

実橋振動実験による鋼箱桁橋（清幌橋）の固有振動特性評価と耐風安定性

中央コンサルタンツ株式会社 正会員 ○小島 朋樹
中央コンサルタンツ株式会社 正会員 野田 勝哉

札幌土木現業所
室蘭土木現業所

松田 俊樹
菊池 俊

1. はじめに 上部構造が架設され、供用前の清幌橋主径間部は、H15～H16 に風洞実験により耐風安定性の検討が行われている。風洞実験による検討では、照査風速内での発散振動（ギャロッピング）の発現、設計風速内での許容振幅を超過する渦励振の発現が確認されており、それぞれの対策についての検討が行われている¹⁾。このうち、ギャロッピングに対しては水平プレート設置による対策の有効性が確認され¹⁾、実橋への対策も終了している。一方、渦励振は、発現振幅が構造減衰の大小に依存するため、実橋が保有する構造減衰を確認し、対策工設置の要否を判断する方針が示されている。このため、本検討では実橋の強制加振実験により実橋の固有振動特性を把握し、改めて風洞実験結果による本橋耐風性の再評価を行った上で渦励振対策工の要否を判定したものである。

2. 清幌橋の概要 対象橋梁（清幌橋）は、現在、空知郡南幌町にて架替中であり、架替後は全橋長 692(m) の橋梁となる。検討の対象となった主径間部は図-1 に示すように 109.7(m)+156.0(m)+109.7(m)の支間を有する 3 径間連続鋼床版箱桁橋である。橋軸方向と河川流下方向（橋脚軸方向）が約 50° で交わり、斜角が小さい特徴を持つ。支承は可動固定方式の天然ゴム支承が用いられている。強制加振実験実施時期は、橋面工、舗装等は施工済であり、一般交通供用前の状態であった。

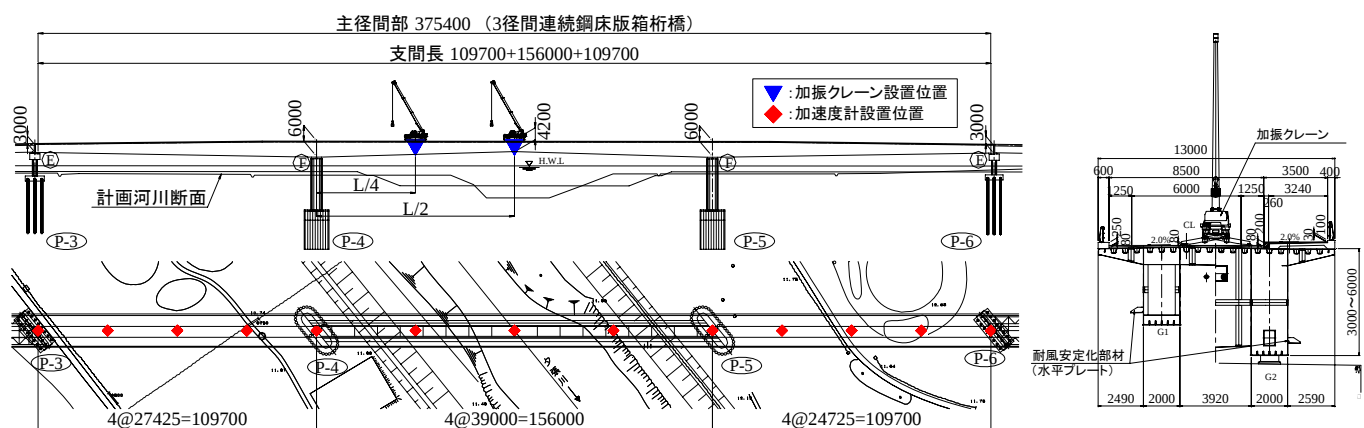


図-1 実験概要図

3. 強制加振実験の概要

強制加振実験は、トラッククレーンを用いた重錘上下法（5,000kg 重錘）により実施した。図-1 に、加振クレーン設置位置および加速度計設置位置を示す。加振位置は、風洞実験にて制振検討対象としている鉛直 1 次モード振動および鉛直 2 次モード振動を計測するため、中央径間 L/2 点および中央径間 L/4 点で行った。加振状況を写真-1 に示す。計測は、加速度成分をデジタルサーボ型加速度計により取得した。加速度計は各径間の 4 等分点毎と支点位置に設置した。尚、強制加振実験に先立ち、常時微動計測と風向風速計測も同時に実施している。



写真-1 クレーン加振状況

キーワード 連続鋼床版鋼箱桁橋、振動実験、固有振動数、振動モード、構造減衰

連絡先 〒451-0042 名古屋市西区那古野 2 丁目 11 番 23 号 中央コンサルタンツ株式会社 TEL : 052-551-2541

4. 実験結果

実験結果は、振動モード波形、固有振動数、構造減衰について整理を行った。図-2 および表-1 には、強制加振実験で得られた代表的な振動モード波形と固有振動数を示した。振動モードは固有値解析値および風洞実験模型実測値とよく一致している。固有振動数は、実測値が解析値に対し、約3割程度高くなった。差異の要因は、主に構造の剛性評価の誤差等に起因するものであると推測される。

