

塩害環境下における管路更生工法の防食性評価

鹿児島大学 正会員 ○阿久根 航
鹿児島大学 正会員 審良 善和
鹿児島市水道局 非会員 大庭 義文
非会員 坂元 哲史

1. 目的

現在、化学的侵食による劣化や鋼材腐食の顕在化等による下水道施設全体の老朽化が進展し、地盤沈下・道路陥没の発生が問題視されている。このような施設に対して、管内側に硬質塩化ビニル製のプロファイルを製管し、既設管とプロファイルの間にモルタルを充填することにより断面回復するとともに、構造性能の改善および耐震化などが期待される管路更生工法がある。元来、化学的侵食が顕著に表れる下水道施設に適用される工法であるが、最近では、塩害が想定される雨水路の補修にも適用されており、管路更生による鋼材腐食の原因物質の抑制も期待されている。しかしながら、本工法による腐食環境改善効果の定量的な評価には至っていない。本研究では、管路更生工法の防食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現地腐食調査を実施した。

2. 管路更生工法が適用された実暗渠の腐食調査の概要

管路更生工法が適用された実暗渠において腐食のモニタリング調査を実施した。対象の暗渠は海岸につながっており、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。腐食のモニタリング調査は、暗渠下流部（以下、下流部）および暗渠上流部（以下、上流部）において実施した。写真1（1）に下流部の測定箇所を示す。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造である。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1（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。なお、いずれの測定箇所もはつり作業を行っていない。次に、上流部の測定位置および施工前の外観を写真2に示す。ひび割れや浮き・剥離が発生している箇所（右側壁（B））に関しては、浮き部を鉄筋表面まではつりを行った。右側壁（A）は浮きが生じていなかったため、はつりは行っていない。はつり箇所については著しい腐食を確認した。それぞれの位置に対して、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2に示すように鉛照合電極および対極（MMO 電極）を埋設した。

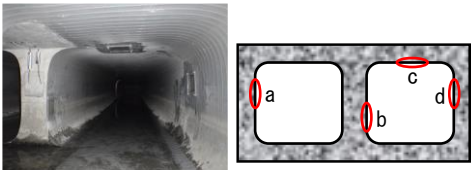
3. 測定項目

3.1 自然電位

下流部の自然電位の測定は測定窓を開放し部材表面から実施した。

キーワード SPR 工法, 暗渠, 塩害, 鋼材腐食, 自然電位, 腐食速度

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学大学院海洋土木工学プログラム



(1) 測定箇所



(2) 測定窓

写真1 下流部の測定箇所



A 点(未処理部) B 点(はつり部)

写真2 上流部の劣化状況

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 (μ A/cm ²)	腐食速度
<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

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

下流部の測定は2周波交流抵抗法により実施した。測定周波数は10Hzおよび20mHzである。上流部の測定は多周波交流抵抗法およびカソード分極試験により実施した。多周波交流抵抗法の測定周波数は1000Hz～10mHzである。ナイキスト線図から求めた分極抵抗を用い腐食速度を算出した。また、カソード分極試験は、マイナス方向に300mV程度分極させ、ターフェル外挿法により腐食速度を求めた。なお、腐食速度の判定は表2を用いた。

4. 試験結果および考察

下流部の結果について、図1に自然電位の経時変化を、図2に腐食速度の経時変化を示す。自然電位の結果については各測定箇所では-350mVより卑な値を示し、コンクリート中の鋼材は「腐食している」と判定された。腐食速度は各測定箇所ですぐに低下し、「低速」または「不活性」と判定される値まで推移している傾向にある。これは、管路更生により腐食環境が改善したと考えられる。

次に、上流部の結果を示す。図3に自然電位の経時変化を、図4および図5に交流抵抗法および外挿法によって求められ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(A)では、「腐食あり」と判定された。これは下流部の右隔壁と同様な傾向を示している。一方、はつり部(B)は、施工直後から貴化し、900日時点で「腐食未確定」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。次に、腐食速度の結果について、図4、図5から、はつりを行っていないA点では腐食速度が低下または同程度で推移している傾向にある。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、今後の結果を確認する必要がある。一方、B点では自然電位の貴化とともに腐食速度が若干低下する傾向にあった。これは、明らかにはつりによる効果である。しかし、900日時点では、A点の腐食速度がB点と比べやや低い結果となった。そのため、はつりによる防食効果については、今後の腐食速度の挙動を把握する必要がある。

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性の定量的な評価を行った。この結果、プロファイルによる断面補修により、酸素や塩化物イオン等の腐食因子の供給を遮蔽することで、経年的に腐食速度の低減が見込まれると予想される。また、腐食が著しく、浮き等が発生している箇所について、かぶりコンクリートをはつり、管路更生工法を施工したことで発揮される防食効果については、今後引き続きモニタリング調査を行い、測定結果を基に評価していく。

参考文献

・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，pp95，pp119，2015.9.7

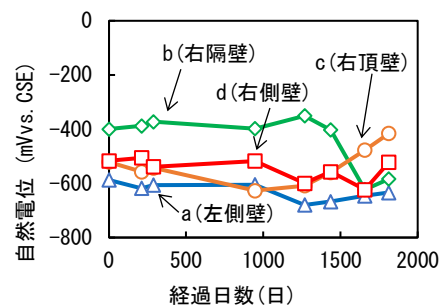


図1 自然電位測定結果

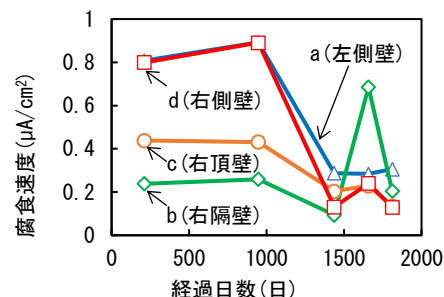


図2 2周波交流抵抗法測定結果

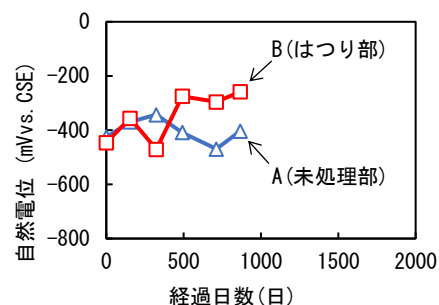


図3 自然電位測定結果

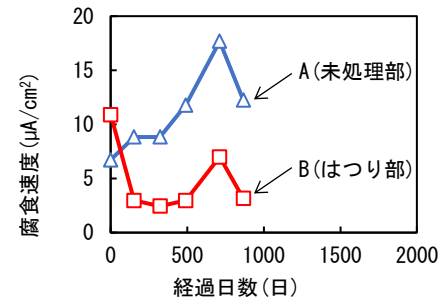


図4 多周波交流抵抗法測定結果

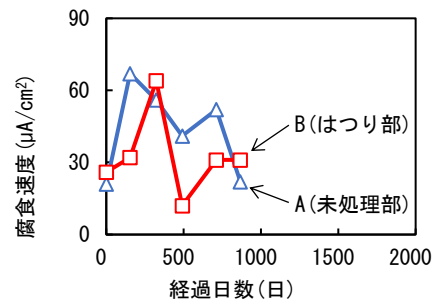


図5 カソード分極試験結果