覆工背面の実情と防水シートに求められる仕様に関する検証

前田建設工業（株）東北支店　広瀬トンネル作業所　　正会員　　賀川　昌純
前田建設工業（株）東北支店　広瀬トンネル作業所　　正会員　○酒向　祥平

１．はじめに

NATM 工法が導入されて約半世紀が経過するが，その間に防水シートも様々な検証が行われ，現在の仕様でも確実な防水には至らず漏水が確認されている．この漏水が生じる大きな要因として，コンクリート打設時の防水シート破損が考えられる．

防水シート破損については，覆工コンクリートの解体などが生じた際に複数確認されるが，打設時のシート状態について具体的な調査がされたことはなかった(**写真-1**)．そこで，これらの調査検証は今後の漏水対策につながり，さらに漏水によって生じる構造物の劣化を抑え，構造物の長寿命化に寄与するものと考えられる．本論は，覆工コンクリート打設時のひずみや圧力等を測定することにより，コンクリート打設によって生じる防水シートの破損に至る条件等さまざまな検証結果について述べるものである．

⑴ 防水シート展張り後

⑵ 覆工コンクリート解体後

写真-1　防水シートの状態

２．測定項目及び設置方法概要

現場での測定項目および内容を以下に示す(**表-1**)．

・ひずみ

塑性域ひずみゲージを用いた場合でも，40%程度の伸び測定が限度である．試験結果より，極端に角度が生じる場合には測定不可となりやすいため，打設圧力によってシートが引っ張られ，テンションが大きく生じる肩部を中心に全周測定を行った．　ただし，ロックボルトが突出している箇所は測定できない可能性が大きいことから，ロックボルト配置間に計測器を設置した．ひずみゲージはシート表面に接着剤を用いて貼り付け，表面をブチルテープで覆い，防水性を付与した．

表-1　現場での測定項目及び内容

測定項目		ひずみ	圧力	温度
使用ゲージ		塑性域ゲージ (株)東京測器研究所	超小計圧力計 (株)東京測器研究所	シールド線付き熱伝対 (株)東京測器研究所
型式		YHFLA-5-50LTSB	PDA-200KPB	T-GS-0.65B
仕様		リード線40mor50m シールド付き φ5㎜	ケーブル先端NP付き	先端防水処理
ケーブル		φ5㎜シールド付き ビニール線	φ6㎜、0.35 4心ｼｰﾙﾄﾞｸﾛﾛﾌﾟﾚﾝNDISﾌﾟﾗｸﾞ付き	φ5㎜耐熱ビニール線
測定数		21箇所	6箇所	2箇所
測定箇所	CL	3 RB部周方向1 吹付け部周方向1 上記ゲージ間軸方向1	1（支保工部）	0
	肩部	12 RB部周方向左右各2 吹付け部周方向左右各2 上記ゲージ間軸方向各1	2（支保工部左右各1）	0
	SL	6 RB部周方向左右各1 吹付け部周方向左右各1 上記ゲージ間軸方向各1	2（支保工部左右各1）	2(シート表面、巻厚中心各1)
	側壁部	0	1（吹付け部）	0
測定期間		1週間		

・圧力

圧力計が浮いた状態では実圧力の 85～90%しか示さない．また，吹付け面では圧力計が接する状態で数値にバラツキがでることが予想されるため，鋼アーチ支保工上に設置した．鋼アーチ支保工がない箇所は，吹付け面の比較的平滑な箇所に取付けた．圧力計は専用の両面テープを用いてシート表面に貼り付け，周囲に専用の止水材を貼り，表面を防水シートで覆い防水性を付与した（**写真-2**）．

・温度

熱伝対はシート面の温度と覆工巻厚中心部の温度の 2 か所を測定した．覆工巻厚中心部の測定ゲージは，事前に吹付け面にアンカーボルト(L=150 ㎜)を取り付け，アンカーボルト先端に熱伝対を固定し，設置した．熱伝対表面は防水処理を施し，シート表面は圧力計と同様な防水性を付与した．（**写真-3**）．

写真-2　圧力計設置概要

写真-3　巻厚中心部の熱伝対設置概要

キーワード　山岳トンネル，覆工，防水シート，漏水対策，前田覆工マルチ工法
連絡先　〒980-0802　宮城県仙台市青葉区二日町 4-11　前田建設工業㈱　東北支店　ＴＥＬ022-225-8326

© Japan Society of Civil Engineers

３．計測結果

・ひずみ

ひずみ測定結果では左側で大きい傾向が認められたが，これはシート施工時のたわみ量や吹付け面の凹凸の違いで変位傾向の差がでたものと推測される．軸方向と周方向については明確な差異は確認されず，同じ変位傾向を示すことが確認できた．ひずみ量は肩部で最大値を示すものと想定していたが，SL 付近が最大であった．特に左 SL については，伸び率 5%弱を観測したが，破損に至る伸び量ではなかった．打設圧力が大きくなる下部でひずみ量が大きく，天端に向かってひずみ量が低下していく傾向が確認された．また，温度変化と同じく打設開始から 24 時間程度で最大値を示し，その後は徐々に低下していくことが確認された．この結果よりシートのひずみについては温度変化に伴う線膨張の影響が大きいと考えられる（図-2）．

