない状態で今日に至っています。

従来の研究^{1~5)}では受振側や伝播経路での対策手法検討が多くなされてきましたが、その資本投下と効果がつりあわない実情であったことは明らかです。しかしながら、近年発振源側における対応が、経済性から見てもより大きな効果が得られるようになり、高架橋の性状調査を行い苦情の関連性を解明することで、十分に評価できる技術サービスを提供できるようになってきました。

2. 道路高架橋における騒音・振動問題の現状

高架橋から波及する騒音・振動は、公害対策基本法（昭四十二法律一三二）で典型七公害（騒音、振動、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、地盤沈下、悪臭）が示され、環境基本法（平五法律九一）に整備されています。騒音規制法（昭四三法律九八）、振動規制法（昭五一法律六四）で道路から排出される騒音・振動の法的規制を受けています。なお、騒音は Leq 値、振動は L₅₀ 値で評価することになっています。都市内高架橋は沿道家屋と近接しており、騒音・振動苦情が発生する割合は非常に高く、従来から道路管理者が騒音低減対策や振動低減対策を実施してきました。しかしながら、高架橋沿道からの苦情はあとを絶たず、万全の対応がなされていないために維持管理の現場における障害となり、新規路線建設の障害にもなっています。このことは従来実施されてきた低減対策が十分に有効でなかったと推察されるものです。

* 阪神高速道路公団 神戸第一建設部 (〒650-0041 神戸市中央区新港町 16-1)

** 株式会社 フジエンジニアリング 工博 (〒532-0002 大阪市淀川区東三国 5 丁目 5-28)

騒音・振動苦情は、人間の感覚や感情が大きく作用する範疇にあり、その実態把握や評価は容易ではありません。聴感感覚曲線⁶⁾や振動感覚曲線⁷⁾を用いて評価を加えていますが、「うるさい」「ひびく」「ゆれる」の苦情表現を客観的に示すことは困難であり、アンケート調査などを用いて苦情の客観化を図ることも必要です。以下に苦情要因を示します。

a. 構造物に原因がある場合の苦情要因

- ① 計画交通量以上の交通流
- ② きしみ音などの劣化による騒音
- ③ 路下交通の反射音など
- ④ 伸縮装置や路面不陸補修の施工不良
- ⑤ 斜角構造や経済性を追及した構造（活荷重の影響度が高い構造：トラスなど）
- ⑥ 設計荷重が旧来の構造

b. 構造物に大きな異常が無い場合の苦情要因

- ① 伝播経路になる地盤が軟弱
- ② 古い家屋、鉄骨構造など揺れやすい家屋
- ③ その他（老人、立ち退き者など高架橋にトラブルのあった人、車に乗らない人）

構造物に異常が発生している事例として、維持管理が不十分でボルトなどの緩みが騒音苦情になっている場合があります。こうした場合には騒音と振動の苦情が重なって同時に発生することがほとんどなのです。通常のケースとしては、路面不陸が甚だしく悪い場合、部材に疲労損傷を来たしている場合、構造形式上走行車輛に起因してねじれ変形や、共振現象による振動を起こしている場合、あるいは施工不良（これが一番多い）などがあります。これらのケースでは振動レベルが45~55 dB (L₁₀)にもなりピーク値ではより高い値を示すことが多いのです。このような場合には構造物や地盤、家屋の同時振動計測を行うことで、構造物の性状や伝播状況を明確に把握し、解析により対策手法を提案することになります。大掛かりな対策が必要な場合には、シミュレーション手法などで精度の高い改良案を得られるようになっていきます。したがって、構造に何らかの異常が発生している場合には、問題構造のメカニズムを明瞭にし、復旧改善し、原因の削除を図ることが肝要です。

一方、構造物に異常が見当たらない場合には、何らかの手段で苦情の要因を推察せねばなりません。この様なケースでは、発生源である高架橋の振動が微小である場合が多く、伝播経路にある地盤での増幅や、受振側の家屋での増幅により、住民が大きな振動暴露を受けている場合があります。また、交通振動はランダムな振動ですので、その評価には統計処理値（dB・L₁₀：官民境界：20LogX/X₀ X₀=10⁻³cm/s²）を用いており、衝撃的な振動は適切に評価されない傾向をもっています。ところが苦情の大半はこの「ドスン」というような瞬時の振動（ピーク値 L_p）に対する苦情なのです。振動のいき値は一般に55~60 dBといわれています（正弦振動の等感曲線：三輪⁸⁾）。しかし、丁度その「ドスン」のピーク値が45~49 dB程度の場合でも睡眠中に感じる場合があります。かつ、路面や構造物に大きな異常が見られなくても振動苦情の発生が多いのです（数台の車輛の通過位置によっては僅かの段差が大きく変化する場合があります）。加えて、老人や高架橋建設時に何らかのトラブルを経験した住人、車輛運転をしない人達には、高架橋の騒音・振動に対して過敏になっている傾向もあります。アンケート調査や家屋での振動調査を繰り返すことで、現状把握や原因の推定に結びつけることが可能な場合があります。今後苦情対応の主な手段となります。表1は、苦情発生がある橋梁沿道で実施したアンケートの一例を示しています。このアンケート調査内容は、調査の最初に実施する内容で、調査段階が進むに従って内容を変化させることを考えています。これらの集計結果をまとめ住民に説明しながら、「高速道路」や「騒音・振動」への理解が得られるように対話を進める方式をとったものです。

