

III-363 ロックボルトの支保効果に関する基礎的研究

日本シールドエンジニアリング㈱ ○正員 白井 孝典
 国 土 館 大 学 工 学 部 正員 柴田 英明
 同 上 正員 大平 忠之
 東 洋 大 学 工 学 部 正員 小泉 淳

1. はじめに

軟岩に対するNATMにおいて、ロックボルトが効果を発揮することが、経験的に、立証されている。しかし、その効果を理論的に解明するには至っておらず、必要なロックボルトの本数や長さなどは、現場対応で処理しているのが現状のようであり、ロックボルトの支保効果を解明することが急がれている。筆者等は、ベントナイトの吸水膨脹性を利用した実験を行って来た。本報告は、こうした実験からロックボルトの支保効果を推定すると共に、実験結果を説明しうる解析モデルについて検討したものである。

2. 実験概要

まず、図1に示すような円筒形孔あきモールドに乾燥した粘試料（ベントナイト：カオリン＝1：1）を入れ、試料がモールドの底から30cmになるまで5cmおきに密度が1.1前後になるように圧縮機により押しつけて供試体を成形する。次に、ロックボルトを想定したねじを図2に示すパターンで表面から垂直に押込む。最後に、モールドの底から吸水できるようにモールドを水槽に浸し（図3）、試料表面の変位を試料の表面に吸水が達するまでダイヤルゲージにて測定した。また、比較のため、いずれのケースもロックボルトを埋設しないものを1体試験している。

3. 実験結果

図4は、ロックボルトの総表面積と変形の関係を、図5は、ロックボルト1本の場合のロックボルトの長さ、ロックボルトの径と変形量との関係を示したものである。図4、5より、ロックボルトの支保効果は、ロックボルトの総表面積が大きい程高く、ロックボルトの径よりロックボルトの長さの方が大きく影響すると考えられる。図6は、ロックボルトの引き抜き荷重とロックボルトの表面積との関係を示したもので、図中の点は一軸圧縮強度 $qu=1.02 \text{ kg/cm}^2$ の場合のロックボルトの引き抜き

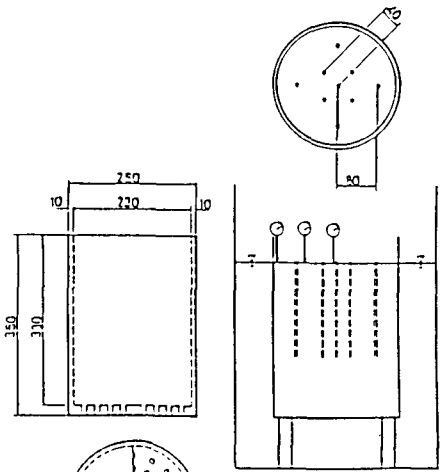


図1 実験用モールド

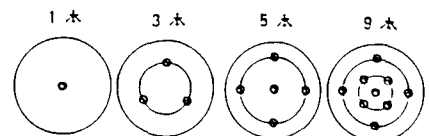


図2 ボルト埋設パターン

図3 実験装置

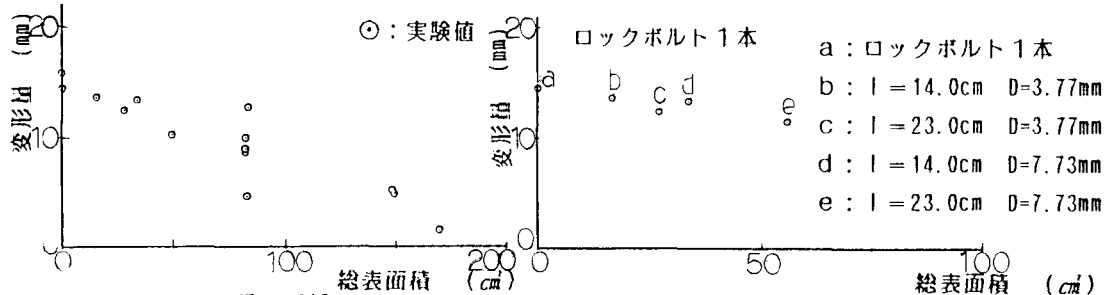


図5 ボルトの径、長さと変形量の関係

試験の実験値を、また、直線は、(1)式を用いてロックボルトの引き抜き荷重とロックボルトの表面積との関係を示したものである。式中 RF は引き抜き荷重、 qu は土の一軸圧縮強度、 ϕ はロックボルトの周長、 L はロックボルトの長さをそれぞれ表している。

