

III-452

大深度掘削における盤ぶくれに対する検討法について

(株) 鴻池組 正 小野 紘一 (株) 鴻池組 正 嶋村 貞夫
" " 濱野 隆司 " " 阿部 玲子

1. はじめに

大深度掘削の場合、土留め壁の根入れ長は、盤ぶくれに対する安定計算により決定されている場合が多い。現状では盤ぶくれに対する検討は一般的に揚圧力と土自重との釣合いによる自重バランス法によって行われているが、この方法を大深度掘削に適用すると土留め壁の根入れ長が非常に長くなる。一方、土留め壁と底部地盤との摩擦抵抗や不透水層自体のせん断抵抗力を考慮して検討する方法もあるが、この手法の場合、掘削平面規模が大きくなると地盤内部での破壊が問題になる。とくに大深度掘削の場合、後者の方法による方が根入れ長が短くなり経済性にすぐれていることから、摩擦抵抗を考慮した場合の地盤内部での安定性について検討が必要となる。

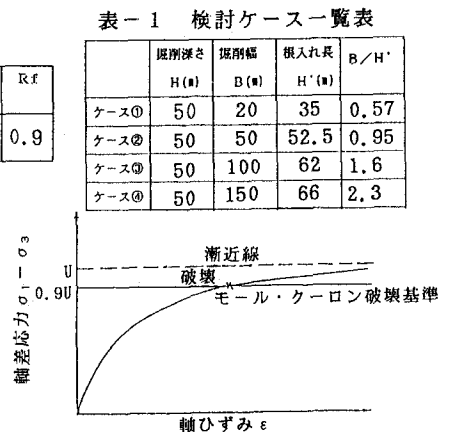
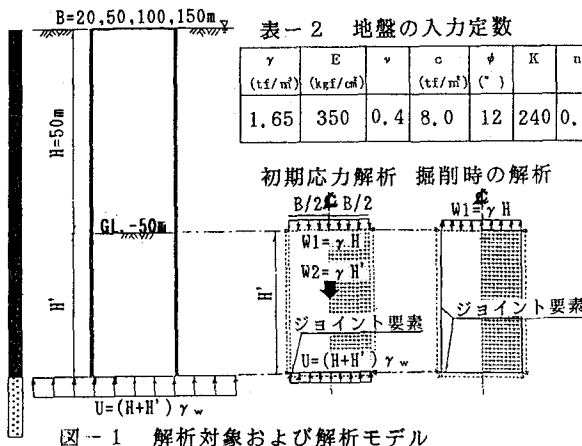
今回、盤ぶくれ挙動について2次元有限要素法を用いた非線形解析により解析し、地盤内部の破壊機構について検討したので、その結果について報告する。

2. 解析概要

解析対象としては図-1に示すように、洪積粘土層の均一地盤において、掘削深さ 50m で幅 20, 50, 100, 150m の奥行き無限大の掘削を行う場合を想定した。土留め壁の根入れは揚圧力作用面まで達する状態を想定した。根入れ長は、土留め壁と底部地盤の間の摩擦抵抗として地盤の粘着力と等しい 8 tf/m^2 を考慮して、安全率を 1.0 として算出した。表-1に解析ケース一覧表を示す。なお、摩擦抵抗を考慮しない場合の根入れ長は 77m である。

掘削は 5m または 10m ピッチに行う場合を想定した。モデル化は図-1に示すように掘削底部地盤についてのみ行った。解析モデルは対称性を利用した $1/2$ モデルとし、地盤と土留め壁の間および揚圧力作用面にはジョイント要素を配置した。各ケースについて、掘削段階を考慮したステップ解析を行った。

地盤の非線形性は、応力～ひずみ関係を図-2に示す双曲線で近似した Duncan-Chang モデルで表現した。地盤の入力定数を表-2に示す。表中の k, n, R_f は非線形性を表すパラメータである。今回の解析では、双曲線の漸近線の位置を、図-2に示すように漸近線 U の $R_f = 0.9$ 倍がモール・クーロンの破壊基準と一致するように設定し、破壊した要素の変形係数は $1/100$ に低減している。ジョイント要素の特性は、せん断力に関しては地盤と同様にモール・クーロンの破壊基準で算出した降伏せん断力を越えると滑動をはじめ、垂直引張力に対してははく離するものである。



3. 解析結果および考察

図-3はケース①および④の最終掘削段階における底部地盤の変形を示したものであり、図-4は同ケースの最終掘削段階の地盤内部の安全率すなわち、各要素におけるモール・クーロンの破壊基準と最大せん断力応力度との比率を示したものである。

