

光ファイバ実装ロックボルトの開発

岡部(株) 正会員 ○荒木信博 非会員 鈴木 誠
鹿島建設(株) 正会員 中島拓巳 永谷英基 平 陽兵

1. はじめに

ロックボルトは、斜面安定や地すべり防止、山留め壁の安定などに広く用いられる。ロックボルトの機構は、比較的短い棒状補強材を地山に多数挿入し、全面定着させることで補強材にかかる引張力を地山に伝達させている。性能を維持するためには、ロックボルトにかかる引張応力が許容値内に収まる必要がある。ロックボルトの引張応力分布をリアルタイムに監視できれば、ロックボルトの健全性評価やすべり面の発生予知・検知が可能になる。そこで、短時間計測が可能で、5cm レベルの空間分解能を有する高精度なレイリー方式による分布型光ファイバセンサ計測技術のロックボルトへの適用を検討している。今回、光ファイバ実装ロックボルトを試作し、引張試験および曲げ試験による計測性能の評価を実施したので報告する。

2. 試験概要

(1) 光ファイバ貼付け方法

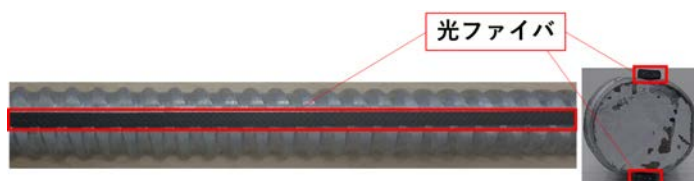
ネジ節異形棒鋼のロックボルト(D19)に、断面の中心を挟んで相対する形で光ファイバを接着剤で貼り付けた。光ファイバ貼付け部は平滑面となっており、光ファイバの貼付けが容易である。図—1, 2 にロックボルトへの光ファイバ貼付け状況と、使用した光ファイバの概要を示す。また、比較のためロックボルト中央部にひずみゲージを貼り付けた。

(2) 試験方法

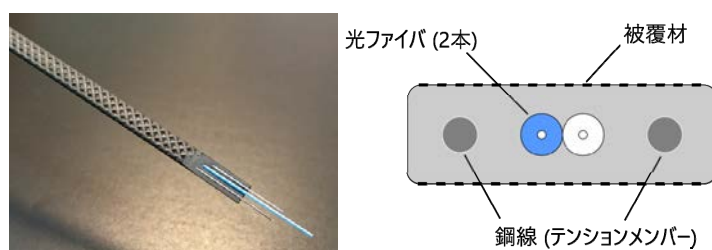
3000kN 万能試験機でロックボルトの両端をチャックで固定し、引張試験を行った。また、1000kN 外圧試験機で、光ファイバを実装したロックボルトの両端を鉄板とアングルで作製した架台にのせて安定させ、中心部に載荷することで曲げ試験を行った。図—3 に試験装置の概観を示す。

(3) 載荷ステップと計測方法

予備試験として、ひずみゲージのみを貼り付けた D19 ロックボルトを用いて、引張試験と曲げ試験を実施した。その結果を参考に、引張試験では 5kN のステップで、曲げ試験では 0.05kN のステップで降伏するまで載荷した。各ステップで荷重を一定に保持して、光ファイバの計測を行った。一回の計測時間は約 2 分とした。



図—1 光ファイバ貼付け状況



図—2 光ファイバ概要



図—3 試験装置

キーワード ロックボルト, 分布型光ファイバ, レイリー散乱

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6490

3. 試験結果

図—4 に引張試験時のロックボルト中央部におけるひずみゲージと、レイリー方式による光ファイバの比較計測結果を示す。概ね両者の結果は、合致していることが分かる。

次に図—5、6 には引張試験、曲げ試験時の光ファイバ全長にわたる計測結果とひずみゲージの計測結果を示す。図—5 では一対の光ファイバで計測したひずみ値の平均値を、図—6 では下端側の光ファイバで計測したひずみ値を示している。図—5 ならびに図—6 に示すように、各载荷ステップにおいて、光ファイバで 5cm 間隔、かつ全長にわたってひずみが計測できており、载荷が進むごとにひずみが大きくなることを確認できた。引張試験では 110kN、曲げ試験では 0.9kN で降伏した際、光ファイバの計測結果は、局所的な降伏のため大きなひずみが出ており、またその影響で一部分ではひずみが減少している。

