

# 原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の開発 (PCV下部補修)

## ベント管止水とS/C内充填止水の概要と課題

平成28年9月20日 (廃炉地盤工学会)

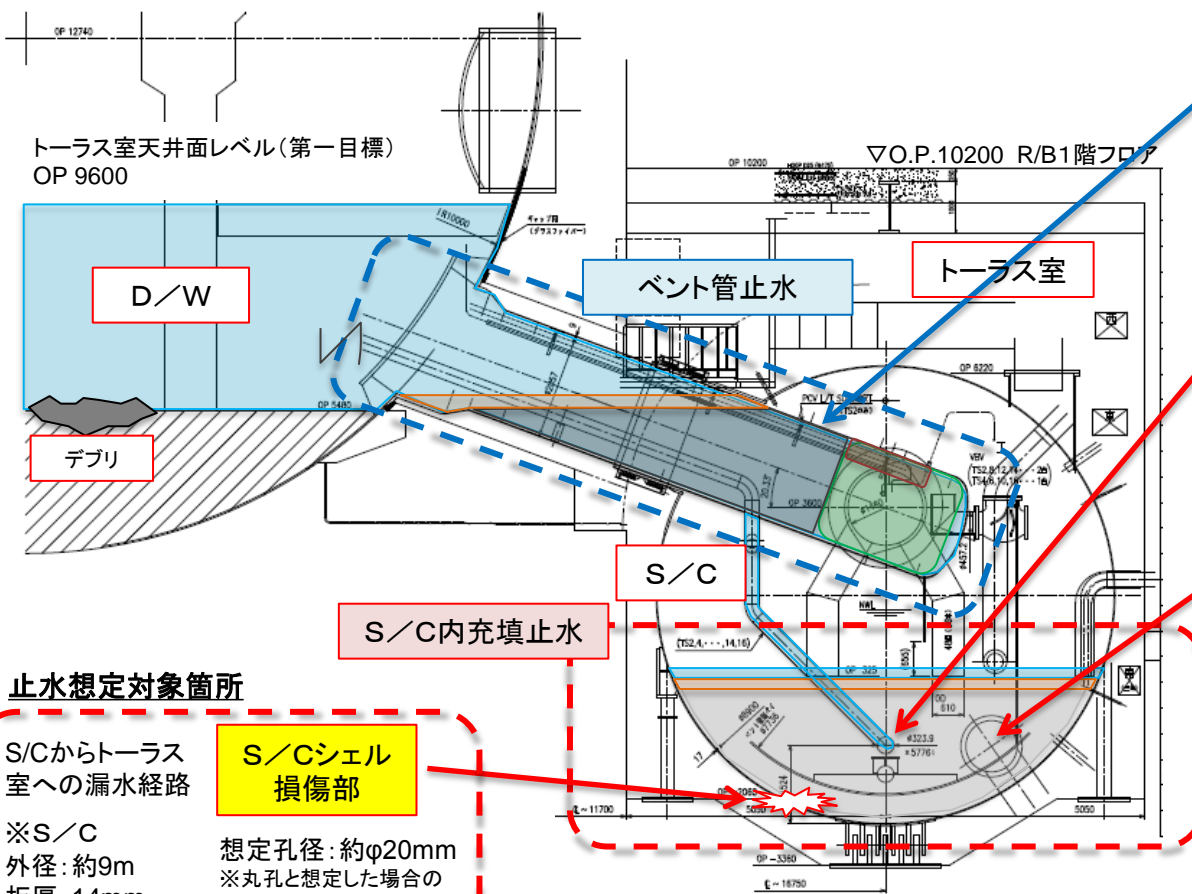
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

# 1. PCV下部止水の概要

# 1. PCV下部止水の概要

## (1)目的

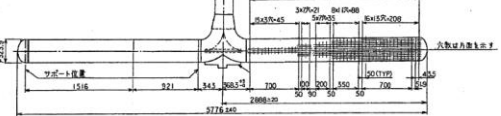
燃料デブリ取出しのためにD/W内に水張りし、放射線の遮へい、ダストの飛散防止、冷却維持、高濃度汚染水の閉じ込めを目的とする。また、将来的に漏えいリスクが懸念されるS/Cを冠水保有範囲から切り離す。



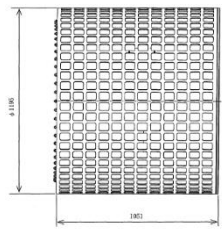
### 止水対象機器

**ベント管** S/C内への流水経路  
 外径: φ2057mm  
 板厚: 9mm  
 箇所数: 8本  
 材質: 炭素鋼

**クエンチャ** D/W側のMS真空破壊弁からS/C内への流水経路  
 外径: φ323.9mm  
 表面孔: φ9.9mm  
 箇所数: 8箇所



**ストレーナ** 当該箇所からの系統漏えい  
 最大外径: φ1195mm  
 多孔板: φ1.6mm  
 箇所数: 4箇所



### 止水想定対象箇所

S/Cからトラス室への漏水経路

**S/Cシェル 損傷部**

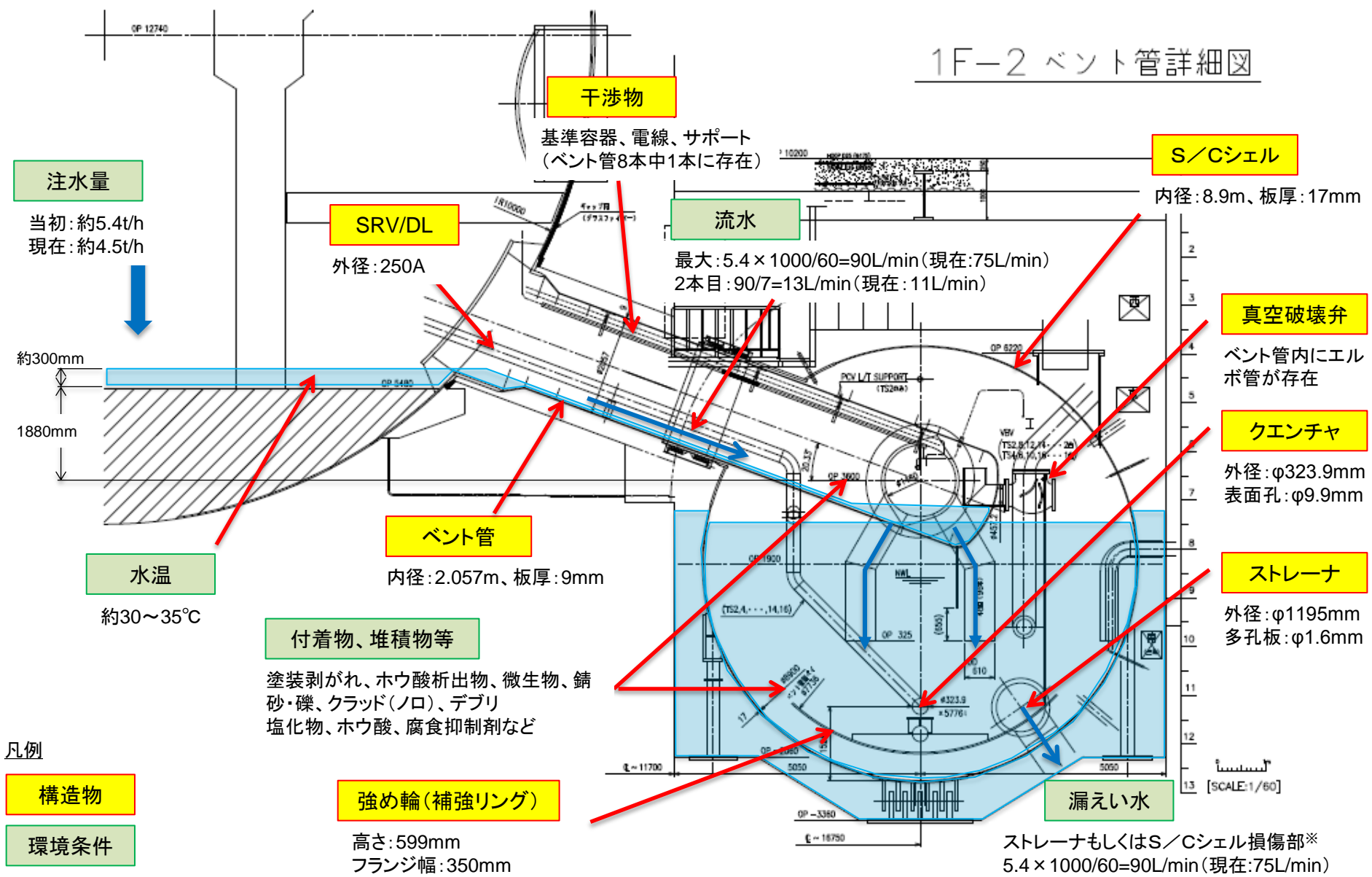
※S/C  
 外径: 約9m  
 板厚: 14mm  
 材質: 炭素鋼

想定孔径: 約φ20mm  
 ※丸孔と想定した場合の換算径(机上検討)  
 ※1F-2のみ

図 PCV下部補修の概要(1F-2の例)

