

ジョイント拡大を考慮した MBC モデルによる 深礎水平支持力試験の解析

○ 運輸省 第四港湾建設局 正会員 井上 岳
東京大学大学院 工学系研究科 正会員 堀井 秀之

1. はじめに

近年の電力需要の増加から高圧送電用鉄塔の規模も大型化してきており、これを支持する深礎基礎の水平支持力の設計式もさらなる合理化が求められる。支持力試験の実験的検討を行うため、平成9年に東京電力・中部電力が飯能において1/2スケールの水平支持力試験を実施しており、荷重変位特性、基礎体挙動の実験的把握がなされている。次なる課題は、これらの力学的挙動を再現し得る数値解析手法の開発である。

本研究では大規模地下空洞掘削などに実績のある MBC モデルの拡張により、せん断破壊する岩盤に対する連続体のモデル化を行い、得られる構成式を有限要素解析プログラムに組み込むことによって、任意の岩盤構造物に対する岩盤支持力問題の解析手法を開発した。解析手法の適用性を検討するため、平成9年に行われた東京電力・中部電力の飯能水平支持力試験の解析を行い、実測結果と解析結果を比較する。

2. ジョイント拡大を考慮した MBC モデルの概要

モデルの詳細は文献¹⁾に詳しい。ここではその概要を記す。

岩盤斜面の崩落問題や基礎の水平支持力問題において支配的となる力学的挙動は、変形の進行とともに破壊部分が拡大し、そのような破壊部分の連鎖・連結現象により破壊部分が進展していく現象であり、ジョイントなど不連続面の力学的挙動に注目することが重要である。

MBC モデルはジョイントのせん断すべり、開口を岩盤挙動の支配的メカニズムと捉え、その影響を考慮に入れた連続体モデルである。定式化にあたっては、個々のジョイントの挙動をモデル化し、代表要素内の平均化操作により力学的に等価な連続体挙動、すなわちジョイントを含む岩盤の構成式を導くものである²⁾。このモデル化により卓越するジョイントセットの走向、傾斜、平均間隔等の情報を直接入力データとして解析が可能である。

岩盤のせん断破壊の際には、岩盤の変形の進行に伴って、ジョイント破壊部分の拡大・連結が生ずるものと考えられるが、これはあるジョイントにとっては周辺岩盤による拘束が弱まり、せん断すべりが容易になるという効果がある。このメカニズムは複雑であり、現象に忠実なモデル化は困難である。本研究では最も単純なモデル化として線形破壊力学に従うジョイント長の拡大を採用し、MBC モデルを拡張した。

3. 飯能水平支持力試験の解析

飯能深礎水平支持力試験³⁾のうち傾斜角50度のケースに対して行なった有限要素解析の結果を示す。図-1のような解析メッシュを用いる。図の赤の部分はコンクリート杭、青の部分は本研究で提案する MBC 要素である。実験において引張破壊が生じた緑の領域には低張力材料要素を用いて解析を行った。解析の入力データとしては現地の地質調査結果によるジョイント、岩盤の物性値である。特定しがたいパラメータについては別に三軸圧縮試験の解析のパラメトリックスタディにより決定している⁴⁾。

図-2は試験及び解析による載荷点荷重変位曲線であるが、両者は良好に一致している。図-3,4,5は解析結果による各荷重ステップ毎の地表面最大せん断歪み分布である。最大せん断歪みが卓越する箇所はジョイントのせん断すべり、ジョイント長が拡大が顕著な箇所に対応しており、図-6,7,8との比較により破壊モードをも良好に再現可能だということを示している。

4. まとめ

不連続性岩盤に対する MBC モデルを基にして深礎水平支持力試験の解析を行い、適当な入力データにより載荷点荷重変位関係、破壊モードがある程度再現可能であることを示している。不連続体解析手法のように予め破壊面のパスを決めることなく、解析の結果として破壊領域が求まることは本解析手法の特色である。本研究ではジョイントの破壊部分

