

山岳トンネルのシート防水工における力学的特性に関する基礎的検討

東京都立大学 学生会員 関根康生
東京都立大学 正会員 河田皓介 砂金伸治

1. はじめに

山岳トンネルの防水工はトンネル構造全体に対する防水性・排水性や、支保工と覆工の分離効果の役割を持ち、現在はシート防水工が主に用いられている。しかし、シートを採用する場合は、トンネル内の断面変化部への対応、シートの溶着の確実性、ゆるみや破損、手作業による施工効率の問題など、さまざまな技術的な課題を有している。現在の防水工の品質基準は、材料機能を証明する場合が多いが、具体的に品質基準が設けられていないため、防水性の評価が必要となってくる。本研究では、防水性の評価の基準値となるデータを得るために、シート防水工の防水材料である EVA シートによる防水性試験を行った。

2. 防水性試験

2.1 概要

本試験では、既往の試験¹⁾を参考に耐圧試験器具を作成し、大きな圧力をかけるために耐荷力のある鉄製の装置を採用した。また、圧力の作用面積によるシートの挙動の変化を検討するために 2 種類の穴の大きさのフランジを用いて試験を行った。試験手順は、まずケースごとに穴あきフランジ、防水材料を順に設置し、試験装置管内を満水とした後、手動ポンプにより試験装置管内に送水することで水圧を作用させ、EVA（エチレン酢酸ビニル共重合体:Ethylene-Vinyl Acetate）シートが破損した時点で試験終了となる。



写真 1 試験装置の写真

2.2 試験材料及びケース

本試験では、防水シートの厚さは一般的な排水構造のトンネルで使用されている 0.8mm とウォータータイトトンネルなど特に止水が必要な構造で使用されている 2.0mm を使用した。加えて、EVA シートは白色の面と黒色の面で成り立っており、違う素材でできているため、表裏を変更することで、力の作用方向と背面状況を模擬している。それぞれ表は地山側から覆工側、裏は覆工側から地山側へ圧力がかかる状況を模擬している。また、EVA シートは熱可塑性であり、実施工において防水工の内側に覆工コンクリートを打設する際にコンクリートは水和熱により温度上昇する。また、地中の状態によっては水温が高い地域での施工も考えられる。これらの熱が EVA シートに影響を与えることも考えられるため、本研究では、15℃と 45℃の二つの温度の水を用いることより、影響を検討した。本試験では、シートのたわみやひずみ、またシートに作用する水圧を手動水圧ポンプを使用して各々のケースで計測した。

表 1 試験ケース

シートの向き	フランジの穴の直径(mm)	水温(℃)
表	120	15
裏	120	15
表	75	15
裏	75	15
表	120	45
裏	120	45

3. 結果

3.1 試験中の様子

写真・2(a)~(d)にケースの試験中の状況を示す。これより、加水開始時から徐々にシートがたわんでいるのがわかる。作用している水圧を手動水圧ポンプのバルブを外すことで0にするとシートは写真・2(a)に示すように元の状態に戻っている。これより状態②については力を更に加えない場合、弾性変形していると言える。しかし、さらに水圧を増加させると、写真に示すようにシートが薄く伸び、シートの色が裏面の黒色の部分が見える状態になる。この変形状態としては塑性変形であることが言える。さらに加水をすると写真 2(d)のように EVA シートの中央の薄くなった個所が破損する。



写真 2(a) 状態①



写真 2(b) 状態②



写真 2(c) 状態③



写真 2(d) 状態④

3.2 たわみ量と水圧

図-2 および図-3 に水圧とたわみ量の関係の一部をそれぞれ示す。図 2 より、小さな面積で集中的な応力が働くと最大水圧が大きく少ないたわみ量で破裂が生じることがわかった。また、図 3 より同水圧作用時のたわみ量は 45℃の方が15℃の場合よりも大きい結果が見られた。これはシートが熱可塑性であることが原因であると考えられる。

図 2 たわみ量-水圧の比較①

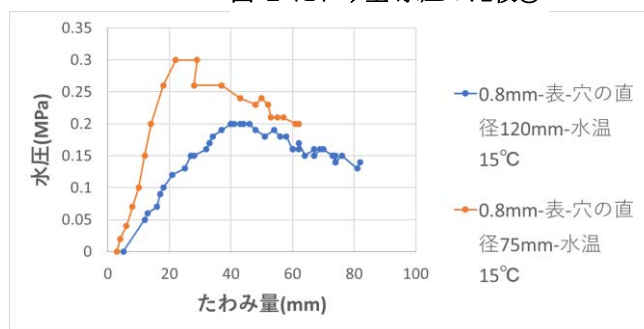
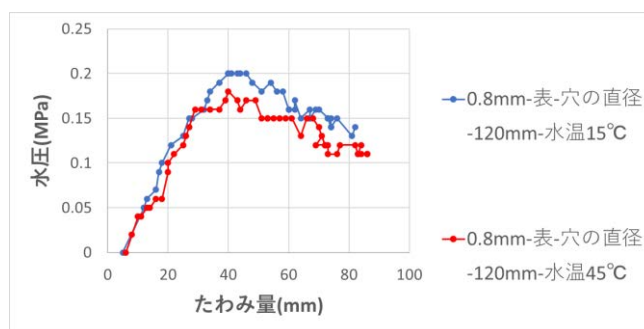


図 3 たわみ量-水圧の比較②



4. まとめ

試験結果より、EVA シートが熱可塑性のため、熱による影響を受け、同水圧時のたわみ量が大きくなり、また、シートが破裂に至った時点では、シートは温度が高い水温の水圧により破裂した時の方が通常の水温により破裂した時よりも大きく穴が空いている状態になった。このことから、実際に EVA シートが熱により変形しやすく、破裂しやすいということが言える。また、水圧が長時間にわたってかかることにより破裂が生じることも考えられるため、現在使用されているシートにも安全性に課題があることがわかる。また、局所的に圧力がかかると水圧が高くなり危険であるため、防水材をより均等に水平に配置することが重要である。

5. 今後の課題

防水性試験の最終的な目標は、EVA シートの防水性の比較を行い、防止性の評価の基準値となるデータを得ることである。そのため、表面の粗度や厚みの影響を考慮した実験的な検討が必要である。また、シート防水工の品質管理や試験手法の提案などを図っていく必要がある。

参考文献

- 1) 磯岩徹ほか：防水膜吹付け工法の実施工，トンネルと地下，第 251 号，vol.22，no.7，p42-43，1991 年 7 月