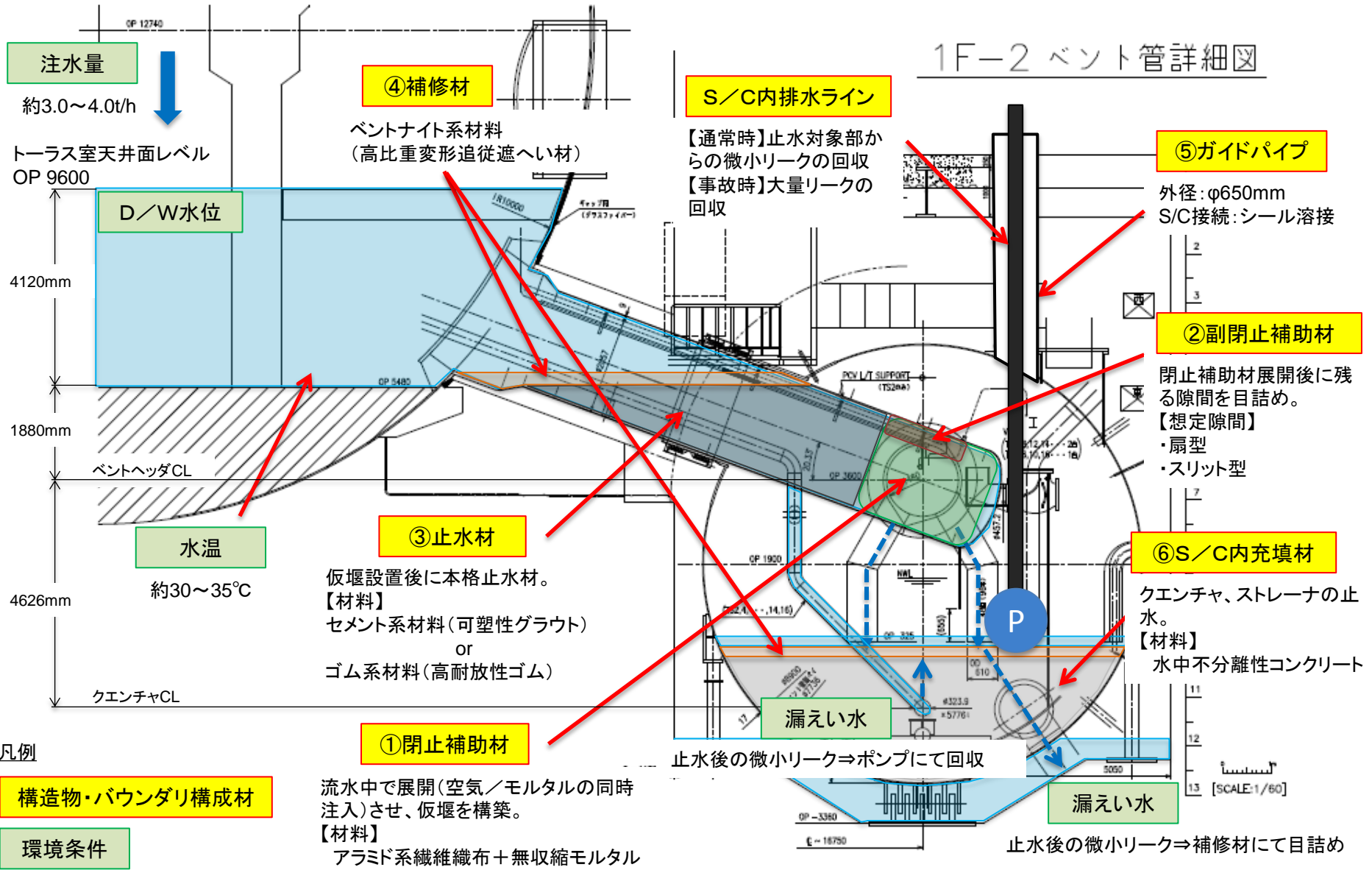
ダウンカマ、真空破壊弁の止水は、S/C脚部の耐震裕度低下要因であることから中断。

# 1. PCV下部止水の概要(1F-2の現状と将来想定条件【現状】)



\*S/Cシェル損傷部: 丸孔換算で $\phi 20\text{mm}$ 程度と想定

# 1. PCV下部止水の概要(1F-2の現状と将来想定条件【将来】)



- 凡例**
- 構造物・バウンダリ構成材
  - 環境条件

流水中で展開(空気/モルタルの同時注入)させ、仮堰を構築。  
**【材料】**  
 アラミ系繊維織布+無収縮モルタル

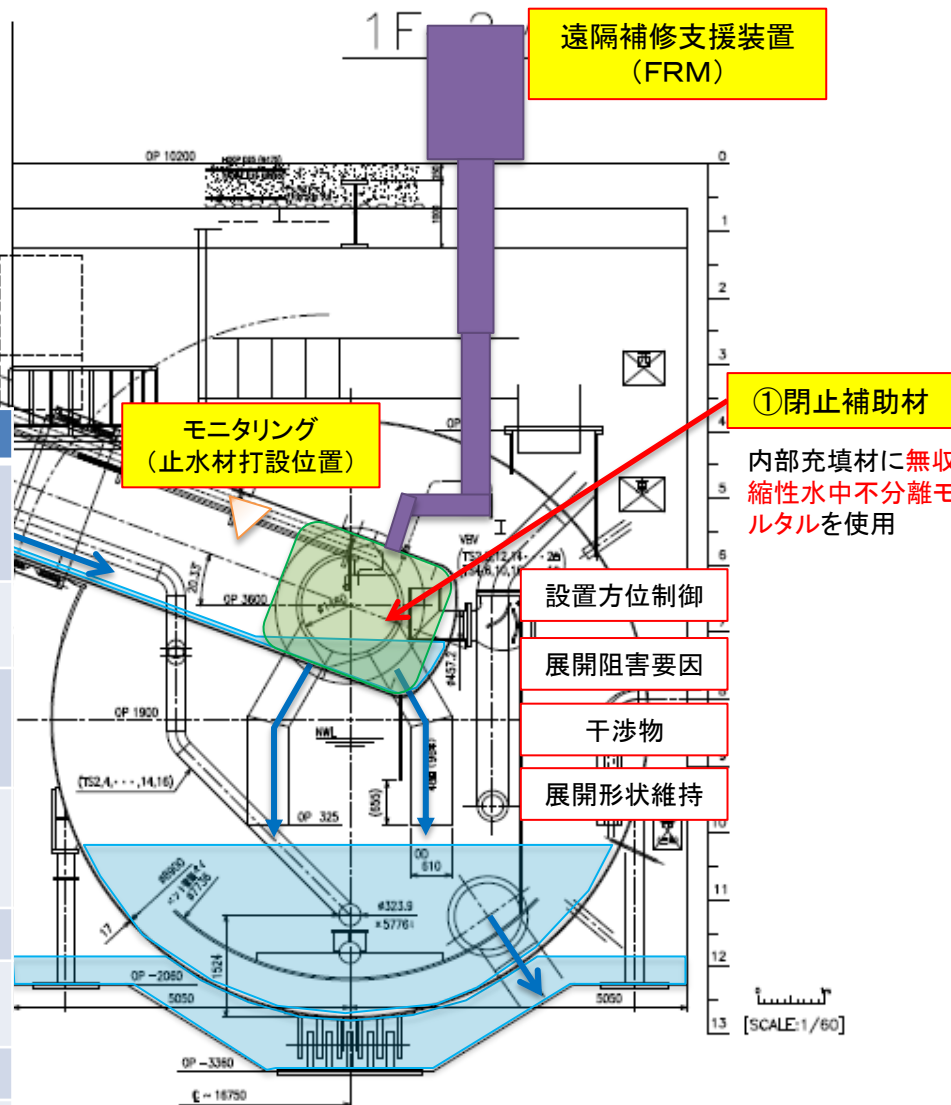
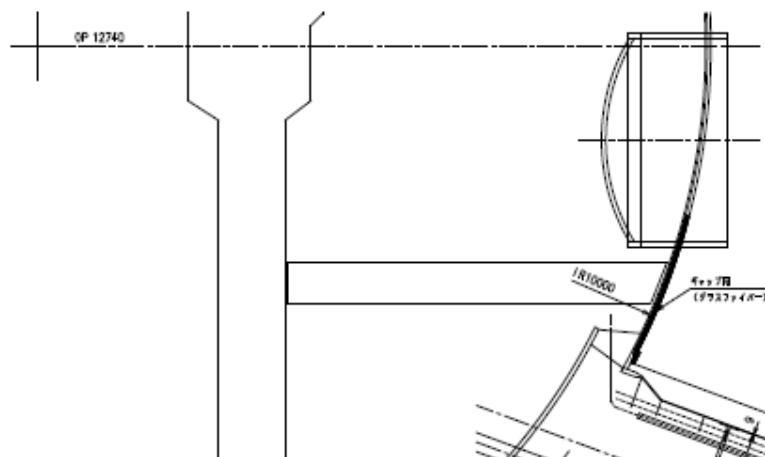
止水後の微小リーク⇒ポンプにて回収

