

TMD による並列橋梁の空力弾性振動の制振

九州工業大学 学生員○永島 寛之 正会員 久保 喜延 山口 栄輝
九州工業大学 正会員 加藤 九州男 北九州市 非会員 村松 俊之
福岡北九州高速道路公社 正会員 吉崎 信之

1. はじめに

近年、建設技術の向上により構造物のフレキシブル化や軽量化が進み、地震および風などの外力により構造物に振動が生じ易くなっている。このような振動を抑制するための対策の1つとして、*TMD(Tuned Mass Damper)*が挙げられる。TMD は、桁の空力不安定振動の制振対策として多くの実績があるが、並列構造物における複雑な空力現象に対しての研究はあまり例を見ない。昨年度、九州工業大学で行われた研究により、図1に示す並列高架橋の風洞実験において、並列構造が要因となる渦励振やギャロッピングが発生することが確認されている。そこで、本研究ではTMDを並列高架橋に設置して強制加振実験を行い、TMDの制振効果について実験的および解析的検討を行った。また、風洞実験も行い、その対風挙動について検討した。

2. 実験概要

既往の研究により、本研究において制振対象となったモードは、並列高架橋Ⅱ測線鉛直たわみ1次モードである。したがって、そのモードを対象としたTMDを設計、製作して各実験を行った。

(1) 強制加振実験 質量比は1~3%の範囲で、振動数比は最適振動数比を目標に、減衰比は0~0.05の範囲でTMDを製作した。強制加振の振動数は、外力振動数比 f_p/f_s (f_p : 強制加振の振動数, f_s : 模型の振動数(8.06Hz)) が0.80~1.20 (6.45Hz~9.67Hz)の範囲で行った。

(2) 風洞実験 質量比0.020, 振動数比0.985, 減衰比0.037のTMDをⅡ測線に設置して、風洞風速0.6~7.0m/sの範囲で、一様流中における応答を測定した。風向は、 $\beta=20^\circ$ と 180° について行った(図2)。

3. 結果と考察

(1) 強制加振実験 質量比0.020, 振動数比0.985, 減衰比0.037のTMDをⅡ測線に設置した場合の強制加振実験の結果を図3に示す。また、その時の構造物の応答に対するTMDの応答倍率を図4に示す。これらの図には最適TMDの諸元で解析を行った結果もあわせて示した。図3より、外力振動数比が0.91, 1.07の時に構造物の動的応答倍率が15程度となっており、大きな振動が生じている。しかし、様々な外力に対して安定した制振効果を保つには、この応答曲線ができるだけ平滑になることが重要であり、最適TMDの制振効果が高いことが確認できる。図4より、構造物に対するTMDの応答倍率は、TMDの固有振動数と外力の振動数が一致した時に最も大きくなり、減衰比の値が大きくなる(最適減衰比 $h_T=0.086$ に近づく)と小さくなる。図3と図4を比較すると、TMDの応答曲線が最大となる時に構造物の応答は小さくなっており、模型の振動エネルギーがTMDに伝わり消散されていることがわかる。また、実験結果と解析結果を比較すると、ほぼ同様の傾向を示していたため風洞実験を行い、その対風挙動について検討した。

(2) 風洞実験 風洞実験の結果を図5, 図6に示す。図5(a)の結果より、TMDが設置されていない場合、換算風速8で無次元倍振幅0.32程度の大きな振幅の渦励振が発生していた。しかし、TMDを設置すると対風安定性が大幅に向上して模型はあまり振動しておらず、換算風速11付近で無次元倍振幅0.01程度の渦励振と思われる振動が発生している。次に、図5(b)の結果について述べる。TMDをⅡ測線に設置している場合、設置していない場合共に、換算風速4付近から渦励振が発生しているが、振幅は無次元倍振幅でそれぞ

キーワード: TMD, 並列高架橋, 空力弾性振動, 制振効果

連絡先: 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel.(093)884-3109 Fax.(093)884-3100

れ 0.02, 0.07 程度であり, 異なる結果となった. それ以降の風速域での違いはあまり見られなかったが, 渦励振の振幅に差が出ていることから, II 測線に TMD を設置した影響が III 測線にも現れていると考えられる. 次に, 図 6(a) について述べる. TMD を設置していない場合, 換算風速 11 付近から模型が徐々に振動し始め, 換算風速 20 付近からギャロッピングが発生している. TMD を設置すると, 換算風速 11 付近では TMD は振動しているものの, 模型の振動はあまり見られなかった. さらに, ギャロッピングが発生した換算風速 20 以上では TMD の振幅は大きいものの, 模型の振動は換算風速 23 付近で無次元倍振幅 0.04 程度が最も大きかった. したがって, TMD はギャロッピングに対して, その振動を完全には抑制できないとしてもかなり低振幅の振動にまで抑えることが可能であると考えられる. 最後に, 図 6(b) について述べる. TMD を II 測線に設置していない場合, 換算風速 12 付近から徐々に振動が大きくなり, 換算風速 19 付近で無次元倍振幅 0.18 程度の振動が生じている. TMD を設置した場合も模型に振動は生じているものの, その振幅は全体的に小さくなっている. これは, II 測線の影響が考えられ, II 測線の振動により空気力に変動が生じたためであると考えられる.

