

鋼製橋脚アンカー部の2次元復元力モデルの3次元への拡張に関する検討

西日本旅客鉄道（株） 正会員 内田 慶一

名古屋工業大学 正会員 後藤 芳顕，学生会員 水野 剛規

1. はじめに：極大地震時においては，鋼製橋脚アンカー部も非弾性領域に入る場合が多く，鋼製橋脚の地震時挙動を予測するには，精度の良いアンカー部の復元力モデルを構築する必要がある．著者らはすでに，アンカー部全体のマクロ的挙動 $M-\theta$ 関係に着目した実用的な復元力モデルとして，図-1のようなスケルトンカーブと履歴ループからなる半実験モデルを提案し¹⁾，アンカー部が鋼製橋脚の地震時終局挙動に与える影響を検討した²⁾．しかしながら，この復元力モデルはアンカー部の2次元挙動を対象としているため，鋼製橋脚の3次元挙動を解析するためには，3次元復元力モデルが必要である．ここでは，半実験モデルの2次元履歴挙動をもとに，アンカー部の3次元復元力モデルを構築する方法を提案する．

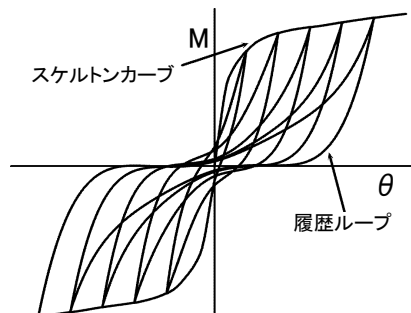


図-1 半実験モデル

2. アンカー部の3次元復元力モデル：アンカー部の3次元復元力モデル

としては，図-2に示す多ばねモデルを用い，各ばねの構成則は半実験モデルの2次元履歴挙動をもとに同定する．このとき，多ばねモデルの全ばねの構成則は同一で，ばね本数，配置および寸法等は，対応するアンカー部におけるアンカーボルトの本数，諸元に一致する．ばね1本の構成則を決定する際には，半実験モデルと同様，スケルトンカーブと履歴ループに分けて考える．まず，スケルトンカーブについては，引張側と圧縮側で異なる構成則モデルを用いる．引張側では，下ベースプレートがフーチングコンクリートから離間し，アンカーボルトが引張力を全て受け持つので，ばねにはアンカーボルト鋼材の材料構成則を用いる．圧縮側のばねのスケルトンカーブは，既に設定した引張り側のスケルトンカーブをもとに多ばねモデルのスケルトンカーブが半実験モデルに一致するように決定する．具体的には，圧縮側のスケルトンカーブとしてマルチリニアモデルを用いる．第1勾配としては圧縮側にあるばねの剛性を全て同一と考え，多ばねモデルが半実験モデルのスケルトンカーブと一致するように第1勾配を同定する．第2勾配の決定方法としては，多ばねモデルの圧縮側にあるばねの中で，2番目に大きいひずみをとるばね（ばね2）のひずみを，最大のひずみをとるばね（ばね1）が第1勾配同定時に経験した最大ひずみ値まで増加させる．そして，半実験モデルから算出される曲げモーメント値とばね1以外のばねの軸力から，ばね1の軸力を算出し，このときのひずみを考慮することで第2勾配を同定する．この手順を繰り返すことで，ばね1の圧縮側のスケルトンカーブを求める．

つぎに，ばねの履歴挙動のモデル化について述べる．ここでは，完全スリップ型モデルと最大点指向型モデルの剛性を同じ割合で重ね合わせた図-3に示す複合型モデルを用いる．この複合型モデルを各ばねに導入した多ばねモデルの2次元履歴挙動を半実験モデルと比較し，履歴吸収エネルギーの誤差が最小になるように定数の値を決定する．一例として円形断面アンカー部を対象とした多ばねモデルによる2次元繰り返し挙動を半実験モデルと比較して図-4に示す．多ばねモデルと半実験モデルのスケルトンカーブは良く一致しており，この同定方法は妥当であることが解る．履歴ループについては $M=0$ 付近では若干異なるものの，回転角の比較的小さい範囲において両者はよく一致している．つぎに，実用的な観点から，多ばねモデルを鋼製橋脚全体の2次元地震時挙動の解析に用いたときの精度を，半実験モデルを用いた場合と比較検討する．

