

圧力測定フィルムを使用したロックボルト用発色型ワッシャーの開発

戸田建設(株) 正会員 中林 雅昭^{*1}
 (株)カテックス 正会員 浅井 良倫^{*2}
 (株)カテックス 正会員 ○岩本 昭仁^{*3}

1. はじめに

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る。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を把握できる。

一般的にロックボルトの軸力を計測するには、ひずみゲージ等により電氣的に測定するロックボルト軸力計を使用する。しかし、軸力計は高額なため特別な箇所に局部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、簡便性に欠ける短所がある。

このため、多数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た。今回、開発した圧力測定フィルムを使用したロックボルト用発色型ワッシャー（以下、発色ワッシャー）はこれらの要求に応えるべく開発したものである。

2. 発色ワッシャーの概要

2-1 発色ワッシャーの構成

発色ワッシャーは従来の鋼製角型ワッシャーと六角ナットの間に、丸ワッシャー・透明板・圧力測定フィルムを挟んだ構成になっている（図-1、写真-1 参照）。透明板には廉価な汎用プラスチック（PVC 樹脂, t=10mm）を採用している。

圧力測定フィルムは一般的に市販されている汎用製品である。本製品は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フィルムに塗布された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る（図-2、図-3 参照）。

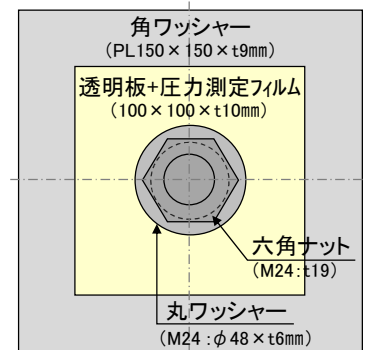
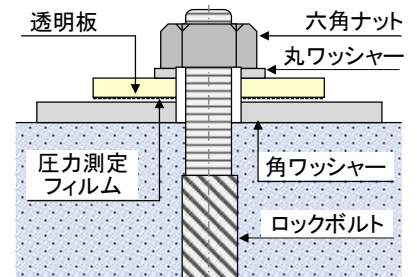


図-1 発色型ワッシャーの構成



写真-1 発色型ワッシャー

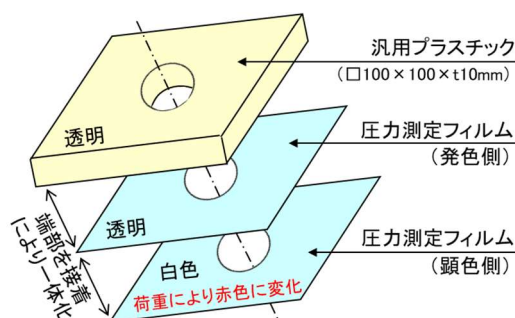


図-2 透明板と圧力測定フィルム

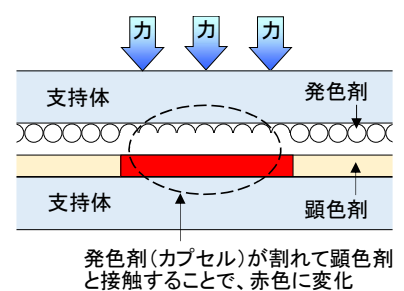


図-3 圧力測定フィルム

2-2 発色ワッシャーの特徴

- 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）に丸ワッシャーと透明板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ない。
- ② ロックボルト頭部の軸力の増加（壁面変位の増加）を円形に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る（写真-2 参照）。

キーワード NATM工法 ロックボルト ワッシャー 圧力測定フィルム 発色 見える化

連絡先 ^{*1} 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株) 本社 TEL 03-3535-1607
^{*2} 〒112-0014 東京都文京区関口 1-47-12-403B (株)カテックス 技術営業部 TEL 03-3260-8321
^{*3} 〒460-8331 愛知県名古屋市中区上前津 1-3-3 (株)カテックス 技術開発部 TEL 052-331-8821

