

塩害劣化した RC 暗渠に管路更生工法を適用した場合の鋼材腐食環境の改善効果について

鹿児島大学大学院 学生会員 ○阿久根航, 矢野智大, 長井信也
 鹿児島大学 正会員 審良善和, 山口明伸, 小池賢太郎
 積水化学工業 (株) 非会員 吉峯翔太

1. 目的

管路更生工法とは、化学的侵食による劣化や鋼材腐食の顕在化等により老朽化した暗渠に対する補修工法である。暗渠の内側に硬質塩化ビニル製の更生管（以下、プロファイル）を製管し、既設暗渠とプロファイルの間に特殊裏込め材（ポリマーセメントモルタル）を充填することにより、断面回復するとともに、構造性能の改善が期待される。最近の事例として、塩害が想定される雨水路の補修にも適用されており、プロファイル設置による暗渠中鋼材の腐食環境が改善されると期待されている。しかしながら、この効果の定量的な評価には至っていない。また、本工法による補修の際に塩分を含むかぶりコンクリートの除去や鋼材付近の除塩を行わないため、暗渠の再劣化も懸念される。そこで、本研究では管路更生工法の腐食環境改善効果について定量的に評価することを目的とし、本工法が適用された実暗渠における腐食モニタリング調査を実施した。

2. 管路更生工法が適用された実暗渠の腐食調査の概要

対象となる暗渠は写真 1 に示すように海岸に繋がっており、潮汐の影響により海水が流入するため、塩害による劣化が顕在化した施設である。調査対象施設は、中央の隔壁により 2 室に分かれたボックスカルバート構造である。腐食のモニタリング調査は、河口付近に位置する暗渠下流部（以下、下流部）および下流部から 800m 離れた場所に位置する暗渠上流部（以下、上流部）で実施した。写真 2 (1) に下流部の測定箇所を示す。測定箇所は、河口から暗渠の上流側に向けて左側壁 (A)、右隔壁 (B)、右頂版 (C) および右側壁 (D) の 4 箇所とした。施工時に鉄筋と接続させたリード線を 1 箇所準備し、測定箇所には写真 2 (2) に示すようにプロファイルに窓を設けることで腐食モニタリングを可能とした。次に、上流部の測定位置および施工前の外観を写真 3 に示す。補修前に浮きや剥離が生じていない側壁は、はつり処理を行わず補修を行った（以下、未処理部 (写真 3 (1)))。ひび割れや浮き・剥離が発生している側壁に関しては、写真 3 (2) のように浮き部を鉄筋表面まではつりを行った（以下、はつり部）。各々の位置に対して、腐食モニタリングを実施するために、管路更生工法の施工前に写真 3 に示すように鉛照合電極および対極 (MMO 電極) を埋設した。

3. 測定項目

3.1 自然電位

下流部は測定窓を開放し、部材表面から飽和銀塩化銀電極を用いて測定した。上流部は埋設した鉛照合電極により測定した。測定結果は、表 1 に示す腐食判定基準に準拠し評価した。

3.2 腐食速度

下流部では、2 周波交流抵抗法により分極抵抗測定を行い、K 値を 0.026V として腐食速度を算出した。測定周波数は 10Hz および 20mHz とし、交流電圧は 10mV とした。上流部では、多周波交流抵抗法による分



写真 1 対象施設



(1) 測定箇所



(2) 測定窓

写真 2 下流部の測定箇所



(1) 未処理部



(2) はつり部

写真 3 上流部の測定箇所

表 1 ASTM C 876 の腐食判定基準

自然電位, E (mVvs.CSE)	腐食確率
E > -200	90%以上の確率で腐食なし
-200 ≥ E > -350	不確定
E < -350	90%以上の確率で腐食あり

表 2 CEB 基準による腐食速度

腐食速度 (μA/cm ²)	腐食速度の程度
<0.1 ~ 0.2	不活性
0.2 ~ 0.5	低 ~ 中速
0.5 ~ 1.0	中 ~ 高速
1.0 <	高速

極抵抗測定を行い、腐食速度を算出するとともに、カソード分極試験を実施し、ターフェル外挿法により腐食速度を求めた。多周波交流抵抗法の測定周波数は1kHz~10mHz, 交流電圧は10mVとした。K値は0.026Vである。分極抵抗を用い腐食速度を算出した。カソード分極試験の測定はガルバノスタットを用い、電位制御で0.01~10mAの範囲でマイナス方向に分極させた。腐食速度の判定は表2を用いた。

4. 試験結果および考察

図1に下流部の自然電位の経時変化を、図2に下流部の腐食速度の経時変化を示す。自然電位の結果では、各測定箇所で-350mVより卑な値を示し、コンクリート中の鋼材は「腐食あり」と判定される状態である。

