

参考資料

研究成果報告書 研究項目別実施報告書

参考資料目次

資料1	ストパネ工法 接続金物形状変更報告書・・・・・・・・・・P	1
資料2	施工技術の高度化に関する報告書・・・・・・・・・・P	11
資料3	赤外線サーモグラフィ法による腐食鋼矢板のスクリーニング及び補修後施設の自主検査に関する報告書・・P	21
資料4	ストパネ工法 促進劣化・せん断付着試験報告書・・・・・・・・・・P	36
資料5	水砂噴流摩耗試験結果報告書・・・・・・・・・・P	46
資料6	ストパネ工法 水理試験報告書・・・・・・・・・・P	58
資料7	機能監視報告書(現場モニタリング評価)・・・・・・・・・・P	90
資料8	ストパネ工法 鋼矢板腐食に関する表面性状観察報告書・・・・・・・・・・P	98

資料1

ストパネ工法

接続金物形状変更報告書

平成 28 年 4 月

ジャパンライフ株式会社

藤村ヒューム管株式会社

株式会社 水倉組

1. 接続金物形状変更

1-1. 現行金物の設置方法及び形状変更の経緯

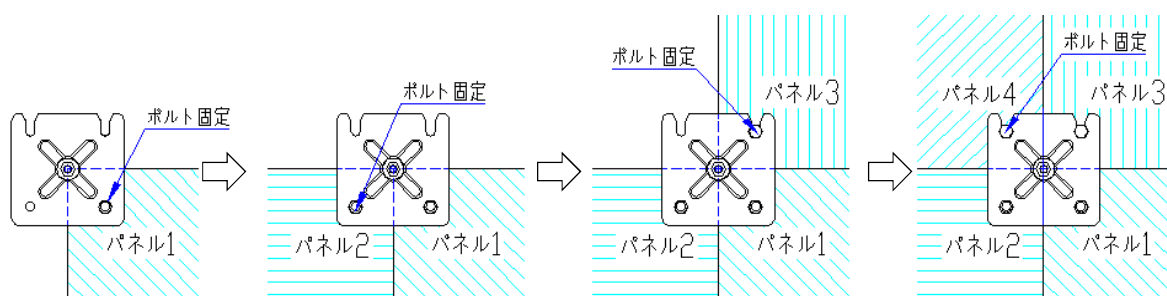
現行金物の設置方法は下図のように、4枚のパネル(50cmx50cm)の角部に順次固定用ボルトで金物を固定していくものである。

だが、施工担当者より最後のパネル4を固定する際には、狭く見えにくい奥の方に手を入れてボルトを締めなければならず、作業性が悪く作業体勢も不安定になりやすいという意見が上げられた。(2014年6月25日 打ち合わせにて)

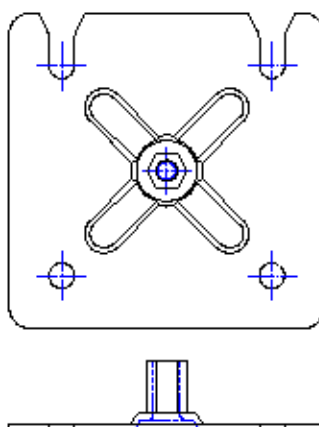
これを受けて「作業効率の向上」及び「作業時の安全性確保」を目的とした新型金物の開発を行うこととした。

現行金物における作業手順

- ① 1枚目のパネルを設置、金物を固定用ボルトで固定する。
- ② 以降同様にパネルの設置とボルトによる金物固定を繰り返す



現行金物略図

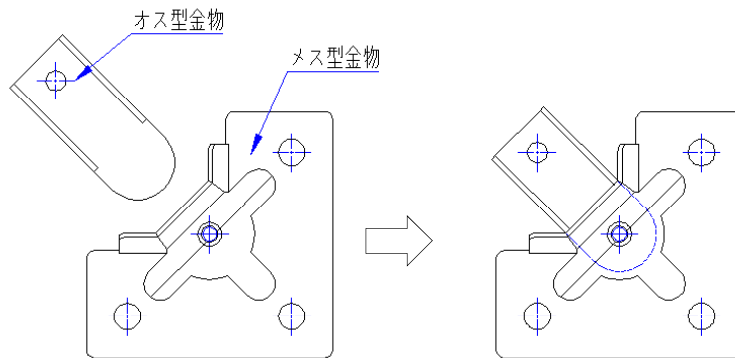


1-2. 改良新型金物の概要

現行金物において問題となるのは4枚目のパネルを固定する時だけであることより新型金物においては以下の方法を取ることにした。

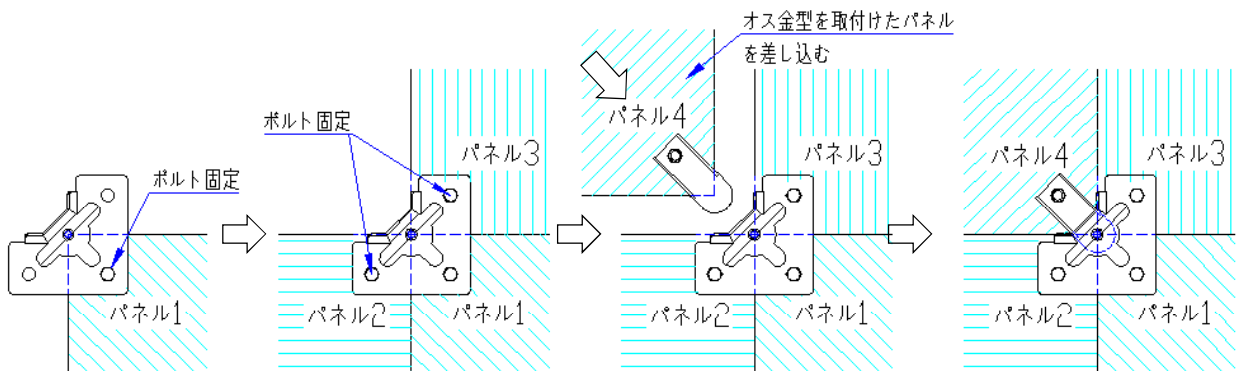
- ① 新型金物はメス型金物とオス型金物の二部品の組合せとする。
- ② 1枚目～3枚目までの固定はメス型金物を用いて現行金物と同様ボルト止めとする。
(1～3枚目の固定は容易である。)
- ③ 4枚目のパネルには予めオス型金物を固定しておき、パネル設置時にオス金物を差し込むだけで固定できるようにする。

新型金物概念図



新型金物における作業手順

- ③ 1枚目のパネルを設置、金物を固定用ボルトで固定する。
- ② 2～3枚目まで同様にパネルの設置とボルトによる金物固定を繰り返す
- ③ 4枚目のパネルには予めオス型金物を固定しておき、パネルごとメス型金物に差し込み固定する