- 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る。
- ④ 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る (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る。

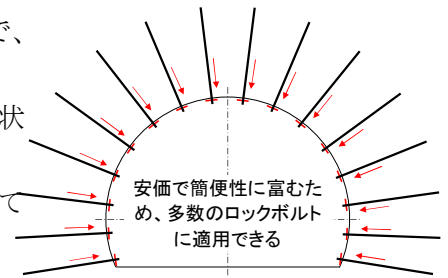


図-4 広範囲な計測の適用例

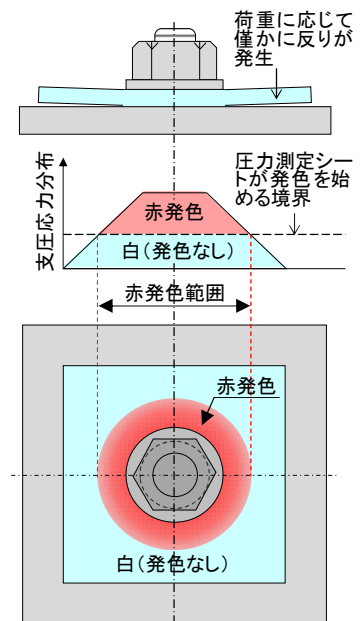


図-5 発色域拡大のメカニズム

表-1 樹脂の種類別室内試験結果(抜粋)

樹脂の種類	機械的性質		厚さ mm	載荷時 の状態	摘要
	圧縮強さ MPa	曲げ強さ MPa			
PVC (ポリ塩化ビニル)	55-89	69-110	3	×	160kNで破断
			5	△	180kNで破断
			10	○	180kNまで健全
PC (ポリカーボネート)	69-86	93	3	×	120kNで変形
			5	×	130kNで変形
			10	×	150kNで変形
PMMA (アクリル)	73-125	73-131	3	×	170kNで破断
			5	×	170kNで破断
			10	×	150kNで破断

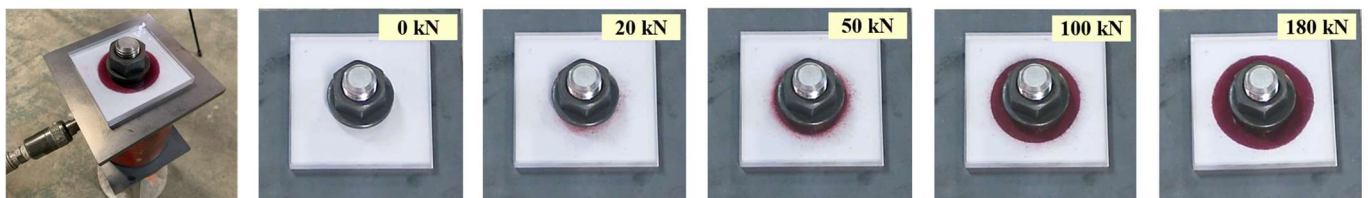


写真-2 試験装置(センターホールジャッキ)と荷重毎の発色ワッシャーの発色領域の拡大

4. 現場での試験施工結果

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、発色ワッシャーの試験施工を行い、施工性と効果を確認した(写真-3)。取り扱いに若干の慎重さが必要であることや、表面に粉じんが付着した場合に視認性を確保するため清掃する必要があること等の注意が必要であるが、実用的には問題ないことを確認した。



5. 今後の課題と展望

発色ワッシャーはロックボルトと角ワッシャーが完全に直角でないと効果を発揮できない。反面、トンネルの実施工においては吹付面の凹凸やロックボルト削孔の直角性の確保の問題がある。テーパワッシャーやテーパナットを使用する方法も考えられるが、経済的なメリットがなくなること等から、他案について考案し実験中である。この課題をクリアした場合、ロックボルトの頭部軸力とトンネル壁面変位の関係性から、当技術が広範囲の面的なトンネル変形を見える化する手段として有効な方法になると考えている。



写真-3 試験施工状況