

都市部歩行者専用デッキの振動使用性検証

大日本コンサルタント 正会員 ○石井喜代志 牧 祐之 横山 広
鹿島建設 正会員 松村 徹 松井修治 廣井利行

1. 目的

都市部に建設される桁形式の歩行者デッキは、一般的に死荷重や剛性が大きく、振動使用性が問題となることは少ないが、本稿で対象とする橋梁は、橋長および支間長が長く、橋脚高が高いスレンダーな形状であることから、振動使用性の検証が必要であると考えた。そこで、供用開始に先立ち現地振動試験を実施し、設計値の検証を行うとともに、利用者がデッキを歩行する際の振動使用性を確認した。

2. 対象橋梁

対象橋梁は、JR 浜松町駅から途中首都高速道路都心環状線を跨ぎ竹芝地区へ至る橋長約 240m、最大支間長 57.3m の 6 径間連続鋼床版箱桁橋である。橋脚高は最大約 18m、上下部剛構造の上部工は下フランジを折った五角形形状、橋脚は歩道部からの圧迫間に配慮した六角形テーパ形状を採用している (図-1, 図-2)¹⁾。

3. 試験方法

上部工の主要な振動モードを考慮して加速度計を設置し、固有振動数、振動モードを確認した。振動試験の加振は人力のよるものとし、試験は 2 回に分けて行った。1 回目の衝撃載荷試験では、人員 10 名が同時に椅子からジャンプし、衝撃力を与え、その振動から卓越振動数を把握した。2 回目の自由減衰試験では、1 回目の試験で得られた振動数 (メトロノーム) に合わせて人員 10 名が同位置でジャンプを繰り返し行い、振動を励起させ、その振動により共振する振動数及び自由減衰の状況を確認した。試験時の加振状況を写真-1 に示す。



写真-1 加振状況

4. 試験結果

支間長が最も長く、鉛直方向の振動数が 2.0Hz 付近となる P6-P7 間の振動数及び振動モードについて、試験結果と設計値との比較を表-1 に示す。振動試験により得られたモード形状は、設計時のモード形状に類似している。振動数は試験結果が設計値よりもやや高い傾向を示しているが、これは設計時に高欄等の付属物の重量は考慮し、剛性は考慮していないことから、振動数が低く、周期が長い傾向になることが考えられた。

振動試験で計測した加速度波形より算出した減衰特性 (対数減衰率) を表-2 に示す。鉛直振動の主要な振動数において、概ね 15 秒程度で揺れが収束し、対

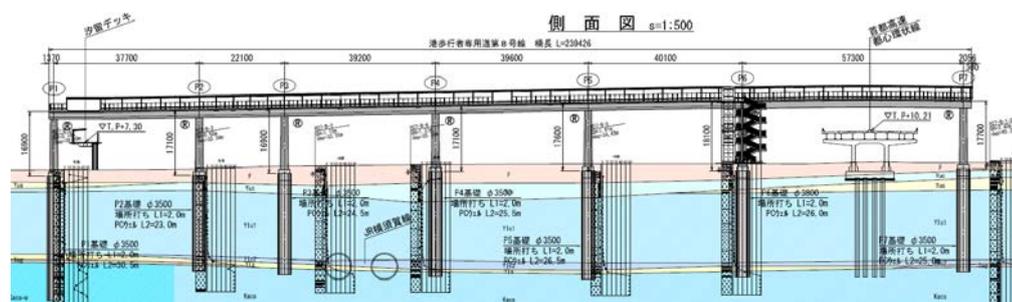


図-1 側面図

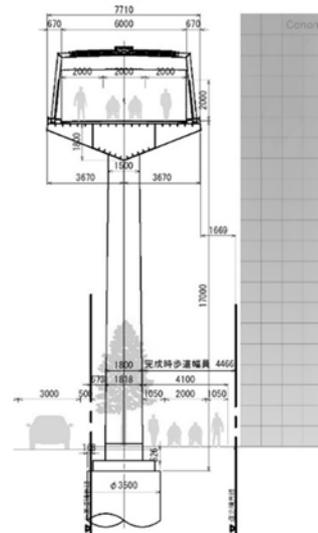


図-2 断面図 (P5 橋脚)

キーワード 振動使用性, 歩行者専用デッキ, 載荷試験

連絡先 〒330-6011 さいたま市中央区新都心 11-2 大日本コンサルタント(株) TEL:048-615-2224

数減衰率は0.07程度であった。水平方向の振動は、加速度の応答値は鉛直方向と比較して小さいものの、ケースにより揺れの収束に30秒程度を要し、対数減衰率は0.04程度であった。

