

京都大学 正 小西一郎 佐友重機械 正〇山本 孝雄
 京都大学 正 白石成人 東本鉄工所 正 伊藤 勤
 京都大学 学 垂水 國博

1. まえがき

フリ橋の軽量化ならびに長大化の傾向の中で、従来の形式のフリ橋に対してその剛性の不足が指摘されており、これに対処する新しい構造形式のフリ橋の一つとして、補剛機の剛性をケーブルの剛性で補ったデュアルタイプフリ橋が考えられる。本研究は、このデュアルタイプフリ橋を対象として有限変形理論を中心とした理論解析、および、模型の静的載荷実験、振動実験を行い、その二次元における力学的特性について検討を加えたものである。

2. 理論解析

有限変形理論による解析においては、任意形式ハンガーを有するデュアルタイプフリ橋を一種の骨組構造と考えて軸力部材における関係式を各節点間に適用し、デュアルタイプフリ橋の基本式を誘導した。メインケーブル、補剛機、サブケーブルに対する添字をそれぞれ、 m, t, s で表わし、各節点での運動方程式を立て、全体を行列表示すると、

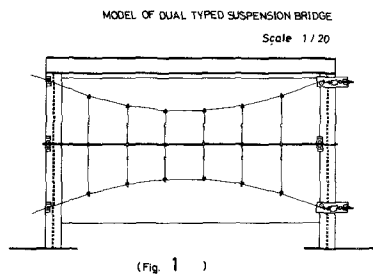
$$\begin{bmatrix} m^m & & & & & & \\ & m^t & & & & & \\ & & m^s & & & & \\ & & & m^t & & & \\ & & & & m^s & & \\ & & & & & m^t & \\ & & & & & & m^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}^m \\ \ddot{y}^m \\ \ddot{x}^t \\ \ddot{y}^t \\ \ddot{x}^s \\ \ddot{y}^s \\ \ddot{x}^s \\ \ddot{y}^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a^m + \bar{a}^m & c^m + \bar{c}^m & -a^m & -c^m & 0 & 0 \\ c^m + \bar{c}^m & b^m + \bar{b}^m & -c^m & -b^m & 0 & 0 \\ -a^m & -c^m & \bar{a}^m + \bar{a}^s + F & \bar{c}^m + \bar{c}^s & -a^s & -c^s \\ -c^m & -b^m & \bar{c}^m + \bar{c}^s & \bar{b}^m + \bar{b}^s + h & -c^s & -b^s \\ 0 & 0 & -a^s & -c^s & a^s + \bar{a}^s & c^s + \bar{c}^s \\ 0 & 0 & -c^s & -b^s & c^s + \bar{c}^s & b^s + \bar{b}^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x^m \\ y^m \\ x^t \\ y^t \\ x^s \\ y^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_k^m \\ V_k^m \\ U_k^t + U_k^s + U_k^s \\ P + V_k^t + V_k^s \\ U_k^s \\ V_k^s \end{bmatrix}$$

ただし、*は転置行列を示す。

となる。静的な基礎フリ合い方程式に対しては、上式の左辺の慣性力項を省略し、強制外力項を荷重項に置き換えればよい。くわしくは、文献を参照されたい。なお、計算にあたっては、上式は非線形方程式となることから、一般の非線形問題の解法が適用されるが、動的計算においては非線形項は無視している。

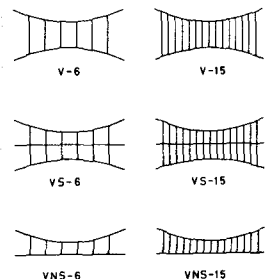
3. 模型実験

実験に用いた模型の概略図を Fig. 1 に示す。模型はスパン長 345 cm で高さは 160 cm を基準とし、ケーブルとして直径 2 mm のピアノ線、補剛機として断面 10 mm × 10 mm の鋼棒を用い、ケーブル張力はロードセルを、ハンガー張力はコノ字型金具に貼付したストレイ



(Fig. 1)

EACH TYPE OF MODEL



(Fig. 2)

ンゲージを通して測定した。なお、静的載荷実験ではトランジットを通して各節点の相対変位を読み取り、振動実験では剛性の弱いバネにコノ型金具を取り付け、それに貼付したストレーンゲージを通して振動波形を記録した。Fig.2に本実験で対象とした各タイプのうちおもなものを示す。

