

鋼製橋脚アンカー部のモデル化に関する検討

法政大学大学院 学生会員 ○植田 祐司
法政大学 正会員 藤山 知加子

1. 目的

本研究の目的は、杭方式アンカーフレームで接合される鋼製橋脚基礎接合部のフーチングコンクリート内部の損傷過程を分析するための、非線形有限要素解析ソフト COM3D を用いた橋脚アンカー部のモデル化検討である。

2. モデル化の概要

本検討では後藤ら¹⁾や廣江ら²⁾の研究で行われた実験の供試体をモデル化した。作成したモデルの寸法および全体図を図 1 に示す。

引張力には下アンカーフレームで抵抗し、圧縮力には上アンカーフレームとフーチングコンクリート上面で抵抗するという応力伝達と、過去の杭方式アンカー部の繰り返し載荷実験において観察されたアンカーボルトおよびフーチングコンクリートとベースプレートの離間・接触による複雑な挙動（図 2）を再現するため、各構成要素のモデル化を検討した。

2.1 各構成要素のモデル化

a) 橋脚躯体、フーチングコンクリート

橋脚躯体およびフーチングコンクリートはソリッド要素で、鉄筋は RC 要素でモデル化した。フーチングコンクリートと異種部材の接触面全面に境界面要素を入力した。

b) 上下アンカーフレーム、ベースプレート

ベースプレートおよび上下アンカーフレームの微小な変形がコンクリートの損傷に寄与する可能性があると考え、ソリッド要素でモデル化した。一方で過去の実験からアンカーフレームおよびベースプレートは縁端距離が極端に短い場合を除いて強度・剛性が十分であることが確認されており、両者を剛体としてモデル化した研究も行われている¹⁾。

c) アンカーボルト

ソリッド要素でモデル化したナット同士を一軸ライン要素で接続することでアンカーボルトをモデル化した。ナットは二層でモデル化し、ベースプレートまたはアンカーフレームに接触している要素は圧縮力のみに抵抗するよう材料特性値を設定した（以下、圧縮要素）。この圧縮要素が引張力を受けた時の変形量により離間・接触を再現する。一方の要素は弾性要素で再現し、ライン要素の接続接点はこの 2 層の間とした。

COM3D では 1 本のライン要素に複数の接点を持たせることができないため、図 3 に示すように上から順にナットを繋ぐパターン（直列アンカーボルト）と、荷重伝達の役割別にナットを繋ぐパターン（伝達別アンカーボルト）の検討を行った。

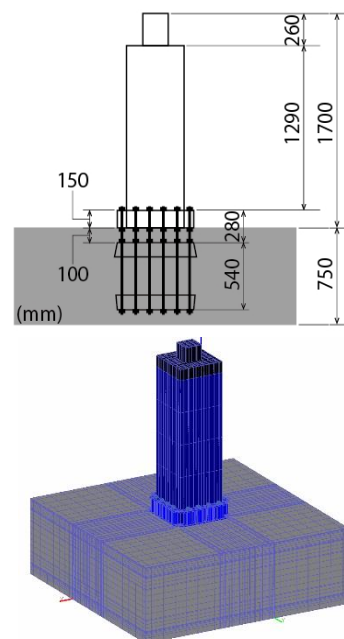


図 1 モデル図

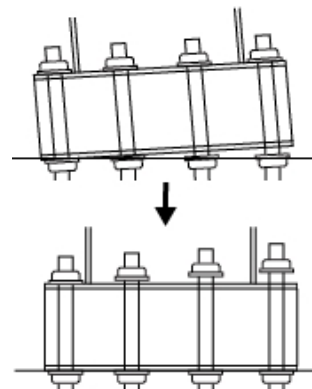


図 2 離間・接触イメージ

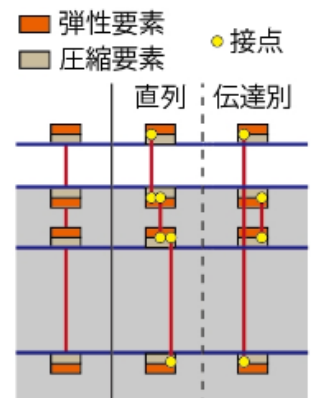


図 3 アンカーボルト

キーワード 鋼製橋脚 杭方式アンカー部 離間・接触 再現解析

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 03-5228-1406

3. モデルの検証

既往の研究結果との比較により、アンカーボルト入力別 2 パターンのモデル化についてそれぞれ検証を行った。一方向単調載荷および一方向正負交番載荷の再現解析について、基部曲げモーメント-回転角関係（ $M-\theta$ 関係）の比較を行った。なお既往の研究同様、橋脚に作用する上部工の重量として鉛直方向に常時 426kN 載荷した状態で水平載荷を行った。

