

都市内P C高架橋の環境振動軽減対策とアセスメント手法の適用

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF VIADUCT VIBRATION BY TRAFFIC LOADS

梶川 康男* , 新開 正英** , 讃岐 康博*** , 村田 幸一****

Yasuo KAJIKAWA, Masahide SHINKAI, Yasuhiro SANUKI and Kouichi MURATA

* 金沢大学工学部土木建設工学科 (〒920 金沢市小立野2丁目40-20)

** 日本道路公団東京第三管理局技術部 (〒192 八王子市宇津木町 231)

*** (株)フジエンジニアリング調査設計部 (〒530 大阪市北区中崎西4丁目3-27)

**** 大阪市水道局 (元金沢大学大学院) (〒530 大阪市北区南扇町6-28)

SUMMARY

In order to reduce the traffic vibration of urban viaducts and nearby ground caused by running vehicles on the highway bridge, the assessment method of bridge environment using the computer numerical simulation is investigated and developed. Its method is consisted of eigen value analysis by finite element method to space structures and dynamic response analysis by normal mode method, and analytical results to semi-infinite ground.

Using its assessment method, the degrees of vibration control to some works of existing urban viaduct with PC girders and RC piers are numerically simulated. The work with connecting PC girders, changing to buried-type expansion joints and repairing pavement was practically put in the viaduct. The measurement results after the work are similar to the assessment results. It is clear that proposed method is valid and useful for an environmental assessment.

Key Words: Traffic Vibration of Viaduct, Environmental Assessment, Passive Control

1. まえがき

都市内高架橋は重要な交通網として、多くの交通量があり、特に大型自動車の通行が多い。このために時として、高架橋が車両と連成振動をおこし、高架橋沿道家屋にその振動が伝播し、環境振動問題¹⁾が生ずることがある。この問題は、より快適な都市環境のために寄与すべき都市内高速道路が抱える緊急に解決すべき重要課題の1つである。

しかし、高架橋の振動伝播は非常に複雑であり、画一的な工法では振動軽減できないのが実情である。現在までに個々の高架橋に対していろいろな振動軽減対策工法が考えられ、試験的にではあるが実際の高架橋に実施された例もいくつかある^{2) - 4)}。ところが、実際問題として実構造に対していろいろな対策法を試した上で最も効果のある軽減対策を選ぶこ

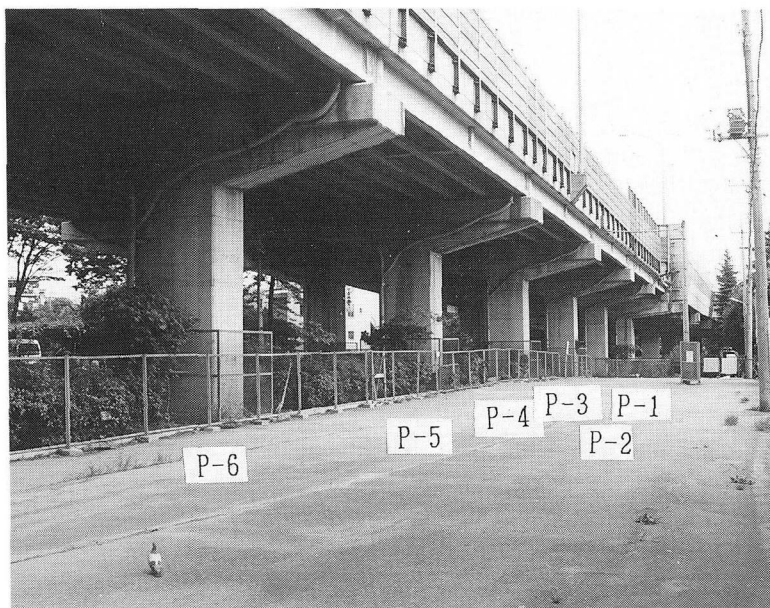


写真-1 対象とした高架橋

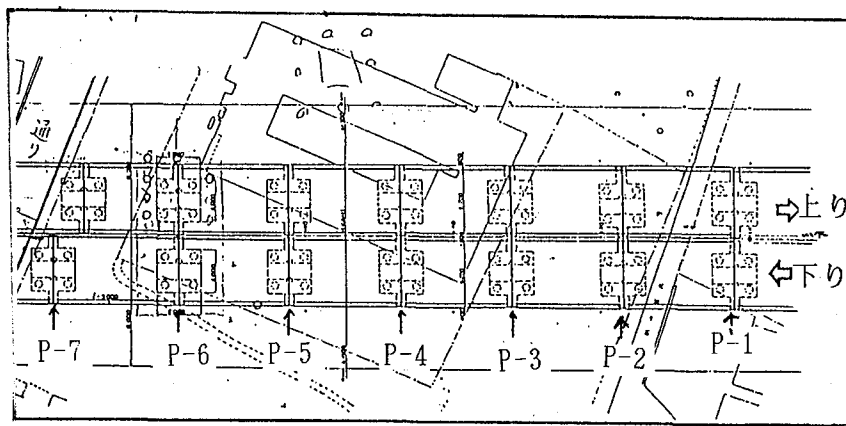


図-1 対象とした高架橋の位置図と一般構造図

表-1 対象高架橋の諸元

項目	諸元
上部工形式	プレテンションPC単純桁
橋長	13.0~19.0m(標準15.0m)
支間長	14.97m(標準)
総幅員	9.6m(下り線), 9.98m(上り線)
車線数	上下各2車線
設計荷重	T-20, L-20
主桁本数	8本(13.0~17.0m区間)
舗装	アスファルト舗装(75mm厚)
下部構造	RCT型単柱橋脚
基礎構造	場所打ちコンクリート杭
杭本数	φ1000mm×6本(L=8.5m)

