



(a) N 水路



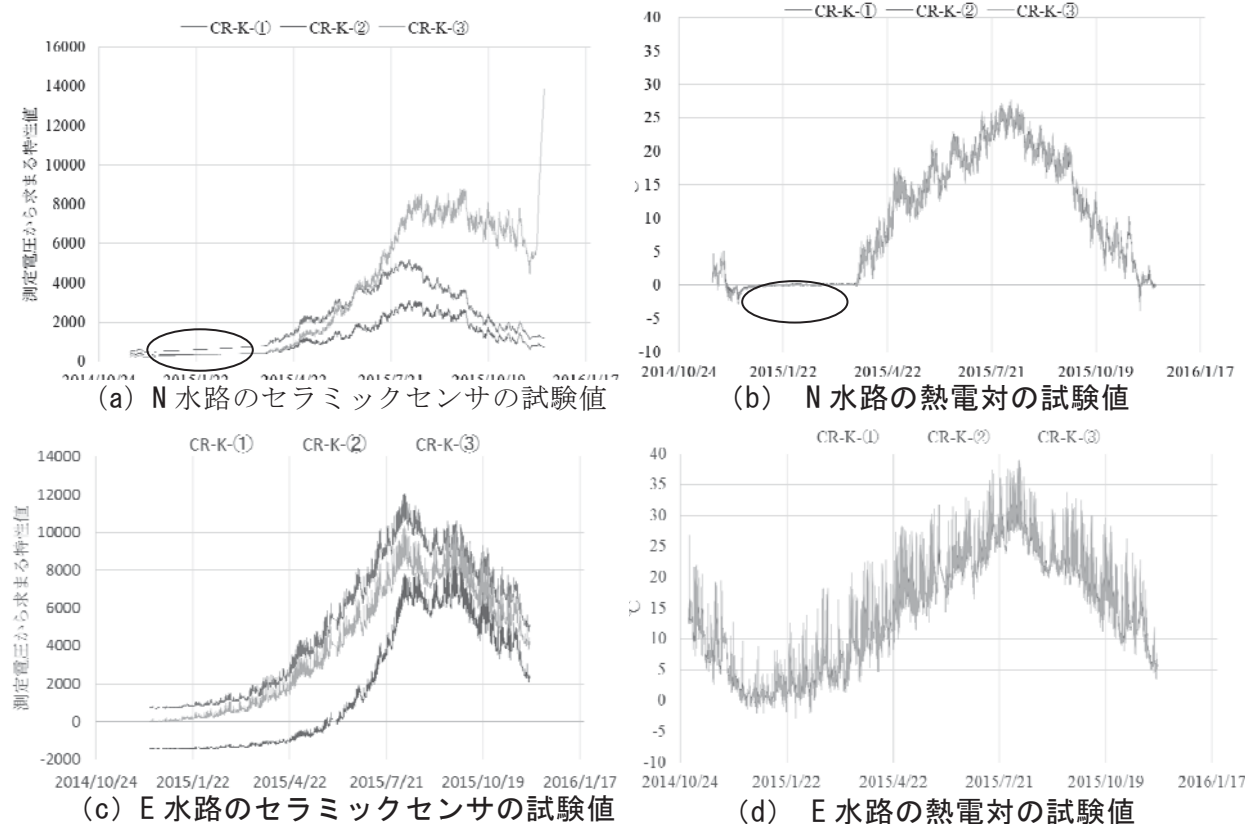
(b) E 水路

図(7)－18 水路更生工法の適用前の概況

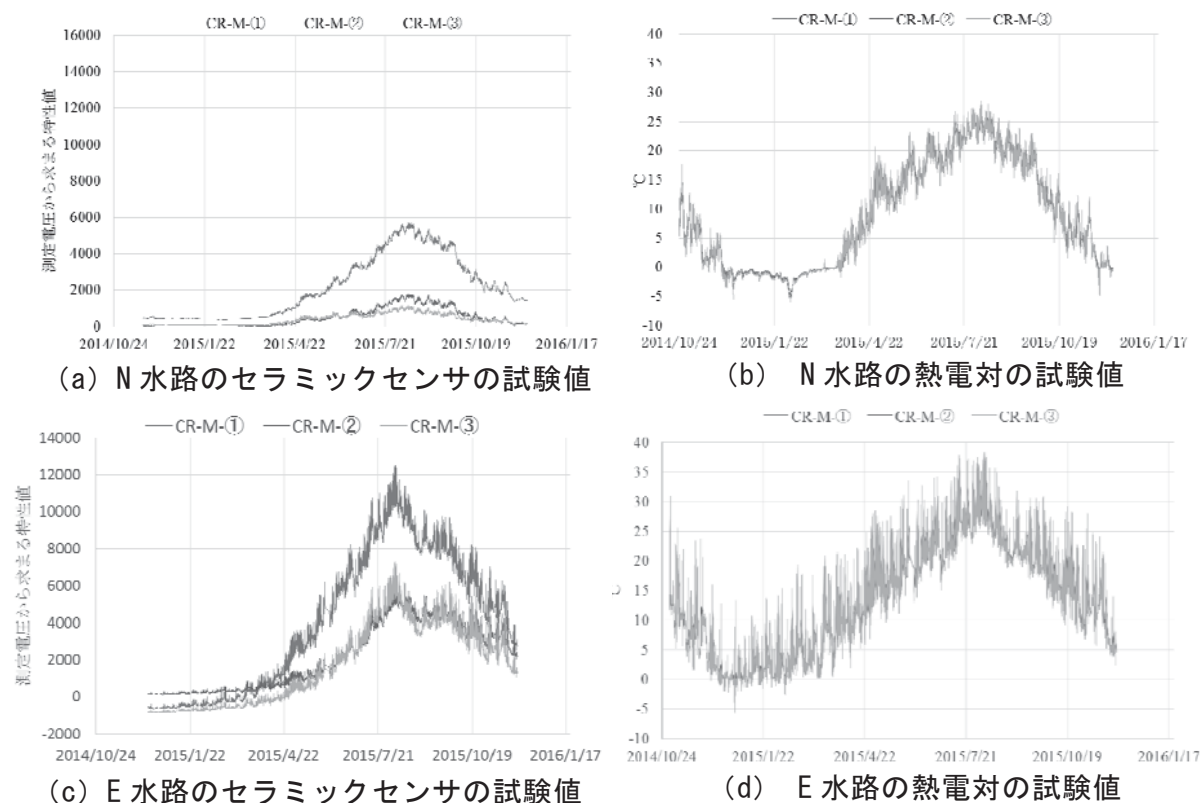
(7)－3－2 試験施工における試験結果および考察

N 水路および E 水路の水路更生工法におけるセラミックセンサおよび熱電対の試験値を図(7)－19に示す。また、N 水路および E 水路の無機系被覆工法における小電極センサおよび熱電対の試験値を図(7)－20に示す。セラミックセンサによる試験値は、温度の影響を多大に受けること、また、これにより水分の変化が判別し難くなることがわかった。

一方で、温度の変化が抑制されれば水分の変化を判別できる可能性があることもわかった。N 水路では、12月上旬頃からの積雪で覆われたことから温度変化が抑制され、温度の変化が小さくなった。温度変化が抑制されている期間(図の黒丸)では、温度の影響が小さくなることで、試験値は水分の変化を捉えているものと考えられる。温度変化が抑制されている期間のセラミックセンサによる試験値は、増加傾向を示しており、水路更生工法では乾燥傾向にあると推察される。一方、E 水路では、積雪で覆われることがなく常に温度が変化していることから、水分の変化を推察することは難しかった。また、無機系被覆工法では N 水路、E 水路ともに常に温度が変化していることから、水分の変化を推察することは難しかった。

