

Ⅲ-B382 斜面上の深礎基礎に関する中規模載荷実験の3次元FEM解析

東電設計(株) 正 ○ 高橋秀明 安 雪暉 松島 学
 東京電力(株) 正 田邊 成 松尾 敏
 中部電力(株) 池田誠太 久野武紀

1. はじめに

山岳地に建設される基礎構造物の設計は、斜面の傾斜角が地盤の支持力や基礎の挙動に与える影響を適切に評価することが大切である。FEMなどの数値解析手法はこの目的のために有用な検討手法であるが、入力物性値を正しく設定することが難しい。とくに、山岳地の軟質岩盤は不規則な不連続面が多数存在しており、室内試験の結果から不連続面の影響を考慮した岩盤の物性値を設定することは困難である。さらに、構成則に地盤のひずみ軟化現象を取り入れる場合、モデルには多くのパラメータが用いられていたり、特殊な室内試験を必要とすることが多いようである。

筆者らはこれまでにできるだけ少ないパラメータの簡単なモデルで地盤のひずみ軟化現象を取り扱う方法について検討を行ってきたり、また、送電用鉄塔が建設されることの多い軟質の亀裂性岩盤を対象として、有限要素サイズの岩盤強度を評価する手法を提案した²⁾。本研究では、これらの検討結果に基づいて亀裂の発達した岩盤を等価な連続体要素にモデル化し、深礎基礎の中規模水平載荷実験の数値シミュレーションに適用した。そして、実験結果とシミュレーション結果の比較結果を示し、岩盤構成則のモデル化手法の妥当性を示すと共に、傾斜角度が地盤の破壊性状に与える影響について考察した。

2. 解析条件

深礎基礎の中規模水平載荷実験は図1に示す一様な造成斜面を対象とし、地盤の傾斜角度を30度および50度の2ケースに設定した^{3),4)}。試験体の寸法は径1.5m×長さ5.0mで500kv送電用鉄塔基礎の1/2スケールである。岩盤は節理の発達した中古性砂岩で、方向性のない亀裂が空間的にランダムに分布しており、異方性は少ない。

岩盤の破壊基準はMohr-Coulombの降伏関数を採用し、塑性化後のひずみ軟化特性を粘着力Cと内部摩擦角 ϕ の変化で

図2のように表した。破線は供試体サイズの強度パラメータの変化を、実線は亀裂の影響を考慮して等価な連続体モデルに換算した有限要素サイズの強度パラメータの変化を示す。三軸供試体(破線)は応力~ひずみ関係がピークを示し、せん断破壊面が亀裂部分とインタクトな部分から構成されるジョイントドロックの特性を示すデータを選定した。粘着力Cは塑性せん断ひずみ γ_p が1%を越えると急激にひずみ軟化するが、内部摩擦角 ϕ には大きな変化が見られなかった。有限要素サイズの岩盤強度(実線)は、地盤に形成されるセ

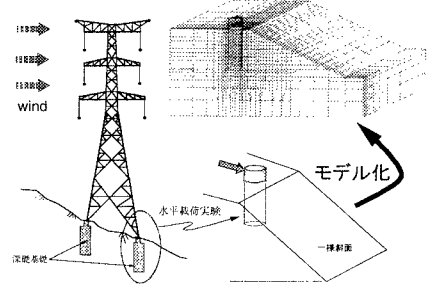


図1 山岳地に建設される深礎基礎と載荷実験

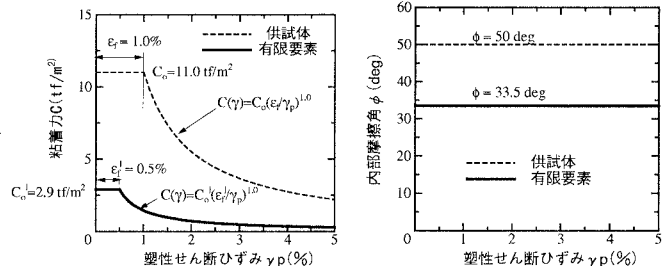


図2 亀裂性岩盤と等価な連続体要素モデルの物性値

キーワード：亀裂性岩盤，スケール効果，有限要素法

〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 tel:03-5818-7580 fax:03-5818-7585

