

Ⅲ - A292

不連続性岩盤における支保工の効果に関する実験的検討

関西電力* 正会員 ○堀江 正人、藤原 吉美、小池 章久
 ニュージェック** 正会員 平川 芳明、森 聡

1. はじめに

不連続性岩盤に対して、支保工、特に、ロックボルトが効くことは経験的に知られており、ロックボルトに関する実験や解析に取り込むためのモデルの提案も行われている。しかし、モデルの妥当性の検証事例や、モデルに入力する物性値の設定法に関する検討事例は極めて少なく、ロックボルトの効果やロックボルトモデルの適用性は必ずしも十分検討されているとはいえない。本研究では、不連続性岩盤に対するロックボルトモデルの適用性を検討することを目的として、まず、不連続面を有するモルタル供試体にロックボルトを打設して、一面せん断試験を実施し、不連続性岩盤におけるロックボルトの支保効果を実験的に把握した。

2. 室内模型実験

室内実験は70mm×70mm×15mmのモルタル板を上下に重ね合わせた供試体に打設角45°、90°でロックボルトを打設し一面せん断試験を実施した（図-1参照）。拘束圧は0.1MPaと0.5MPaであり、打設角や拘束圧の違いによるロックボルトの作用効果を実験的に把握した。

2.1 模型供試体の作成方法

模型材料は、岩盤基質部としてモルタル、ロックボルトとして軟鋼製の径2mmの針金（材質：SWMG1）、模型ボルトと打設孔の隙間を充填する充填材として瞬間接着材をそれぞれ用いた。モルタルは、早強セメント：珪砂：水を3：2：1の重量配合比とし、70mm×70mm×15mmの型枠に打設してモルタル板を作成した。材令は7日間とし、作成した板2枚を重ねあわせて岩盤模型とする。次に、ボール盤上で治具を用い岩盤模型を所定の角度に固定後、模型の70mm×70mmの面の中央において、径3.6mmの孔を穿孔した後、ロックボルトを打設し、これを試験に供した。

2.2 実験方法

作成した供試体を上箱、下箱から成る一面せん断試験機に組み込み固定する。供試体にはまず、所定の垂直応力を载荷し維持する。せん断荷重は下箱に強制変位として（変位速度0.24mm/min）で負荷する。このとき上箱の水平方向の変位は固定されている。水平方向のずれ変位は供試体の不連続面の上下にそれぞれ標点を設け、標点間の相対的な距離を倍率200倍のCCDカメラで撮影した。撮影した画像の分解能は約0.7μmである。せん断箱の変位は、せん断試験機内蔵の小型変位変換器（共和電業社製DT-10G）で計測した。

3. 実験結果

模型材料の基礎物性を表-1.2に示す。また、一面せん断試験結果から得られたせん断応力-ずれ変位の関係を図-2に示す。この値はCCDによる計測結果である。ロックボルトを含まない供試体はほぼ完全弾塑性的な挙

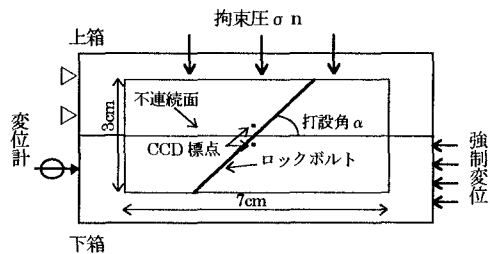


図-1 一面せん断試験概念図

表-1 模型材料の基本物性

弾性波速度	圧縮強度	ヤング率	ポアソン比
2.06km/s	23.6MPa	10.3GPa	0.16

表-2 ロックボルトの物性

ヤング率	剛性率	ポアソン比	引張り強度
206GPa	82GPa	0.28	0.27GPa

キーワード：不連続性岩盤、ロックボルト、一面せん断試験

*〒530-70 大阪市北区中之島3丁目3番22号 TEL 06-441-8821 FAX 06-441-3879

**〒542 大阪市中央区島之内1-20-19 TEL 06-245-4901 FAX 06-251-2565

動を示しているのに対し、ロックボルトを有する供試体は、ボルトを含まない供試体の不連続面の破壊後にボルトの効果が見受けられる。打設角による違いは、打設角 45° の場合のほうが、不連続面の破壊後の見かけの剛性、終局耐力を向上させる効果大きい。