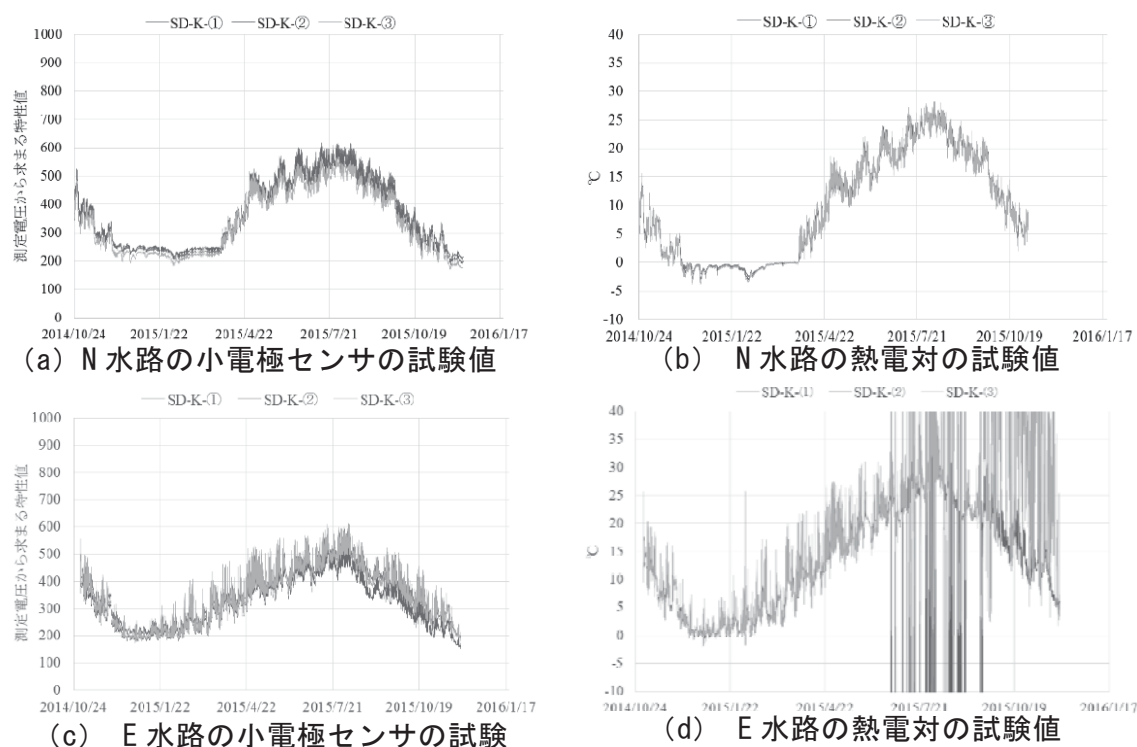


図(7)－19 水路更生工法における試験値(試験施工)(セラミックセンサ, 熱電対)



図(7)－20 無機系被覆工法における試験値(試験施工)(セラミックセンサ, 熱電対)

次に、N水路およびE水路の水路更生工法における小電極センサおよび熱電対の試験値を図(7)－21に示す。小電極センサは、セラミックセンサと同様に温度の影響を多大に受けることがわかった。セラミックセンサ、小電極センサともに温度の影響を排除する、もしくは補正することが今後の課題であると考えられる。なお、図(7)－21(d)の中央部②および内面部③の試験値が大きく変化しているのは、機械の故障によるものと推察された。



図(7)－21 水路更生工法における試験値(試験施工)(小電極センサ, 熱電対)

現時点では、両センサともに、温度の影響を多大に受け、水分の変化が判別し難くなることがわかった。今後は、温度の影響を排除する、もしくは補正することが課題となる。水路更生工法の水分排出効果の確認には、長期的にモニタリングを実施していく必要があると考えられる。

（７）－３－３ 実証試験における水分排出効果の確認手法の概要

実証試験では、水路更生工法の水分排出効果の確認として小電極センサを用いた交流電流によるモニタリングを実施している。実証試験で水路更生工法を適用したコンクリート開水路は、前述のとおり北海道に位置する RC 現場打ちフリーム水路である。試験区間における水路更生工法の適用前の概況を図（７）－２２に示す。