構造減衰（対数減衰率）は、起振設備の都合上、風洞実験で基準とした振幅に満たない比較的小さい振幅の振動での評価された値ではあるが、 $\delta=0.045\sim0.055$ と、風洞実験時に基準とした減衰率（ $\delta=0.020$ ）より大幅に大きい値を実測した（表-2）。

5. 風洞実験結果の再評価

(1) 渦励振発現風速の補正（固有振動数実測値）

前述のように実橋の固有振動数が解析値よりも高いことが判明している。風洞実験の相似則から、渦励振の推定発現風速が高風速化し、発現確率が大幅に小さくなった。よって、主に使用性の観点から検討の対象とした渦励振のうち、発現確率が著しく小さいものは実質上の影響は小さいと判断し、制振検討対象から除外した。

(2) 発現振幅の再評価（構造減衰実測値）

実測された構造減衰と渦励振抑制のための要求値との対比を表-2 に示す。実測値は渦励振を許容振幅以下に抑制するための必要減衰（要求値）を満たす。風洞実験時に整理した振幅-減衰関係図（図-3）に推定渦励振発現振幅と許容振幅を示す。推定発現振幅は許容振幅以下となる。

(3) 対策工要否判断

構造減衰は、振幅に依存することが知られているが²⁾、実測された構造減衰（対数減衰率）が要求値をある程度の余裕をもって満足する（表-2）ことから渦励振振幅が許容振幅を超える可能性は低いと推察する。また、推定発現風速の高風速化に伴い渦励振が発生する確率が非常に小さくなることもあり、対策工は不要と判断した。

6. まとめ

- (1) 強制加振実験により、対象橋梁の代表的な固有振動モードおよび固有振動数を求めた。固有振動数は、解析値より約3割高い値を示した。
- (2) 強制加振実験により、鉛直1次及び鉛直2次モード振動の、実橋構造減衰（対数減衰率）を求めた。
- (3) 渦励振は、構造上、使用性上問題となる振幅を超過しないと推察し、対策工は不要と判断した。

参考文献

1) 小島，野田ほか：斜角を有する長大箱桁橋（清幌橋）の耐風検討，60回土木学会年次学術講演会，2005.9。
2) 麓，荒居ほか：長支間少数桁（細幅箱桁）橋の現地振動試験，60回土木学会年次学術講演会，2005.9。

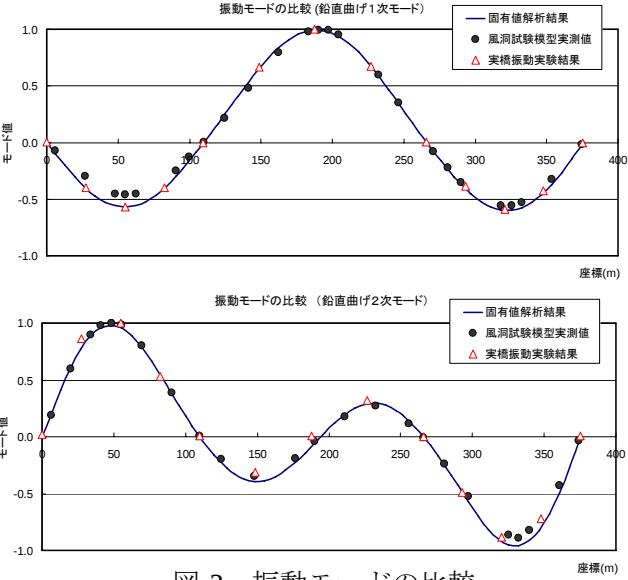


図-2 振動モードの比較

表-1 固有振動数の比較
fp1:固有振動数(解析値)
fp2:固有振動数(実橋実測値)

	fp1(Hz)	fp2(Hz)	fp2/fp1
鉛直曲げ1次モード	0.507	0.647	1.28
鉛直曲げ2次モード	0.853	1.086	1.27

表-2 構造減衰（対数減衰率）の比較

	鉛直曲げ1次モード	鉛直曲げ2次モード
基準値		
風洞実験時採用値	0.020	0.020
要求値		
一様流中風洞実験	0.025	0.031
乱流中風洞実験	0.021	---
実測値		
実橋実測値	0.045	0.055

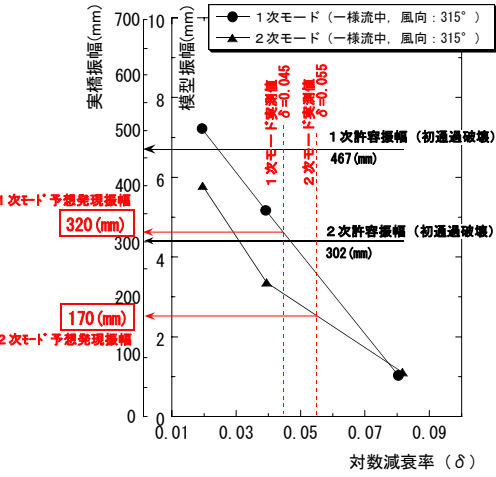


図-3 推定発現振幅（振幅-減衰関係図）