

大阪大学大学院 学生員 ○小西英明 建設企画コンサルタント 正会員 武 伸明
建設企画コンサルタント 正会員 木谷紋太 大阪大学工学部 正会員 西村宣男

1. まえがき

世界各地で超長大吊橋の構想が進められており、吊橋の超長大化に伴う諸問題に対応するべく様々な新形式吊橋が提案されている。これまでの研究で新形式吊橋としてデュアルケーブルシステムを提案し、静的構造特性を明らかにしてきた。しかし、超長大吊橋の実現には静的問題のみならず、動的諸問題が重要性を増してくる。本文では中央径間長が3000m級の単径間吊橋を対象として、周期的な外力に対する従来システムとデュアルケーブルシステムの基本的な動的応答特性を比較し、デュアルケーブルシステムの可能性について考察する。

2. 解析手法

3次元骨組みモデルを作成し強制外力を与え動的応答を解析した。強制外力として時間領域の周期関数である余弦波を用いて $F = A \cos(\omega t)$ で与えるものとする。余弦波の円振動数 (ω) は自由振動解析により求めたものを用いており、荷重の大きさを制御する定数は $A=0.2$ (鉛直, 水平), 0.8 (ねじり) とした。強制外力として鉛直, 水平, ねじりの3成分を考えた。運動方程式は Updated lagrangian で定式化しており、時間積分には Newmark's β 法を用いるものとする。

3. 解析モデル

解析モデルとしては、従来型システム (TYPE-S) とデュアルケーブルシステム (TYPE-D) を考えている。デュアルケーブルシステムとは補剛桁下部にサブケーブル, サブハンガーを配置し、プレストレスを導入することで剛性に与える効果を期待したケーブルシステムである。解析モデルの断面図を図-1にデュアルケーブルシステムの一般図を図-2に示す。プレストレスはサブハンガー1本当たり15tf (補剛桁自重の4.5%) を考えた。中央径間長はそれぞれ3000mであり、側径間と中央径間長の比率は0.2:1.0とした。

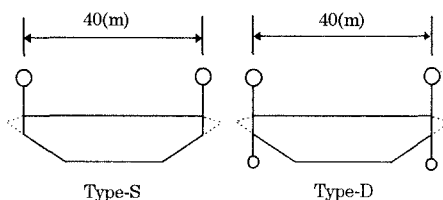


図-1 解析モデル断面図

4. 解析結果

4.1 自由振動解析結果 解析結果を表-1, 図-3に示す。鉛直・水平曲げに関してはTYPE-Dの固有円振動数は高くなっており、プレストレスにより剛性が高くなっていることが分かる。ねじりに関しては固有円振動数は低くなっている。これは総極慣性モーメントに占めるケーブルの極慣性モーメントの値がTYPE-Sで53%であるのに対し、TYPE-Dでは59%と高くなっていることに起因する。

表-1 自由振動解析より求めた固有円振動数

	TYPE-S	TYPE-D
鉛直対称1次	0.4990(0.5001)	0.5029(0.5041)
水平対称1次	0.2150(0.2141)	0.2246(0.2235)
ねじり対称1次	1.0181(1.0399)	0.9973(1.015)

