

(6) - 2 - 4 施工手順及び施工上の留意点

本試験施工では、計画的な施工の可能性と施工性の留意点を把握することが目的である。今回、北海道内及び岩手県内にて同様の施工手順で試験施工を実施したが、当初の工程である実働5日で完了することができ、計画的な施工が可能であることを確認した。また、既存の補修工法と比較するために、一般的なエポキシ樹脂系プライマーを使用したポリマーセメントによる表面被覆工法についても同路線で施工を実施した。

本更生工法における主な施工上の留意点は、以下のとおりである。

- ①土砂や藻類等を除去するため、高圧洗浄機による水路内の洗浄が必要となる。ただし、既設コンクリートのハツリ等が不要であるため、産業廃棄物は発生しない。
- ②室内試験結果より、ポーラスコンクリートの打設厚さは30mm(骨材の最大粒径である6倍を目安)とする。また、打設後1日間は、水に浸されると強度の発現に影響を来すため、養生する必要がある。
- ③異物の混入及び水を流すために、更生区間における上下流の底版部にはメッシュを併用した鋼製スクリーンを設置する。



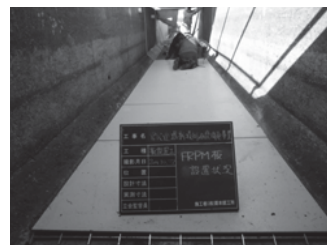
①水路洗浄



②スクリーン設定



③底版打設



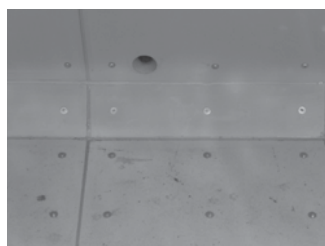
④底版設置



⑤側版設置



⑥側版打設



⑦目地材シーリング



⑧完成

図(6) - 7 試験施工の施工状況

(6) - 3 実証試験施工

(6) - 3 - 1 実証試験施工の工程

実証試験施工の概要は、表（６）－４に示すとおり、北海道の置樋型コンクリート開水路である沼貝乙幹線用水路にて実証試験施工を実施した。

表（６）－４ 実証試験施工の概要

項 目	北海道
施工場所	北海道美唄市 NO水路
築造	不明
水路構造	R C 現場打ちフリューム（置樋型）
形状・寸法	
施工期間	2015 年 10 月 19 日～2015 年 11 月 5 日の実用 12 日間
施工延長	30m(3 バレル＋上下流 3m)

(6) - 3 - 2 更生後の断面図

北海道美唄市 NO水路における更生後の断面図を参考までに図（6）－7に示す。

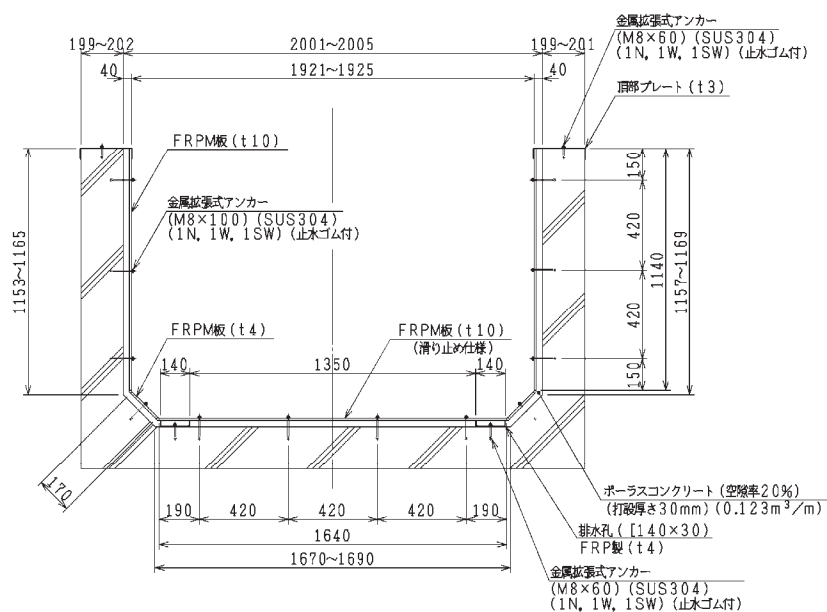


図 (6) - 7 更生後の断面図例

(6)－3－3 既設水路の復旧

既設水路は、置き樋型の RC 現場打ちフリームであり、凍害の発生によるスケーリングおよびひび割れが既設水路の表面に発生していた。凍害により劣化していた水路側壁頂部については、高さ 200mm でハツリ工を実施し、新たにコンクリートを打設した。



