

ベアリングプレートの変形に基づくロックボルトの軸力推定手法に関する基礎実験

安藤ハザマ 正会員 ○黒竹 光輝
 安藤ハザマ 正会員 辰巳 順一
 安藤ハザマ 正会員 野間 康隆

1. はじめに

山岳トンネルの施工において、ロックボルトに作用する軸力は、一般的に計測 B の各種計測項目のうちロックボルト軸力測定により測定する。このロックボルト軸力測定の結果をもとに、ロックボルトの長さ、打設間隔、耐力の妥当性を判断し、以降の支保パターンに反映させる。しかしこの手法は、ロックボルトにひずみゲージ等の計器を追加で設置する必要があるため、計測作業に労力を要し、コストも高い。

一方、ロックボルトに大きな軸力が生じると、ベアリングプレート(以降、プレートと称する)が大きく変形する(写真-1 参照)。トンネル現場では、計測 A における既施工区間の観察を日々実施しており、このようなプレートの変形からロックボルトに大きな軸力が作用しているか否かを判断している。このことから、プレートの変形とロックボルトに作用する軸力にはある程度の相関関係があると考えられる。筆者らは、このプレートの変形に着目し、その変形とロックボルトの軸力の相関関係を把握できれば、プレートの変形からロックボルトの軸力を簡易的に推定できると考えた。本稿では、プレートの変形とロックボルトの軸力の相関関係を把握するために実施した基礎実験の結果について報告する。

2. ロックボルトの軸力推定手法に関する基礎実験

2.1 実験概要

本実験では、ロックボルトに軸力が作用する状況を再現できる荷重載荷モデルによりプレートの変形とロックボルトに作用する軸力の相関関係を把握する。

プレートの変形を把握する手段として、(株)ケー・エフ・シー社製のシグナルワッシャーを利用した。これは、表面にエポキシ系の特殊塗料が施されたプレートで、ロックボルトに軸力が作用してプレートが変形すると表面の塗装が剥離し、その変形を可視化できる。このシグナルワッシャーを用いてプレートの変形を定量化し、プレートの変形とロックボルトの軸力の相関を導出する。

2.2 基礎実験の実施手順

基礎実験の実施手順は以下に示す通りで、ロックボルトに軸力が作用する状況を構築する。また、実験の概要図を図-1 に示す。使用資器材の仕様は、表-1 に示す通りとした。

- ①ロックボルトに油圧式センターホールジャッキを通す。
- ②ロックボルトの片方に鋼製プレート、コンクリートピース、シグナルワッシャーの順に通しナットで固定する。



写真-1 ベアリングプレートの変形状況

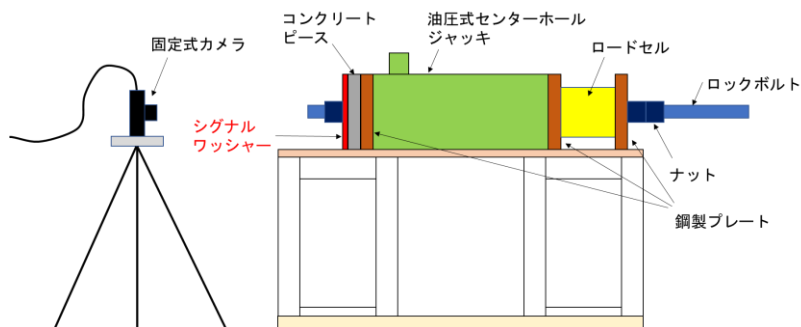


図-1 ロックボルト軸力推定の基礎実験

キーワード 山岳トンネル、ロックボルト、軸力推定、シグナルワッシャー

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 建設本部土木技術統括部技術第三部 Tel 03-6234-3673

- ③もう一方に鋼製プレート、ロードセル、鋼製プレートの順に通しナットで固定し、ロックボルトへ载荷する。
- ④ロックボルトのシグナルワッシャー側にカメラを設置し、10kN 载荷毎にシグナルワッシャーを撮影する。
- ⑤実験は、ロックボルトの降伏荷重まで载荷して終了とする。なお、シグナルワッシャー背面のコンクリートピースが破壊された場合は、その時点で終了とする。
- ⑥固定式カメラで撮影したシグナルワッシャーの画像データを解析し、プレートの変形を定量化する。

