

免震支承を有する大規模トラス橋の地震時動的応答解析に関する研究

早稲田大学 学生会員 ○笠野英行, 早稲田大学 学生会員 古川貴之
早稲田大学 学生会員 山本塁, 早稲田大学 フェロー 依田照彦

1. 目的

兵庫県南部地震のような激しい地震動に対して、橋梁の耐震性を検討することは重要である。本研究では、免震ゴム支承を有する大規模トラス橋を対象とし、レベル2地震動を外力とする時刻歴応答解析を FEM の汎用コード DIANA を用いて行い、その解析結果をもとに同橋梁の地震に対する安全性を検証することを目的とする。

2. 解析モデル

解析に用いたモデルを図1に示す。床版は4節点シェル要素で、トラス部材は2節点ビーム要素でモデル化した。また、図1に記した各支点部には免震ゴム支承があり、これをバネ要素によってモデル化した。バネ要素の定数はバネ定数 K と減衰係数 C である。既往の研究より免震ゴム支承をバネ要素でモデル化した場合、そのバネ特性が解析結果に及ぼす影響が大きいことがわかっている。そのため、バネ定数 K は図2のような免震ゴム支承の実挙動に近い非線形性を有するものとした。減衰係数 C の値は減衰率が5%となるように設定した。なお、支承形式は機能分散型ゴム支承とし、地震による水平力だけにゴム支承が抵抗するものとする。

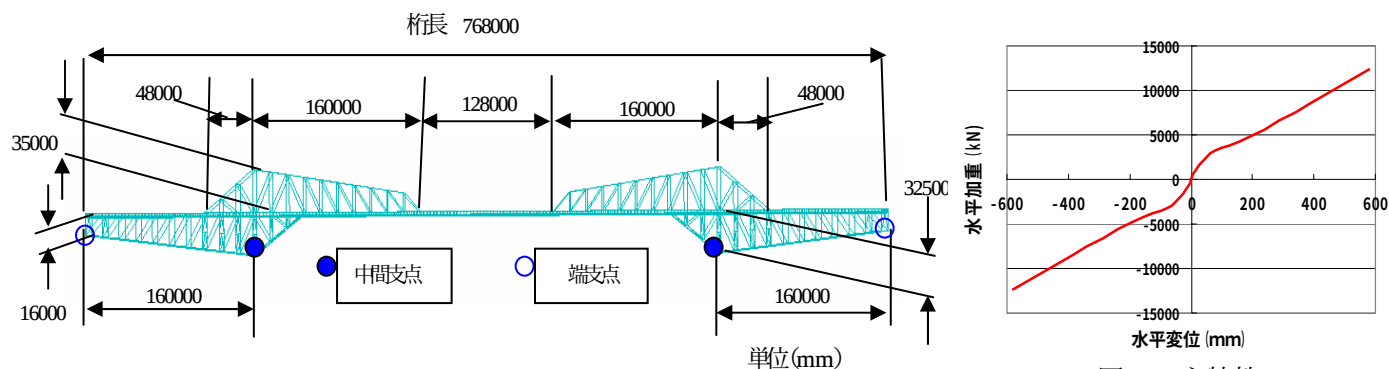


図1.解析モデル

図2.バネ特性

3. 構造減衰

本解析において、上部構造の構造減衰と等価な粘性減衰をモデル化するために、Rayleigh 型減衰を適用した。Rayleigh 型減衰は式(1)に示すとおり、減衰マトリックスを質量マトリックスと剛性マトリックスの1次結合であると仮定したものである。式(1)の α および β の値は式(2)の減衰定数 h_i と固有円振動数 ω_i を決定することにより求まる。

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] \quad (1) \quad h_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{\omega_i} + \beta \omega_i \right) \quad (2)$$

本解析においては減衰定数 h_i の値を3%とし、固有円振動数 ω_i の値には、固有値解析によって得られた各次の固有振動モードの中から系の振動応答に最も寄与すると考えられるモードの固有円振動数を与えた。すなわち、橋軸方向の振動応答に関しては図3の1次モードおよび4次モードの固有円振動数を適用し、また、橋軸直角方向の振動応答に関しては2次モードおよび3次モードの固有円振動数を適用した。

