

ファイバーモデルを用いた鋼トラス上部工の動的解析手法(関越自動車道 片品川橋)

東日本高速道路(株) ○正会員 高久 英彰 正会員 鈴木 雄吾 正会員 金田 和男
日立造船(株) 正会員 松下 裕明 正会員 樫本 修二
(株)地震工学研究センター 正会員 野中 哲也

1. はじめに

関越自動車道片品川橋は、昭和 60 年に開通した群馬県沼田市と昭和村を横架する鋼 3 径間連続長大トラス橋（橋長約 1034m, 最大支間長約 169m）である。上下線一体構造で主構間隔が約 16m, 主構高は 14m～25m にもなり、また、ほとんどの橋脚が 60m 以上の高橋脚となっていることから、多脚ヒンジ構造が採用されている特徴を持つ。本橋に対する耐震性照査手法として、ファイバーモデルを用いた動的応答解析を採用した¹⁾。ファイバーモデルでは、材料非線形性を考慮した動的応答解析が比較的容易に可能となるが、局部座屈の評価ができないため構成則に局部座屈の影響を導入する方法が用いられる場合がある。しかし、このような構成則を実橋梁の耐震性照査に用いる場合、対象となる橋梁の諸元を踏まえた上でその適用可能な範囲を含めて適用性を確認することが重要である。

本稿は、対象橋梁から代表部位を抽出したファイバーモデルのプッシュオーバー解析に対して、シェルモデルを用いた FEM 解析との比較により適用性および適用範囲について紹介する。

2. 解析モデルと載荷方法

図 1 に示す片品川橋の部材構成に対し、橋軸直角地震時の影響に着目し図 2 に示す対傾構を含む横断面を抽出し解析対象とした。解析に用いたファイバーモデルとシェルモデルのモデル化の詳細をそれぞれ図 3, 4 に示す。境界条件は図 2 に示す様に下弦材位置を拘束し、上弦材位置に水平方向に強制変位を与えた。なお、シェルモデルによる解析では材料および幾何学非線形性を考慮し、材料構成則は二次勾配が $E/100$ のバイリニアモデルとした。また、初期不正として初期たわみを考慮した。ファイバーモデルに導入する局部座屈低減を考慮した構成則（降伏点の低減）は、道路橋示方書¹⁾ 式および土木学会式（座屈設計ガイドライン²⁾ の宇佐美[1996]の式）の 2 ケースを用いた。

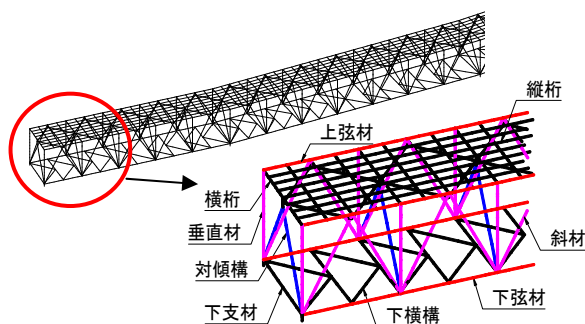


図 1 片品川橋の骨組図の抜粋(部材構成)

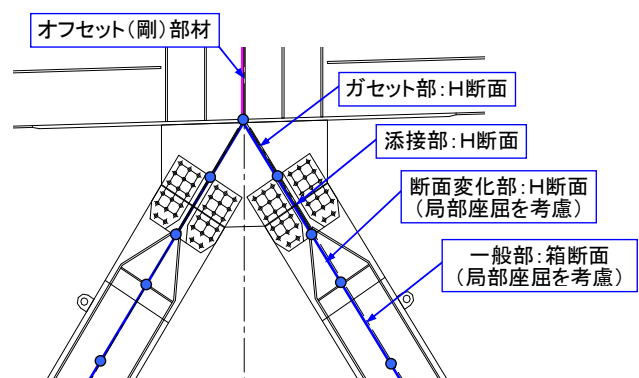


図 3 ファイバーモデル(図 2 'a' 部詳細)

