

腐食の発生している鋼構造物の 肉厚測定について —北千葉導水路管の試行—

丸山 晃人¹

¹関東地方整備局 利根川下流河川事務所 管理課 (〒287-8510 千葉県香取市佐原イ4149) .

毎年度、北千葉導水路の点検において、管内面に腐食（発錆等）が確認されており、補修を実施している。経年的に腐食が進行しており、全体的に拡大しつつある。また、表面から確認できない塗膜下の腐食の進行や、管路の外側の腐食が懸念される。そのため、管路を破壊することなく、効率的に腐食度合いを計測できる新技術の適用可能性について検証を進めているところであり、本稿では、新技術の試行について報告するものである。

キーワード 北千葉導水路、鋼構造物、埋設管、腐食、肉厚測定

1. 北千葉導水路の概要

(1) 北千葉導水路について

北千葉導水路(図-1)は、利根川下流部(千葉県我孫子市)と江戸川(千葉県松戸市)を約28.5kmの人工水路で結ぶ流況調整河川であり、①首都圏への都市用水供給、②手賀沼水質改善、③坂川・手賀沼流域の内水排除を目的として、2000年3月に整備（完成）した。年間300日以上運用され利用頻度の高い施設である。

(2) 導水路管について

北千葉導水路管は、大部分が地下2.6m以深に埋設された内径3.2mの鋼製管路2条で構成され(図-2)、埋設区間はリブ付き鋼管、シールド区間は内巻鋼管である。いずれも敷設時の肉厚は14mmで十分な塗覆装を行うこととして腐食代は見込まれていない。また、管の内面は、発錆等防止のためにタールエポキシ樹脂塗装0.5mm、埋設管外面にはアスファルトビニロンクロス巻塗装5.5mm以上の塗装が施されている。



図-1 北千葉導水路

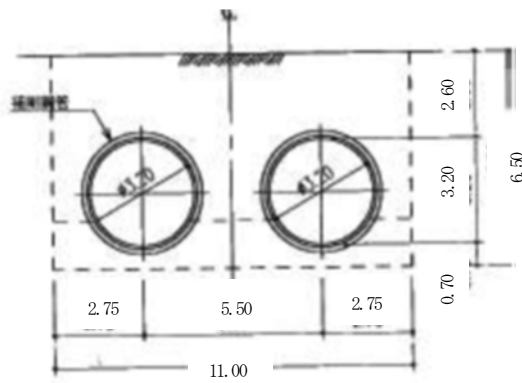


図2 北千葉導水路管 構造図

2. 北千葉導水路の点検・補修

東日本大震災後の管内施設の点検・調査を契機として、2013年度（施設完成後13年）に施設の健全度の確認を目的とした管路内の点検を実施したところ、管路内面に多数の腐食が確認されたため、2016年3月に北千葉導水路長寿命化計画を策定し、施設の長寿命化に取り組んでいる。

(1) 点検について

2013年度以降、北千葉導水路を6工区に分けて、毎年1工区毎に点検を実施しており、現在、2巡目の調査・点検を行っている。主に目視により管路内の腐食状況（箇所の確認、浸食深さの計測等）等を点検している。

(2) 補修について

腐食状況を以下の5段階に分類し、段階毎に補修方法を決めている(表-1)。

- ①塗膜ふくれ：経過観察
- ②塗膜割れ～③腐食：周辺も含めて3種ケレンを行い無溶剤形エポキシ樹脂（厚さ0.5mm以上）にて塗装を実施。
- ④孔食：3種ケレンを行い塗装用パテにて穴埋めを行い無溶剤形エポキシ樹脂（厚さ0.5mm以上）で塗装を実施。
- ⑤貫通孔：金属用パテにて貫通孔を塞ぎ鋼板（厚さ4mm以上）であて板を溶接で接合しその上から無溶剤形エポキシ樹脂（厚さ0.5mm以上）にて塗装を実施。

3. 点検・補修における課題

鋼構造物は腐食をいかに防止し、いち早く腐食を発見し、適切な対処を行うことが重要である。北千葉導水路では点検・補修において以下の事項が課題となっている。

①江戸川への都市用水の供給及び手賀沼への浄化用水の注水を継続しながら、点検・補修を行うため、点検・補修の時期・期間の制約がある。

②目視による点検では小規模な膨れなど発錆に繋がる塗膜劣化の兆候等を把握することは困難である。

また、塗料下の腐食状況を確認する場合には塗料を剥がす必要があり、補修面積を増加させることになる。

表-1 腐食状況に応じた補修方法

北千葉導水路(管路)長寿命化計画 点検・補修計画				
対応区分	健全度	劣化現象	補修方法	
経過観察		塗膜ふくれ		
予防保全段階	A	塗膜割れ (発錆) 腐食深さ1mm未満		補修塗装(無溶剤形エポキシ樹脂) 厚さ500μm以上(0.5mm以上) 素地調整(3種ケレン)
	B	腐食 (板状・覆層状) 腐食深さ3mm未満		塗装用エポキシ樹脂 塗料(検目網等使用)
	C	孔食 (錆ぶ) 腐食深さ3mm以上		補修塗装(無溶剤形エポキシ樹脂) 厚さ500μm以上(0.5mm以上) 素地調整(3種ケレン)
緊急補修段階	D	貫通孔 (漏水)		補修塗装(無溶剤形エポキシ樹脂) 厚さ500μm以上(0.5mm以上) 当て板(厚さ4mm以上) 溶接部

