

I - 556

MONO-DUO形式による超長大吊橋の耐風安定化に対する基礎的検討

榎長大 ○正会員 森園 康之 東京大学 正会員 藤野 陽三
 東京都立大学 正会員 前田 研一 長岡技術科学大学 正会員 長井 正嗣

1. まえがき

中央径間長2,000mを超える超長大吊橋の設計では、充分な耐風安定性を確保することが最重要課題となり、所要のフラッター限界風速を得るために、振り剛性の高い補剛桁形式を選定したり、ケーブルシステムを工夫して橋体の振り剛性を高めるなどの種々の提案がなされている。MONO-DUO形式もその一つであり、主ケーブルの塔頂サドルを中央に集中して配置し、補剛桁の振り変形時における主ケーブル両面の橋軸方向相對変位を塔頂部で拘束することによって、橋体の振り変形に対する抵抗を増すことができる¹⁾。

本研究は、中央径間長2,500mの3径間2ヒンジ箱桁吊橋の試設計例を対象に、MONO-DUO形式および従来の基本形式に対応した2種の解析モデルに対する固有振動解析を実施してフラッター限界風速を概算し、両者の比較から、MONO-DUO形式による超長大吊橋の耐風安定化について基礎的な検討を行ったものである。

2. 検討条件と解析モデル

本研究では、中央径間長2,500mの3径間2ヒンジ箱桁吊橋の概略設計を行い、表-1に示す値を共通諸元として、MONO-DUO形式に対応する解析モデル（図-1参照）、および、従来の基本形式に対応する解析モデルを作成し、検討対象とした。

6車線を想定して主ケーブル中心間隔を橋端および中央径間中央で最大32mとし、主ケーブル断面の算定に当たっては、許容応力度として、 105kg/mm^2 （破断強度 210kg/mm^2 ，安全率2.0）の値を採った。また、補剛桁は、桁高7mの逆台形の鋼一室箱桁形式とした。

解析モデルの作成に当たっては、簡略化のために主塔部材をモデル化せず、主ケーブルは塔頂位置で鉛直および橋軸直角方向固定、橋軸方向可動の支点で支持されるものとした。その他、桁端および中央径間中央にはエンドステイおよびセンターステイも設けた。

また、MONO-DUO形式に対応する解析モデルでは、主ケーブル張力の橋軸直角方向水平成分とハンガー張力の同成分とが釣り合うように、主ケーブルの面外形状を決定した。

さらに、慣性質量については、主ケーブルについては鉛直方向、橋軸直角方向および橋軸方向慣性を、補剛桁については鉛直方向、橋軸直角方向および橋軸方向慣性に加えて回転慣性をそれぞれ考慮した。

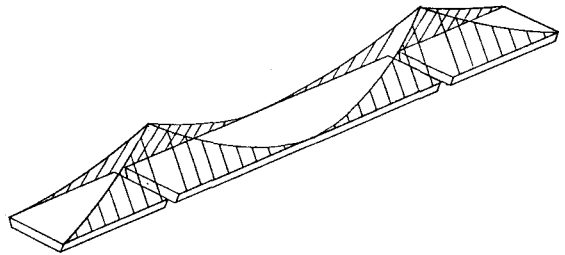


図-1 MONO-DUO形式概念図

表-1 共通構造諸元

形 式		3径間2ヒンジ吊橋
支 間 長	ケーブル	1000+2500+1000 m
	桁	980+2480+980 m
ケーブル	サグ比	1/10
	中心間隔	32m (最大)
	断面積	$0.5564 \text{ m}^2/\text{cable}$
	慣性質量	4.575 t/m (長さ方向当り)
ハンガー	断面積	$0.006 \text{ m}^2/\text{格点}$
	慣性質量	0.05 t/m
	間隔	中央径間24.8m 側径間24.5m
センター(エンド)ステイ断面積		0.2 m^2 (各径間1山)
主 桁	形式	鋼箱桁
	断面積	1.3 m^2
	鉛直曲げ剛性	11.0 m^4
	振り剛性	23.7 m^4
	慣性質量	23 t/m
	回転慣性	$2500 \text{ t m}^2/\text{m}$

3. 解析結果と限界風速の比較

固有振動解析結果の一部として、両形式に対応する解析モデルの鉛直たわみおよび振りの対称1次の振動モード図を図-2に、固有振動数及び等価質量を表-2に示す。

これらの図表から、MONO-DUO形式の場合は、対称1次振り振動モードにおいて、主ケーブルの橋軸方向相対移動が塔頂で生じず、基本形式の場合に比較して、固有振動数の値を約18%高くする効果があることが解る。

また、対称1次鉛直たわみ振動モードにおいては、当然、両形式ともに主ケーブルの橋軸方向移動が塔頂で生じ、MONO-DUO形式の固有振動数の値は基本形式に比べて約9%高くなることが解る。これは、MONO-DUO形式が、塔頂中央点に集中して定着された主ケーブルの面外形状と、それに伴うハンガーの傾斜によって、橋体の曲げ変形にもある程度影響を及ぼすことによるものと考えられる。

他方、逆対称1次振動モードについては、MONO-DUO形式の方が基本形式に比べて約4%振り振動数が高くなる程度で、鉛直たわみ振動数は両形式ともほぼ同じ値であり、MONO-DUO形式による影響は小さいことが解る。

表-3は、対称1次振動モードに着目し、

等価質量を用いて Selberg の近似式によりフラッター限界風速を概算した結果を示すものである。この表からは、MONO-DUO形式の方が基本形式に比べて、限界風速の概算値は約20%高くなることが解る。

4. あとがき

検討結果からは、

MONO-DUO形式によれば、特別な部材を追加することなしに振り固有振動数を高めることができ、超長大吊橋の耐風安定化を図るうえで効果的であることが確かめられた。空力特性により優れた補剛桁断面や、クロスハンガー形式などのケーブルシステムと併用すれば、さらに耐風安定性を高めることが可能と思われる。

今後は、静的構造特性の検討も行っていく予定である。

【参考文献】

1) Klaus H.Ostenfeld & Allan Larsen ; Bridge engineering and aerodynamics ; Aerodynamics of Large Bridges, Allan Larsen(ed.), Balkema, Rotterdam, pp.3-22, 1992.

基本形式 鉛直対称1次

基本形式 振り対称1次

MONO-DUO形式 鉛直対称1次

MONO-DUO形式 振り対称1次

図-2 対称1次振動モード図

表-2 固有振動数及び等価慣性質量の比較

		基本形式			MONO-DUO形式		
		振動数 Hz	鉛直慣性 t/m	回転慣性 tm ² /m	振動数 Hz	鉛直慣性 t/m	回転慣性 tm ² /m
対 称 1 次	鉛直	0.0647	32.58	—	0.0703	32.58	—
	振り	0.1681	—	4,941	0.1987	—	4,943
逆対称1次	鉛直	0.0674	38.92	—	0.0676	38.13	—
	振り	0.2782	—	5,739	0.2883	—	7,352

表-3 Selberg の近似式によるフラッター限界風速

	単位	基本形式	MONO-DUO形式
フラッター限界風速 (0.8V _s)	m/s	43.6	52.2