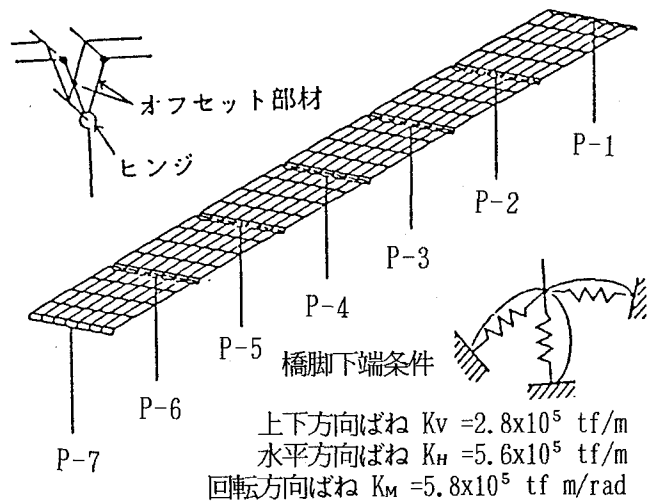


図-2 対象とした高架橋のモデル

とは労力と費用の面から考えると困難である。そこで、実際に実施する前に、振動軽減対策の効果の判定や予測ができるようなアセスメント手法が必要となる。現在までに、この種のアセスメント手法の一部として数値シミュレーションによる解析手法として、高架橋を鉛直方向と橋軸方向の2次元の構造モデルとして解析する手法⁵⁾や疑似的な3次元モデルとして解析した手法⁶⁾があったが、より実際に近い解析手法が望まれていた⁷⁾。

そこで本研究では、高架橋を3次元モデルとして橋梁全体の振動を考慮に入れ、固有値解析と動的応答解析を行い、さらに周辺地盤にどのように伝播するかを検討できる手法を開発した。さらに、具体的な高架橋のモデルを対象に、いろいろな振動軽減対策がどの程度の効果を発揮できるかを、予測した。そして、実際に施工された後に、その軽減の効果を確認し、高架橋の周辺に、より静穏な環境を取り戻すことができた実施例⁸⁾について報告する。

2. 対象とした高架橋とそのモデル化

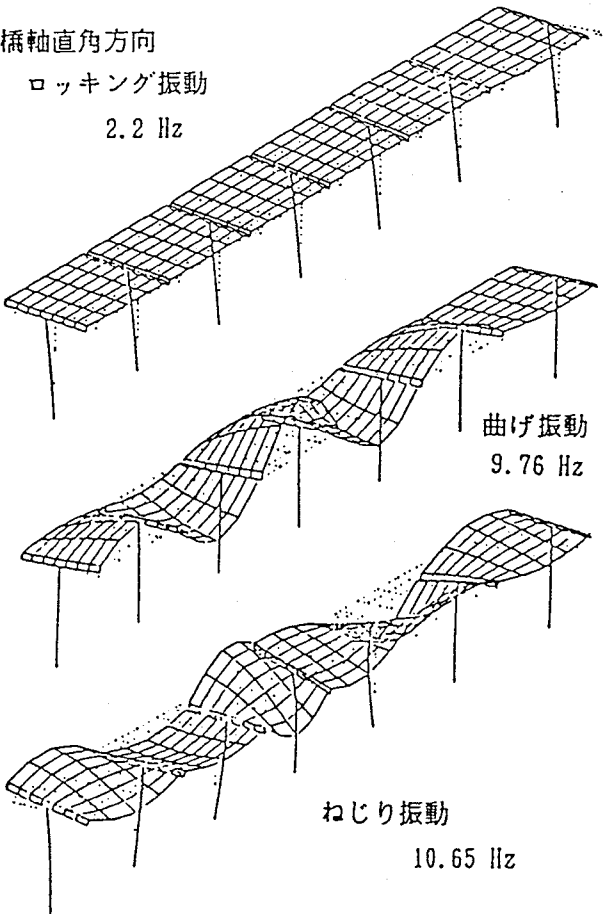
対象とした橋梁は建設当初からではなく、数年前より沿道地域の住民から振動や騒音などの苦情が寄せられ、少なくとも元の状態に戻して欲しいとの強い要望が寄せられている地域にある高架橋(都市内高速道路のPC単純桁高架橋、表-1、図-1、写真-1を参照)を対象とした。解析に用いた橋梁モデルは、図-1のように上下線が独立していることから、下り線の高架橋部分のみを対象とした。図-2で示すように6径間分の3次元はり要素モデル(主桁8本、中間横桁1本、端横桁2本の格子状の骨組構造とはり部と柱部のT型の骨組構造)を採用した。なお、主桁の支点上における、主桁面と橋脚はり部との幾何学的な中立軸の食い違いに対してはオフセット部材を用い、ゴム沓については載荷実験によって得られた実測変位から鉛直と水平方向のばねにモデル化した。また、橋脚基礎部と地盤に関しては、ボーリングのデータを参考にし、3成分のばねおよび回転ばねによって近似した。

3. 固有値解析結果および動的応答解析結果

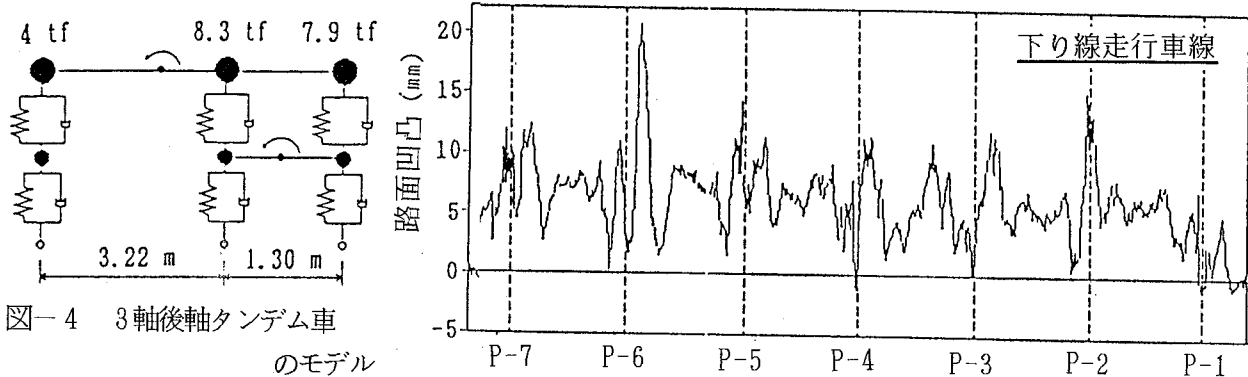
高架橋の環境振動の解析を行うにあたり、対策を何も施さない現状のモデルによる固有値解析と動的応答解析を行い実測値との比較によりモデルの妥当性と解析法の検証を行った。表－2は有限要素モデルによるサブスペース法を用いた固有値解析の結果と実橋に対しての振動測定の結果を示したものであり、また図－3はそれぞれの振動モードの代表的なものを示した。実測した卓越振動数と振動モードをよく近似していることから本研究で用いた有限要素モデルは、妥当であることがいえよう。