図-5は各ケースの掘削底面中央部の地盤の浮き上り量を示したものである。いずれのケースも掘削深さが50mのときに摩擦抵抗を考慮した安全率が1となるモデルである。

今回の解析により判明した諸点は以下のとおりである。

①いずれのケースも、最終掘削段階において地盤内にせん断破壊や引張破壊は発生していない。これは、掘削に伴い土留め壁と地盤の境界部で掘削底面から下部に向かってすべりが発生することにより、地盤内部の応力の集中が少なくなるためと考えられる。なお、ケース①、④とも地盤内部の安全率の小さい範囲は、土留め壁との境界付近に発生しているが、その範囲はケース④の方が広い範囲となっている。

②地盤の浮き上り量は、図-5に示すように掘削幅が大きくなるほど大きくなっている。掘削幅 B と底部地盤厚さ H' の比 B/H' が0.95以下の場合、地盤の浮き上り量は荷重除荷に伴い徐々に増加する傾向を示し、最終掘削段階においても急激に増加することはない。しかしながら B/H' が1.6以上の場合、揚圧力が自重より大きくなると地盤の浮き上り量は極端に大きくなる。これはその段階を境にして応力レベルの高い範囲すなわち安全率の小さい範囲が発生し、その部分の地盤の変形係数が小さくなったためと考えられる。

以上のように、掘削幅と底部地盤厚さの比 B/H' が1程度以下の掘削規模の場合には、地盤内部での破壊は発生せず、また地盤の浮き上がり量も極端に大きくならないことから、盤ぶくれに対する検討は、土留め壁と底部地盤との摩擦抵抗や不透水層自身のせん断抵抗力を考慮した外的な力の釣合いのみにより検討が可能である。一方、 B/H' が1程度より大きな掘削規模の場合には、摩擦抵抗を地盤のせん断抵抗以下に設定して、外的に安定させれば地盤内部での破壊は発生しないが、揚圧力が自重より大きくなると安全率の小さい範囲が発生し、地盤の浮き上がり量が極端に大きいため、盤ぶくれの検討は自重バランス法によって行うのが望ましい。

4. おわりに

大深度掘削における盤ぶくれに対する合理的な検討法について解析的に検討した結果、判明した諸点は以下のとおりである。

掘削幅と底部地盤厚さの比が小さく（同程度以下）かつ掘削底面付近が粘性土地盤の場合は摩擦抵抗を考慮した検討が可能であり、それによる経済的な効果大きい。一方、その比が大きい場合には、安全性や経済性からみて、自重バランス法による検討が望ましい。

なお、本解析にあたっては、大規模土留め・立坑の設計施工技術に関する共同研究グループ（建設省土木研究所、(財)先端建設技術センターおよび民間会社11社）の方々へ協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

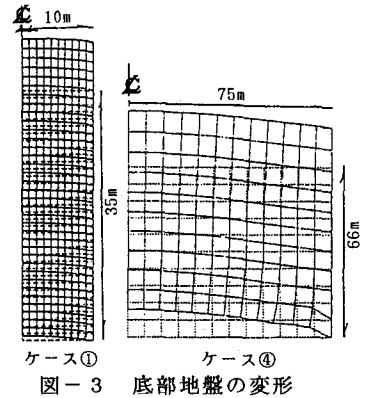


図-3 底部地盤の変形

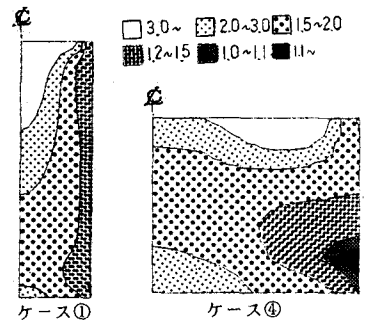


図-4 地盤内部の安全率

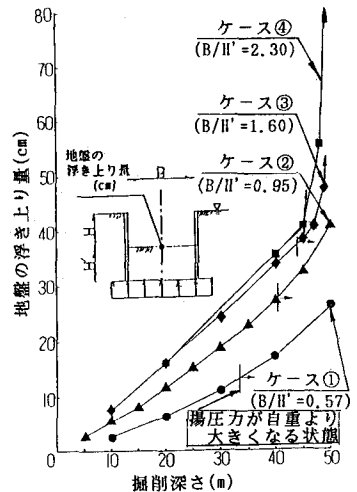


図-5 地盤の浮き上り量