

多々羅大橋の地震時挙動解析による設計検証

本州四国連絡橋公団 長大橋技術センター 正会員 河藤 千尋
 本州四国連絡橋公団 坂出管理事務所 正会員 河口 浩二
 本州四国連絡橋公団 調査課 正会員 古村 学

1. はじめに

本州四国連絡橋公団では、長大橋の設計法の検証や橋体健全度の評価を目的に、いくつかの橋梁に風速計、地震計などを設置して、動態観測を行っている。これまで芸予地震における来島海峡大橋第一大橋の検証解析¹⁾、明石海峡大橋の台風時橋体挙動解析等の検討が行われている²⁾。本報告は、長大斜張橋である多々羅大橋を対象として、上部構造のモデル化の精度向上を目的に、地震時の挙動解析を行い、それを観測記録と比較したものである。

検討の結果、橋体の観測記録を解析でほぼシミュレートすることは出来たが、その解析条件が、当初設計で想定している状態と異なるものであり、橋体のより詳細な実挙動の把握が今後の課題として必要であることがわかった。

2. 検討概要

多々羅大橋は本州四国連絡橋のうち、尾道・今治ルート（通称しまなみ海道）の広島県生口島と愛媛県大三島の間にかかる橋長 1480m、中央支間 890m の3径間連続複合箱桁斜張橋である。この多々羅大橋に設置されている地震計と加速時計を図-1に示す。

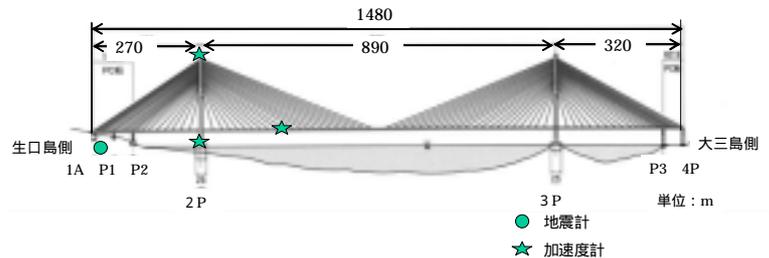


図-1 多々羅大橋の動態観測設備

2001年3月に発生した芸予地震では、地震時の橋体挙動について別途報告されている³⁾。本報告はそれら既往の検討を踏まえ、芸予地震の観測記録を元に、上部構造のモデル化の違いが橋体の応答に及ぼす影響について、地震観測記録と比較検討したものである。

3. 解析モデルおよび解析条件

多々羅大橋解析モデルを用いた地震応答解析を行うにあたり、既存の骨組解析モデルに変更を加えた。図-2に基本となる解析モデルを示す。基本解析モデルは全体系の3次元立体骨組モデルである。基礎は剛体2自由度モデルであり、地盤ばねは地盤のせん断弾性波速度から求められる変形係数を用いて弾性波動論に基づく算定式により設定している。ケーブルは桁と塔にそれぞれ重量を半分ずつ割り振ったトラス部材とし、節点は設けていない。

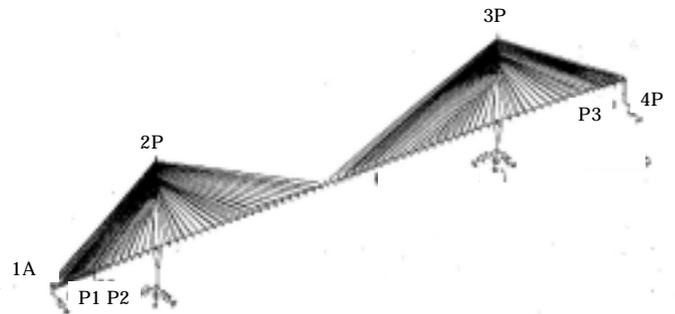


図-2 多々羅大橋解析モデル

既往の地震時橋体観測記録のシミュレート解析において、上部構造部位における各観測点での加速度応答スペクトル、変位時刻歴波形の不整合が見られた。図-3に2P主塔の変位波形の観測記録と解析結果の不整合の例を示す。不整合の原因究明と解消のためモデルの修正、変更を行った。これらは塔頂部加速度計位置と解析モデル節点位置の不一致、ケーブル自身の振動が考慮できていない、橋軸方向の支点条件の影響などが考えられた。それら不整合を解消すべく、以下に解析モデルの変更を行った。