写真-1 にせん断箱の変位が $3000 \mu\text{m}$ に達した時点で供試体を取り出し、ボルトの打設位置で供試体を切断した断面を示す。スケールは一目盛り 1mm である。

打設角 90° の場合には、不連続面近傍でボルトがS字型に曲がっている。それに対し 45° の場合不連続面近傍でのボルトの曲がりはほとんど見られれない。また、ロックボルトと岩盤基質部の境界を詳細に観察したところ 45° の場合不連続面から、上下 1cm 程度まで、岩盤基質部とグラウト材の付着切れが見られた。 90° の場合不連続面近傍のごくわずかな領域においてしか付着切れは発生していない。これは、ボルトの作用機構が、打設角が 45° の場合には、ボルトの引張りに対する軸方向の抵抗力として、 90° の場合には、ボルトのせん断抵抗力として作用し、ボルトの打設角により、ロックボルトの作用機構が異なることを示している。

ボルトを含む供試体のせん断応力-ずれ変位の関係におけるピーク強度点を供試体の強度として評価した場合の強度特性を図-3 に示す。拘束圧 0.1MPa と 0.5MPa の実験結果を、最小自乗法により近似すると、ボルトの効果は概ね粘着力を向上させる効果として現れることがわかる。

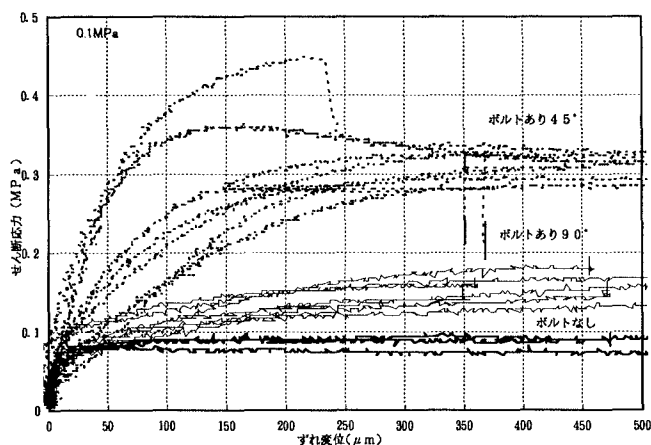


図-2 ボルトの作用効果

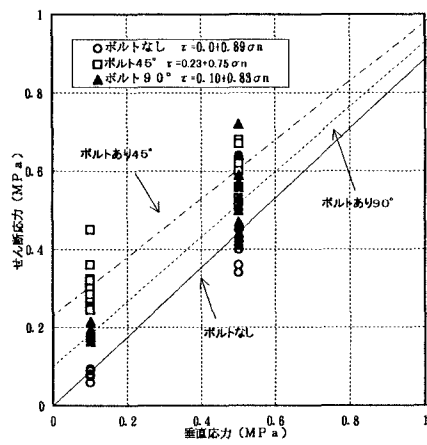


図-3 強度特性

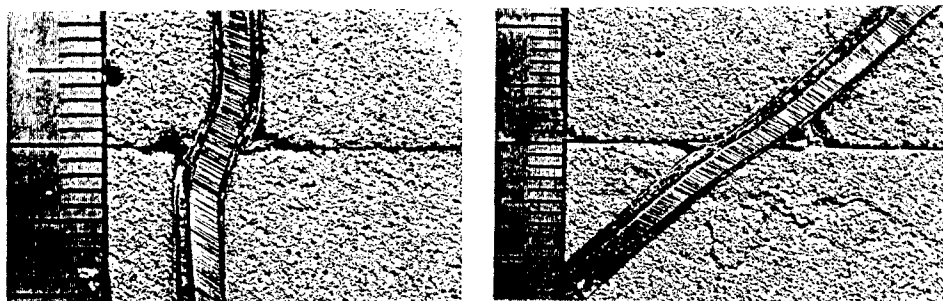


写真-1 ロックボルトの変形状態（左：打設角 90° 、右：打設角 45° ）

4. あとがき

ロックボルトを打設した供試体の一面せん断試験を行いロックボルトの効果を実験的に把握した。その結果、ボルトの打設角によりロックボルトの作用機構が異なること、そのためボルトの作用効果の程度が異なることが明らかになった。ボルトの打設角に関しては、 135° 、 60° でも現在実験中である。

謝辞：模型実験を行うに当たり、北海道大学資源開発工学科 石島洋二教授には多大なるご指導を賜った。ここに記して深く感謝の意を表します。