(C) 右頂版のみ「腐食あり」と判定されるものの、経過3年以降、電位が貴化する傾向がみられている。暗渠内の水位は頂版に達していないことが確認されているため、この電位の貴化は、頂版のコンクリート内部が徐々に乾燥しているのではないかと推察される。一方、右隔壁は経過3年以降急激に卑化する傾向を示した。腐食速度は各測定箇所3年経過後に徐々に低下し、4~6年の傾向は、「低速」または「不活性」と判定される値で推移している。これは、管路更生工法の適用により腐食環境が改善したためであると考えられる。

次に、図3に上流部の自然電位の経時変化、図4および図5にカソード分極試験およびインピーダンス試験によって求めた腐食速度の経時変化を示す。自然電位について、未処理部では「腐食あり」と判定された。これは下流部の側壁と同様な傾向を示している。一方、はつり部は、施工直後から徐々に電位が貴化し、1.5年以降「腐食不確定」と判定される電位まで回復している。この電位の貴化は、はつりによる効果であると予想される。腐食速度の結果について、カソード分極試験の結果では、各測定箇所腐食速度が低下する傾向にあった。これより、鋼材付近の酸素は減少傾向にあると予想される。多周波交流抵抗法による測定結果も同様に腐食速度が低下する傾向にあった。各試験における腐食速度の結果より、本工法の施工から1年程度で腐食速度が低下し、それ以降は同程度で推移している。下流部の結果からも、管路更生工法の施工後3年程度は同程度の腐食が進行しているものと予想されるため、はつりの有無による腐食環境の変化については、今後のモニタリング調査より評価する必要がある。

5. まとめ

本研究では、塩害環境下における管路更生工法適用後の腐食環境改善効果について評価を行った。その結果、プロファイルを設置することで、酸素や塩化物イオン等の腐食因子の供給が遮蔽され、経年的に腐食速度の低減が見込まれると予想される。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会：委員会報告書，物理化学的解釈に基づく電気化学的手法の体系化に関する研究委員会，pp. 95-119,2015

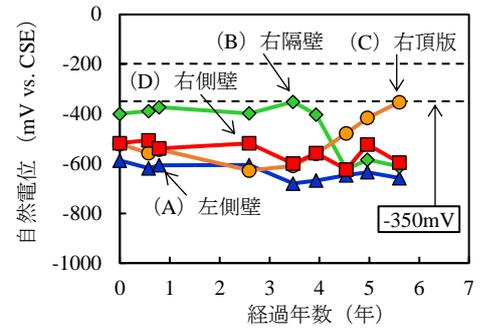


図1 自然電位測定結果 (下流部)

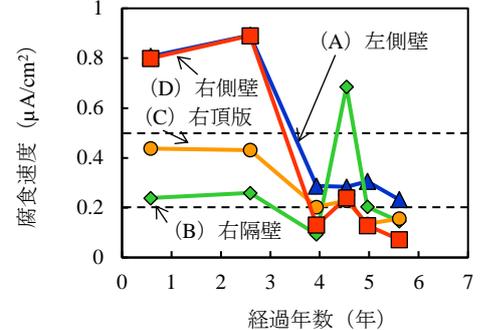


図2 腐食速度の経時変化 (下流部)

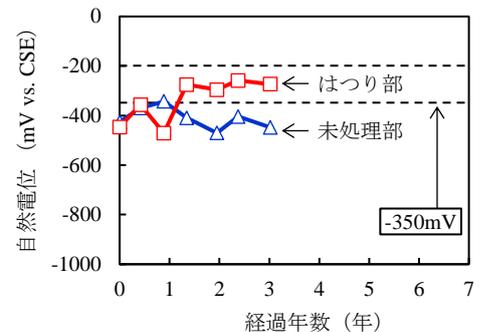


図3 自然電位の経時変化 (上流部)

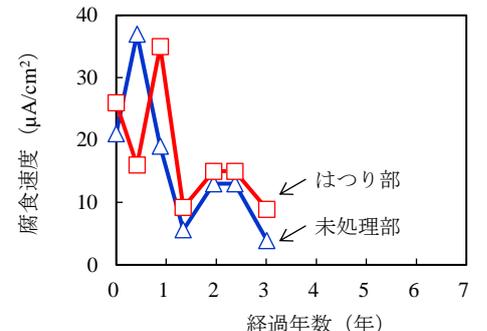


図4 腐食速度の経時変化 (上流部)

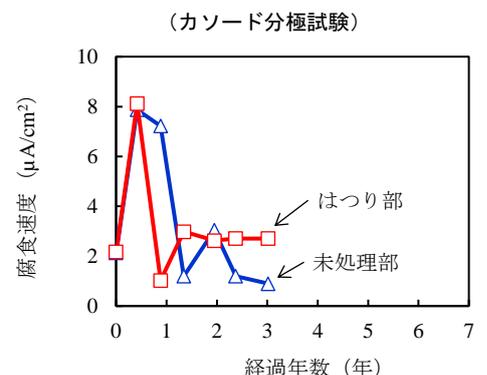
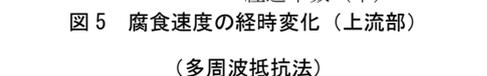


図5 腐食速度の経時変化 (上流部)

(カソード分極試験)



(多周波抵抗法)