

# 亀甲橋(PC吊り床版橋)の振動試験について

住友建設 (株) 正会員 藤田 学  
 住友建設 (株) 正会員 錦 英樹  
 住友建設 (株) 清水 幸一

## 1. まえがき

亀甲橋は国内最初の「三つまた」のPC吊り床版橋であり、支間中央から120°の交角で3方向対称のスパンを有している。支間中央には床版を支える橋脚や塔などがなく、3方向に生じる張力のつり合いによって構造が成り立っている。

吊床版橋は支間長に比べて幅員や部材厚が極めて小さく、吊り構造で変形しやすい構造であるので、その固有振動性状を十分把握しておく必要がある。本橋の設計では、その振動特性値を数値解析や既往の振動実験より得られた値を用いて、耐震性や耐風安定性を照査<sup>1)</sup>している。また、このようにスレンダーな構造では歩行者による周期性の強い衝撃外力が作用すると、共振により大きな振動が生じ利用者が不快感を感じる可能性がある。そこで、本橋の振動特性(共振振動数、振動モード、減衰定数)を求め設計条件の確認を行うため、起振機による強制振動試験を実施した。さらに、本橋の振動使用性を検証するため歩行者による振動試験も併せて実施した。

## 2. 強制振動試験

電磁式起振機2台を橋面上に設置し、加振力一定(5kgf)で鉛直方向に振動数0.01Hzピッチで加振し、鉛直方向の応答加速度を測定し各測点位置における共振曲線を求めた。図-1に加速度計(AVL25)の配置を示す。なお加振ケースは、起振機をB2とC2に各1台(Case1)、O点に2台(Case2)、C2点に2台(Case3)設置した3ケースである。図-2に共振曲線の例としてCase1における測点A2の試験結果を示す。加振力が小さいにも関わらず共振点は顕著に現れており、応答最大加速度は約11galであった。

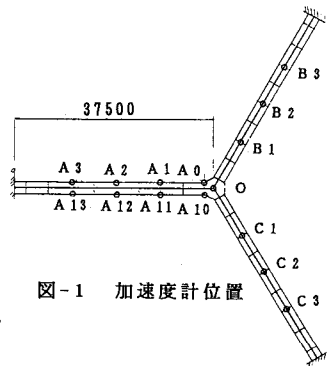


図-1 加速度計位置

また、1次の共振点(0.91Hz)付近の変位は±2mmであった。表-1に全ケースの試験結果を示す。図-3は解析結果の振動モード図である。解析結果の固有振動数と試験結果の共振振動数は、高次になると若干の誤差は見られるものの振動モードも比較的良好に対応しており、設計モデルは概ね妥当であったと考えられる。なお解析で得られたねじりモードは、強制ねじりのCase3において現れなかった。これは表-1に示すように、ねじりの1~3次モードと鉛直たわみの逆対称1~3次モードの固有振動数がほぼ一致しており、本試験から鉛直たわみの逆対称モードの方が卓越することが確認された。また、表中の減衰定数は共振曲線から1/√2法により算定したものであり、本橋の減衰定数は1~2%と推定される。

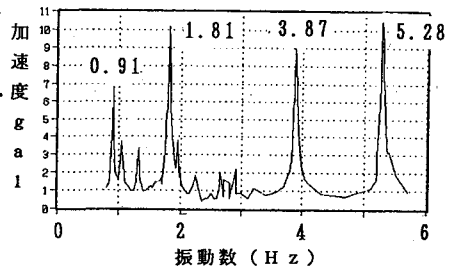


図-2 共振曲線 case 1 (A2)

表-1 振動試験結果

次数	解析値		試験結果		備考
	固有振動数 (Hz)	共振振動数 (Hz)	減衰定数	1/√2法	
1	0.903				ねじり1次
2	0.903	0.91	0.009		鉛直逆対称1次
3	1.228	1.28			鉛直対称1次
4	1.724	1.81	0.013~0.020		鉛直対称2次
5	1.974				ねじり2次
6	1.979				鉛直逆対称2次
7	2.766	3.22			鉛直対称3次
8	3.404				ねじり3次
9	3.420	3.87	0.007~0.014		鉛直逆対称3次
10	3.511				水平1次
11	4.409	5.28	0.009		鉛直対称4次

