

アンカー部の3次元復元力モデルの開発と鋼製橋脚の地震時応答解析への適用

名古屋工業大学 学生会員 水野 剛規, 正会員 後藤 芳顕

1. はじめに: 近年, 地震波の連成を考慮した構造物の3次元挙動を設計で考慮することの重要性を指摘されている. 鋼製橋脚の場合, 地震時挙動は橋脚躯体だけでなくアンカー部の挙動にも支配される. 著者らは鋼製橋脚の地震時挙動の予測のために, アンカー部全体のマクロ挙動に着目した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¹⁾を提案し, 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, 半実験モデルの適用は2次元挙動に限定されており3次元挙動の解析に用いることができない. ここでは2次元の半実験モデルをもとに3次元の復元力モデルに拡張する方法について検討し, さらに橋脚の地震時応答解析に適用した結果について報告する.

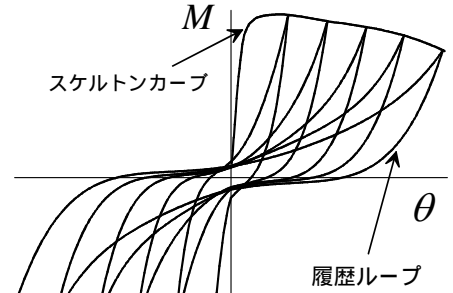


図-1 半実験モデル

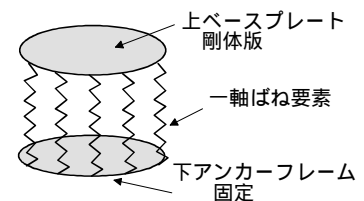


図-2 多ばねモデル

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, 図-2に示す複数の一軸ばね要素と剛体版からなる多ばねモデルを用いる. モデル化にあたり, アンカー部の構造形式を忠実に表現するため, 多ばねモデルで用いるばねの本数および配置, 1本のばねの寸法等は, 対象となるアンカー部におけるアンカーボルトの本数と諸元に従うものとする. 各々のばねは, 同一の構成則を有するものとし, 2次元復元力モデルである半実験モデルから同定する. そのとき, 半実験モデルと同様にスケルトンカーブと履歴ループを分けて考える.

(スケルトンカーブ): ばねのスケルトンカーブの引張側はアンカーボルト鋼材の材料構成則を用い, 圧縮側を既に規定した引張側を考慮して, 多ばねモデルのスケルトンカーブが半実験モデルのスケルトンカーブと一致するように同定する.

(履歴ループ): ばねの履歴ループとして, 図-3に示す修正スリップ型モデルを提案する. 修正スリップ型モデルは, 除荷剛性 (K_s^+), 硬化剛性 (K_p^+), スリップする応力の範囲 ($\sigma_{s1}^+, \sigma_{s2}^+$) の4つのパラメータに支配される. これら4つのパラメータは, 修正スリップ型モデルを導入した多ばねモデルの2次元履歴挙動と半実験モデルとの基部モーメントの差の2乗和が最小になるよう決定する. 最適化手法としては, 滑降シンプレックス法を用いる.

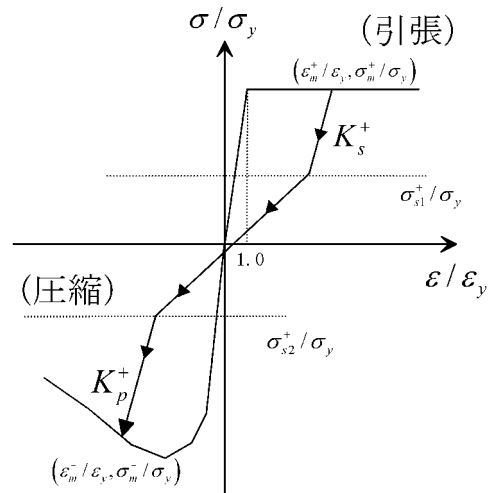


図-3 修正スリップ型モデル

例として, 図-5(a)に示す円形断面鋼製橋脚の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. 図からも, 多ばねモデルと半実験モデルはよく一致していることがわかる.