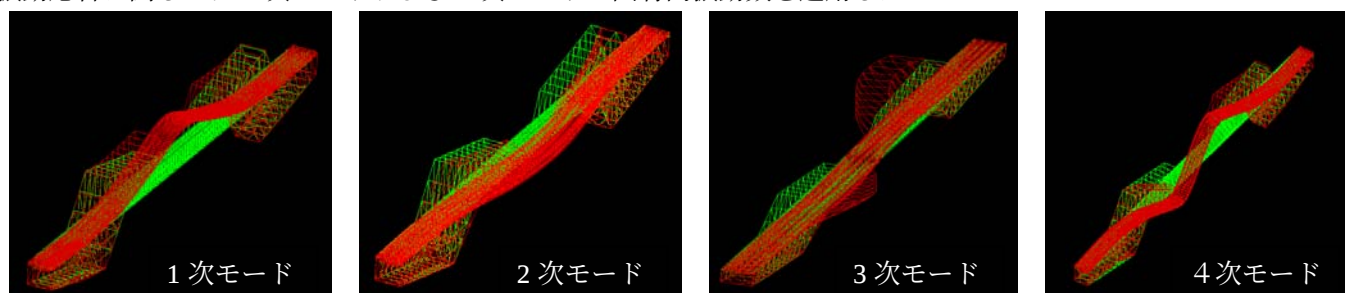


図3. 固有値解析の結果

キーワード： トラス橋 時刻歴応答解析 地震 免震ゴム支承

連絡先： 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館16-06 依田研究室 Tel 03-5286-3399(直通)

4. 入力条件

時刻歴応答解析において入力した地震波は、兵庫県南部地震の際に神戸ポートアイランドで記録されたものである。同地震波は最大加速度 600Gal を有し、さらに地盤の側方流動により 20 秒間に約 2.5m の変位を生じるものである。この地震波を外力として図 1 の支点部全てに橋軸方向および橋軸直角方向に入力して解析を行った。

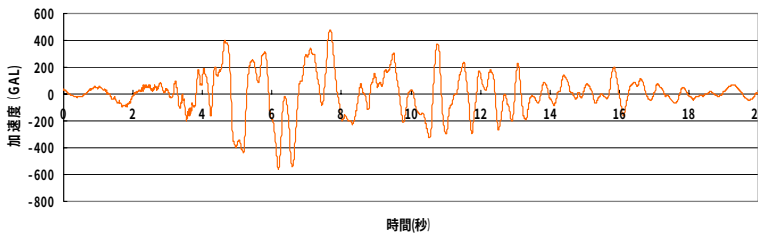


図 4.入力地震波の加速度波形

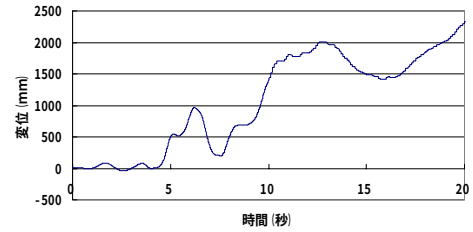
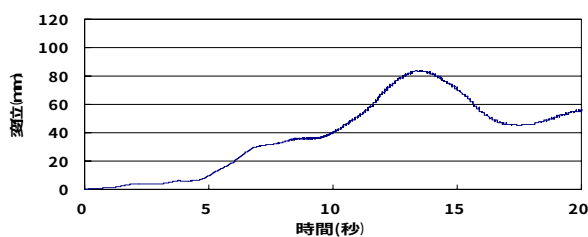


