

長大吊橋のRC主塔の耐震性検討

建設省土木研究所 正会員 林 昌弘

建設省土木研究所 正会員 運上茂樹

1. はじめに

これまで明石海峡大橋を始めとするわが国の長大吊橋には鋼製主塔が採用されている。しかし、海外ではグレートベルトイースト橋（デンマーク）やハンバー橋（イギリス）、青馬橋（香港）のようにコンクリート製主塔を採用した事例も増えている。これは主に工費・工費といった経済性によると考えられるが、わが国では自然環境、特に地震や風の条件が厳しく、ケーブル反力が作用してくるまでのフリースタンディング状態の設計が非常に厳しくなることが最大の要因とされている¹⁾。

一方、今後計画されている海峡横断プロジェクト等では、さらなるコスト縮減が求められるため、経済性で優れているとされるコンクリート製主塔の採用も検討されつつある。本文ではコンクリート製主塔の地震時挙動特性、特に曲げにおける耐震性について時刻歴動的解析により検討を行った。

2. コンクリート製主塔の時刻歴動的解析

コンクリート製主塔の耐震性について検討するために支間長2,300m程度の吊橋を想定し、高さ290mの主塔を対象に非線形時刻歴動的解析を行った。解析モデルを図-1に、解析にあたっての条件を以下に示す。なお、本橋の断面は常時の荷重に対する設計により決定した断面となっている。

(1) 主塔構造：鉄筋コンクリート製中空2室断面（高さ291m、水平梁4段）

コンクリート $\sigma_{ck}=80\text{kN/mm}^2$

鉄筋 SD490

(2) 材料非線形性（M- ϕ モデル）、幾何学非線形性を考慮

高強度コンクリートの応力-ひずみ関係については、文献2) 3) で提案されている式を用いた。

(3) 入力地震波：道路橋示方書V耐震設計編に規定されるプレート境界型地震を考慮したタイプ1地震動（I種地盤）⁴⁾

(4) 主ケーブルによる拘束については、橋軸方向は塔頂にバネとしてモデル化、橋軸直角方向はフリー

(5) 塔柱部材・水平梁部材は非線形モデル、基礎部（橋脚部およびフーチング）は剛体

(6) 基礎下端地盤の影響は線形バネモデル化

(7) 減衰はRayleigh型減衰を仮定（構造減衰2%、剛部材は5%、地盤の線形バネは20%）

3. 解析結果

対象としたコンクリート製主塔の固有振動解析結果を表-1に示す。1次固有周期は、橋軸方向に対しては2.8秒、橋軸直角方向に対しては3.5秒である。

地震応答解析から求められた主塔の主要部分において発生する最大曲げモーメントを表-2に、主塔全体において曲げによる非線形性が発生した部分を図-2に示す。橋軸方向に地震入力を行った場合には、主塔基部及び第3水平梁付近の主塔部材においてひびわれを越えるモーメントが発生するが、降伏にはまだ十分に余裕があり、主塔基部に着目すると降伏モーメントの75%のモーメントが発生している。

一方、橋軸直角方向に地震入力を行った場合には、主塔柱部については基部および第1水平梁部分、第3

キーワード：長大橋、コンクリート製主塔、耐震検討、非線形動的解析

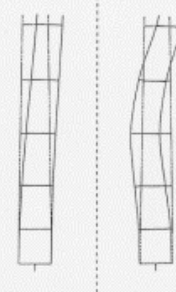
連絡先（つくば市旭1番地・電話 0298-64-4966・FAX 0298-64-4424）

水平梁部分においてひび割れが生じるが、橋軸方向と同様に降伏までにはまだ十分に余裕がある結果となった。水平梁については、いずれについても降伏を越える結果となるが、最大でも降伏曲率の2倍程度の曲率が生じる程度であり、終局に対しては余裕がある結果となった。