$$RF = \frac{qu}{2} \cdot \phi \cdot L \quad (1)$$

ロックボルトの引き抜き荷重は、式(1)を使って

推定可能と考えられる。また、これらの結果より、ロックボルトの支保効果は、その周面摩擦によるものと思われる。

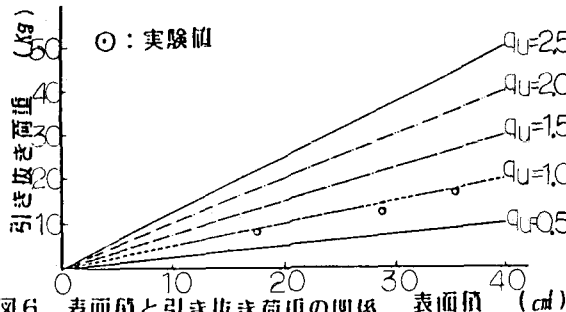


図6 表面積と引き抜き荷重の関係

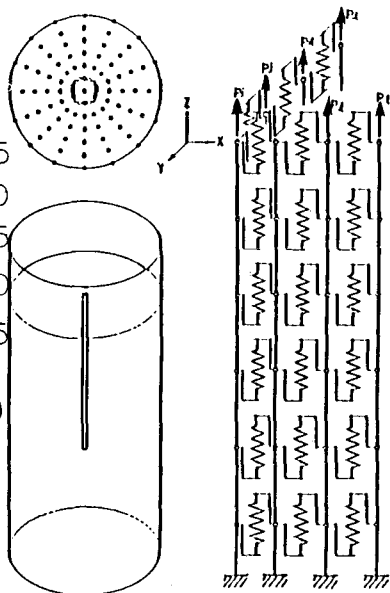


図7 解析モデル

4. 解析

解析モデルは、図7に示すように、土とロックボルトをそれぞれ棒要素に置換し、各要素間の力の伝達は、各節点に配したセン断方向のばねで行われるものと考えた。図8は、ロックボルトの無い場合の供試体表面の変形状態を示したものであり、図中の点は、実測値を、破線は変形状態を二次曲線と仮定して、最小自乗した曲線を表している。モデルに作用させる荷重は、この曲線から得られる所定の変位をロックボルトの無い場合のモデルに強制変位として与え、その時生じる各節点の節点力をこれに充てている。

5. 実験結果と解析結果の比較

図9は、ボルト1本の場合の供試体表面の変形状態を示したもので、図中の点は実験値、破線はロックボルトの無い場合の変形曲線、実線は解析結果を示している。また矢印はロックボルトの位置を示している。図9より、この解析モデルで実験の供試体表面の変形状態をほぼ説明できるとと思われる。

6. おわりに

本研究は、粘性土を対象としてロックボルトの支保効果を検討したものであるが、この種の研究は、ほとんどない。これは、1体の試験に100日もの日数を要する為と考えられ、このために、室内実験のデータも少ないようである。今後さらに実験を繰返し、モデルの妥当性を検証すると共に、実際の問題への適用を考えて行くことが必要と思われる。

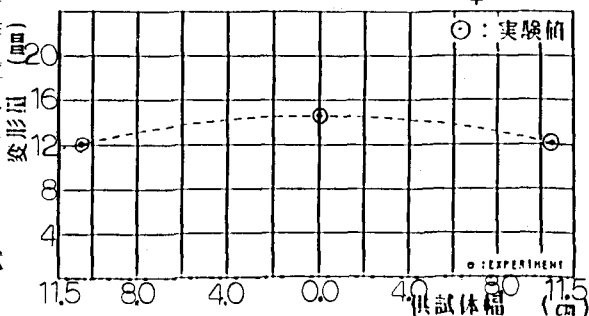


図8 供試体表面の変形状態

$L = 23.00 \text{ cm}$
 $D = 3.77 \text{ mm}$

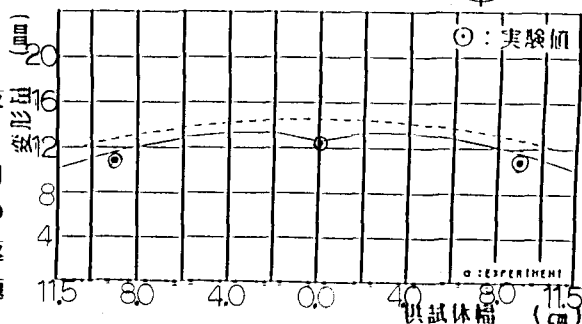


図9 供試体表面の変形状態