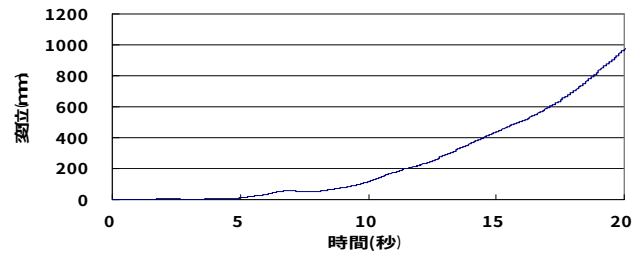
図 5.入力地震波の変位図

5. 解析結果

ここに地震波を橋軸方向に入力した場合の解析を CASE-A とし、地震波を橋軸直角方向に入力した場合の解析を CASE-B とする。図 6 に床版中央の地震波入力方向に対する応答変位を示す。



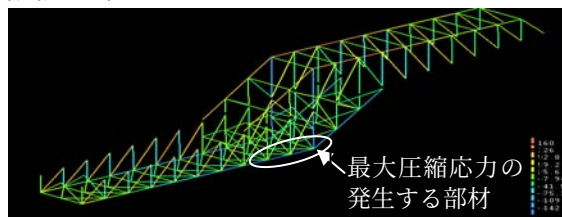
CASE-A



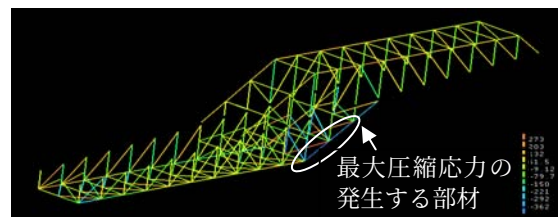
CASE-B

図 6. 床版中央の応答変位

図 7 にトラス部材に生じる応力が最大となる時点での応力分布図を示す。また、図 8 に最大応力が生じる部材の応力の時刻歴を示す。



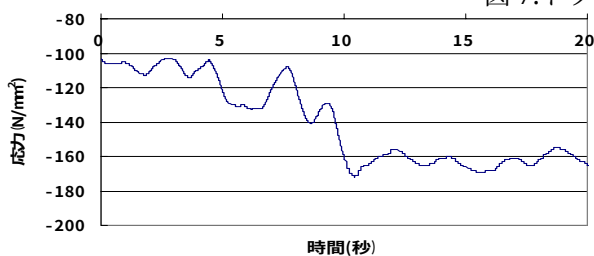
CASE-A



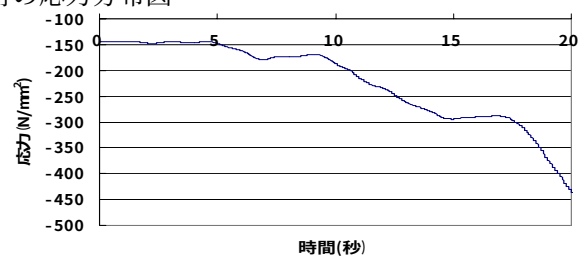
CASE-B

(単位 N/mm²)

図 7.トラス部材の応力分布図



CASE-A



CASE-B

図 8.応力の時刻歴

6. 考察

側方流動をともなう地震動を想定した場合、CASE-A では地盤の変位に橋梁の上部構造が追随することができるため、系の変形は小さい。それに対して CASE-B では地盤の変位に対して、慣性力のため床版中央の変位が遅れる。すなわち、本橋は、図 3 の 2 次モードのような変形をすることになる。その変形量は図 6 に示したとおり時間とともに増加し、床版中央の変位は最大で約 1 m に達する。この大変形によってトラス部材には非常に大きな応力が生じることになる。これは、橋軸方向と橋軸直角方向に対する本橋の剛性の違いに起因すると考えられる。よって、本橋のような支間長の大きい橋梁に対して、橋軸直角方向に側方流動が生じることが想定される場合、橋梁は大きな変形をともない、部材には大きな応力が生じることが予想される。

7. 参考文献

- 1) 阿部雅人, 吉田純司, 藤野陽三: 免震用積層ゴムの水平 2 方向を含む復元力特性とそのモデル化 土木学会論文集 No.696 I -58, pp.125-144.
- 2) 谷田部浩, 運上茂樹: 非線形動的解析に用いる粘性減衰のモデル化と非線形振動系の復元力モデルに関する一考察 第八回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2005 年 2 月.