注) カッコ内は固有値解析結果

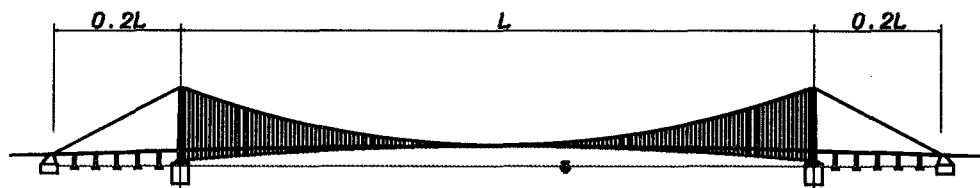


図-2 デュアルケーブル吊橋一般図

Hideaki KONISHI, Nobuaki TAKE, Monta KITANI, Nobuo NISHIMURA

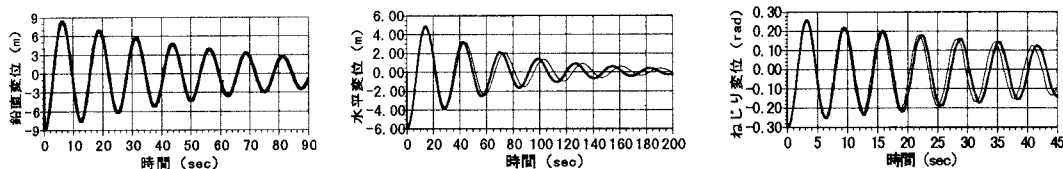


図-3 自由振動解析結果

注) 図中太線はTYPE-D、細線はTYPE-Sを表す。

4.2 動的応答解析 鉛直成分の強制外力による鉛直応答変位を図-4に示す。両タイプともに似かよった応答を示しているが、TYPE-Dの応答変位が若干小さくなっている。ケーブル構造物は一般にケーブルの緊張により剛になることが知られている。従ってケーブルが弛緩する方向の振動が卓越することになり、振動中心は鉛直上側にずれており、ケーブル張力による非線形性が現れている。水平成分の強制外力による水平応答変位を図-5に示す。TYPE-DはTYPE-Sに比べ10%程度抑制されている。水平変位に伴う鉛直応答変位を図-6に示す。

TYPE-DはTYPE-Sに比べ水平変位が抑制されることより鉛直応答も抑制されている。また鉛直応答変位の最小値（水平変位がゼロの時刻に相当する）は定常振動を行うまでは小さくなっている。ケーブル張力に着目すると静的つり合い状態において平均して160141tfであったのに対し、鉛直方向に負の最大応答を示す時には162512tfとなっており、ケーブルの伸びによる変化と考えられる。また、ねじり成分の強制外力によるねじり応答変位を図-7に示す。TYPE-DはTYPE-Sに比べ大きな振幅で振動している。これはサブケーブルの極慣性モーメントの増大に起因するものと考えられる。

5. まとめ

デュアルケーブルシステムはプレストレスの効果により、水平応答変位を抑制する効果を持っている。極慣性モーメントが増加するため、ねじりに関しては動的応答が大きくなることが明らかとなった。強度重量比の大きい材料を適用するなどして、ケーブルによる極慣性モーメントを抑制することができれば、デュアルケーブルシステムは超長大吊橋に適したケーブルシステムとなりうる可能性がある。

《参考文献》西村宣男、小西英明、武 伸明、木谷紋太：新形式吊橋の構造特性の比較，土木学会関西支部年次学術講演会概要集，1996.5

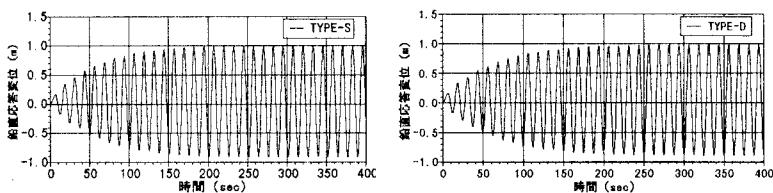


図-4 鉛直応答変位

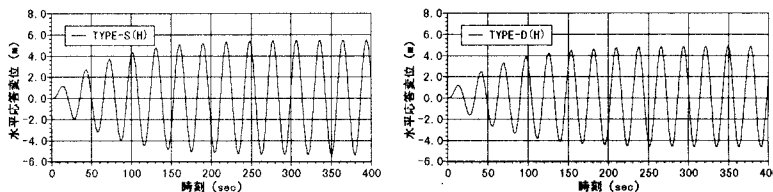


図-5 水平応答変位

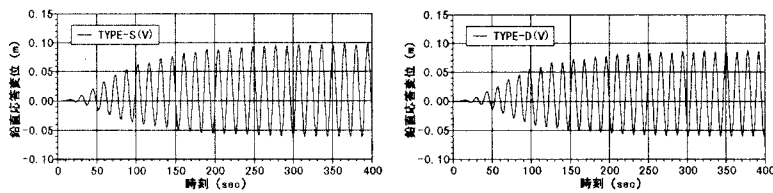


図-6 水平応答変位に伴う鉛直応答変位

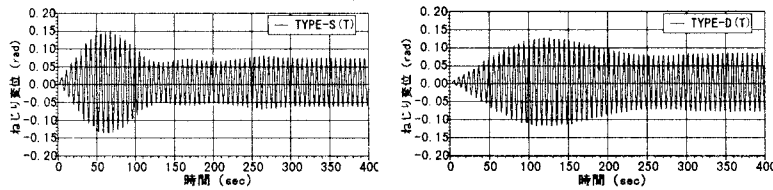


図-7 ねじり応答変位