3.1 一方向単調載荷

一方向単調載荷の結果を図 4 に示す。直列アンカーボルトは既往の研究結果を精度よく再現したが、伝達別アンカーボルトは初期剛性が比較的大きい結果となった。いずれの結果においても引張側アンカーボルトの降伏により回転角の増大を確認した。橋脚からの応力伝達が精度よく再現されたと判断した直列アンカーボルトのモデルを用いて、一方向正負交番載荷の検討を行った。

3.2 一方向正負交番載荷

一方向正負交番載荷は、単調載荷結果において回転角が増大する点での頂部水平変位 $\delta_0=4.2\text{mm}$ を基準として 1cycle= $\pm\delta_0$ 、2cycle= $\pm 2\delta_0$...となるよう繰返し載荷を行った。

1cycle と 4cycle の結果を図 5 に示す。低サイクルにおいて既往の研究結果を良好に再現した。高サイクルにおいて離間・接触によるスリップ型の傾向の再現が確認されるものの、除荷時の傾向や回転角 0 での基部曲げモーメントの値が異なる結果となった。離間となる部分に常に圧縮要素が接触しているため、繰返し載荷時に実構造とは異なる応力状態となっている可能性が考えられる。繰返し載荷時の離間・接触を再現するためにはモデルの改良が必要であると考えられる。

4. 離間・接触再現

繰返し載荷時の挙動を複雑にするアンカーボルトおよびフーチングコンクリートとベースプレートとの離間・接触再現を図 6 に示す。圧縮要素の変形によりベースプレートとフーチングコンクリートの離間を再現できていることがわかる。しかし $M-\theta$ 関係の傾向が既往の研究結果と異なるため、今後検討を行う。

5. まとめ

本検討から得られた知見を以下に示す。

- ① 本検討で作成したモデルにおいて、一方向単調載荷および正負交番載荷低サイクル時の結果を精度よく再現できることを確認した。
- ② 繰返し載荷時の離間・接触を圧縮力にのみ抵抗する要素の変形により再現したが、除荷時の傾向については今後再検討する。

参考文献

- 1) 後藤芳顕, 石河亮, 海老澤健正, 青木徹彦: 橋脚アンカー部の 3 次元履歴モデル, 土木学会論文集 A, Vol.64 No2, pp513-529, 2008.6
- 2) 廣江昭博, 青木徹彦, 鈴木森晶, 海老澤健正: 水平二方向地震力を受ける鋼製橋脚アンカー部の終局挙動に関する研究, 構造工学論文集, Vol.52A, pp455-463, 2006.

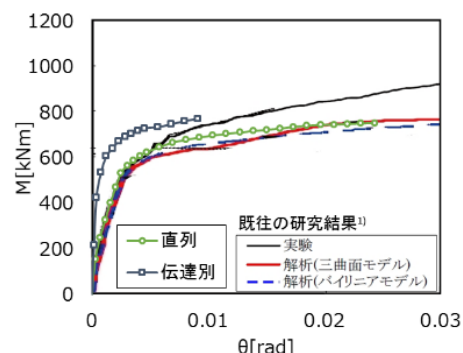


図 4 単調載荷結果 1)

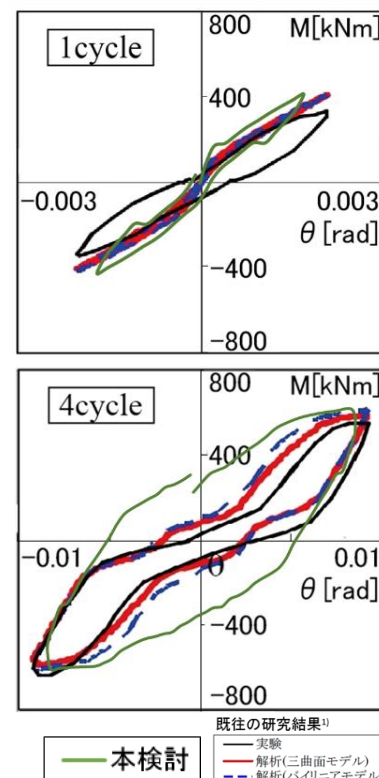
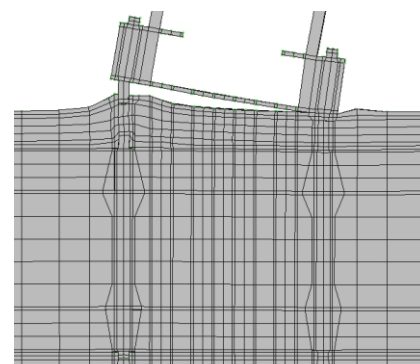


図 5 正負交番載荷結果 1)



倍率：20 倍

図 6 離間・接触再現