4本の杭に支持された床板へのアンカーボルト定着に関する解析的検討

東電設計　正会員○齋藤修一，北島俊宏
東京電力　紙本斉士，湯井孝一

1．はじめに

鋼管単柱鉄塔と基礎の定着方法としてアンカーボルトによる接続方式が適用されている．4 本の杭に支持された床板にアンカーボルトによって定着させた構造については，その耐力や耐荷機構に不明な点があるため，図-1 に示すように実物の 1/3 の大きさの模型試験体を製作して破壊試験を実施した[1)]．本検討は，実験により確認したアンカーボルト定着方式の定着耐力と破壊モードを解析によりシミュレーションし，その精度を確認するものである．なお，解析には東京大学コンクリート研究室が開発した解析コード COM3 を用いた．

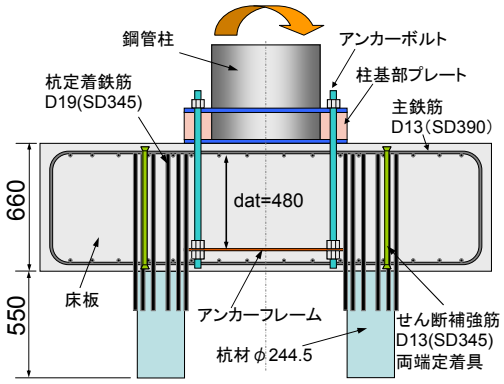


図-1(a)　試験体断面図

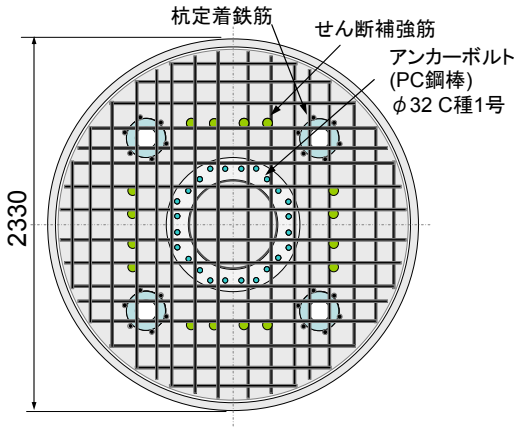


図-1(b)　試験体平面図

2．解析モデル

解析モデルを図-2 に示す．図-2 に示すように鋼管単柱などの鋼材は破壊しないように試験体が製作されていることから弾性要素として，頂部に模型実験と同様に変位制御にて水平力を加えた．杭はスタブコンクリートに固定していることからモデルの拘束条件は杭を模擬した弾性要素の下部を鉛直，水平方向固定とした．アンカーボルトは線材要素を用い，ねじ切り切削加工されていることからコンクリート要素の節点と共有し，最下端はアンカーフレームに接続した．床板に配筋されている上下主鉄筋およびその折り曲げ部は鉄筋コンクリート（RC）要素とした．その他の鉄筋が入っていない要素は無筋コンクリート（PC）要素とした．せん断補強筋は両端に定着具があるため，鉄筋全長を RC 要素とし，杭は定着具がないので，図-3 に示す 2 種類の定着長とした．鋼管単柱基部プレートと床板の境界には接触境界要素を配置し，プレートから基礎への引張力が直接伝達しないようにした．

実験に合わせ，試験体のコンクリート強度は 29.5N/mm^2，床板主鉄筋(D13)，杭定着鉄筋筋(D19)，せん断補強筋(D13)の降伏強度は材料試験結果からそれぞれ 451.2N/mm^2，385.7N/mm^2，357.2N/mm^2 とした．なお，柱自重は 3485kg，アンカーボルトの初期導入力は試験時の計測値から 22kN/本とした．

