

地震時の2径間吊橋におけるステイケーブルの有効性

九州大学 学生会員○山内春絵 学生会員 崔 準 祐
九州大学 フェロー 大塚久哲 正会員 宮森保紀
住友重機械工業株式会社 正会員 吉田達矢

1. はじめに

吊橋においてステイケーブルは、強風時の桁とケーブルの相対変位を抑制するほか、地震時にも補剛桁の変位を抑制することなどで耐震上の効果も確認されている。しかし耐震補強用部材としてのステイケーブルの配置方法や有効性についての詳細な考察はあまり行われていない。また、メインケーブルの損傷を防ぐため、ある張力でステイケーブルを破断させる設計としている吊橋もあり、その点の検討も必要である。本研究では、2径間吊橋において5パターンのステイケーブルを想定した地震時動的応答解析によって、効果的な配置形状や耐震有効性を比較し、メインケーブルの張力への影響という観点から検討を行った。

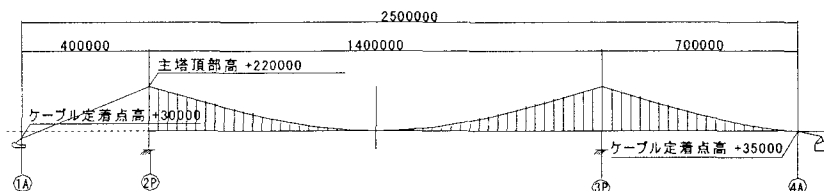


図-1 解析対象橋梁

2. 解析モデル及び解析手法

(1) 対象橋梁の概要

本研究で対象とした吊橋は、図-1に示す中央径間1400m、側径間700m、サグ比1/10の補剛箱桁吊橋である。片側の側径間が短く、その側径間はハンガーロープを配置しない2径間2ヒンジの形式とした。補剛桁は鋼床版箱桁、主塔はRC ラーメン主塔とした。

支点拘束条件

アンカレイジ、タワー基礎:固定
ウィンドウタング:橋軸直角方向拘束
タワーリンク:上下方向拘束

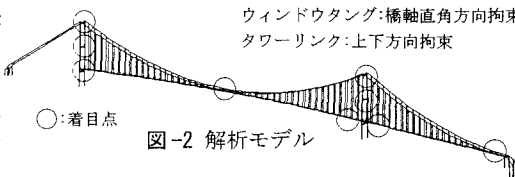


図-2 解析モデル

(2) 解析モデル及び解析条件の設定

図-2に解析モデルを示す。補剛桁、主塔は梁要素で、ケーブルは材料非線形性を考慮したケーブル要素とした。本研究で用いた入力地震波を表-1に示す。タイプⅠ地震動は1987年宮城県沖地震における開北橋周辺地盤での観測波、タイプⅡ地震動は1995年兵庫県南部地震におけるJMA神戸の観測波である。タイプⅠ、タイプⅡそれぞれにおいて3方向同時加震を行った。解析手法は直接積分法のNewmark β 法($\beta=0.25$)を用いた。積分時間間隔は0.001秒であり、応答解析時間は30秒である。地盤はⅠ種地盤を想定しており、減衰はRayleigh減衰を用いた。RC主塔の非線形復元力特性はトリリニア型武田モデルを採用し、幾何学的非線形性を考慮して解析を行った。

表-1 入力地震波

	名称	加震方向	最大加速度
タイプⅠ (3方向同時加震)	開北橋 周辺地盤	橋軸方向	318.8gal
		橋軸直角方向	319.9gal
		鉛直方向	168.9gal
タイプⅡ (3方向同時加震)	JMA神戸	橋軸方向	812.0gal
		橋軸直角方向	765.9gal
		鉛直方向	406.0gal

(3) 解析ケース

本研究では5パターンのステイケーブルの配置を想定し、ステイケーブルがない場合とあわせて6ケースのモデルで解析を行った。図-3にそれぞれのモデル図を示す。Case0はステイケーブルがないモデルであり、Case1はステイケーブルを逆V型に

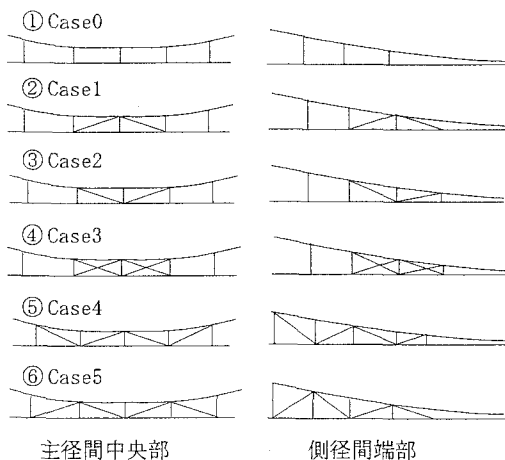


図-3 解析モデル(ステイケーブル)

とりつけた一般的なモデル, Case2はV型にとりつけたモデルである. Case3, 4, 5はCase1, 2に比べステイケーブルの本数を倍にしており, Case3はX型, Case4はW型, Case5は逆W型にとりつけたモデルである.