これにより、4枚目のパネルを取り付ける場合にパネルをセットした後で無理な体勢で固定ボルトを締める必要がなくなり、作業性及び安全性の向上に寄与すると考える。

2. 設計荷重の設定

設計荷重は現行金物と同じ考えで打ち込みコンクリートの側圧とする。

コンクリートの打ち込み高さ $H=1.5\text{m}$

コンクリートの単位体積重量 $\gamma_c=24\text{kN/m}^3$

$$P = \gamma_c \times H = 24 \times 1.5 = 36\text{kN/m}^2$$

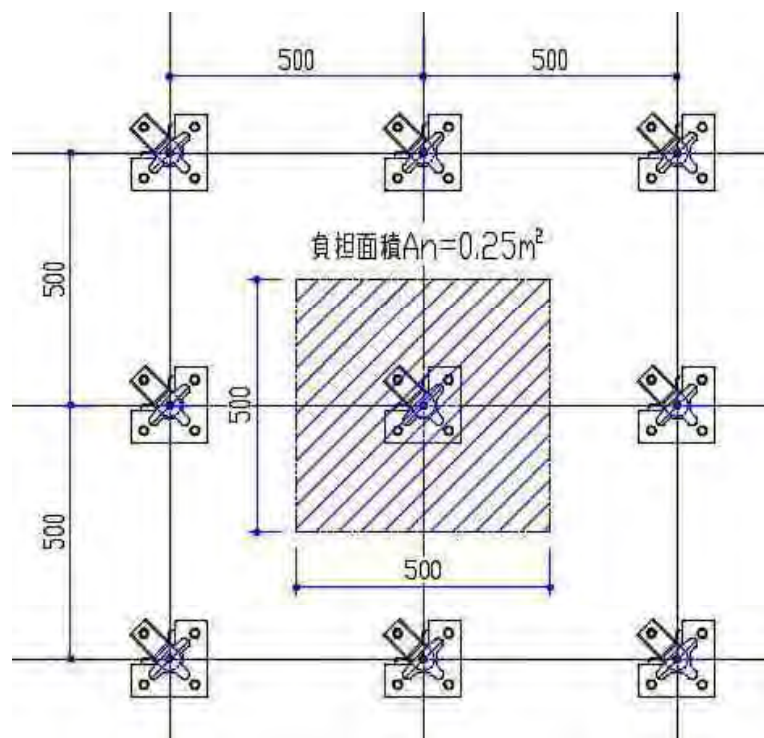
等変分布荷重で加わるが安全を考慮して等分布荷重で検討する。

金物 1 箇所当たりの負担荷重

負担面積 $A_n = 0.25\text{m}^2$

$$T = P \times A_n$$

$$= 36 \times 0.25 = 9\text{kN}$$



よって、金物 1 ヶ所あたり 9.0kN の側圧荷重を負担するものと仮定する。
これは現行金物の設計荷重と同一である。

3. FEM 解析による検討

実際の金物で試験を行う前に FEM（有限要素法）による解析を行い、材質及び形状の妥当性を確認する。

- ① 使用ソフトウェア : SolidWorks Simulation 2013
- ② 解析タイプ : 静解析
- ③ 設定材料 : 普通炭素鋼
- ④ 解析対象形状 : メス金物（3 点止め）2 種類 （ $t=3.2\text{mm}$, $t=4.5\text{mm}$ ）
オス金物（1 点止め）1 種類 （ $t=3.2\text{mm}$ ）