図(6)－8 既設コンクリート復旧状況(左：復旧前、右：復旧後)

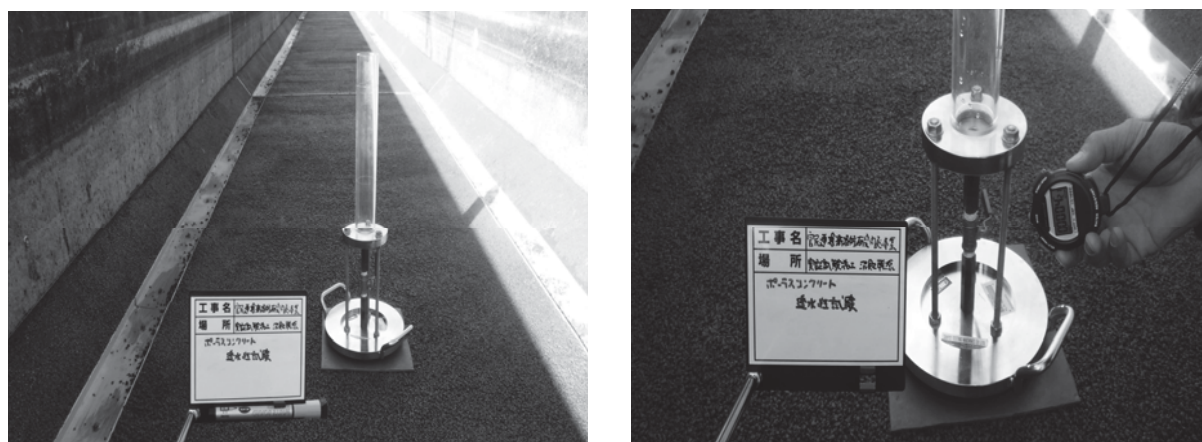
(6)－3－4 ポーラスコンクリートの透水性確認

現場で打設した底版部のポーラスコンクリートについて、アスファルト現場透水試験器(LA-206：三洋試験機工業株式会社製)を用いて透水量を測定した。

表(6)－5 透水性試験結果

測定箇所	測定位置	流下時間(秒)				透水量 ($\text{cm}^3/15$ 秒)
		1 回目	2 回目	3 回目	平均値	
底版部	S22	4.15	4.03	4.04	4.07	1474.2
	S23	4.11	4.10	4.17	4.13	1452.8
	S24	4.21	4.18	4.21	4.20	1428.6

透水量は、目標値である $Q=5.2$ ($\text{cm}^3/\text{日}$) を大きく満足する結果となった。
 なお、本試験結果は、室内試験で実施した結果(表(2)－4)である $1344.3\text{cm}^3/15$ 秒と同等程度の結果となった。



図(6)－9 透水性試験状況

(6) - 3 - 5 実証試験の結果

1) 施工性

30m という 3 バレル以上による施工を実施した結果、当初の予定通り実働 12 日で完了することができた。日進量は 15m^2 /日程度(作業員 4 名)であった。

コンクリート打設による養生期間等を必要としないため、計画的な施工を実現することができると思われる。

2) ポーラスコンクリートの排水性

現地にて打設したポーラスコンクリートの排水性を確認した結果、 $1451.9\text{cm}^3/15$ 秒と室内試験と同等程度の結果($1344.3\text{cm}^3/15$ 秒)であった。設計による排水量は 5.2cm^3 /日であることから、経年変化によりポーラスコンクリートの空隙部に目詰まりが発生したと仮定しても、排水性に支障を来す可能性は低いと考える。



