

北千葉導水路における点検・補修の効率化に 向けた取り組み ～導水路の今までとこれから～

田中 延宜・櫻井真一

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)

北千葉導水路は利根川と江戸川を結ぶ地下水路区間を持つ河川であり、運用から25年以上経過している。東北地方太平洋沖地震を契機に開始した点検によって、導水路管内には多数の腐食が確認されたことを受け、その後長寿命化に向けた計画的な点検・補修を導入し取り組んで来ている。

本稿では、計画的な点検・補修の開始から11年が経ち、確認された事象や修繕の効果、また、現在行っている新たな計画的試みについて報告する。

キーワード 北千葉導水路 埋設管 鋼管 長寿命化 地下河川 シールドトンネル

1. はじめに

我が国の高度成長期に整備されたインフラ施設については、急速に老朽化の進行とその対策が懸念されている。国が管理する河川管理施設においては、20年後には建設から40年経過する施設が全体の約9割になると言われており、修繕・更新が集中してしまうため、長寿命化計画に基づく予防保全対策を推進している。

北千葉導水路においても平成28年に長寿命化計画を作成し計画的な予防保全対策を行っており、老朽化対策の参考にしていただくため、これまでの取り組みの経過や効果、課題について報告をする。

2. 北千葉導水路の役割と概要

北千葉導水路とは、利根川と江戸川を結ぶ延長28.5kmの地下水路区間を持つ河川である。①流況調整河川として取水する都市用水が不足する時期に利根川の余剰水を江戸川へ供給、②手賀沼、大堀川、坂川の水質浄化、③手賀川、坂川の内水排除と、3つの役割を持っている。地下水路22.2km、開水路6.3km、総延長28.5kmで構成される導水路と、取排水を行う3つの機場等の関連施設から構成されている。

導水路は、年間300日以上稼働し、運用から約25年以上が経過しており、導水管路や機械設備を主体とする関連施設の老朽化が課題となっている。

本報告では導水路の老朽化とその対策について報告する。

3 北千葉導水路長寿命化計画における点検と補修

北千葉導水路では、平成23年東北地方太平洋沖地震の影響を契機に、平成25年に初めて点検を実施したところ、導水路管内に多数の腐食が確認され補修に着手した。

平成26年度～27年度の2カ年にわたり検討会を実施し、平成28年3月に「北千葉導水路（管路）長寿命化計画」（以下、「長寿命化計画」という）を策定。平成24年度から平成29年度に1巡目の点検補修が完了し、平成30年度から令和5年度に2巡目が完了。さらに、令和6年度から3巡目を実施している。

(1) 腐食対策について

長寿命化計画では、健全度を5段階で判定。うち予防保全を3段階に区分する評価を作成した。予防保全段階として、「健全度A：塗膜割れ（発錆）」「健全度B：腐食」「健全度C：孔食」と判定された箇所は、塗装が剥がれ防食効果が無くなるため、点検により劣化が確認された都度、局部補修として全箇所塗装を実施することとした。また、「健全度D：貫通孔」が発見された場合、漏水になるため緊急補修を行うこととした。

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	補修塗料(無溶剤エポキシ樹脂) 厚さ0.5mm以上、0.5mm以上 発錆抑制(3種ケレン) 補修(設計厚1.4mm)
	B	腐食 (板状・塊状) 腐食深さ3mm未満	腐食抑制(無溶剤エポキシ樹脂) 厚さ0.5mm以上、0.5mm以上 発錆抑制(3種ケレン) 補修(設計厚1.4mm)
	C	孔食 (錆こぶ) 腐食深さ3mm以上	補修塗料(無溶剤エポキシ樹脂) 厚さ0.5mm以上、0.5mm以上 発錆抑制(3種ケレン) 補修(設計厚1.4mm)
緊急補修段階	D	貫通孔 (漏水)	補修塗料(無溶剤エポキシ樹脂) 厚さ0.5mm以上、0.5mm以上 発錆抑制(3種ケレン) 補修(設計厚1.4mm)

