

長大トラス橋の動的解析における3次元入力解析

石橋照久¹・金治英貞²・鈴木政直³・稲葉浩二⁴

^{1,2}正会員 工修 阪神高速道路公団 大阪建設局設計課（〒559-0034 大阪市住之江区南港北1-14-16）

^{2,3}正会員 港大橋耐震補強工事JV（〒552-0021 大阪市港区築港3-7-15）

1. はじめに

港大橋は、図-1に示すように、全長 980m（中央支間 510m）、中間支承上の主構高（主塔高 68.5m）のゲルバートラス橋である。上町断層系地震を想定した場合、最大応答加速度が、本橋当初設計時の約4倍となり、多くのトラス部材に座屈あるいは降伏が発生する危険性が認められた。このような背景のもと、耐震補強設計を合理的に行うため、床組免震や座屈拘束ブレースの採用といった損傷制御設計概念を取り入れた長大橋独自の耐震補強策の検討を行っている。その際、床組免震に関しては橋軸方向、座屈拘束ブレースは橋軸直角方向の入力地震波に対して、時刻歴応答解析によりそれぞれ有効となるよう設計を行っている。現状では、影響の大きい作用方向に地震力により耐震設計を行うのが一般的であるが、他の成分についての影響を無視できない場合があると考えられ、橋軸（LL）、橋軸直角

（TT）、鉛直（UD）方向の3成分同時入力による解析を行ったので報告する。

2. 動的特性の把握

長周期構造系である本橋の現橋振動特性を把握するために、3次元骨組モデルを用いた解析を実施した。固有値解析結果を図-2に、加速度応答スペクトルを図-3に示す。代表的な振動モードは橋軸（鉛直）1次、2次および橋軸直角1次、2次となっている。橋軸（鉛直）1次モードは中間支承を中心とした回転モードであり、特に側径間部の曲げモーメントに大きな影響を与えその弦材断面力に支配的となる。一方、橋軸直角方向に関しては、4.4秒となる1次モードは吊桁が横たわみするモードであり、中間支承から吊桁ヒンジ部間のトラス部材変形に大きな影響を与えることから中央径間部の断面力

