

(6) 試験施工

(6) - 1 試験施工および実証試験を実施した開水路の現況評価

(6) - 1 - 1 現地試験の概要

試験施工を実施した既設の開水路は、一つ目が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（以下、N 水路）であり、二つ目が岩手県にある築造年が不明な RC 現場打ちフリューム（以下、E 水路）である。実証試験を実施した既設の開水路は、北海道にある築造年が不明な RC 現場打ちフリューム（以下、NO 水路）である。いずれも、凍害の発生によるスケーリングおよびひび割れが表面に見えるだけでなく、側壁内部には部材厚方向に層状のひび割れが発生している。各水路の概況を図（6）- 1 に示す。現地試験としては、超音波法の表面走査法による超音波伝播速度（石神ら，2013），共鳴振動法による一次共鳴振動数（周藤ら，2015），アンカー引抜き試験による表面から深さ 2cm, 4cm, 6cm（N 水路では 5cm）及び 8cm の位置の最大引抜荷重，接着治具（4cm×4cm）を用いた接着力試験による側壁表面の接着力の測定（切込み深さ 7mm）を実施した。

接着力試験に用いた機器は，アンカー引抜き試験と同じものである。



(a) N 水路の概況



(b) E 水路の概況



(c) NO 水路の概況

図（6）- 1 試験施工および実証試験を実施した開水路の概況

表（6）－ 1 現地試験の結果

	N 水路 1	N 水路 2	N 水路 3	E 水路 1	E 水路 2	E 水路 3
表面走査法による超音波伝播速度 (m/s)	4,425	2,069	1,719	1,194	2,045	1,965
共鳴振動法による一次共鳴振動数 (Hz)	8,728	5,373	6,911	7,514	6,659	6,766
動弾性係数 (kN/mm ²)	34.0	20.9	4.8	2.8	8.4	9.1
式[3]	41.8	9.0	6.2	2.9	8.5	7.9
式[4]	26.2	32.8	3.4	2.8	8.4	10.3
表面接着力 (N/mm ²)	0.84	2.34	0.38	0.38	1.36	0.06

	NO 水路 1	NO 水路 2
表面走査法による超音波伝播速度 (m/s)	1,519	1,727
共鳴振動法による一次共鳴振動数 (Hz)	3,950	5,150
動弾性係数 (kN/mm ²)	4.27	6.81
式[3]	4.90	6.35
式[4]	3.64	7.27
表面接着力 (N/mm ²)	0.38	1.55

各試験は、N 水路で 3 箇所（以下、N 水路 1、N 水路 2、N 水路 3）、E 水路で 3 箇所（以下、E 水路 1、E 水路 2、E 水路 3）、NO 水路で 2 箇所（以下、NO 水路 1、NO 水路 2）で実施した。いずれも、灌漑期における通水面よりも上部の気中部において実施した。また、各水路からは、現地試験を実施した箇所から φ10cm のコアをそれぞれ 1 本採取し、採取したコアに対しては、表面から深さ方向のコア横断面における超音波伝播速度を側壁における水平方向と上下方向の 2 方向で測定した。

（6）－ 1 － 2 現地試験および採取コアの測定結果

現地試験の結果を表（6）－ 1 に示す。また、コアで測定した表面から深さ方向の超音波伝播速度を図（6）－ 2 に示す。ここで、表中の動弾性係数は、既往の研究（周藤ら，2015）で得られた成果を踏まえ、超音波伝播速度を用いた式(5.1)と一次共鳴振動数を用いた式(5.2)で求められ動弾性係数の平均値を示している。既往の研究では、同じ弾性波法である超音波伝播速度を用いる式と一次共鳴振動数を用いる式から求めた推定値を複合することで、より精度の高い動弾性係数の評価が行えることを明らかにしている。

$$E_d = \rho V^2 \cdot \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu} \quad (6.1)$$

$$E_d = 4\rho L^2 f^2 \quad (6.2)$$

ここに、 E_d ：動弾性係数 (GPa)、 ρ ：密度 (kg/m³)、 V ：超音波伝播速度 (km/s)、 ν ：ポアソン比 (0.2)、 L ：供試体の長さ (mm)、 f ：縦振動の一次共鳴振動数 (Hz)

現地試験の測定値である超音波伝播速度、一次共鳴振動数およびその結果を利用して推定した動弾性係数、そして表面接着力は、いずれの水路においてもそれぞれ異なる傾向を示すことから、総合的に考察することは難しく、現状では個別の考察しかできない。

