

全橋模型を用いた狭幅員箱桁橋の耐風安定性に関する検討

名古屋市土木局 今井 健
三菱重工業(株) 岸 明信

名古屋市土木局 林 幸一
三菱重工業(株) 所 伸介

1. はじめに

近年都市部に建設される高架橋においては、従来の桁橋よりも狭い幅員構成となる橋梁も多く、支間長/幅員の比が大きくなる傾向にあることから、その耐風安定性については十分に検討する必要があると考えられる。

本稿は、下図に示す新交通システム（ガイドウェイバスシステム）に対応した狭幅員の箱桁橋に対して、全橋模型を用いた風洞試験による検討を実施し、その現状における耐風安定性上の問題及び発生する空力振動に対して提案された対策案について述べるものである。

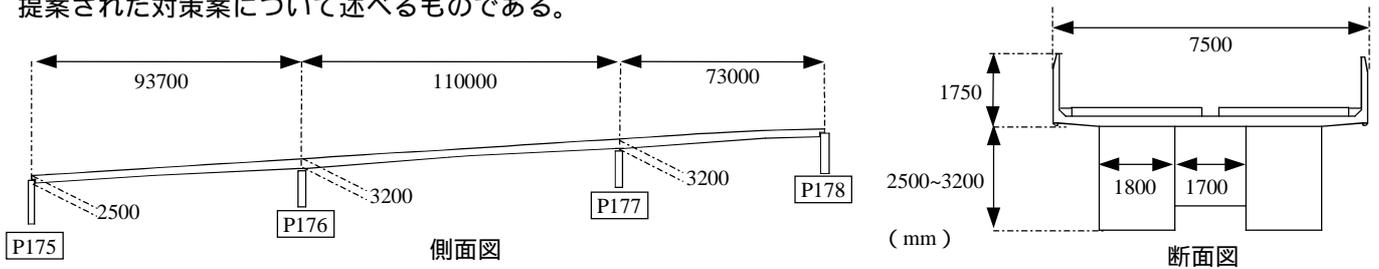


図 - 1 狭幅員箱桁橋 概要

2. 風洞試験概要

本検討では、全橋弾性体模型（縮尺 1/100）を用いて風洞試験を実施した。

振動モードについては、表 - 1 に示す鉛直方向のモードを検討対象とした。

表 1 検討対象とした振動モード

	モード1	モード2	モード3
モード形状			
実橋振動数	0.465 Hz	0.759 Hz	1.072 Hz
備考	P176 ~ P177 径間最大	P175 ~ P176 径間最大	P177 ~ P178 径間最大

*: 実線は実橋モード形状、 は模型モード形状を示す

3. 現状断面の耐風安定性

対数減衰率 $\delta = 0.02$ 、一様流中における応答試験結果を図 - 2 に示す。これより、風速約 15m/s 付近から急激にたわみ応答振幅が増大し、いわゆるギャロッピング振動が発生しているものと考えられる。

尚、過去に提案された推定式^[1]によって、支間 L/4 の桁高からギャロッピング発振風速を推定すると 16.2m/s となり、本橋に対しては上記推定式で精度良く発振風速が推定できることが判る。

また、図 - 2 から明らかなように、本橋の断面では高風速域で振幅が定常値となる現象が生じている。

この原因については、図 - 3 に示すような迎角 0° 近傍で負の揚力傾斜が小さくなる非線形性の強い断面の静的空気力特性（低風速域 = 相対迎角大：励振エネルギー大；高風速域 = 相対迎角小：励振エネルギー小を意味する）を仮定し、空力減衰と構造減衰によるエネルギー授受の関係を準定常的に導けば、概ね説明が可能である。

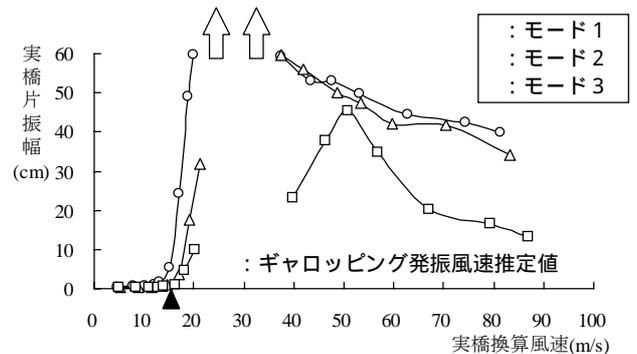


図 2 現状断面の応答特性（一様流， $\delta = 0.02$ ）

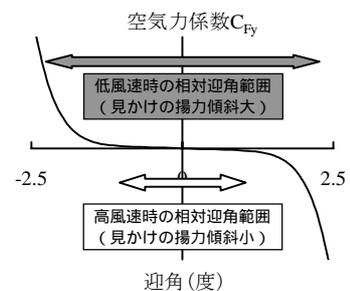


図 3 仮定した断面の静的空気力特性

キーワード：狭幅員箱桁橋，ギャロッピング振動，全橋弾性体模型，空力対策

4. 空力対策の検討

前述のように本橋においては、ギャロッピング振動が発生することからその危険性を考慮し、制振対策としては空力対策を講じることを基本とした。

箱桁のギャロッピング振動に対する空力対策としては、ウェブにプレートを設置する¹⁾等の対策が知られているが、本橋においては桁下部に新たな構造部材を設置することが困難であったため、桁上部で対策を講じることを検討した。すなわち、断面形状が二箱桁形式であることに着目し、図-4に示すように床板にスリットを設け、断面上下面の圧力差を緩和して安定化を図る手法の適用を試みた。