止水後の微小リーク⇒補修材にて目詰め

## 2. ベント管止水工法の主な要求性能(課題)

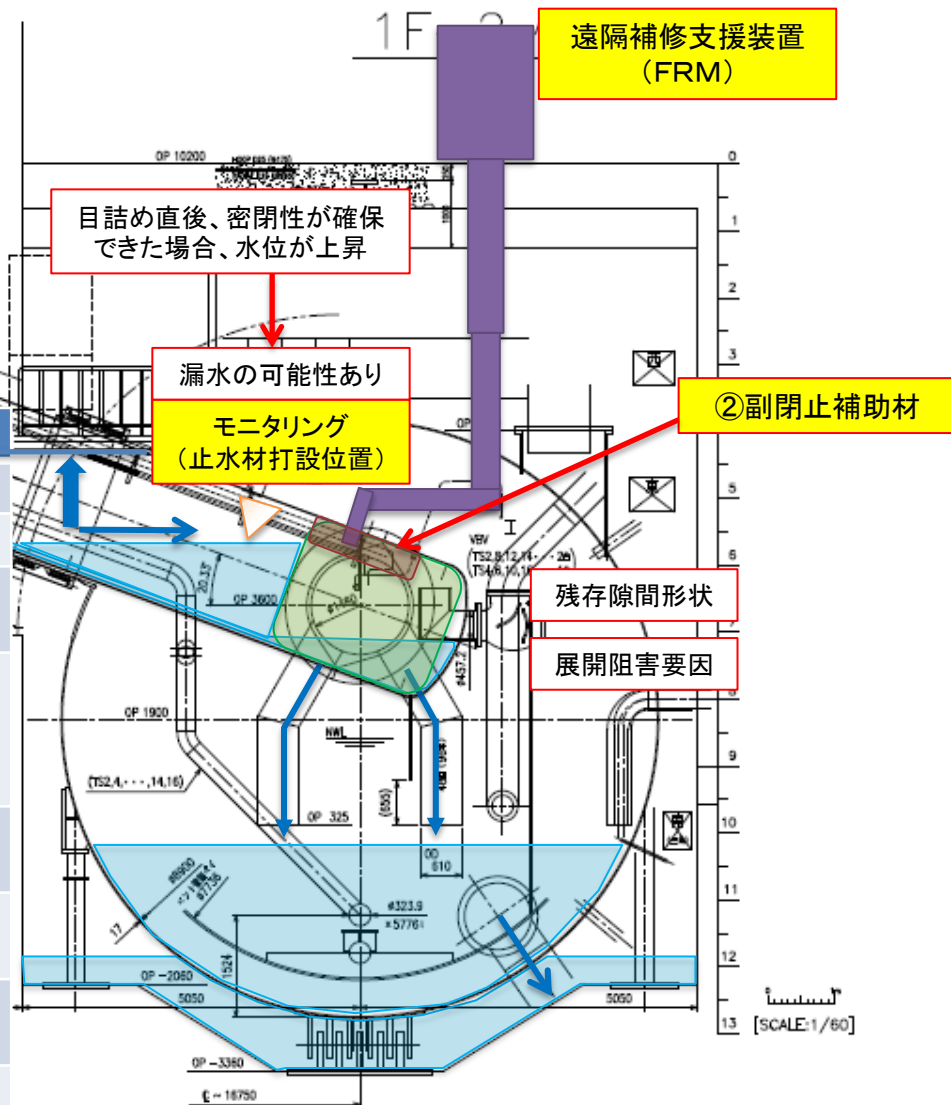
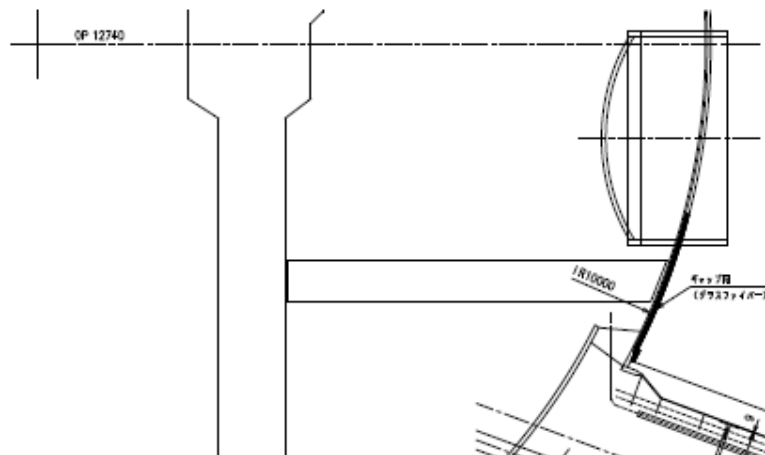


## 2. ベント管止水工法の主な機能要求 【①閉止補助材】



No.	機能要求(課題)	対策(計画)
1	搬送・挿入時のコンパクト化 (形状φ250×L500以内、重量40kg以下)	高強度布材の採用。 (ケブラー⇒ザイロン)
2	設置時の方位制御	三方向アームの採用。 FRM先端ツールの接続制御。
3	展開形状の維持	初期展開時にベント管軸方向(上流側)に十分に入り込ませるための固縛解除機構を詳細検討。
4	展開阻害要因の排除	ベント管内面の付着物に対する要素試験。排除検討(未検討)。 想定外干渉物の事前確認。
5	干渉物の突き刺さり防止	想定箇所の布材補強。強度向上。
6	展開時のモニタリング	止水材打設位置からのカメラ監視。 視野確保、展開完了判断の検証。
7	展開時の歪み抑制	空気／モルタル同時注入。
8	モルタルの長距離圧送性	長距離圧送試験にて検証。

## 2. ベント管止水工法の主な機能要求 【②副閉止補助材】

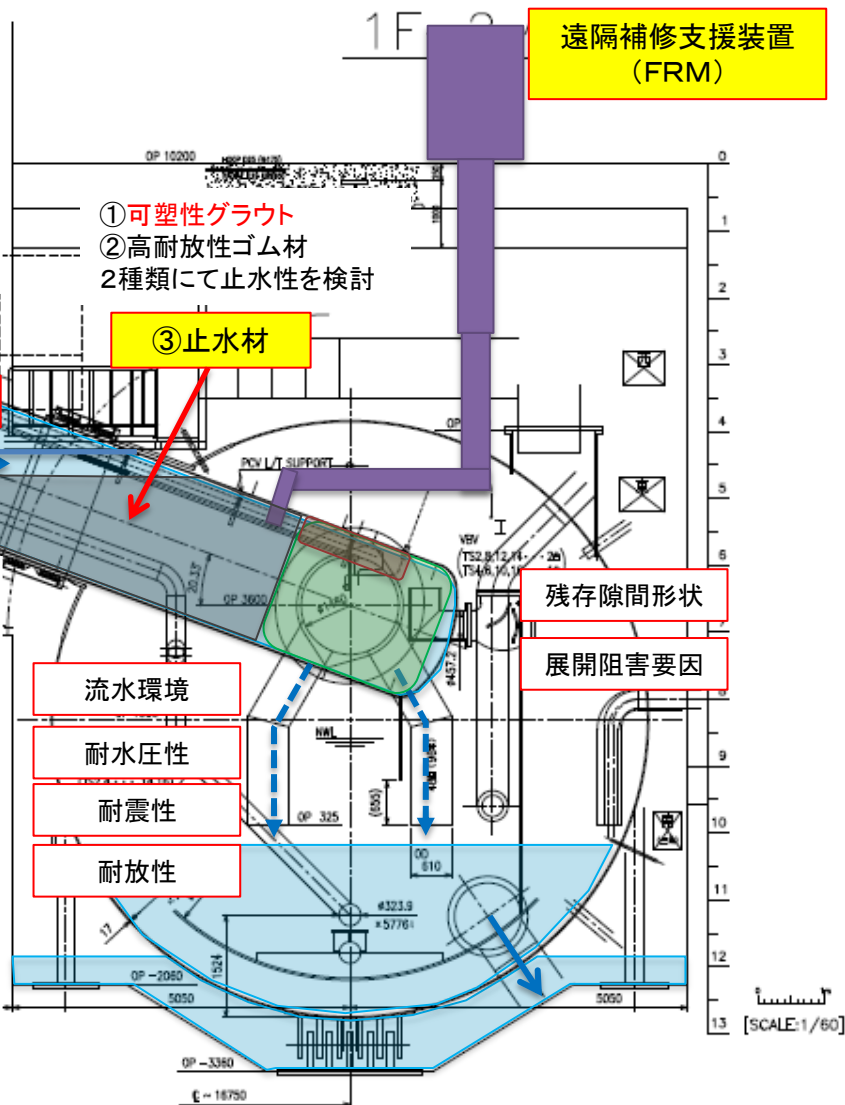
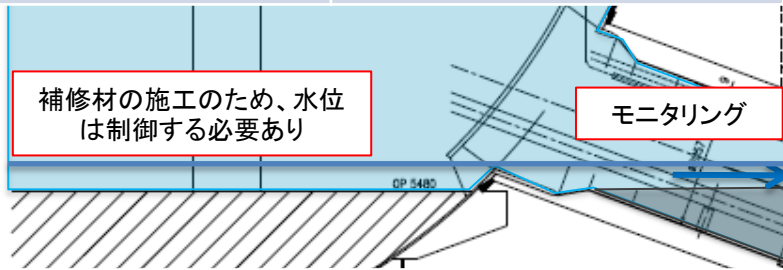


