

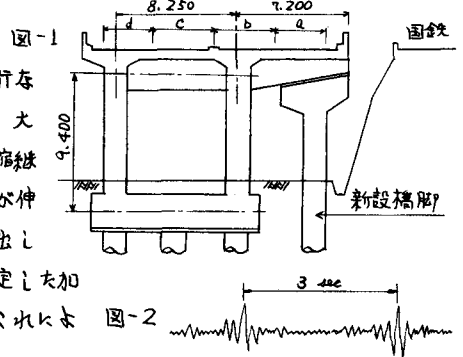
首都高速道路公社 正員 中丸俊昭
 “ “ 福田悦久

1. はじめに

近年、首都高速道路においても通過大型車の重量及び速度の増加により沿道地域に振動公害問題が起りはじめられている。振動公害は他に構造上の欠陥によっても生じている。ここでは首都高速7号線の片持のあるRC高架橋において行った振動解析及び防振対策について報告する。

2. 振動の原因

一般車の定常走行状態及び大型車の通過時について振動測定を行なった結果を表-1、図-2に示す。図-2のオシログラフを見ると、大きな振動が約3秒ごとには起っている。これは時速50kmの車が伸縮継手の間を走行するのに要する時間と一致する。従って振動は車両が伸縮継手を通過するときの衝撃が原因であることがわかる。また張出しの非常に大きな構造物であるため高架橋から20m離れた地表で測定した加速速度の最大値を車両の走行車線別にまとめたものが表-1である。これによると車両が張出し部②を通過する時、最も振動することがわかる。



3. 振動防止対策

3-1. 構造物のモデル化 構造物の振動性状を数値解析実験ができるように、振動測定の結果と比較しながら固有値解析、応答解析を行ない構造物をモデル化した。固有値解析は次の仮定を基に諸検討を行ない、最終モデルを作成した。

(i) 平面骨組構造として考える。(ii) 計算節点を15点について考える。(iii) 縦断方向への剛性の分布や、地盤による拘束度はそれぞれ該当する計算点に弾性バネを付加させ、その効果を考慮する。(iv) フーチングは無限大のバネが付加した状態と仮定する。(v) 抗のバネ値の鉛直方向は、極限支持力より推定、水平方向は横方向地盤係数より推定する。応答解析は固有値解析により得られたモデルをチェック、修正するためこれに実測データから計算した外力をかけてこれに対する応答値を求め、計算値と実測値を比較した。

3-2. 防振対策 振動測定の結果を見ると車両が伸縮継手の上を通過する時の衝撃により振動が発生しており、特に車両が片持梁側(A車線)を通過する時その振幅が大きかった。このため対策として図-1のように、張出し部の下に柱を新設することにより張出し部の鉛直方向の振動を止めようとする案を採用し、モデルの応答解析を行なった。

3-3. 新橋造形式の応答解析 防振効果を数値的に把握するため対策を行なった場合のモデルにより応答計算を行ない、対策前の応答計算の結果と比較した。(表-2)、この結果、張出し部の下に柱を建てることにより約90%程度に現在の振動が減少させることができる。

3-4. 振動伝播機構の特徴 前項までは、構造物の振動に重点を置いて解析を行なったが構造物以後の地盤の振動についても測定、解析を行なった。この結果、地表下8m以深の硬い層(N値50)での伝播が非常に速いことが判った。高架橋(振源)が少し離れた地表の振動は、一般に報告されているような"表面波が大部分"という状態ではなく、高架橋支持層まで伝わる伝わり、この振動が硬い層を通過して地表へ現れると考えた方が妥当と思われる。

表-1. 車線別最大加速度(gal)

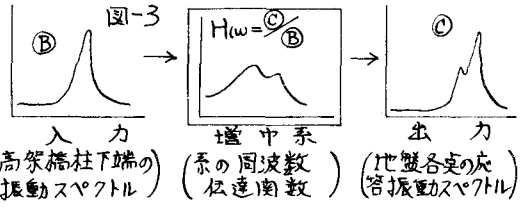
測定方向	a	b	c
水平方向	1.670	0.704	0.406
鉛直方向	1.200	1.150	0.973

表-2. モデルの応答加速度(gal)

節 点	対策前	対策後	①/②
床板上	X 21.10	23.70	0.89
	Y 468.00	236.00	1.98
橋脚下部	X 1.97	2.23	0.88
	Y 1.31	1.45	0.90