①水路内洗浄



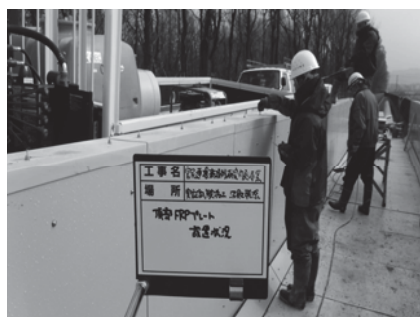
②底版部ポラコン打設



③FRPM 板取付



④側版ポラコン打設



⑤頂部プレート取付



⑥目地材シーリング

図 (6) - 10 実証試験施工の施工状況

(7) - 1 試験施工を実施した水路のモニタリング

(7) - 1 - 1 水路更生工法におけるモニタリング

1) 対策工法のモニタリング

水路更生工法におけるモニタリングとしては、水路内面のライニング材である FRPM 板及び中込材であるポーラスコンクリートの劣化、そして FRPM 板を固定する金属拡張アンカーの引抜荷重の低下が対象になる。

FRPM 板については変形状態を目視で観察することが基本になり、ポーラスコンクリートについても FRPM 板を取り外しての結合不良などの目視観察が基本になる。本工法では、FRPM 板を既設水路に固定するための金属拡張アンカーをボルト構造にすることで市販のスパナを用いて施設管理者が容易に FRPM 板を脱着できるようにしており、これにより中込材であるポーラスコンクリートの状態確認が行えるように配慮されている。ここで、本開水路に配置した FRPM 板の寸法は、側壁において 1,270×1,000mm、底板において 1,420×1,000mm である。単位体積重量は 19.6kN/m³ であることから、FRPM 板 1 枚 (10mm 厚) の重量は側壁で約 25kg、底板で約 28kg となり、作業員 2～3 名で取り外し、再設置を行うことができる。その状況を図 (7) - 1 に示す。一方、金属拡張アンカーの引抜強度については、FRPM 板を取り外した後にアンカー引抜き試験 (テクノテスター RT-3000LDII, サンコーテクノ社製) を実施することで測定することができ、FRPM 板の固定に必要な引抜荷重 (7.6kN) との比較から金属拡張アンカーの取り替えの要否を判断することができる。引抜き試験を実施した後の FRPM 板の再設置については、新たな位置に金属拡張アンカー打ち込むことにより容易に行うことができる。

2) 躯体のモニタリング

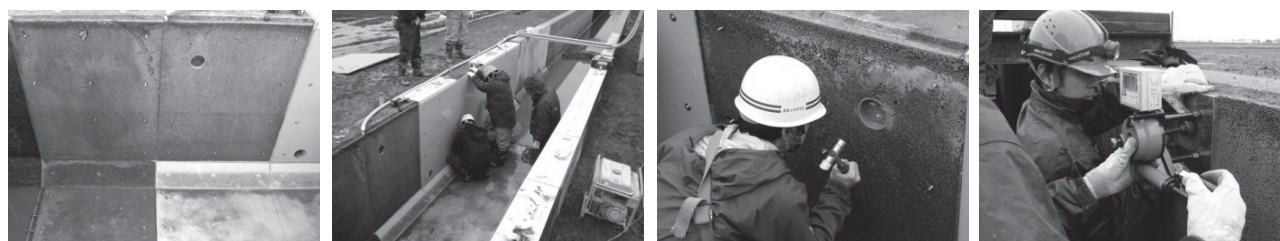
本水路更生工法における躯体のモニタリングは、図 (7) - 2 に示す観測孔における試験とアンカー引抜き試験の 2 つで行うことができる。

一つ目の観測孔における試験は、躯体と FRPM 板の間にポーラスコンクリートを打設する際にスペーサーとしても利用できる塩ビ管 (VP100, 内径 φ100mm) を配置し、その空間を利用するものである。観測孔の大きさは、適用する試験により塩ビ管の寸法を変更することで任意に調整することが可能である。本開水路では、凍害対策として水路更生工法を適用していることから、機械インピーダンス法 (コンクリートテスター CTS-02V4, 日東建設) による躯体コンクリートの劣化状況の評価に加えて、コンクリート・モルタル水分計 (HI-800, ケット科学研究所) による躯体コンクリートの含水率測定が実施される。

