

感度に着目した高架橋耐震設計モデルの合理性に関する研究

埼玉大学 大学院 学生員 張 俊業
埼玉大学 工学部 正 員 奥井義昭

1. はじめに

兵庫県南部地震を受けて、道路橋の耐震設計法が改正された。これより、実務の耐震設計において非線形動的応答解析が大幅に用いられるようになった。高架橋の耐震設計では、1基の下部構造とそれを支持している上部構造を1設計振動単位として抜出した部分構造モデルを用いて非線形動的解析が行われる場合がある。この場合、部分構造モデルの応答が複数の基礎-橋脚-支承とそれらをつなぐ上部構造からなる橋梁システムの応答を必ずしもうまく表現出来ない場合があるものとする。

本研究では、高架橋全体を考慮した時の感度と部分構造モデルの感度を比較して、部分構造モデルの妥当性を検討した。

2. 解析モデル及びモデル化

都市内の高架橋を解析対象として採用し、橋脚部分のモデル化にファイバーモデルを用いた。基礎のモデル化については道路橋示方書に従って算出した地盤バネを各橋脚の基部に導入した。解析モデルのモデル図を図-1に示す。

3. 時刻歴応答解析

全体系モデルと部分構造モデルの橋軸方向及び橋軸直角方向に標準入力地震波、タイプ 2-3-1 を入力して時刻歴応答解析を行った。橋軸方向の解析結果を図-2に、橋軸直角方向の解析結果を図-3に示す。

橋軸方向の解析結果を見ると、図-2に示すように部分構造モデルの方が全般的に応答変位が大きくなっている。解析結果から、橋軸方向については、部分構造モデルの方が残留変位、最大変位ともに大きく評価しているが、最大変位が生じる時刻が一致しているから、両モデル共似たような挙動を示していることが分かった。

一方、橋軸直角方向の解析では、図-3に示すように両モデルの最大変位の方角も生じる時刻も違う。そして最大変位が生じた方向の影響で、全体系モデルの方が残留変位が大きくなっている。両モデルが違った挙動を示したのは次の理由と考えられる。全体系の場合は4本の橋脚がすべて橋軸直角方向に固定されている。さらに、橋脚の高さにも大きな差があるため、全体系モデルでは首振りなどシステムとして複雑な振動モードが起きたことが原因として考えられる。

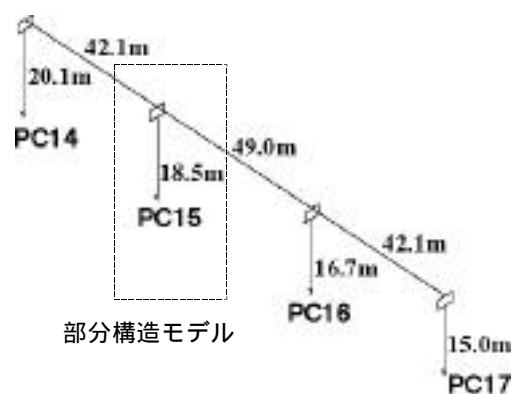


図-1 解析モデル

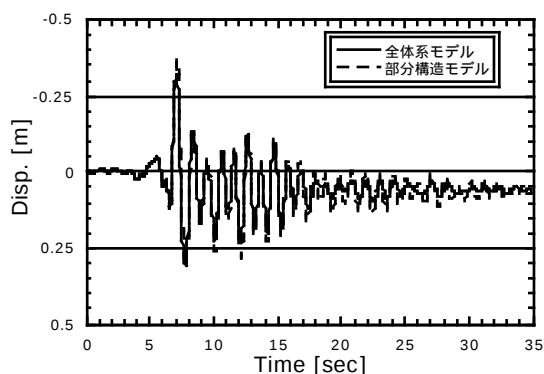


図-2 橋軸方向の時刻歴応答

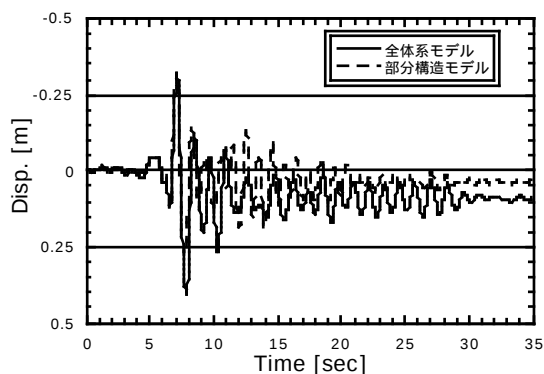


図-3 橋軸直角方向の時刻歴応答

キーワード：高架橋，非線形動的応答解析，ファイバーモデル

連絡先：浦和市下大久保 255，Tel. 048-858-3558, Fax. 048-858-7374

4．設計パラメータの変更及び感度の計算

今度の解析では(1)板厚、(2)降伏応力、(3)応力-ひずみ関係における降伏後の2次勾配の3つの設計パラメータを選んだ。そして、設計の対象として PC15 橋脚を選び、この橋脚において塑性ひずみが最大となる基部の断面において、上記の設計パラメータを変化させた。次に、上記の3つのケースについて次の手順で感度を計算した。まず、設計パラメータ(板厚、降伏応力等)の変化を次のように表す。

$$\begin{aligned} t' &= (1 + D\alpha_1)t \\ \sigma_Y' &= (1 + D\alpha_2)\sigma_Y \\ d' &= (1 + \alpha_3)d \end{aligned}$$