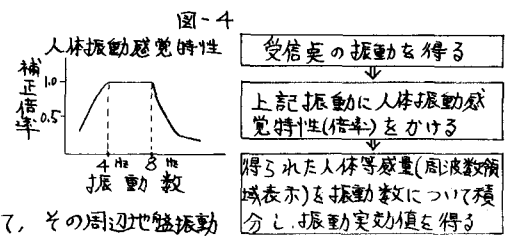
3-5. 地盤のモデル化

測定した振動の様子をできるだけ忠実に再現し、地盤各点の応答量を「現在の構造系」と「防振対策施工後の構造系」の両方について計算できるようなモデルを設定できるということが「地盤を含めた振動予測解析」と考え、周波数応答解析により地盤のモデル化を行なった。ここでは地盤を右図のような仮想の増中系と考え、実験結果から系の周波数伝達関数 $H(\omega)$ を算出する方法を採った。周波数伝達関数は、この地盤時有的のものであると考えらるるから高架橋の対策前及び防振対策後の両ケースについて柱下端①の振動が計算された結果を使い $H(\omega)$ をかけることにより地盤の各点の応答の周波数毎の成分が計算できる。



3-6. 人体振動感覚特性

上記の方法により受信点の振動を求めますが、この段階では振動加速度の周波数特性が表現されたものであるから右のような過程を経て人体に感じられる度合いを代表する指標に変換する。



3-7. 周波数領域応答結果

防振対策を施すことにより、その周辺地盤振動がどの程度減少するかという事は最も興味のあるところである。応答解析の結果、人体振動感覚フィルターを通した振動レベルの低減量を表-3に示す。橋脚下端より10mの地盤において、対策前に比して1.4dB減少している。またフーリエスペクトルによると対策後の応答加速度の最大値は大きい4Hz~8Hz付近の振動数は減少している。このことから防振対策を施すことにより振動の性質に変化が起り人体に良く感じる部分(4Hz~8Hz)での減少が見られ人間の感覚量という観点から言えば防振効果があると考えられる。

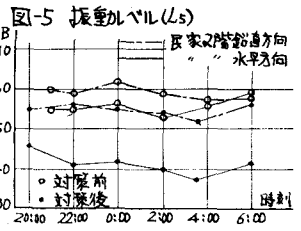
位置	対策前	対策後	低減量
橋脚下端①	57.1	56.8	0.3
①より 0m	53.1	52.0	1.1
" 10m	48.0	46.6	1.4
" 20m	49.4	48.3	0.6
" 25m	46.5	46.2	0.3

4. 防振対策の効果

前節まで述べた防振対策の調査、解析を行なった後、図-1の仮設橋脚を設置する防振対策工事を行なった。その後防振対策を評価、判定するため再び測定、調査を行ない、対策前との比較検討を行なった。

4-1. 振動レベル調査結果

対策後の調査結果を図-5と比較してみると、振動レベル上端値は対策後の調査結果が全成分について下回っている。水平成分については約15dBの減少が見られる。このことは対策前と後の測定方法等に多少の相違があることを考慮しても防振対策の効果は十分あり、たと評価できる。

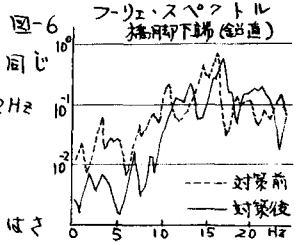


4-2. 加速度調査結果

対策後の振動の性質としては、表層のみを伝播する振動と下部部を伝播する影響の大きき振動とがある。また近接している建物の2階や、橋脚より20~25m離れた地盤上の地盤は、下部部からの伝播が支配的であり、加速度最大振幅は対策前に比べてかなり小さな値を示している。

4-3. フーリエ・スペクトル

15~20Hzの周は全要素とも比較的対策前と同じような値を示しているが、特に京阪上、橋脚下端(図-6)、橋脚下の地盤は0~12Hzの周で大幅な低減が見られる。



5. まとめ

今回の防振対策は振動発生機構や振動伝播、地盤の振動性状を変化させる働きはさほどして、ないが構造物の振動性状を変化させ結果として低減することに成功した。また振動解析により対策を行なった構造物の振動性状が大きく変化して対策を施さない地盤はさほど変っていない事も表現された。さらに構造物の応答解析結果を基にして周波数伝達率を用いることにより地盤の応答を予測することができた。またこの結果に人体振動感覚の補正率を乗じて人体等感スペクトル、人体等感量を導き評価を加ることができた。