2.3 プレートの変形の定量化

プレートの変形を定量的に表す指標として「剥離の発生割合」と「剥離の影響範囲」を定義し、軸力との相関を導出する。

①剥離の発生割合

撮影したシグナルワッシャーを、自社で開発した画像解析ソフトを用いて解析する。剥離発生箇所を赤、未発生箇所を青と識別し、剥離が発生した割合を面積比で数値化する(図-2 参照)。

②剥離の影響範囲

ロックボルトの中心位置から剥離発生箇所までの距離を示す。上記の画像解析ソフトを用いて解析を実施し、ロックボルト中心から最も離れた剥離発生箇所までの距離と、最も近い剥離発生箇所までの距離を算出し、その平均値を影響範囲とする(図-3 参照)。

3. 実験結果

3.1 剥離の発生割合

実験結果を図-4 に示す。縦軸を剥離の発生割合、横軸を载荷値とし、基礎実験を10回実施した結果を示す。剥離は、40kN 以降に発生し始め、以降载荷値の増加につれ緩やかに増加し、シグナルワッシャー背面のコンクリートピースが破壊されると急激に増加する。実験結果から、载荷値と剥離の相関係数(R)は0.57である。

以上から、軸力と剥離の発生割合には有力な相関は得られなかった。

3.2 剥離の影響範囲

実験結果を図-5 に示す。縦軸を剥離の影響範囲、横軸を载荷値として、基礎実験を10回実施した結果を示す。剥離は、40kN 以降に発生し始め、以降载荷値の増加につれ緩やかに増加する。実験結果から、载荷値と剥離の影響範囲の相関係数(R)は0.89である。

以上から、ロックボルトの軸力と剥離の影響範囲には非常に良い相関があることが分かった。

4. 今後の展望

本実験では、データ数が各载荷値あたり10個と少なく、全てが一樣の傾向になるかは不明である。今後データ数やプレート背面の仕様を再検討して再度実験を行う。また現場での実証実験を行い、同様の傾向となるか確認する予定である。

表-1 使用資器材の仕様

使用材料	仕様
シグナルワッシャー	SS400 (150×150×9mm)
ロックボルト (全ネジボルト)	M24 SNB7 L=1,000[mm] 降伏荷重：255kN 引張荷重：302kN
ナット	M24 (36×41.6×19h)
鋼製プレート	(150×150×30mm)
油圧式センター ホールジャッキ	500kN ホール径 38mm
ロードセル	50kN ホール径 38mm

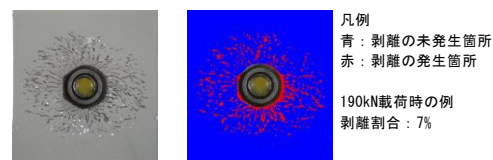


図-2 剥離の発生割合

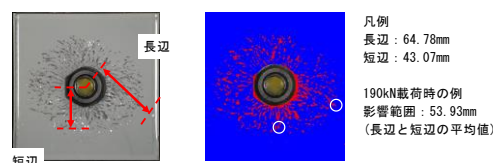


図-3 剥離の影響範囲

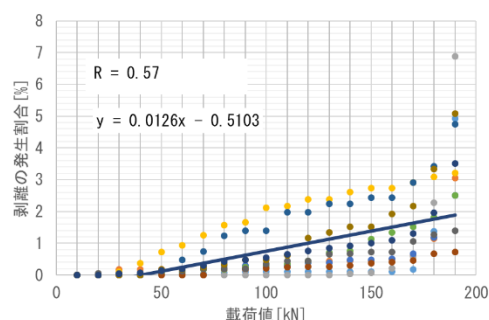


図-4 剥離の発生割合と軸力の相関関係

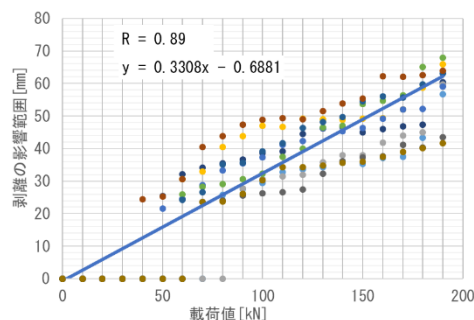


図-5 剥離の影響範囲と軸力の相関関係