③人力の補修作業となるため補修作業に時間を要する。2巡目の点検では1巡目の点検に比べ、管路内面の補修必要箇所が全体的に増加しており、経年的に腐食が進行している。

④管路が埋設されており、管路外面の劣化や腐食等の状況を確認できず、管路外周の健全度を把握することができない。

4. 極低周波磁気センサ (ELECT)

上記課題の解決に向け、新技術 (SIPによる開発技術) である。極低周波磁気センサ (ELECT) による鋼管肉厚測定を試行し、適用可能性について検証を行った。

(1) 極低周波磁気センサ (ELECT) の原理

本測定に用いた極低周波磁気センサ (Extremely Low-Frequency Eddy Current Testing : 以降ELECT と略す) は、塗装や錆を除去する前処理を必要とせず、リフトオフ (鋼材表面とプローブが離れた状態) がある状態でも肉厚を測定することができる利点を有しており、測定能率の向上、時間短縮化が期待される。従来の超音波 (Ultrasonic Testing : 以降UT と略す) による肉厚測定では、表面の腐食生成物や塗膜等を除去する必要がある。ELECTを用いることで、鋼材表面の情報のみならず、表面下深部の情報を得ることが可能となる。

(2) ELECT の装置構成

ELECT の装置は図-3のように測定プローブと装置本体、制御用ノートPC で構成される。装置本体とノートPC のバッテリーで駆動するため、電源を用意する必要は無い。測定値は鋼材の磁気特性 (鋼種、成分、熱処理状況) により変化するため、肉厚が既知のサンプルを用いてキャリブレーションを行う必要がある。今回の測定では、既存の測定方法であるUTによる肉厚測定値とELECTによる測定値を比較し、誤差を確認した。測定状況を写真-1に示す。

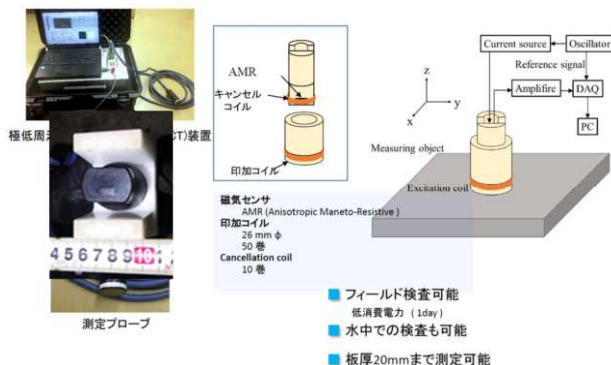


図-3 ELECT の装置構成



写真-1 ELECT での測定状況 (1A-6)

5. ELECTの試行方法

(1) ELECT の試行概要

北千葉導水路第一導水路区間において、管路が健全な箇所と劣化が見られる箇所について試行を行った。

a) 健全箇所の測定

・健全部における測定状況の把握を目的として、管路内の目視点検の結果、表面に塗膜ふくれ等の劣化現象がなく比較的劣化が進行していないことが予想される、北千葉導水路第一機場から6km地点 (1A-6) で、肉厚測定を行った。

・測定方法としては、管に対して周方向 (横断方向) に2m幅 (-1000~+1000mm) で25mm ピッチに測定した。また100mm ピッチごとに同一座標で3回測定し、その平均値を測定値とした。ELECT とUTの測定差の把握は1000mmの座標及び、管路敷設時に肉厚を実測している点 (±1675mm) で測定を行った。 (図-4)

b) 劣化箇所の測定

・ELECTの測定面の違いによる測定状況の把握を目的として、表面の塗膜ふくれ、錆等の劣化が見られる箇所である北千葉導水路第一機場から0.75km地点 (1A-0) で、表面の塗膜ふくれ、錆等が肉厚測定へ及ぼす影響を測定することとした。

・健全・塗膜ふくれ・腐食が見られるそれぞれの箇所において、ELECT は同一座標で3回、UTは同一座標で1回測定を行った。 (図-5)