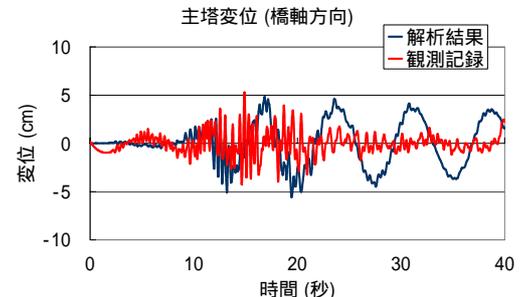


図-3 観測記録と解析結果の不整合

- (1)主塔頂部付近について、最上段ケーブル位置より主塔の天端にかけて新しく節点を設定した。重量は追加した節点にも振り分けた。
- (2)1A、4Pの橋軸方向の支承条件を自由から固定に変更した（2P,3Pは弾性固定）。
- (3)ケーブルに新たに節点を設定し、重量は追加した節点にも振り分けた。中央径間のケーブルについては、

キーワード：長大橋、動態観測、斜張橋、地震時挙動

連絡先：神戸市中央区小野柄通 4-1-22 電話 078-291-1075 FAX078-291-1359

ケーブル1本あたり10から6節点を追加した。側径間のケーブルについては、8から6節点を追加した。
表-1 に変更した解析モデルの一覧を示す。解析ケースは、モデル1からモデル3に対してそれぞれ橋軸、橋軸直角、鉛直の3方向に同時加振する3ケースとした。

表-1 解析モデル一覧

モデル名	変更点
基本モデル	変更点なし、既存のモデル
モデル1	上記変更点の(1)、(2)を設定したモデル
モデル2	上記変更点の(1)、(2)、(3)を設定したモデル
モデル3	上記変更点の(1)、(3)を設定したモデル

4. 解析結果

図-4 に主桁1/4点加速度計設置位置の橋軸方向の加速度波形の解析結果と観測記録の加速度応答スペクトルを示す。また図-5に同位置での変位波形の観測結果と解析結果との比較を示す。

