

梅沢橋(仮称)の耐風設計

NKK 正会員

東京都建設局

東京都西多摩建設事務所

綿引透

高木千太郎

大澤廣和

1. はじめに

梅沢橋(仮称)1)は、秩父多摩国立公園に建設されている多摩川を跨ぐ主塔をSRC構造、主桁を鋼構造とする2径間連続複合斜張橋である。本橋の一般図を図-1に示す。

本橋の桁断面を決定するに当たって耐風安定性を調べるために各桁断面案に対して風洞実験を行った。その結果、全ての桁断面においてたわみの渦励振が実風速10m/s程度で、ねじりの渦励振が4.5m/s程度で発生することが判明した。たわみの渦励振は、供用後において歩行者に対してかなり不快感を与えるものであると判断し制振対策を施すものとした。

制振対策として実績のある動吸振器(以下TMDと呼ぶ)とフラップ等空力的対策を比較し、経済性、制振性能からTMDが有利と判断しこれを用いるものとした。

ここでは本橋の風洞実験、TMDの設計について報告する。

2. 風洞実験

風洞実験は、桁断面の形状や制振対策部材の動的挙動に及ぼす影響を検討するため、細部の模型化が可能な2次元部分模型を用いたばね支持実験とした。模型の縮尺は1/30、模型長は1600mmである。

表-2に実験諸元と実験条件を示す。

気流は、一様流を用い、仰角は-3度、0度、+3度、+5度の4ケースとした。

実験断面は、箱桁数を1、2とし、それぞれブラケット有り無しの2ケースを対象とした。2箱桁のブラケット有りについては、さらに主桁間にカバープレートを付けたものを2種類追加し、全部で6断面とした。実験断面を図-2に示す。

各断面の仰角ごとのたわみの実振幅を図-3、4に示す。図より2箱桁、カバープレートを下フランジから上方に400mmずらしたケース(B2W1Y)が最も高い耐風安定性を示したため、これを基本断面として採用するものとした。本ケースの風速ごとのたわみ、ねじり振幅を図5に示す。

3. TMDの設計

TMDの採用を決定するのに先立ち、空力的対策についても検討した。B2W1Yに、空力的対策として実績のあるフラップ、スプリッタープレート、フェアリング、デッキ下プレート、スポイラー、デフレクターの6種類を取り付け風洞実験を行い制振効果を調べた。その結果、フラップのみが許容振幅内2)に収まったが、橋上からの眺望が著しく損なわれること、児童がフラップ上に乗った場合等の安全対策上の問題があることから採用を見送りTMDを用いるものとした。

本橋で用いるTMDの一般図を図-5に、諸元を表-2に示す。

TMDの設計に当たっては以下の2点がポイントとなった。

a. 所要制振性能をどのように設定するか。

風洞実験により、設定した許容振幅内に収めるためには構造減衰を対数減衰率で0.03程度とすれば良いことがわかった。これはTMDの有効質量比が0.1%以下で十分満足されるが、TMDの振幅が2m以上となり主桁内部に納めることが不可能となる。

そこで、有効質量をより大きくしてTMDが桁内に納められるようにするものとした。この時、新たな振幅の制限値として、既往の研究3)より80%以上の歩行者が特別不快感を感じない加速度8GALを採用するものとした。この値を満足するにはTMDの有効質量比は0.5%となる。この時、TMDの振幅は1cm程度であり十分に桁に格納が可能である。

また、橋梁の固有振動数の変化に対して制振性能が過度に敏感にならないように、TMDの減衰は最適チューニング状態よりも僅かに高めに設定した。図-6にTMDの性能線図を示す。図のハッチング部分が設計点となるが、TMDの減衰の最適値0.2~0.3の場合に比べ振動数変化に対してTMDの性能が鈍感になるのは明らかである。

b. TMDの制振性能は、架設後の桁の振動数、減衰に対応させる必要がある。対応の可能な構造の確立。

TMDは、橋面工も含めた架設完了後の桁の振動数に応じてチューニングする必要がある。本橋では、図-5に示す補助ばねを取り付けその位置を変化させることにより振動数を調整できるようにした。また、減衰についても同じくダンパーの位置により調整できるようにした。

桁への設置後の状態ではTMD単独の性能は測定できないので、予め補助ばね、ダンパーの位置ごとのTMD単独の振動数、減衰の変化を記録しておくものとした。図-7、8にそれぞれの位置ごとの振動数、減衰の変化を示す。

4. おわりに

斜張橋の完成後の桁の制振にTMDを用いるのは本橋が初めてである。本橋はまだ工事中であるため実構造物に於けるTMDの制振効果の確認は出来ないが、完成に先立ち振動実験を実施し確認を行う予定である。