## 3. 歩行者振動試験

歩行者による振動試験(写真-1)は、人数(1~10)、歩行形態(歩行、走行、リズム、ランダム)および歩行方向等をパラメータとして全31ケース実施した。ここでリズム

とは全員が2Hz付近で歩調を合わせた場合を示す。全ケースを通じての応答最大加速度は約40galであり、応答最大変位は約±3mmであった。また、単独歩行者による応答最大速度は約0.27~0.32cm/secであった。歩道橋の振動が利用者に不快感を与える振動許容値については、0.1gとする既往の研究や単独歩行者による応答速度の実効値を0.42cm/sec以下にするように提案している報告<sup>2)</sup>もあり、本橋については十分振動使用性が確保されていることが確認された。なお橋体の振動性状は、図-4に振動波形および周波数分析結果（パワースペクトル）の例（測点A2）を示すように、人数や歩行形態さらには同一グループの繰り返しにおいてさえ大きなばらつきが生じたが、全体的には卓越振動数は2Hzあるいは4Hz付近に現れており、鉛直たわみの逆対称モードが卓越することが推察される。

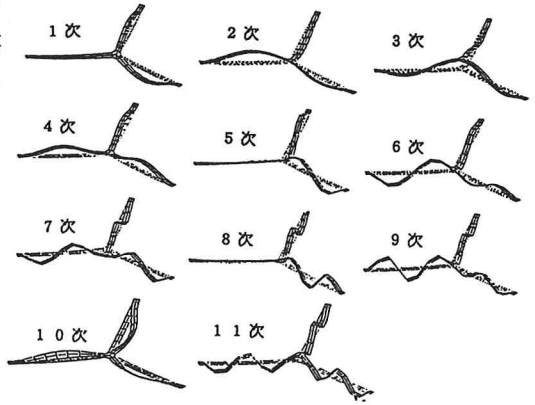


図-3 振動モード図



写真-1 歩行者振動試験風景

4. まとめ

- (1) 強制振動試験より設計モデルは概ね妥当であったと考えられ、1次振動数は0.91Hz（鉛直逆対称1次モード）であり、ねじりモードは現れず鉛直逆対称モードが卓越することが確認された。
- (2) 共振曲線から $1/\sqrt{2}$ 法により算定した減衰定数は1~2%であった。
- (3) 単独歩行者による応答速度が最大でも0.32cm/secであることから、歩道橋としての振動使用性は十分確保されていることが確認された。

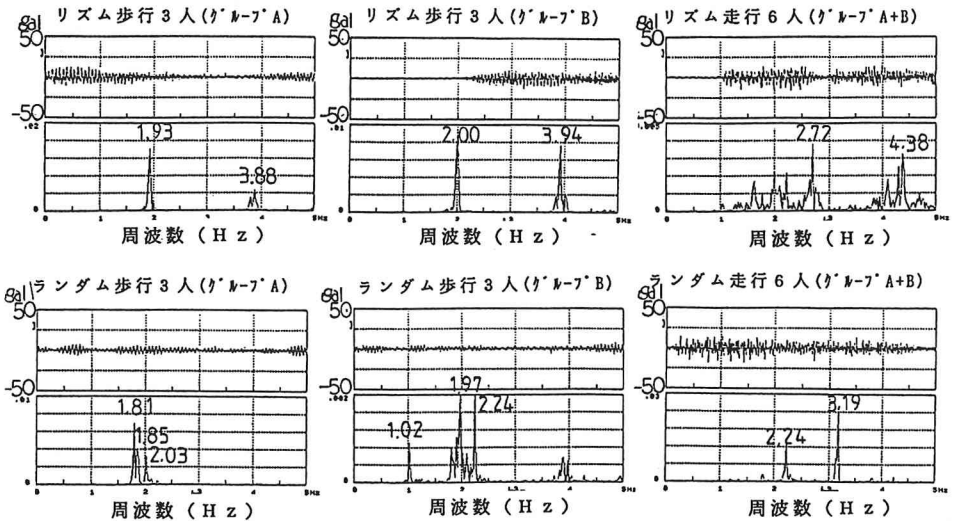


図-4 振動波計および周波数分析結果 (A2)

〈参考文献〉

- 1) 新井、錦、中村、永井：亀甲橋の設計，プレストレスコンクリート、VOL34、NO2、1992.3
- 2) 梶川：振動感覚を考慮した歩道橋の使用性照査法に関する考察，土木学会論文報告集325号、1982.9