

二重合成複合ラーメン I 桁橋の耐風安定性に関する構造減衰および乱流の影響

片山ストラテック 正会員 ○奥村 学 片山ストラテック 正会員 大久保宣人
高山国道事務所 正会員 小関 輝明 立命館大学(客員教授) 正会員 小林 紘士

1. はじめに

著者らは、鋼少数I桁橋の更なる長支間化へ向けて、図-1に示すような中間支点付近の圧縮フランジ領域に下コンクリート床版を有する二重合成I桁橋を提案している。二重合成I桁橋は、中間支点付近がねじれ剛性の高い閉断面充腹桁で構成されているため、ねじれ振動モードに対して見かけ上の支間長が短くなる効果があり、鋼少数I桁橋に比べて耐風安定性が向上することを確認している¹⁾。

本研究では、二重合成複合ラーメン I 桁橋の3次元弾性模型を用いた風洞試験より、対風応答に対する構造減衰および乱流の影響について調査する。

2. 風洞試験概要

検討対象には、最大支間長 $L=110\text{m}$ の5径間連続二重合成複合ラーメン I 桁橋を想定した(図-2 参照)。風洞試験は、縮尺 $1/65$ の3次元弾性模型を用いて実施した。模型緒元を表-1に示す。振動諸元は、想定橋梁の試設計および固有値解析結果¹⁾より算出した。3次元弾性模型は、中央径間の1径間分をモデル化し、たわみ振動模型とねじれ振動模型とに分けて製作した。まず、対風応答に対する構造減衰の影響を調べるため、一様流中において、構造減衰を $\delta=0.02\sim0.05$ で変化させた応答試験を実施した。次に、対風応答に対する乱流の影響を調べるため、構造減衰を $\delta=0.02$ として、2種類の乱流中での応答試験を実施した。乱流は、スパイアと粗度ブロックを用いて生成した境界層乱流であり、乱れ特性値を表-2に示す。なお、平均風速を変化させても、乱流の乱れ特性値がほぼ一定であることを確認している。模型迎角は、いずれの応答試験も $\alpha=0^\circ$ とした。

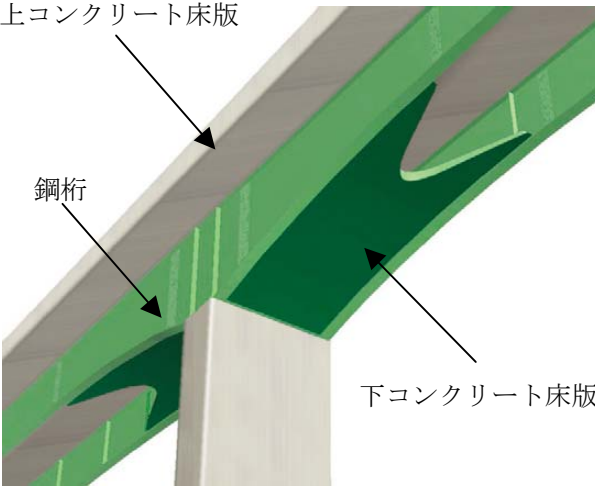


図-1 二重合成複合ラーメン I 桁橋の概要

表-1 模型緒元

	実橋想定値 (支間中央)	模型試験値 (支間中央)	
		所要値	試験値
単位長さ質量	$1.485\text{t}\cdot\text{s}^2/\text{m}^2$	$0.352\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^2$	$0.350\text{kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^2$
単位長さ極慣性モーメント	$19.63\text{t}\cdot\text{s}^2$	$1.10\times10^{-3}\text{kg}\cdot\text{s}^2$	$1.04\times10^{-3}\text{kg}\cdot\text{s}^2$
振動数	たわみ1次	1.50 Hz	14.9 Hz
	ねじれ1次	1.92 Hz	14.0 Hz
構造減衰 (対数減衰率)	たわみ1次	0.02	0.02~0.05
	ねじれ1次	0.02	0.02~0.05

注記：風洞模型はたわみ振動とねじれ振動の各1自由度系である。

表-2 乱流の乱れ特性値

	平均風速 U (m/s)	乱れ強度		乱れスケール	
		I_u (%)	I_w (%)	L_u (m)	L_w (m)
乱流A	5.0	5.1	5.4	0.30	0.17
乱流B	4.5	9.8	8.7	0.42	0.20

