

## 水道用大口径管路におけるモルタルライニングの実績と評価

阪神水道企業団 正会員 道清 圭策  
 阪神水道企業団 片山 喜策  
 阪神水道企業団 幸 英量

### 1. はじめに

阪神水道企業団は、淀川より原水を取水し尼崎市内にある2箇所の浄水場を経て阪神間4市（神戸市・尼崎市・西宮市・芦屋市）に浄水を供給する用水供給事業体である。取水から、導水、送水、配水に至る管路総延長は約191kmとなっている。創設事業（昭和10年代）では、鑄鉄管や遠心力鉄筋コンクリート管を主に布設してきたが、当時の鑄鉄管は無塗装であり、赤水や流速係数の低下が見られた。昭和20年代後半より直管にモルタルライニングが施されるようになり、第2期事業（昭和25年～）の途中から赤水防止のためモルタルライニング鑄鉄管を採用した。これまでに導送配水管において鑄鉄管、ダクティル鑄鉄管、鋼管（主に更生工事の現場施工）のそれぞれに採用してきている。今回、これらのモルタルライニングの実績と評価について報告する。

### 2. 内面防食方法の実績

阪神水道企業団では、創設事業で鑄鉄管や遠心力鉄筋コンクリート管などを布設し、第2期事業から、ダクティル鑄鉄管、鋼管を採用し、平成13年までに4回の拡張工事により管路を構築してきた。モルタルライニングは、約113kmにおよび、主に送配水管と導水管の一部に採用しており、トンネルやコンクリート管を除くと延長で約78%の施工となる。表-1に内面ライニング経歴を示す。

表-1 内面ライニング経歴

	施工時期	管種	内面ライニング方法	対象水
創設事業	昭和12～16年	鑄鉄管	無塗装	浄水
		コンクリート管	-----	浄水、原水
第2期事業	昭和25～31年	ダクティル鑄鉄管	モルタルライニング	浄水、原水
		鑄鉄管	モルタルライニング	浄水、原水
		鋼管	コールタールエナメル	浄水
		コンクリート管	-----	浄水、原水
第3期事業	昭和33～39年	ダクティル鑄鉄管	モルタルライニング	浄水、原水
		鋼管	メタルラス張コールタールエナメル	浄水、原水
		コンクリート管	-----	浄水、原水
第4期事業	昭和39～46年	ダクティル鑄鉄管	モルタルライニング	浄水、原水
		鋼管	メタルラス張コールタールエナメル	浄水、原水
		コンクリート管	-----	浄水、原水
第5期事業	昭和55年～	ダクティル鑄鉄管	モルタルライニング	浄水、原水
		鋼管（H3～）	モルタルライニング	浄水
		鋼管（S55～H1）	タールエポキシ樹脂塗装	原水
		鋼管（H1～H2）	液状エポキシ樹脂塗装	原水

### 3. モルタルライニングの特徴

モルタルライニングの特徴として以下に示す。

- 1)水酸化カルシウムによりpHは10以上に上昇し、不溶性の被膜を生じ防食効果が得られる。
- 2)セメントのアルカリ分が溶出してpHを上昇させることがある。
- 3)ライニングの厚みにより圧縮強度の高いモルタルのアーチ効果が発揮され、管体の補剛効果や漏水防止効果が得られる。
- 4)モルタル材料は化学物質を含まないため安全性に優れている。

キーワード：モルタルライニング、ダクティル鑄鉄管、劣化調査、中性化

連絡先：〒658-0073 兵庫県神戸市東灘区西岡本3-20-1 tel.078-431-2142 fax.078-431-2695

#### 4. モルタルライニングの調査

モルタルライニングの評価として、第2期及び第3期事業で布設したダクティル鑄鉄管を試験体に用いて中性化判定、成分分析、深さ方向の劣化状況、Ca、O、Fe、Siの分布状況、圧縮強度の推定を行った。なお、第2期事業で布設した管は、日本において初めてのダクティル鑄鉄管であり、世界においても最初の大口径ダクティル鑄鉄管である。表-2に試験体の概要、表-3に調査結果を示す。

表-2 試験体の概要

	管種	口径	製造年	経過年数	用途
No.1	ダクティル鑄鉄管 K型 直管	1,000mm	昭和37年	40年	送水管
No.2	ダクティル鑄鉄管 K型 直管	1,200mm	昭和38年	39年	送水管
No.3	ダクティル鑄鉄管 A型 直管	1,350mm	昭和29年	48年	導水管

表-3 調査結果

項目	調査方法	調査結果
中性化判定	・ 断面にフェノールフタレイン溶液を塗布	・ 上層より約30～40%程度が中性化 ・ 一部に50%程度の中性化
成分分析	・ 強熱減量、酸不溶分、酸可溶分、酸可溶分中のCaO割合を分析 (ポルトランドセメント分析方法に基づく)	・ 上層部でCaOが低下 ・ No.3試験体は、全体的に減少量が小
深さ劣化状況	・ 蛍光X線元素分析により、CaO/SiO <sub>2</sub> を計量しモルタルのCaO/SiO <sub>2</sub> 比からセメントの溶出挙動について検討	・ 上層部でCaO/SiO <sub>2</sub> が低下
Ca,O,Fe,Si分布状況	・ 走査電子顕微鏡にてモルタルライニングの断面を観察 ・ 電子マイクロアナライザーにて、Ca,O,Fe,Siの分析、各元素分布を調査	・ 表層付近でCaの濃度が低下 ・ 若干の空隙Si及びOの濃度が高い部分有 ・ 少量のFeが存在
圧縮強度	・ シュミットハンマーにより、圧縮強度推定	・ 上層部は低い値 ・ 中層部は十分な値

#### 5. 考察

今回調査したモルタルライニングは、それぞれ上層部に中性化やCaOの低下が見られ、圧縮強度も低下しており、深さ方向の劣化状況や元素分布からも同様の結果が得られた。これらは、水中へのCaの経年溶出によるものと考えられる。また、元素分布においてFeの存在は、元々モルタルの成分としてモルタル中に含有するもの、及び経年的に発生したと思われる錆がモルタルに浸透したのと考えられる。中層及び下層においては各解析結果において健全な状態を保持していた。

#### 6. おわりに

阪神水道企業団では、これまでモルタルライニングの損傷に起因する水質事故や管体の腐食などは見られていない。ちなみに、平成9年度に施工したモルタルライニング工事では、第2期事業で布設した鋼管の内面において、コールタールエナメル塗装部の殆どの部分に錆、亀裂、剥離等が見られた。とりわけ現地塗装部ではその傾向が顕著であった。また、20年以上経過したタールエポキシ樹脂塗装においては、全体にまばらではあるが発錆が見られ、特に溶接部の現地塗装に腐食が多く見られた。今回モルタルライニングを調査した結果、上層部において中性化や圧縮強度の低下が認められたが、約50年間の長期使用にもかかわらず十分な性能を保持しており、これまで採用してきたモルタルライニングの長所を実証するものであった。現在、ダクティル鑄鉄管はモルタルライニングとエポキシ樹脂粉体塗装、鋼管においてはモルタルライニング（現地塗装）を採用している。今後、鋼管における現地モルタルライニング、エポキシ樹脂塗装やエポキシ樹脂粉体塗装について評価を行いたいと考えている。