

高速化と構造物の振動特性について

J R西日本 大阪構造物検査センター 正○藤原康雄

荒木伸治

佐野 力

施設部工事課

正 松岡義幸 正 藤原幹男

1. はじめに

J R西日本では、お客さまのニーズに答えるべく旅客列車のスピードアップに力を注いでおり、列車を直接支持する構造物や付帯構造物において、スピードアップに伴って振幅が増大する可能性のある構造物を事前に把握し、的確に対応していくことは列車運行の安全性や、構造物の健全性、更には乗り心地の面から見てきわめて重要である。こうした観点から、振動振幅増大の発生メカニズムを把握しその対策を検討するため、スピードアップに伴い振動振幅が大きくなったと推定されるFラーメン高架橋について調査を実施したのでその結果を報告する。

2. 構造概要

F高架橋は、延長580mの2線2柱式（3径間）標準ラーメンで、基礎構造はRC杭となっており、軌道構造は有道床で曲線半径 $R=4,000\text{m}$ である。

（図-1）

3. 調査内容

各箇所の調査内容は、次の通りである。

- 1) 列車通過時の振動測定（3成分）
- 2) コンクリートの圧縮強度試験（脚柱）
- 3) 外観変状調査
- 4) 衝撃振動試験（固有振動数・地盤のバネ定数）

4. 調査結果

1) 列車速度と高架橋の振幅

図-2は、高架橋セット番号R12・R13・R15・R16・R17における列車速度とスラブ上面橋軸直角方向の振幅の関係を示したもので、列車速度215km/h付近にピークが現れており、最大振幅1.4mmを示している。

この内、セット番号R12・R13については、特に振幅の増大は見られないが、セット番号R15・R16・R17は振幅が大きくなっていることがわかる。

2) コンクリートの圧縮強度試験及び外観変状調査

シュミットハンマーによるコンクリートの圧縮強度は、表-1に示す。測定した強度は、設計基準強度（ $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ ）を上まわる、 $260\text{kgf/cm}^2 \sim 280\text{kgf/cm}^2$ の範囲にあることがわかった。

外観変状調査を行った結果、支柱については変状が見当たらず、床板下面の一部に0.1mm程度の毛細クラックが発生しており、特に目立った変状は見受けられない。

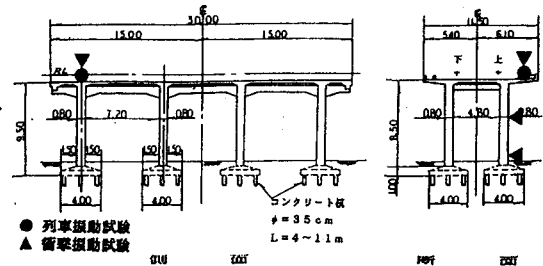


図-1 F高架橋構造図および測定箇所

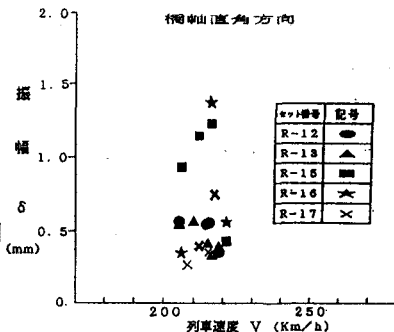


図-2 列車速度と高架橋の振幅

表-1 コンクリート圧縮強度の推定

測定箇所	圧縮強度 f_n (平均) (kgf/cm^2)	コンクリートのヤング係数 (tf/m^2)
R-12柱	280	2.90×10^6
R-13柱	284	2.90×10^6
R-15柱	271	2.85×10^6
R-16柱	260	2.80×10^6
R-17柱	269	2.85×10^6

3) 高架橋の固有振動数

衝撃振動試験より求めた橋軸直角方向の実測固有振動数を表-2に示す。解析の結果、総じて2.3Hz から2.4Hz の範囲にあり、かなりしっかりしている地盤で支持されていることがわかった。

表-2 各セットの固有値解析

項目 測定箇所	実測固有振動数 橋軸直角方向 (Hz)	基礎地盤の相対地盤 反力係数 ($1/f/cm$)	橋体ヤング係数 ($1/f/cm$)	記 事
R-12	2.4	5.61×10^4	2.80×10^5	柱高 $h=5m$, 枕長 $l=10m$
R-13	2.4	5.61×10^4	2.80×10^5	"
R-15	2.3	5.61×10^4	2.85×10^5	"
R-16	2.3	5.61×10^4	2.80×10^5	"
R-17	2.3	7.08×10^4	2.85×10^5	柱高 $h=5m$, 枕長 $l=9m$

5. 測定結果の考察

1) 原因の推定

今回調査した構造物の振動波形は、図-3 bに示すように、通常の波形に比べて極端に振幅が増大した、玉子形の波形が現れており、スピードアップに伴う構造物の振動振幅の増大の原因は、①列車による強制振動数(f)と構造物の固有振動数(f_0)が一致することによる「共振」現象と、②基礎や構造物の劣化による強度低下が考えられるが、この高架橋では強度低下による共振はないものとする。

そこで、強制振動数(f)と構造物の固有振動数(f_0)を比較検討することにより、共振現象の解明を試みることにした。

2) 振動数比と高架橋の振幅

図-4は、今回測定したF高架橋を含むA区間の高架橋(36セット)の振動数比(f/f_0)と振幅との関係を表したものである。

高架橋の固有振動数は、いずれの場合も振動数比 $f/f_0 = 1$ のときに最大値を示し、1から相互に離れるに従って急激に減少する傾向を示している。

従って、スピードアップに伴う強制振動数(f)の変化を、列車軸距と列車速度から算出のうえ予測し、衝撃振動試験より求めた構造物の固有振動数(f_0)と比較を行い、一致するようであれば共振による振幅の増大が懸念され、事前に共振の発生が予測できるものとする。

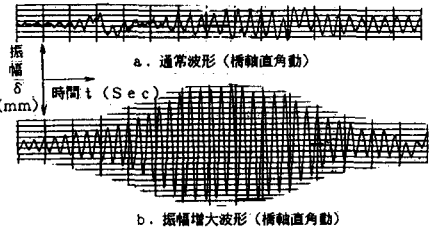


図-3 振動波形の例(変位波形)

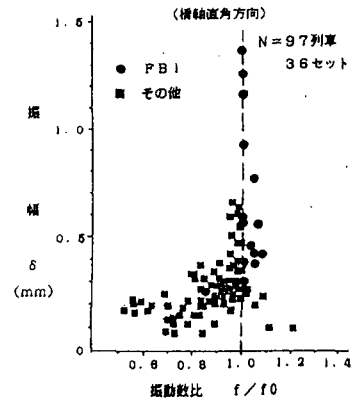


図-4
振動数比と
高架橋の振幅

6. まとめ

- 1) 今回測定した構造物の固有振動数は、おおむね2Hz~3Hzの範囲にある。
- 2) 当高架橋においては、列車による強制振動数と構造物の卓越振動数がほぼ一致することが示された。
- 3) 今後のスピードアップに伴い、他の構造物においても「共振」現象の発生が考えられる。

7. 今後の課題

今回は、構造物の振動特性の中でも特に、「共振」現象に着目し測定を実施し、各種の検討を行った。今後、スピードアップによる共振現象が主体構造物のみならず、付帯構造物においても現れることが予想されるため、総合的に的確な振動特性の把握に努めると共に、各構造物に見合った振動特性基準や対策工の検討を進めて行きたい。

(参考文献)

- 1) 西村・中野 衝撃振動試験による構造物の振動特性の把握第19回地震工学研究発表会1987.7.1