

I - B 451

衝撃振動試験による「増水期橋りょう下部工」の安全性確認の一研究

J R 九州 正会員 ○江崎俊岳・日高 巖・坂口寿章・甲斐総治郎
 鉄道総合技術研究所 正会員 西村昭彦

はじめに

鉄道の既設橋脚の健全度評価に用いられている衝撃振動試験の「増水時における橋脚の安全度確認」の適用性について検討を行った。衝撃振動試験¹⁾は橋脚の固有振動数を測定し、初期値または標準値と比較することにより、その安全性を確認するものであるが、増水時の橋脚に用いるためには橋脚の固有振動数が水位変動により変化するかどうかを確認する必要がある。そこで、水位変動に伴う固有振動数を実際の橋梁において測定するとともに、水槽内の模型橋脚でも確認することとした。なお、模型橋脚において、その根入効果も確認した。以下これらについて報告する。

1. 現場測定構造物

九州北西部に位置する有明海の干満の潮位差が最高6 mに及ぶことに着目し、干満の潮位差の影響を受けている基礎種別の異なる3橋梁を選定し、それらの橋梁を測定構造物とした。図-1にその代表例を示す。

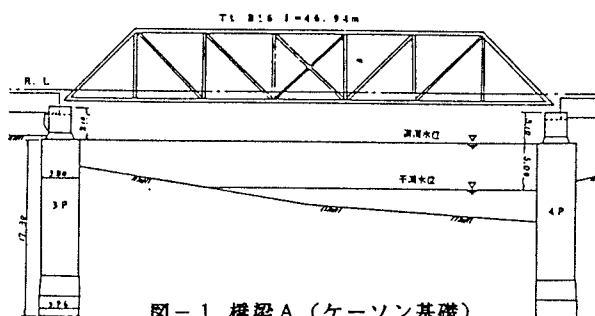


図-1 橋梁A（ケーソン基礎）

2. 現場試験及び模型試験の概要

(1) 河川水位変動による現場振動試験

試験条件は基礎種別の異なる橋脚を大潮による満潮から干潮までの約6時間の周期の中で、水位が50 cm低下するごとの衝撃振動試験を行い、その時に生じる応答波形より実測固有振動数を求める。

(2) 水位変動による模型振動試験

水槽に河床及び橋りょう（橋脚のみ）の模型を作成し、水位を変動させて衝撃振動試験を試みた。満水時から渇水時まで50 cm低下するごとにハンマーによる水平打撃を行い、その時の実測固有振動数を測定し、上部工の影響を無視した振動に対する水位効果について確認する。

(3) 根入れ長変動による模型振動試験

水位変動による模型試験との比較対照のために、同様な条件で粘土を最大土被りより10 cm単位で根入長を低下させて衝撃振動試験を行い、根入れ効果について検討を行う。

(4) 洗掘の有無による模型振動試験

洪水時に橋脚基礎に動的洗掘が発生したと想定し、同様な条件で基礎底面が洗掘された状態と洗掘されない状態での衝撃振動試験を行い、固有振動数の変化を測定する。

表-1 各橋梁の計測結果

橋梁A（ケーソン基礎）		橋梁B（杭基礎）		水位変動による模型実験	
橋脚天端～水面	固有振動数	橋脚天端～水面	固有振動数	橋脚天端～水面	固有振動数
3.0m（満潮）	4.5 Hz	4.7m（満潮）	9.2 Hz	5.0cm	11.0 Hz
3.5m	4.5 Hz	5.0m	9.2 Hz	10.0cm	11.0 Hz
4.0m	4.5 Hz	5.5m	9.2 Hz	15.0cm	11.0 Hz
4.5m	4.4 Hz	6.0m	9.2 Hz	20.0cm	11.0 Hz
5.0m	4.4 Hz	6.5m	9.2 Hz	25.0cm	11.0 Hz
5.5m	4.4 Hz	7.0m（干潮）	9.2 Hz	30.0cm	11.0 Hz
6.0m	4.4 Hz			35.0cm	11.0 Hz
7.0m	4.5 Hz			40.0cm	11.0 Hz
7.5m（干潮）	4.5 Hz			45.0cm（地盤）	11.0 Hz
洗掘による模型実験		橋梁C（直接基礎）		根入れ変動による模型実験	
河床状況	固有振動数	橋脚天端～水面	固有振動数	土被り厚	固有振動数
洗掘前	11.0 Hz	1.8m（満潮）	12.7 Hz	45.0cm	18.3 Hz
洗掘後	7.0 Hz	2.0m	12.7 Hz	35.0cm	17.9 Hz
		2.5m	12.7 Hz	25.0cm	17.3 Hz
		3.0m	12.7 Hz	15.0cm	12.3 Hz
		3.5m	12.7 Hz		
		4.0m（干潮）	12.7 Hz		