図-1 劣化の種類と健全度評価

(2) 点検方法について

利根川下流河川事務所が管理する導水路管の延長が20.6km×2条あり、点検の対象となる。都市用水の導水が多い時期を避けるため、10月～12月という限られた時期に点検と補修を行っている。点検補修対象区間を6工区に分け毎年1工区づつ行っている。点検方法は、まず管路路内の水を抜き管路内に付着したカワヒバリガイを含む、内面付着物を取り払い、除去・洗浄後に、目視により状態把握をし、劣化現象が確認された箇所については、その都度マーキングを行い以下の手順で詳細を調査する。

- ①ピンホール試験（塗膜検査）
- ②連続写真撮影
- ③管路変形測定（たわみや傾斜の測定）
- ④定点板厚測定（管の厚さを測定）

(3) 補修の判断について

補修は、腐食状況から健全度評価（図-1）に沿って分類を行い段階毎に補修の方法を決めている。

塗膜ふくれの段階は経過観察とし、予防保全段階のAまたはBの塗膜割れ～腐食の補修は、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）にて塗装を実施することとしている。Cの孔食の補修は、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）で塗装を実施することとしている。

Dの貫通孔の補修は、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）にて塗装を実施することとしている。なお、貫通孔をに至る腐食が進行し緊急補修を行った実績は現段階では確認されていない。

4. 2巡目までの点検で確認された劣化の特徴

(1) 劣化進行のメカニズム

導水路管（鋼管）の内面は、建設時に鋼材の腐食を防ぐために塗装（タールエポキシ樹脂塗装）で被覆されてい

るが、劣化の反応は鋼材と塗装の境界面で発生し、「塗膜割れ（発錆）」や「腐食」「孔食（錆こぶ）」が広がると、防食性能の低下や板厚の減少「貫通孔」が発生し、力学的安定性に影響を及ぼす可能性がある。そして、図-2のとおり健全度Aを放置し続けると健全度Cに変化すると推測される。

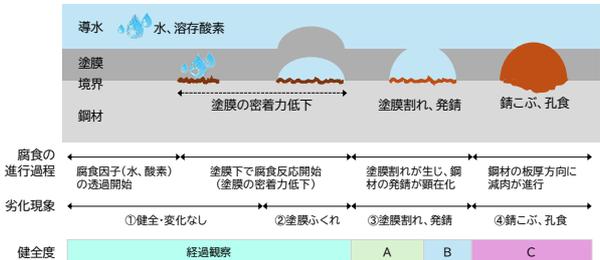


図-2 腐食のメカニズム

(2) 劣化箇所の傾向

これまでの点検を終え、劣化が発生しやすい箇所の傾向が確認された。劣化が集中する箇所は制水弁の周辺や構造物の変化箇所特に建設時の現場溶接箇所周辺に多く発生する傾向が見られ、管路内の管下部に集中していることが多い。これは導水路管敷設工事の管接合に行った現場溶接の溶接スパッタの散布の影響の推定される。

(3) 劣化の傾向

健全度評価から劣化の傾向を整理すると、1巡目の時点では、孔食（錆こぶ）が多い傾向であった。2巡目以降は孔食（錆こぶ）の発生が低減され塗膜割れ（発錆）の発生が多くなっている。さらに塗膜割れ（発錆）の発生状況を詳しく調べたところ、1巡目時点では健全だったところが塗膜割れ（発錆）となったところがほとんどであった。また、1巡目で塗装による被覆が維持されている箇所や塗膜割れ（発錆）で補修を行った箇所からは腐食・孔食に進行したところはほとんど確認されなかった。これにより、1巡目で実施した補修で孔食への進行を押さえる効果があったことが確認出来た。



図-3 孔食（錆こぶ）の減少と塗膜割れ（発錆）の増加

5. 点検・補修に係る施工の現状と課題

前述のとおり、北千葉導水路は出水期や濁水期を避けた10月～12月の3ヶ月で片側条の導水を停止し、点検・

補修を行っている。1巡目では、早期の予防保全として塗膜割れ（発錆）の規模によらず全ての箇所を補修を行っていたが、2巡目では「A：塗膜割れ（発錆）」が3倍以上に増加し、限られた工期とコストで現行の6年（6工区分け）での点検・補修サイクルでは全てを調査し補修する事が困難となった。