注記：平均風速は気流測定時の値である。

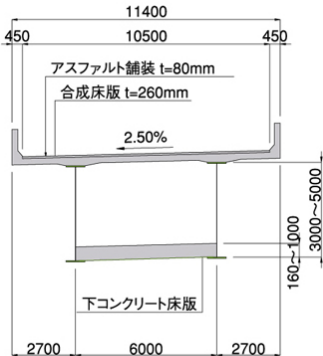
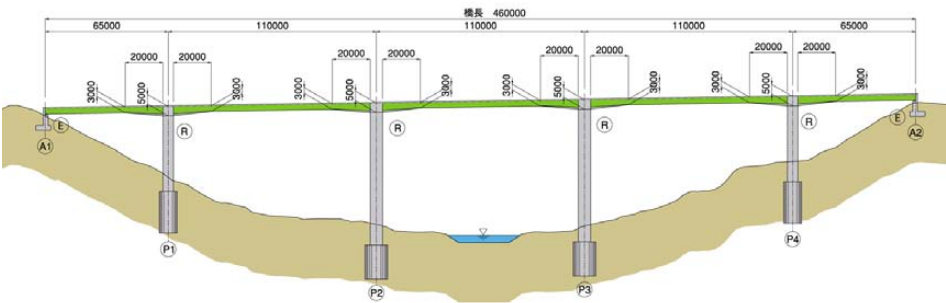


図-2 5径間連続二重合成複合ラーメン I 桁橋 (想定橋梁)

キーワード 鋼少数 I 桁橋, 二重合成複合ラーメン I 桁橋, 風洞試験, 対風応答, 構造減衰, 乱流

連絡先 〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 6-2-21 片山ストラテック(株) TEL 06-6552-1235