N 水路 1 では表面接着力が小さいことから側壁コンクリートの表面近傍は脆弱であり、超音波伝播速度、一次共鳴振動数は N 水路 2 や N 水路 3 よりも大きいことから表層部の劣化は他よりも小さいと考察できる。これは、図（6）－ 2 に示すコアの深さ方向の超音波伝播速度において、表面から深くなるにしたがい上下方向の N 水路 1 が他よりも大きな値になる

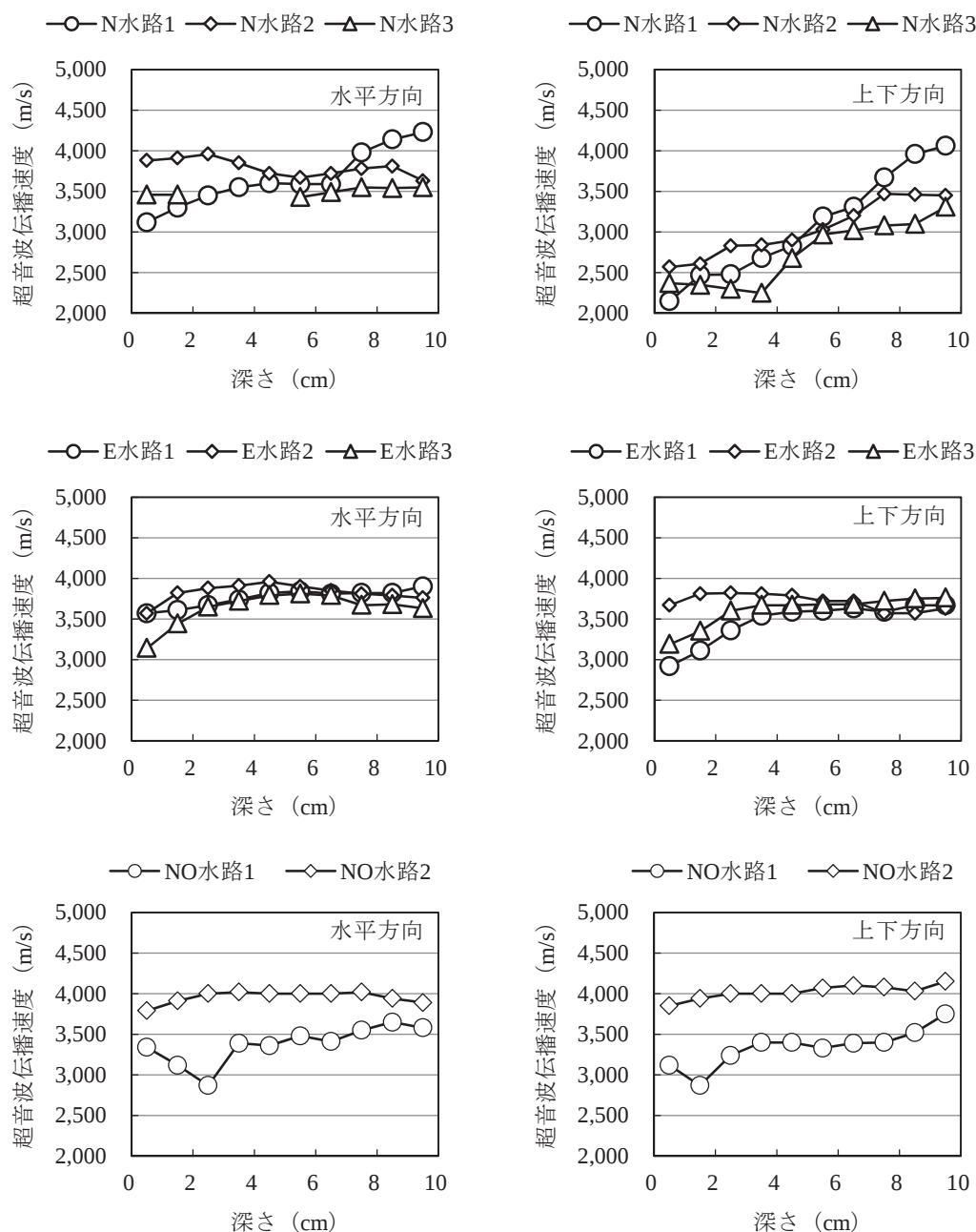


図 (6) - 2 コアで測定した表面から深さ方向の超音波伝播速度

ことから、そのように考えられる。N水路において水平方向と上下方向の超音波伝播速度の傾向が異なるのは、側壁内部に発生しているひび割れの影響しているためであり、側壁表面の水平方向に発生しているひび割れが表面近傍にあるために、上下方向で超音波パルスが伝播しにくい状況にあったためである。N水路3は表面接着力および動弾性係数が最も小さいことから、表面近傍および表層部が3箇所の中で最も劣化していると考察できる。また、E水路については、E水路2の表面接着力が特異的に大きいことを除いては、3箇所がほぼ同じ傾向を示しており、同様な劣化状態であると考察できる。一方、NO水路においては、NO水路2に比べて、NO水路1が動弾性係数、表面接着力、コアの超音波伝播速度の全ての項目において小さい値になっており、表面近傍から内部にわたり著しく凍害劣化していることがわかる。