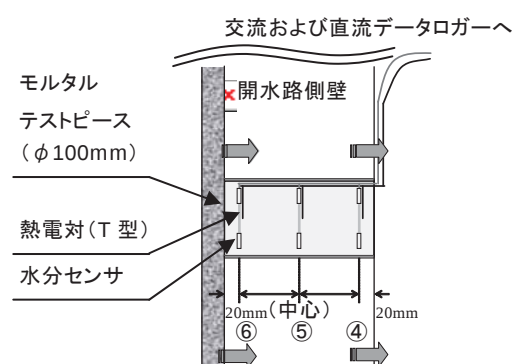
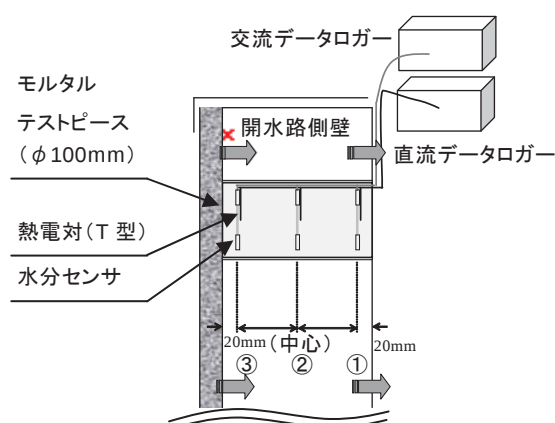


図（７）－２２

水路更生工法の適用前の概況

モニタリングは、水路更生工法を適用した区間（測点 No.S22）の気中部と水中部で実施し、また、比較対象として水路更生工法を適用しない区間（測点 No.S19）の気中部と水中部で実施した。

水分排出効果の確認手法の概要を図（７）－２３および図（７）－２４に示す。小電極センサによる試験値は、交流データロガーを用いて記録した。熱電対による温度の試験値は、直流データロガーを用いて記録した。実証試験では、試験施工と同様に小電極センサは熱電対とともにモルタルテストピース内にあらかじめ埋め込み、これを開水路側壁の気中部と水中部のコア削孔跡に取り付けることにより設置した。測点は、気中部２測点および水中部２測点とし、気中部１測点当たり背面部①、中心部②、内面部③の計３箇所、水中部１測点当たり背面部④、中心部⑤、内面部⑥の計３箇所とした。テストピースの側面はエポキシ樹脂で被覆し、水分侵入は側壁の背面および内面からのみとした。なお、試験施工と異なる点は、①水路は埋設型ではなく背面土が存在しない置樋型であること、②テストピースを気中部だけではなく水中部にも設置したこと、③テストピースをモルタルで作成したこと、④小電極センサによる試験値の記録に交流データロガーを用いたこと、である。



