

防水膜吹付工法の実施工適用とアイソレーション効果の検証

（株）鴻池組 正会員 上村 和也 正会員 近藤 道男 木佐一 伸

1. まえがき

”防水膜吹付工法”¹⁾をNATMトンネルを始めとする3件の現場に、止水シート貼付工法に代わる防水・アイソレーション工として適用した²⁾。適用に際して防水膜自体の強度に関する物性値を具体的に確認したが、本工法に期待される基本的機能すなわち実施工環境下での防水・アイソレーション効果については従来の防水シートからの類推により感覚的に膜厚を3mmと定めて、模型実験により定性的に検証していたに過ぎなかった。防水膜の厚みは両効果のレベルを決定づけるばかりではなく、本工法の経済性、施工性を左右する最も重要な要因であるが、新規工法の通例として確立された膜厚決定方法がなかった。

NATMでの実施工に先立ち、アイソレーション効果について着目し、若材令時の二次覆工コンクリートひびわれの解析を試みて膜厚の妥当性を裏付け実施工に適用した。

施工後実施した二次覆工のひびわれ追跡調査（平成5年3月現在：2年以上経過）からその健全性が確認されており、本機能の有効性、膜厚の妥当性が検証できた。

2. アイソレーション効果の事前解析

初期材令に発生する二次覆工コンクリートのひびわれは、主にコンクリートの水和熱による温度応力と地山・一次覆工の拘束力との相互作用によるものと考えられる。ここで本アイソレーション材の二次覆工拘束度低減効果について、JCI製作の”マスコンクリートの温度応力解析プログラムVer. II”を用いて図. 1に示す解析モデルにより有限要素法（2次元）解析を行う。マスコンクリート中に生じると予想されるひびわれについては、ひびわれ指数（コンクリートの引張強度を発生応力で割った値）を基準として対処することが推奨されており、コンクリート構造物の重要度や経済性によりパイプクーリングやプレクーリング等の実施が必要となる。一般にひびわれ防止を目的とする場合には、安全率も含めてひびわれ指数を1.5以上とすればよいとされる。

本工法の実施工例を表. 1に、材料物性値を表. 2に、解析結果を図. 2、3に示す。表. 1では二次覆工の設計巻厚は30cmとなっているが、実施工においては余堀りがあり設計巻厚の1.5倍程度となる。また、断面形状としては均一ではなく二次覆工の背面には凹凸があり局部的に引張応力が集中する可能性もあるので、解析断面形状としては30、45cm均一、30～45cm、30～60cmの4タイプとする。

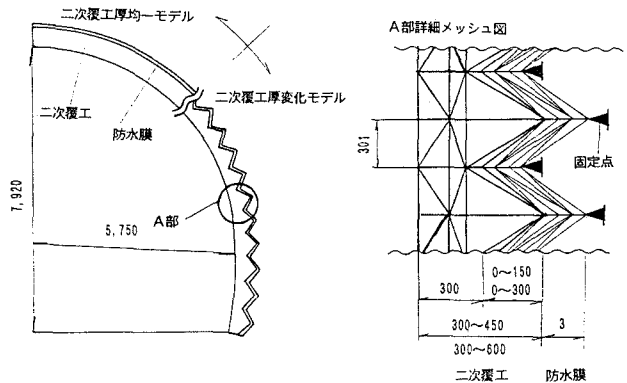


図. 1 解析モデル

表. 1 実施工例

構造物種類	施工対象工種	施工量
NATMトンネル (設計巻厚30cm)	一次覆工と二次覆工の防水・アイソレーション工	5,200㎡ (延長213m)
カルバートボックス	コンクリート躯体の側部外防水工	1,100㎡ (延長83m)
水路トンネル	補強用内巻コンクリートのアイソレーション工	1,300㎡ (延長100m)

表. 2 材料物性値

	二次覆工	一次覆工	防水膜
熱伝導率 (kcal/cm・h・°C)	2.2×10^{-2}	2.2×10^{-2}	8.8×10^{-4} ¹⁾
比熱 (kcal/kg・°C)	0.25	0.25	0.25 ¹⁾
熱膨張率 (1/°C)	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	7.7×10^{-5} ¹⁾
密度 (kg/cm ³)	2.30×10^{-3}	2.40×10^{-3}	1.24×10^{-3}
弾性係数 (kgf/cm ²)	2.2×10^4	2.2×10^4	0.9
ポアソン比	0.2	0.2	0.48
圧縮強度 (kgf/cm ²)	180 ²⁾	180	60
引張強度 (kgf/cm ²)	18 ²⁾	18	6