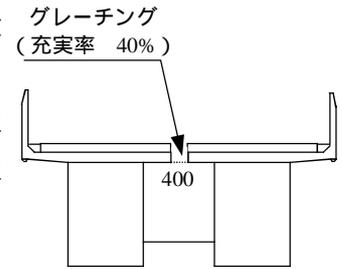


図 4 対策断面

スリットを設けた断面の応答特性を図-5に示す。

これより、現状断面で発生したギャロッピング振動は抑制され、本対策がギャロッピング振動に対して十分な制振効果を有することが判る。尚、スリットを設けた断面ではギャロッピングに替わって各モードの渦励振振動が発生するが、本振動に対しては ≈ 0.06 程度の構造減衰によって設計上問題ないレベルにまで低減できることを確認している。

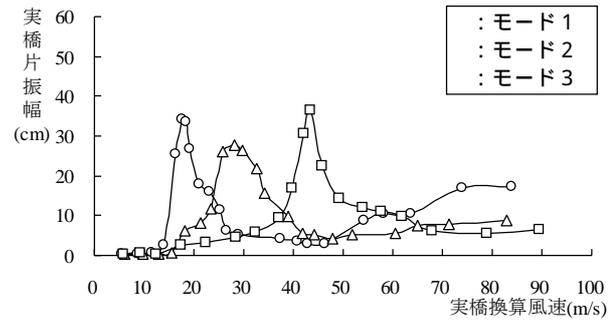


図 5 対策断面の応答特性（一様流， ≈ 0.02 ）

さらに、対策断面の ≈ 0.02 における乱流中（都市部を想定）の応答特性を図-6に示す。これより渦励振振動に替わって比較的大きな振幅のガスト応答が発生し、設計上問題となることが懸念されるが、図-7に示すように、本振動に対しても ≈ 0.06 程度の構造減衰によって振幅は設計上問題ないレベルにまで低減することが可能である。

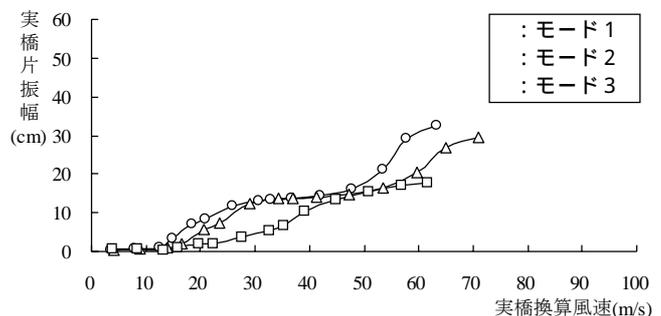
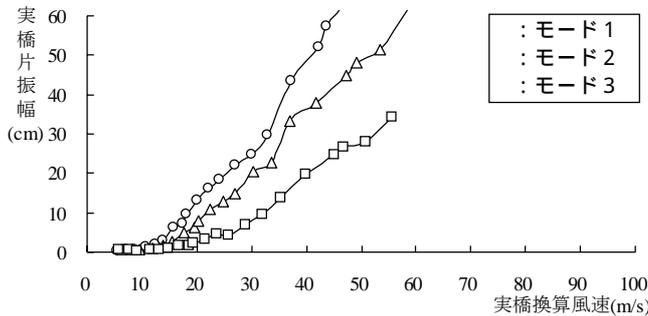


図 6 対策断面の応答特性 ($I_u=16\%$, $I_w=8\%$, ≈ 0.02)

図 7 対策断面の応答特性 ($I_u=16\%$, $I_w=8\%$, ≈ 0.06)

本来、ガスト応答は構造減衰の増加によって応答振幅がさほど変化しないことが知られているが、対策後の断面においても図-3で述べたような「(正の)揚力傾斜が小さい」特性を仮定すると「風による小さな外力」と「小さな空力減衰+構造減衰」との関係によってガスト応答振幅が決定されるものと考えられ、全体の減衰に対して構造減衰の与える影響が大きくなるために上記のようなガスト応答振幅の低減が生じたものと推定される。

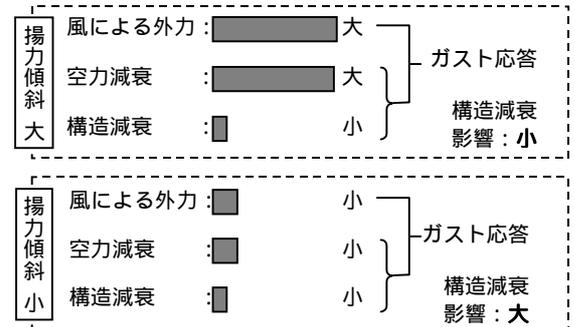


図 8 ガスト応答に対する構造減衰の影響（模式図）

5. あとがき

本橋の現状断面においては、ギャロッピング振動が問題となるが、床板中央部にスリットを設けることによって振動を抑制できることが確認された。また、対策後の断面においては、構造減衰 ≈ 0.02 の場合に渦励振振動（一様流中）、ガスト応答（乱流中）ともに設計上問題となることが予見されるが、比較的小さな減衰付加によって両振動を抑制することが可能であり、実橋の構造減衰の把握及び減衰付加の必要性判断が今後の課題である。

【参考文献】[1] 斎藤，本田，“長大箱桁橋の耐風性及び制振対策について”，構造工学論文集 Vol.36A（1990年3月）