つぎに、大型自動車が高架橋上を走行したときの動的応答解析は試験車走行試験と同様、時速70kmで走行車線側を走行した場合を解析対象とした。まず、車両モデルとして走行試験に用いた車両が20tfのダンプトラックであることから従来からよく用いられている、図－4で示すようなモデルを用い、その車輪への入力となる路面としては、図－5に示した対象区間の実測路面を用いた。

そして、表－3は固有値解析結果を用いてモーダル解析で動的応答解析した結果と実測結果について、図－6に示す主桁の支間中央点の加速度に関して比較したものである。この表から判断できるように加速度においても解析結果と実測結果がほぼ近似していることがわかる。このことから固有値解析同様に動的応答解析についてもほぼ妥当な手法であるといえよう。



図－3 代表的な固有振動モードの一例



図－4 3軸後軸タンデム車のモデル

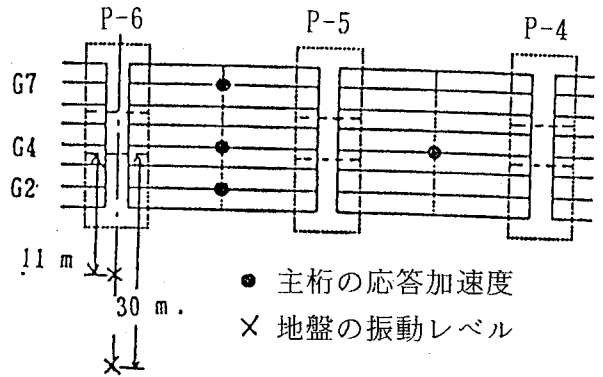
表－2 固有振動数の解析値と実測値

振 動 モ ー ド	解析値(Hz)	実測値(Hz)
橋軸直角方向ロッキング	2.2	約2.5
曲 げ 1 次	8.5～9.8	約8.7
ね じ り 1 次	10.1～10.6	10.5～11.3

表－3 主桁の最大加速度の解析値と実測値

測 点	現況モデル	実 測 値
P4-P5, G4桁中央点	68.9 cm/s ²	46.5 cm/s ²
P5-P6, G2桁中央点	54.9 cm/s ²	58.1 cm/s ²
P5-P6, G4桁中央点	51.2 cm/s ²	47.7 cm/s ²
P5-P6, G7桁中央点	32.8 cm/s ²	24.4 cm/s ²

図－5 対象区間の実測路面凹凸



図－6 振動評価した着目点

4. 地盤振動解析および解析結果

高架橋の振動対策工法による周辺地盤振動の効果を調べるため地盤振動についても解析した。ところが、有限要素法などによって地盤振動を解析する方法も開発されているが3次元の解析を必要とすること、小さいレベルの振動であり、地盤振動が逆に高架橋の振動の大きさに影響するような振動ではないこと、そして、高架橋付近の地盤内には複雑に多くの埋設物が入っており、個々に考えるのは困難であるので、むしろ一般的な地盤とみなした法が妥当であるとの判断によって、つぎのような解析法によることとした。

ここで、高架橋付近の地盤振動は、車両の接近に伴い数手前からの振動の影響を受けているために、それらを考慮した解析をする必要がある。この現象を数値計算で再現し、地盤の応答を求めるために地盤を半無限弾性体とみなした。本解析では、高架橋のフーチング底面に働く反力が基礎底面全体に分布して作用していると考えた。そして、解析解を利用してつぎの手順に従って図-7のようにして地盤の応答を計算した。

①フーチング底面(6mx6m)を微小の要素に分割し、各分割要素に働く x 、 y 、 z 方向の反力を求め、その反力は地盤に対して3方向の点加振であるとする。

②ある微小要素のその反力波形をフーリエ変換により周波数領域に変換する。

③Lambの解析解⁹⁾から得られる伝達(周波数応答)関数を掛け合わせて、着目点のフーリエスペクトルを x 、 y 、 z の各方向について求める。

④ある橋脚の各要素および各橋脚について、全要素によるスペクトルをすべて加え合わせるることによって、着目点の周波数領域での応答が得られる。

⑤得られたスペクトルをフーリエ逆変換することによって、着目点の時間領域での変位応答波形や加速度応答波形が得られる。また、スペクトルをフーリエ逆変換する前に、地盤振動に通常よく使用される振動レベル計の持つ振動感覚補正回路に相当する特性フィルターをスペクトルに掛け合わせた後にフーリエ逆変換し、振動レベル計のSlow特性に合わせて加速度の実効値を求めて、その対数表示により振動レベル(dB表示)に換算した。

着目点は図-6に示すように官民境界線である11m地点と住宅地域である30m地点とし、橋軸方向、橋軸直角方向および鉛直方向の振動レベルを求めた。表-4は現状モデルに対して解析した振動レベルと実測値を比較したものである。卓越している振動数および振動レベルについてもよく近似しており、ここで示した地盤振動解析法についても妥当な方法といえよう。

以上に提案してきた3次元モデルを用いた数値シミュレーション解析によれば、上部構造での応答加速度および地盤での振動レベルの予測値が実測値とほぼ一致しており、有効な方法であることがわかった。