注) 1) : 軟質ゴムの値
2) : 設計基準強度を示す。

a) 水平ひびわれ（トンネル軸方向に発生するひびわれ）に対する検討

図. 2 から二次覆工コンクリートを直打ちした場合には、材令3日以降において最小ひびわれ指数（以下MCと称す）が1.0前後となりひびわれ発生を予期できる。防水膜施工区間においては覆工厚45cm均一の場合に材令7日でMCが1.26となりひびわれ発生に対しては十分安全とはいえないことになる。しかしながら、防水膜施工により同一覆工厚においてはMCが大きくなりアイソレーション効果を確認できる。平均覆工厚45cmとなる30～60cmの場合には局部に応力集中が考えられるもののMCは1.5以上の値を示すことや完全拘束状態で解析していることさらには経済性、施工性も考慮して設計膜厚を3mmと決定した。

b) 垂直ひびわれに対する検討

図. 3 から直打ちした場合には材令3日以降においてMCが1.0前後となりひびわれ発生が予期できるが、防水膜施工区間では2.0以上とかなり高い安全率を保っている。図からひびわれ発生度が異なるものの、防水膜施工によりMCが大きくなりアイソレーション効果を確認でき、垂直ひびわれに対しても膜厚は3mmが妥当な値となる。

3. ひびわれ追跡調査

二次覆工コンクリート打設後、材令1ヵ月までは1週間毎に、その後半年までは1ヶ月毎に、さらに材令8,10,12,24ヶ月にひびわれ発生状況を目視により観察し、止水シート貼付区間と比較してアイソレーション効果の確認を行った。写真. 1 に材令1ヶ月の二次覆工コンクリートの仕上がり面状況を示す。

温度応力によるひびわれは、部材厚さ、コンクリートの配合（特にセメント量）、打込み温度、環境温度等により異なるものの打設後数日から2週間ぐらいで発生する。

止水シート貼付区間においては調査期間中にひびわれの発生が認められなかった。同様に防水膜施工区間においても、ひびわれの発生は認められず、本工法が止水シート貼付工法と同等レベルのアイソレーション効果を有することが実証された。このことから本工法の膜厚決定手法としては、上記手法により決定できることが確認された。

4. まとめ

二次覆工コンクリートの温度応力解析による吹付タイプのアイソレーション・防水工法の膜厚決定手法は有効であると考えられる。

参考文献

- 1)：近藤道男ほか、地中構造物用2液混合瞬結タイプのアイソレーション・防水膜吹付工法の開発、土木学会第45回年次学術講演会、P.298～299
- 2)：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22巻7号、P.35～43

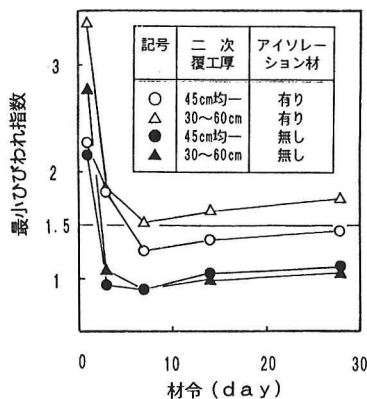


図. 2 最小ひびわれ指数の経時変化

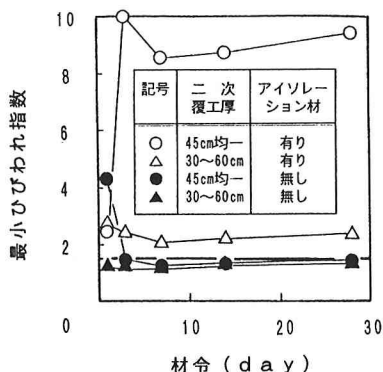


図. 3 最小ひびわれ指数の経時変化

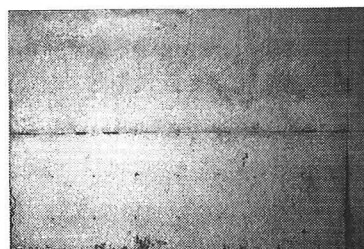


写真. 1 二次覆工面状況
(材令1ヶ月)