

ロックボルトと定着材の境界挙動を模擬した基礎実験

鹿島建設(株) 正会員 ○岡田侑子 岩野圭太 伊達健介 横田泰宏 小泉 悠 宮石雅子
ナンヤン工科大学 Zhao Zhiye Nie Wen

1. はじめに

ロックボルトは、山岳トンネル工事において不可欠な支保部材の1つである。これまでもロックボルトの補強効果を論じた研究は数多く行われてきた¹⁾。しかし、ボルト-定着材間の付着切れや定着材内に生じるクラックの影響など、ロックボルトと定着材間の境界近傍の挙動に関する理解は十分でない。本報告では、ボルトと定着材の境界面を模擬したせん断試験を行い、境界挙動に関する新たな知見を得たので報告する。

2. 実験手法

図-1は、ロックボルトの境界面を簡易に模擬したせん断試験供試体のイメージ図である。せん断試験装置には、図-2に示すポータブル一面せん断試験装置 (PHI-10) を用いた。せん断試験中は、鉛直載荷力に相当する拘束圧が一定となるように設定し、ロックボルトを模擬した鋼製ブロックの水平変位と水平荷重を測定した。せん断変位の増加率は0.1mm/sとし、拘束圧は2.0MPaと設定した。試験中に定着材に生じたクラックは、試験体近傍に設置されたマイクロスコープによって観察された。図-3は、せん断試験供試体の一例である。供試体には、17.8mm 間隔で3つのリブがあり、リブ高さは2.0mmである。定着材であるモルタルの高さは12mmとして、モルタルの強度は10MPaと30MPaとした。試験中に取得した画像によるPIV解析(Particle Image Velocimetry)やカメラと光源を利用した高精度3Dスキャンにより、ボルト-定着材間の境界挙動を詳細に分析した。

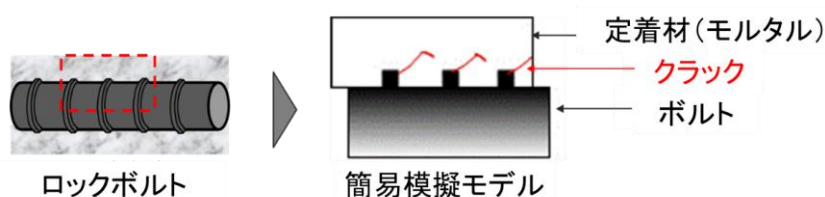


図-1 ロックボルト簡易模擬モデル



図-2 ポータブル一面せん断試験装置

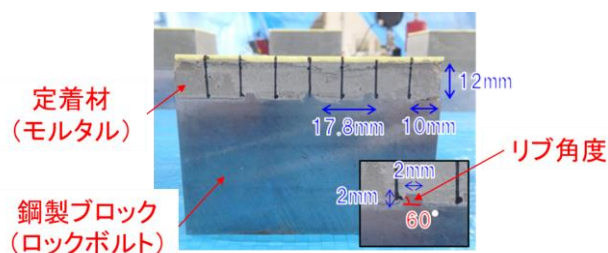


図-3 せん断試験供試体

3. 結果と考察

図-4は、PIV解析結果、高精度3Dスキャン結果、マイクロスコープ撮影データ、せん断応力-せん断変位曲線の一覧図である。上段は定着材に低強度モルタル(UCS=10MPa)を用いた結果、下段は高強度モルタル(UCS=30MPa)を用いた結果である。まず初めに、ここで示すPIV解析結果は、せん断応力-せん断変位曲線のピーク直後のデータを用いて解析を行った結果である。低強度モルタルの場合、リブとリブ間に位置する僅かなモルタルのみ(ボルト-定着材境界に近い下部領域のみ)がせん断方向に移動していることが分かる。一方、

キーワード： ロックボルト、せん断試験、クラック、境界挙動

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19-1 鹿島建設(株)鹿島技術研究所 TEL 042-485-1111

高強度モルタルを用いた結果では、モルタルの上部までせん断方向に移動していることが見てとれる。これらの結果から、両ケースとも大小2つの変位ベクトルが生じた範囲とその境界が明瞭に確認できる。両ケースともに、この境界面の近傍でクラックが発生したことにより、変位ベクトルに違いが生じたと考えられる。また、モルタル強度の違いにより、その境界の位置は大きく異なることも明らかとなった。

