

KU-LINER 工法の曲管部への適用性について

株式会社栗本鐵工所 坪原将史 山室成樹
霜村 潤 竹田 誠

1. はじめに

全国に展開する農業水利施設は、更新時期を迎えるものが増加傾向にあり、施設の長寿命化を図るため、適切な補修・補強工事の実施が求められている。

弊社は、REHAU 社（ドイツ）より、欧州で 50km 以上の実績がある高密度ポリエチレンライナーを用いた管渠更生工法（以下 KU-LINER 工法）を技術導入した。しかし、既存工法では、現場硬化型更生工法のように曲管部内面にシワが生じ、出来形や管としての物性が議論の対象となる場合がある。そこで今回、実際に施工を予定している管路を想定して構築した模擬管路において、パイプラインへの適用性を確認した。

本報では、KU-LINER 工法の曲管部品質評価結果について報告する。

2. KU-LINER 工法の概要

ISO11295：2010 にて分類される工法の中で KU-LINER 工法は密着管を用いたライニング（断面変形あり）に分類される。（図-1）

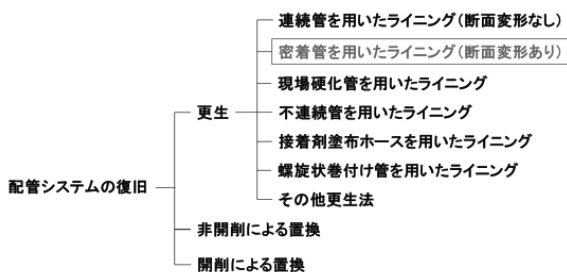


図-1 更生工法の分類

KU-LINER 工法は呼び径 100 から 400 の管路を対象としており、（図-2）に示すように高密度ポリエチレン PE100 のライナーをドラムから更生対象管路内に引込み、水蒸気の熱と空気圧で加熱、拡径することで老朽管路を更生する工法である。（図-3）

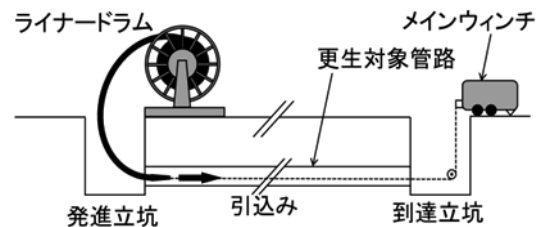


図-2 ライナー引き込みイメージ

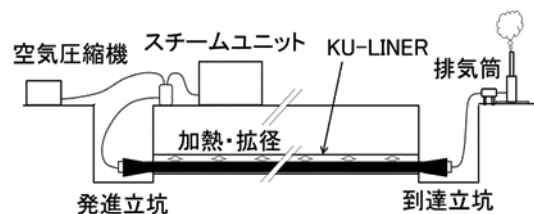


図-3 加熱、拡径装置配置図

KU-LINER は形状記憶性を有する熱可塑性プラスチックであり、ライナーの製造工場にて真円断面に成形した後、冷却する前に真円断面の一部を押し込み、ハート形に縮径している。（図-4）これを更生対象管路内にて水蒸気で加熱し、空気圧で内面を加圧することにより、既設管と密着させて、管路を形成する。（図-5）



図-4 ライナー製造方法



図-7 ライナードラム

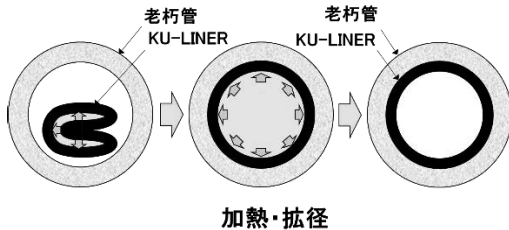


図-5 加熱・拡張イメージ

3. 模擬管路試験

(1) 模擬管路の仕様

模擬管路を(図-6)に示す。既設管の主要管材にはK形φ350ダクタイル鋳鉄管(1種)モルタルライニング管を使用した。管路長は18mとし、模擬管路には22°1/2(R1600)のダクタイル鋳鉄曲管を2ヶ所使用したS字部を設けた。更生材には呼び径350, SDR17(外径340mm, 管厚21.3mm)を使用した。

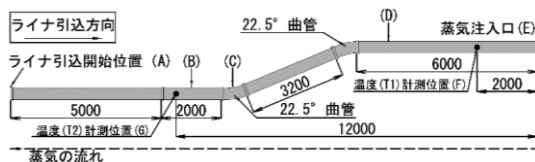


図-6 試験管路

(2) 模擬管路試験の概要

試験はドラムに巻かれたKU-LINER(図-7)をウィンチにて模擬管路内に引込み、拡張を行った。今回は、引込時ライナーの回転、拡張後のライナー内部状況、直管部引張強さ及び、曲管部のライナー寸法(外径, 管厚)確認を行った。

(3) 試験結果

1) 引込時ライナーの回転

(図-6)中のA部からライナーを引込み、各点を通る際にライナーが回転しているかを目視にて確認した。なお、回転の有無については、ライナーの折り込み位置を基準とし、B~D部は事前に模擬管路に穿孔したφ100の点検孔から確認した。確認結果を(表-1)に示す。

表-1 引込時ライナーの回転

		位置(m)	ライナーの向き	
引込み開始位置から	A部	0.0		
	B部	6.3		
	C部	8.0		
	D部	14.1		
	E部	18.0		

ライナーはバンド部を通過する直前（B部）で反時計回りに45°程度回転し、バンド部通過後（C、D部）には更に45°程度回転することを確認した。しかし、引込みが完了する位置（E部）にライナーが到達すると回転は元の向きに戻っていた。これは、引込みが容易になるように管路の形状に従ってライナーが回転したと考えられる。