3-1）メス金物（3 点止め）の解析

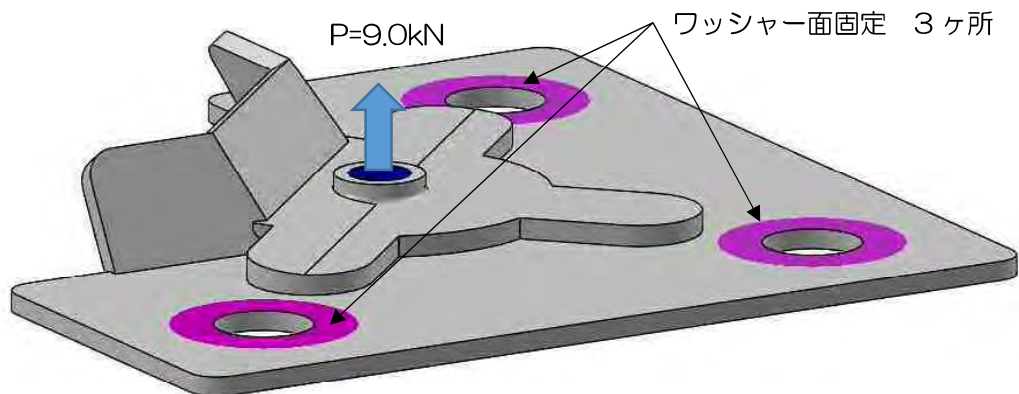
概 要

メス金物 1 ヶ所で作用荷重 $P=9.0\text{kN}$ を負担すると仮定する。

六角ボルトによるパネルへの固定をモデル化し、丸ワッシャ面 3 ヶ所を固定する。

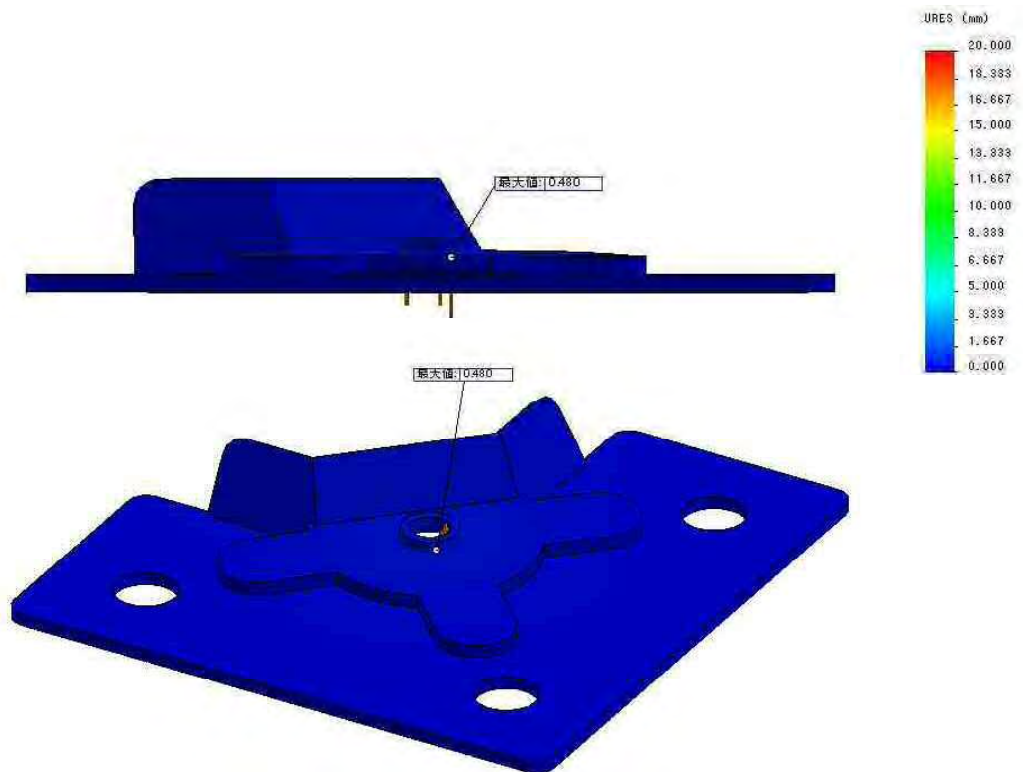
荷重は矢板との接続ボルト用メネジ部に 9.0kN を設定する。

概 念 図

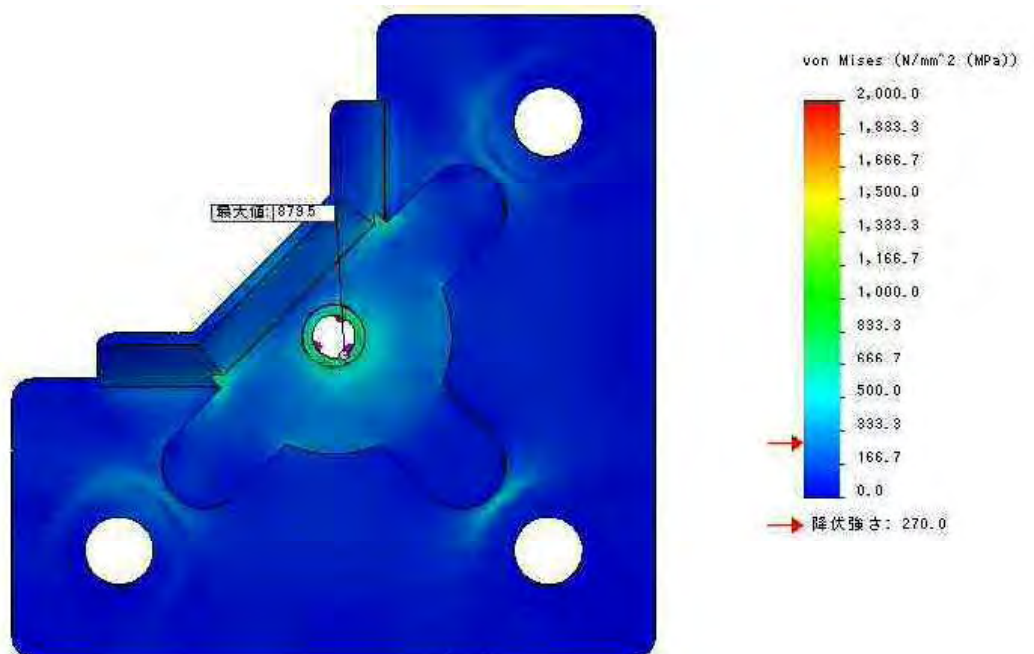


① 解析結果 (t=3.2mm)

変位量

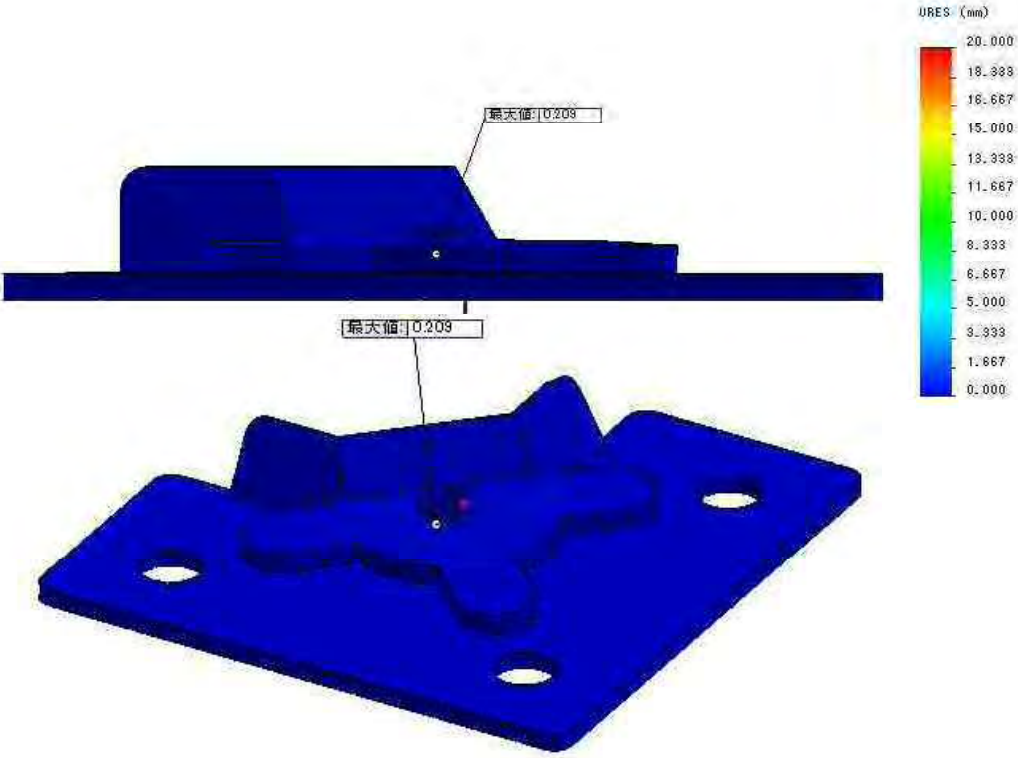


発生応力度 (VonMises)