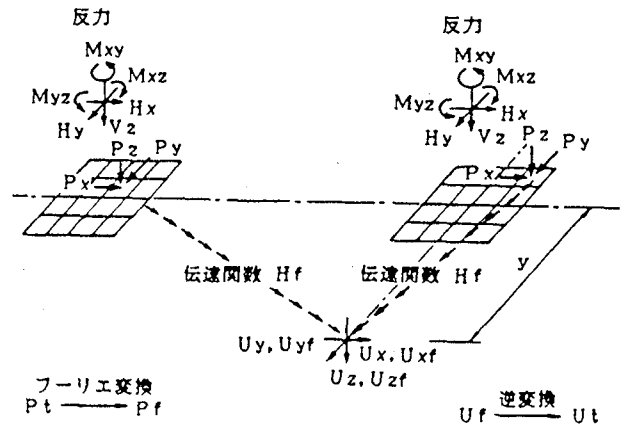


図-7 地盤振動の計算方法

表-4 地盤の振動レベルの解析値と実測値

地盤測点と振動方向		現況モデル	実測値
11m地点	橋軸方向	42.0 dB	36 dB
	橋軸直角方向	47.1 dB	47 dB
	鉛直方向	54.1 dB	53 dB
30m地点	橋軸方向	43.4 dB	42 dB
	橋軸直角方向	48.1 dB	43 dB
	鉛直方向	46.9 dB	49 dB

5. 振動軽減対策および対策モデルの検討

振動軽減対策は数々の方法が考えられるが、対象橋梁の上部工構造がプレテンションPC単純桁橋であることをふまえた上で振動軽減の対策方法とそのモデル化について検討した。

a) 舗装路面の平滑化による工法は、路面凹凸の影響から発生する車両の動揺をおさえ振動軽減を図る対策工法で、解析の方法としては路面凹凸高さを現状の1/2に低減したものをを用い解析した。(図-8a)

a') ノージョイント化工法は伸縮継手部とアスファルト路面との段差をなくすることによって車両の動揺をおさえ振動軽減を図る対策である。解析の方法としては解析に用いる路面凹凸データのうち伸縮継手部とアスファルト路面との局所的な段差を削除して解析した。

b) 主桁の連結化は、連続桁と同様の機能をもたせて振動軽減を図る対策法で、解析モデルとしては、主桁間に3次元はり要素を組み込んだものを桁連結化モデルとした。PC桁であることから隣合う端横桁間にモルタルを注入した後、PC鋼棒で端横桁を締めることにより連結することから、全断面を有効と考え、断面剛性に考慮したケースと、有効断面を半分に減少させた断面剛性を持つケースとを考えた。(図-8b)

c) 橋脚梁部連結は、対象区間では上り線下り線が独立し、かつ隣接し平行しているため、橋脚梁端部を横方向に連結することにより高架橋全体の橋軸直角方

向の振動の低減を図る対策法である。解析モデルとしては、隣の橋脚分の剛性として梁部先端に連結ばねを設置した。水平方向ばね定数 $K_h=7.1 \times 10^3 \text{ tf/m}$ 、鉛直方向ばね定数 $K_v=1.2 \times 10^5 \text{ tf/m}$ 、回転ばね定数 $K_m=1.6 \times 10^5 \text{ tfm/rad}$ とした。(図-8 c)

d) 橋脚柱部断面増加は橋脚柱部の断面積を大きくすることで橋脚のロッキングやスウェイの振動を低減させる対策であり、柱部を $2.0 \text{ m} \times 1.3 \text{ m}$ から $2.3 \text{ m} \times 1.6 \text{ m}$ に変更したモデルを用いて解析した。(図-8 d)

e) 地盤改良はモデル区間の地盤が少し軟らかく、N値が7程度(横波伝播速度 V_s は 162 m/s 、せん断弾性係数 $G=430 \text{ kgf/cm}^2$) であるために振動が減衰せずに伝播していると考えられる。そこで、N値が15程度($V_s=219 \text{ m/s}$ 、 $G=780 \text{ kgf/cm}^2$) になるような地盤改良の方法があるものとして、ばね定数と横波伝播速度、せん断弾性係数を変化させて解析した。

f) 地中梁での連結は隣接する橋脚間のフーチング部を連結することで、回転剛性を増加し振動低減を図る対策工法である。この解析モデルとして橋脚梁部連結と同様、隣のフーチング分として橋脚下端のばねにさらにばねを追加することによってその効果を考慮した。追加したばね定数は水平方向ばね定数 $K_h=1.1 \times 10^6 \text{ tf/m}$ 、鉛直方向ばね定数 $K_v=5.7 \times 10^5 \text{ tf/m}$ 、回転ばね定数 $K_m=6.9 \times 10^5 \text{ tfm/rad}$ とした。(図-8 e)

以上のa)～f)のケースは単独での対策であるが実際には単独ではなく併用させて実施されることが多く、つぎのような併用したケースを考えた。

g) ノージョイント化+主桁連結

h) 路面の平滑化+ノージョイント化+主桁連結

以上のような振動対策工法の振動軽減の効果を、橋梁環境振動アセスメントとして有効な手法であることがわかった3節の固有値解析と動的応答解析、ならびに4節の地盤振動解析を用いて数値シミュレーションして求めた。構造や断面、ばねなどに変更のあるものについては固有値解析からの計算を、路面に関するもののみであれば動的応答解析からの計算をした。

6. 高架橋振動に対する軽減効果の予測結果

図-9は各振動軽減対策モデルについて、橋脚から11mの地点と30mの地点の振動レベルを解析的に求めた図である。図よりPC単純桁高架橋に対する振動軽減対策の効果について、つぎのように理解した。

路面改良は舗装の打換えによって路面の凹凸を小さくすることによって、車両の振動も減らすことができ、結果的に高架橋の主桁や橋脚の振動を小さくして、地盤振動に対してもかなりの効果があるという結果が得られ、振動軽減に有効な手段であるといえる。しかし、従来のように路面改良のみを実施した場合、重交通下において短期間で再び破損し、良好な状態で路面を健全に維持することは難しい問題である。また、ノージョイント化工法は局所的な段差の除去であるので、必ずしも地盤振動軽減に効果があるとは言えない。