4. 結果ならびに考察

(1) 静的な場合

Fig.3,4は模型実験の結果において従来の形式のつり橋とデュアルタイプつり橋との比較をしたもので比較の基準としてデュアルタイプつり橋のサブケーブル張力に相当する重量を有する錘りを補剛構に付加したものをも従来の形式のつり橋としている。これによると、各節点変位、張力増分ともデュアルタイプの方が少なくなっており、とくに偏心載荷のような変化量が大きく生じる場合に対してその抑制効果が発揮されるものと考えられる。

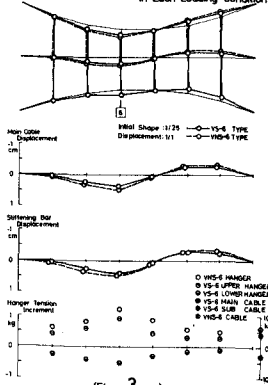
(2) 動的な場合

Table1,2に振動実験ならびに数値計算の結果を示す。一般にデュアルタイプの方が従来のタイプに比べて固有周期が小さくなっていることがわかる。Fig.5にPS-6タイプの理論初期形状において有限変形法の適用により得られた一次の逆対称、対称の振動モードを示す。黒丸は実験値を示す。さらにTable3に自由減衰振動実験の結果を示す。この場合にもデュアルタイプの方が対数減衰率が大きくなっていることがわかる。しかしながら、両タイプの比較においては節点金具等の影響が考えられることから、ただちにデュアルタイプの方が減衰性が優れていると断定はできないと思われる。

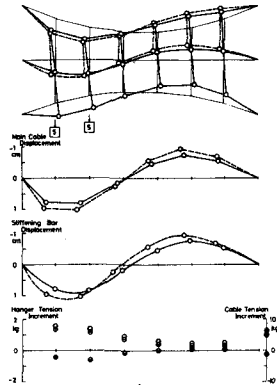
全体としてデュアルタイプつり橋の特性に関して、剛性の増大、それに伴う変形の抑制効果ならびに振動減衰性の向上がある程度明確に存在しているのではないかと考えられるが、今後さらに実橋との相似律に観点をおいてアプローチしていく必要があると思われる。なお、掲載できなかったものは、当日発表する予定である。

参考文献：後藤茂夫 有限変形法による吊橋の解法 土木学会論文報告集156号

Deformation of VS-6 and VNS-6 Type in Each Loading Condition



(Fig. 3)



(Fig. 4)

Result of Dynamic Experiment and Analysis

1st Asymmetric Mode

	EXPERIMENTAL		CALCULATED		NATURAL FREQUENCY (cycles/sec)	
	Period	Free Vibration	Period	Free Vibration	Period	Free Vibration
V-6 (L=100)	0.363	0.364	0.332	0.332	1.820	2.767
V-6 (L=150)	0.329	0.315	0.312	0.312	2.034	2.864
VS-6	0.270	0.274	0.215	0.215	3.701	3.649
VNS-6	0.235	0.235	0.205	0.205	2.983	2.982
VS-15	0.312	0.316	0.275	0.275	3.205	3.182
VNS-15	0.428	0.426	0.387	0.387	2.326	2.348

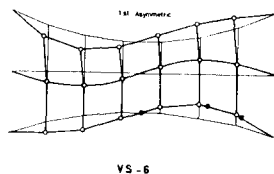
Note: In Calculated Value of Each Type.
1st row: by Free Deformation Method in Theoretical Shape.
2nd row: by Finite Deformation Method in Experimental Shape.
3rd row: by Deflection Theory in Theoretical Shape.

(Table 1)

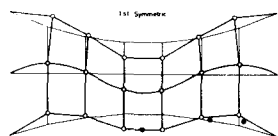
1st Symmetric Mode

	EXPERIMENTAL		CALCULATED		NATURAL FREQUENCY (cycles/sec)	
	Period	Free Vibration	Period	Free Vibration	Period	Free Vibration
V-6 (L=100)	0.258	0.260	0.230	0.230	3.875	3.840
V-6	0.268	0.272	0.251	0.251	3.754	3.678
VS-6	0.157	0.155	0.146	0.146	6.368	6.442
VNS-6	0.176	0.176	0.153	0.153	5.689	5.695
VS-15	0.182	0.181	0.169	0.169	5.208	5.262
VNS-15	0.231	0.232	0.188	0.188	4.321	4.318

(Table 2)



VS-6



(Fig. 5)

Experimental Results of Damping in Free Vibration

Logarithmic Decrement of Each Model

	V-6 (L=100)	V-6	VS-6	VNS-6	VS-15	VNS-15
1st Symmetric Mode	0.0112	0.0136	0.0228	0.0184	0.0239	0.0181
1st Asymmetric Mode	0.0133	0.0102	0.0175	0.0116	0.0100	0.0176

(Table 3)