民家が近接する都市高速においても、過疎の山奥に建設される高速道路においても、今後沿道住民の環境問題の配慮なくして維持管理は行えない状況にあります。また、新設の時から環境問題を配慮した『防振設計』を取り入れ、揺れが少ない構造物を建設しなければならない時代です。

表1. アンケートのサンプル

騒音・振動等に関するアンケート

問1 あなた自身のことについてお尋ねします。

- (1)あなたの性別および年齢は？
- (2)あなたのご職業は？
- (3)中国自動車を利用されることがありますか？

問2 あなたのお宅についてお尋ねします。

- (1)建物の種類は？
- (2)建物の所有者は？

問3 お宅の周辺での環境で特に気になっていることをご回答下さい。(複数回答可)

問4 騒音の内容についてお尋ねします。(問3で①と回答された方)

- (1)あなたは、道路(自動車)が原因と思われる騒音を感じますか？
- (2)その騒音は、いつ頃から感じましたか？ また、何かきっかけがありましたか？
- (3)その騒音は、特にどの曜日に感じますか？
- (4)その騒音は、特にどの時間帯に多く感じますか？
- (5)その騒音はどのような音ですか？
- (6)騒音はどんな時に感じますか？
- (7)場所によって騒音の感じ方が違いますか？
- (8)騒音によって身体に影響がありますか？
- (9)発生元はどこだと思われませんか？

問5. 振動の内容についてお尋ねします。(問3で③と回答された方)

- (1)あなたは、道路(自動車)が原因と思われる振動を感じますか？
- (2)その振動は、いつ頃から感じましたか？また、何かきっかけがありましたか？
- (3)その振動は、どの曜日に感じますか？
- (4)その振動は、どの時間帯に多く感じますか？
- (5)振動しているのは、何によって知ることができますか？(複数回答可)
- (6)振動の大きさはどの程度に感じますか？
- (7)振動を感じる時、その方向はどちら方向ですか？
- (8)振動の種類はどんなものですか？
- (9)振動を感じる継続時間はどの程度ですか？
- (10)その振動と同時に音が聞こえましたか？
- (11)場所によって振動の感じ方に違いがありますか？
- (12)体に感じる場合、どのような状態で振動を感じますか？
- (13)屋外(家外)でも振動を感じたことがありますか？
- (14)振動が原因で、精神的・身体的以上がありますか？(複数回答可)
- (15)発生元はどこだと思われませんか？

問6 家屋内計測について

アンケート調査とともに、当地区で環境調査を行いたいと考えております。その場合、家屋内での計測も考えており、1晩だけ家屋内に測定器を設置させていただきたいのですが、ご協力いただけますか？

ご協力ありがとうございました。

3. 騒音・振動対策の事例

3.1 一般的な騒音・振動低減対策

近年、道路の舗装を高機能舗装に変えている道路が増えています。本来、排水性舗装として開発されたもので、車両走行時にタイヤと路面との間に密閉された空気が、車両の重量でタイヤが変形し空気が破裂するときの200~500Hz程度の音を無くすることで、低騒音化を進めているのです。雨天時、路面に雨水があふれ走行に危険な状況を無くするために開発されたもので、これが低騒音化という副産物を得たものです。(路面の排水性が向上した分、床版コンクリートへ水が浸入しやすくなり、このために防水層が必要になります。しかし、十分な防水層が施されていない場合には床版の劣化が加速するので注意が必要です。) 反面、この舗装は従来の舗装に比べて転圧がしにくい(硬い)もので、伸縮装置近傍など不陸が発生しやすいと言われています。このため施工状態によっては振動発生の原因ともなり、構造物の劣化促進にもつながるため、今後の施工方法の開発も必要です。

また、高機能舗装により床版に入力される騒音も低減されており、高架橋下面から発音される騒音も大きく低減されています。これらの対策を講じることにより構造物における騒音対策は十分になさるようとしています。今後は発音源である大型車輛そのものの低騒音化の開発を待たねばなりません。