(6) - 1 - 3 各埋込み深さの最大引拔荷重

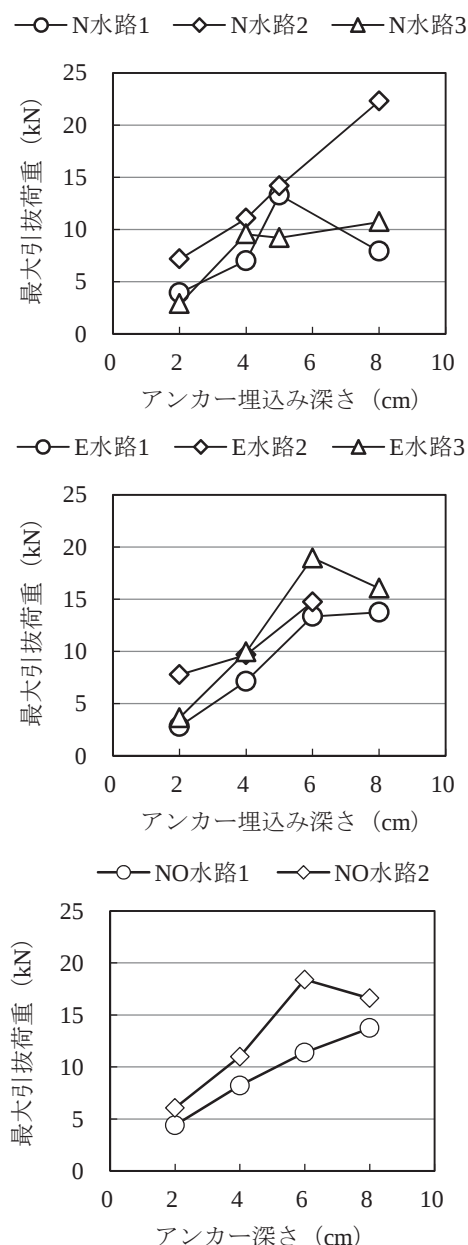
アンカー引抜き試験における各埋込み深さの最大引拔荷重を図(6) - 3に示す。各埋込み深さの最大引拔荷重は、いずれの水路においても表面から 5, 6cm までは深くなるほど大きくなる傾向を示す。FRPM 板の固定に必要な引拔荷重は 7.6kN であることから、前述したように N 水路, E 水路, NO 水路とも著しい凍害劣化が生じているものの、アンカー埋込深さが 6cm 以上であれば、十分に FRPM 板を固定できることがわかる。

この表面から 6cm 深さまでの最大引拔荷重の傾向は、図(6) - 2に示すコアの深さ方向の超音波伝播速度と類似の傾向を示しており、特に側壁の凍害劣化の影響が表れている上下方向と類似の傾向を示している。両者とも表面近傍の値が最も小さく、表面から深さ 6cm 程度までは増加傾向を示している。

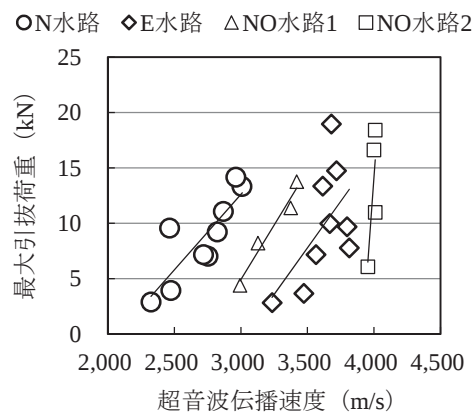
アンカー引抜き試験における最大引拔荷重は、上下方向の超音波伝播速度と類似の傾向を示している。これは、最大引拔荷重は測定箇所のコンクリートの劣化状態に敏感に影響され、側壁の凍害劣化の影響が表れているのが上下方向の超音波伝播速度だからである。そこで、測定深さが対応する位置の上下方向の超音波伝播速度と最大引拔荷重をグラフ化(図(6) - 3)して両者の関係性について考察する。いずれの水路とも、両者は正の線形関係にあり、超音波伝播速度と最大引拔荷重は同様の傾向を示すことがわかる。現段階では、超音波伝播速度と最大引拔荷重の間に正の線形関係があることまでは考察できるが、各水路で異なる近似式になる原因は考察できていない。