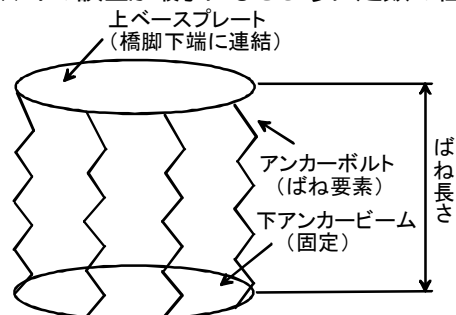


図-2 多ばねモデル

キーワード：アンカー部，半実験モデル，多ばねモデル

連絡先：〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学

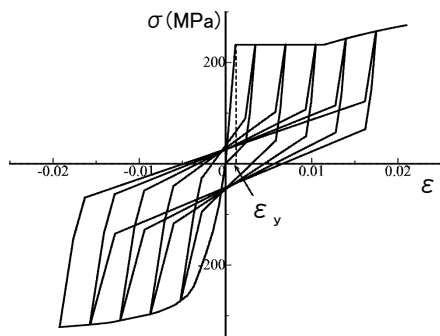


図-3 ばね要素における複合型モデル

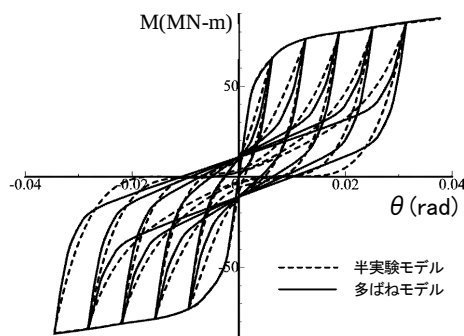


図-4 多ばねモデルの精度

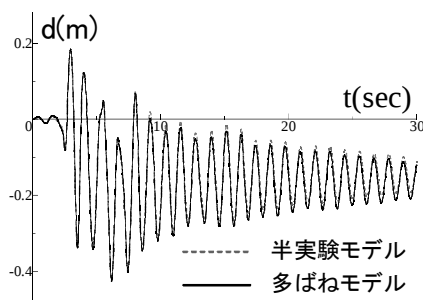
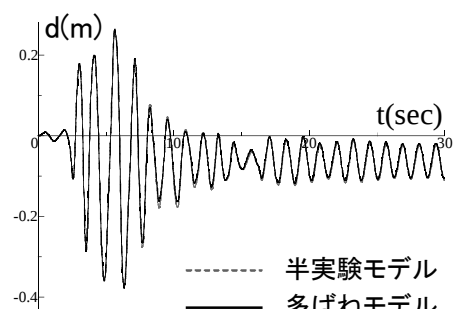
3. アンカー部を考慮した橋脚の地震時挙動の解析：検討に用いる橋脚モデルを

図-5に示す．解析では橋脚躯体にはり要素モデルを用い，構成則としてはバイリニア移動硬化則を導入する．入力地震波については，神戸海洋気象台の観測値のN-SとU-Dの2成分を用いる．橋脚躯体下端部にはアンカー部のモデルとして多ばねモデルあるいは半実験モデルを導入する．本解析においては，アンカーボルトネジ部の断面積として図-6に示すものの他にこの60%（それぞれ A_{100} ， A_{60} とする）の場合の2種類について検討する．解析結果として，橋脚天端の水平変位の時刻歴応答を，図-7，8にそれぞれ示す．これらの図から，半実験モデルと多ばねモデルを用いた場合の2次元地震時挙動を比較すると A_{100} ， A_{60} ともに，ほぼ一致していることが分かり，多ばねモデルは，橋脚の動的解析で半実験モデルの履歴特性を精度良く表現しているといえる．

最後に，多ばねモデルをアンカー部に用いた3次元挙動の解析例として図-5のモデルに神戸海洋気象台での地震波3成分を入力した場合の橋脚頂部の水平面内での挙動を図-9に示す．このような3次元複合非線形動的解析においても多ばねモデルは安定した解析が可能である．

4. まとめ：多ばねモデルを

用いて，アンカー部の3次元復元力モデルを構築する方法を提案し，2次元復元力モデルである半実験モデルと比較することにより，精度を検証した．その結果，多ばね

図-7 橋脚頂部水平変位(A_{100})図-8 橋脚頂部水平変位(A_{60})

モデルは，アンカー部の静的繰り返し挙動ならびに鋼製橋脚のアンカー部に導入した場合の地震時時刻歴挙動において，半実験モデルの履歴特性を精度良く表現することがわかった．さらに，多ばねモデルは鋼製橋脚に導入した3次元複合非線形動的解析においても安定した解析ができることが判明した．

【参考文献】1) 後藤芳顯，宮下敏，藤原英之，上條崇，土木学会論文集，No.563/I-39，pp.105-123,1997.

2) 後藤芳顯，宮下敏，土木学会論文集，No.598/I-44，pp.413-426,1998.

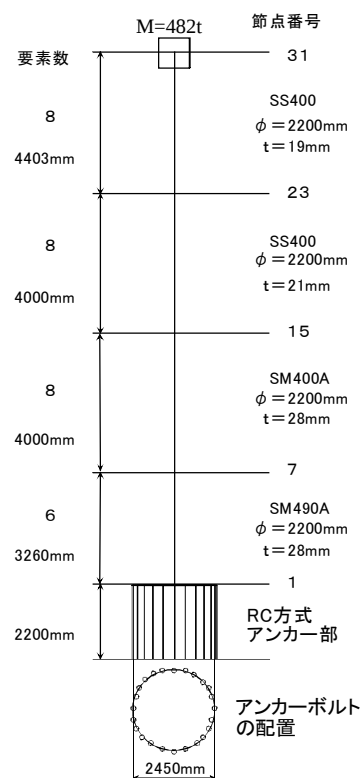


図-5 橋脚モデル

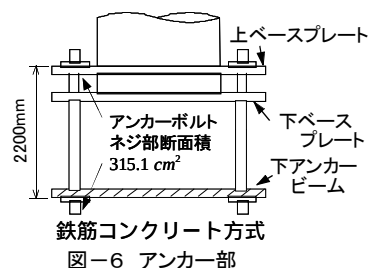


図-6 アンカー部

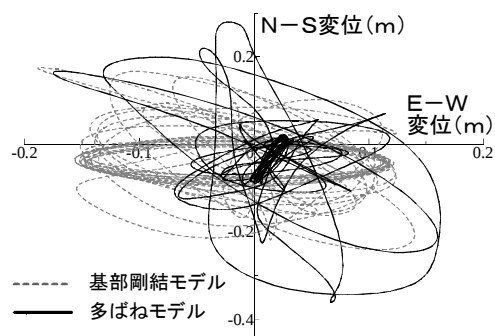


図-9 橋脚頂部の変位(3次元解析)