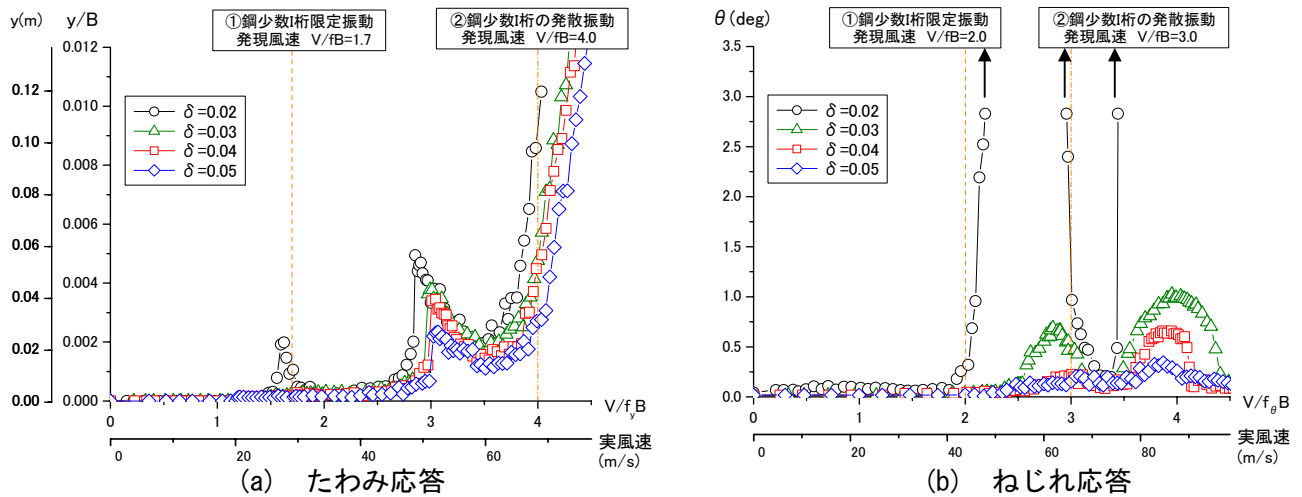


図-3 対風応答に対する構造減衰の影響

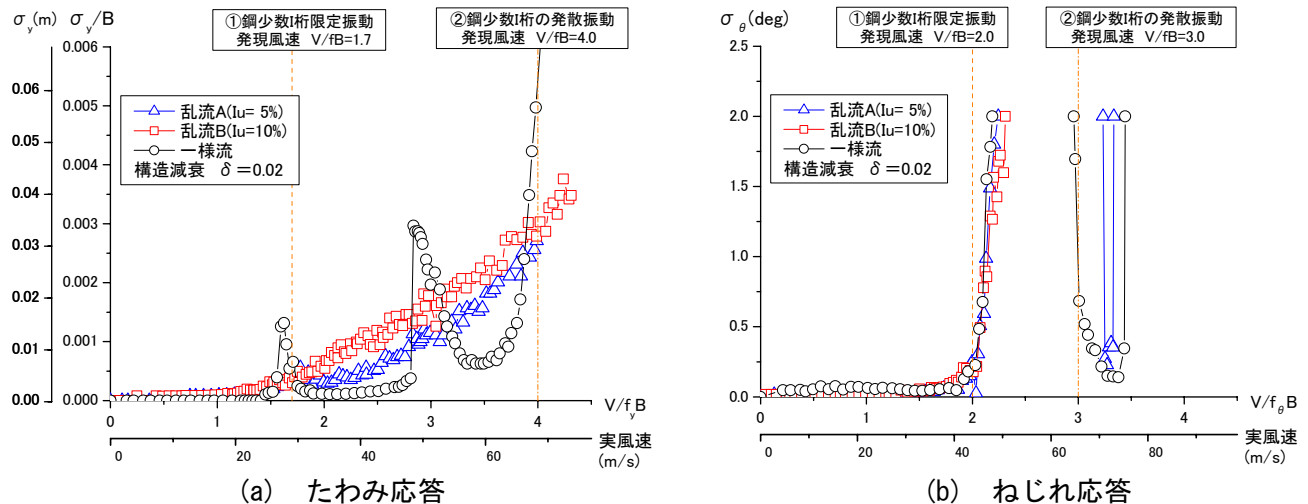


図-4 対風応答に対する乱流の影響

3. 風洞試験結果

図-3は、一様流中において、構造減衰を $\delta = 0.02 \sim 0.05$ まで変化させた場合の対風応答を比較したものである。なお、図中には、既往の研究成果である鋼少数I桁橋の振動の発現風速²⁾も併記している。無次元風速 $V/fB = 2 \sim 3.5$ 付近で発現するねじれの限定振動は、構造減衰が $\delta = 0.04$ 以上で消滅している。 $V/fB = 3.5$ 以上の高風速域において、 $\delta = 0.02$ では発散振動と思われたものが、 $\delta = 0.03$ では限定振動となることが分かった。一方、たわみ振動は、 $V/fB = 1.5$ 付近で発現する限定振動が $\delta = 0.03$ 以上で消滅している。 $V/fB = 3$ 付近での限定振動は、構造減衰の増加に伴って振幅は低下するが消滅するまでには至らなかった。また、 $V/fB = 4$ 以上でのたわみの発散振動に対しては、構造減衰による影響は小さい。

図-4は、一様流中と2種類の乱流中での対風応答を比較したものである。たわみ振動は、限定振動が乱流中では消滅してガスト応答のみが観測された。 $V/fB = 4$ 付近の発散振動も消滅してガスト応答となっている。一方、ねじれ振動は、 $V/fB = 2$ 付近の発現風速および振幅特性ともに乱流による影響はほとんど認められなかった。また、 $V/fB = 3.0 \sim 3.5$ のいったん振幅が小さくなる現象は、 $Iu = 5\%$ ではその風速域が狭くなり、 $Iu = 10\%$ では現れなくなっている。風の乱れは、ねじれの限定振動に対して、やや不安定化の働きを持っている。

4. まとめ

対風応答に対する構造減衰の影響は、ねじれ応答でより顕著に見られ、構造減衰が $\delta = 0.04$ 以上で $V/fB = 2 \sim 3.5$ 付近での大振幅な限定振動が消滅する。一方、乱流による影響は、たわみ応答でより顕著に見られ、乱れ強度が $Iu = 5\%$ 以上で限定振動が消滅する。また、風の乱れは、ねじれの限定振動に対して、やや不安定化の働きを持っている。

参考文献

- 1) 奥村, 中野, 大久保, 小関, 小林: 二重合成複合ラーメンI桁橋の耐風安定性に関する検討, 第61回年次学術講演会講演概要集, 1-071, pp. 141-142, 2006.9.
- 2) 芦塚, 斎藤, 本田, 平井: PC床版少数主桁橋の耐風安定性について, 第60回年次学術講演会講演概要集, 1-298, pp. 593-594, 2005.9.