

山岳トンネル防水シートの自己治癒機能の開発 (2)

金沢工業大学 学生員 ○大森 成将*1
 佐藤工業(株) 正会員 宇野洋志城*2
 金沢工業大学 正会員 木村 定雄*1

1. はじめに

NATM で施工する山岳トンネルの多くは防水シートが施されている。これにより、トンネル坑内への漏水現象は相当に改善されるが、種々の原因により漏水が生じる場合がある¹⁾。ここで、漏水の原因の一つとして、防水シートの破損が挙げられる。防水シートの破損原因には、吹付け面の大きな凹凸や箱抜き部での無理な引張力の作用および防水シートの接合不良などがある¹⁾。また、供用中の導水工の目詰まりの発生等を考慮すると、長期供用中には漏水の発生リスクが存在する²⁾。そこで、筆者らは山岳トンネルにおいて、目地部の長期的な漏水発生のゼロリスクを目指し、防水シートと重層させる自己治癒シートを検討してきている。

本報告は自己治癒シートの基本的な止水性を把握するために実施した実験について述べたものである。

2. 自己治癒シートの基本特性

自己治癒シートはモンモリロナイトを主成分とするベントナイトとメッシュ状の繊維から構成される(写真1参照)。自己治癒シートの厚さは4~4.5mmで20ml/2g以上の膨潤力を有する²⁾。このため漏水が生じた際、それを吸収して漏水の抑止効果を発揮する。

3. 止水性確認試験の概要

自己治癒シートの止水性を確認するため、水圧実験を実施した。図1に水圧実験装置の概要を示す。覆工コンクリートはモルタルで、また、ひび割れはスリットを導入してモデル化した。ひび割れ幅の影響を検討するため、スリット幅(b)を1.66mm、2.60mm および3.48mmとした。自己治癒シートは2重層とし、防水シートと重ねた。また、防水シートは内径100mmを取り除くことでその損傷をモデル化した。図2に水圧実験手順を示す。実験結果を表1に示す。表中の最大水圧は本実験のコンプレッサーで与えた最大水圧であり、水頭88mに相当する。耐久日数は自己治癒シートが損傷して漏水が多くなるまでの期間を表している。最大累積漏水量は耐久日数時点の値である。

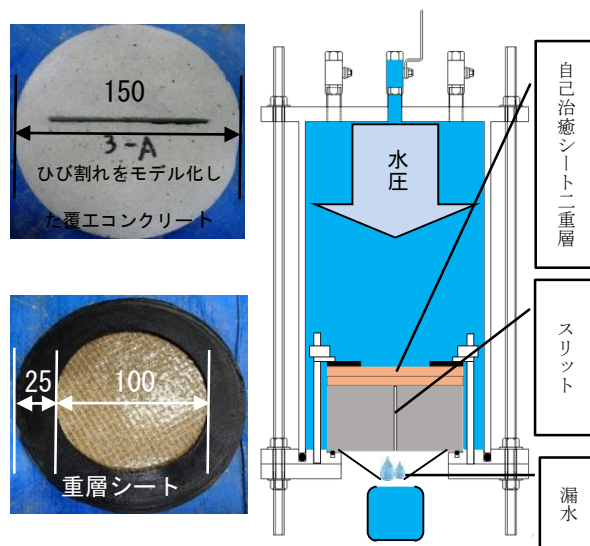


写真1 使用材料

図1 水圧実験装置

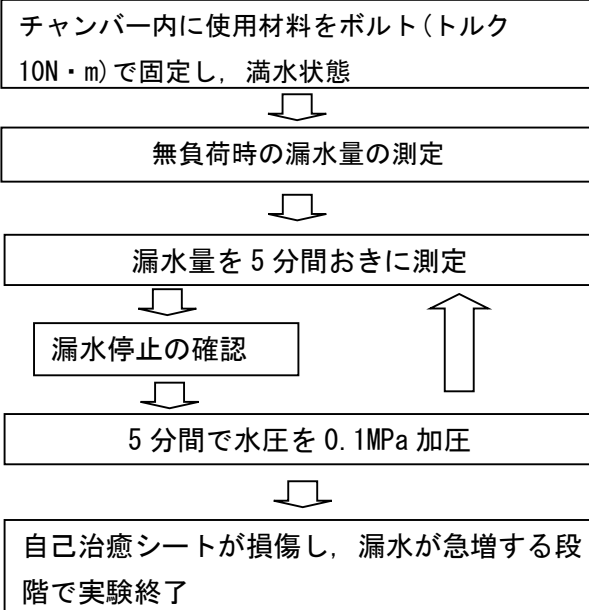


図2 水圧実験の手順

表1 水圧実験の手順

スリット幅 b (mm)	1.66	2.60	3.48
最大水圧 (MPa)	0.88	0.88	0.88
耐久日数時間 (day)	66.16	6.61	1.63
最大累積漏水量 (ml)	95	150	235

キーワード トンネル, 防水, 自己治癒, 漏水, リスク

連絡先 *1 〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1

TEL : 076-274-7704 FAX : 076-274-7102

*2 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10

TEL : 046-270-3091 FAX : 046-270-3093

4. 実験結果とその考察

自己治癒シートは水と接触した直後から少しずつ吸水し、時間の経過とともに微量の漏水が発生した。最大累積漏水量はスリット幅が大きくなると増大し、また耐久日数が小さくなった。そこで、初期段階の漏水特性を把握することとした。