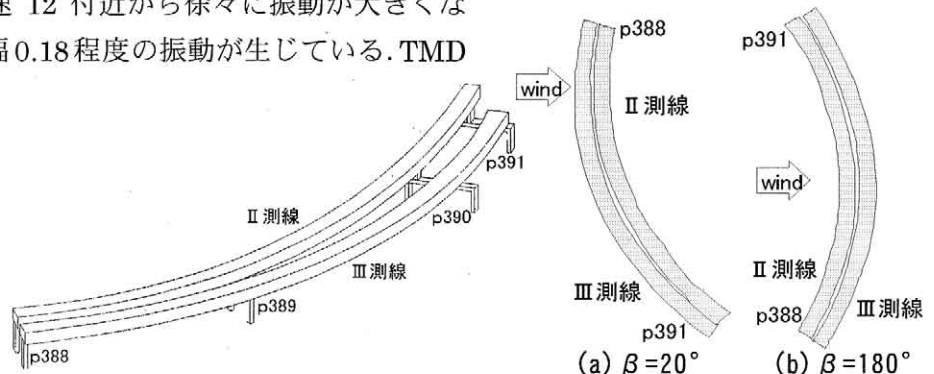


図 1 並列高架橋の概略図

図 2 実験パターン

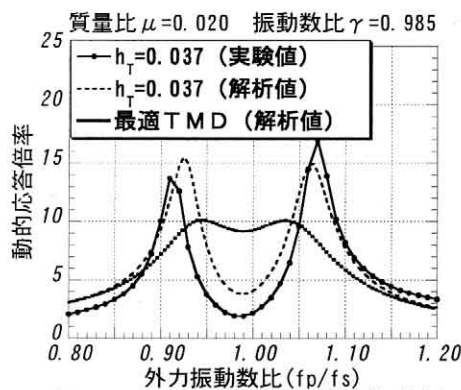
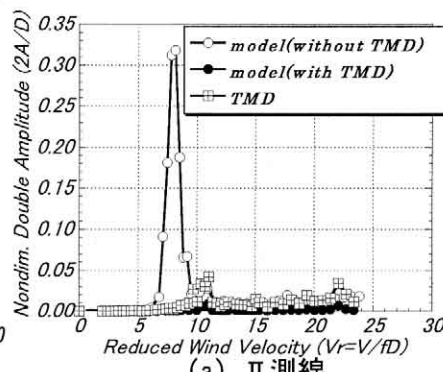
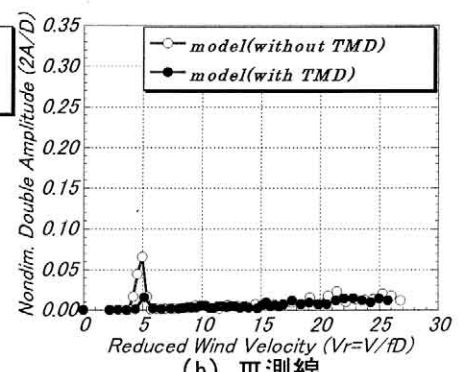


図 3 構造物の振動数応答曲線



(a) II 測線



(b) III 測線

図 5 たわみ振動応答図 ($\beta=20^\circ$)

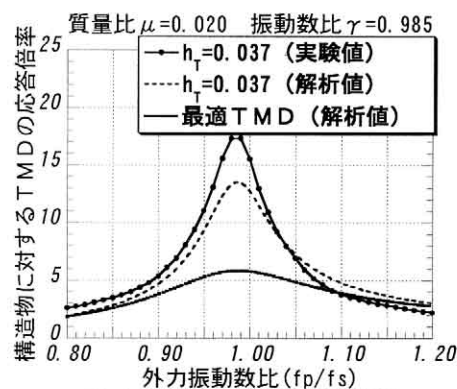
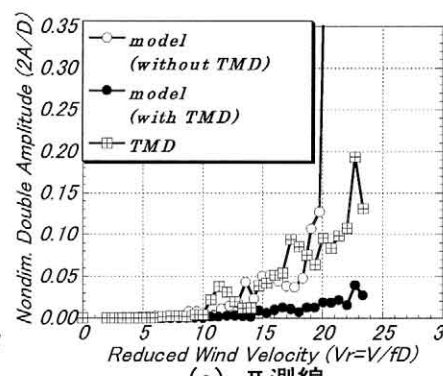
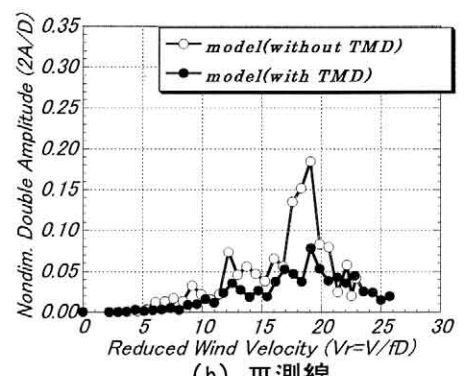


図 4 TMD の応答倍率



(a) II 測線



(b) III 測線

図 6 たわみ振動応答図 ($\beta=180^\circ$)

4. まとめ

- ・ TMD は渦励振の抑制に非常に効果があり, ギャロッピングに対してもかなりの制振効果が期待できる.
- ・ II 測線に TMD を設置してその振動が抑制されると, 空力的な干渉影響が III 測線に現れて III 測線の振動が小さくなる場合がある.
- ・ TMD は, 並列構造の空力現象に対しても制振効果を期待できる.