No.	機能要求(課題)	対策(計画)
1	残存隙間の形状把握	投入前の事前計測。
2	投入時のノズル位置制御	FRM先端ツールの位置制御。
3	投入阻害要因の排除	ベント管内面の付着物に対する要素試験。排除検討(未検討)。
4	最大75L/min流水での流出防止、隙間端部到達性(水温約30~35℃)	<b>重量骨材: 骨材の噛み込み、ベントナイトとの組合せ試験。</b> ゴム材: 付着性能試験、粘度の適性試験。
5	目詰め直後の耐水圧性	8本目の場合、最大でトラス室天井面までの水頭圧約60kPaの試験。
6	モニタリング位置からの漏水防止	未検討。
7	投入時のモニタリング	止水材打設位置からのカメラ監視。視野確保、投入完了判断の検証。
8	<b>長距離圧送性</b>	<b>重量骨材: 不要(吹付け工法)</b> ゴム材: 長距離圧送試験



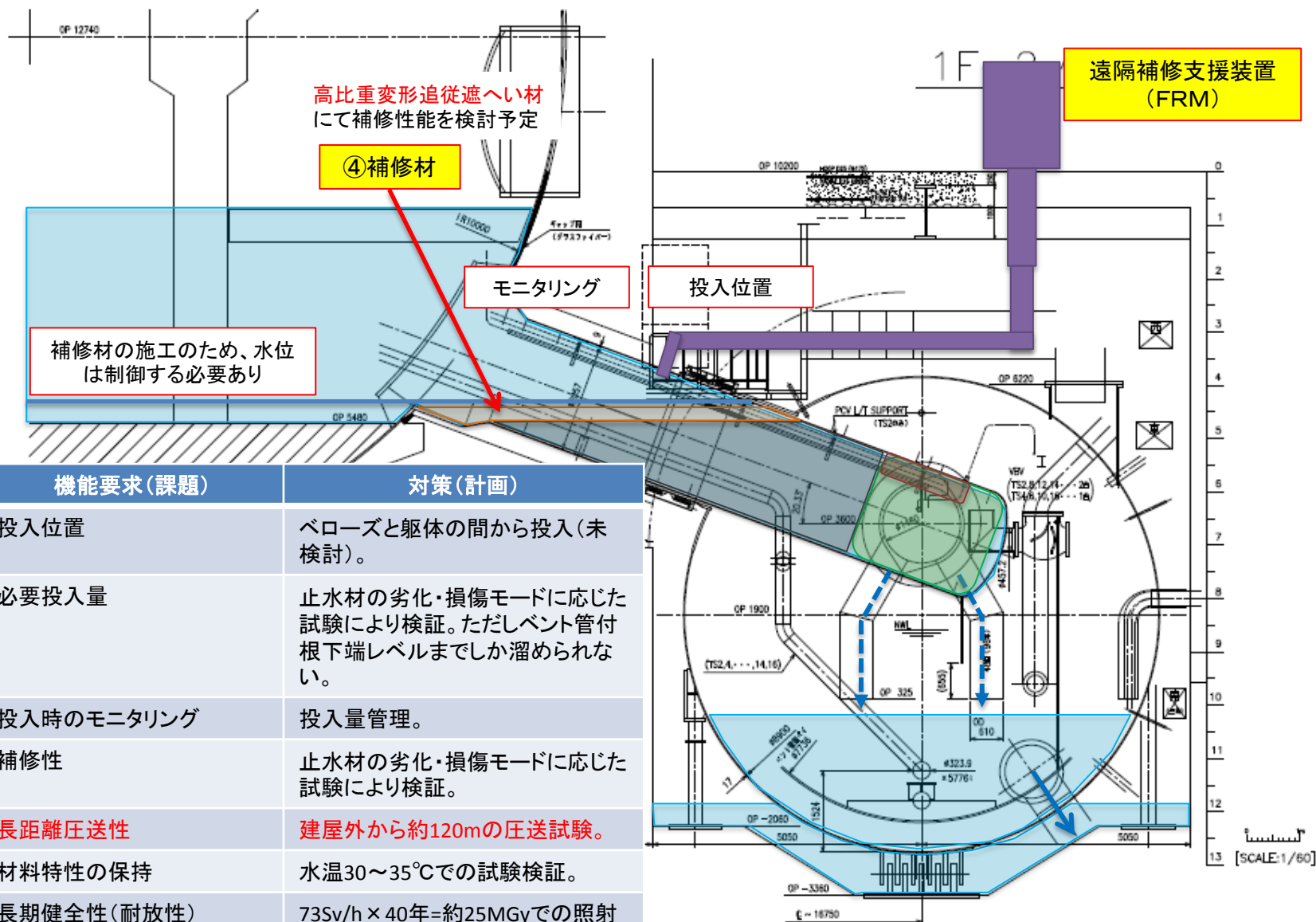
## 2. ベント管止水工法の主な機能要求 【③止水材】

No.	機能要求(課題)	対策(計画)
1	残存隙間の形状把握	投入前の事前計測。
2	投入阻害要因の排除	ベント管内面の付着物に対する要素試験。排除検討(未検討)。
3	最大75L/min流水での流出防止 (水温約30~35℃)	<b>セメント系材料: 早期硬化性の配合検討。</b> ゴム系材料材: 付着性能試験、粘度の適性試験。



No.	機能要求(課題)	対策(計画)
4	耐水圧性	最大でトラス室天井面までの水頭圧約60kPaの試験。
5	投入時のモニタリング	打設量管理。S/C内水位(漏水)監視。
6	<b>長距離圧送性</b>	<b>セメント系材料、ゴム系材料:</b> スタティックミキサから約20mの圧送試験。
7	耐震健全性	600gal想定地震における劣化・損傷モードを整理し、それに応じた <b>補修検討</b> を実施。
8	長期健全性(耐放射性)	73Sv/h × 40年=約25MGyでの照射試験による検証。
9	耐ほう酸性	<b>ほう酸影響</b> 確認試験。
10	止水性	60kPaにて漏水ゼロ。透水試験など。