水路更生工法を適用する前の躯体コンクリートにおいて機械インピーダンス法により得られた試験値と観測孔において得られた試験値を併せて表 (7) - 1 に示す。試験は、北海道にある施工後 40～50 年が経過した RC 現場打ちフリューム水路 (内面高さ 1,510mm, 内面幅 1,800mm, 側壁厚さ 260mm, 以下、N 水路) で実施した。実施時期は、水路更生工法を適用する前は試験施工を実施した 2014 年 9 月、また、水路更生工法を適用した後は冬期間を含む約半年が経過した 2015 年 4 月とした。表 (7) - 1 では、後述するセラミックセンサ設置位置近傍における測点を No.1、小電極センサ設置位置近傍における測点を No.2 としている。なお、表 (6) - 1 に示す試験値は、30 回の打撃における平均である。2015 年 4 月の測定値は、いずれの測点における試験値も 2014 年 9 月の試験値を上回った。これは、躯体コンクリートの強度が上昇したためではなく、測点が同一でなかったことに起因する。本来モニタリング実施の観点からは、同一測点で試験を行うことが望ましいが、2014 年 9 月に試験した測点には水分センサが設置されていることから、観測孔を別の位置に設けたためである。観測孔は、同一測点での試験を容易にすることができる。今後は、観測孔を用いることで容易に同一測点でのモニタリングを実施することが期待できる。機械インピーダンス法により得られる推定圧縮強度は、内部変状の発生に伴い試験値が低下する可能性が高まる (久保ら, 2014) ことから、観測孔で得られる推定圧縮強度を指標とすることで、躯体コンクリートのモニタリングを実施することができる。

次に、コンクリート・モルタル水分計を用いた試験値を表(7)－2に示す。コンクリート・モルタル水分計の実施時期および測点は、機械インピーダンス法の試験の実施時期および測点と同じである。2014年9月と2015年4月の試験値を比較すると、2015年4月の試験値が大きくなっている。これは、2015年4月におけるNo.1の試験値は、FRPM板を外した後に降雨があり、翌日に試験したため、雨水の浸透が影響したことが考えられる。なお、No.2の試験値は、降雨後にFRPM板を撤去し試験したため雨水の浸透による影響は少ないと考えられる。No.2の試験値からは、低下する傾向がみてとれる。これは、水路更生工法では側壁内部に配置された中込材の透水性が大きく、躯体内部の水分が低下したためと推察される。凍害による劣化は、水路内面および背面から供給される水分により側壁内部の水分が高まることで引き起こされることから、水分の変化を追うことで、前述の機械インピーダンス法と同様に躯体コンクリートのモニタリングを実施することが期待できる。

このように水路更生工法では、設置された観測孔を用いることで、躯体コンクリートのモニタリングを実施することが可能となる。



図(7)－1 FRPM板の取り外し後と再設置作業の状況

図(7)－2 躯体のモニタリング状況

表(7)－1 機械インピーダンス法により得られた試験値

(a) 2014年9月の試験値

測点	No.1	No.2
推定圧縮強度 (N/mm ²)	8.9	17.0

(b) 2015年4月の試験値

測点	No.1	No.2
推定圧縮強度 (N/mm ²)	18.1	30.7

(a) 2014年9月の試験値

	測点	深さ 10cm	深さ 9cm	深さ 8cm	深さ 7cm	深さ 6cm	深さ 5cm	深さ 4cm	深さ 3cm	深さ 2cm
含水率 (%)	No.1	4.6	4.9	4.9	4.8	4.9	4.6	5.5	5.7	4.9
	No.2	4.5	4.5	4.9	5.0	5.2	5.4	5.9	5.6	5.5

(b) 2015年4月の試験値

	測点	深さ 10cm	深さ 9cm	深さ 8cm	深さ 7cm	深さ 6cm	深さ 5cm	深さ 4cm	深さ 3cm	深さ 2cm
含水率 (%)	No.1	6.4	6.6	7.2	7.4	7.4	7.7	7.9	7.6	7.5
	No.2	4.4	4.6	4.5	4.1	5.4	5.7	5.1	4.6	4.3

二つ目のアンカー引抜き試験は、FRPM板を固定するために躯体に埋込まれた金属拡張アンカーを利用するものであり、躯体のコンクリートが劣化するに従い引抜き荷重が低下することを踏まえて、アンカー引抜き荷重の経時変化から躯体の状況をモニタリングするものである。

2014年10月に試験施工を実施した北海道にある施工後40～50年が経過したRC現場打ちフ