3. アンカー部を考慮した橋脚の地震時応答解析: 多ばねモデルによるアンカー部の復元力モデルを鋼製橋脚の地震時応答解析で考慮し

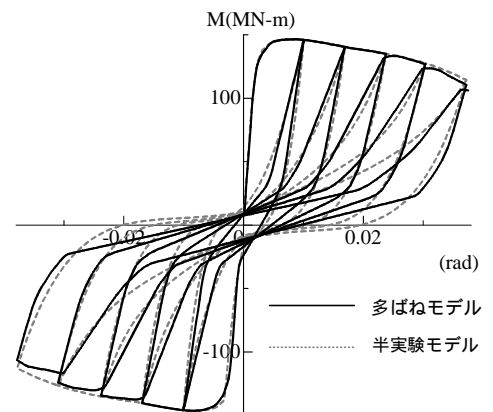


図-4 多ばねモデルの精度

キーワード: アンカー部, 半実験モデル, 多ばねモデル, 修正スリップ型モデル

連絡先: 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学

た場合について、まず、その精度を水平方向地震動を入力した場合について半実験モデルと比較することにより検証する。つぎに、水平2方向地震動を入力した3次元挙動特性について検証する。

（解析モデル）: 解析の対象として図-5に示す円形断面鋼製橋脚と矩形断面鋼製橋脚を用いる。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（2次勾配 $E/100$ ）を導入する。水平方向入力地震波については、神戸海洋気象台の観測値のN-Sを用い、2方向入力の場合はE-W成分を追加する。アンカーボルトの断面積を変化させた場合についても解析をする。すなわち、橋脚躯体の地震時保有水平耐力の68～156%の水平力による基部モーメントと死荷重軸力を設計荷重としてアンカー部を再設計した。このように設計したアンカー部を $A_{68} \sim A_{156}$ として各々表示する。

（多ばねモデルの精度）: N-S成分のみを入力した結果として、橋脚天端の水平変位の時刻歴応答を円形断面鋼製橋脚については図-6に、矩形断面鋼製橋脚については図-7にそれぞれ多ばねモデルを用いた場合と半実験モデルを用いた場合とを比較して示す。それぞれの図から明らかなように、円形断面鋼製橋脚、矩形断面鋼製橋脚と共に A_{156} 、 A_{125} においてよく一致している。また、固定度が小さいアンカー部 A_{68} 、 A_{75} においても比較的よく一致している。よって、多ばねモデルは、橋脚の時刻歴応答解析に適用した場合も半実験モデルによるアンカー部の履歴特性を精度良く表現しているといえる。

（水平2方向地震動下の挙動）: N-S, E-W成分の地震動を同時に入力した場合の多ばねモデルの3次元地震時応答解析の結果として、橋脚頂部変位のトラジェクトリを基部剛結モデルと比較して図-8に示す。図から、固定度が大きい A_{156} 、 A_{125} においてもアンカー部の影響が比較的大きく現れていることがわかる。

【参考文献】 1) 後藤, 他, 土木学会論文集, No.563/I-39, pp.105-123, 1997.
2) 後藤, 他, 土木学会論文集, No.598/I-44, pp.413-426, 1998.

