

吊橋におけるRC主塔の耐震性に関する研究

九州大学大学院 正員 ○崔 準祐
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
九州大学大学院 学生員 楠田広和

1. まえがき

吊橋の主塔に関しては、自重が重いことによる耐震性や施工上の問題等から日本では鋼製主塔が主流になっている。しかし、吊橋の主塔には鉛直力が支配的に作用するため、主塔の材料として圧縮力を容易に伝達できるコンクリートも適切な材料であり、世界の長大吊橋でグレードベルト橋、青馬大橋などはRC主塔を採用している。また、近年開発された高強度コンクリートや高強度鉄筋により、大地震にも対応できると考えられる。

本研究は、橋長1175mの吊橋に対してRC主塔の試設計を行い、吊橋全体系での非線形応答解析により、その耐震性を検討したものである。

2. 解析条件

今回解析対象とした道路吊橋は、中央支間750m、サグ比1/10、橋長1175mの3径間2ヒンジ箱桁吊橋である。桁幅が19mと狭く、中央支間長750mとの比が約1/40であるなど、非常にスレンダーな構造である。なお、本橋は2Pと3Pの支持層の位置が異なる等の地盤条件で主塔基礎形式が異なり、また支間割が255m+750m+170mと中央径間に対して側径間が短い非対称橋梁となっている。

図-1は解析モデルを示したものである。桁、主塔ははり要素で、杓、地盤はばね要素で、ケーブル

はトラス要素でモデル化した。減衰にはレーリー減衰を用い、非線形復元力特性はバイリニア武田モデルとした。入力地震動はType IIのI種地盤の標準地震波を用いた。

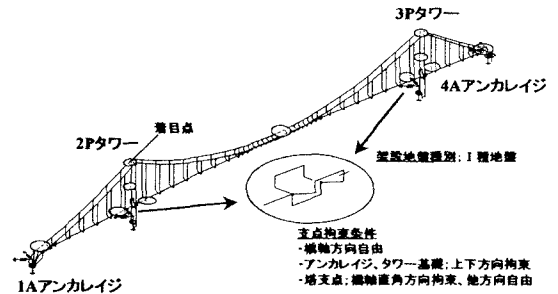


図-1 解析モデル

3. 主塔断面の試設計

主塔は高さ119.45m、3段の水平梁を有する上層2層ラーメン形式である。塔柱間隔は、塔頂部で16m幅、塔基部で19m幅の斜塔形式を採用し、塔柱寸法は基部では4.5m×3.3m、塔頂部では3.5m×3.3mとなるように主塔高さ方向について断面を漸減している。

既設橋梁の鋼主塔基部断面を参考にし、それと同等な降伏曲げモーメントを有する主塔断面の試設計を、平成8年道路示方書V耐震設計編を参考にして行った。^{1),2)}塔柱のコンクリートは設計基準強度が50N/mm²の高強度材料、鉄筋は降伏強度が295N/mm²のSD295Aを使用した。図-2は主塔基部の断面を示す。塔柱断面は塔基部から塔頂部までの全区間を中空の2室断面とし、主塔自重の軽減を図った。塔柱の全区間に渡ってコンクリートや鉄筋は同一な材料を用い、基部から6m区間の塑性ヒンジ区間では軸方向鉄筋の継手がないように配筋した。なお、帯鉄筋は軸方向鉄筋と同一の材料(SD295A)を使用し、7.5cm間隔で配筋した。また、帯鉄筋の効果を高めるため、断面の外側と内側に配筋される軸方向鉄筋と帯鉄筋を取り囲むように中間帯鉄筋を配置するものとした。

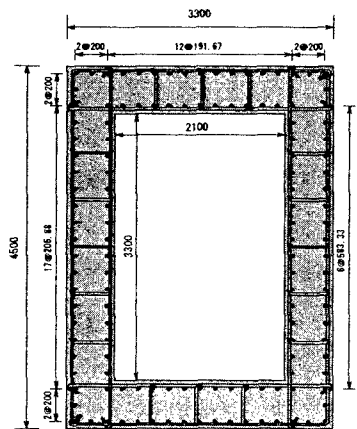


図-2 主塔基部の断面

4. 解析結果

(1) 固有値解析

吊橋全体系の固有値解析を行った結果で、主塔の変位モードが卓越する固有振動数を表-1に示す。RC主塔の固有振動数が0.763Hzであるのに対し、鋼製主塔の固有振動数が0.942Hzであり、鋼製主塔の方が固有振動数が2割ほど高い。一方、ねじれ1次モードでの固有振動数には鋼製主塔とのRC主塔の差がほぼないことが明らかとなった。また、主桁振動モードについては両者の固有振動数はほぼ一致した。