参考文献

- 石神暁郎, 金田敏和, 佐藤 智, 周藤将司, 緒方英彦 (2013): 超音波を用いたコンクリート開水路の凍害劣化深さの推定, 農業農村工学会論文集, 283, pp.87-98
- 周藤将司, 緒方英彦, 兵頭正浩, 土居賢彦 (2015): コンクリート水利構造物を対象にした現地非破壊試験による一次共鳴振動数の測定方法に関する研究, 農業農村工学会論文集 第 295 号, pp.69-75



図(6) - 3 アンカー引抜き試験における各埋込み深さの最大引拔荷重



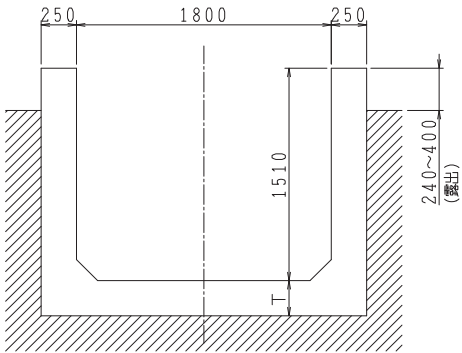
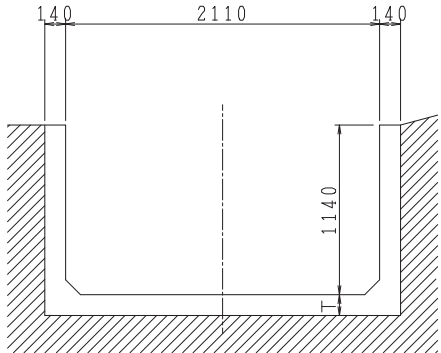
図(6) - 4 測定深さが対応する位置の超音波伝播速度と最大引拔荷重の関係