ここで、()'は変化後のパラメータを表し、 $D\alpha_i (i=1,2,3)$ は基準値(t, σ_Y, d)に対する変化率を表す。 $D\alpha_i$ に対する応答値 u の変化を感度として計算した。

$$(\text{感度}) \int \frac{\partial u}{\partial \alpha_i} a \frac{Du}{D\alpha_i}$$

橋軸方向の解析結果をまとめたものを図-4と図-5に示す。図-4に示すように、最大変位の感度に関しては、板厚、降伏応力、2次勾配に対して負な感度がある。すなわち、板厚などの設計パラメータを増大させると最大変位が減少する。一方、図-5に示すように、残留変位の感度に関しては必ずしも負な感度とは限らず、全体系モデルの降伏応力変化に関しては感度が正であり、部分構造モデルでは負となっている。全体系モデルと部分構造モデルでの感度の符号が異なる場合、設計者の意図が双方のモデルで逆の影響を持つこととなり一般的には問題である。しかし、今回の解析では、残留変位の絶対そのものが小さいから、感度の計算精度もあまりよくないと考えられる。

橋軸直角方向の解析結果をまとめたものを図-6と図-7に示す。橋軸方向解析と同様に、どのケースにおいても部分構造モデルの方が全体系モデルと比べて感度の絶対値が大きい。最大変位の感度に関しては、橋軸方向解析と同様で板厚、降伏応力、2次勾配に対して負の感度がある。しかし、残留変位に関しては橋軸方向解析と同様に必ずしも負の感度とは限らず、部分構造モデルの降伏応力変化に関しては感度は正であり、全体系モデルは負となっている。

5．まとめ

高架橋システム全体を考慮した全体系モデルと部分構造モデルの非線形動的応答解析を実施し、解析結果の比較を行った。橋軸方向については部分構造モデルの応答は全般的に若干大きくなっているが、概ねに全体系モデルと一致している。よって、部分構造モデルの妥当性が確認できた。しかし、橋軸直角方向の解析では両モデルが異なる挙動を示し、単純な構造にも関わらず、このような差が生じることが分かった。

謝辞：本研究は JSSC 次世代土木鋼構造特別委員会、橋梁システムと耐震性小委員会での活動の一環で行われたものです。協力して頂いた委員各位に感謝致します。

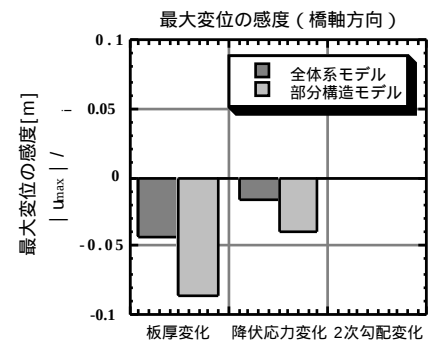


図-4 最大変位の感度（橋軸方向）

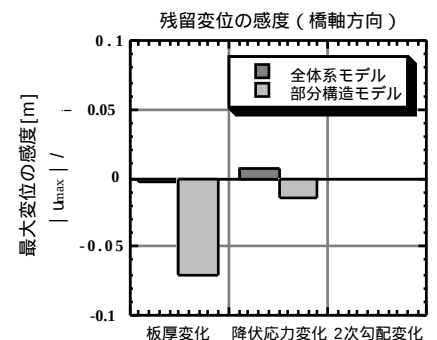


図-5 残留変位の感度（橋軸方向）

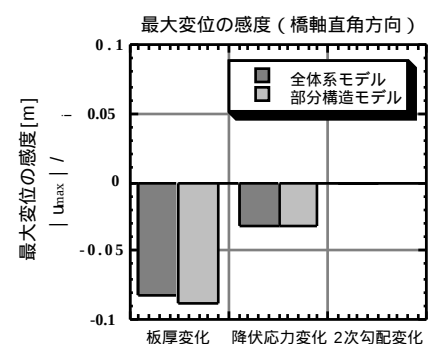


図-6 最大変位の感度（橋軸直角）

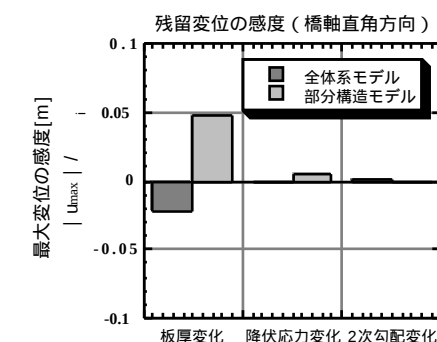


図-7 残留変位の感度（橋軸直角）