

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

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 中野 貴史
 片山ストラテック 正会員 大久保宣人 立命館大学大学院 学生員 小関 輝明
 立命館大学 正会員 小林 紘士

1. はじめに

主構造の合理化を目的とした鋼少数I桁橋は、従来の鋼多主I桁橋に比べてねじれ剛性および構造減衰が低下することから、これまで問題とはならなかったねじれ振動に対する耐風安定性の確保が重要となってくる。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¹⁾。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る。

本研究では、二重合成複合ラーメン I 桁橋の固有値解析を実施して振動特性を把握するとともに、3次元弾性模型を用いた風洞試験結果より耐風安定性の検討を行う。

2. 固有値解析

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）。下コンクリート床版を有する二重合成区間は中間橋脚の両側から20mとし、下コンクリート床版厚は中間橋脚部で1000mmから先端部で160mmまで変化させている。まず、想定橋梁の試設計を行って鋼 I 桁断面を決定した後、FEMモデルによる固有値解析を実施した。固有値解析では、下コンクリート床版および横構が振動特性に及ぼす影響について検討した。固有値解析結果を表-1に示す。二重合成 I 桁橋のたわみ振動数は、下コンクリート床版の剛性増加によって鋼少数 I 桁橋に比べて9%上昇している。同様に、ねじれ振動数は横構無しでは25%、横構有りでは30%上昇している。ねじれ剛性への寄与が大きい横構の影響については、鋼少数 I 桁橋ではねじれ振動数が15%上昇するのに対し、二重合成 I 桁橋では4%の上昇であった。二重合成 I 桁橋では、中間支点付近のねじれ剛性がねじれ振動に対して支配的であるものと考えられる。

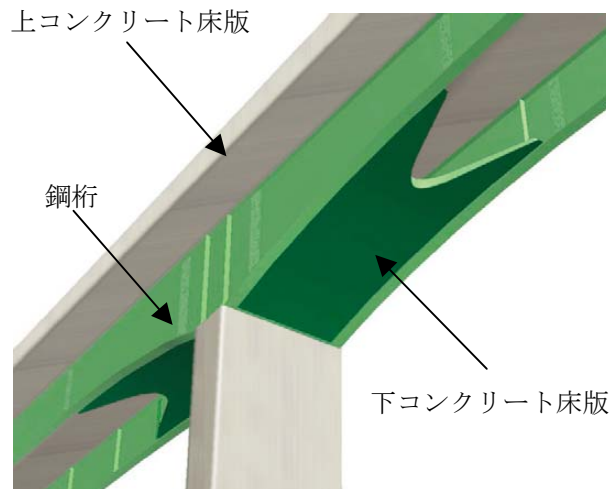


図-1 二重合成複合ラーメン I 桁橋の概要

表-1 固有値解析比較

	複合ラーメン鋼少数 I 桁橋		二重合成複合ラーメン I 桁橋	
	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
横 構	—	○	—	○
下コンクリート床版	—	—	○	○
鉛直たわみ対称 1 次	1.37 Hz (1.00)	1.37 Hz (1.00)	1.50 Hz (1.09)	1.50 Hz (1.09)
ねじれ対称 1 次	1.47 Hz (1.00)	1.69 Hz (1.15)	1.84 Hz (1.25)	1.92 Hz (1.30)
振動数比 [ねじれ/たわみ]	1.08 (1.00)	1.23 (1.14)	1.23 (1.14)	1.28 (1.19)

注記：○ 内の値はケース 1 との比率を表す。鋼桁断面は全ケースで同じである。

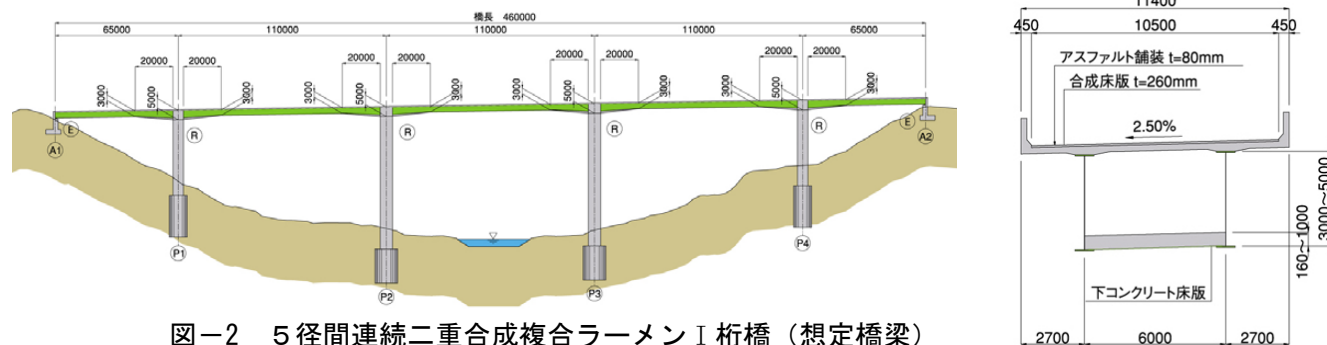


図-2 5径間連続二重合成複合ラーメン I 桁橋（想定橋梁）

キーワード 鋼少数 I 桁橋、二重合成 I 桁橋、振動特性、風洞試験、耐風特性

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

橋桁の固有振動数はほぼ支間長に反比例するとされている。ねじれ振動の観点から見れば、想定橋梁の等価支間長は 85m ($=110/1.3$) と考えられる。また、複合ラーメン形式は支承形式に比べて固有振動数が 1.4 倍上昇することが報告されている²⁾。よって、支承形式では、支間長 61m ($=85/1.4$) の鋼少数 I 桁橋に相当するものと考えられる。