高精度 3D スキャンデータは、せん断試験終了後にモルタルを割裂し、内部の表面をスキャンした結果である。低強度モルタルのスキャン結果を見ると、点線で示したボルトと定着材の境界近傍を除いて、スキャンデータはほぼ平坦な結果となった。他方、高強度モルタルのスキャン結果を見ると、表面には点線で示すように不陸がいくつか見られた。この不陸の発生位置や角度を観察すると、これらは各リブの先端から生じており、その角度は水平面から約 20°から 30°の間であったことが分かった。さらに、これらの不陸の位置は、PIV 解析で得られた変位ベクトルに大小の違いが生じた位置と整合的であったことから、モルタル強度の違いにより、亀裂の発生位置が両ケースで顕著に異なることが確認された。

せん断応力 - せん断変位曲線を見ると、自明の結果とも言えるが、高強度モルタルを用いたケースが低強度モルタルのケースに比べてピーク強度が大きく生じていることが分かる。一方で、残留強度は、ほぼ同等か高強度モルタルのケースがやや低下しているようにも見える。このようなピーク後の挙動は、ピーク強度後に生じた定着材の破壊形態の違いが影響している可能性が考えられる。特に、大変形が生じるような地山では、ピーク後の挙動も重要であると考えられるため、ロックボルトの補強効果を論じる際や新しいロックボルトを考案し設計する上で、せん断に伴うロックボルトと定着材境界近傍の詳細な挙動分析が重要であると考えられる。

4. まとめ

ロックボルト-定着材間の付着切れの発生や定着材内に生じるクラックの影響を評価するため、ロックボルトを簡易に模擬したせん断試験を実施した。その結果、ロックボルトと定着材境界近傍の詳細分析結果がロックボルトの補強効果の評価や新しいロックボルトの設計に有効である可能性が確認できた。このような境界挙動を詳細に評価できる数値解析モデルの構築も重要であると考えられる。

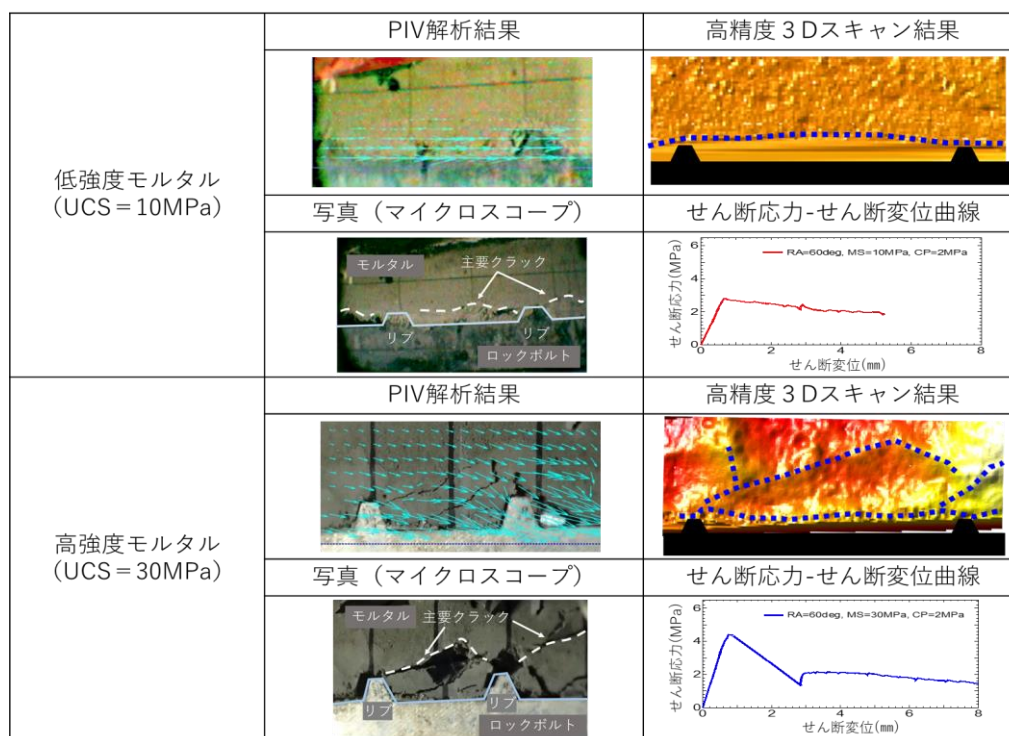


図-4 試験結果 (PIV 解析結果, 高精度 3D スキャン結果,
マイクロスコープ撮影結果, せん断応力 - せん断変位曲線)

参考文献

- 1) Aydan Ö. : The Stabilisation of Rock Engineering Structures by Rockbolts, Ph.D thesis, Nagoya University, 1989.