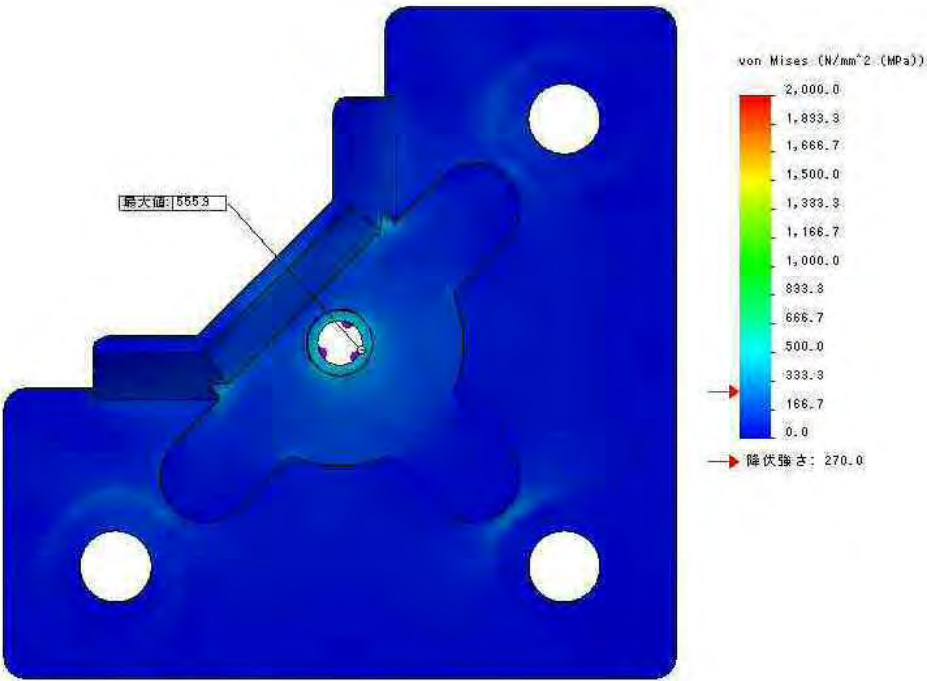


② 解析結果 (t=4.5mm)

変位量



発生応力度 (VonMises)



3-2) オス金物（1 点止め）の解析

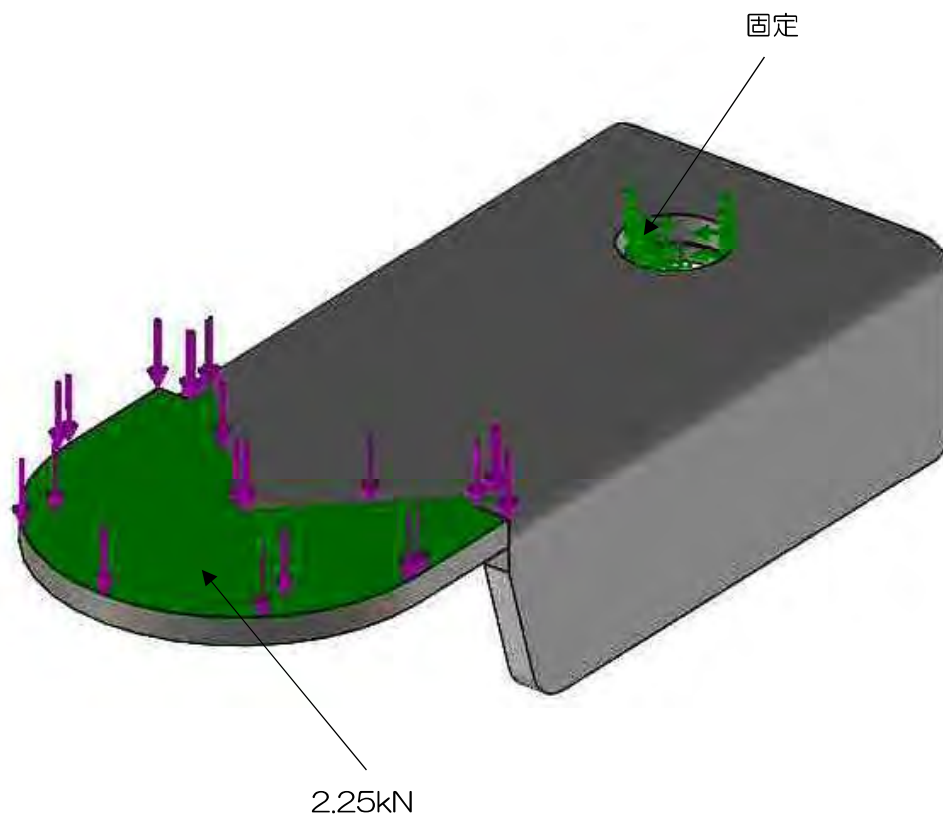
概 要

オス金物 1 ヶ所でパネル 1 枚分の作用荷重 $P=9.0\text{kN}/4=2.25\text{kN}$ を負担すると仮定する。

固定用ボルトからの加重をモデル化し、隣接パネル面に 2.25kN を設定する。

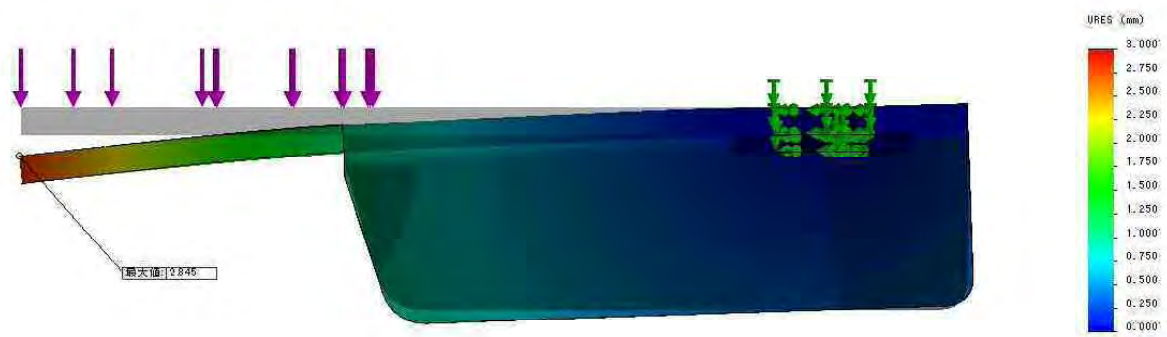
固定用ボルトねじ部を固定とする。

概 念 図

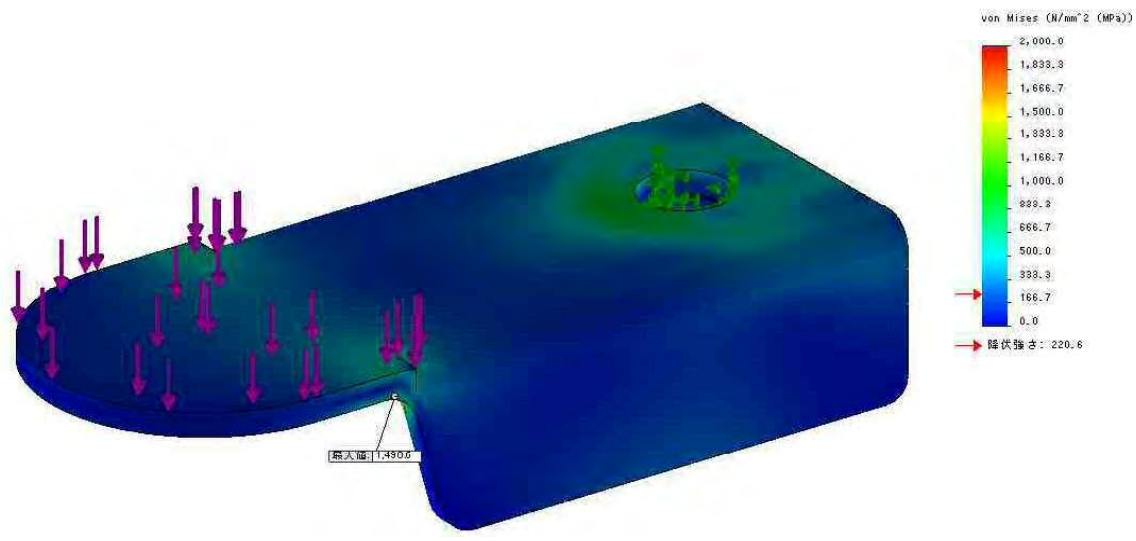


① 解析結果 (t=3.2mm)