図（７）－２３ 確認手法の概要（気中部） 図（７）－２４ 確認手法の概要（水中部）

水路更生工法における小電極センサおよび熱電対の試験値を図（７）－２５に示す。

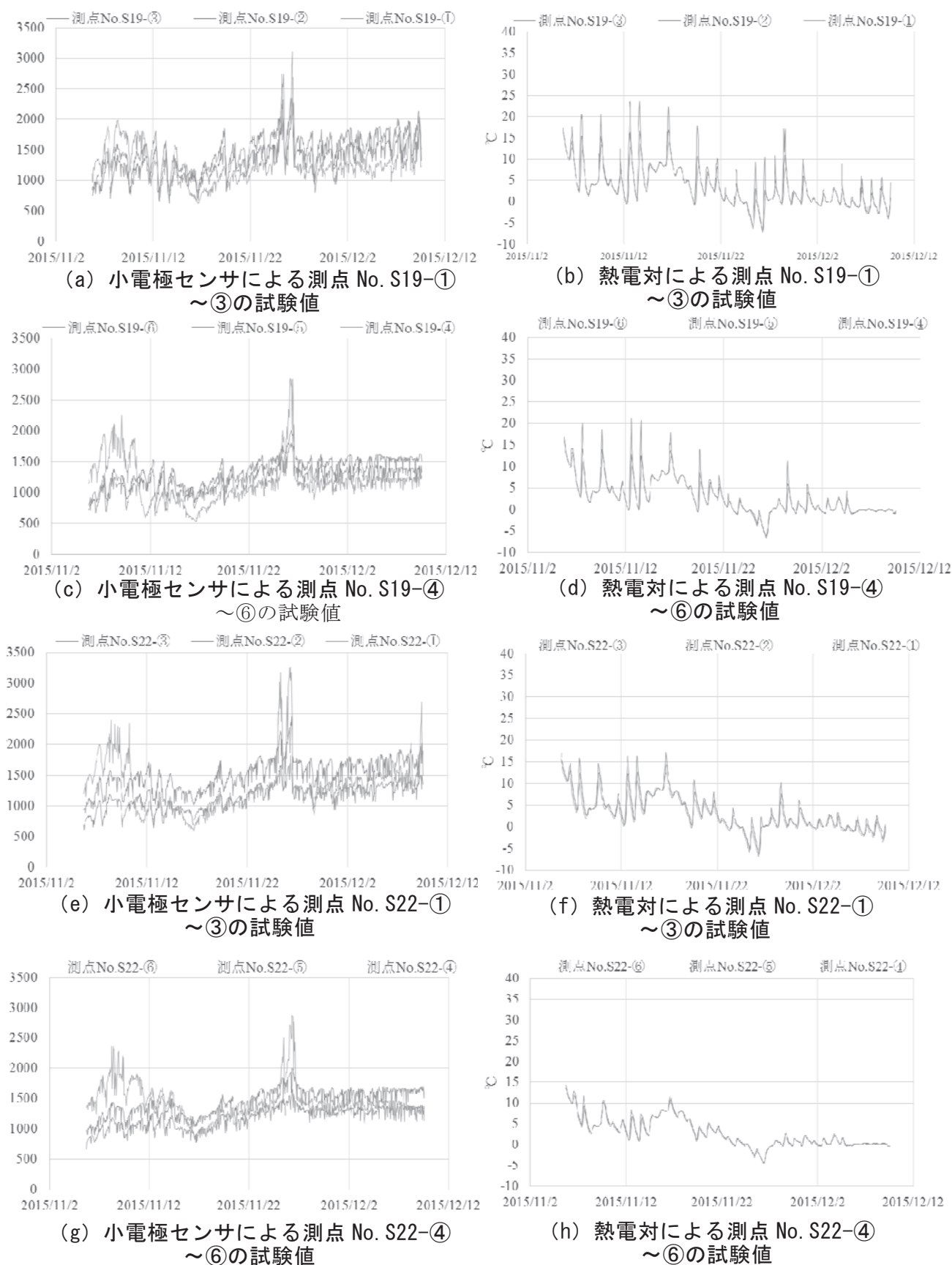


図 (7) - 2 5 水路更生工法における試験値 (実証試験) (小電極センサ, 熱電対)

水分センサの試験値は、試験施工時の結果と同様に温度の影響を多大に受けることがみとれる。また、熱電対の試験値は、水路更生工法を適用した区間と適用しない区間とで差がみら

れている。その差は、水中部で顕著であり、水路更生工法を適用した区間では適用しない区間に比べ温度変化が小さかった。

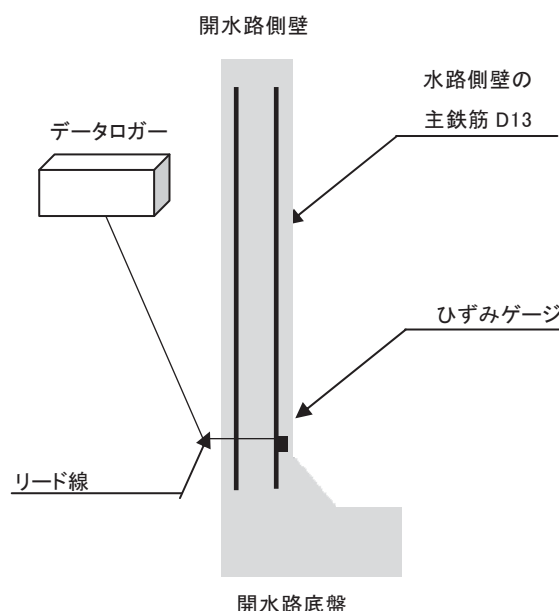
（７）－４ 水路更生工法の補強効果のモニタリング

実証試験では、補強効果の確認として水路更生工法を適用したコンクリート開水路における主鉄筋のひずみのモニタリングを実施している。実証試験において水路更生工法を適用したコンクリート開水路は、前述のとおり北海道に位置する RC 現場打ちフリューム水路である。水路更生工法の適用前の概況を図（７）－２６に示す。主鉄筋のひずみのモニタリングは、ひずみゲージを用いて行う。図（７）－２７にひずみ確認の概要を示す。ひずみゲージによるモニタリングは、水路更生工法を適用した区間（測点 No.S22～No.S24）で実施し、また、比較対象として水路更生工法を適用しない区間（測点 No.S19）で実施した。ひずみゲージの貼付位置は、主鉄筋において曲げモーメントが最大となるハンチ上部とした。

