

損傷制御設計概念に基づく長大ゲルバートラス橋の耐震補強構造系検討

阪神高速道路公団 正会員 金治 英貞
 (株)建設技術研究所 正会員 鈴木 直人

1. はじめに

港大橋は橋長 980m (中央径間 510m) ,総重量約 45,000ton のわが国第 1 位,世界第 3 位のゲルバートラス橋である。1974 年竣工ではあるものの,その耐震設計は当時としては進んだ,動的応答を考慮した修正震度法が用いられ,十分な安全性が確保されていた¹⁾。しかしながらその最大応答加速度レベルは 250Gal であり,現在のレベルに相当する,最大応答加速度が当初の約 4 倍となる近傍断層からの地震動等²⁾を考慮した解析を実施した場合,主構トラス部材に座屈あるいは降伏発生の危険性がある³⁾。そこで,本橋の耐震補強に際しては,損傷制御設計に基づき,つまり損傷状態としてプレスダンパー化による 2 次部材降伏や床組免震挙動を設定し,できるだけ主構トラス部材を弾性範囲に抑制する構造系を検討した。

2. 現橋振動形解析

3 次元骨組モデルを用いて固有値解析を実施した。振動モードのうち代表的なモードを図-1 に示す。橋軸 1 次モードは中間支承を中心とした回転モードで,定着径間部の曲げモーメントに大きな影響を与え,橋軸 2 次モードは基礎との連成モードで,張り出し径間部の応答に影響を及ぼす。4.38 秒と長周期となる直角 1 次モードは吊桁が横たわみするモードで,

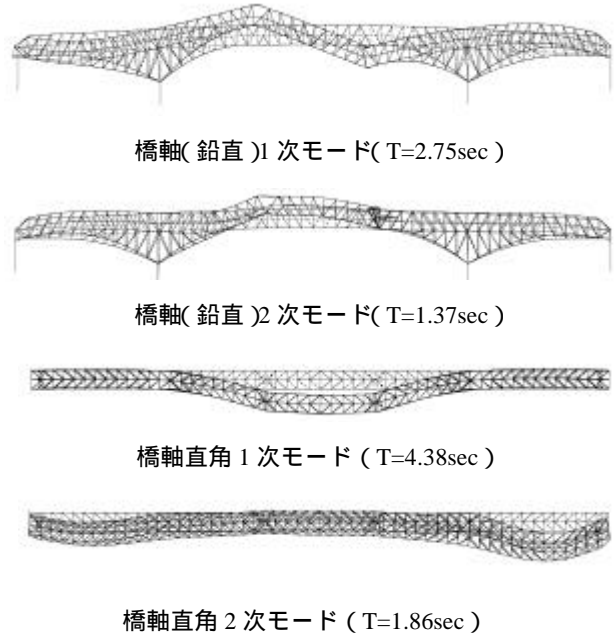


図-1 現橋固有振動形と周期

張り出し径間部の応答に影響を及ぼし,直角 2 次モードは基礎のロッキングによる振動が支配的であり,定着桁の曲げモーメントに大きな影響を与える。表-1 にはこれら支配モードと耐震補強の必要となる部位,応力度比,および補強方針を示している。

3. 長周期化および高減衰化効果

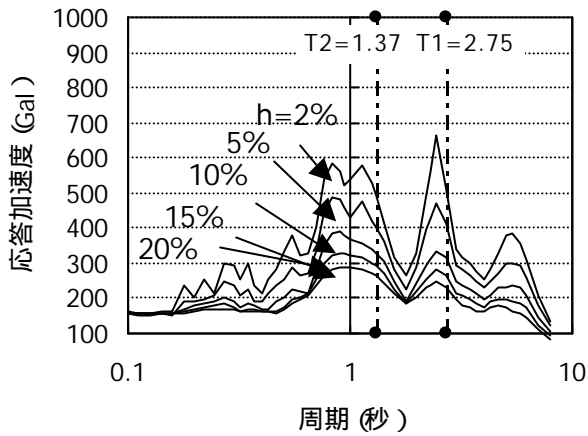
3 次元時刻歴応答解析と 3 次元応答スペクトル法による解析結果を比較し,その最大応答に良い一致

表-1 耐震補強の必要な部位,支配モードおよび補強方針

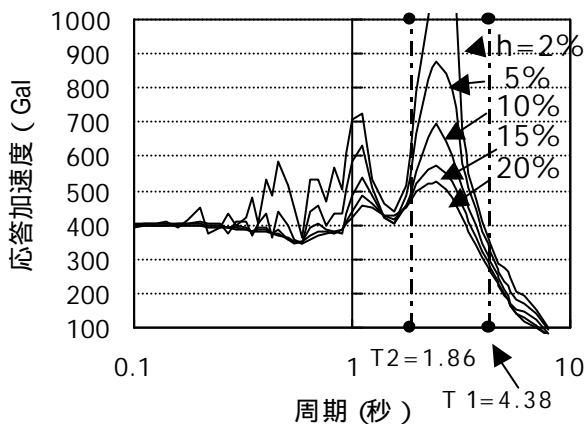
部 材	位 置	応力度比	支配モード	補強方針
下弦材	定着桁端部	1.0~1.2 (圧縮)	橋軸 1 次, 直角 2 次	応答低減, 部材補強
	吊桁支間部	0.8~1.0 (圧縮)	橋軸 1 次	応答低減, 部材補強
斜 材	定着桁基部	1.2~1.4 (圧縮)	橋軸 1 次, 直角 2 次	部材補強
横 構	定着桁端部	1.5	直角 2 次	降伏許容 (二次部材)
支 承	中間支承	ボスせん断 1.2, セットボルト 1.5	直角 1 次, 直角 2 次	応答低減
	吊桁支承	0.9 (変位 2.0)	橋軸 1 次	応答低減 (遊間)
	端 支 承	ボス支圧, セットボルト 1.0~1.2	直角 2 次	応答低減