つぎに、橋脚柱断面对策工法は橋軸方向、橋軸直角方向すなわち水平方向の振動に対し地盤振動軽減の効果があるという解析結果であり、柱部断面増加の目的である橋脚のロッキング振動がおさえられているが、主桁の曲げやねじれに関する周波数帯の振動が小さくなっていない。

そして、橋脚梁部連結化モデルにおいて橋脚から距離の近い11m地点では、ほとんど地盤振動を軽減できなかったが、距離が遠く、家屋近くの30m地点では、少し軽減されている。また、同じような効果をねらっている地中梁対策工法は11m地点と30m地点の双方で2-3 dBの低減がなされるという解析結果が得られたが、施工性を考えるとかなり大掛かりとなる。

地盤改良対策工法は11m地点、30m地点のどの方向に対しても軽減がなされ地盤振動軽減効果はかなり良い結果がでた。しかし、地盤の性質を改良することは費用や施工性の面で一般に困難であると思われる。

桁連結対策工法はジョイント部を残したままなので方向によっては少し効果があるとの結果が得られているが、連結化のみでは振動モードは連続桁と類似してはいるが決して完全な連続桁と同等の軽減にはならない。しかし、桁連結は通常ノージョイントと路面改良と同時に行われることがほとんどであり、これらの対策法と併用したケースの解析結果は、橋軸方向、鉛直方向でかなりの地盤振動が軽減され効果的であると思われる。

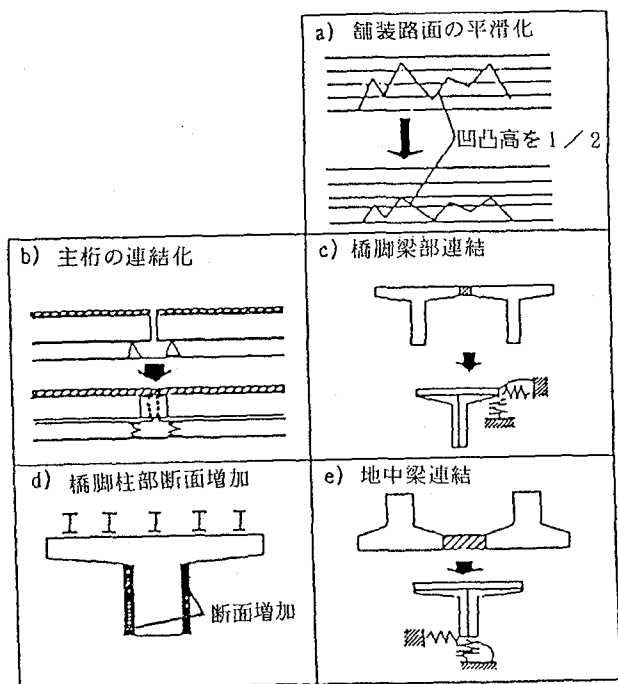
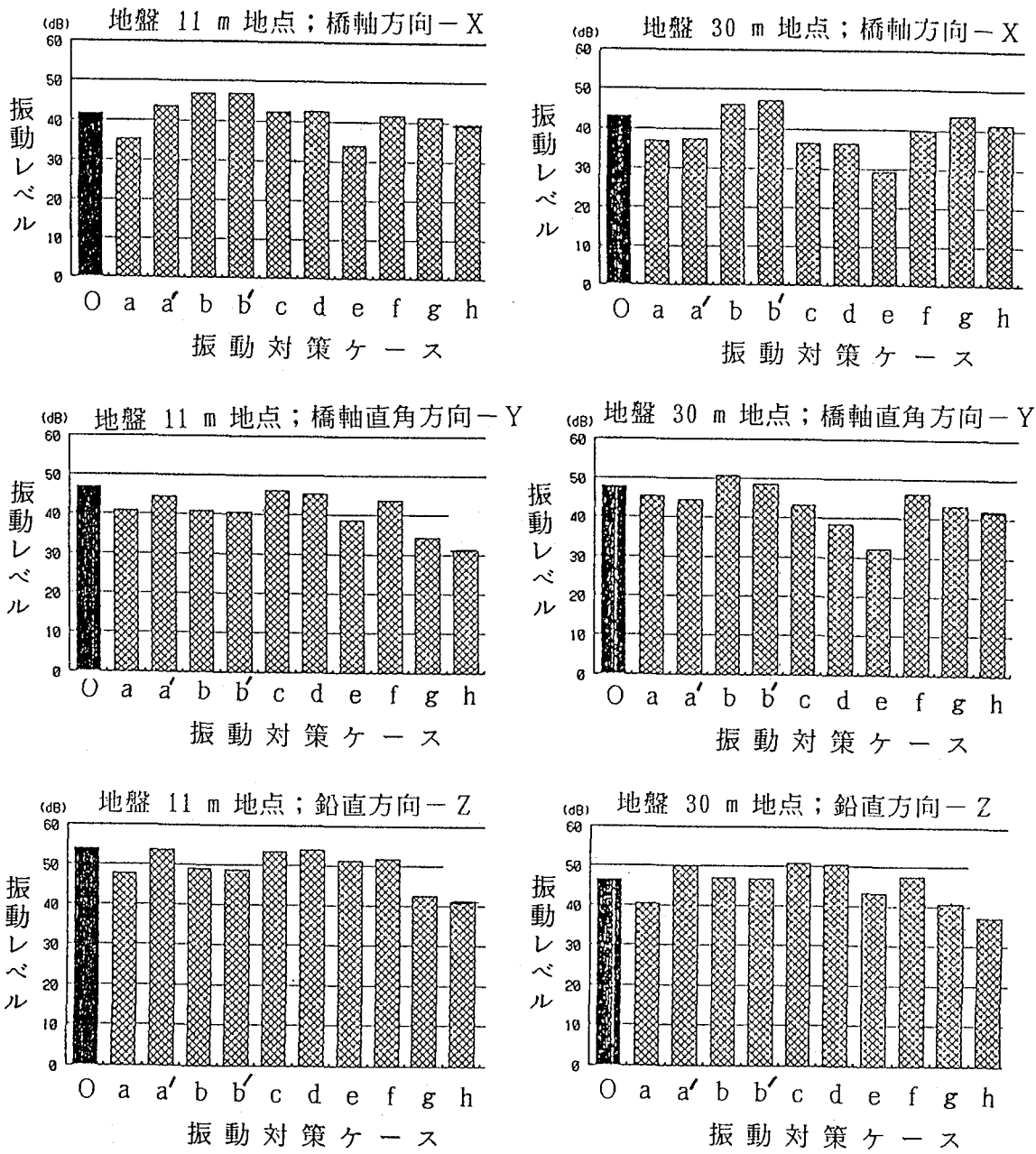