変位量



発生応力度 (VonMises)



4. 引張試験

上記3. FEM 解析を踏まえ、金物のサンプル品にて引張試験を行い想定荷重に対する変形を確認する。

なお、メス金物については材質を2種類（SPCC270 及び SAPH440）とし、計3パターンの試験を行う。

- ① 使用機器 : 島津製作所 UH-F1000kNA アムスラー式万能引張試験機
- ② 試験体 : メス金物（3点止め）
- SPCC270 t=3.2mm
 - SAPH440 t=3.2mm
 - SAPH440 t=4.5mm
- オス金物（1点止め）
- SPCC270 t=3.2mm

試験結果

別添資料「ストパネ工法 3点止め金物ねじ部引張強度試験 試験報告書」及び「ストパネ工法 オス金物変位測定試験 試験報告書」参照のこと。
また、参考までに現行金物の「ストパネ工法用取付金物（立会）引張硬度試験 報告書」を添付する。

5. メス金物の仕様決定

現行金物との試験結果比較により、新型金物（メス金物）の仕様を決定する。

試験体名称	平均最大荷重 (kN)	備考
現行金物	15.000	高ナット拔出し
SPCC270 t=3.2mm	10.365	ねじ山剪断破壊
SAPH440 t=3.2mm	12.173	//
SAPH440 t=4.5mm	18.970	//

以上より、現行金物の平均最大荷重を上回る「SAPH440 t=4.5mm」にて仕様決定とする。

以 上

資料2

施工技術の高度化に関する報告書

平成 28 年 3 月

藤村ヒューム管株式会社
株式会社 水倉組
ジャパンライフ株式会社

本報告は、腐食鋼矢板水路の補修工法「ストパネ工法」の施工技術の高度化の確認のために実施した現地実証試験結果を報告するものである。

1. 現地実証試験の概要

1-1 事業名

平成 27 年度 ストックマネジメント技術高度化事業
軽量鋼矢板排水路劣化対策工法現地実証試験（以下、「実証試験」という。）

1-2 工期

平成 27 年 9 月 25 日～平成 28 年 1 月 29 日 （127 日間）

1-3 施工場所

新潟県新潟市江南区鶴ノ子 地内 山崎排水路

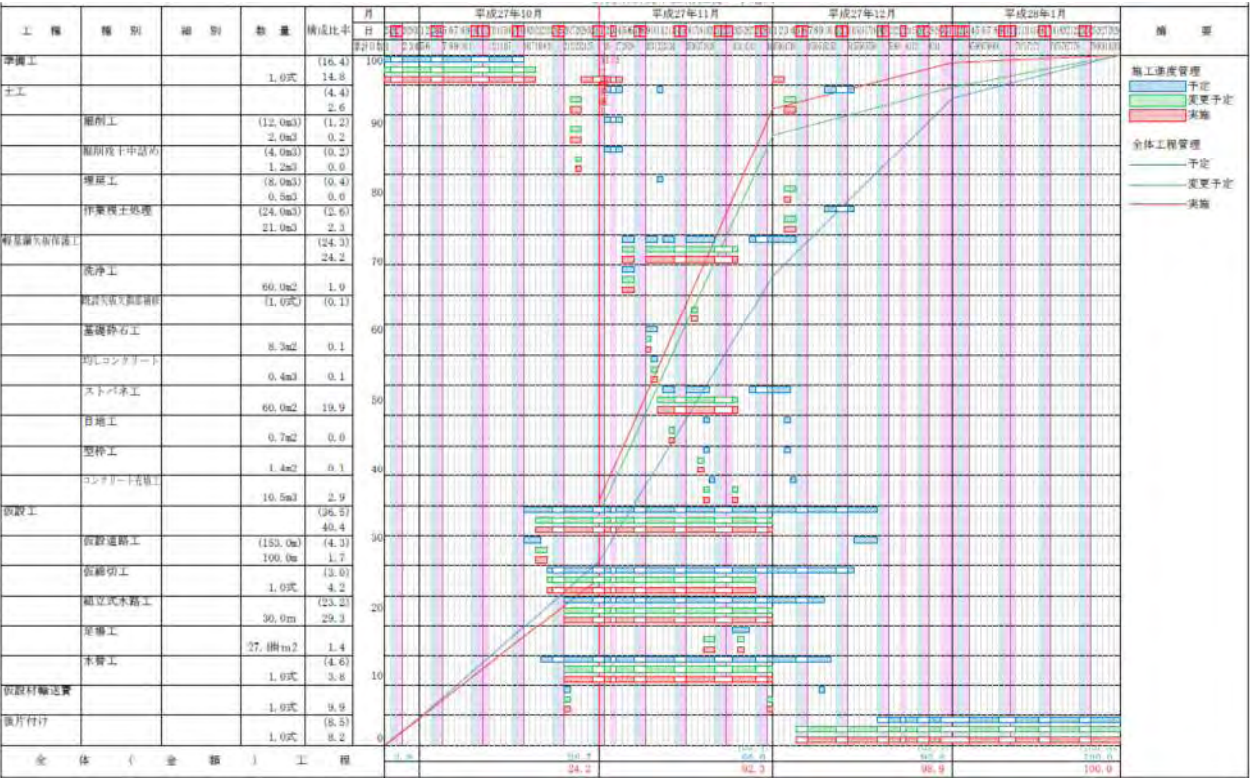
1-4 施工概要

- (1) 軽量鋼矢板保護工（ストパネ工法） 施工延長 15m×被覆高さ 2m×左右岸＝60m²
- (2) 組立式仮設水路 幅 1.3m×高さ 1.2m×30m

1-5 施工者

株式会社 水倉組

1-6 実施工程



2. 実証試験の目的

本技術は、耐久性に信頼性のある汎用資材のコンクリートに着目し、被覆コンクリートの前面に残存型枠の機能も有するプレキャストパネル（以下、「PCa パネル」という）を配置する構造である。これにより、施工性が向上し、迅速施工が期待できるため、既存技術と比較して有効性は高いと言える¹⁾。提案技術の確実かつ円滑な導入にあたり、実構造物を対象とした実証試験が不可欠である²⁾。本技術開発では、実証試験により以下の2課題を検討し「施工技術の高度化」を目的とした。