また、管路内にはカワヒバリガイが付着している。カワヒバリガイが腐食の進行を早めるといった直接的な影響は確認されていないが、点検を行う際に劣化箇所を目視で確認するためには管路表面を露出させる必要がある。そのため、管路に張り付いたカワヒバリガイの除去をする必要があり、工事工程の約4割をこの管路清掃工に費やしてしまっている。

以上が点検・補修の主な課題となっている。

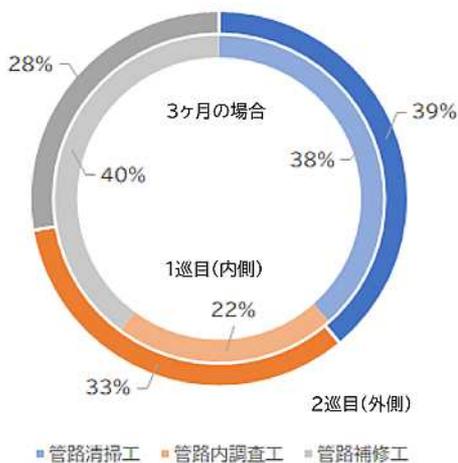


図4 工種別施工日数

6 課題への対応

令和6年度より3巡目の点検を開始したが、前述の課題に対応するため補修計画の見直し案を作成し、長寿命化計画の改定を視野に検証を2巡目から試行に入り進めている。

(1) 「北千葉導水路メンテナンス技術検討会」の設立

長寿命化計画の見直しにあたり、専門家の助言を受けて「北千葉導水路メンテナンス技術検討会」を設立した。

劣化の進行が著しい箇所の特長や劣化の進行速度について、計画的なモニタリング調査を行うと共に新技術活用するなど、これまで以上の効率的な維持管理を目指すものである。

(2) 点検補修サイクルの見直し

6年サイクルを基本とした長寿命化計画としていたが、2巡目の段階で塗膜割れ（発錆）が増加し、補修対象箇所数の大幅増加が見られたことから、点検補修サイクル（補修実施のタイミング）について見直しを図る必要性がある。

(3) 新たな予防保全段階判断基準（案）の作成

1巡目から2巡目にかけては孔食（錆こぶ）の新たな発生が減少し、塗膜割れ（発錆）が増えてはいる。その規模（程度）によらず全てに補修を施すことは現段階では不可能である。従って、塗膜割れの段階を新たに5段階（図-5）に分け、塗膜割れが集中している箇所（腐食面積が0.03%以上）（腐食度Ⅲ～Ⅳ）を補修対象にし、それ以下は、当面は試行的にモニタリング箇所と位置し経過観察とすることとした。



図-5 塗膜割れ評価の細分化

(4) 新技術の導入

北千葉導水路の点検・補修の現場では3カ月間で水を抜き、管渠内を清掃し、点検の実施、補修箇所の抽出、補修、注水を行うという時間的制約があるため、作業の効率化にDXの導入が求められている。そこで、点検・補修の効率化に向けて多様な技術の導入をこころみている。

a) 超高压洗浄機の導入

現場の制約により人力での清掃・除去となっている。そこで、令和5年度は超高压洗浄機（出力245MPa（参考：持ち運び可能な小型超高压洗浄機は約5.0MPa））の試験施工を実施した。結果は、小型の超高压洗浄機ではカワヒバリガイの足糸が残ってしまうが超高压洗浄機の場合、泥やカワヒバリガイの足糸を含めて落とすことが可能だった。但し、課題として、健全な塗膜や塗膜ふくれの進行といった悪影響を及ぼす危険性の検証が出来ず今後も確認が必要となる。

b) AIを使用した点検箇所の検出

「現場ニーズと技術シーズのマッチング」を用いて公募をし、AIによる補修箇所の検出を実証試験している。AIに錆を学習させることにより写真や映像から検出可能とするもので、市販のドローンにより撮影した映像を用いて補修箇所の算出を行っている。また、同時に点群データをとり点群から補修箇所の検出も行っている。

