

地下トンネルの補修後再漏水に関する実験的検証

日本電信電話（株）アクセスサービスシステム研究所

正会員 ○石川琢也¹ 川端一嘉

日本電信電話（株）アクセスサービスシステム研究所

非会員 出口大志

1. はじめに

地下トンネル構造物は、コンクリートにひび割れが生じ、しばしば漏水が発生する。漏水は鉄筋腐食など構造劣化を進行させる原因となることが多いため、止水補修などの対策が行われている。しかし、過去に漏水補修をした箇所において、再漏水する事例が複数報告されている。

漏水補修工法の一つとして、ひび割れなどに補修材料を注入する注入補修工法が採用されている。注入補修工法は、補修材料がコンクリートのひび割れに充填し、漏水箇所を補修材料で置き換え、水みちを塞ぐ目的により行われており、漏水時の補修として広く普及している。

一般的に水みちとなるコンクリートのひび割れは、「材料」、「施工」、「使用環境」、「構造・外力」の4項目に大分類でき、原因はさらに細かく分類されている。

補修設計の条件を、表-1に示した。この原因のうち、地下トンネルで生じるひび割れの主要因として、「使用環境」の“環境温度・湿度の変化”と“部材両面の温度・湿度の差”，「構造・外力」として“設計荷重以内の長期的な荷重”と“設計荷重以内の短期的な荷重”とした原因がある。

本研究では、地下トンネル内での補修後再漏水する原因について、定期的な換気などの影響による温度変化によって生じる繰り返しひずみの影響に着目した。

その影響を模擬した試験を実施し、影響を受けた補修材料の特性について検証を行った。

表 1 地下トンネルで生じるひび割れの主要因

大分類	中分類	小分類	番号	原因
C. 使用環境	熱・水分作用	温度・湿度	C1	環境温度・湿度の変化
			C2	部材両面の温度・湿度の差
	化学作用		C7	中性化による内部鋼材のさび
			C8	塩化物の浸透による内部鋼材のさび
D. 構造・外力	荷重	長期な荷重	D1	設計荷重以内の長期的な荷重
		短期な荷重	D3	設計荷重以内の短期的な荷重

2. 検証内容

本研究において、温度変化によるを、外力による繰り

返しひずみにおきかえて検証を実施した。

一般的にコンクリートの熱膨張係数は $7\sim 13\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とされており、安全側を考慮し $13\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を採用した。

温度変化量は、過去に実施した地下トンネル内での測定結果を用いて決定した。トンネル内で生じる年間温度差は季節・場所により異なるが、都内で約 15°C 程度であることが判明している。この結果より、生じる温度変化によるひずみは約 200μ と想定される。この繰り返しひずみの値 200μ に対する検証を実施した。

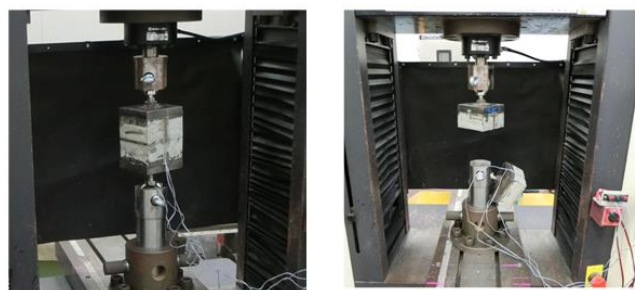


図 1 実験装置、および実験の様子

3. 検証方法

検証を行う実験装置を図-1に示す。本研究では、従来多く用いられてきた発泡ウレタン系材料を用いて検証を実施した。

使用した材料は補修時に水と反応することで瞬時に水みちを遮断することが知られており、使用されることが多い。

水との反応状態による影響を考慮するため、補修材料に対して、10%、20%、30%の3水準の混合比で発砲後の状態を確認した。

図-2より、20%が発砲後の気泡が最も目が細かく、品質が良好であることから、本実験では20%の混合比で実施した。この材料をモルタル部材2枚ではさみ、ひび割れへの補修状態を模擬した試験体とした。この時、ひび割れ幅が 0.4mm となるように重ね合わせた。作成した注入補修を模擬したひび割れ試験体 ($100\times 100\times 100$) として、補修材料がひび割れ部に十分に充填されている状

キーワード 通信用トンネル、注入工法、漏水、ひび割れ、

¹連絡先〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 日本電信電話（株）アクセスサービスシステム研究所 TEL 029-868-6240