5. 使用性の評価

利用者に不快感を与えないものとするため、固有振動数の制限として、鉛直振動は2Hz前後、水平振動は1Hz前後とならないこと²⁾とされている。本デッキにおいては、鉛直振動・水平振動ともに固有振動数の制限に該当するが、振動限度の考えに基づき、橋梁の自重が20kN/m以上であること、歩行者の水平外力から得られる最大応答変位及び最大応答速度より、付加的な振動対策は不要として設計している。

国内で主に振動使用性の評価に用いられている振動限度の提案値は、2Hz付近で0.3~0.7m/sec²程度とされている（鉛直振動）。一方で、欧州の歩道橋設計ガイドラインでは、快適性のレベルを加速度の応答値により分類しており、フランスのSetra guidelinesでは表-3のように分類されている。なお、水平振動においては、歩行者がある人数に達すると水平方向の応答が急激に増幅し発散振動を生じる引き込み（Lock-in）現象の影響を避けるため、水平加速度の制限値は0.10m/sec²とされている。ここで、これら加速度の提案値は、1人の歩行者による歩行荷重に基づいて提案されたものである。本試験では、人力により振動を励起するためジャンプを繰り返していることから、快適性の閾値の検討には不適ではあるが、使用性に問題の無いことを確認するため計測値と表-3を対比する。

表-2に示す鉛直振動の加速度波形において、最大値は0.80m/sec²程度であり、表-3の快適性レベル2に相当する。水平振動においても0.05m/sec²程度であり、水平方向の引き込み（Lock-in）現象を避けるための制限値0.10m/sec²以内にも収まっている。

以上より、本デッキは振動限度の提案値を満足し、振動使用性に問題はなく付加的な振動対策は不要と評価した。将来的には、朝夕の通勤時間帯には多くの利用者の通行が見込まれるため、今回の評価の検証として、供用後の混雑時に計測を行うことが望ましい。

謝辞 振動試験の実施においては、金沢大学の深田教授に貴重なアドバイスを頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中ら：鋼6径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋 閉合温度を考慮した架設の実績，土木学会第75回年次学術講演集，第IV部門，2020。
- 2) 土木学会：構造工学シリーズ21 歩道橋の設計ガイドライン，2011。

表-1 振動数及び振動モードの比較（鉛直振動）

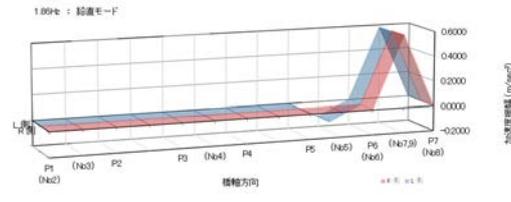
ケース	試験結果
試験結果	<ul style="list-style-type: none"> 振動モード：鉛直 振動数：1.86Hz 
設計時	<ul style="list-style-type: none"> ○設計時のモード=実橋の振動モード 振動数：1.706Hz 

表-2 減衰特性（鉛直振動）

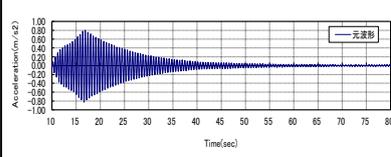
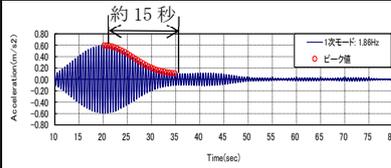
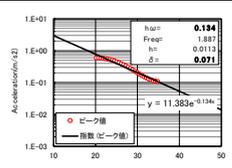
計測加速度波形	振動数と対数減衰率
	<ul style="list-style-type: none"> 振動数：1.86Hz 対数減衰率：0.071
バンドパスフィルタ後の波形	ピークと回帰曲線
	

表-3 快適性レベルの評価（Setra guidelines）

快適性レベル	快適性の度合い	鉛直加速度 [m/sec ²]	水平加速度 [m/sec ²]	特徴
1	最高	< 0.5	< 0.15	利用者は、歩道橋上で加速度を殆ど知覚できない。
2	平均	0.5-1.0	0.15-0.3	利用者は、歩道橋上で加速度をほんの少し知覚できる。
3	最低	1.0-2.5	0.3-0.8	まれにしか生じない荷重載荷において、利用者は、歩道橋上で加速度を知覚するが、耐えられなくはない。
4	不快	> 2.5	> 0.8	