## 2. ベント管止水工法の主な機能要求 【④補修材】

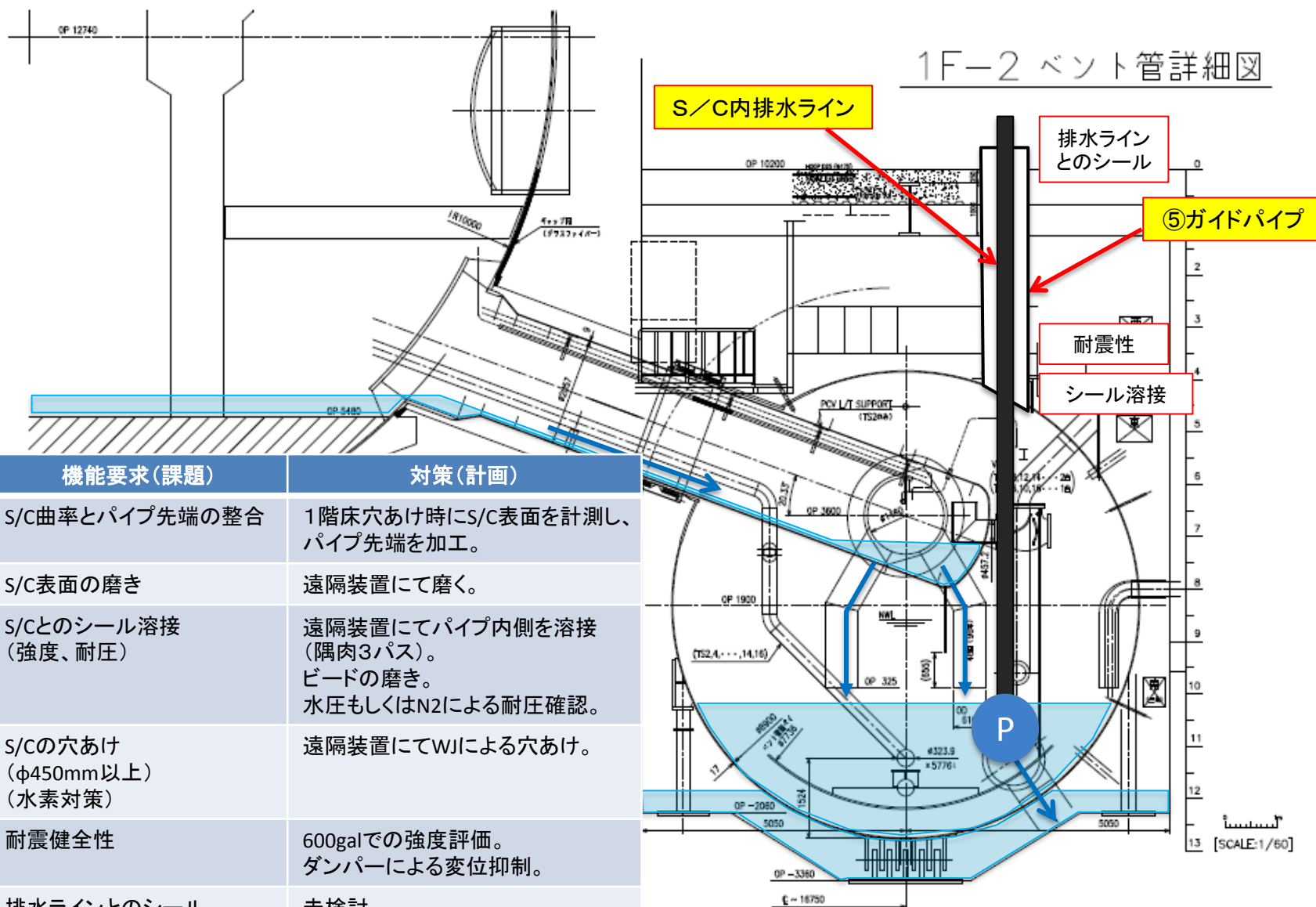


No.	機能要求(課題)	対策(計画)
1	投入位置	ベローズと躯体の間から投入(未検討)。
2	必要投入量	止水材の劣化・損傷モードに応じた試験により検証。ただしベント管付根下端レベルまでしか溜められない。
3	投入時のモニタリング	投入量管理。
4	補修性	止水材の劣化・損傷モードに応じた試験により検証。
5	長距離圧送性	建屋外から約120mの圧送試験。
6	材料特性の保持	水温30~35°Cでの試験検証。
7	長期健全性(耐放射性)	73Sv/h × 40年=約25MGyでの照射試験による検証。
8	耐ほう酸性	ほう酸影響確認試験。

### 3. S/C内充填止水工法の主な要求性能(課題)

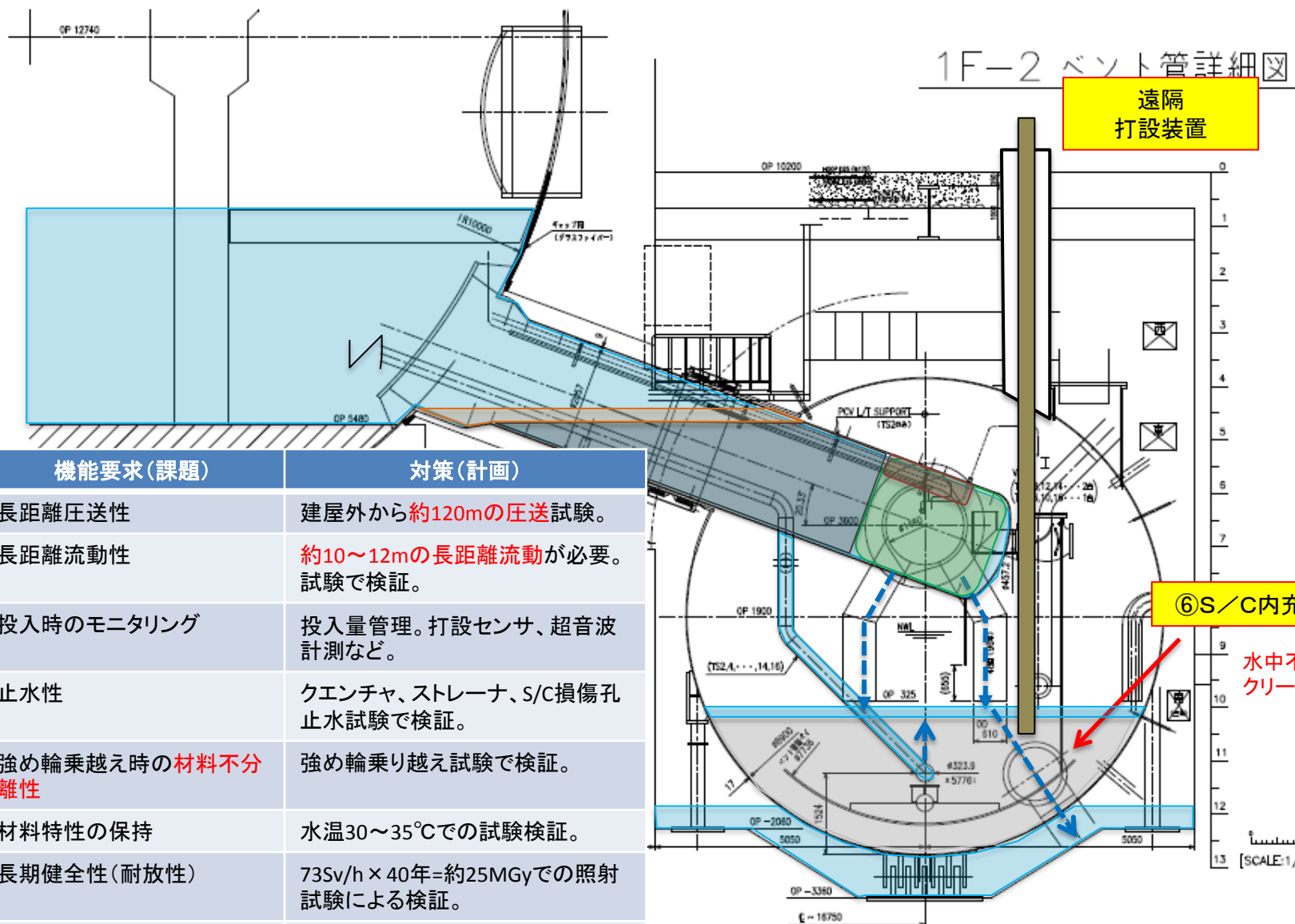
## 2. S/C内充填止水工法の主な機能要求 【⑤ガイドパイプ】

No.12



No.	機能要求(課題)	対策(計画)
1	S/C曲率とパイプ先端の整合	1階床穴あけ時にS/C表面を計測し、パイプ先端を加工。
2	S/C表面の磨き	遠隔装置にて磨く。
3	S/Cとのシール溶接 (強度、耐圧)	遠隔装置にてパイプ内側を溶接 (隅肉3パス)。 ビードの磨き。 水圧もしくはN2による耐圧確認。
4	S/Cの穴あけ (φ450mm以上) (水素対策)	遠隔装置にてWJによる穴あけ。
5	耐震健全性	600galでの強度評価。 ダンパーによる変位抑制。
6	排水ラインとのシール	未検討。

## 2. S/C内充填止水工法の主な機能要求 【⑥S/C内充填材】



No.	機能要求(課題)	対策(計画)
1	長距離圧送性	建屋外から約120mの圧送試験。
2	長距離流動性	約10~12mの長距離流動が必要。試験で検証。
3	投入時のモニタリング	投入量管理。打設センサ、超音波計測など。
4	止水性	クエンチャ、ストレーナ、S/C損傷孔止水試験で検証。
5	強め輪乗り越え時の材料不分離性	強め輪乗り越え試験で検証。
6	材料特性の保持	水温30~35°Cでの試験検証。
7	長期健全性(耐放性)	73Sv/h×40年=約25MGyでの照射試験による検証。
8	耐ほう酸性	ほう酸影響確認試験。

【参考】



# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## PCV下部補修装置の製作(1/4)

### 1. 全体計画

#### PCV下部補修装置(FRM)の主な目的(要求仕様)

- ・所定エリアへの保守装置及び周辺装置の搬送・設置
- ・トラス室内障害物の切断・撤去
- ・S/C表面へのアクセス
- ・S/C表面の開口(穴あけ)
- ・S/C内障害物の切断・撤去
- ・S/C下部への打設ホース投入・設置
- ・S/C下部への打設作業後の打設ホース切断
- ・ベント管表面へのアクセス
- ・ベント管表面の開口(穴あけ)
- ・ベント管内障害物の切断・撤去
- ・ベント管内への閉止補助材の投入・所定位置への設置
- ・ベント管内に閉止補助材設置後の接続ホース引上げ
- ・ベント管内への止水材及び充填材打設ホース投入・所定位置への設置
- ・ベント管止水材打設後の打設ホース引上げ、漏水確認
- ・上記作業を遠隔で操作する

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## PCV下部補修装置の製作(2/4)

### 2. 設計、製作、工場モックアップ試験(1)

本装置のマニピュレータームは8軸で構成される。  
また、定格荷重はアーム先端部で動作方向に対し50kgfを確保した。

Mast部、Forearm部及びElbow部は、いずれも打設ホース等を同時に投入することを考慮した上で、建屋1階床穴を通過可能な大きさとし、Mast部で最大径Φ300mm、Forearm部で最大径Φ250mm程度とした。

