

トンネル壁面の変形を目視で確認可能に —発色型ロックボルトワッシャー『Eye Washer』を開発—

戸田建設(株)(社長:今井 雅則)と(株)カテックス(社長:加藤 巳千彦)は、山岳トンネルのNATM工法等で使用されるロックボルトに発生する軸力を、特殊なワッシャーにより把握できる発色型ロックボルトワッシャー『Eye Washer』を開発しました(特許出願済)。

Eye Washerは、透明な汎用プラスチック製の角型ワッシャーの背面に圧力測定フィルムを張り付けたものであり、従来の鋼製角型ワッシャーの上に設置して使用します(図-1、図-2参照)。

トンネル壁面が変位した際、ワッシャーに作用する力に応じて白色の圧力フィルムが赤色に変化します。その赤色直径の大きさにより、ロックボルト頭部に作用している軸力を目視で確認できます。従来のロックボルト軸力計に比べ安価で簡易に設置できるため、広範囲のロックボルトに設置することにより、経済的、効率的に施工中のトンネルの面的な変形状況を目視確認できます。

現在施工中の『福島県博士トンネル工事(昭和村側工区)』(L=2,265m)において、Eye Washerの適用実験を行い、施工性と効果を確認しました。

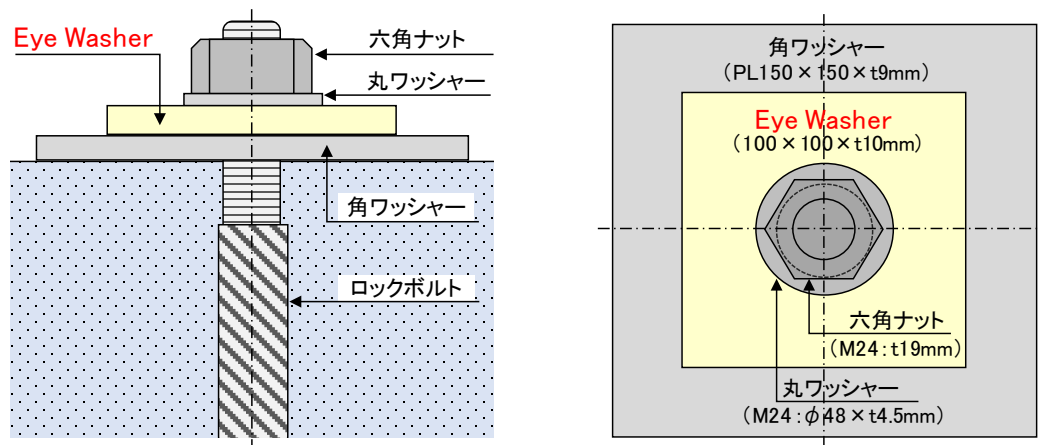


図-1 Eye Washerを設置したロックボルト頭部(定着部)



写真-1 Eye Washerを設置したロックボルト頭部(定着部)

1. 開発の背景

ロックボルトは NATM トンネルの支保工の一つであり、トンネル掘削により発生する周辺地山の緩みをロックボルトの軸方向の耐力で抑えることができます。このため、ロックボルトに作用している軸力を計測することで、トンネル周辺地山の緩みの程度やひずみを把握できます。

一般的にロックボルトの軸力は、ひずみゲージを貼付して電氣的に測定する「ロックボルト軸力計」を使用します。しかし、ロックボルト軸力計は高額なため特別な箇所に局部的、限定的にしか設置できないことや、特別なひずみ検出装置を使用しないと測定できないため、経済性、簡便性に欠けるといふ短所を有しています。

このため、トンネル壁面に設置された数多くのロックボルトを面的に監視でき、誰もが容易に目視確認できる、経済的で、簡便な軸力測定方法が求められていました。今回、開発した Eye Washer はこれらの要求に応えるべく開発したものです。

2. 発色型ロックボルトワッシャー（Eye Washer）の特徴

2-1 Eye Washer の構成

Eye Washer は、透明な汎用プラスチック製の角型ワッシャー（ $\square 100\text{mm} \times 100\text{mm} \times t10\text{mm}$ ）の背面に「圧力測定フィルム」を張り付けて製品化したものです（図-2 参照）。

圧力測定フィルムは、2枚の極薄フィルムを重ね合わせたもので、圧力が作用すると一方のカプセルが潰れることで発色剤と顕色材が接触し赤く発色するフィルムであり、一般的に市販されている汎用製品です（図-3 参照）。