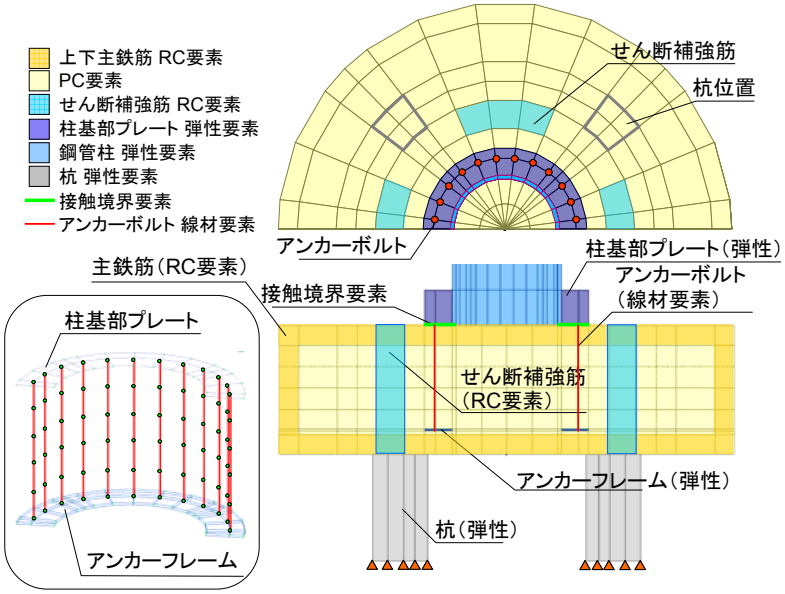


図-2　解析モデル

キーワード　鋼管単柱鉄塔，数値解析，せん断破壊
連絡先　〒110-0015　東京都台東区東上野三丁目 3-3　東電設計（株）送変電土木部　ＴＥＬ03-6372-5453

３．解析結果

一例として Model-1 の最大モーメント(2020kN･m)時の変形状況を図-4 に示す．上面および断面の変形を見ると引揚力を受けるアンカーボルトによってアンカーフレームが引き上げられて周辺コンクリートが広がっている様子が見られる．

モーメント M と回転角 θ の関係を図-5 に示す．実験値は 1875kN･m，Model-1 は 2020kN･m，Model-2 が 2247kN･m となり，Model-1 の解析値は実験値に近く，その比は 0.93 となった．図-6 に杭が配置されている断面の主ひずみを示す．杭定着鉄筋が短いモデルの Model-1 は RC 要素直上の PC 要素にアンカーフレームから実験と同様なせん断ひび割れが生じた．一方，Model-2 は杭部の RC 要素を床板上端までとしているため，ひび割れは鉄筋をさけて上端に向かった．図-7 に Model-1 のモーメントと鉄筋ひずみの関係を示す．実験，解析共にせん断補強筋は降伏し，杭鉄筋はひずみが小さく降伏せず，両鉄筋は実験と一致した挙動を示した．一方，Model-2 は図-8 に示すように，床板主鉄筋が降伏し，曲げ破壊となり実験と破壊モードが異なった．

以上より，定着が十分でない鉄筋をモデル化すると解析上は耐力に寄与し，破壊モードも変化する可能性があることがわかった．

５．まとめ

配筋図通りに杭定着鉄筋をモデル化すると破壊モードは引抜きせん断破壊から曲げ破壊に変化した．模型実験では定着具のあるせん断補強筋は降伏したが，杭定着鉄筋は降伏前にせん断破壊が生じた．数値解析のモデル化を行う場合には，鉄筋定着を十分に考慮してモデル化しなければ破壊モードが変化することが明らかとなった．

参考文献 1)齋藤修一他 3 名:4 本杭に支持された鋼管単柱鉄塔基礎へのアンカーボルト定着に関する模型実験, コンクリート工学年次論文集，vol.30,No.3,pp487-492，2008

