

混合斜張橋の鋼箱桁部を対象とした剥離干渉法の活用に関する研究

株式会社三井造船昭島研究所

三井住友建設鉄構エンジニアリング株式会社

株式会社三井 E&S マシナリー

正會員 ○須山 望

非會員 佐藤 長志, 佐藤 達也, 山崎 日南子

非會員 加藤 大基, 北島 鯉久人

1. はじめに

橋梁の空力特性を改善する手法として、剥離干渉法を活用した対策が数多く研究されている。本研究では、特に桁下面の空力干渉による改善に絞り、経済性や維持管理性、景観性に優れるとされる、隅切り及びプレートを活用した耐風対策に着目し、2次元模型を用いたばね支持試験を実施した。

桁下面側の斜め隅切りについて、剥離干渉法の観点からは、シャープエッジを用いた方が検討し易い。しかし実際の橋梁では、景観性や製作性なども考慮し、曲げ加工が採用される場合がある。そこで本研究において、まずは第2剥離点をR付形状とした場合の影響確認を実施することとした。

プレートを活用した耐風対策については、主桁下方の側面から水平にプレートを張り出す場合（以下、水平 PL）と、主桁底面から鉛直にプレートを張り出す場合（以下、鉛直 PL）の検討を行い、その効果を確認した。

2. 試験概要

ばね支持試験は、(株)三井造船昭島研究所の構造物用低速風洞にて実施した。対象とした橋梁は、桁幅 9.0m、幅員桁高比 $B/D=3.6$ の充腹箱桁断面を持つ鋼・コンクリート混合斜張橋¹⁾の架設系である。模型は縮尺 1/30 として製作した。本試験は、特にたわみ 1 自由度における渦励振に着目して実施した。振動諸元を表 1、耐風設計条件を表 2、供試断面形状の模式図を図 1 に示す。隅切りは、第 2 剥離点をシャープエッジとした場合と、実橋の曲げ加工を想定した断面の相似形状 (R165 相当) に加え、第 1 剥離点を変えない範囲で R を極端に大きくした断面 (R2500 相当) での比較を行った。プレートは、水平 PL、鉛直 PL それぞれについて、箱型断面の角とプレート端部が成す角を 20° 、 30° とした計 4 種の比較を行った。なお、迎角 α は 0° を基本とし、プレートの中で最も性能の良かった水平 PL 30° のみ、 $\alpha=\pm 3^\circ$ の計測も実施した。

表 1 振動諸元

項目		記号・単位	実橋	模型試験
縮尺			1/1	1/30
等価質量		m_e [kg/m]	10,900	12.11
等価極慣性モーメント		I_0 [kgm ² /m]	96,000	0.1195
振動数	たわみ	N_η [Hz]	0.28	2.15
構造減衰率	たわみ	δ_η	0.02	0.02
風速倍率	たわみ			3.92

表 2 耐風設計条件

項目	記号・単位	実橋値
設計基準風速	U_d [m/s]	36.5
鉛直たわみ渦励振に対する許容振幅	h_a [m]	0.124
渦励振照査風速	U_{vh} [m/s]	36.5

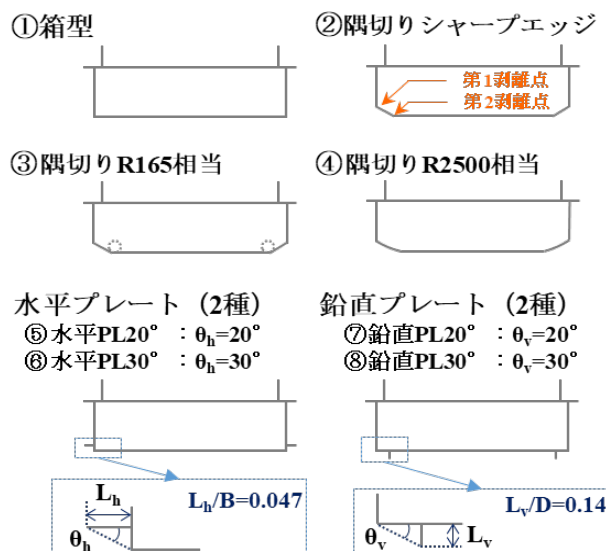


図 1 供試断面模式図

3. 試驗結果

3-1. 隅切りを R 付形状にした場合の影響確認

第2剥離点付近の形状を変更した3断面(②~④)の $\alpha=0^\circ$ におけるV-A_n特性を図2に示す。最も顕著に違いが現れたのは渦励振域における最大振幅で、大きい方から順に、R165相当、シャープエッジ、R2500相当

キーワード 斜張橋，耐風対策，剥離干渉法，ばね支持試験

連絡先 〒196-0012 東京都昭島市つつじが丘1丁目1番50号 (株)三井造船昭島研究所 TEL042-545-3115

となった。R165 相当は、模型で R5.5 となり、見た目ではシャープエッジと判別しにくい程の形状差であるが、剥離点の変化や、それに伴う後流渦の変化が、耐風応答特性に影響したと考えられる。また、模型試験では R2500 相当断面の耐風安定性が非常に良い結果となった。桁下面に大きな曲面を持つ断面について、高谷らの研究²⁾でも、良好な耐風安定性を示すケースが確認されている。風洞試験において模型と実橋のレイノルズ数を合わせることは困難であり、曲面を持つ断面で実橋の応答を議論するには注意が必要であるものの、これを活用した耐風対策の可能性が示された。

