長大斜張橋架設段階毎の地震に対する安全性の検討

大成建設株式会社　正会員　○大橋　亮介
早稲田大学　フェロー　清宮　理

１．はじめに　長大斜張橋が架設中に地震を受けると橋梁本体の耐荷力のみならず、建設機械などの移動による落下・衝突事故などの危険がある。また、建設作業者の安全も確保する必要がある。しかしながら、架設中の設計地震動に具体的な規定がないことや、架設中の安全性に対する評価が十分なされていないといった課題がある。従って、本研究では、地震によりどの程度安全性に影響を与えるか、橋梁の振動の状況を計算できる動的応答計算で検討を行ったので、この計算結果について述べる。

２．解析モデル　**図 1** に長大斜張橋の計算モデルを示す。この橋梁は斜張橋部の全長は 870m、鋼製主塔の高さは 100m で橋脚は鉄筋コンクリート製である。総ケーブルは 144 本（36 本×4）である。張り出し工法により桁の架設を行う。主塔 P3 からの張り出しとし、架設段階モデルの段階毎の張出長さを 58.0m、149.5m、191.5m、419.5m、422.5m とし 5 つの架設段階モデルを作成した。モデルは解析ソフト TDAP-Ⅲを用いて作成した。主塔と桁は梁要素、ケーブルはトラス要素としてモデル化した。今回下部基礎は下端固定として扱った。

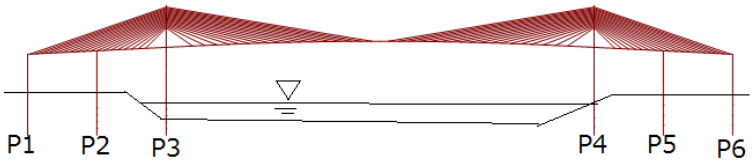

図 1 斜張橋解析モデル

３．入力地震動　本研究ではワイブル分布による極値統計処理を行い、仮設の施工期間中の再現期間を 5 年とし、最大加速度を求めた。**図 2** に示すように再現期間 5 年で、最大加速度は 71.1Gal となった。統計処理に用いた加速度データは、ここ 20 年間の川崎市の比較的軟弱な地盤に設置された地震計（K-NET）で取得された加速度記録を用いた。入力地震動は求めた最大加速度を用いて、道路橋示方書Ⅲ種地盤レベル 1 地震動を元にして作成した。**図 3** に入力地震動の波形を示す。

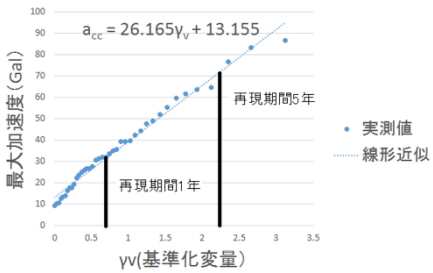

図 2 ワイブル分布図

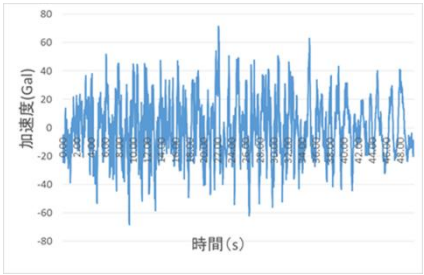

図 3 入力地震動波形図

４．解析方法　作成した地震動をそれぞれの架設段階モデルに橋軸方向に入力して動的応答計算を行った。また、建設車両が架設時にかかる荷重も考慮した。**図 4** のように桁両先端や、右端と主塔の間に節点集中質量を取り付けた。桁と質量間には**図 5** のように水平、鉛直方向に非線形のバネを取り付けた。

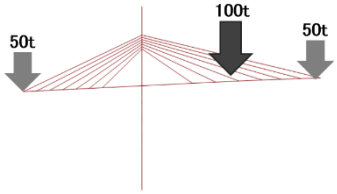

図 4 節点集中質量取り付け例

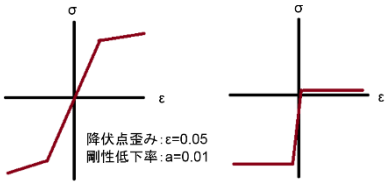

図 5 バネ非線形特性

５．解析結果　**図 6**、**図 7** に架設段階毎の桁右端での最大速度を橋軸方向と鉛直方向に分けてそれぞれ示す。また、**図 8**、**図 9** に架設段階毎の桁右端での最大加速度を橋軸方向と鉛直方向に分けてそれぞれ示す。

キーワード　斜張橋、地震応答、架設時
連絡先　大成建設株式会社　〒163-0606　東京都新宿区西新宿一丁目 25 番地 1 号　新宿センタービル　℡(03)3348-1111