2-1 構築部材の軽量化を図る技術の開発

鋼矢板水路が供用される地域は、軟弱地盤であることから、被覆コンクリート自重による鋼矢板の変位挙動への影響が懸念される（図-1）。過去の施工実績施設のモニタリング調査により、変位挙動が無い事を確認しているが、更に、本技術の信頼性を高めるため、接続金具の改良により施工性を損なわない範囲で被覆コンクリートの厚さを抑えて、軽量化と施工性の向上を両立させた。

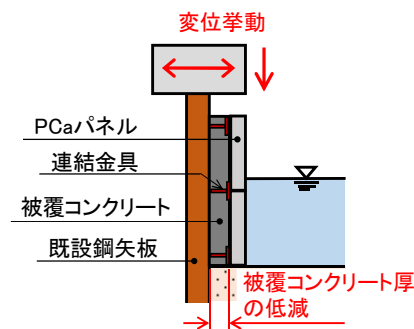


図-1 施工断面図

2-2 流水条件下での迅速施工法の開発

鋼矢板水路の補修は、秋冬期の非かんがい期に集中して施工されることから、気象や水利環境に影響されない迅速な施工が求められる。補修作業にあたっては、水路内の作業範囲を断水状態に保つため、作業範囲を締切り、流水を切廻しする仮排水対策（仮締切）が必要となる。この補修作業範囲の確保のための効率的な水の仮廻し計画が鋼矢板水路の補修工法の共通の課題となっている。そこで一般的に用いられてきた大型土のうによる仮排水対策と、鋼製組立式仮設水路を活用した仮排水対策との比較により、流水環境における施工環境の確保と迅速施工を確立した（写真-1）。

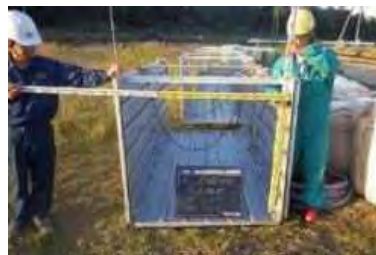


写真-1 鋼製組立式仮設水路

3. 実証試験の結果

3-1 構築部材の軽量化を図る技術の開発

1) 接続金具の改良による被覆コンクリート厚の低減

被覆するコンクリート厚さを低減するため、本技術の構築部材である連結金具を新たに開発し、実施工による効果の検証を実施した。

新型および従来型の連結金具を写真-2、連結金具による PCa パネルの設置手順を図-2 に示す。従来型の金具は、隣接する PCa パネル 4 枚をボルトで固定する構造である。最後に設置する PCa パネル（図-2「Case2 従来型 パネル 4」）のボルト固定は、PCa パネルの裏側で作業するため作業スペースとして 100 mm 程度の確保が必要となる。この作業スペースの確保のため、被覆コンクリートの最小厚さは 100 mm が限度であった。また、目視での作業ができないため作業性にも課題があった。以上より、PCa パネルの裏側での固定作業の改善を含めて被覆コンクリート厚を低減できる、新たな連結金具を開発した。

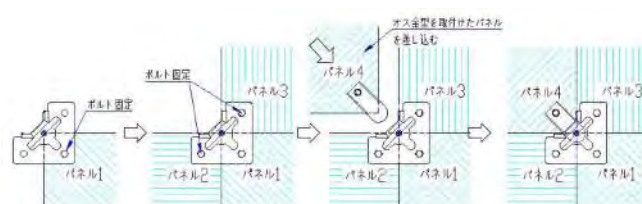


Case1 新型金具

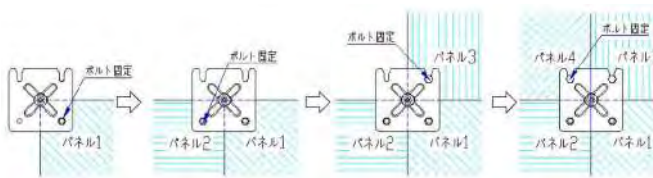


Case2 従来型金具

写真-2 連結金具



Case1 新型金具



Case2 従来型金具

図-2 プレキャストパネルの設置手順

新型の連結金具の設置手順は、3枚目のPCaパネルの設置までは、従来型と同様にボルトにて固定し、最後に設置するPCaパネル（図-2「Case1 新型 パネル4」）を差し込み方式で設置する方式とした。これにより、作業員が目視できないPCaパネル裏側でのボルト固定作業を無くして作業効率を高めると共に、作業スペース確保による被覆コンクリート厚低減の制約を無くした。

新型の連結金具の実用性および効果の検証を実証試験にて実施した。実証試験による成果を表-1に示す。被覆コンクリート厚さは、従来型の100mmに対して、新型は60mmに低減することができた（図-3）。これによって、被覆コンクリート厚は40%低減、被覆コンクリート自重は23%低減することができた。



Case1 新型金具



Case2 従来型金具

図-3 被覆コンクリート厚の実証

表-1 新型金具によるコンクリート被覆厚の低減効果

項目	単位	新型金具	従来型金具	低減率
被覆コンクリート厚	cm	6.0	10.0	40 %
被覆コンクリート重量	kN/m ²	3.3	4.3	23 %

2) 接続金具の改良による施工性の向上

図-4（A）に示す施工歩掛調査票により、実際の施工に要した日数および人工数を集計し、新型金具の施工性を調査した。その結果、PCaパネルの裏側での固定作業を無くしたことで、PCaパネル設置の作業性も向上し、従来型の固定作業に対して、17%の作業短縮を実現した（表-2）。

表-2 新型金具によるPCaパネル設置時間の短縮効果

項目	単位	新型金具	従来型金具	短縮率
PCaパネル設置作業時間	min/m ²	40	48	17 %

※新型金具の日当たり施工面積 10m²/日より算出

$$m=60 \div (10 \div 8) = 48$$

従来型金具の日当たり施工面積 12m²/日より算出

$$m=60 \div (12 \div 8) = 40$$

軽量鋼矢板排水路劣化対策工法現地実証試験 腐食対策工 調査表

作業年月日2015年11月12日(木)(天候 晴)

使用材料	プレキャストパネル・取付金具	使用数量	10	単位	m2	使用材料		使用数量		単位	
作業内容	プレキャストパネル設置工	実施工数量	10	単位	m2	作業内容		実施工数量		単位	

作業内訳

作業者名	職 種	作業内容	作業時間	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	実作業時間
				時 分													
H.O	溶接工	作業内容															
		作業時間															
N.T	溶接工	作業内容															
		作業時間															
Y.K	普通作業員	作業内容															
		作業時間															
		作業内容															
		作業時間															
		作業内容															
		作業時間															