3. 解析結果及び考察

(1) 最大応答変位

図-4, 図-5はそれぞれタイプI加震時, タイプII加震時の各ケースの橋軸方向の最大応答変位を比較したものである. 補剛桁に関して, ステイケーブルがあるモデルの応答値が小さくなっており, 特に側径間においてその効果が認められる. 主塔の応答量も考慮すると, Case3が耐震上最も有効な配置であると考えられる.

(2) 軸力

最大応答変位の結果をふまえて, タイプI地震時におけるCase0とCase3のメインケーブルの軸力を比較する. 図-7, 図-8に図-6に示す着目点におけるメインケーブルと, Case3におけるステイケーブルの軸力時刻歴を示し, 表-2に最大軸力を示す. 時刻歴波形の周期や表-2の最大軸力は両ケースでほぼ等しい. また, メインケーブルの降伏張力は277,000kNであり, Case0, Case3ともに降伏にいたっていない. ステイケーブルに関しても降伏値は超えているが破断はしていない.

表-3に最大振幅を示す. ケーブルにおいて大きな軸力の変動は疲労の原因になると考えられるが, 側径間端部においてCase3の値がCase0に比べ最大5,000kN程度大きい. メインケーブルの断面積は約2,000cm²であるため応力にして2.5kN/cm²程度の差と考えられる.

4. まとめ

本研究では, 想定した5パターンのステイケーブルの耐震上の有効性を比較し, さらにメインケーブルの張力の影響という観点から検討を行った.

解析の結果, Case3のステイケーブルをX型にとりつけたモデルが耐震上最も効果的であった. また, ステイケーブルの存在がメインケーブルの最大軸力に与える影響は小さいが, 軸力の最大振幅に関しては, Case3の方が最大5,000kN程度大きくなるのがわかった.

参考文献

- 1) 大塚久哲, 崔潤祐, 山平喜一郎: 長大吊橋の地震応答特性に関する研究, 地震工学論文集, Vol.27, CD-ROM, 論文番号77, 2003.
- 2) 大塚久哲, 楠田広和: 吊橋の幾何学的非線形を考慮した地震応答解析および耐震性向上策の検討, 構造工学論文集, Vol.49A, pp521-530, 2003.
- 3) 土木学会: ケーブル・スペース構造の基礎と応用, 1999.

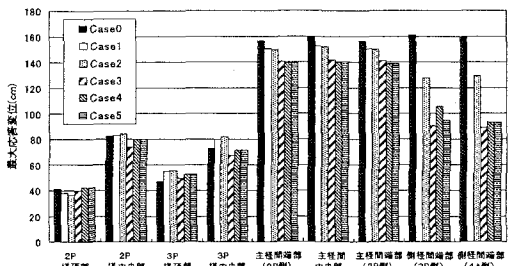


図-4 最大応答変位の比較 (タイプI加震時)

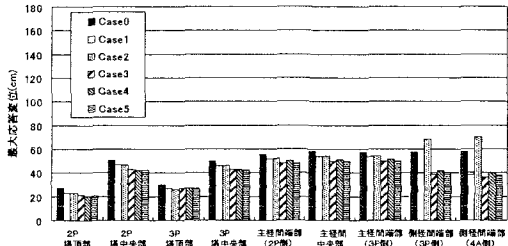


図-5 最大応答変位の比較 (タイプII加震時)

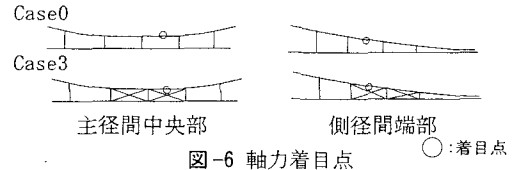


図-6 軸力着目点

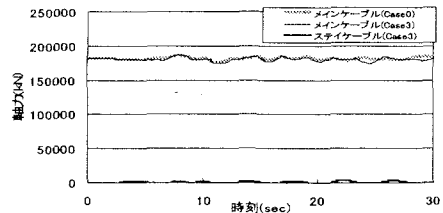


図-7 軸力時刻歴 (主径間中央部)

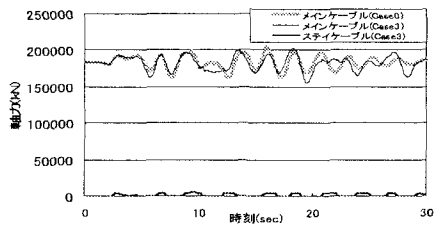


図-8 軸力時刻歴 (側径間端部)

表-2 最大軸力

メインケーブル (kN)			
	主径間中央部	側径間端部	降伏張力
Case0	186000	205000	277000
Case3	187000	203000	

ステイケーブル (Case3) (kN)			
	最大張力	降伏張力	破断張力
主径間中央部	3260	2640	3530
側径間端部	5170	4550	6070

表-3 最大振幅

	メインケーブル (kN)	
	主径間中央部	側径間端部
Case0	10000	42000
Case3	13000	47000