この技術を使用することが出来れば、点検におけるマーキング作業が減り、点検はカメラでの撮影のみとなり

検討へ時間を割くこと出来る。そのため、業務効率化へと繋がる。

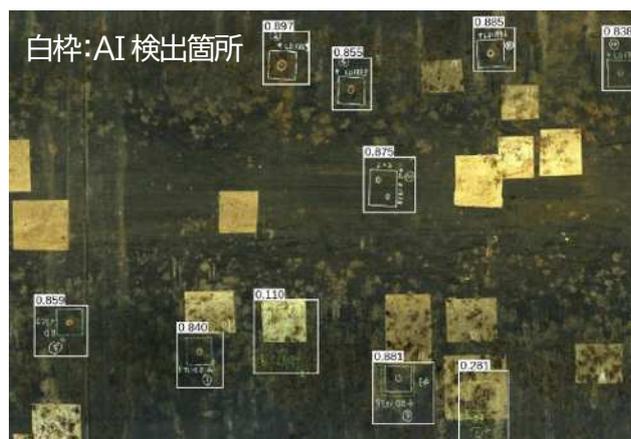


図-6 AIによる塗膜割れの検出

c)ロータリーブラスターの導入

補修時には、発錆を落とすためにディスクライダーの横回転により鋼材の表面を平滑にし、塗装を行っていたが、ロータリーブラスターにする事で縦回転と錆除去を行い鋼材の表面に凹凸が残り塗装材の付着力・耐久性が上がるようにしている。

d)一部区間へシリコン塗装の導入

シリコン塗装とは、船底にも用いている塗装でカワヒバリガイ等の付着物防止効果があるとされている。管路全体へこの塗装をした場合には現状の塗装よりコスト高となる。そのため、2巡目までの傾向でカワヒバリガイの付着が多いところへこの塗装を行い、管路内清掃の時間短縮を試行している。

7. 今後の展望

(1) 長寿命化検討の見直し

令和6年度より、点検・補修が3巡目を迎え、これまでの点検・補修箇所から結果劣化の進行傾向や劣化発生箇所等の特徴整理・分析を踏まえて、「北千葉導水路メンテナンス技術検討会」に助言を受け、より効率的な維持管理方針の作成を進めている。北千葉導水路の大きな利点として、管路が2条あることで片方の管を空にして点検を続けられる点があると考えられる。しかしゆくゆくは、毎年点検や全区間点検では無く数年に1度の点検と補修に移行し、維持費の削減をしていきたい。そのためには、さらなるデータの蓄積をし、腐食が発生しや

すい箇所や補修施行の最善のタイミングをつかむ必要がある。

(2) 新技術活用による効率化

現在、現場制約上ほとんどの点検・補修を人力で実施し、かつ工期も3ヶ月という制約の中で作業をしている。特に、補修工事でカワヒバリガイの除去に工期の4割の時間を費やしている。まずは、超高压洗浄機を導入することにより少しでも作業の効率化を図っていきいき、長期的な目標としては、自動式の高圧洗浄機も検討していきたい。

また、点検調査においては目視調査が全体の約6割の時間を占めている。目視とデジカメ撮影・リスト化の作業効率を高める為にもドローンなど画像AIを導入することで、人が行う作業は早期に補修が必要な孔食部の状態確認等に絞る事が出来ることから、作業の選択と集中、省力化が期待できる。さらに、記録も管路内の状態を3次元で管理できるように構築を進めていきたい

8. 終わりに

令和6年では、これまでの実績と3巡目の新たなデータによる効率化への検討に一步進めることが出来たと感じている。北千葉導水路は、3つの機能を有しており、その効果は計り知れないものだと考える。また、北千葉導水路の施設メンテナンスも導水路だけの問題ではない機械設備を主体とする関連施設を含めた施設全体としての老朽化対策についても、効率化・計画的な維持管理更新を適切に実施して行く必要がある。特に、土木業界においては維持管理費用削減及び効率化は北千葉導水路だけの問題ではない。

引き続き、点検、調査データの収集分析や検討会にて専門家との意見を踏まえながら課題解決に努めると共にここで得られた知見を発信していきたい。

参考文献

- 1)北千葉導水路(管路)長寿命化計画
- 2)北千葉導水路メンテナンス技術検討会資料