

トンネル覆工目地部の付着力低減策の曲げ試験による効果検証

鹿島建設(株) 正会員 ○秋山崇裕 六本木日菜子 松本修治 坂井吾郎

1. はじめに

トンネル覆工コンクリートは、1ブロック長を9~12m程度とし、各ブロックの境に横断方向の目地部を設けて施工する。一般に、覆工コンクリートの乾燥や温度変化により生じる体積収縮に対して、目地部が開くことでひび割れや剥離・剥落を防いでいる。しかし、目地部のコンクリート同士が付着し、目地部が開かない場合、目地部の周辺に上述の不具合が発生することが懸念される。目地部のコンクリートが付着する要因の一つとして、棲型枠に用いられる木製矢板の表面粗さが考えられる。そこで本稿では、目地部のコンクリート同士の付着力を低減させる方法として、棲型枠に表面粗さの異なる材料を使用した際の、付着力低減効果を室内実験にて検証した結果を示す。

2. 実験手順

本実験は、棲型枠の種類および設置方法を水準として、目地部の状態を再現した供試体を作製し、曲げ強度試験を実施した。写真-1に実験ケースを示す。棲型枠は、木製矢板（以降、Wと称す）、鉄板（以降、Feと称す）およびゲルコートで表面加工されたFRP製の樹脂板（以降、Re）の3種類を用いた。図-1に供試体の作製方法を示す²⁾。供試体はφ150×300mmとし、各ケースとも5本ずつ作製した。先打ちコンクリートとして供試体の高さ150mmまでコンクリートを打ち込み、打込み直後の打継面に各種の棲型枠を設置した。次に、先打ちコンクリートの打込みから1日後に棲型枠を撤去し、2日後に供試体の高さが300mmになるようにコンクリートを打ち込んだ（以降、後打ちコンクリートと称す）。その後、後打ちコンクリートの打込みから1日後に供試体の型枠を脱型し、28日後まで20℃の環境で気中養生を行った。養生終了後は写真-2に示す中央点載荷法による曲げ強度試験で簡易的に付着強度を評価した。曲げ強度試験は支承の幅を180mmとして、供試体の目地部が支承の幅の中央に位置するように設置し、載荷した。なお、本実験に使用したコンクリートの使用材料を表-1、コンクリートの配合を表-2に示す。市中の工場が保有するレディーミクストコンクリートの中で、粗骨材の最大寸法が40mmの一般的な覆工コンクリートとなる配合とした。また、棲型枠の表面と棲型枠を撤去した後のコンクリート表面の算術的表面粗さ（JIS B 0601）を計測した。

3. 実験結果

図-2に棲型枠の表面および棲型枠を撤去した後のコンクリート表面の粗さを測定した結果を示す。棲型枠の表面粗さはWが最も大きく、FeはWの1/5程度、Reは、Wの1/10以下であった。棲型枠を撤

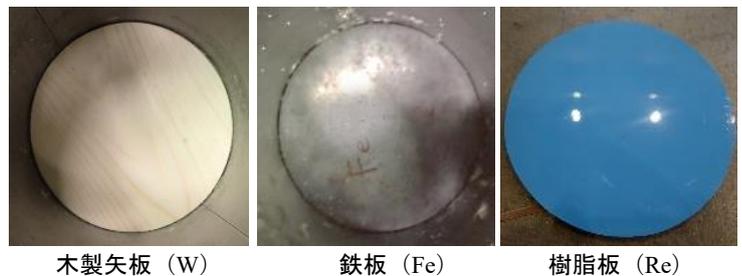


写真-1 実験ケース

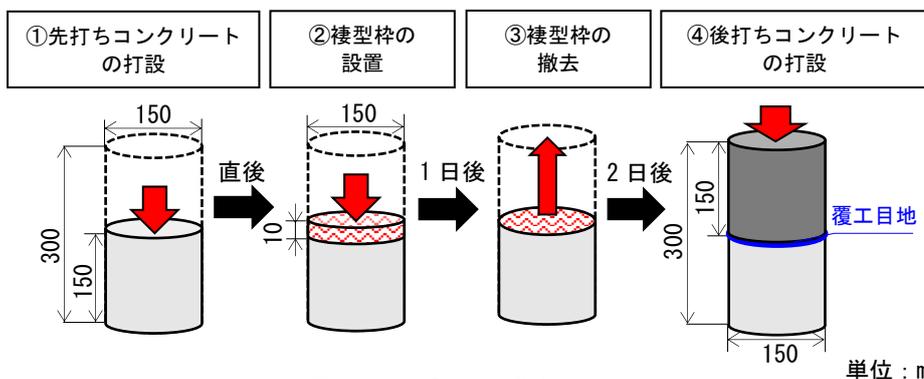


図-1 供試体の作製方法

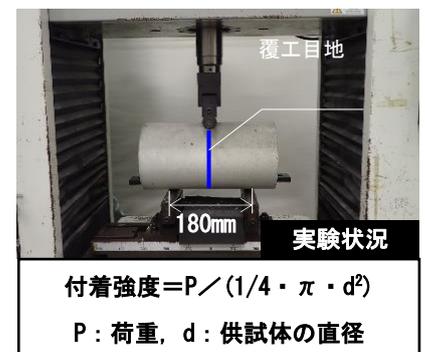


写真-2 曲げ強度試験

$$\text{付着強度} = P / (1/4 \cdot \pi \cdot d^2)$$

P: 荷重, d: 供試体の直径

キーワード：目地部、ひび割れ、覆工コンクリート、付着強度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL: 042-489-8008