主鉄筋のひずみを図（７）－２８に示す。ひずみは、落水後のみの結果であるため、今後測点 No.S19 と測点 No.S22～No.S24 の通水時のひずみを比較することで水路更生工法の補強効果を確認することができると考えられる。



図（７）－２６ 水路更生工法の適用前の概況



図（７）－２７ ひずみ確認の概要



図（７）－２８ 主鉄筋のひずみ

参考文献

- 久保元樹，井上真澄，佐藤智，石神暁郎（2014）：機械インピーダンス法を用いたコンクリート開水路の凍害診断手法の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36（1），pp.2110-2115
- 鎌田英治，田畑雅幸，中野陽一郎（1976）：コンクリート内部の含水量の測定，セメント技術年報，Vol.30，pp.288-292
- 湯浅昇，笠井芳夫，松井勇（1997）：埋め込みセラミックセンサの電気的特性によるコンクリートの含水率測定方法の提案，日本建築学会構造系論文集，Vol.498，pp.13-20
- 石神暁郎，緒方英彦，藤本光伸，青山裕俊（2015）：寒冷地における開水路の更生工法，農業農村工学会誌，Vol.83（9），pp.761-764
- 緒方英彦，石神暁郎，田場一矢，藤本光伸（2015）：ポーラスコンクリートの凍結融解抵抗性および熱的性質，農業農村工学会誌，Vol.83（9），pp.753-756

2 事業の成果

2. 1 成果の内容

北海道・東北だけでなく滋賀県以北における寒冷地では、農業用コンクリート開水路において、躯体背面から浸透した地下水が劣化因子となり、凍結融解作用により凍害が発生するが、この劣化因子である浸透水を排出することができる対策工法は存在しない。

そこで、寒冷地での表面被覆工法で実績のある二次製品（FRPM 板）を既設水路内面に設置することで形づくられる合成構造により既設水路を補強し、さらに既設水路と FRPM 板の間に、透水性及び保温性に優れたポーラスコンクリートを充填する更生工法を開発することができた。

なお、浸透した水分は、水路勾配を利用し、下流側に排出する。また、FRPM 板を自由に脱着することができるため、既設水路、FRPM 板並びにポーラスコンクリートの経年変化について、適宜モニタリングを実施することができる工法を開発した。

2. 2 目標の達成度

（1）成果から得られる効果

本工法は、劣化因子である浸透水を排出することができ、かつ適宜モニタリングを実施することができるため、農業用排水路の長寿命化を図ることができる。

（2）従来技術との比較

1）比較する従来技術

現場打ちコンクリート水路築造工

2）従来技術に対する優位性

①経済性

現場打ちコンクリート水路築造工事に比べ、特殊作業及び特殊機械設備が不要である簡便な工法であるため、全体費用を 10%以上安価にすることができる。

②工 程

鉄筋コンクリート巻き立てを実施しないため、養生期間が必要ないことから計画的な施工を実現することができ、施工日数を短縮することができる。

③品 質

寒冷地及び凍結融解抵抗性に優れた品質の材料を使用し、また、劣化因子である既設水路からの浸透水を適宜排水することができる構造であるため、長寿命化を図ることができる。

④安全性

既設水路の状況にも影響されるが、老朽化した既設水路に対して、更生後に強度を 2 割程度向上させることができる。

⑤施工性

日進量 15m³/日(4 人)程度で実施することができる。

⑥周辺環境への影響

コンクリートのはつり等が不要であるため、産業廃棄物が発生しない。

2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

○適用範囲

- ・コンクリート水路全般について適用可能である。
特に、滋賀県以北の寒冷地におけるコンクリート水路への適用において、本工法の効果が向上する。
- ・中込材にポーラスコンクリートを使用することで、浸透水を適宜排水することができる。
- ・維持管理については、FRPM 板に脱着機構を設けているため、必要に応じて既設水路及び中込材の状況を確認することができる。
- ・更生後には通水断面が縮小するが、FRPM 板の粗度係数はコンクリートよりも優れているため、現状と同等以上の流量を満足することができる。参考までに計算例を以下に示す。