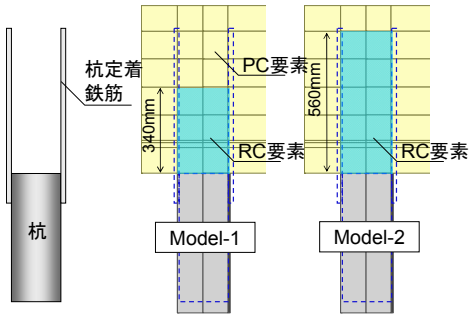
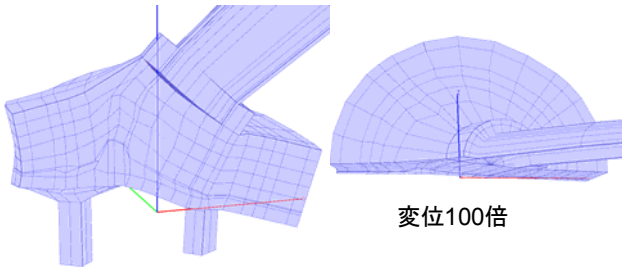


図-3　杭部のモデル



(a)断面　　(b)上面

図-4　解析結果(model-1 最大荷重時)

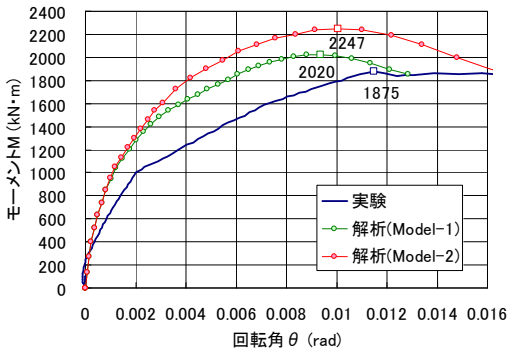
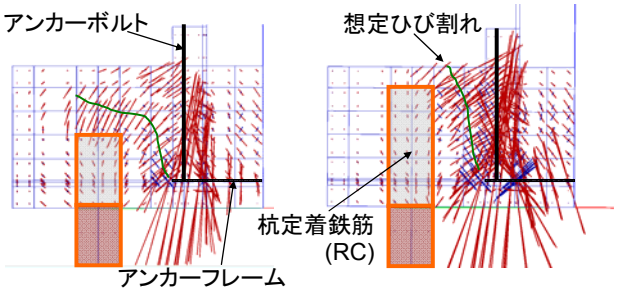


図-5　モーメントと回転角の関係



(a)Model-1　　(b)Model-2

図-6　杭断面の主ひずみ（最大荷重時）

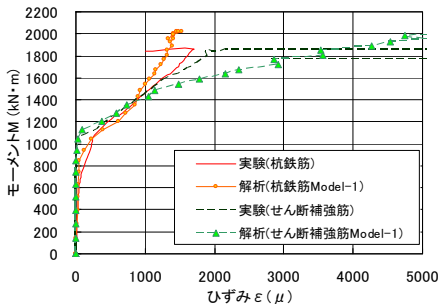


図-7　モーメントとひずみの関係(Model-1)

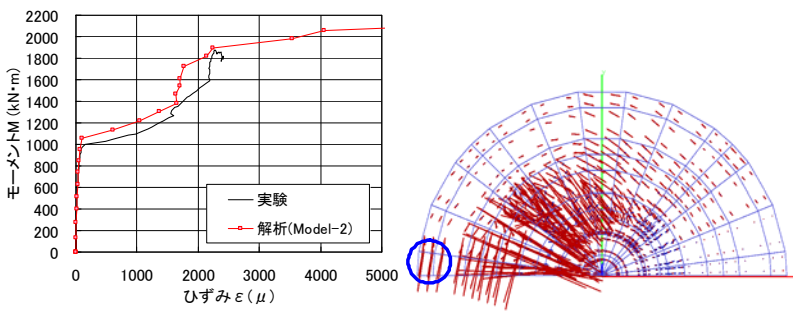


図-8　モーメントと主鉄筋ひずみ(Model-2)