3. 試験結果

(1) 潮位変動における振動試験の結果を表-1に示す。橋脚の固有振動数は橋梁A、橋梁B、橋梁Cとも変化はなく、水位の変動に伴う動水圧の影響は受けないことが明らかになった。（図-2参照）

(2) 模型橋脚の水位変動における振動試験の結果、橋脚の固有振動数は変化はなく、模型実験においても動水圧の影響は受けないことが明らかになった。

（３）模型橋脚の根入長変動における振動試験の結果、橋脚の固有振動数は根入長さが小さくなれば固有振動数も小さくなっており、側方地盤の拘束力が影響していることが明らかになった。これは実物の橋梁の結果とも一致する。¹⁾

（４）模型橋脚基礎部について洗掘が発生した場合、固有振動数が顕著に低下しており、基礎底面の支持力の低下は固有振動数の低下に現れることが明らかになった。

4. 固有値解析

「水中にある場合にはその排除した水の質量だけ質量の大なる構造物を考えて、これが空气中で振動する場合と同様に取り扱ってよい」という仮想質量の考え方をを用いた。水位変動の大きい橋梁A（ケーソン基礎）について構造物の固有値解析を行った。まず水の影響の少ない干潮時の固有振動数をシミュレーションすることにより質量、曲げ剛性、そしてそれを支持する地盤のばね定数等を定めた。次に、このモデルの質量に仮想質量を加えて固有値解析を行った。解析の結果、仮想質量を考慮しない場合とした場合の固有振動数は0.1 Hz以内とほとんど差はなく、この結果計算上においても動水圧は固有振動数に影響を及ぼさないことが確認できた。

5. 結果の考察

水中に立てられた構造物の固有振動数は水位変動における動水圧の影響を受けず、変化はないことが明らかになった。また洗掘において根入れが減少し基礎底面にまで進行すれば、確実に固有振動数が低下することを確認した。したがって、橋脚の固有振動数を精度よく把握することで水位及び洗掘を考慮した橋脚の健全度評価が行えると判断する。

6. 河川増水時における運転規制解除の考え方

運転規制解除の考え方のフローを図-3に示す。

（１）手 順

- １）水位計により危険水位以下及び河川水位の上昇がおさまっていることを確認する。
- ２）線路に異常がないことを確認する。
- ３）衝撃振動試験を実施し、安全度を確認する。

（２）判定基準

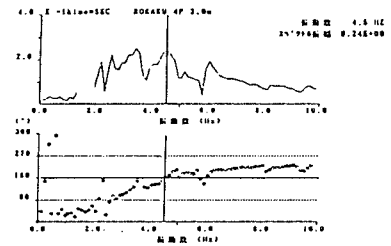
固有振動数の出水前の値がある場合は、それと比較し、ない場合は標準値と比較して判断を行うものとする。

おわりに

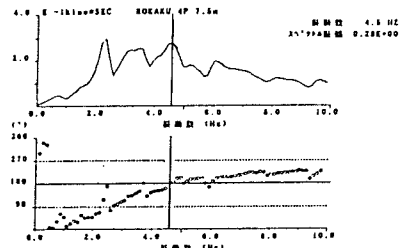
今回現場の河川水位変動による橋脚の固有振動数の把握に関する現場試験、水槽による模型実験により水位変動と固有振動数、根入れ長と固有振動数、洗掘と固有振動数の相関性を明らかにした。今後は更に調査試験を行い、衝撃振動試験の信頼性向上を図っていきたい。

参考文献

- １）西村昭彦：「既設橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究」 鉄道総研報告第3巻第9号 1989年8月



満潮時の固有振動数



干潮時の固有振動数

図-2 固有振動数の測定結果

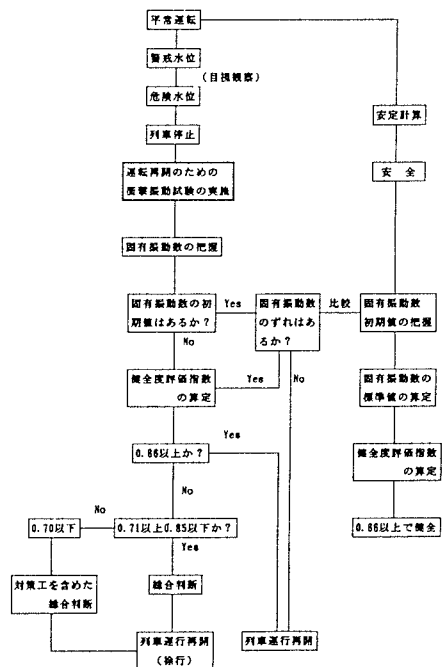


図-3 運転規制解除フロー