図3から図5は表1に示したスリット幅ごとに、漏水量が安定した12時間までの累積漏水量と経過時間の関係を示したものである。すべてのケースにおいて、一定時間が経過すると、一時的に漏水が停止した。

そこで、式1によって経過時間と累積漏水量との関係を近似した。

$$Q(t) = \alpha(1 - e^{-vt}) \quad (1)$$

ここで、 t は経過時間であり、 $Q(t)$ は経過時間 t における累積漏水量(ml)、 α は安定時の累積漏水量(ml)、 v は漏水速度(ml/hr)である。3つのケースにおいて、耐えられる水圧は異なるものの、 α は85~97mlとほぼ同程度であった。したがって、自己治癒シートが吸水・膨潤して漏水が停止する初期段階(12時間)までの累積漏水量はスリット幅に関係しないことがわかる。

写真2から写真4に実験後の自己治癒シートの損傷状況を示す。自己治癒シート自体がスリット中にくい込むことで抑止水効果を発揮したと考えられる。くい込み深さは $b=1.66\text{mm}$ で約4mm、 $b=2.60\text{mm}$ で6mm、 $b=3.48\text{mm}$ で7mmとなった。この自己治癒シートのくい込みはベントナイトが溶出したものであり、少なからずスリットの目詰まり効果が認められた。

5. おわりに

本実験によって今回用いた自己治癒シートの基本的な漏水の抑止効果が把握できた。一方で、ベントナイトが溶出することでひび割れの目詰まり効果が期待できるものの完全止水には至らなかった。本実験における水圧増加は、最大1.0MPaのコンプレッサーを用いたが0.7~0.9MPaで水圧が脈動していた。このため、動的な水圧変化によって、自己治癒シートが損傷したものと考えられる。

なお、本研究を行うにあたり(株)ホーゲンから資料を提供して頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：山岳トンネル覆工の現状と対策，p32，2002.9.
- 2) 源口敦史，宇野洋志城，木村定雄：山岳トンネル防水シートの自己治癒機能の開発，土木学会第70回年次学術講演会，VI-659，P1317，2015.9.

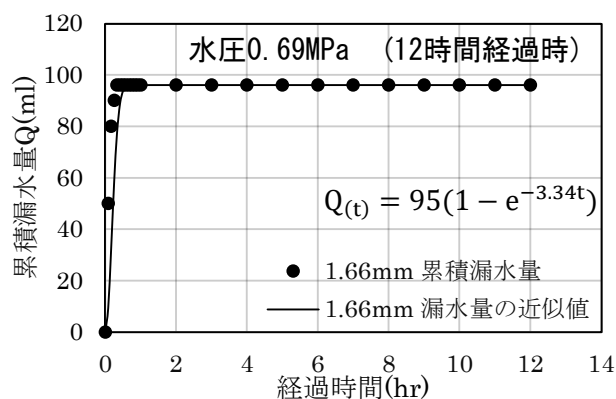


図3 累積漏水量とその経時変化 ($b=1.66\text{mm}$)

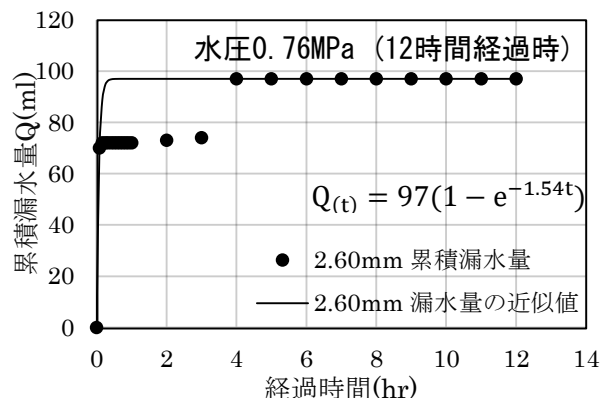


図4 累積漏水量と経時変化 ($b=2.60\text{mm}$)

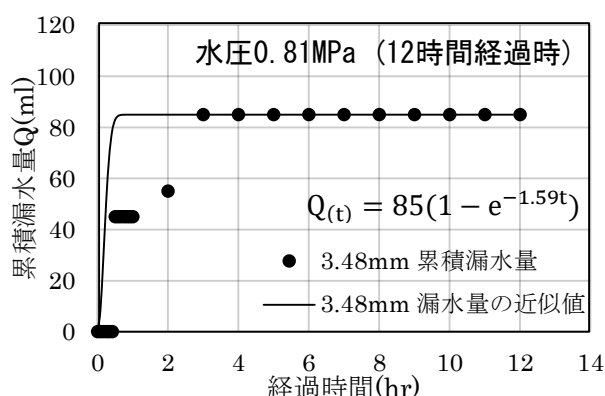


図5 累積漏水量と経時変化 ($b=3.48\text{mm}$)



写真2 実験後のベントナイトの食い込み ($b=1.66\text{mm}$)



写真3 実験後のベントナイトの食い込み ($b=2.60\text{mm}$)



写真4 実験後のベントナイトの食い込み ($b=3.48\text{mm}$)