使用機械器具内訳

機器名称	規 格	台数	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	実運転時間
エンジン溶接機	150A	2														6:30
バックホウ	0.7m3	1														0:15

・作業内容は右の枠内から番号を選んで記入する。
・実作業時間には休憩・休息時間は含めない。

作業内容 (※工法により適宜変更する)

準備工
2. 跡片付け
3. 施設現地調査 (下地処理等含む)
4. 高圧洗浄工
5. 基礎砕石工
6. 底版パネル設置工
7. プレキャストパネル設置工

コンクリート打設工
養生工
作業指導・指示・調整等
休憩・休息等
その他 (作業内容を記入する)

特記事項

(A) ストパネ工法 (Case1 新型金具使用の場合)

山崎排水路 鋼矢板排水路腐食対策工 調査表

作業年月日平成23年 3月6日(日)(天候 曇)(温度6℃)(湿度 65 %)

使用材料	ウレタン系吹付材	使用数量	240	単位	kg	使用材料	速乾型プライマー	使用数量	13	単位	kg
作業内容	ライニング吹付	実施工数量	57	単位	m ²	作業内容		実施工数量		単位	

作業内訳

作業者名	職 種	作業内容	作業時間	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	実作業時間
				時 分													
M.S	世話役	作業内容															
		作業時間															
Y.S	塗装工	作業内容															
		作業時間															
N.N	塗装工	作業内容															
		作業時間															
R.T	塗装工	作業内容															
		作業時間															
G.N	塗装工	作業内容															
		作業時間															
		作業内容															
		作業時間															

使用機械器具内訳

機器名称	規 格	台数	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	実運転時間
発電機	25 kW	1														
マシ ン	100V	1														
吹付専用機	200V	1														
コンプレッサー	7 kW	1														

・作業内容は右の枠内から番号を選んで記入する。
・実作業時間には休憩・休息時間は含めない。

作業内容 (※工法により適宜変更する)

1. 準備
2. 跡片付け
3. 施設現地調査 (下地処理等含む)
4. 洗浄工
5. 下塗 (1,2回目を記入する)
6. プライマー
7. ライニング

8. トップコート
9. 養生 (中間、最終)
10. 作業指導・指示・調整等
11. 休憩・休息等
12. シール工
13. 止水工
14. その他 (作業内容を記入する)

特記事項

(B) 有機系被覆工法

図-4 補修工法別の施工歩掛調査票 (例)

3) まとめ

以上の成果から、既設鋼矢板の被覆補修工の全工程における経済性と工程短縮の効果を検証した。比較技術の断面図を図-5に示す。比較技術は、本技術（PCaパネルとコンクリート被覆）のCase1 新型金具を用いた場合とCase2 従来金具を用いた場合、そして従来技術であるCase3 有機系被覆工法の3ケースについて実施した。有機系被覆工法の工程別施工日数は、図-4（B）に示す有機系被覆工法の施工歩掛調査票により集計した。

施工歩掛調査票により算出した単位面積当たりの施工日数を表-3に示す。各被覆補修工法の工程を比較した結果を表-4に示す。その結果、Case1 新型金具の工程短縮は、Case2 従来型金具に対して9%の低減、Case3 有機系被覆に対して13%の低減効果を得た。

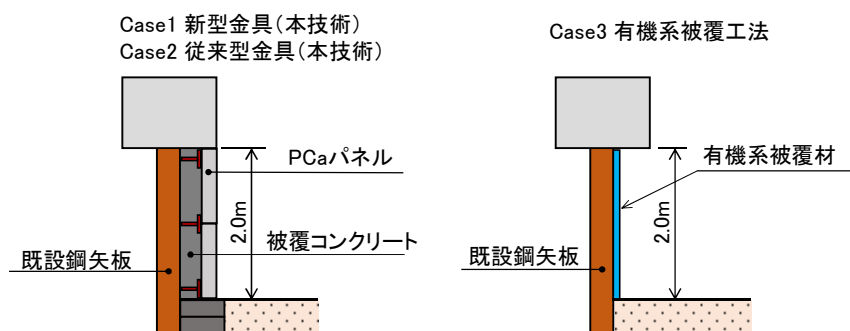


図-5 被覆補修工の比較断面図

表-3 施工歩掛調査票により算出した単位面積当たりの施工日数

①実証試験結果

	新型	従来型(換算値)	
施工面積 (m2)	60m2	60m2	低減率
洗浄工	1.5日	1.5日	0%
基礎砕石工	0.5日	0.5日	0%
均しコンクリート工	1.0日	1.0日	0%
プレキャストパネル設置工	6.5日	7.8日	17%
目地板設置工	0.5日	0.5日	0%
コンクリート打設工	1.0日	1.0日	0%
合計	11.0日	12.3日	11%

②100m2当り換算値

	新型	従来型(換算値)	
施工面積	100m2	100m2	低減率
洗浄工	3日	3日	0%
基礎砕石工	1日	1日	0%
均しコンクリート工	2日	2日	0%
プレキャストパネル設置工	11日	13日	13%
目地板設置工	1日	1日	0%
コンクリート打設工	2日	2日	0%
合計	20日	22日	9%

③200m2当り換算値

工種	新型	従来型	低減率
仮囲い工			
洗浄工・下地処理工	6日	6日	0%
基礎工	6日	6日	0%
被覆工	28日	32日	13%
合計	40日	44日	9%

※2011年歩掛り調査資料

ウレアウレタン吹付工法	
施工面積 (m2)	237m2
仮囲い設置・撤去	5.0
高圧洗浄工	4.0
調査、下地工	1.0
シーリング工	1.0
止水工	6.0
下塗り工	3.0
養生材設置撤去	1.0
プライマー塗布	5.0
ライニング吹付	5.0
トップコート塗布	1.0
養生材撤去	1.0
合計	33.0

ウレアウレタン吹付工法			
※吹付実面積	141m2	日数	低減率
仮囲い設置・撤去	3日	3日	—
高圧洗浄工	3日		
調査、下地工	1日	9日	—
シーリング工	1日		
止水工	4日		
下塗り工	2日		
養生材設置撤去	1日		
プライマー塗布	3日	11日	—
ライニング吹付	3日		
トップコート塗布	1日		
養生材撤去	1日		
合計	23日	23日	13%

ウレアウレタン吹付工法	低減率
6	—
18	—
22	—
46	13%

表-4 各被覆補修工法の工程比較結果

■施工規模：高さ 2.0 m×延長 100 m＝200 m² 当り

工 程	プレキャストパネルとコンクリート被覆		Case3 有機系被覆 (従来技術)
	Case1 新型金具	Case2 従来型金具	
仮囲い工	-	-	6 日 -
洗浄工・下地処理工	6 日	6 日 (0%)	18 日 -
基礎工	6 日	6 日 (0%)	- -
被覆工	28 日	32 日 (13%)	22 日 -
合 計	40 日	44 日 (9%)	46 日 (13%)