走行車両による騒音・振動の発生の多くは伸縮装置前後の不陸に走行車両のタイヤが衝突し、車両がバウンドする時に発生しています。したがって、この不陸を平滑にしておくことが騒音・振動の制御には欠かせない最高の維持管理なのです。発振源における対策は伝播経路や受振源対策に比べて非常に効率がよく経済性にも有効な手段であるといえます⁹⁾。高架道路から出る騒音・振動の多くは大型車両の走行に起因すると考えられ、従来の騒音・振動に関する研究もこの大型車両を対象として進められています。特に、舗装路面は加振力の大きい大型車両の性状に応じて変形していることが多く、図1に示すように7~10m程度のうねりのような凹凸を持っていることが多いのです¹⁰⁾。(90km/h走行で車両のばね上振動数が3Hzの場合車体振動の一波長は8.3mとなり、供用後時間が経つと路面もこれに準じた不陸性状を示してきます。) また、大型車輛の軸間距離が約8mであり、ばね上振動(1~4Hz)と共振し車輛振動が大きくなる要因ともなっています。従来、舗装の不陸管理は3mプロフィールメータ(JHS:日本道路公団規格 223-1992、阪神高速道路公団土木共通仕様書他)で計測し、管理値(標準偏差値:2.0~2.5mm)を遵守した施工が行われることになっています。しかしながら、伸縮装置前後は施工が困難であるとの理由で、管理評価から除外されている場合が多く、また、十分な転圧が行われないうえに、供用後短時間で大きく変形しやすいのです。そこで大型車輛の軸間距離や3mプロフィールメータの管理の現状を踏まえて、騒音・振動問題に対処するため8mプロフィールメータの計測管理(JHS:日本道路公団規格 220-1992 $PrI = \Sigma(6\text{mmバンドを越えるピーク値})/L(\text{区間距離}) = 5 \sim 10\text{cm/km}$: 構造物 ≤ 8)で伸縮装置前後も含んだ管理が提案されています。現実の舗装打ち替え工事ではこの規格を満足するためには、多くの技術開発を必要としますが、橋梁の耐久性や走行安定性の向上、騒音・振動低減に大きく寄与するものであります。段差を1/2にすると振動レベルでは6dBの低減となり(道路交通振動防止マニュアル: 道路交通振動の発生)

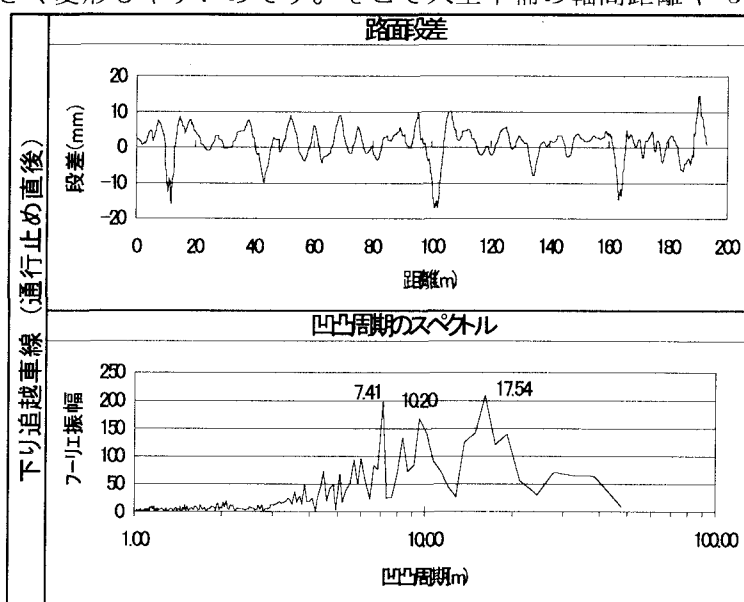


図1 舗装路面のスペクトル図

このことから路面の平滑化は必要不可欠といえます。図2は同じ路面を8mと3mのプロファイルメータで各々計測した値とその凹凸スペクトルを比較したものです。8mで評価した路面の方が大きく段差を評価しており、この手法で路面不陸修正を行えばより平滑に管理することができるのです。