アーム長さについては、全ての設置エリアにおいて目的の作業が達成可能なことを考慮し、全て伸ばした状態で、最長約9.06mとした。

その他、周辺設備や先端ツールについても設計、製作を行った。

表1 PCV下部補修装置の軸構成及び計画ストローク

No.	軸名称	内容	ストローク
1	Carriage Rotate	FRM 設置後、1FL 下にアーム全体の展開動作を行う	—
2	Vertical Deployment	FRM 設置後、1FL 下にアーム全体の展開動作を行う	—
3	Mast Rotate	Mast の旋回動作を行う	約 375°
4	Mast Extension	Mast の伸縮動作を行う	約 5565mm
5	Elbow 1 Pivot	Elbow 1 軸の回転動作を行う	約 90°
6	Elbow 2 Pivot	Elbow 2 軸の回転動作を行う	約 100°
7	Forearm Extension	Forearm の伸縮動作を行う	約 1640mm
8	Wrist Rotate	Wrist の Forearm 軸に対する回転動作を行う	約 180°
9	Wrist Pitch	Wrist の Forearm 軸と垂直方向の回転動作を行う	約 90°
10	Tool Motion	Gripper や Shear Tool の開閉動作等を行う	— (Tool による)

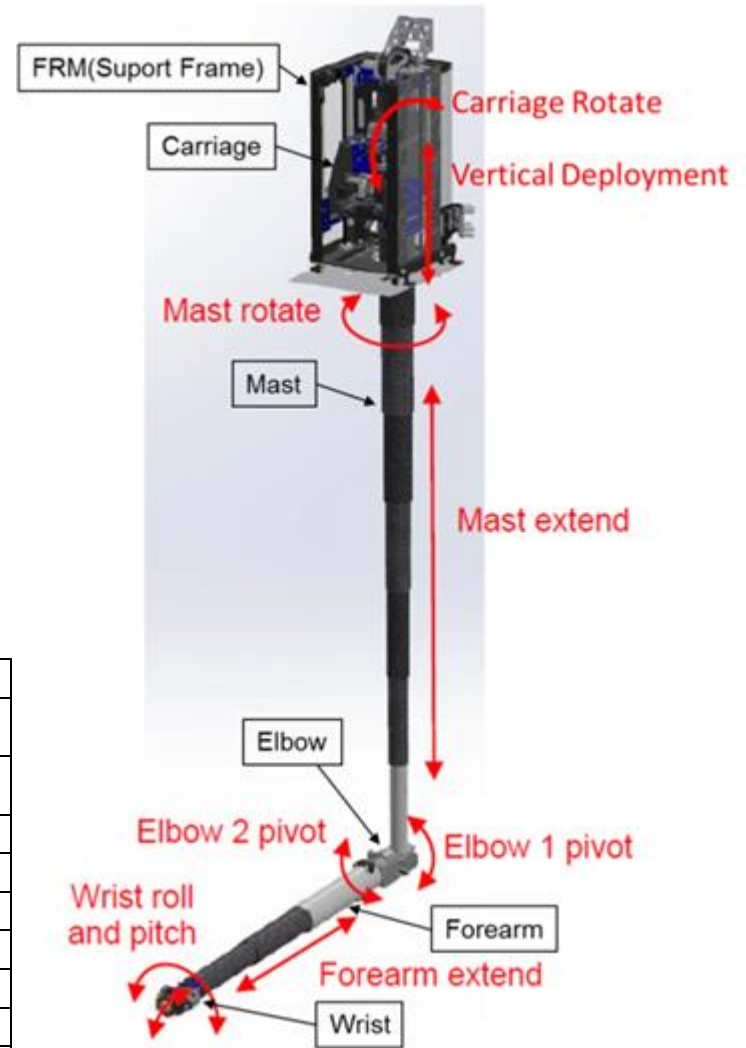


図1 PCV下部補修装置概略構造

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## PCV下部補修装置の製作(3/4)

## 2. 設計、製作、工場モックアップ試験(2)

PCV下部補修装置の主要な周辺装置を設計した。



図2 遠隔ツール交換装置



図3  
ケーブルマネジメントフレーム



図4 油圧装置



図5 ウォータージェットシステム



図6 遠隔操作盤

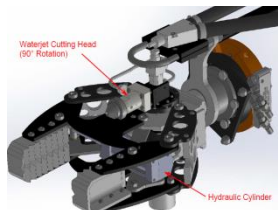


図7 ウォータージェットツール (type1)

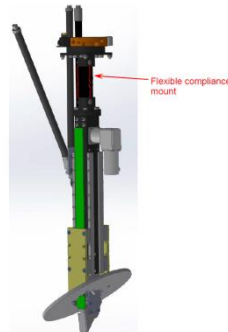


図9 ウォータージェットツール (type3)

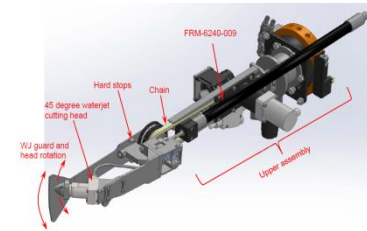


図10 ウォータージェットツール (type4)



図12 ベント管視認用カメラ

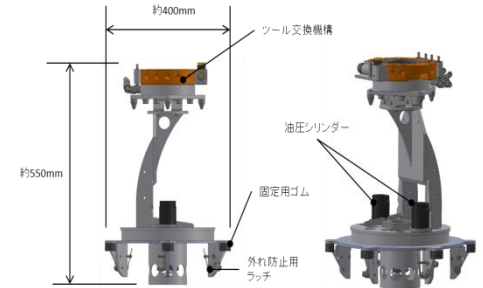


図14 閉止補助材用ツール

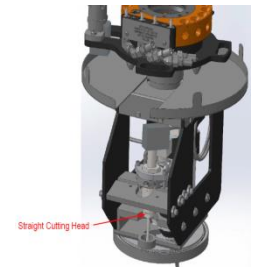


図8 ウォータージェットツール (type2)

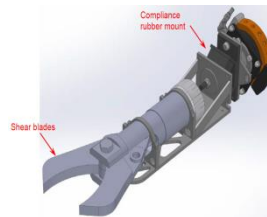


図11 せん断ツール



図13 俯瞰カメラ

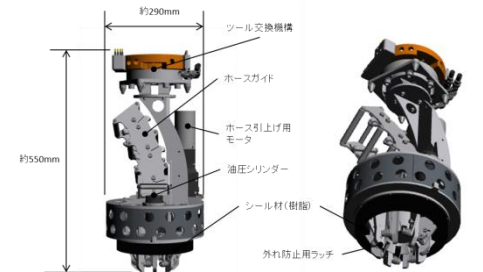


図15 止水材用ツール

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## PCV下部補修装置の製作(4/4)

### 2. 設計、製作、工場モックアップ試験(3)

PCV下部補修装置にて工場でのモックアップ試験を実施した。  
試験例として閉止補助材移送確認試験結果を示す。

#### 試験目的

R/B1階床からベント管内まで閉止補助材を移送し、展開させ、遠隔施工の適用性を確認する。

#### 試験条件(2016年3月10日実施分)

- ・対象プラント: 1F-2
- ・アクセスルート:  
R/B1階床～トラス室～S/C～ベント管まで
- ・干渉物: 無し(干渉物が有る場合は撤去を想定)
- ・照度環境: 暗闇は模擬せず  
(事前に暗闇環境で一連の試験を行い、照度による操作影響がないことを確認済み)

#### 試験結果

- ・閉止補助材をFRMにて所定の位置まで移送/設置することができた。
- ・空気注入により、ベント管内部に良好な展開を確認できた。



写真1 FRMによる閉止補助材の移送



写真2 空気注入による閉止補助材の展開



# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## ベント管止水技術 試験全体計画(1/3)

### 1. 目的

2号機はS/Cから漏れが発生していること、1/3号機においても長期的にはベント管ベローズ部の腐食が懸念されること、トラス室内は高線量環境であり、S/C接続配管の止水が困難なことから、S/Cを隔離してPCV冠水の水バウンダリを構成することが望ましい。ここでは、S/Cを隔離するためベント管部で止水する技術の開発を行う。

暫定目標漏水量: 1リットル/分(開発当初の炉注水量 約6m<sup>3</sup>/hrの1/100)

### 2. 止水計画

地上1階の打設孔からベント管先端に閉止補助材を充填し、仮閉止を行う、その後、上流側に止水材を充填し、ベント管を止水する。

#### 施工課題

- ・遠隔でベント管内に副閉止補助材を展開し、止水材を打設する
- ・S/C内は流水環境(2号機)と満水環境(1・3号機)が想定される

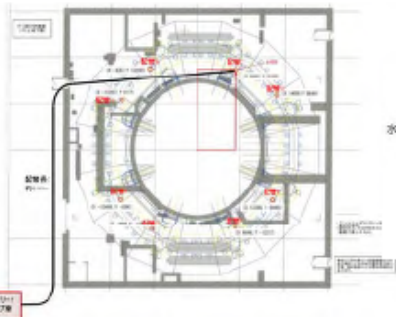


図1 止水材の想定打設孔位置(2号機の場合)