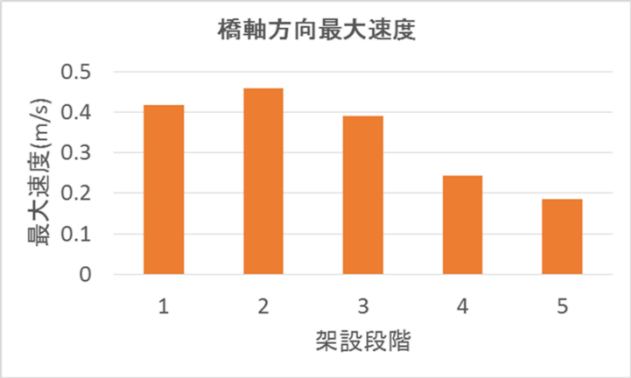

図 6 橋軸方向最大速度

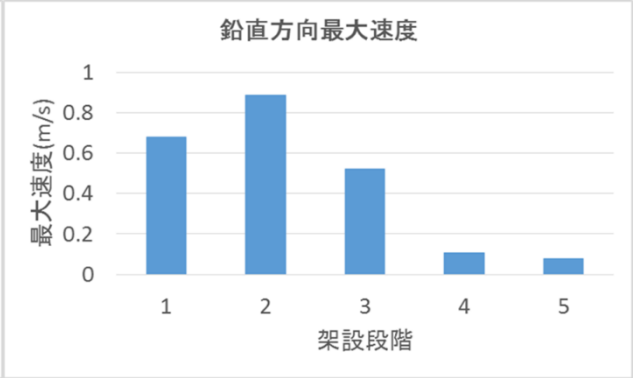

図 7 鉛直方向最大速度

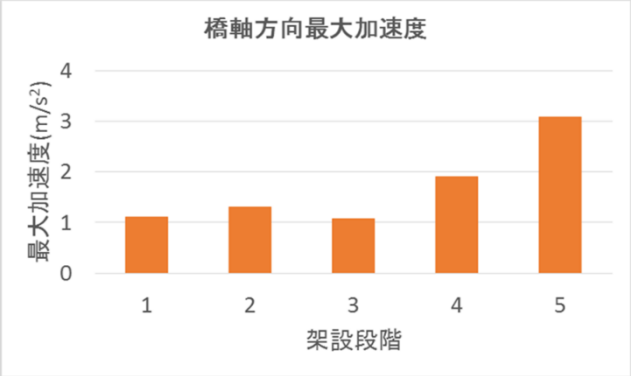

図 8 橋軸方向最大加速度

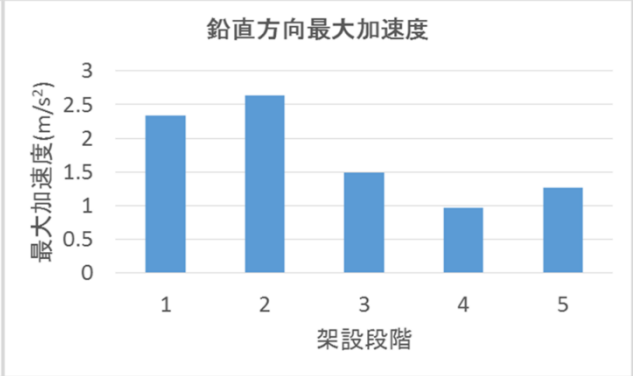

図 9 鉛直方向最大加速度

図 10 に桁左端質点の架設段階毎のバネ反力を示す。**図 11** に水平バネ要素の履歴曲線の一例を示す。

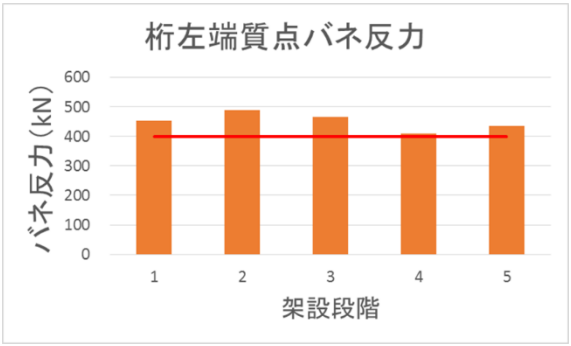

図 10 水平方向バネ反力

6．考察　桁の応答速度は、149.5m の時最大となり張り出しにつれて、減少する傾向が見られた。加速度は橋軸方向では段階 5、鉛直方向では段階 2 で最大値となった。これはこの時点での固有振動数が地震動の卓越振動数と比較的近い値であることが原因だと考えられる。一般的に、一般的に 0.2～0.6m/s の速度、2.5～4.0m/s^2 の加速度になると人は振動により恐怖を感じ行動が大きく制約され、床に設置された物品は滑動や転倒を生じるとされている。従って、作業員や建設機材において安全面での問題があり、対策が必要だと考えられる。また、建設車両を想定した場合、ほとんどのケースで建設車両に対し、摩擦力 400ｋN（摩擦係数 0.8、車両の重量 50ｔ）以上の応答値が計算され、滑動することが分かった。従って、建設車両を摩擦力以上の力で固縛する必要があると考えられる。

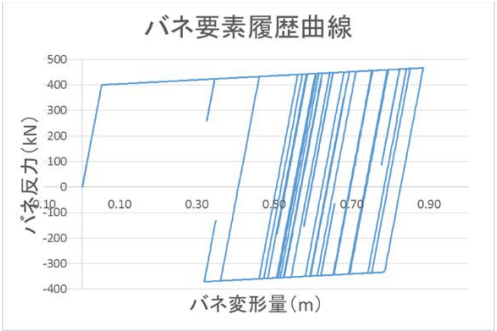

図 11 バネ要素履歴曲線

7．結論　本研究から以下の 4 つの結論を得た。

（1） 建設地点でのワイブル分布による 5 年の施工期間での最大加速度は 71.1Gal となった。

（2） 架設段階毎に卓越固有振動数や動的解析での応答値に大きな差が出た。

（3） 作業員や建設機材において地震動で大きな応答があり、作業員の安全対策や機材の固縛方法を検討する必要がある。

（4） 建設車両に橋軸方向で働く力として 400ｋN 以上の応答値が計算され、車両が滑動することが分かった。それ以上の力で固縛することにより、滑動を防ぐ必要がある。