ん断帯と岩盤に存在する亀裂の影響を考慮して供試体の強度特性から等価な連続体のモデルへ換算した。具体的には、せん断帯に局所化する塑性ひずみの大きさと亀裂の存在による強度の低下を供試体と有限要素のサイズ比で調整した。三軸試験から得られた強度特性に対し、塑性ひずみ γ_p は 1/2, 粘着力 C は 1/3.8, 摩擦抵抗係数 $\tan \phi$ は 1/1.8 のスケール効果を考慮した。岩盤の弾性係数は三軸試験の結果から $E=14,800\text{tf/m}^2$ とした。

3. 解析結果

30度斜面および50度斜面の荷重－変位関係を実験値と比較して図 3 に示す。50度斜面の解析結果が実験値よりやや小さめの値を示しているが、降伏から終局状態に至る特性を良く表現できている。図 4 は最終の解析ステップにおける地盤の破壊状況(ひずみ軟化要素)を示したものであるが、30度斜面に比べ50度斜面の破壊領域は深部まで進展していることが確認できる。载荷実験では傾斜角度によって前面地盤の体積ひずみの分布に図 5 に示す相違が見られ、本解析結果も同様の傾向が得られている。即ち、傾斜角度が大きいほど地盤の破壊が深部まで及ぶと考えられる。

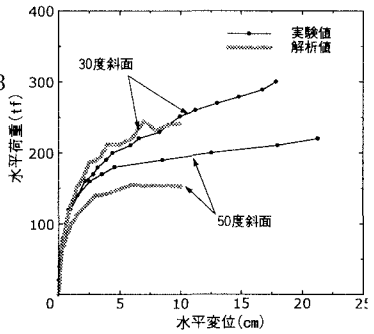


図 3 荷重－変位関係

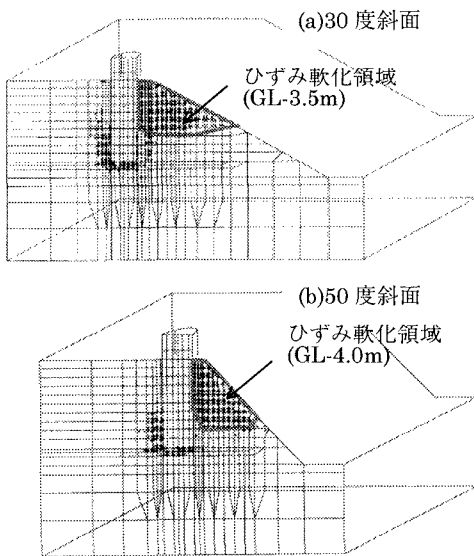


図 4 前面地盤のひずみ軟化領域

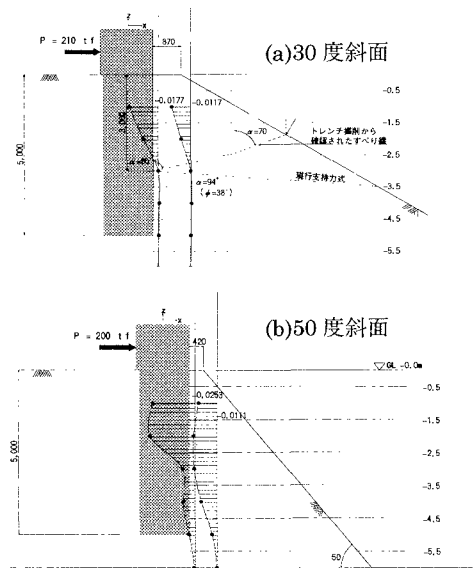


図 5 前面地盤の体積変化図

4. おわりに

ひずみ軟化特性と強度のスケール効果を取り入れた等価連続体モデルによる解析結果を深礎基礎の载荷実験と比較した結果、実験の挙動を良く表現することができた。塑性ひずみと強度の大きさに対して要素サイズの影響を適切に評価すれば亀裂性岩盤を等価な連続体として解析可能であることが確認された。

参考文献

- 1) 安, 高橋, 松島, 田邊: Strain-softening Model of Soil for Finite Element Analysis, 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集, 1998.
- 2) 高橋, 河村, 松島, 田邊: 亀裂性岩の強度に及ぼすスケール効果評価法に関する研究, 第 34 回地盤工学研究発表会, 1999(投稿中).
- 3) 河村, 花見, 須田, 松島: 斜面上の深礎基礎に対する中規模水平载荷実験(その 1), 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集, 1998.
- 4) 田邊, 池田, 重野, 高橋: 斜面上の深礎基礎に対する中規模水平载荷実験(その 2), 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集, 1998