2) 拡径時ライナー温度

拡径時におけるライナー管頂の表面温度は、(図-6)中のF部にて最大で80.1(T1)となり、G部では62.3(T2)となった。このことから、蒸気注入しているE部の温度が高くなる傾向であることが分かった。(図-8)

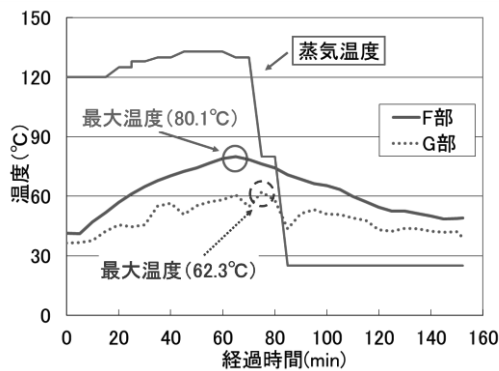


図-8 拡径時ライナー温度

実際の管路では管路長が長くなるのが想定でき、管路の両端では更に大きな温度差になると考えられることから、ライナー拡径においては管路の入口蒸気温度及び出口蒸気温度を管理し、管軸方向のライナー温度差を小さくする必要がありますと考えられる。

3) ライナー拡径状態

管内カメラにより拡径後のライナー内を確認した。(図-9, 図-10)ライナー内面全体において、しわ等の異常は確認されなかった。また、曲管部分においても拡径不良は認められなかった。

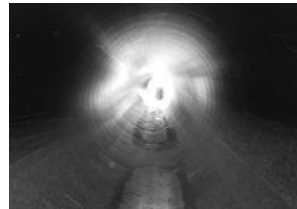


図-9 直管部内面状態

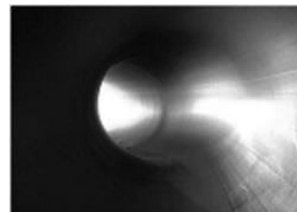


図-10 曲管部内面状態

2) 拡径時ライナー温度, 3) ライナー拡径状態の結果より、ライナーに20°C近い温度差があっても問題なく拡径できることが分かった。

4) ライナー管厚・外径

B部（直管部）及びC部（曲管部）の拡径後の管厚測定位置と寸法測定結果を(図-11), (表-2)に示す。(図-11)はライナーの引込方向を向いた時の断面である。管厚はC部（曲管部）の方が平均で0.4mm薄かった。これはC部の平均外径が僅かに大きいことが原因だと考えられる。また、C部の管厚を見ると屈曲部背面に位置する測定位置3と4の管厚が薄くなっていたが、許容差を下回ることはなかった。

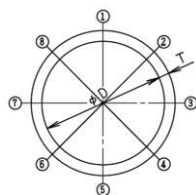


図-11 拡径後の寸法測定位置

表-2 拡径後ライナー管厚 (mm)

測定位置	管厚		外径	
	B	C	B	C
	規定管厚：21.3 許容差：+2.3, -0		規定外径：340 許容差：規定無し	
1	22.2	21.7	340.1	346.8
2	21.8	21.6	340.8	347.6
3	22.2	21.3	336.3	331.2
4	21.5	21.3	338.2	340.0
5	21.9	21.5		
6	22.0	21.7		
7	22.1	21.8		
8	21.9	21.6		
平均	22.0	21.6	338.9	341.4

5) ライナーの引張強度

拡径前後の直管部のライナーを用いて引張試験を実施した結果を（表-3）に示す。

表-3 引張試験結果

試験片		引張強さ (MPa)	弾性率 (GPa)
拡径前	1	21.8	1.29
	2	22.4	1.27
	3	23.2	1.24
	4	22.6	1.14
	5	22.0	1.32
	平均値	22.4	1.25
拡径後	1	21.3	1.26
	2	20.9	1.23
	3	23.2	1.36
	4	23.1	1.27
	5	23.2	1.28
	平均値	22.3	1.28
基準値		20 以上	0.82以上

試験は JIS K 7161 に準拠し、弾性率測定時は試験速度を 1mm/min, 引張強さ測定時は 5mm/min とした。引張強さ、弾性率ともに試験値のバラツキは小さく、全ての試験片でそれぞれの基準値を満たすことを確認した。また、拡径前後での顕著な変化がない結果ことも分かった。

4. まとめ

KU-LINER 工法の曲管部品質評価を実施した結果、以下のことが分かった。

- ・ライナー引込時、曲管部分では引込みが容易になるようにライナーが周方向に回転する。
- ・管路の入口と出口ではライナー温度に差が発生するため、蒸気加熱時には管路の入口と出口それぞれの蒸気温度を管理し、管軸方向のライナー温度差を小さくする必要がある。
- ・22° 1/2 の曲管部分が管路内に存在してもしわや拡径不良は発生しなかった。
- ・屈曲部背面でも規定管厚を下回ることはなかった。
- ・引張強さ及び弾性率は基準値を上回った。

今後は、材質の安定性や曲線部の追従性などを特長としつつ、圧力管路向け更生工法として普及を目指し、ストックマネジメントに貢献できるよう努める。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大な助言を賜りました国立大学法人 茨城大学農学部毛利栄征教授並びに国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 主任研究員 有吉充氏に感謝いたします。