(計算例)

既設水路（幅 2m×高さ 1.5m）に本工法で更生した場合の流量と更生前の流量を計算する。なお、計算式は Manning 公式を採用し、土地改良計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」に準じて実施した。

計算は、更生前に比べて同等以上の流量を確保することができる結果となった。

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここに、Q：流量（m³/s） A：流水断面積（m²） V：流速（m/s）
 n：粗度係数 R：径深（m）＝A／S
 S：潤辺（m） I：導水勾配(1‰とした。)

項目	更生前	更生後
幅（m）	2.0	1.92
高さ（m）	1.5	1.46
粗度係数：n	0.015	0.012
水位状況	満水	
流水断面積：A（m ² ）	3.0	2.8032
潤辺：S（m）	5.0	4.84
径深：R（m）	0.6	0.5792
導水勾配：I（‰）	1	
流量：Q（m ³ /s）	4.4992	5.1328

○留意点

- ・アンカー引抜試験を実施し、既設水路の状態を確認する。結果によっては、アンカー数量やアンカーの根入れ長さを変更する。
- ・アンカーによる固定ができない場合は適用外となる。
- ・モニタリングは、試験施工現場並びに実証試験施工現場にて使用材料及び既設水路の経年変化を確認する。ポーラスコンクリートについては、経年変化を目視確認するだけでなく、透水性試験機等による排水性を確認することで、長期的な安全性を確認する。
- ・FRPM 板を使用した開水路更生工法は 20 数年以上の実績を有している。L C A については、FRPM 板の長期的な性能及び経済的に有効な方法を検証した上で、検討していきたいと考える。

3 普及活動計画

3. 1 想定される利用者

- (1) 事業者（更新整備等を行う場合の事業主体，施設管理者【役所系】）
例：国土交通省北海道開発局，農林水産省農政局，北海道・県，市町村
土地改良区
- (2) 民間業者
例：設計業者（設計コンサルタント），施工業者（ゼネコン等）

3. 2 利用者への普及啓発等の方法

- ①学会等への新技術発表
- ②H P，S N S，新技術検索エンジン対策などのネット活用
- ③公共事業における新技術採用に向けたピンポイント拡販活動（情報収集を含む）
- ④拡販資料（技術資料，P R 資料）の配布
- ⑤発表会の開催（現地見学会，プレスリリースなど）
- ⑥業界紙などへの広告掲載

3. 3 利用者に対するサポート体制，参考資料等

本工法の認知していただくために，各種技術資料を作成すると共に，設計については，ドーコン社及び栗本鐵工所にてサポートする。

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

- (1) 申請者
(株)栗本鐵工所，(株)ドーコン，寒地土木研究所並びに鳥取大学
- (2) 登録時期
2015 年 5 月 1 日登録済 「特許第 5740521 号 水路の更生工法」

4 研究総括者による自己評価

項 目	自己評価	自己評価の理由
研究計画の効率性・妥当性	A	寒冷地における更生工法に求められる要求事項について本研究にて効率的な研究計画を立案することができた。
目標の達成度	A	当初の計画とおりに技術的課題を解決することができたため、研究成果目標に達することができたと考える。
研究成果の普及可能性	A	劣化因子である浸透水を排出するという技術的課題を解決できる更生工法を開発することができたと考えるため、普及の可能性はあると判断する。
総合コメント 現存しない対策工法の開発に取り組み、期初計画とおりに工法開発を進めることができたと考える。今後は、試験施工及び実証試験現場について継続的なモニタリングを実施し、工法の安全性を確立していきたいと考える。		

注) 評価結果欄は、A, B, Cのうち「A」を最高点, 「C」を最低点として3段階で記入する。

5 今後の課題及び改善方針

特になし