図-8 振動軽減対策モデル

これらの予測結果を参考にして主桁を支点上で連結するが、ばね支承を用いることで連続化したことの主桁への負担を減らし、ノージョイント化した伸縮継手部を補強し、路面の局所的な不陸をできるだけ避けることで、改良した舗装路面を長持ちさせようとする工

法を採用することとした。このような工法を「ジョイントレス工法」と呼んでいる。この工法に対するシミュレーション予測結果は図-9に示すように大いに効果があるとなっている。



- O) 従来からの高架橋構造 a) 舗装路面の平滑化 a') ノージョイント化
 b) 主桁の連結化 (半断面) b') 主桁の連結化 (全断面) c) 橋脚梁部連結
 d) 橋脚柱部断面増加 e) 地盤改良 f) 地中梁連結
 g) ノージョイント化+主桁連結
 h) 舗装路面の平滑化+ノージョイント化+主桁連結

図-9 各振動軽減対策での振動レベルの予測値

7. PC高架橋におけるジョイントレス工法と
その防振効果

(1) ジョイントレス工法の概要

PC高架橋のジョイントレス工法は、図-10と写真-2に示すように既設の伸縮継手を撤去し、隣接する単純PC桁を鋼棒により連結するとともに、桁の遊間には無収縮モルタルによる間詰めを行い、埋設ジョ

イントにより舗装の連続化を実現するものである。鋼1桁橋の場合と異なり、既設の支承がゴム沓であるため積層型の免震支承への交換は行っていない。今回、ジョイントレス工法を実施した橋梁は、支間長約15mのプレテンションPC単純桁が連続する高架橋で、上り線・下り線ともにそれぞれ6径間分を連結化したものである。