また、TMDが常に正常に作動するようメンテナンスマニュアルを作成し、点検方法・箇所・時期について整理した。

参考文献

- 1) 田代、紅林、小林：梅沢橋（仮称）の計画・設計、橋梁と基礎、1992. 5
- 2) 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧（1991）
- 3) 梶川、小堀：動的応答から見た歩道橋の使用性に関する確率的考察、土木学会論文報告集、No 266 P51~61（1977. 10）

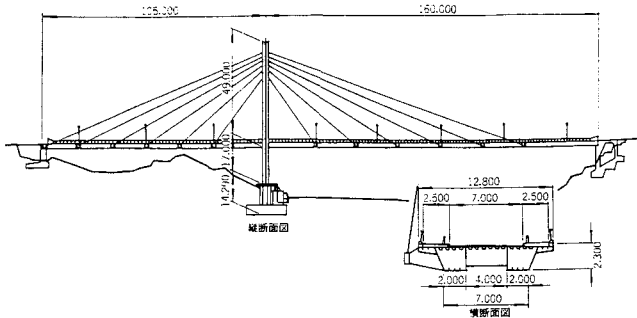


表-1 実橋諸元と実験条件 (B2W1Y断面)

種別	実橋値	原型所要値	試験値	偏差	許容値
総質量	1.348t・s ² /m	1.49t・s ² /m	1.491kgf・s ² /m	-0.4%	±2%
等価慣性モーメント	31.54t・m ² /m	0.0389kgf・m ² /m	0.0386kgf・m ² /m	-0.6%	±2%
振動数					
たわみ	0.461Hz	1.20Hz	1.95Hz	-	-
ねじれ	1.932Hz	6.0Hz	6.18Hz	-	-
振動数比	4.191	3.0	3.17	-	-
構造減衰					
たわみ	-	0.02	0.02	0.0	±0.005
ねじれ	-	0.02	0.02	0.0	±0.005

注：1)内は設定値を示す。

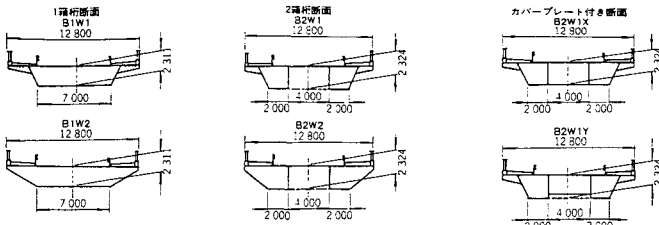


図-2 基本断面（実橋寸法，単位：mm）

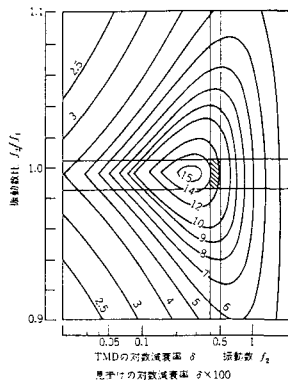


図-6 TMDの性能線図
（有効質量比0.5%、構造物の対数減衰率0.02）

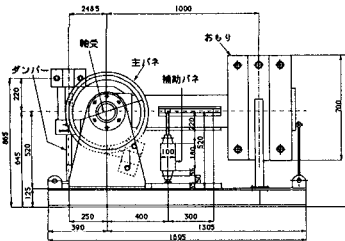


図5 TMD

表-2 TMDの基本諸元

数値	単位
振動数範囲	Hz
TMD取付け位置	左側中央付近
モード振幅	(0.90)
TMD取付け高さ	0.8~1.2
有効質量比	0.5
見掛けの対数減衰率	0.12以上
主桁の応答振幅	m
TMDの対数減衰率	0.45
TMDの振幅	m

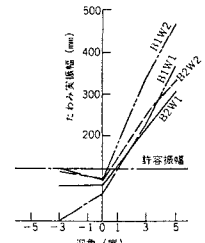


図-3 基本断面の耐風安定性の比較

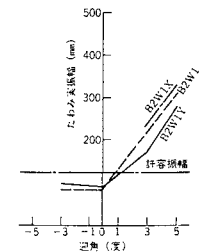


図-4 カバープレート付き断面の耐風安定性の比較

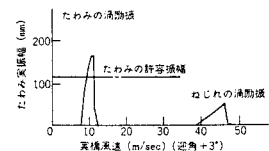


図-5 基本断面 B2W1Yの実験結果

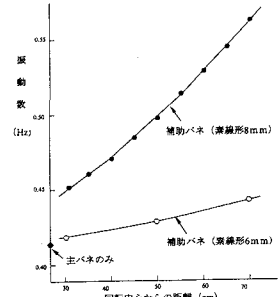


図7 振動数の変化

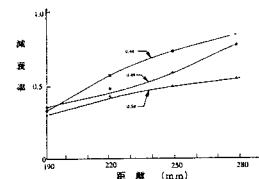


図8 減衰の変化