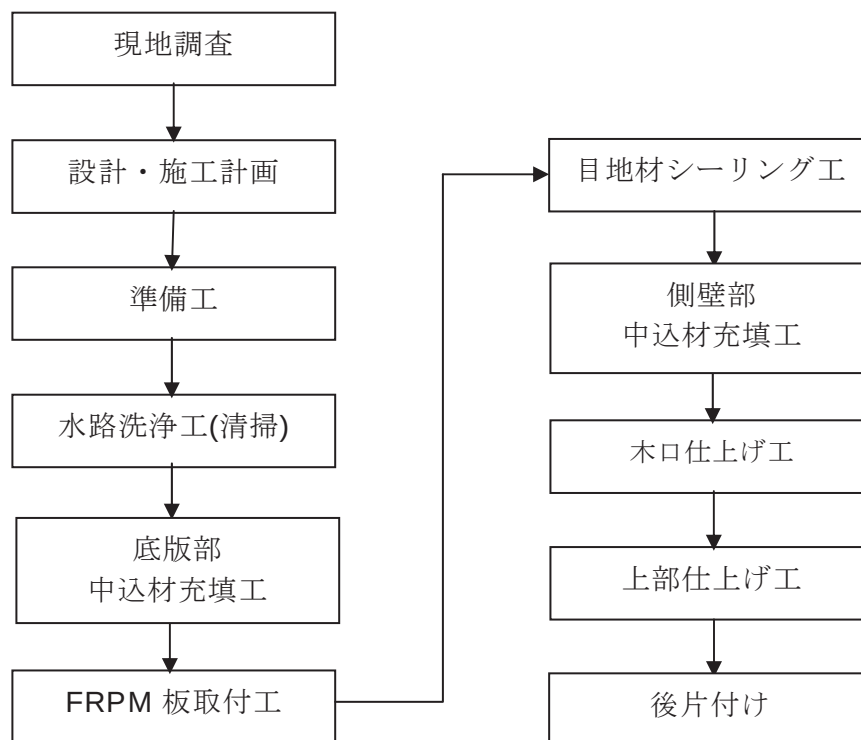
(6) - 2 試験施工

(6) - 2 - 1 試験施工の工程

試験施工の概要並びに試験施工フローについては、表(6) - 2 及び図(6) - 5 に示すとおり、北海道並びに岩手県にて試験施工を実施した。

表(6) - 2 試験施工の概要

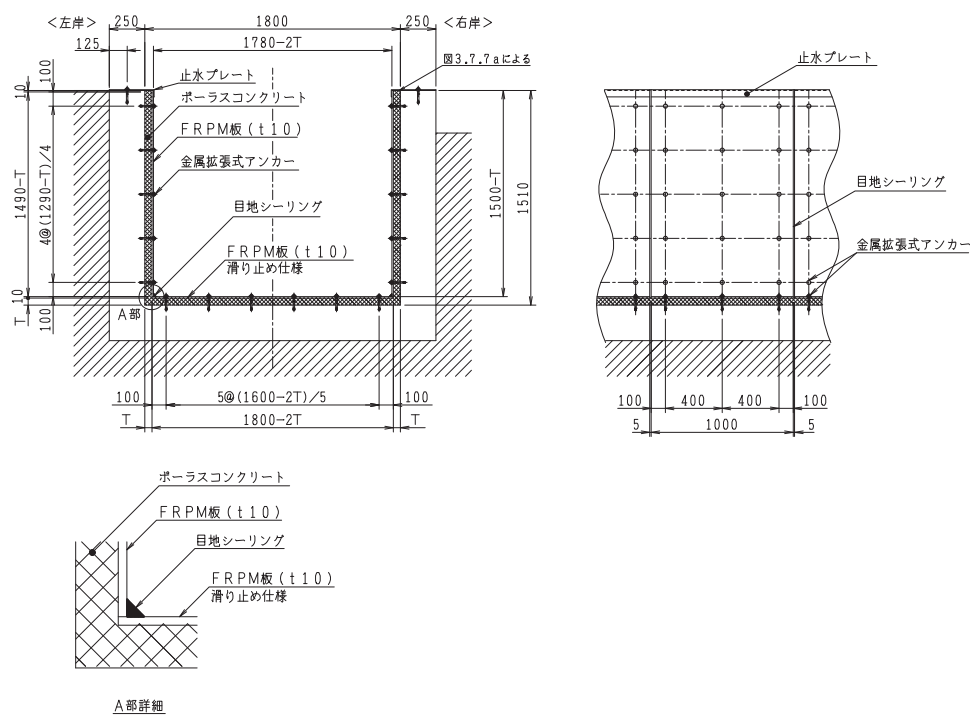
施工実施場所	北海道美唄市 N水路	岩手県奥州市 E用水路
築造年数	施工後 40～50 年	不明
水路の構造	R C 現場打ちフリューム (埋設型)	R C 現場打ちフリューム (埋設型)
水路の 形状・寸法		
施工日程	2014 年 10 月 20 日 ～2014 年 10 月 24 日(実働 5 日間)	2014 年 10 月 27 日 ～2014 年 10 月 31 日(実働 5 日間)
施工延長	9m (上流側：パネル工法 6m, 下流側：無機系表面被覆工法 3m)	10m (上流側：パネル工法 7m, 下流側：無機系表面被覆工法 3m)
更生前		
更生後		



図（６）－５ 試験施工フロー

(６)－２－２ 更生後の断面図

北海道美唄市 N水路における更生後の断面図を参考までに図（６）－６に示す。

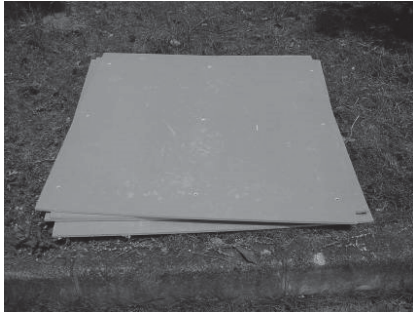
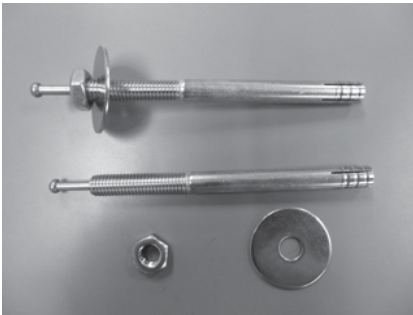


図（６）－６ 更生後の断面図例

(6) - 2 - 3 主な使用材料

試験施工に使用した主な使用材料を表 (6) - 3 に示す。

表 (6) - 3 主な使用材料

材料名称	材質又は形状	
強化プラスチック複合板 (FRPM板)	板厚：10mm 材質：FRPM 質量：20(kg/m ²) その他：底版は滑り止め仕様	
金属拡張式アンカーボルト	材質：SUS304 寸法：φ8 ナット：M8用低頭ナット ワッシャー：幅広タイプ (外径：φ30) その他：止水パッキン	
目地材	材質：1 成分湿気硬化型 ウレタン系	
中込材 (ポーラスコンクリート)	骨材粒径：7号碎石 (最大粒径6mm)	