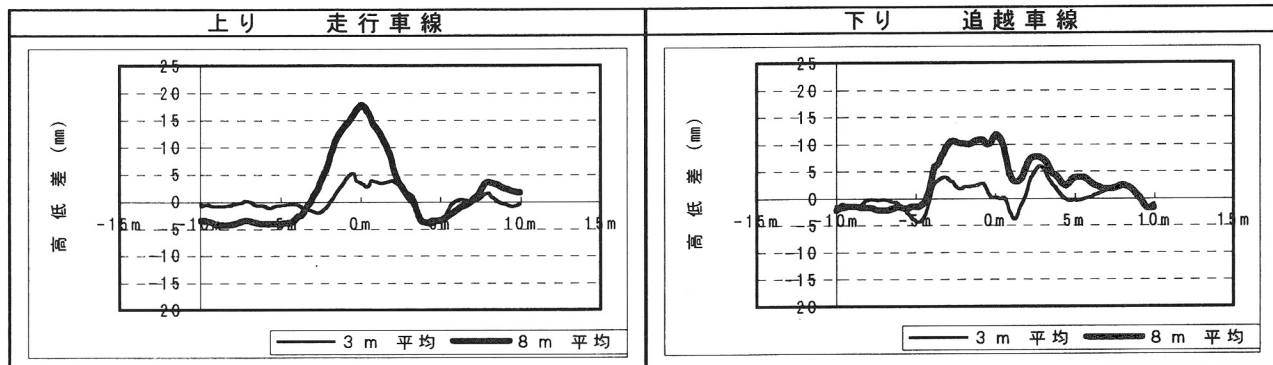


図2 8mおよび3mプロファイルメータによる測定結果比較

こうした路面不陸の管理を実施することで振動苦情を解決した事例は最近多くなり、阪神高速道路3号神戸線の震災復興後の振動苦情に対し、伸縮装置の据え直しや舗装面の不陸修正による路面平滑化の対応を実施し、90%以上の苦情が収まった事例があります。このことでも騒音・振動苦情のほとんどが路面不陸に起因しているとしても過言ではありません。

一方、発振源としての騒音対策として、大型遮音壁が採用されることが多くなってきました。これは大型遮音壁により音の回折距離が長くなり、その分距離減衰による効果を期待しているのです。近年では等価騒音レベルの予測式として ASJ MODEL 1998 (Acoustical Society of Japan) が一般的に用いられていますが、このモデルによる大型遮音壁の回折補正量は-30dBを上回る大きな減音効果が得られる場合があります。一方で、橋梁部においては、盛土部では扱わない「高架構造物音」を評価することになっています。これは車輛の走行に伴って発生する固体伝播音が床版や桁などから空气中に放射される音と定義され、既設橋梁の実測値からそのパワーレベルが定められています。現行の予測モデルでは、この高架構造物音は車線中央の桁下に点音源を仮定し、この音源のパワーレベルは橋梁の種類によらず一律 95.3dB としています。実際には鋼構造物とコンクリート構造物では明らかに異なることから再考の余地は十分にあります。このため予測計算上、この高架構造物音の影響を顕在化することにより、大型遮音壁を設置しても受音点での十分な遮音壁効果が得られないような場合もあります。ASJで示される高架構造物のパワーレベルは橋梁ごとのばらつきも大きく、また、これらの原因も完全に究明されていないなどの問題点を残しています。

また、阪神高速道路公団では高架構造物音を面音源と仮定している予測式も提案されており、 L_{aeq} (L_{eq} に A 特性を加味したレベル) の予測式に関してはさらに研究の余地があるようです。第二名名神では逆 L 字型タイプの大型遮音壁 ($h=8+5m$) が採用され、官民境界において 10dB 程度の低減効果が得られています。今後 Y 字型タイプ (8m) も検討されより良い効果が期待されます。

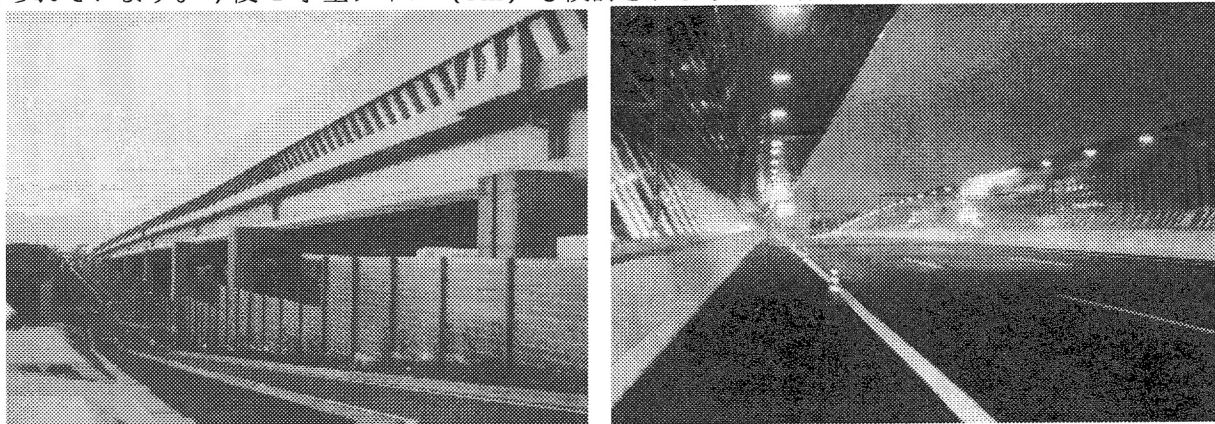


写真1. 逆L型遮音壁(外観と高速路面内観)

また、阪神高速道路3号神戸線ではアーチ型の遮音壁も採用されています。また、遮音壁頭部にノイズレジュエーサーを設置し、騒音の回折現象を低減する手法も採用されています¹¹⁾。

一方、床版下面から放出される騒音に対しても、裏面吸音版の設置がなされ、阪神高速道路3号神戸線¹¹⁾や第二東名大府高架橋は対策区間が数キロから数十キロにも及び、床版下面からの構造物音の低減とともに路下交通の反射音の低減にも有効な方法となっています。