の拡大・連結といった複雑な現象を線形破壊力学に基づくジョイント長の拡大という単純なモデル化を行っているが、現実により近いモデル化を検討する必要がある。

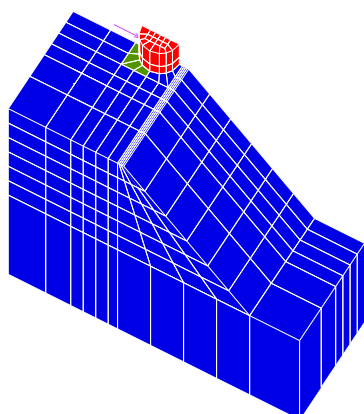


図 1 有限要素メッシュ

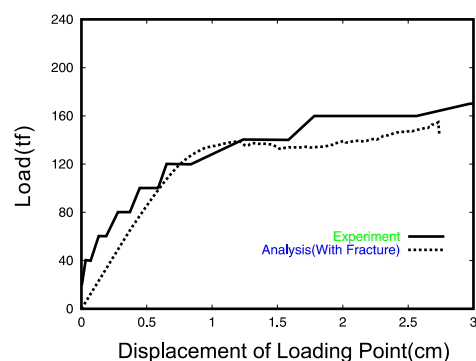


図 2 荷重変位曲線

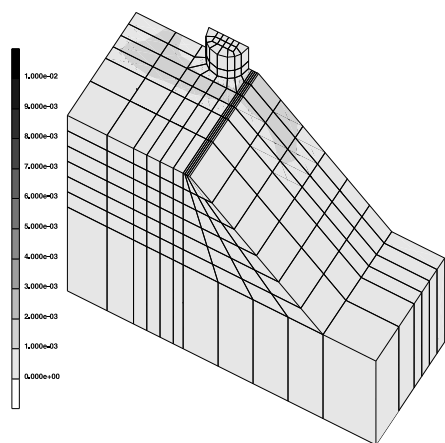


図 3 載荷荷重 100tf 時の最大せん断歪み分布

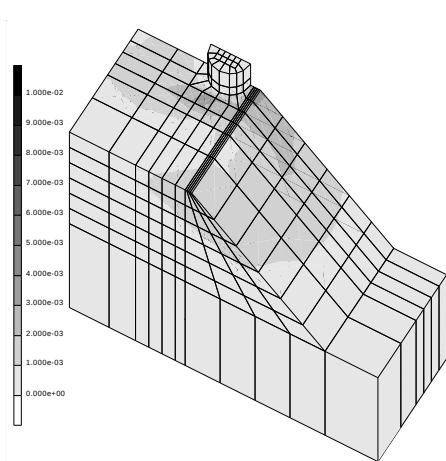


図 4 降伏時の最大せん断歪み分布

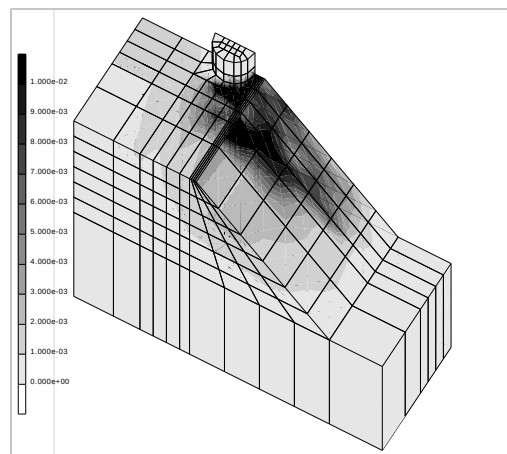


図 5 終局荷重時の最大せん断歪み分布

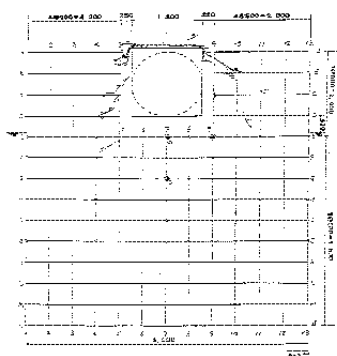


図 6 載荷荷重 100tf 時の地表面破壊状況

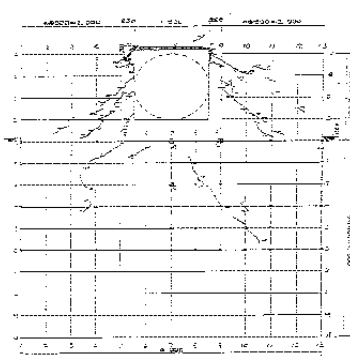


図 7 降伏時の地表面破壊状況

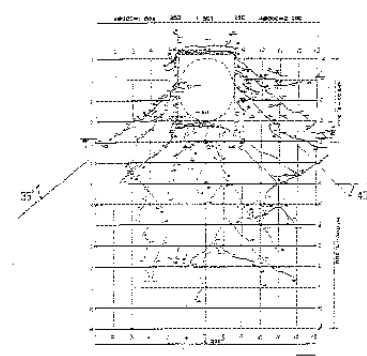


図 8 終局荷重時の地表面破壊状況

参考文献

- 1) 井上岳, 堀井秀之: せん断破壊する岩盤に対する MBC モデル, 岩盤力学委員会第 30 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp138-142, 2000.1
- 2) 吉田 秀典, 堀井 秀之: マイクロメカニクスに基づく岩盤の連続体モデルと大規模空洞掘削の解析, 土木学会論文集 No.535/III-34, pp23-41, 1996.3
- 3) 河村直明, 田辺成 他: 斜面上の深礎基礎に対する中規模水平載荷試験 (その 1, その 2), 土木学会第 35 回年次学術講演会講演概要集 3B, pp76-79, 1998
- 4) 井上岳: せん断破壊する岩盤に対する MBC モデルの提案と水平支持力試験の解析, 東京大学修士論文, 2000.3