キーワード：損傷制御設計, 長大橋, 耐震補強, 長周期, 高減衰

連絡先 (552-0007 大阪市港区弁天 1-2-1-1900, TEL06-6575-4469, FAX06-6575-4491)



a) 橋軸方向



b) 橋軸直角方向

図-2 加速度応答スペクトル

を見たので基本構造系の検討には後者の応答スペクトルによる解析を用いた。その結果、橋軸方向は長周期化、高減衰化の効果が大きく、特に $T=2.75$ 秒から $T=3.2$ 秒とすることにより応答が 60% 程度まで低減することになる。また、15% 程度の減衰によってさらに 40% 程度まで低減することも認められた。

一方、橋軸直角方向は固有周期近傍では減衰の効果が少ない。しかしながら、2 次モードの少し長周期側のスペクトルの山部においては高減衰化の応答低減効果は非常に大きいことがわかる。なお、1 次モードについては、効果は橋軸方向ほど著しい効果はないものの少しでも長周期化、高減衰化により応答を低減できる可能性がある。

4. 損傷制御設計に基づく耐震補強基本構造系

応答低減方法と部材耐力増加方法に大別した耐震補強基本構造系を図-3 に示す。部材補強はその信頼性、施工性に課題が残ることから、できるだけ長周期化、高減衰化、TMD 効果、応力バランス効果によ

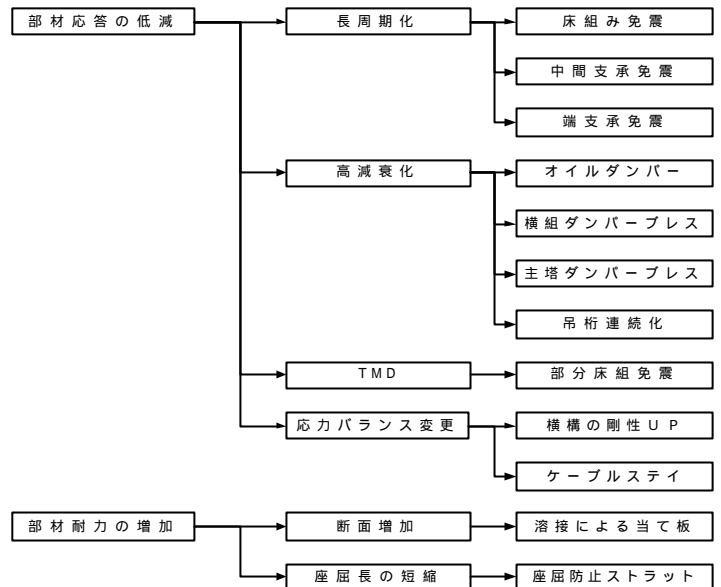


図-3 耐震補強方策

る耐震補強方針を選択することになる。

橋軸方向の最も有力な案は総重量の約 45% を占める床組の免震であり、図-2a) からみわかつとおり全体系の長周期化シフトと減衰付与による応答低減が見込める。一方、橋軸直角方向については、2 次モードの長周期化は応答増加につながることから橋軸直角 1 次モードに寄与する吊桁部のみ部分免震が有力候補であり 2 次モードの側径間の横たわみを抑制するとともに 2 次の固有周期を短周期化するケーブルステイ（トラス上面におけるアウトケーブル）も効果的である。さらに、固有周期のずれに鈍感な構造とする必要があることから 2 次部材のダンパープレス制震も有効である。

5. まとめ

長大ゲルバートラス橋の耐震補強に関して損傷制御設計を念頭に甚大な損傷に誘発する主構トラス部材の座屈および降伏を最小限にする検討を実施した。応答スペクトル法による基本動的特性の把握の結果、最適となる耐震補強方針を選択することができた。今後は詳細な時刻歴解析を実施し、最適な耐震補強方策を選定する。

参考文献

- 1) 笹戸，松本，江見，古池，長大カンチレバートラス橋の地震応答と耐震設計法について，土木学会論文報告集第 212 号，1973.4
- 2) 徳林，澤田，古池，香川，宮腰，3 次元盆地構造を考慮した大阪湾岸部における強震動評価（2），土木学会第 55 回年次学術講演会，2000.9
- 3) 吉原，南荘，金治，長大トラス橋の耐震補強，第 1 回日本地震工学研究会・討論会，2001.11