一方で高架橋に設置される遮音壁が大型になるに従い、橋梁との連成振動の発生要因ともなり、周辺の空気振動を誘発する原因ともなりかねません。こうした問題には実構造物での実験やシミュレーションによる検討が実施され設計に反映されており、今後もより効率の高い構造が検討されるものと考えられます。

3.2 上部構造における騒音・振動低減対策

環境問題に関する対策は過去幾多の手法が検討され、実構造物に実施されてきました。騒音の発音源となる構造物に入射された波動は、躯体内を高速度で伝播し、構造体の表面から空気中に放出されます。特に鋼構造物では鋼材の振動がスピーカーとなり騒音、空気振動の発音源となっています。この振動を制御するために鋼板表面に付加質量を貼り付けたり、異種材料をサンドイッチにした制振鋼板を採用することで低減を図る方法があります。家電製品の制振等に多く用いられていますが、鋼橋では伝播する周波数帯が広く、ランダムに変動し、多機能の対応が難しいようです。鉄道橋などで個々に採用された事例はありますが、経済的に十分な効果を得られるまでには至っていません。むしろ美観対策をかねて橋梁下面を覆って防音対策としている場合もあります。

振動対策として、支査の弾性化（ゴム支承の採用）、TMD（動吸振器：Tuned Mass Damper¹⁴⁾）、などの対策が実施されてきましたが、特に、単純桁区間を桁端部の連結化により路面を連続化し、伸縮装置をなくする手法（桁の連結化工法）が全国で採用されて¹²⁾、騒音振動対策として良好な結果が得られています。これは路面段差を無くし平滑化を図る手法として1985年頃から検討され、現在は維持管理費のコスト低減と騒音・振動低減を目的として実施されています。環境対策手法としても現在最高の構造物対策です。桁の連結化では主桁の応力低減や地震力の分散のためにゴム支承が用いられていますが、阪神淡路大震災以後、耐震対策として免震ゴム支承が全面的に採用されています。しかしながら鋼橋においては、架違い部に弾性支承を用いると鉛直方向のたわみ差により段差が生じて、これが新たな騒音・振動発生源となるとともに、ボルトのゆるみ等維持管理上の弱点となる場合もあります。また交通振動のように比較的小さい振動に対しては、巨大な慣性質量をもった上部構造が揺れやすくなるとの問題も提起されており、今後の調査研究を待たねばなりません¹³⁾。

TMDはTLD（Tuned Liquid Damper¹⁵⁾）とともに橋梁への適用が検討されてきました。これらはその性質上比較的低い振動数で主桁の一次振動など定常振動に近く、かつ、比較の変形量の大きい状況に効果を発揮する低減手法です。したがって、この方法は長大橋の主塔部や桁のたわみ振動の抑制手法として採用されていますが、走行車輛による衝撃など比較的高い振動数（10～30Hz程度）には有効ではありません。

また、伸縮装置を車輛が通過する時に、その荷重のために端部横構が変形し、伸縮装置に段差が生じて振動発生の要因となることがあります。そこで端部横構の剛性増加や擬似支承の設置、端部床版の打ち下ろしによる床版増厚等を行って騒音・振動の低減を図っています。

端部横構の剛性増加は、横桁を追加する方法やコンクリートを端対傾構や端横桁に巻き立てる方法があります。図3は従来採用されていた端対傾構をコンクリートで巻き立て構造例です。

最近、桁端部に支承や落橋防止システム、伸縮装置などが集中していることから、環境対策に加えて構造の簡素化や合理化を図るため、積極的に端横桁に鉄筋コンクリートを採用し、鋼主桁と接合して複合構造とした事例があります。図4はその一例ですが、幅550mmのRC横桁を採用し、2主桁、PC床版に加え、落橋防止構造にはPCケーブルが用いられ、ブラケット等もなく桁端部がすっきりとしています。

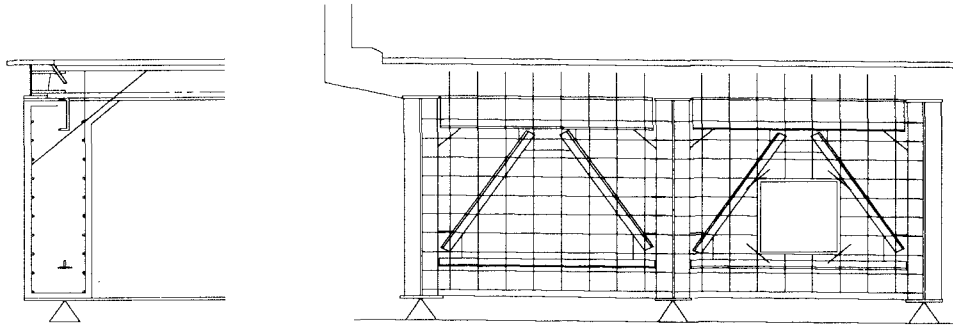


図3 端対傾構をコンクリートで巻き立て構造例(JH 設計要領より)