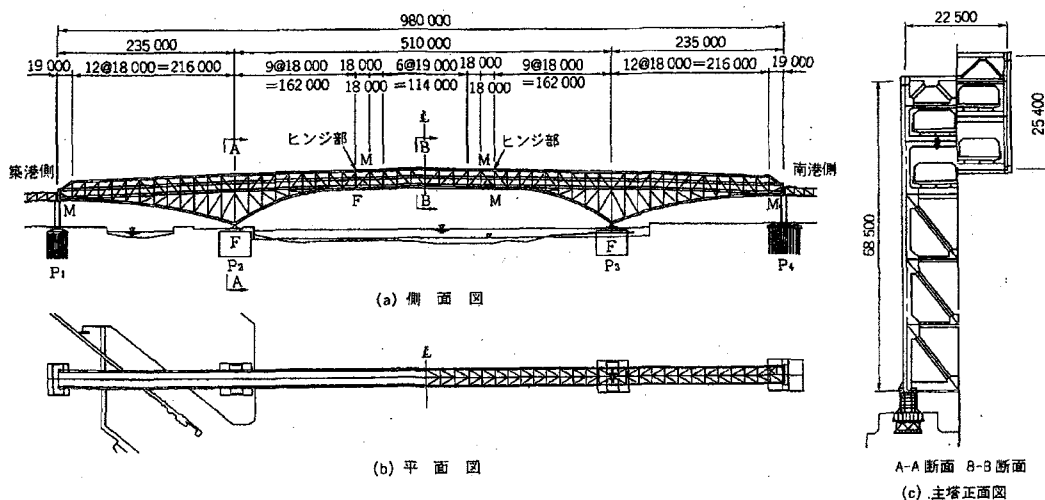


図-1 橋梁一般図

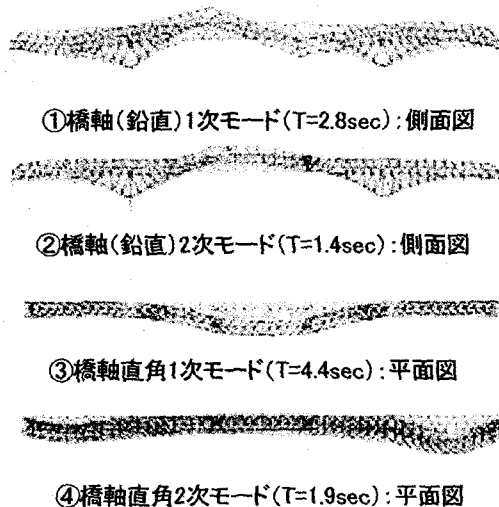


図-2 代表的な固有振動モード

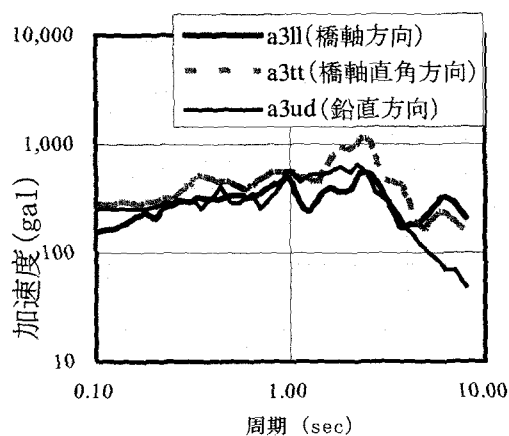


図-3 加速度応答スペクトル

に支配的となる。また、2次モードは、側径間部のトラス部材面外曲げ変形に大きな影響を与えることから、側径間部の断面力に支配的なモードとなっている。

3. 耐震補強対策

3次元時刻歴応答解析及び3次元応答スペクトル法による検討から、本橋では床組への免震支承採用による橋軸方向の長周期化、横構や対傾構の座屈拘束ブレースへの取り替えによる橋軸直角方向への高減衰化を図っている。