※1.仮囲い工は、Case3有機系被覆(従来技術)施工の際の鋼矢板乾燥作業時に必要。

※2.表中の括弧は、新型金具の低減率を示す。

農林水産省土地改良工事積算基準³⁾より算出した 200m²当りの施工費を集計した結果を表-5 に示す。ウレタン系樹脂表面被覆工法の面積が 282m² となっているのは、鋼矢板表面の凹凸を加味しているためである。

表-5 各被覆補修工法の施工費（200m² 当り）

工費 高さH2.0×延長L100m(鋼矢板 I A)

■従来型金具

名称	数量	単位	単価	金額
高压洗浄工	200	m2	1,068	213,600
基礎砕石工	26.5	m2	942	24,963
Co人力打設	1.325	m3	18,010	23,863
材料費	200	m2	9,090	1,818,000
ストパネル施工費※1	200	m2	10,760	2,152,000
目地板設置	3.7	m2	1,674	6,194
Coポンプ車打設	37	m3	16,260	601,620
			合計	4,840,240
			m2当り	24,201

■新型金具

名称	数量	単位	単価	金額
高压洗浄工	200	m2	1,068	213,600
基礎砕石工	22.5	m2	942	21,195
Co人力打設	1.125	m3	18,010	20,261
材料費	200	m2	10,500	2,100,000
ストパネル施工費※2	200	m2	9,770	1,954,000
目地板設置	2.9	m2	1,674	4,855
Coポンプ車打設	29	m3	16,260	471,540
			合計	4,785,451
			m2当り	23,927

■有機系被覆

名称	数量	単位	単価	金額
仮囲い工	542	m2	1,797	973,974
洗浄工	282	m2	3,415	963,030
下地処理	500	m	484	242,000
プライマー	282	m2	1,577	444,714
表面被覆工	282	m2	9,740	2,746,680
			合計	5,370,398
			m2当り	26,852

次に経済性の比較を行った結果を表-6に示す。経済性は、Case1 新型金具を用いた場合、Case2 従来金具に対して1%の低減となった。また、Case3 有機系被覆工法に対して11%低減の効果を得た。

表-6 各被覆補修工法の経済性比較結果

■施工規模：高さ 2.0 m×延長 100 m＝200 m² 当り

工 程	プレキャストパネルとコンクリート被覆		Case3 有機系被覆 (従来技術)
	Case1 新型金具	Case2 従来型金具	
仮囲い工	-	-	97.4 万円 -
洗浄工・下地処理工	21.4 万円	21.4 万円 (0%)	120.5 万円 -
基礎工	4.1 万円	4.9 万円 (16%)	- -
防食被覆工	453.0 万円	457.8 万円 (1%)	319.1 万円 -
合 計	478.5 万円	484.1 万円 (1%)	537.0 万円 (11%)

※1.仮囲い工は、Case3有機系被覆(従来技術)施工の際の鋼矢板乾燥作業時に必要。

※2.表中の括弧は、新型金具の低減率を示す。

3-2 流水条件下での迅速施工法の開発

従来の仮締切は、図-6に示すように、大型土のうを使用して仮締切して作業範囲を確保していた。この方式では、片岸ずつ交互に施工するため作業効率が悪く、また仮締切撤去の際に土のう袋および中詰土を廃棄物処分する必要があった。この解決策として鋼製組立式仮設水路の適用を検証し、図-7に示す実証試験を実施した。実証試験では、工期の短縮効果、仮設費の低減効果および産業廃棄物処分費の低減効果について検証した。

実証試験結果より算出した図-8の比較断面による効果を表-7、表-8に示す。表-7の経済性効果として仮設工の工費を11%低減、産廃処分費用を97%低減し、仮締切工の合計費用を18%低減することができた。また、表-8の工程短縮効果として仮締切工に関わる施工日数を77%低減、鋼矢板水路の補修に関わる工程を50%短縮することができた。ここで、鋼矢板水路の補修に関わる工程短縮は、組立式仮設水路の場合、補修工が兩岸同時に施工できることによる効果である。



図-6 大型土のうによる仮締切



図-7 鋼製組立式仮設水路による仮締切

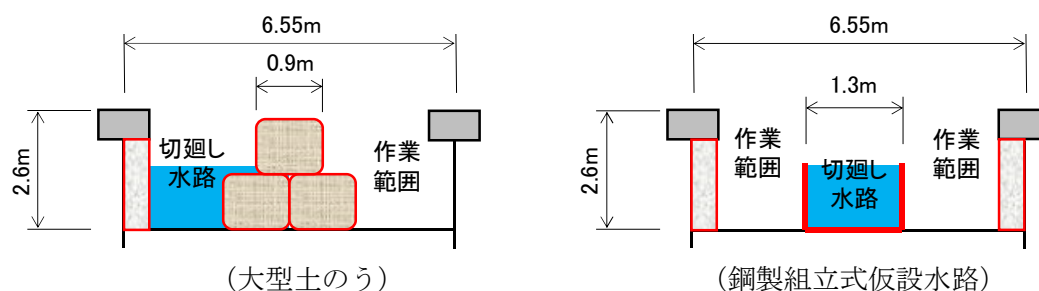


図-8 仮締切工の比較断面図

表-7 鋼製組立式仮設水路の経済性効果

■施工規模：延長 100m 当り

工程		鋼製組立式水路	大型土のう	低減率
仮締切工	仮設工	604.6 万円	676.2 万円	11%
	産廃処分	2.2 万円	65.5 万円	97%
	合 計	606.8 万円	741.7 万円	18%

表-8 鋼製組立式仮設水路の工程短縮効果

■施工規模：仮締切工 延長 100m 当り

鋼矢板補修工 高さ 2.0 m×延長 100 m×両岸＝400 m² 当り

工程		鋼製組立式仮設水路	大型土のう	低減率
仮締切工	土のう工	1.1 日	19.5 日	-
	鋼製組立式仮設水路工	2.7 日	-	-
	水替ポンプ工	1.2 日	2.4 日	-
	合 計	5.0 日	21.9 日	77%
鋼矢板補修工※	左岸	40.0 日	40.0 日	-
	右岸		40.0 日	-
	合 計	40.0 日	80.0 日	50%

※鋼矢板補修工は、表-3「Case1 新型金具」の工程日数で検討した場合。

参考文献

- 1) 長崎文博，鈴木哲也，小林秀一，佐藤弘輝：コンクリート二次製品を活用した鋼矢板水路の保全対策，農業農村工学会誌，83(10)，pp. 831-834，2015.
- 2) (一社) 農業土木事業協会：農業水利施設の長寿命化のための手引き，pp. 1_1-5_57，2015.
- 3) 農林水産省農村振興局：農林水産省土地改良工事積算基準（土木工事），農業農村整備情報総合センター，2015.