4. まとめ

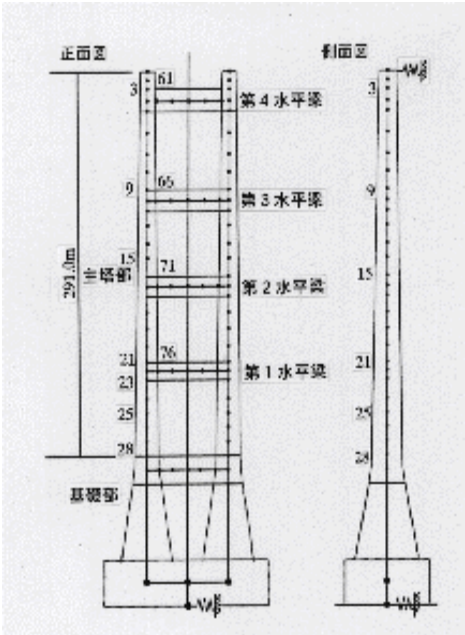
コンクリート製主塔の地震時挙動特性を非線形時刻歴動的解析により検討した。道路橋示方書に規定されるプレート境界型の大規模地震を考慮したタイプ1地震（I種地盤）を入力した場合には、橋軸方向については、全ての部材が降伏モーメント以下、橋軸直角方向については、主塔の柱部材は降伏モーメント以下、水平梁部材は降伏モーメントをわずかに越える結果となった。

表－1 R C主塔の固有値解析結果

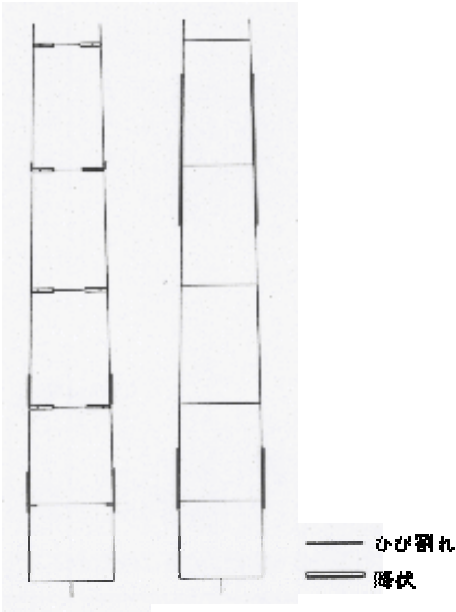
振動方向	橋軸方向		橋軸直角方向	
	1次	2次	1次	2次
固有周期	2.795 s	1.405 s	3.525 s	1.003 s
モード図				

表－2 部材に発生する最大モーメント

橋軸方向	部材番号	ひび割れM(kNm)	降伏M(kNm)	終局M(kNm)	発生最大M(kNm)
塔柱	3	1347000	3013000	3565000	495543
塔柱	9	1962000	4357000	4997000	2501525
塔柱	21	3332000	6812000	7869000	2562593
塔柱	25	3886000	7540000	8788000	4521516
塔柱	28	3948000	7938000	9509000	5896049
橋直方向	部材番号	ひび割れM(kNm)	降伏M(kNm)	終局M(kNm)	発生最大M(kNm)
塔柱	3	1085000	2370000	2830000	70266
塔柱	9	1565000	2985000	3428000	1572296
塔柱	15	1878000	3441000	3890000	1739082
塔柱	21	2089000	3799000	4268000	2130329
塔柱	23	2089000	3799000	4268000	1153306
塔柱	28	1982000	4058000	4649000	2691662
第4水平梁	61	404975	632267	791879	711140
第3水平梁	66	696182	1078000	1352000	1157059
第2水平梁	71	953638	1446000	1811000	1472414
第1水平梁	76	1057000	1579000	1977000	1585596



橋軸直角方向 橋軸方向
図－1 解析検討主塔のモデル



橋軸直角方向 橋軸方向
図－2 非線形性発生部位

参考文献

1) 建設省土木研究所：海峡横断プロジェクト技術調査委員会報告書，土木研究所資料第 3479 号，1996 年 3 月
2) (財)日本コンクリート工学協会：足立、運上、長屋、林：「高軸力下における高強度 R C 部材の変形性能に関する実験的検討」、第 21 回コンクリート工学論文集、1999 年 7 月
3) (財)国土開発技術センター：建設省総合技術開発プロジェクト報告書，1989 年 3 月～1993 年 3 月
4) 日本道路協会：道路橋示方書 V 耐震設計編、1996 年 12 月