4. 3次元入力解析による検討

3次元入力による時刻歴応答解析を行い、方向別入力の結果との対比を行った。

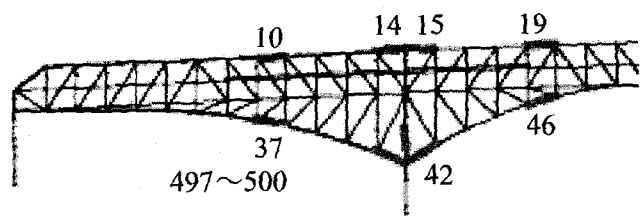


図-4 断面力比抽出箇所

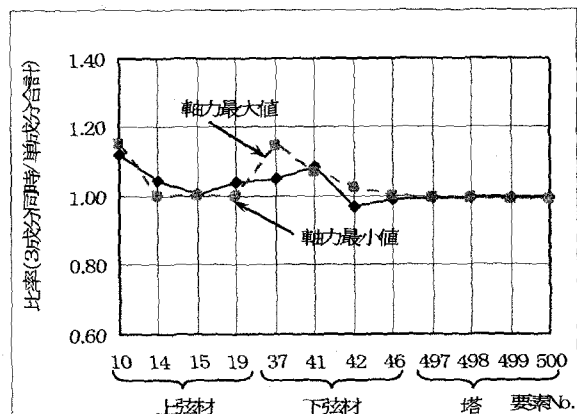


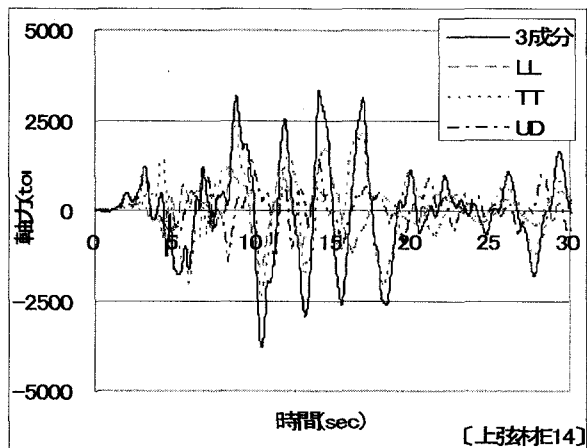
図-5 断面力の比較（軸力）

(1) 断面力の対比

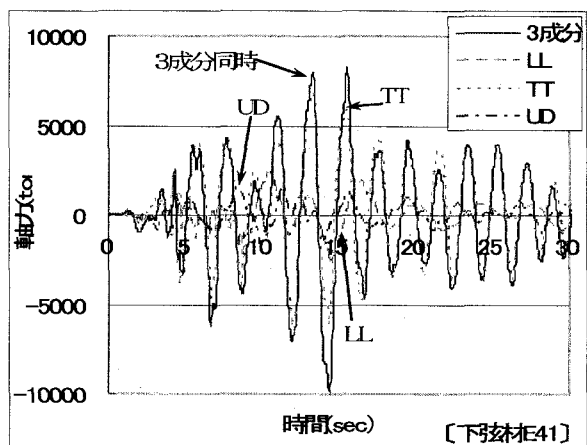
図-4に示す主要部材について、3成分同時入力と主要箇所における方向別入力の断面力合計値との比較を行った。軸力について比較した結果を図-5に示す。上弦材や下弦材において1.0を上回る箇所が認められ、同時入力によるモード間の相互作用が生じているものと考えられる。

また、断面力の時刻変化を図-6に示す。これより、上弦材や下弦材に関しては、橋軸直角方向(TT)の影響が最も大きい、他の方向成分の影響も大きく、部材耐荷力の照査及び補強検討に当たっては、3方向同時入力による結果に基づき実施するのが妥当であると考えられる。

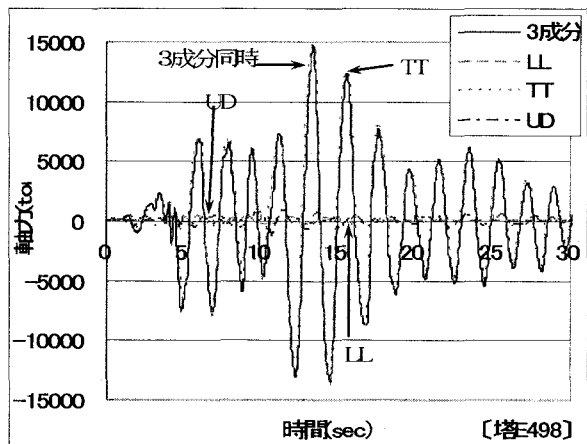
一方、塔に関しては、橋軸直角方向(TT)が支配的であり、軸力に関しては他の方向の影響はほとんど認められない。図-5からも他の成分による影響を受けていないことが確認できる。



