

座屈の影響を考慮した上路式鋼アーチ橋の非線形動的応答解析法の検討

熊本大学大学院 学生員○山本 敬三, 熊本大学大学院 Hamid Afzali

熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝, 熊本大学大学院 正員 葛西 昭

1. はじめに

本研究では、上・中路式鋼アーチ橋などの鋼製骨組構造の構成板の局部座屈と部材座屈の影響を含む地震時挙動を適切なモデル化により精度よく解析できる非線形動的応答解析法の開発を目的とする。そこで、アーチ橋の端柱や鉛直材の基部付近や鋼アーチ主部材をブレース材(斜材)と横桁で連結した部分を想定した門型ラーメン構造を解析対象とし、梁要素とシェル要素を用いたモデル化手法について検討した。その結果をもとに、上路式鋼アーチ橋梁を対象に、ブレース材を梁要素でモデル化する場合の要素分割数の検討や局部座屈を含む座屈損傷を考慮できるモデル化について検討し、最も適切と考えられる解析モデル化方法を提案するものである。¹⁾

2. 門型ラーメン構造でのモデル化検討

図1に解析モデルを示すが、ブレース材(斜材)を有する無補剛箱型断面の一層門型ラーメン橋脚を対象に選び、繰り返し解析を行なうことにより部材座屈と構成板の局部座屈の影響を調べた。ラーメンの形状寸法は図1に示すが、橋脚と梁は正方形断面をブレース材はI型断面とし、橋脚基部およびブレース材はシェル要素でモデル化した。また、ブレース材の部材座屈の影響を調べるため、ブレース材の細長比を50, 100, 150程度の3種類を選択した。なお、繰り返し解析では、基部が降伏する時の降伏変位 δ_y を用いて、繰り返しの漸増両振型の強制変位を作用させた。

図2は解析結果の一例を示したもので、ブレース材の細長比が100のモデルでのラーメン橋脚の変形図(変形倍率を10倍)である。ブレース材にねじれとブレース端部に局部座屈が生じていることがわかる。ピン結合でブレース材端部に局部座屈とねじれが生じ、より実現に近い変形や全体挙動を示すことができたが、実構造物のブレース材の端部の接合はガセットによって連結されるが、ここでのモデル化では簡略化したモデルで表現した。実際は、結合条件はピン結合と剛結の中間のような構造であると考えられる。さらに、実構造物を正確にモデル化し耐震解析を行うには、ガセットと軸線とのずれの影響を考慮して座屈挙動を正確に表現する必要がある。今後は結合条件の影響を考慮できる手法の検討が必要であると考えられる。

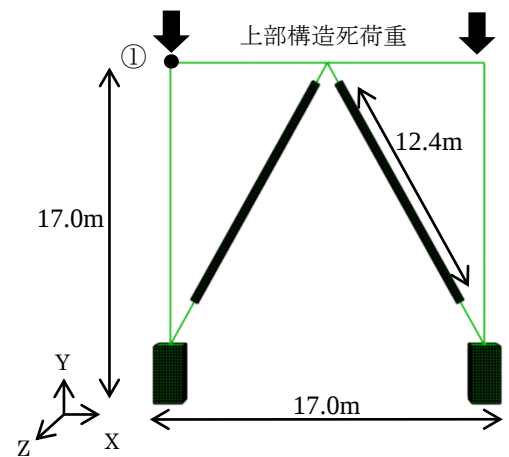


図1 解析モデル

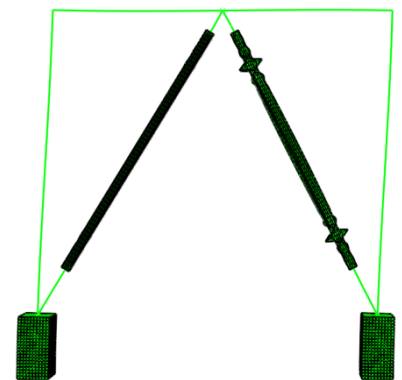


図2 変形図(変形倍率10倍)

3. 上路式鋼アーチ橋の非線形動的解析

解析対象橋梁は、昭和55年道路橋示方書²⁾により設計された上路式鋼アーチ橋を参考にモデル化したものである³⁾。橋長172.0m、支間割りが20.0m+132.0m+20.0mである上路式鋼アーチ橋である。アーチ支間長は126.0m、ライズは20.0mとなっており、床版は鉄筋コンクリート床版($t=210\text{mm}$)、舗装はアスファルト($t=60\text{mm}$)である。図3は解析に用いたモデルである。橋梁の断面構成は、アーチリブ、端支柱、支柱の一部が箱形断面、残りの支柱と横構、対傾構、補剛桁・縦桁・横桁はI形断面となっている。鋼種はアーチリブ、補剛桁、縦桁がSM490、それ以外

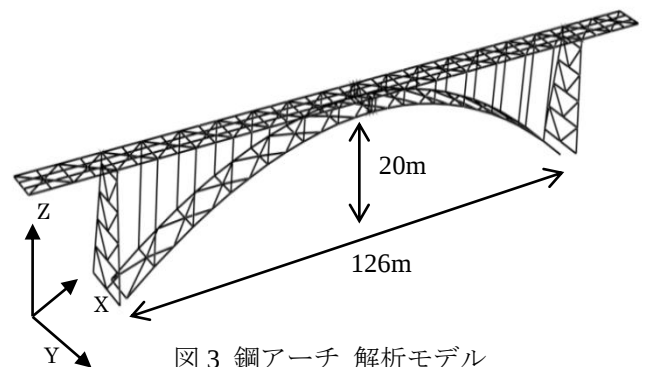


図3 鋼アーチ 解析モデル

キーワード 上路式鋼アーチ橋, 門型ラーメン構造, 局部座屈, 部材座屈, 非線形動的解析

連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科 TEL:096-342-3533

は SS400 である．なお，入力地震波は JR 鷹取駅観測地震波(JRT)を用い，Y 方向に作用させた．

4. 結果および考察

図 4 は JRT 地震動を橋軸直角方向に作用させたときの塑性域に達した部材の分布状況を赤い太線で示したものである．補剛桁の横構，アーチリブクラウン部とアーチリブの対傾構に塑性化が見られた．補剛桁の横構に塑性化が見られたのは同じ地震波をアーチリブ端部，補剛桁端部，橋脚基部の合計 12 か所に入力したことが原因であると考えられる．特に，アーチリブの対傾構に応力が集中し，座屈挙動への影響を考慮したモデル化が必要だと考えられる．