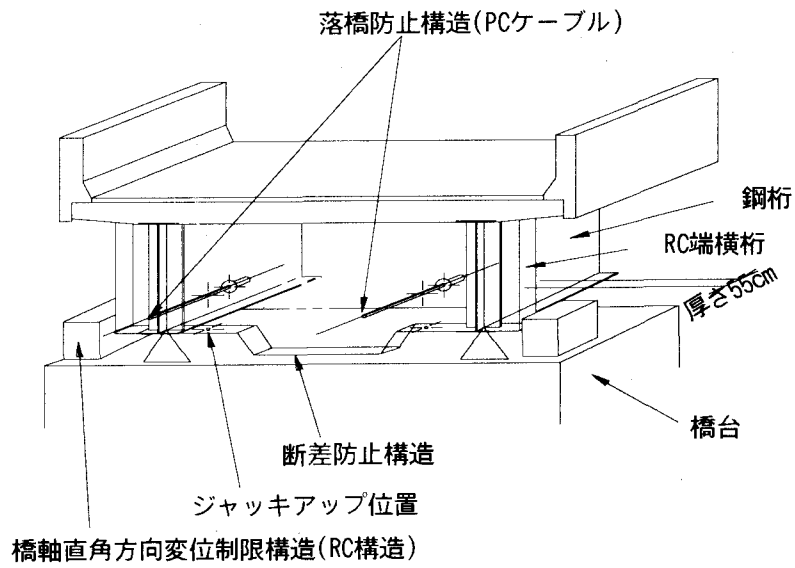


図4 RC 端横桁構造例

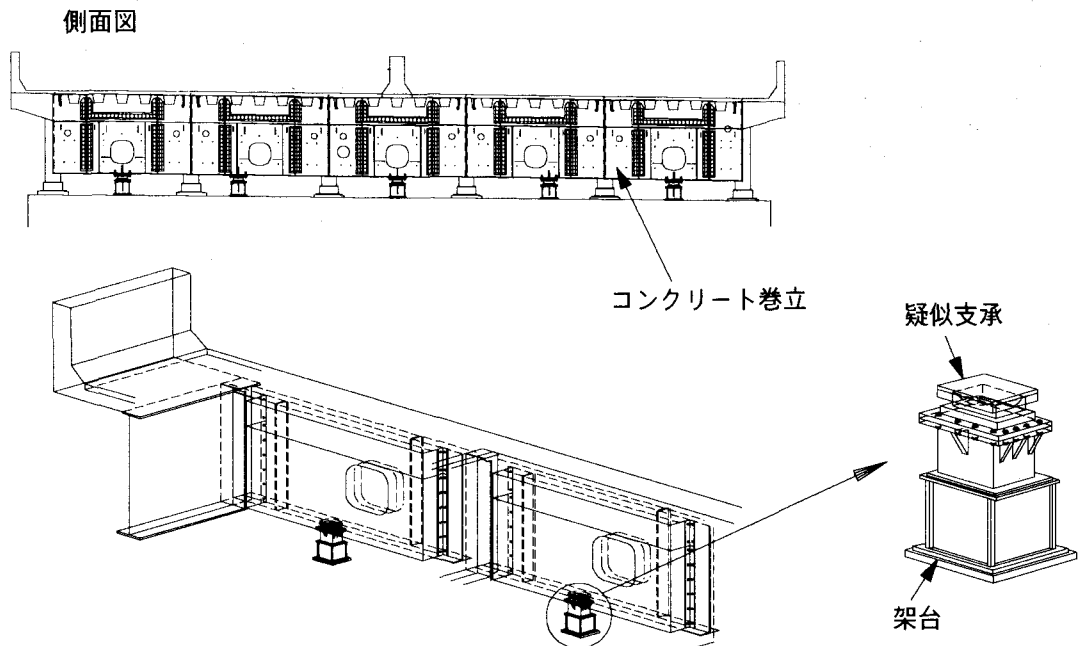


図5 コンクリート巻き立て構造と疑似支承

また、桁間が広い場合には図5に示すような擬似支承を設置し、車輛載荷時の端横桁とその上に位置する伸縮装置の変形を低減する方法がとられています。この方法によって車輛走行時の段差が低減され、特に、床版の振動が減少されています。実橋での対応はコンクリート巻き立てと擬似支承の両方が実施されていることが多く、より桁端部の剛性が高くなっています。