3. 風洞試験

二重合成 I 桁橋の耐風特性を調べるため、縮尺 1/65 の 3 次元弾性模型を用いて風洞試験を実施した。3 次元弾性模型は、中央径間の 1 径間分をモデル化した。風洞試験は、一様流中で迎角 0° 、 $\pm 3^\circ$ において、たわみ振動模型とねじれ振動模型とに分けて実施した。模型緒元を表-2 に、たわみ振動およびねじれ振動の応答試験結果をそれぞれ図-3、4 示す。

たわみ振動は、無次元風速 $V/fB=1.5$ と 2.5 付近で限定振動が、 $V/fB=3.5$ 以上の高風速域において発散振動が発現している。迎角の影響は、吹き上げ風の迎角 $+3^\circ$ では $V/fB=1.5$ 付近での限定振動が消滅しており、吹き下げ風の迎角 -3° では $V/fB=1.5$ 付近での限定振動の振幅が 3 倍程大きくなっている。限定振動の振幅は、活荷重たわみ ($L/500=0.22\text{m}$) 以下の比較的小さい振幅であった。発散振動の発現風速は、吹き下げ風から吹き上げ風となるに従って低下する傾向が見られる。

ねじれ振動は、 $V/fB=2.0$ 付近で振幅の非常に大きい限定振動が、 $V/fB=3.2$ 以上の高風速域において発散振動が発現している。迎角の影響は顕著には認められない。

二重合成 I 桁橋の耐風特性は、既往の研究成果である鋼少数 I 桁橋の耐風特性²⁾ とほぼ同じ傾向を示している。二重合成 I 桁橋のねじれ限定振動の発現風速は約 40m/s であったが、これを鋼少数 I 桁橋（固有値解析：ケース 1）で設計した場合の発現風速は約 31m/s ($=40/1.3$) と推察される。つまり、二重合成 I 桁橋では、鋼少数 I 桁橋よりねじれ剛性が増加した分、耐風安定性が向上するものと考えられる。

4. まとめ

二重合成 I 桁橋の振動特性は、鋼少数 I 桁橋に比べてねじれ振動数が 3 割程度上昇することが分かった。二重合成 I 桁橋の耐風特性は、鋼少数 I 桁橋のものとほぼ同じ傾向を示し、 $V/fB=2.0$ 付近で大振幅なねじれ限定振動が発生するため設計上留意する必要がある。今回対象とした支間長 110m の二重合成複合ラーメン I 桁橋の耐風安定性は、複合ラーメン鋼少数 I 桁橋の支間長 85m 級と同程度であると考えられる。今後、構造減衰と乱流等の影響について検討して行く必要がある。

参考文献

- 1) 中野, 奥村, 大久保, 大山, 栗田: 鋼・コンクリート二重合成 I 桁橋の試設計および耐風安定性に関する検討, 第 6 回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp. 16-1~6, 2005. 11.
- 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, I-298, pp. 593-594, 2005. 9.

表-2 模型諸元

	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	$19.63\text{t}\cdot\text{s}^2$	$1.10\times 10^{-3}\text{kg}\cdot\text{s}^2$	$1.04\times 10^{-3}\text{kg}\cdot\text{s}^2$
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	0.017~0.025
	ねじれ 1 次	0.02	0.015~0.025

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。

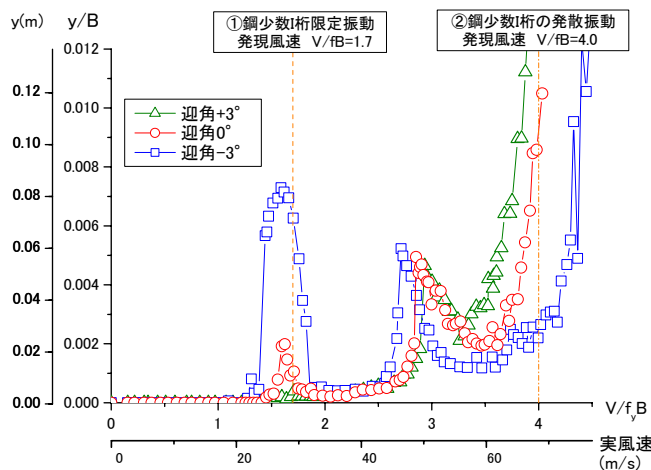


図-3 たわみ応答試験結果

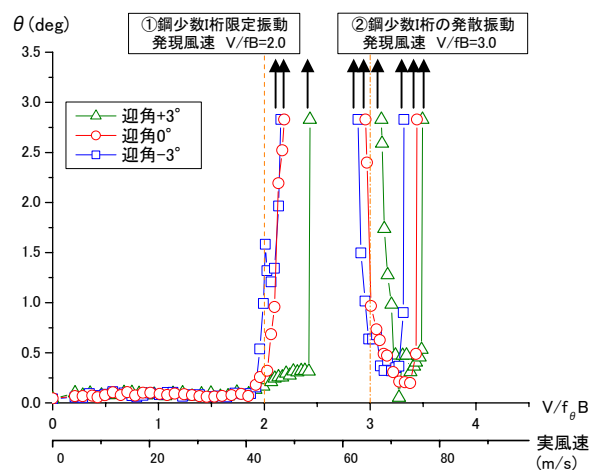


図-4 ねじれ応答試験結果