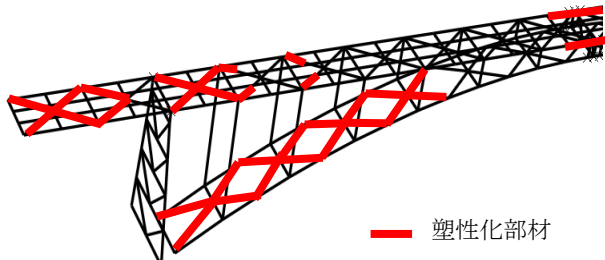


図 4 塑性化部材の分布状況

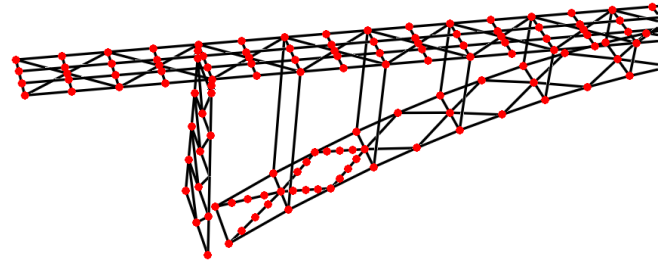


図 5 対傾構を 4 分割したモデル

次に，アーチリブ基部付近の対傾構が橋軸直角方向に地震荷重を受ける場合，アーチ基部付近の対傾構の部材が最も大きくなることがわかった．そこで，この対傾構部材に着目して，部材分割数が座屈変形挙動や全体変形挙動に及ぼす影響を調べるため，部材分割数を 2，4，8，16 と変化させて解析を行った．なお，図 5 には対傾構部材を 4 分割にしたモデルであり，アーチリブ基部の対傾構で片側のみ分割した．図 6 にはアーチクラウン部の応答変位を示すが，部材分割の影響はほとんどみられなかった．また，図 7 は分割した部材における部材応力の時刻歴応答を示す．なお，今回使用した対傾構は降伏応力 $\sigma_y=238\text{MPa}$ ，座屈応力 $\sigma_\alpha=277\text{MPa}$ である．対傾構部材の細長比が 80 程度，降伏応力が座屈応力より小さいため座屈荷重に達しなかったが部材に一部変形が見られた．

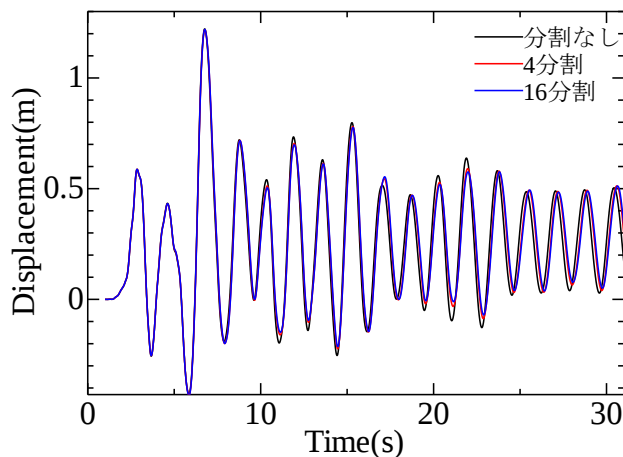


図 6 アーチクラウン部の時刻歴応答変位

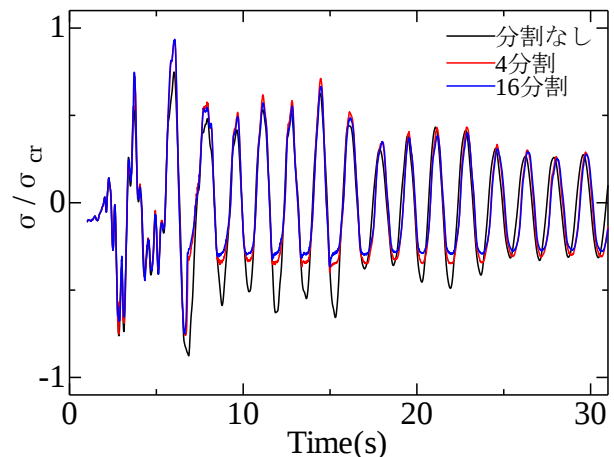


図 7 アーチ基部付近の対傾構の時刻歴応答応力

以上の解析結果より以下のことがわかった．

- (1) 部材を分割することにより，ブレース材の部材座屈を考慮できる上路式鋼アーチ橋のモデル化を示せた．
- (2) 解析結果の比較による有効性を述べるだけでは正確に再現できているとは断言できないため，実験値等との比較が必要である．
- (3) 地震挙動や座屈挙動に影響を与える解析パラメータを使って解析を行いの影響を追従することが望まれる．

参考文献

- 1) 宇佐美勉：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン，社団法人日本鋼構造協会編，2006
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1980.
- 3) 中村善之：上路式鋼アーチ橋梁の耐震性能照査法に関する検討，熊本大学大学院修士論文，2004