(2) 耐震性の検討

図-3、図-4は、図-1に示す着目点において、それぞれ、橋軸方向加震、橋軸直角方向加震に対する最大応答変位を示したものである。橋軸直角方向には3P塔頂部で6cmほど大きくなるなど、鋼製主塔の値を上回るが、全着目点での結果はほぼ同等である。これらの結果から、地震応答特性には主塔の材料の影響が小さいと言える。

一方、図-5は、それぞれ、橋軸方向、橋軸直角方向に加震した場合の主塔の応答曲げモーメントである。橋軸方向でRC主塔の断面力が主塔上層部でひび割れ値を超える結果となったが、降伏耐力には達しないことがわかった。また、橋軸直角方向にもRC主塔の応答断面力がひび割れ値水準で収まる結果となった。自重による影響でRC主塔の応答値が鋼製主塔より大きい結果になったが、ひび割れモーメントを超えた程度であり、RC主塔も鋼製主塔と同等な耐震性を有するといえる。

5. まとめ

コンクリート製主塔を有する吊橋の非線形地震応答解析を行い、その耐震性を鋼製主塔採用モデルと比較した。対象とした吊橋に橋軸方向に地震動が作用した場合、主塔の上層部において局部的に応答曲げモーメントがひび割れ値を超えるが、降伏耐力にはかなり余裕があり、RC主塔は鋼製主塔と同等の耐震性を有するといえる。また、固有値解析結果と主塔の最大応答変位を鋼製主塔の場合と比較したところ、解析結果にほぼ差がなく、吊橋全体系での地震応答特性に主塔の材料はほとんど影響しないことがわかった。以上のことから吊橋においてRC主塔採用の可能性は十分にあると考えられる。今後、地盤の塑性化を考慮した地盤ばねの設定を行い、主塔単体の動的解析を進めて行く予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編、平成8年12月
- 2) 大橋 治一：ニューカルキネツ橋の設計、橋梁と基礎、2001.6

表-1 固有振動数の比較

モード形状	固有振動数 (Hz)	
	鋼製主塔	RC主塔
主塔同位相1次	0.942	0.763
主塔逆位相1次	0.952	0.769
ねじれ1次	0.528	0.535

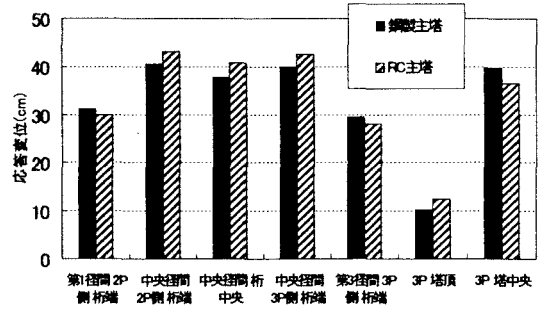


図-3 最大応答変位比較 (面内)

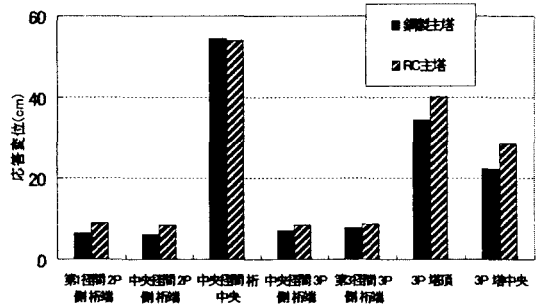


図-4 最大応答変位比較 (面外)

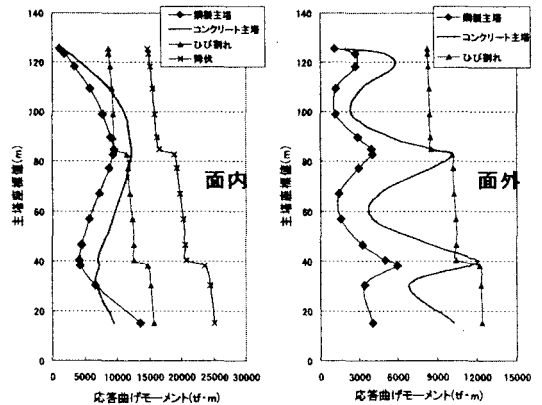


図-5 応答曲げモーメント