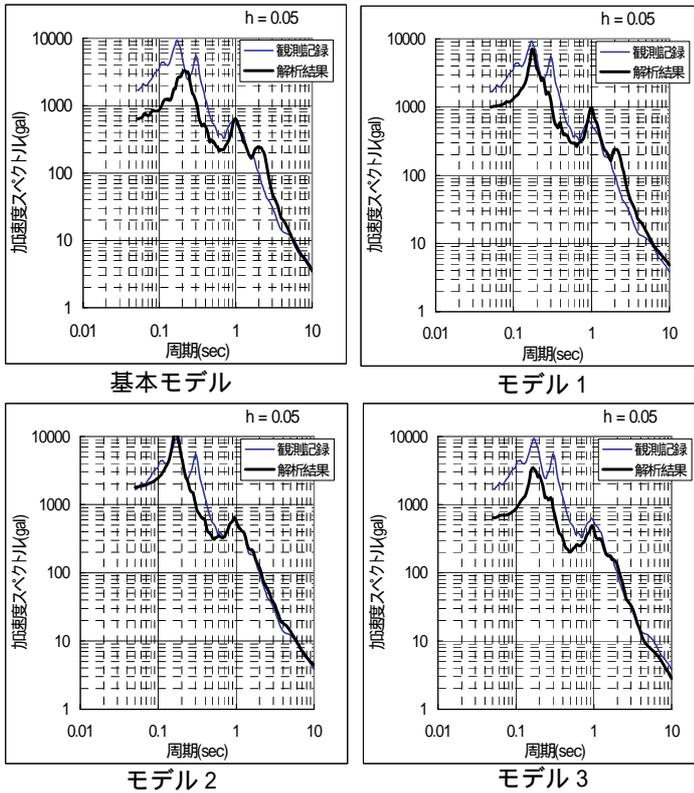


図-4 加速度応答スペクトル

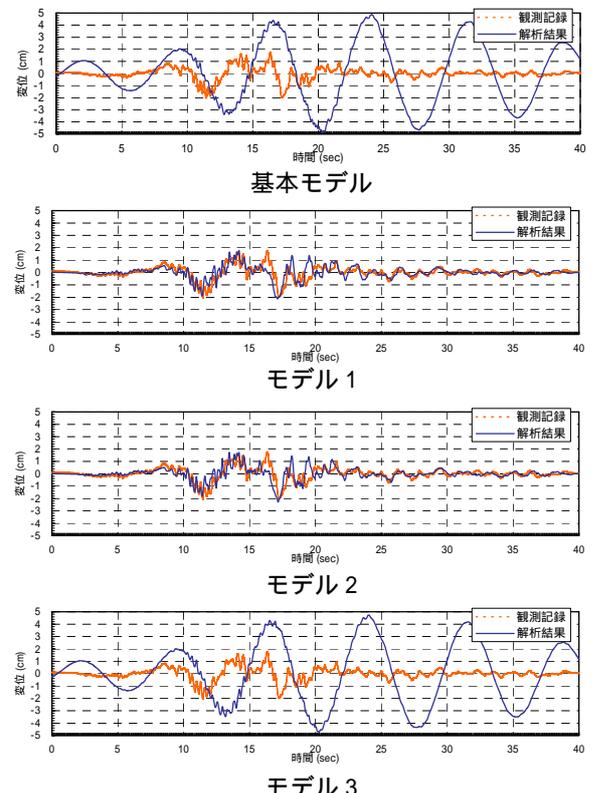


図-5 主桁変位波形

図-4、図-5より、観測記録とよい一致を示すのはモデル1とモデル2である。基本モデルの橋軸方向の支持条件は2P,3Pが弾性固定、1A,4P,中間橋脚が自由となっていることから、桁は遊動円木モード（周期7.46秒）を有するが、これはモデル3に見られるが、モデル1,2では現れていない。よって実現象では、1A,4Pなどの鉛直支承の摩擦、2P,3Pのウインドダムの摩擦、1A,4Pの鋼角ストッパーの挙動によって橋軸方向の支持条件が固定に近くなっていると考えられる。

またモデル1,モデル2から主桁の橋軸方向成分に対しては、ケーブルにも適切な節点を設けてもその影響はほとんど無かった。別途解析した主塔の応答に対しては効果があったが、この相違は主桁の質量や剛性が主塔に比べて大きいことから、ケーブルの振動が主桁に与える影響は主塔に与える影響より小さくなるためと考えられる。

5. まとめ

多々羅大橋の地震時観測記録を解析でほぼシミュレートすることは出来たが、その解析条件が当初設計で想定している支承条件と異なるものであった。しかし地震動強度がさらに大きい場合は、支承の摩擦が切れ、当初の支承条件の挙動を示すことも想定される。このため当初の設計条件から変えた支承条件での上下部構造の照査が必要であることが分かった。今後の課題としては支承に作用する地震力と支承の実挙動関係の把握であり、その把握が設計へのフィードバックにつながると考えられる。

参考文献

- 1) 古家彦、磯江浩、森幸夫：芸予地震における海峡部橋梁の被災復旧状況及び橋体の挙動、本四技報、Vol.26、2002.9
- 2) 秦健作、楠原栄樹、花井拓、平野茂：強風による明石海峡大橋の挙動に関する報告、第12回風工学シンポジウム、2002年12月
- 3) 遠藤和男、北川信、河口浩二、福永勲：Seismic behavior and simulation analyses using observed earthquake waves of the Tataro bridge、世界構造技術者会議（SEWC2002）、2002年10月