(2) 試行結果

a) 健全箇所の測定

1A-6地点の測定結果のうち、100mmピッチの測定結果を図-4に示す。横軸に周方向座標をとり、管路底面中央を周方向座標0mmとし、下流側に向かって右側をプラス、左側をマイナス座標としている。縦軸には測定箇所の管路肉厚を表している。

図-4よりELECT及びUTともに管路敷設時の管路肉厚と概ね同じ測定結果が得られた。

b) 劣化箇所の測定

1A-0地点の健全・塗膜ふくれ・錆 (腐食) それぞれの

箇所での測定結果を図-5に示す。横軸はUTの測定値、縦軸はELECTの測定値を表している。

健全部と比較し錆の発生箇所は肉厚が小さく、ふくれ部は肉厚が大きくなる測定結果が得られた。

また、一部では目視でも確認できる局所的な肉厚減少部が検出できなかった。

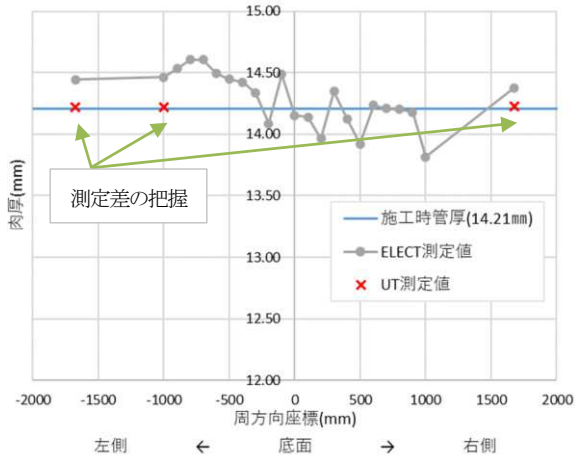


図-4 1A-6(下流側)測定結果

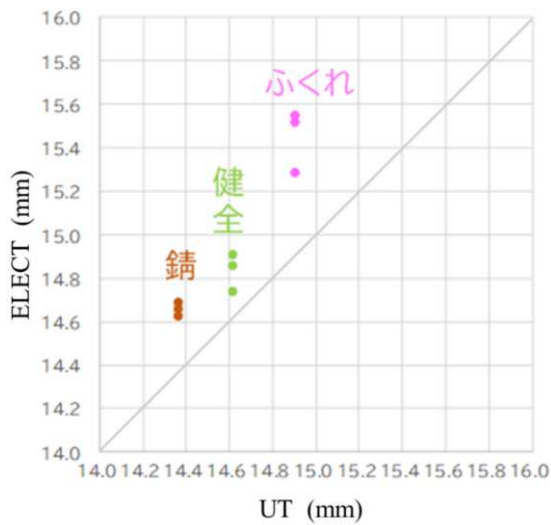


図-5 1A-0 付近 測定結果

(3)課題・考察

a) 健全部の測定

管路敷設時の管路肉厚より小さい測定値となったが、ELECTによる鋼管の肉厚の把握が概ね可能であることが確認できた。ただし、土中部の鋼管の肉厚測定における

補正方法については、今後検証が必要である。

b) 劣化箇所の測定

劣化箇所については、錆(腐食)の発生や塗膜ふくれによる影響により測定値に差が見られた。埋設管のため管路の肉厚を実測できないことから、同様の劣化状況下において、ELECTによる測定および実測値の比較検証が必要となる。また、局所的な肉厚の減少部を検出できなかった点については、プローブの測定面(測定範囲)に対して腐食孔が小さいため、その測定値が測定範囲で平均化されることが原因と考えられる。プローブの小型化や、計測部の高密度化を図ることで、改善できる可能性がある。

c) その他

土中における鋼管では、管外周面の劣化状況を目視で確認することができないことから、管全体の肉厚や劣化状況を面的に把握する技術が求められる。現時点で、ELECTは、点の計測であるため、同時に多点測定ができる装置の開発や測定プローブの自操ロボット化など測定の効率化に向けた検討が必要である。

6. まとめ

本試行から新技術であるELECTにより、埋設された鋼管の肉厚を把握することができることが確認できた。この新技術は、埋設された鋼管以外にも水門や閘門への応用も期待される。

現状では課題もあり、さらなる検証や技術開発が必要である。北千葉導水路での点検の効率化に向け、引き続きELECTの適用について検討を進めていきたい。

7. 最後に

今回の新技術の試行に携わることで、土木業界の技術進歩は1つの新技術の検証だけがそのまま運用・活用に至るわけではなく、複数の技術を組み合わせることで運用・活用になっていく過程を学ぶことができた。これは業務を行う上でも多面的に捉える重要性につながっており、それを経験できる良い機会であった。今回の経験を糧に今後も精進していきたい。

参考文献

1) 北千葉導水路について：

<https://www.ktr.mlit.go.jp/tonege/tonege00046.html> (2021.4.16)