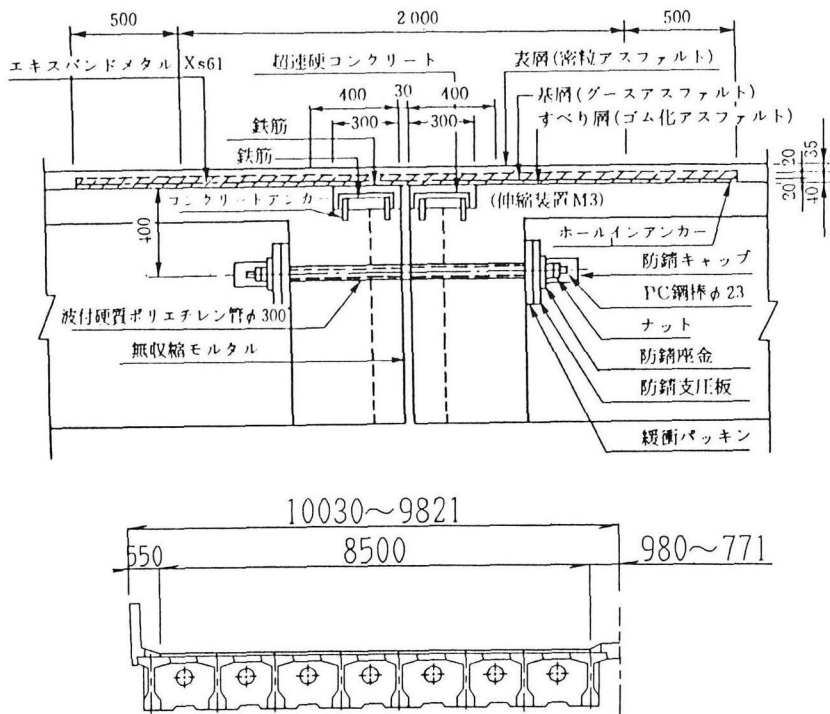


図-10 PC高架橋におけるジョイントレス工法

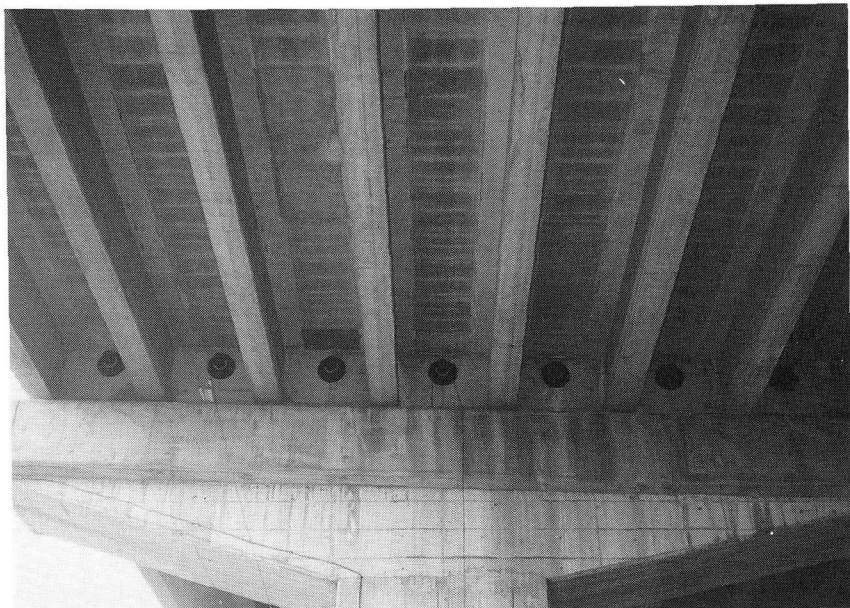


写真-2 橋脚上でのPC桁の連結部

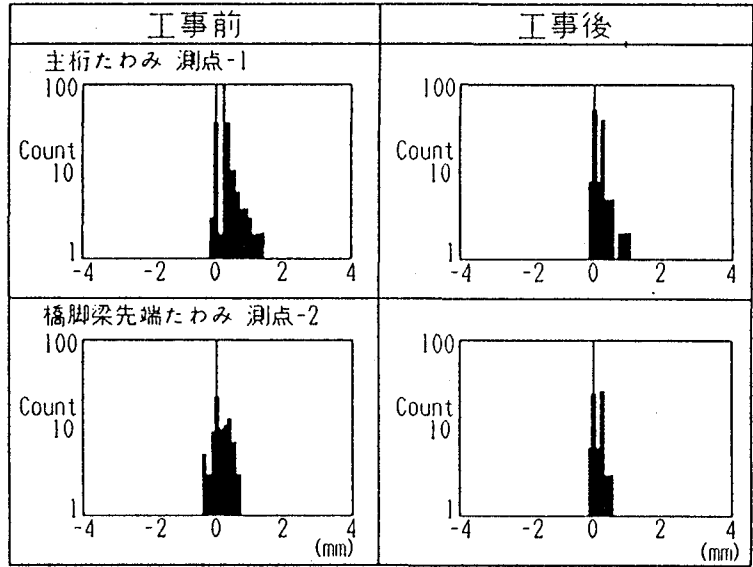
(2) ジョイントレス

工法の振動低減効果

a) 上部構造と下部構造 への防振効果

桁の連結に伴う上部構造と下部構造の挙動の変化のうち、主桁のたわみとT型橋脚のはり先端部のたわみについて工事前後の実測値を比較し図-11に示した。図は、工事前後の交通量が概ね一致している時間帯のたわみ頻度分布の比較例を示したものである。平均たわみで評価すると、主桁のたわみは連結後70%程度に低減されており、言い換えれば桁の連続化の効果は静的な挙動に対し見かけ上、上部構造の曲げ剛性を40%程度増加させたことを示している。また、上部構造の挙動が連結化により抑制されたことに伴い、T型橋脚はり先端のたわみも80%程度に低減されている。

一方、上部構造の動的挙動として主桁の加速度に着目し、工事前後の低減効果を検討したものが図-12である。上段の加速度振幅の頻度分布結果によれば、平均加速度は連結後65%程度に低減されている。また、下段の周波数分析結果によれば、連結後卓越振動数は7%程度大きな値となっており、桁の連結化の効果は、動的な挙動に対して見かけ上、15%程度の上部構造の曲げ剛性増をもたらしたことになる。



主桁たわみ及び橋脚変位測点配置

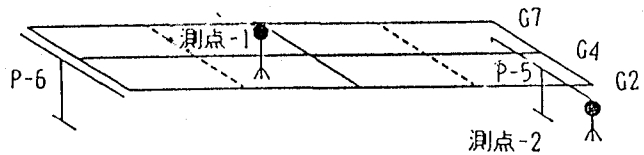
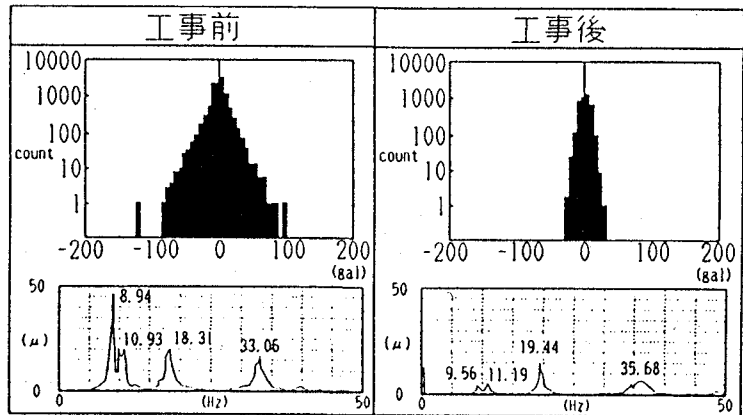


図-11 主桁のたわみと橋脚はり部先端変位



主桁加速度測点配置図

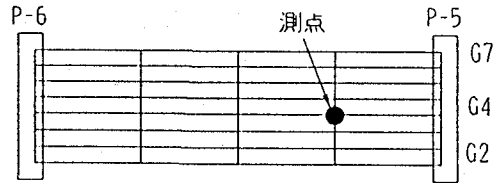


図-12 主桁の加速度の変化

b) 近傍地盤への防振効果

10分間の大型車交通量と振動レベル (L_{10}) を座標軸とした図-13から近傍地盤の防振効果を検討した結果、橋軸方向水平動で 1-5 dB、橋軸直角方向水平動で 2-5 dB、上下動においては 8 dB 前後の大きな低減効果を確認した。地盤振動の周波数スペクトルの分析結果によると、今回のジョイントレス工事ににより、5 Hz以上の全周波数帯にわたってレベル低下が認められる。これは、ジョイントレス化と桁の連結によって、路面-車両-上部構造物-下部構造物-地盤-家屋の全体系の加振原因と振動伝達をうまく低減させることに成功したといえよう。ただ、家屋内の振動は、

地盤振動に比べ20-50 Hzであまり低減していない。しかし、付近住民の反応は数値以上に大きく、ノージョイント化により「ドン・・・ドン・・・」というジョイント通過時の音がほとんど除去されたことの効果は大きく心理的に作用している。

c) シミュレーション結果との比較

ジョイントレス工法に伴うシミュレーション解析による地盤振動の低減効果と、実測による低減効果の比較を表-5に示した。全体的に見ると、一部を除き、解析値と実測値の低減効果はよく類似しており、本シミュレーション手法により防振効果の予測も可能であると言える一例となった。