去した後のコンクリート表面粗さについても、棲型枠の表面粗さと同様に、Wが最も大きく、FeはWの1/2程度、ReはWの1/5程度であることを確認した。しかし、W、FeおよびReのいずれの棲型枠を用いても、棲型枠よりコンクリート表面の方が表面粗さが大きくなっていった。これは、コンクリートそのものの表面粗さに加え、使用した棲型枠の表面粗さがコンクリートに転写されたことによると考えられた。図-3に曲げ強度試験による付着強度の結果を示す。付着強度はWが最も大きく、次いでFe、Reの順になったことから、棲型枠の表面粗さが大きいほど、目地部の付着力も大きくなることが確認された。特にReによる目地部の付着強度はWを用いた時の1/2程度であった。また、WおよびFeの標準偏差が0.4N/mm²程度に対し、Reの標準偏差は0.2N/mm²程度であった。Reの型枠は表面をゲルコートで処理しているため、加工精度が高くなり、型枠間の表面粗さのばらつきが抑えられたと考えられた。一方で、Wの型枠は、使用する木材ごとに木目が異なり、均一化することが難しいため、コンクリート同士の付着面のばらつきが大きく、付着強度に影響していると考えられた。写真-3に曲げ強度試験後の破壊断面の状況を示す。Wによる目地部は母材破壊しており、破壊断面に凹凸が多く認められた。一方で、FeおよびReは目地部で破壊し、破壊断面の凹凸は少なかった。特に、ReはFeと比べ破壊断面が平滑だったことから先打ちコンクリートと後打ちコンクリートの付着力が小さく、目地部で破断したことが確認できた。以上より、覆工目地部の付着力を低減させる方法として、WよりFe、さらにはReを使用することが有効的であると考えられた。

4. まとめ

本実験において、覆工目地部の棲型枠は表面粗さが小さいものほど、目地部の付着力が低減されることを定量的に示した。特に、棲型枠を木製矢板からFRP製の樹脂板に変更することで、表面粗さが1/5、付着強度が1/2以下となることが確認された。

参考文献

- 2016年制定 トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [山岳工法編]・同解説, 土木学会, トンネル工学委員会, 2016.
- 松丸貴英, 稲葉秀雄, 白井孝昌, 長央貴晴, 芝本芳生: 覆工コンクリート目地部の縁切り対策について, 土木学会第71回年次学術講演会, 2016

表-1 使用材料

材料名	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	高炉セメントB種, 密度 3.04g/cm ³
細骨材	S1	山砂, 表乾密度 2.51g/cm ³
	S2	砕砂, 表乾密度 2.58g/cm ³
粗骨材	G1	1005 砕石, 表乾密度 2.64g/cm ³
	G2	2010 砕石, 表乾密度 2.65g/cm ³
	G3	4020 砕石, 表乾密度 2.69g/cm ³
混和剤	AD1	AE 減水剤(標準型), 主成分: リグニンスルホン酸塩, ポリカルボン酸塩, ホリカルボン酸系化合物
	AD2	AE 剤, 主成分: 樹脂酸塩系界面活性剤

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	Gvol (ℓ/m ³)	単位量(kg/m ³)							AD1 (C×%)	AD2 (A)
			W	C	S1	S2	G1	G2	G3		
56.5	44.4	385	165	292	618	159	354	257	414	1.5	0.5

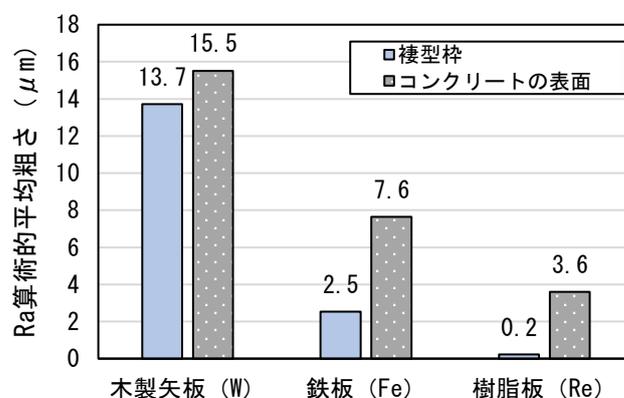


図-2 棲型枠およびコンクリートの表面粗さ

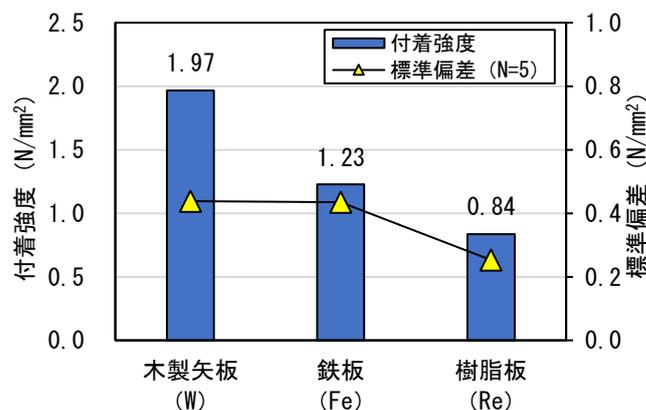


図-3 曲げ強度試験の結果



写真-3 目地部の付着状況