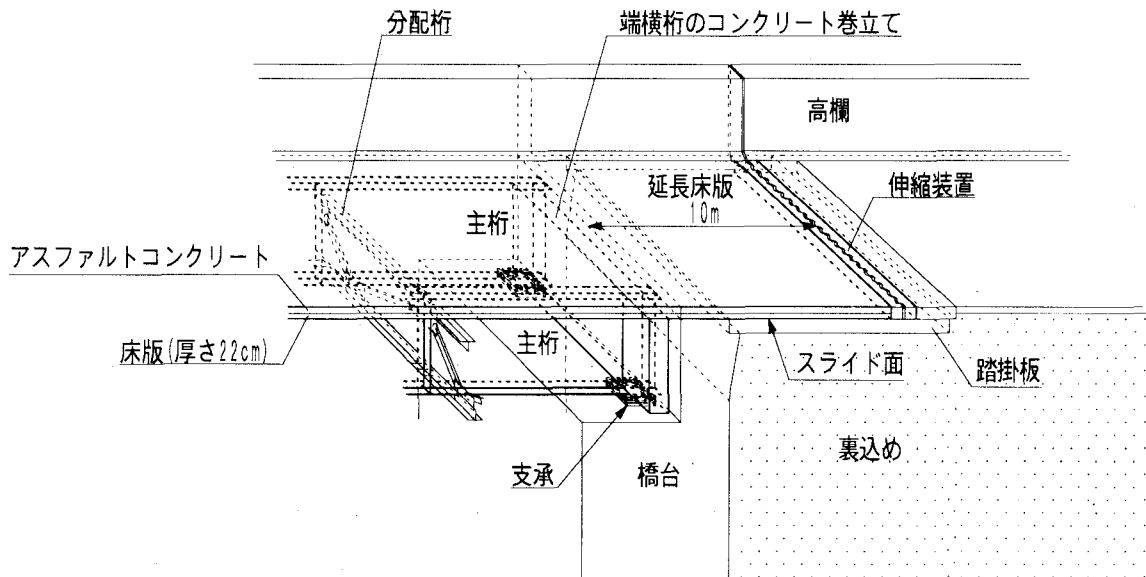


図6 延長床版工法

次に、橋梁と盛土構造との境界は伸縮装置や踏掛け板で路面の平滑を保っているのですが、どうしてもコンクリートと土の剛性が異なるために段差が生じ、騒音・振動苦情の原因になっていることが多いです。走行車輛はこの段差でジャンプし端部床版に落下することから、「ドーン」という音とともに振動が発生しています。これらの問題を解決するために考え出されたのが、[延長床版工法]です。図6に示すように、この方法は橋梁部の床版を盛土部に伸ばし、そこに伸縮装置を設置する構造です。この構造では車輛の伸縮装置通過時に発生する振動が、延長床版から盛土内に吸収され、橋梁への加振が大きく低減される構造となっています。延長床版の長さは、車輛のばね振動が伸縮装置通過時に大きくなり、通常走行時の状況に戻るまでの時間と、大型車輛前後の軸間距離を考慮して10mと設定しています。実橋に適用した事例では、端横桁のコンクリート巻き立てと併用されており、10Hz以上の振動数の低減が十分に得られた効果を得、沿道の苦情も100%近く減少しました。この低減方法では床版面に入射する衝撃が大きく低減され、騒音・振動のみならず空気振動も低減された結果も見られます。伸縮装置での衝撃波は盛土内に入射されるため外部に大きく現れることは無いようです。しかし、支点部の耐久性や施工手法の改良など今後解決すべき問題があります。

高架橋沿道の騒音・振動は地盤や空気を伝播してくるために、受振点の前後100m程度の影響を受けることになります。したがって、こうした上部構造への騒音・振動低減対策は近接対象位置だけでなく、高架橋沿道に沿って数径間（少なくとも100m以上）にわたって対策を講じなければ、有効な効果を得られないと考えられます¹⁶⁾。

振動低減を目的とした下部構造や基礎構造への対策は、コンクリート巻き立てなどの質量増加が必要となり、一般的には有効な効果を期待することは困難であり、経済性からも良策とはいえません。

振動伝播の媒体となる地盤での振動低減工法としては、地中防振壁の設置や地盤改良工法がありますが、高架橋からの伝播範囲が広範囲にわたるため、また、地中で伝播する波長が5~20mにもなり、透過する波動を減衰させるためには大規模な地中構造物が必要となります。これらのことから実橋に適用された事例はごく稀です。また、基礎構造物周辺の土を撤去し空堀とする方法も考えられていますが、一般に杭基礎では地盤への加振位置が杭頭から2~4m下方になり¹⁷⁾、空堀を維持していくことは雨水の浸入などがあり容易ではありません。したがって、現在では下部構造や基礎構造での振動

低減対策として有効な手法は無いといえます。

受振（音）側での対策は騒音に関して家屋への対応が認められており（建設省通達：高速自動車国道等の周辺における自動車交通騒音に係る障害の防止について、昭和 51 年 7 月 21 日）、二重窓などの処置が講じられています。しかし、振動に関してはこうした処置は認められておらず、官民境界における排出基準を遵守するにとどまっています。家屋を揺らす振動が地盤から伝播すると、その家屋の上階では 2～3dB/階 程度増幅することが判明しており、特に、築後 20 年以上経た家屋や、軽量鉄骨造の建物ではその増幅度が大きくなります。こうした家屋では筋交いの設置や基礎地盤の改良が考えられますが、法的な処置が講じられないことや経済性や有効性からも採用されることは少ないといえます。ただし、老朽化した家屋への筋交い設置は今後も有効な手段と考えられ、現場での実施が望まれます。しかし、それぞれの家屋構造、地質条件や周辺環境により対応を厳選しなければなりません。