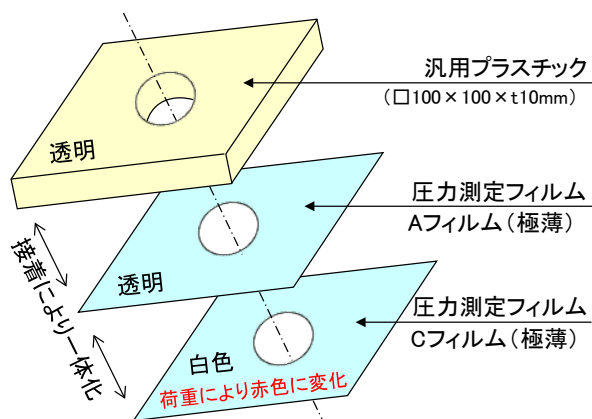


図-2 Eye washer の構造

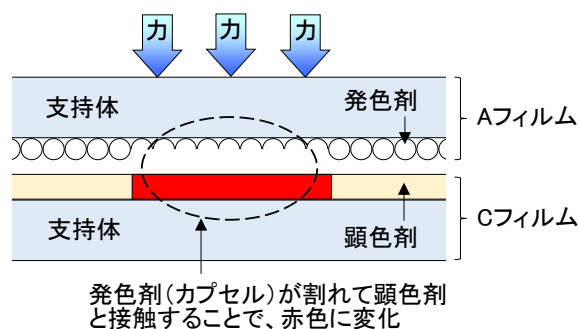


図-3 圧力測定フィルム

2-2 Eye Washer の特徴

- ① 従来のロックボルト頭部（鋼製角型ワッシャー・六角ナット）に Eye Washer を追加設置するだけのため、トンネル施工のサイクルタイムに影響を与えません。
- ② 白色面が赤色に変化することで、ロックボルト頭部の軸力の増加（壁面変位の増加）を目視で確認でき、赤色変化した部分の直径により、ロックボルト頭部に作用している軸力の程度を把握できます（写真-2 参照）。
- ③ 一般的に土砂地山で使用するロックボルトの設計耐力である 178kN まで、ワッシャーとしての機能を維持できます。

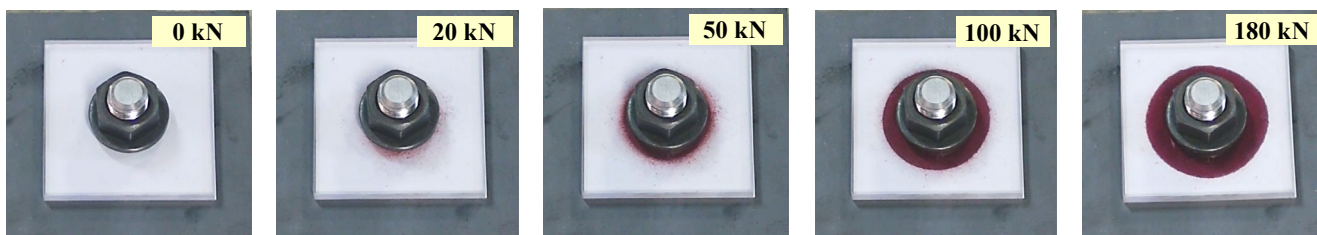


写真-2 Eye Washer の発色範囲と軸力の関係（室内実験結果）

- ④ 1進行長全てのロックボルトに使用しても安価なため、従来の局所的な点としての計測ではなく、面的な計測や線状での計測などの広範囲の計測ができます（図-4参照）。
- ⑤ トンネルの変形が比較的大きく発生する低強度地山のトンネルに適しています。
- ⑥ 従来使用している、ロックボルトカバー（防水シート保護カバー）が使用できます。

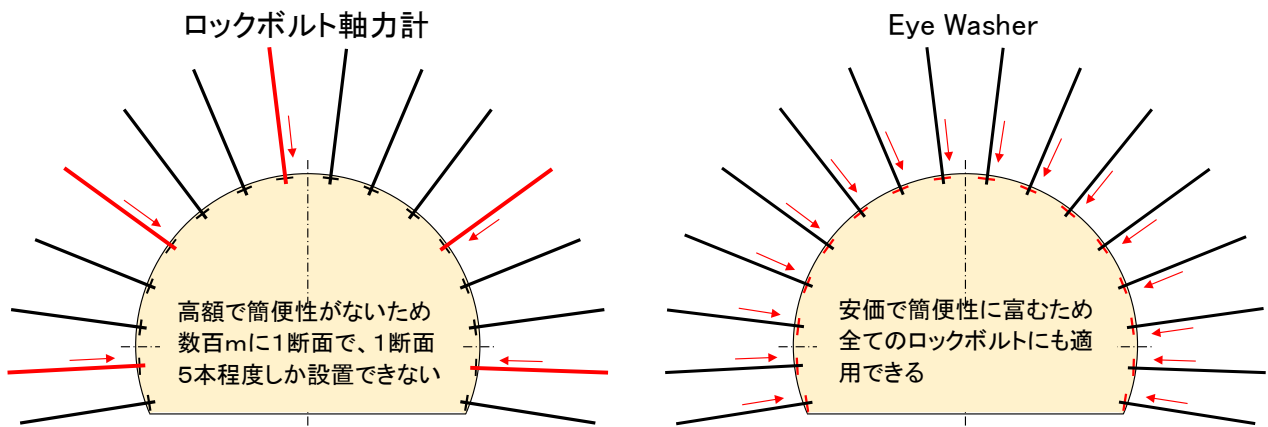


図-4 ロックボルト軸力計とEye Washer の設置箇所(例)

3. 現場適用試験

現在、当社で施工中の『福島県博士トンネル工事（昭和村側工区）』（L=2,265m）において、Eye Washer の適用実験を行い、施工性と効果を確認しました。



写真-2 Eye Washer の現場適用状況(博士トンネル)

4. 今後の展開

今後、当社で施工する低強度地山のトンネルにおいて、積極的に Eye Washer を採用していきます。複数の現場に適用して改良を加えた後に製品化し、NETIS 登録する予定です。

販売は、ロックボルトと本製品のセットで、(株)カテックスより 2020 年秋以降に行う予定です。