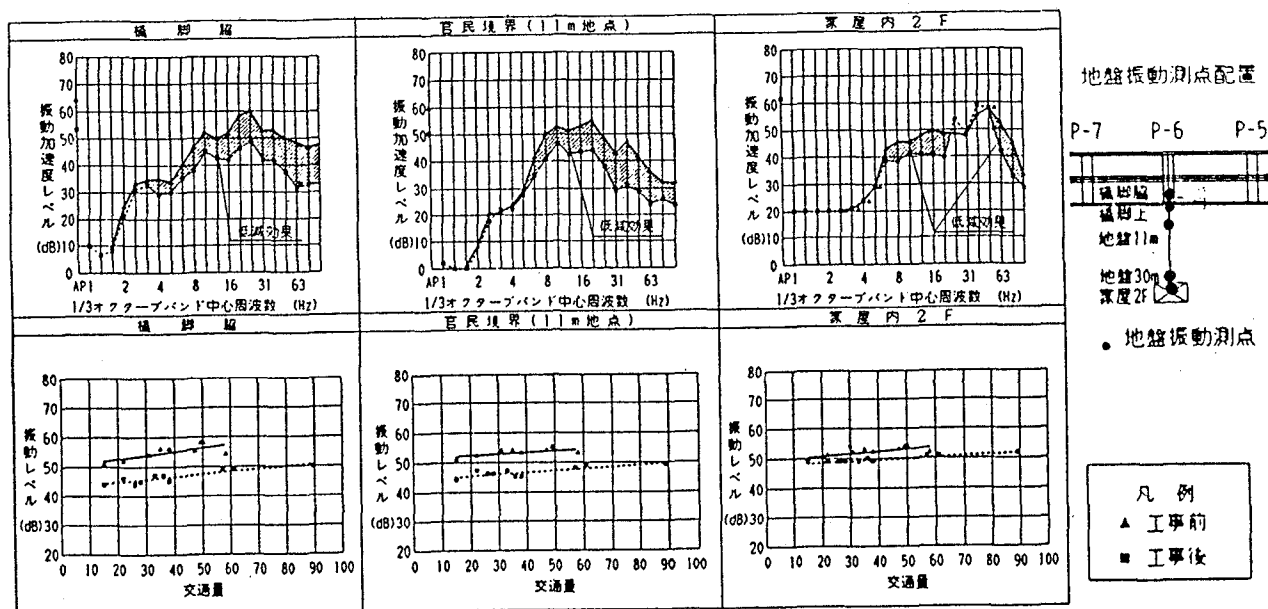


図-13 地盤と家屋での振動レベルの変化

表-5 シミュレーション解析の予測値と実測値の比較

振動方向	測点	試験車走行解析結果			一般車走行時実測値 L_{10} 平均値		
		現況モデル	ジョイントレスモデル	軽減	工事前	工事後	軽減
橋軸方向X	11m	42.0 dB	39.3 dB	2.7	35.4 dB	34.6 dB	0.8
	30m	43.4	41.4	2.0	41.1	35.8	5.3
橋軸直角方向Y	11m	47.1	32.3	14.8	42.7	40.8	1.9
	30m	48.1	43.7	4.4	44.5	39.1	5.4
鉛直方向Z	11m	54.1	44.4	9.7	53.3	46.6	6.7
	30m	46.9	37.4	9.5	50.1	41.4	8.7

8. あとがき

PC単純桁が連続する高架橋に対して、どのような防振対策工法が有効的であるか解析した結果、「ノージョイント化+桁連結+路面改良」のジョイントレス工法であるとの予測結果となり、実際にこの対策が施工され、予想通りの振動軽減が得られた。このように振動軽減対策についてのアセスメント手法適用のよい例を報告することができた。さらに、同様なコンピュータ・シミュレーション手法によって、さらにきめの細かい高架橋の環境振動アセスメントが大いに期待されている。

最後に、さまざまな機関で高架橋の環境振動問題に対して積極的な取組み¹⁰⁾⁻¹²⁾が始まっており、われわれも今後ともいろいろと検討し、より快適な道路環境と橋梁環境を整備できるよう、微力ながら努力していきたい。

<参考文献>

- 1) 梶川, 上中, 服部: 高架橋の振動制御と橋梁環境問題, 土木学会振動制御コロキウム講演論文集, pp. 1-7, 1991.
- 2) 矢作, 吉田: 高架橋における交通振動のアクティブコントロール, 土木学会論文集, 第 356号, pp. 435-444, 1985.
- 3) 梶川, 沖野, 宇藤, 松浦, 伊関: 動吸振器による高架橋の振動軽減対策, 構造工学論文集, Vol. 35A, pp. 585-595, 1989.
- 4) 横山, 澤田, 岩津, 澤登, 右近, 伊関: 動吸振器による道路橋の交通振動の軽減効果について, 構造工学論文集, Vol. 38A, pp. 815-823, 1992.
- 5) 梶川, 大嶋: 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, 341号, pp. 79-86, 1984.
- 6) 梶川, 沖野, 吉川, 枚本: 高架橋と周辺地盤の交通振動予測と制振効果, 構造工学論文集, Vol. 35A, pp. 597-605, 1989.
- 7) 梶川, 村田: 走行荷重による高架橋の環境振動シミュレーション解析, 構造工学における数値解析法シンポジウム論文集, 第 16巻, pp. 243-248, 1992.
- 8) 讃岐, 梶川, 新開, 岩津: ジョイントレス工法の防振対策工としての妥当性の検討, 土木学会第 2 回振動制御コロキウム講演論文集, pp. 151-158, 1993.
- 9) 北村・桜井: 剛基礎底面の複素剛性に関する一解析, 土木学会論文報告集, 第 290号, pp. 43-52, 1979.
- 10) 岡林, 竹下: 走行荷重による道路橋振動制御のための動吸振器の最適設計, 土木学会振動制御コロキウム講演論文集, pp. 97-104, 1991.
- 11) 川谷, 森: 道路橋の交通振動に対する制振装置の開発, 土木学会振動制御コロキウム講演論文集, pp. 197-204, 1991.
- 12) 比江島, 藤野: 桁端ダンパーによる橋梁の交通振動の軽減, 土木学会論文集, 第290号, pp. 107-116, 1993.

(1994年9月14日受付)