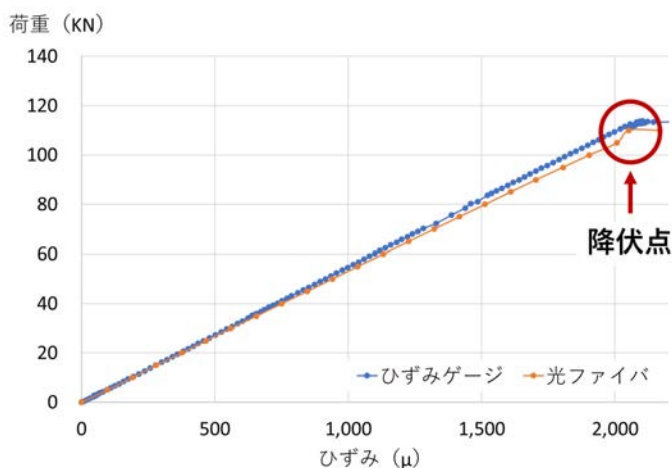
以上の結果から、具体的な降伏位置の判定と、その位置のひずみを計測できることを確認した。また光ファイバとひずみゲージの計測結果が概ね一致することから、ひずみゲージ相当の計測精度でひずみ分布の計測が可能であることを確認できた。

4. おわりに

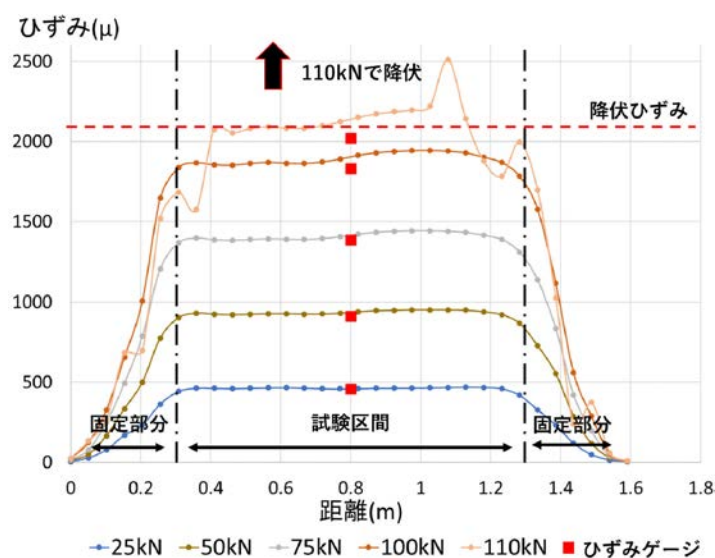
今回適用した光ファイバ実装方法で、ロックボルトの変形に光ファイバが追従し、全長にわたって高精度にひずみ分布を計測できることを実証した。ロックボルトを特殊に加工することなく標準品で実装可能なことから、必要に応じて簡易にロックボルト計測網を構築することができる。今後、実工事への適用を進め、新たな斜面安定管理に資する維持管理技術として活用していく所存である。

参考文献

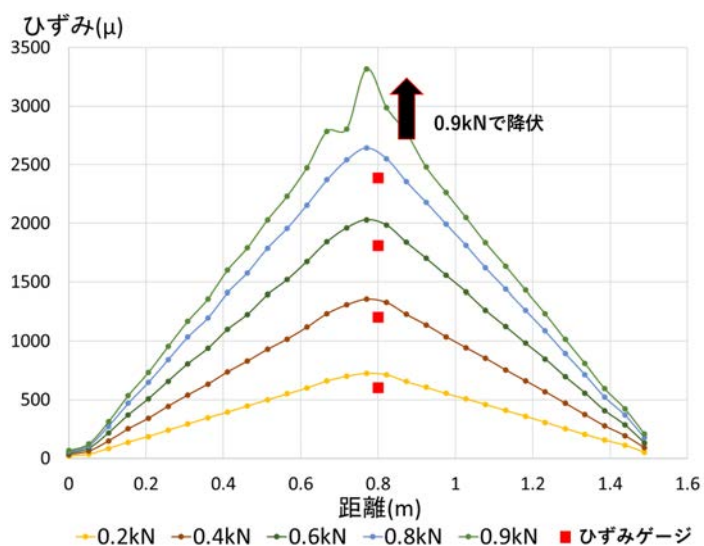
- 1) 今井道男, 川端淳一, 久保田光太郎, 辻良祐, 永谷英基, 小柳津悠: 高精度光ファイバセンサを用いたひずみ・変位計測の検証実験, 第 75 回土木学会年次学術講演会, 2020.



図—4 荷重-ひずみ関係 (引張試験)



図—5 引張ひずみ分布比較 (引張試験)



図—6 曲げひずみ分布 (曲げ試験)