(a) 上弦材



(b) 下弦材



(c) 塔

図-6 時間変化による断面力（軸力）の対比

(2) 変位に関する影響

3成分同時入力による変位について方向別合計のものと対比した。図-7に対象箇所、図-8に変位に関する時刻歴の対比結果を示す。

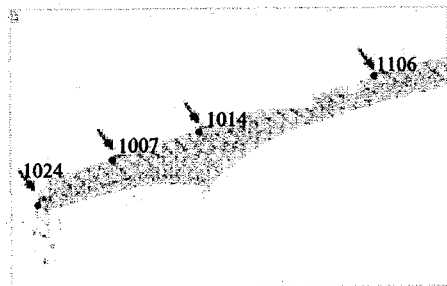


図-7 変位対比箇所

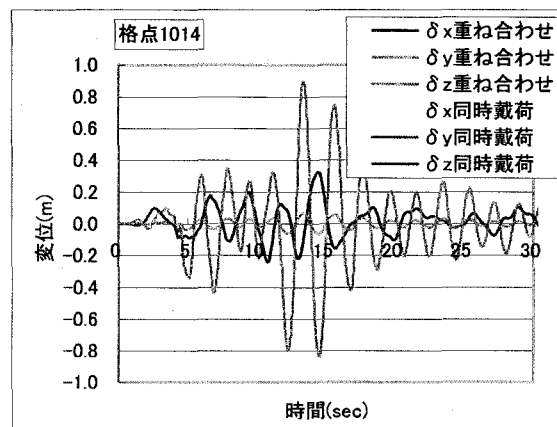
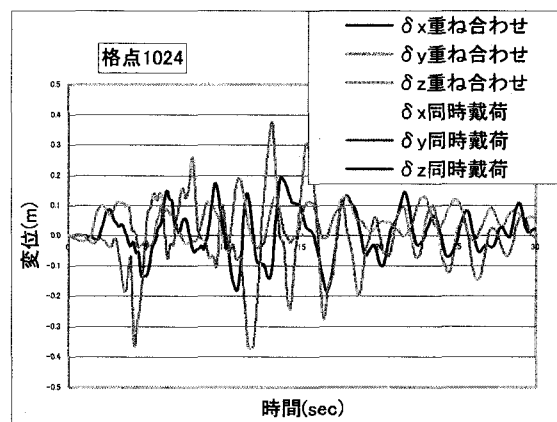
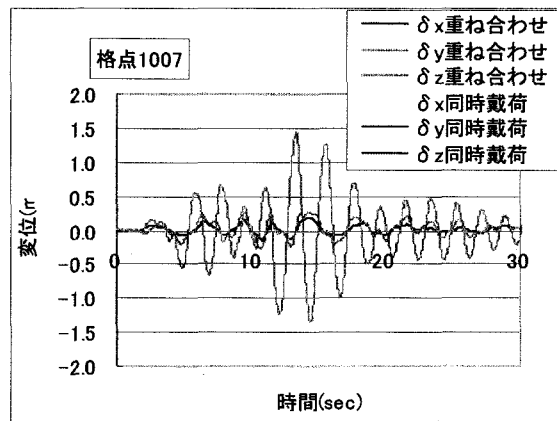


図-8 変位の対比(a)

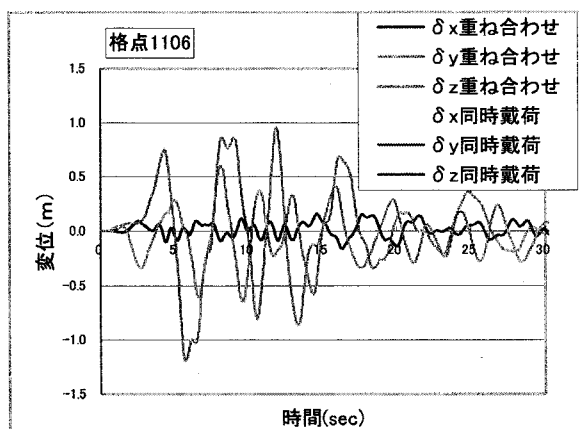


図-8 変位の対比(b)

変位に関しては、3成分同時入力と方向別の結果を足し合わせたものでは、顕著な差異は認められなかった。

(3) 座屈拘束ブレースへの影響

図-9に方向別入力波形と3成分同時入力による座屈拘束ブレースの荷重履歴関係を示す。TT波（橋軸直角方向）と3成分同時入力がほぼ同じ履歴を描いており、LL波（橋軸方向）とUD波（鉛直方向）の影響は認められない。これより、座屈拘束ブレースの設計をTT波（橋軸直角方向）により行ってきたことへの妥当性が確認された。

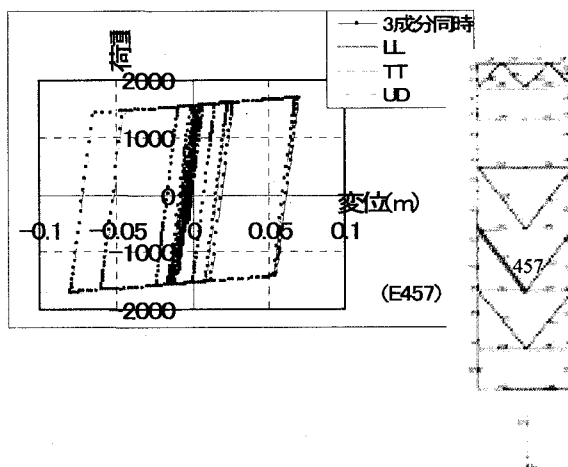


図-9 座屈拘束ブレース部材への影響

5. まとめ

長大トラス橋の耐震補強に係る動的解析の実施に当たり、方向別の地震入力他に3次元入力解析による検討を行った。一部部材において、断面力が方向別で得られた結果を足し合わせたものよりも高くなった。このような箇所については、断面照査時に部材補強範囲の判断で重要な箇所となる。このように橋梁によっては、耐震補強範囲が変わることも生じるため、3次元入力解析による確認は有効であると言える。