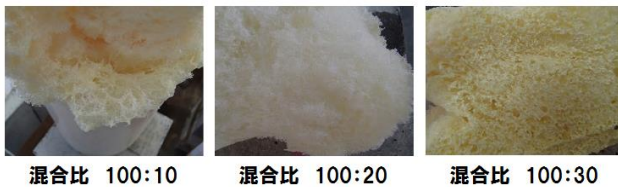


図 2 混合比 10%, 20%, 30%の材料の状態

態で検証を実施した。

この作成した供試体を用い、補修材料に繰り返しひずみを与えることで、特性を検証した。

4. 検証結果

検証実験の手順は、

- ① 供試体に単調引張試験を実施し、補修材料の破断するひずみ値を測定。
- ② 200 μ 程度の伸びひずみを繰り返し付加し、破断までの繰り返し回数を測定。

の順番で実施した。

補修材料は試験①を実施したところ、図-4に示すように、伸びひずみが破断時において、200 μ 以上を満たすことが得られた。

試験②を実施したところ、繰り返し回数が50回程度の時に補修材料とモルタル部の剥離が認められた。

補修材料の状態を把握するために、マイクロスコープにより繰り返し試験前後の補修材料の状態を確認した。

補修材料の状態を図-6 に示す。

確認した結果より

1) 補修材料は繰り返し前には、発泡により生成された気泡が円形を成している。

2) 繰り返し後の注入材は縦方向につぶれた空隙や剥離が見られる。これは繰り返しの影響により、初期には生成されていた気泡が圧密され、モルタル部との界面で剥離が起こったことに起因すると考えられる。

この結果より、補修した箇所において繰り返しひずみが生じると、剥離や、連続した空隙が生じ、ひび割れ部を塞いでいた箇所に水みちが形成されることで、補修後再度漏水が生じると推定される。

5. まとめ

本研究では、既存の補修材料と、設置環境の状態から、再漏水の発生要因を把握する実験的検証を実施した。その結果、補修材料が温度変化による繰り返しひずみの影響を受けることで、剥離すると考えられる。

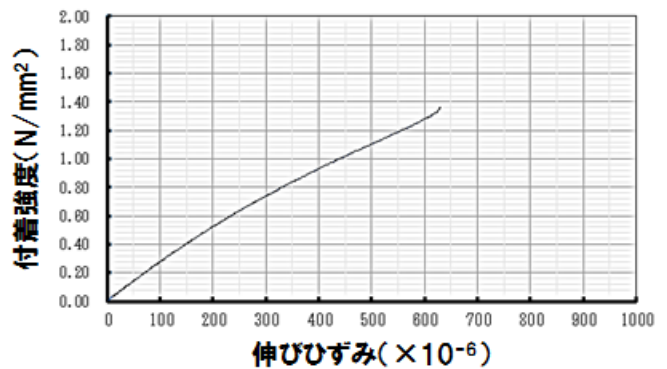


図 4 付着強度—伸びひずみの関係図

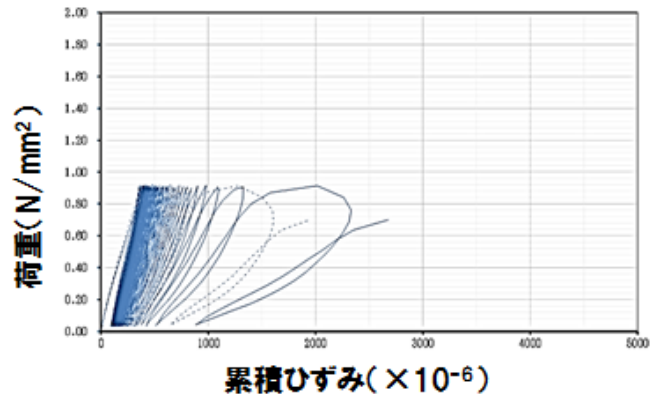


図 5 荷重—累積ひずみの関係図

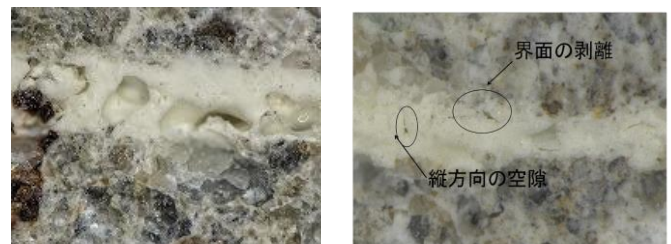


図 6 繰り返しによる充填部の材料変化

これによりコンクリート部から補修材料が剥離することで水みちが生じ、漏水するものと考えられる。

以上より、ひび割れ注入工法に使用する補修材料の効果を発揮するためには、得られた結果を加味する必要があると考えられる。

今後は地下トンネルが受ける繰り返しひずみの影響に対して、要求条件を満足する補修材料を検討し、再漏水の抑制につなげることが求められる。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編 2012年制定
- 2) 日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針