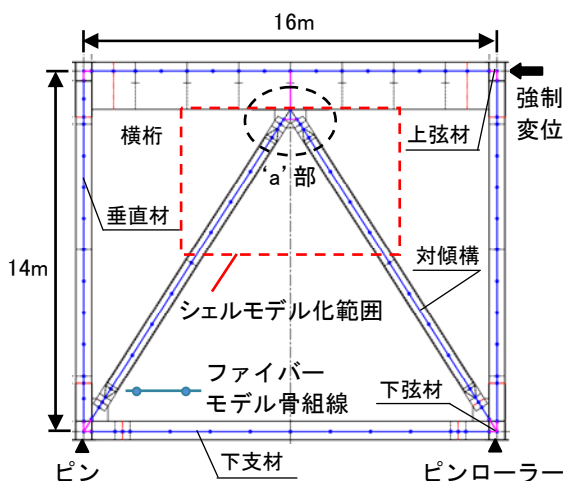


図 2 解析モデルおよび境界条件

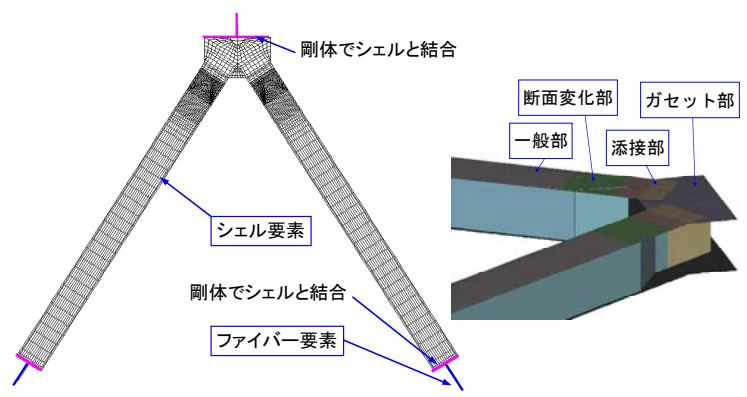


図 4 シェルモデル

キーワード 鋼トラス上部工, 耐震性照査, ファイバーモデル, 局部座屈, プッシュオーバー解析

連絡先 : 〒110-0014 東京都台東区北上野 1-10-14 Tel:03-5828-8645 Fax:03-5828-8204

4. 解析結果と考察

図5に、プッシュオーバー解析から得られたファイバーモデルとシェルモデルの荷重－変位関係を示す．図中横軸は図2に示す位置での強制変位量，縦軸は対傾構斜材に生じた軸力を示す．また，図5(a)には代表的な荷重状態でのファイバーモデルのひずみコンター図，図5(b)にはシェルモデルでの応力コンター図を示す．

図5に示す様に，シェルモデルでは水平変位が約28mm（状態①）に到達後，剛性が低下を始める．この時の対傾構格点部近傍の応力状態は図6(b)に示す様に，対傾構Ⅰ断面部およびガセット部の大部分が塑性域に達した状態となっている．さらに荷荷が進み，水平変位が46mm～50mm程度に達した時，剛性が急激に低下した．この前後（②および③）において，図6(b)に示す様に対傾構Ⅰ断面部で局部座屈が発生したことが分かる．

一方，ファイバーモデル（道示モデル）では，水平変位が約20mm程度で剛性が低下した後，ほぼ線形的に軸力が増加した．これは，例えば図6(a)の水平変位が約50mmの時のひずみ分布図に示す様に，最初に塑性化が生じた断面がヒンジとなり，その他断面への塑性化の進展がなかったためと考えられる．結果として，最初に剛性が低下する荷重はシェルモデルの約0.8倍であった．ファイバーモデル（土木学会式）では，最初に剛性が低下してからシェルモデルで局部座屈が生じるまで，荷重－水平変位関係についてシェルモデルと比較的良好一致がみられた．しかし，シェルモデルで確認された局部座屈による急激な剛性低下はみられない．

以上より，ファイバーモデルを用いた場合，構成式に局部座屈の影響を考慮したとしても，シェルモデルで得られる様な局部座屈による軸力低下を反映できないことが分かる．一方で，今回対象とした諸元においては，土木学会式による構成則を用いることにより，剛性低下から局部座屈が生じるまでの比較的初期の塑性化の領域においては，適用可能と考えられる．