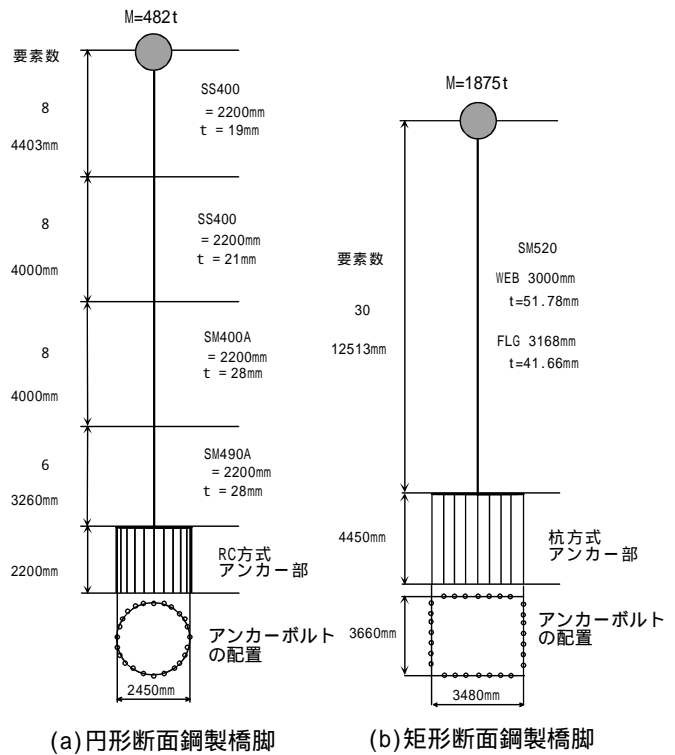


図-5 橋脚モデル

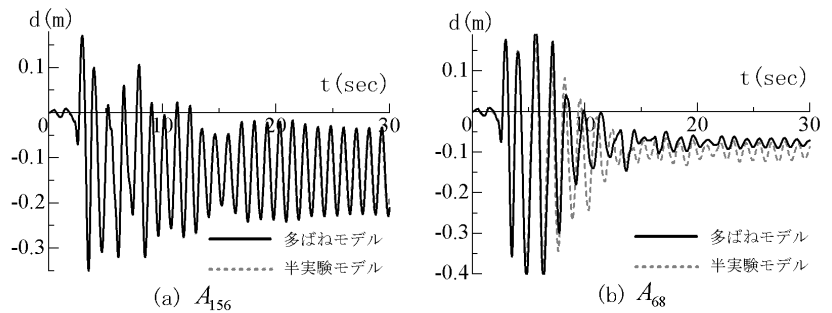


図-6 円形断面鋼製橋脚における橋脚頂部水平変位

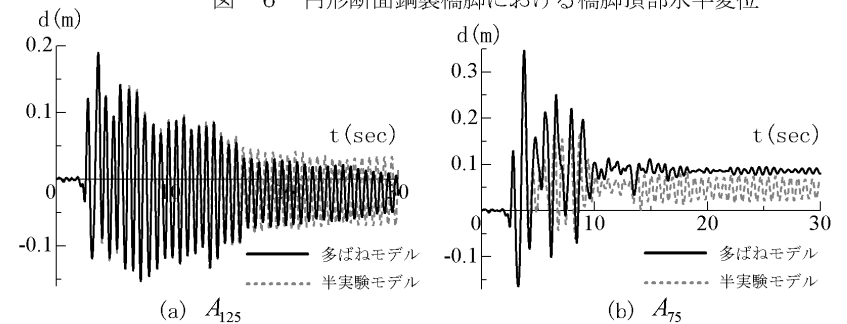


図-7 矩形断面鋼製橋脚における橋脚頂部水平変位

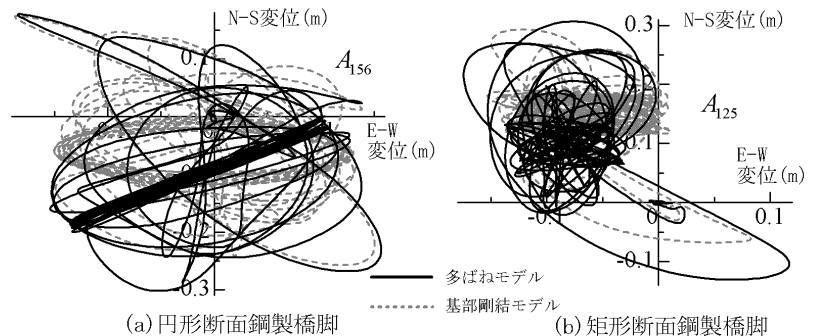


図-8 橋脚頂部の変位（3次元解析）