4. まとめ

高架橋の騒音・振動対策は過去 20 年以上にわたって、多種多様の工法を実橋に適用され検討が加えられてきました。その大半が構造物に対して『防ぐ』技術開発でありました。しかしながら、防ぐ手法は質量増加につながり、経済設計に逆行することになり、社会に受け入れられるものではありませんでした。そこで近年の研究では、騒音・振動の発生要因である車輛と路面に着目し、橋梁技術として『路面平滑』を計り、入力低減がすべての面からも最良の手段であることを示しています。また、車輛の排気ガス規制の様に「低騒音車輛」開発を要望することも必要であるといえます。

従来、維持管理は、『建設と維持』と言われながらも実際は華々しい建設の影の中に埋もれていたのが実情です。ここに紹介し、あまり有効で無いとした構造物への低減対策も、多くの知恵と資金を用いればより良い対策手法にすることも可能であります。現状では路面平滑性を厳しく管理し、発振源を小さくすることが最良の低減策といえます。（車輛の排気ガス低減に伴って騒音の低減も行われます。）桁の連続化、桁端部の剛性強化、延長床版や舗装面の不陸管理は今後も騒音・振動低減のために不可欠なものといえます。

高架橋を取り巻く環境は依然非常に厳しい状況にあります。『交通騒音、交通振動の低減』をテーマに検討を始めてからあまりにも長い年月を要してきましたが、これに対処する技術的な検討は十分になされていないのが実情です。近年、社会資本の建設が安定期に入り、今後は如何に長寿命化を図るかがテーマとなっています。橋梁も 100 年寿命を目指さねばならない社会情勢になり、ようやく維持管理が重要視されはじめ、多くの研究者が「修理屋」と「Life cycle cost」などの学問を結びつける分野を創り上げてきました。新橋の建設もほぼピークを越え、建設された社会資本を如何に有効に維持していくかを考えていかねばなりません。そのためにも維持管理への認識向上と実施予算の確保が最大のテーマとなります。

参考文献

- 1) 杵本正信：橋梁交通振動の加振源対策,土木学会 道路交通振動に関するコロキウム PART A,1995 年
- 2) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析 8章振動の制御と応用,pp.261-315, 技報堂出版
- 3) 梶川康男・大嶋信太郎：周辺環境への影響を考慮した高架橋の防振効果に関する一解析法,土木学会論文報告集,第341号,pp.79-86,1984年1月
- 4) 梶川康男・吉川 実・杵本正信：走行荷重による高架道路橋の動的応答解析について,土木学会第39回年次学術講演会講演概要集, I-248,1984年10月
- 5) 梶川康男・沖野 真・吉川 実・杵本正信：高架橋と周辺地盤の交通振動予測と制御効果,土木学会構造工学論文集, Vol.35A,pp.597-605,1989年3月
- 6) 公害防止の技術と法規 騒音編：監修 通商産業省立地公害局
- 7) 公害防止の技術と法規 振動編：監修 通商産業省立地公害局
- 8) 庄司 光・山本剛夫・畠山直隆：衛生工学ハンドブック,朝倉書店,pp.393-404
- 9) 阪神高速道路公団：道路交通振動技術ノート,1982年1月
- 10) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析,技報堂出版,6章6-2路面性状,pp.165-183,1993年
- 11) 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて—震災復旧工事誌—第6編第6章,1997年
- 12) 久保雅邦・山田靖則・井関治郎・梶川康男・松浦泰夫：弾性支承を用いた単純桁の連続化による橋梁振動軽減対策の開発,土木学会第44回年次学術講演会講演概要集,PSVI-14,1989年10月
- 13) 徳永法夫・吉川 実・川北司郎・山本 豊：高力黄銅(BP)支承からゴム支承への取替えに対する有益性に関する一考察,土木学会論文集 No.581/VI-37,pp.17-25,1997年12月
- 14) たとえば 讃岐康博・梶川康男・岩津守昭・林 秀侃・伊関治郎：動吸振器の制振効果に関する現地実験,振動制御コロキウム PARTB 講演論文集,pp.89-96,1991年7月
- 15) たとえば 小坪清直・高西照彦・多田 浩：同調液体ダンパーによる架設途中に斜張橋の制振,振動制御コロキウム PARTB 講演論文集,pp.161-170,1991年7月,・
- 16) 梶川康男・沖野 真・吉川 実・杵本正：高架橋と周辺地盤の交通振動予測と制振効果,土木学会構造工学論文集, Vol.35A,pp.597-605,1989年3月
- 17) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析,技報堂出版,7章橋梁振動による環境への影響,pp.246,,1993年