5. おわりに

片品川橋では現況橋梁の耐震性照査に非線形性を考慮したファイバーモデルによる動的解析を行っている．その適用にあたっては，上述のような検討を行い，その適用性および適用範囲を明確にしたモデル化を行うことが重要と考えられる．

本検討について，ご指導およびご検討頂いた「関越自動車道 片品川橋補強検討委員会」〔委員長：早稲田大学 依田照彦教授〕の委員の皆さまに感謝の意を表します．

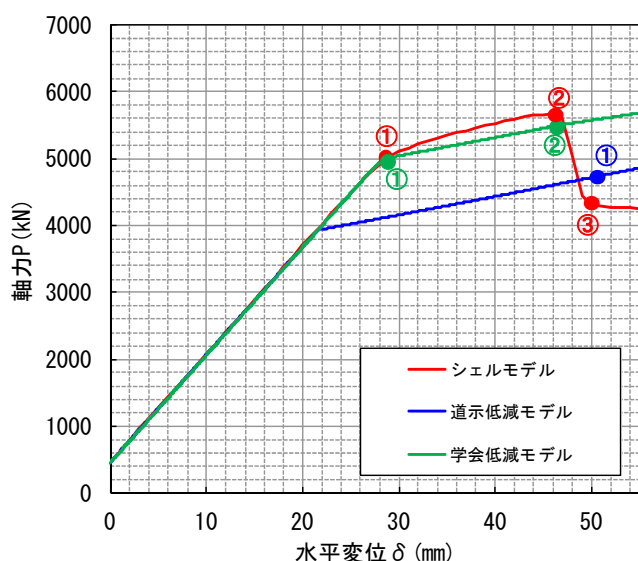


図5 荷重(軸力)－水平変位関係

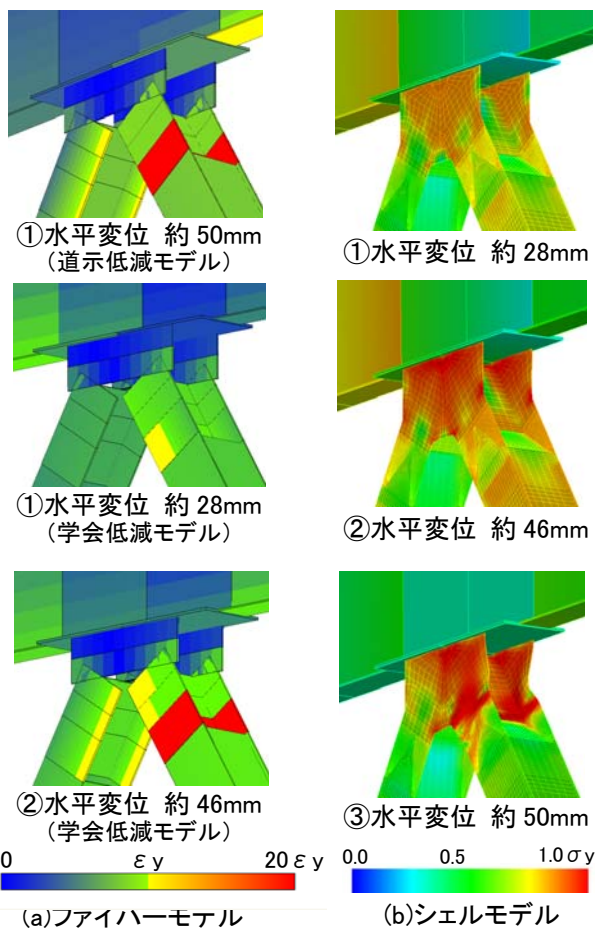


図6 ひずみ(ファイバーモデル)，応力(シェルモデル)コンター図

参考文献

- 1) 塩畑ほか，関越自動車道片品川橋鋼トラス上部工の耐震補強，土木学会第68回年次学術講演概要集，2013.9，
- 2) 日本道路協会，道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，2012.3，3) 土木学会，座屈設計ガイドライン，2005.10