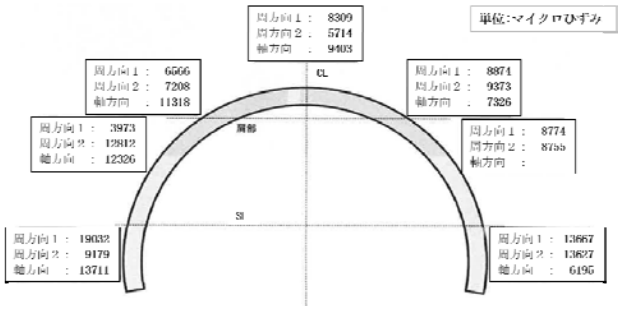

図-2　各測定位置での最大ひずみ

・圧力

全体的に測定データの確実性に疑問が残る結果となり，急激な圧力上昇は，打設中のコンクリートが直接圧力計に接触したことが要因であると考えられる．また，打設によりシートが引っ張られた場合，圧力計に傾きが生じたり，背面が平滑な位置からずれることによって，所定の値を示さなかったものと考えられる．

信憑性の高いデータとしては，左 SL 付近の結果であり，約 80kPa の最大値を示している。これは，コンクリートの比重を 2.3t/m3 とした場合に 3.5m 程度のヘッド圧で示す数値であり，経過時間との兼ね合いからも正常な数値と判断できる．側壁部付近も 6 時間程度まで圧力上昇傾向が確認され，データとして信頼できる．しかし，前田覆工マルチ工法による加圧充填の際に急激な圧力上昇を確認しているため，養生シートと本設シート間の水分や骨材で圧力計が押し付けられた可能性などが考えられ，以降のデータについては信憑性の判断が難しいと考える（図-3）．

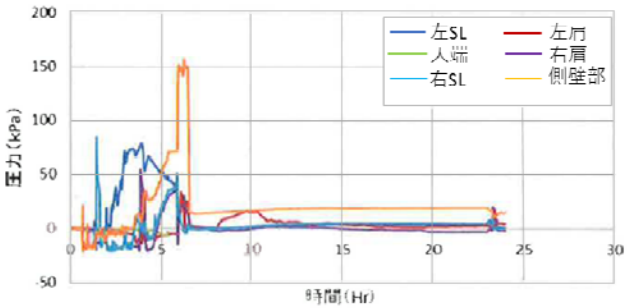

図-3　打設圧力（打設～脱型）

・温度

覆工コンクリートの硬化に伴う反応熱については，おおよそ打設開始から 24 時間後に最大値を示した．また，硬化反応による温度上昇については打設開始約 10 時間後から始まっていることが確認された．温度については，最大でも 35℃弱であり防水シートに対して大きな影響を及ぼすことはないと判断される．覆工中心よりシート表面の方が，地山の影響で若干低い温度を示した（1.3℃差）ものの，ほぼ同程度であることも確認できた（図-1）．

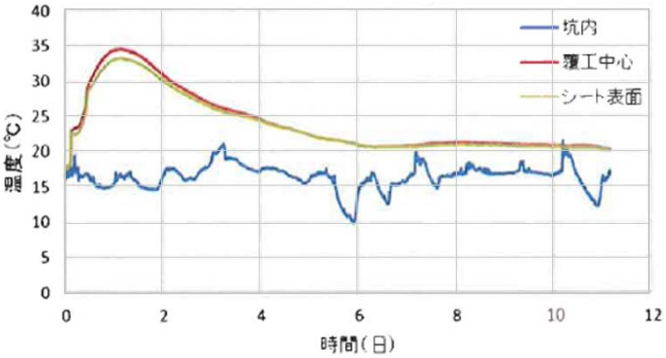

図-1　打設温度変化（打設～11 日後）

４．まとめ

今回の試験で得られた 5%程度の防水シートの伸びは，打設圧力 80kPa から最大 157kPa 程度の圧力が生じた場合でも，シート表面にピンホール等の小さい破損は生じる可能性はあるものの，シート破損に影響を及ぼす伸び率ではないものと考えられる．

これまで，シートの破損が生じた箇所については「シート布設時に十分なたわみを有していなかった」ことが大きく影響していると考えられる．また，ロックボルト頭部が指触で確認できるなど，シート施工時にロックボルトカバーが落下した場合についてはシートの破損が生じやすいと考えられる．

測定結果の実績をもとに，特異なケースの検証も進め，生産性向上を図るとともに，さらなる品質向上を図っていく所存である．

© Japan Society of Civil Engineers