3-2. プレートの効果確認

箱型断面及びプレートを変更した 4 断面の $\alpha=0^\circ$ における $V-A_\eta$ 特性を図 3 に示す。プレート 4 種について、渦励振の発現する風速域は箱型と同程度であった。耐風対策効果が高かったのは、鉛直 PL30°と水平 PL30°であった。この 2 断面の $V-A_\eta$ 特性は概ね同等で、最大振幅値は箱型の約半分となり、前節の隅切り(②~④)には劣るものの、鉛直たわみ渦励振に対する許容振幅を下回る結果であった。

水平 PL30°について、迎角を変更した耐風安定性確認も実施した。水平 PL30°の迎角変更 3 ケースと、箱型断面の $\alpha=0^\circ$ における $V-A_\eta$ 特性を図 4 に示す。水平 PL30°について、 $\alpha=+3^\circ$ では、 $\alpha=0^\circ$ よりも振幅が小さくなることを確認した。一方 $\alpha=-3^\circ$ では、鉛直たわみ渦励振に対する許容振幅を大きく超え、箱型断面の $\alpha=0^\circ$ と同等の結果であった。

4. まとめ

本研究では、剥離干渉法を用いた耐風対策の内、経済性や維持管理性に優れる桁下面の隅切り及びプレートを活用した対策に着目し、2 次元模型を用いたばね支持試験を実施した。本検討により得られた結果を以下に述べる。

- 隅切りの第 2 剥離点を R 付形状とすることで、橋梁模型の耐風応答特性が変化することを確認した。特に、R2500 相当断面は安定性の向上が顕著であった。風洞試験において模型と実橋のレイノルズ数を合わせることは困難であり、曲面を持つ断面で実橋の応答を議論するには注意が必要であるものの、これを活用した耐風対策の可能性が示された。
- プレート 4 種の中で、迎角 0° における耐風対策効果が高かったのは、鉛直 PL30°と水平 PL30°であった。この 2 断面の $V-A_\eta$ 特性は概ね同等で、鉛直たわみ渦励振に対する許容振幅を下回る結果であった。
- 水平 PL30°を選択し、迎角 $\pm 3^\circ$ の耐風安定性確認した。迎角 $+3^\circ$ では安定であったが、迎角 -3° では安定性が悪化し、鉛直たわみ渦励振に対する許容振幅を超える結果となった。
- 迎角変更時にも安定性を保つ耐風対策や、曲面を持つ断面の活用に向け、更なる検討を今後の課題とした。

参考文献

- 1) 八木裕紀, 河本卓朗, 深谷茂広, 田中剛, 森野真之, 野田辰徳, 松田一俊: 鋼・コンクリート混合斜張橋用箱桁の耐風対策の検討—岩城橋—, 第 24 回風工学シンポジウム論文集, pp. 349-354, 2016
- 2) 高谷俊臣, 山田正己, 大村登喜夫, 大森龍一郎, 井上浩男, 赤瀬雅之: 幅員桁高比の小さい箱桁の耐風応答特性に関する検討, 土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集 第 1 部 (B), pp.1000-1001, 1994

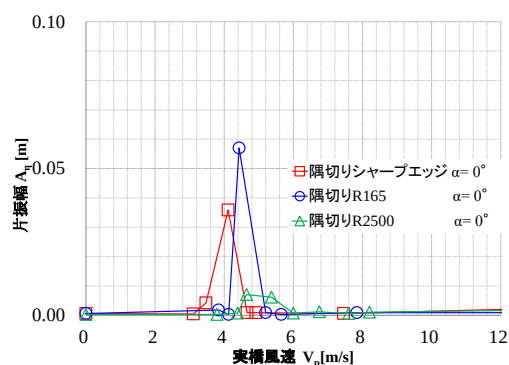


図 2 第 2 剥離点付近の形状影響比較

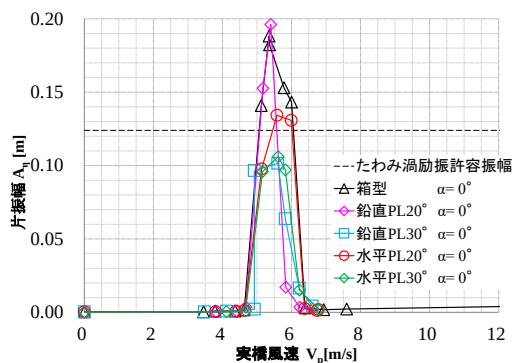


図 3 プレート 4 種の振動応答比較

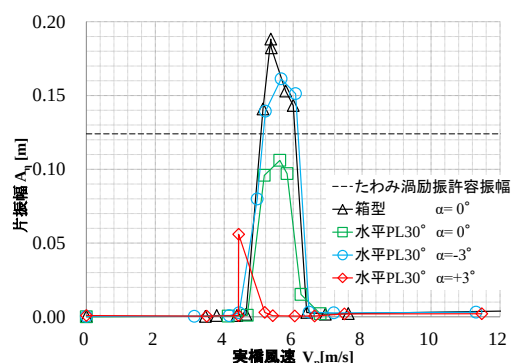


図 4 水平 PL30°における迎角影響比較