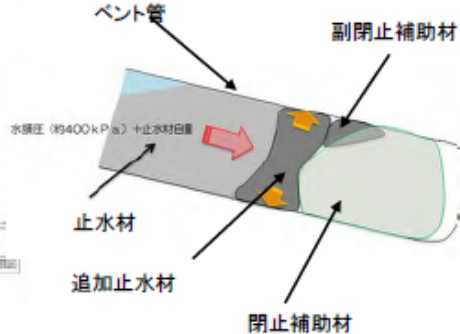


図2 ベント管止水の概要

### 3. 止水材の要求性能

#### 現状の整理

- <ベント管内の状態>
- ①ベント管内には滞留水がある。(2号は流水、1・3号は満水)
  - ②一部のベント管には配管・電線管(障害物)がある。
- <止水方法>
- ③閉止補助材をベント管先端に展開し、仮閉止を行う。
  - ④閉止補助材の上流に止水材を充填する
  - ⑤閉止補助材の展開・止水材の充填はベント管に開けた穴から行う
  - ⑥閉止補助材でできる隙間は極力小さくする必要がある
  - ⑦ベント管の水圧による膨張に追従する必要がある
  - ⑧ベント管内の水質で強度発現の必要あり。

#### 止水材に求められる性能

- A 水中不分離性(①)
- B 圧縮強度(④)
- C 低発熱性(④)
- D 流動性(④、⑤)
- E 流動保持性(④、⑤)
- F 閉止補助材圧縮強度(④)
- G 閉止補助材展開性(①、②)
- H 閉止補助材隙間充填性(⑥)
- I 変形追従性(⑦)

#### 施工側に求められる性能

- J モニタリング技術(⑤)

### 4. 検討内容

表1 ベント管止水試験における検討内容

年度	検証項目	試験内容	確認項目	試験No
H25 H26 H27	止水材配合試験(A、B、D、E)	・材料の選定(グラウト配合) ・施工方法から要求される流動性、硬化性、強度、流動保持性の検討	・フロー値、フローの経時変化、圧縮強度	1
	1/10スケール止水試験(B、D、E)	・1/10スケール管路を用い、実スケール模擬隙間を止水	・充填性、止水性、充填速度	2
	1/2スケール止水試験(B、D、E)	・1/2スケール管路を用い、実スケール模擬隙間を止水	・充填性、止水性	3
	止水材熱物性取得試験(C)	・簡易断熱試験等により温度応力解析に必要な熱物性を取得材料の選定(グラウト配合)	・発熱量、収縮量	4
	閉止補助材充填グラウト配合試験(F)	・材料の選定(グラウト配合) ・施工方法から要求される流動性、強度、流動保持性の検討	・フロー値、フローの経時変化、圧縮強度	5
	閉止補助材グラウト実現充填試験(F)	・1/1スケール閉止補助材にグラウトを充填し、収縮量を確認	・収縮量、グラウト充填圧	6
	閉止補助材素材強度試験(G)	・閉止補助材の素材・縫い目の引張試験、耐圧試験	・閉止補助材素材・縫い目の強度	7
	閉止補助材1/2空気・水充填試験(G)	・1/2スケール閉止補助材を空気・水で展開	・適切な寸法/形状を確認 ・止水材試験のための干渉物周リ隙間形状の確認	8
	閉止補助材1/2グラウト充填試験①(G)	・1/2スケール閉止補助材を展開し、グラウトを充填	・折り畳んだ状態からの展開性 ・流水環境下での展開性確認	9
	閉止補助材1/2グラウト充填試験②(G)	・1/2スケール改良閉止補助材を展開し、グラウトを充填	・折り畳んだ状態からの展開性確認 ・流水環境下での展開性確認	10
	閉止補助材1/1グラウト充填試験(G)	・1/1スケール改良閉止補助材を展開し、グラウトを充填	・閉止補助材展開性、上部残存隙間・充填圧力	11
	副閉止補助材基礎試験(H)	・1/1スケール模擬隙間を用いた隙間閉塞試験	・副閉止補助材充填性	12
	追加補修材基礎試験(H、I)	・追加補修材物性取得試験、1/1スケール模擬隙間を用いた隙間閉塞試験	・追加補修材の物性、変形追従性、隙間充填性	13
	1/1組合せ試験(B、D、E、F、G、H、I)	・1/1スケール閉止補助材、副閉止補助材、追加補修材、止水材の組合せによる止水試験	・閉止補助材、副閉止補助材、追加補修材、止水材の組合せによる止水性	14
	施工成立性(D、G、H)	・実規模モデルにおいて、供給設備と打設装置を使用した試験を実施(実規模試験 於: 楢葉遠隔技術センタ)	・施工成立性(遠隔での閉止補助材の展開、止水材充填、材料供給設備の成立性)	15

## 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## ベント管止水技術 試験全体計画(2/3)

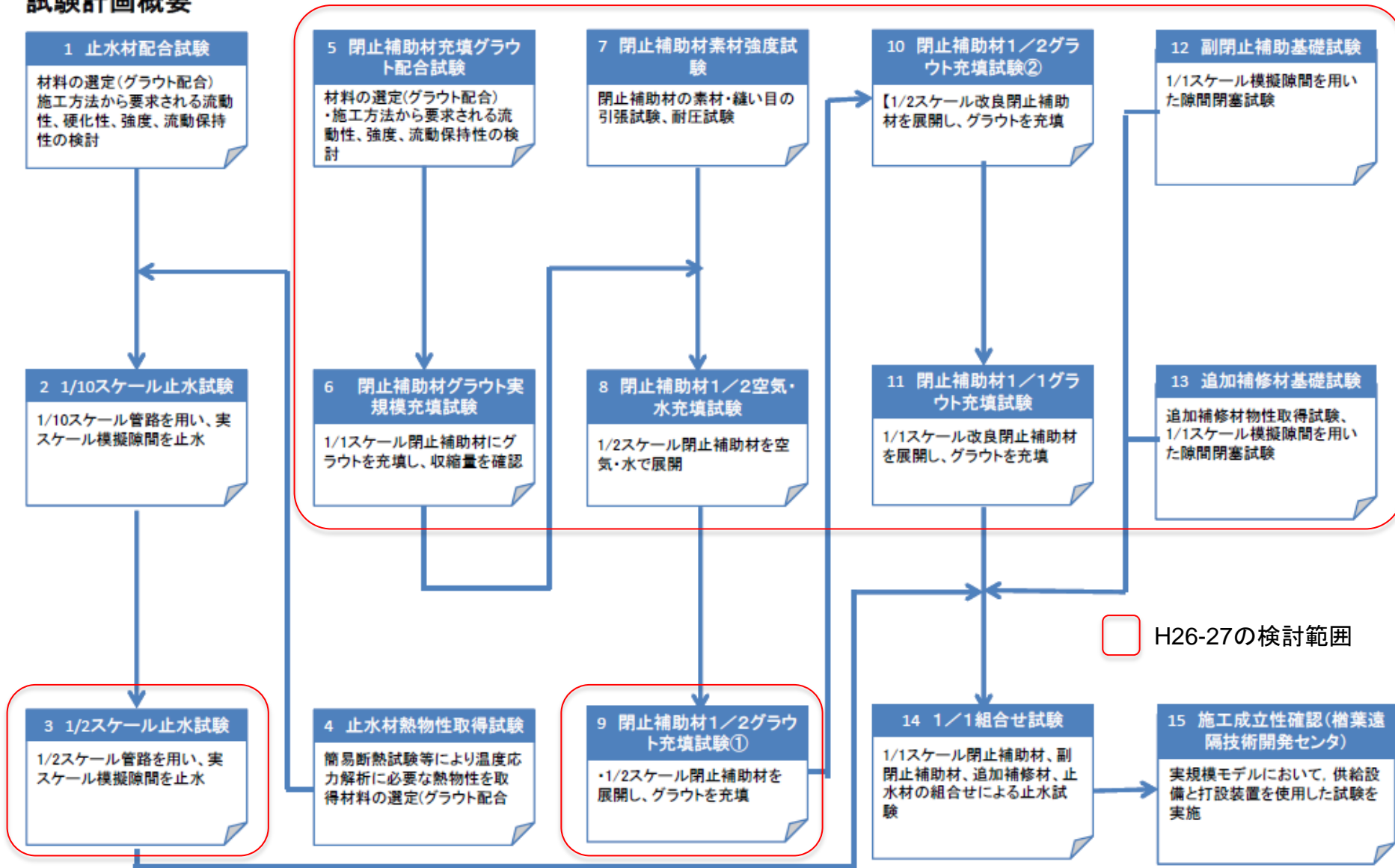
表2 確認項目

	A 水中不 分離性	B 圧縮強 度	C 低発熱 性	D 流動性	E 流動保 持性	F 閉止補 助材圧 縮強度	G 閉止補 助材展 開性	H 閉止補 助材隙間 充填性	I 変形 追従性	J モニタ リング
1 止水材配合試験	○	○		○	○					
2 1/10スケール止水試験		○		○	○					
3 1/2スケール止水試験		○		○	○					
4 止水材熱物性取得試験			○							
5 閉止補助材充填グラウト配合試験						○				
6 閉止補助材グラウト実規模充填試験						○				
7 閉止補助材素材強度試験							○			
8 閉止補助材1/2空気・水充填試験			<b>開発継続中 (次年度継続予定)</b>					○		
9 閉止補助材1/2グラウト充填試験①							○			
10 閉止補助材1/2グラウト充填試験②							○			
11 閉止補助材1/1グラウト充填試験							○			
12 副閉止補助材基礎試験								○		
13 追加補修材基礎試験								○	○	
14 1/1組合せ試験		○		○	○	○	○	○	○	
15 施工成立性(楢葉実規模試験)				○			○	○		



# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## ベント管止水技術 試験全体計画(3/3) 試験計画概要



# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 閉止補助材の改良検討(1/6)

### 1. 実スケール展開性試験

#### (1) 試験目的

閉止補助材の展開性向上により、ベント管上部まで十分に展開され、閉止補助材展開後に残る流路(隙間)の最小化を図る。

#### (2) 試験項目

試験は1/2スケールでの縮小試験から実スケールの試験を行った。試験項目を以下に示す。

- ・内部充填グラウト材の選定
- ・1/2スケール展開性試験(空気および水による展開)
- ・1/2スケール展開性試験(空気およびグラウトによる展開)
- ・実スケール展開性試験(空気およびグラウトによる展開)

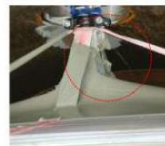



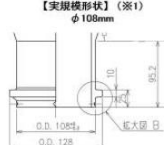
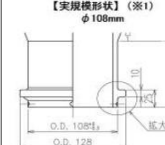
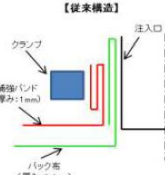
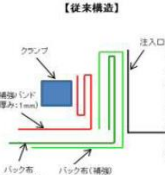
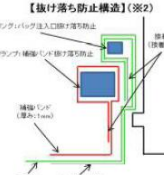
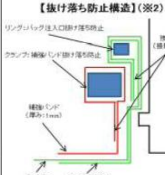
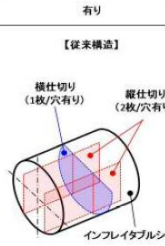
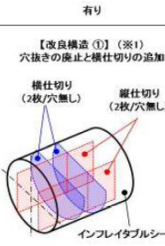
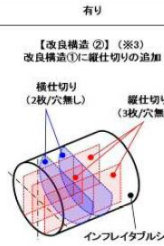
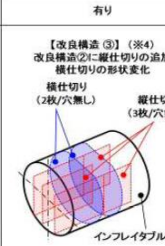
#### (3) 試験結果

1/2スケールでの試験では、空気展開後にグラウトにて置換させ、良好な展開性状を達成することができた。

実スケールでの試験では、1/2スケールでは確認できない課題が抽出され、これらを解決するために再試験を繰り返した。

表3に実スケール展開性試験の第1回目から第5回目までの試験結果と改善内容のまとめを示す。

表3 実スケール展開性試験の結果と改善内容のまとめ

項	項目	試験結果と試験条件			
		2015年4月	2015年7月	2015年12月	2016年2月(本試験)
(1)	失敗事象	注入口部インフレイブルシールの破れ 	注入口部インフレイブルシールの抜け 	-	-
(2)	グラウト充填量	8450 L	6100 L	8500L	-
(3)	インフレイブルシールの材質	高強度ポリエステル	高強度ポリエステル	高強度ポリエステル	ケブラー(アラミド繊維)
(4)	注入口の布	1重	2重(※1)	2重(※1)	2重(※1)
(5)	補強バンド	有り	有り	有り	有り
(6)	注入口サイズ(バック接触部)	【従来構造】 φ51 mm 	【従来構造】 φ51 mm 	【実規模形状】(※1) φ108mm 	【実規模形状】(※1) φ108mm 
(7)	インフレイブルシールのクランプ構造	【従来構造】 	【従来構造】 	【抜け落ち防止構造】(※2) 	【抜け落ち防止構造】(※2) 
(8)	3方向アーム	有り	有り	有り	有り
(9)	内部仕切り布の形状	【従来構造】 	【改良構造①】(※1) 穴抜きの上と横仕切りの追加 	【改良構造②】(※3) 改良構造①に縦仕切りの追加 	【改良構造③】(※4) 改良構造②に縦仕切りの追加 横仕切りの形状変化 
(10)	内部仕切り布の厚さ	0.4 mm	0.4 mm	0.8 mm(※1)	0.3 mm × 2重(※4)
(11)	グラウト種類	エッセイバー	エッセイバー	エッセイバー	エッセイバー
(12)	注入口との接触部の布のシリコンコーティング	シリコンコーティング有り	シリコンコーティング無し	シリコンコーティング有り	シリコンコーティング有り

(※1): 注入口の破れ(2015年4月実施)に対する改善項目

(※2): 注入口の抜け(2015年7月実施)に対する改善項目

(※3): 耐圧試験(2015年9月実施)に対する改善項目

(※4): 耐圧試験(2016年2月実施)に対する改善項目

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 閉止補助材の改良検討(2/6)

### 1. 実スケール展開性試験(第1回目:H27年4月14日)

#### (1) 試験目的

これまでの成果より、閉止補助材の展開性に着目し、3方向アーム、上流部絞り、内部仕切り材を追加して、モルタル充填による横方向への広がり防止、目標隙間の到達具合を確認する。

#### (2) 試験方法

流水環境下で、約5分間の空気展開後、モルタル充填を行った。

表1 試験条件

試験体	実スケール鋼製試験体、内部塗装無し
内部干渉物	基準容器無し、電線管無し、真空破壊弁ライン2つ有り
環境条件	流水環境 (90L/min)
展開時流体	空気 (最大圧力 5kPa)
充填流体	グラウト (添付-3 の配合 S-1) (最大充填圧 15kPa)
インフレイタブルシール	3方向アーム、インフレイタブルシール上流部絞り、縦仕切り有

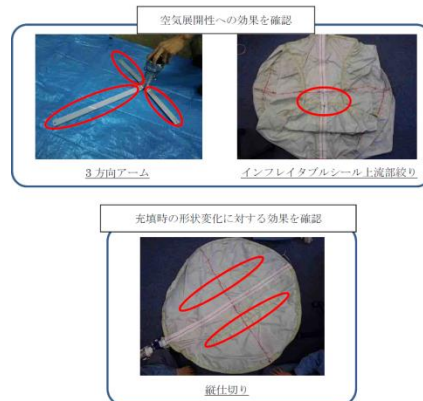


図1 改善内容

#### (3) 試験結果

空気展開後のモルタル充填時に注入口の縫目が破断し、中止した。充填量は計画8800リットルに対し約8450リットルであった。

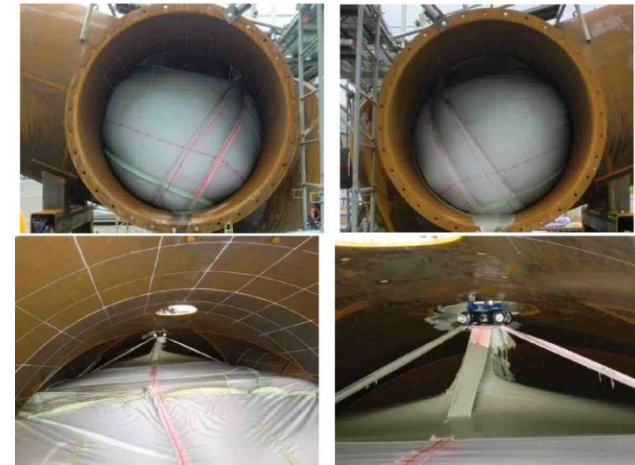


図2 注入口部の破断

#### (4) 試験の評価

布材の縫目強度が弱いため、注入口周りの補強を検討する。内部の横仕切り布材にも破断が見られたため、これについても補強を検討する。

上記を踏まえて、再試験を実施して補強の効果を確認し、閉止補助材の展開性を確認する。

⇒次頁の再試験へ

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 閉止補助材の改良検討(3/6)

## 2. 実スケール展開性試験(第2回目:H27年7月15日)

### (1) 試験目的

これまでの成果より、閉止補助材の展開性に着目し、3方向アーム、上流部絞り、内部仕切り材を追加して、モルタル充填による横方向への広がり防止、目標隙間の到達具合を確認する。

### (2) 試験方法

流水環境下で、約5分間の空気展開後、モルタル充填を行った。

表1 試験条件

試験体	実スケール鋼製試験体、内部塗装無し
内部干渉物	基準容器無し、電線管無し、真空破壊弁ライン2つ有り (1F-2の基準容器がないベント管での設置を想定)
環境条件	底部流水環境(90L/min)
展開時流体	空気(最大圧力5kPa)
充填流体	グラウト(最大充填圧15kPa)
インフレイダブルシール	3方向アーム、インフレイダブルシール上流部・下流部絞り、仕切り有(縦2枚、横2枚)、注入口の二重化

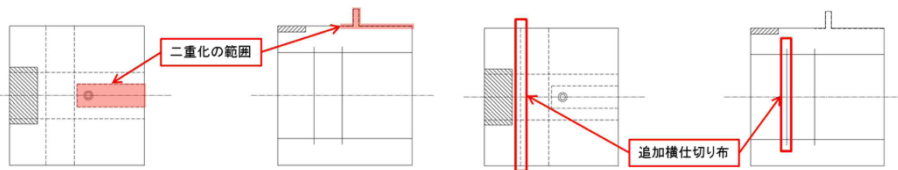


図1 布材の主な改善内容

### (3) 試験結果

空気展開後のモルタル充填時に注入打設ホースと閉止補助材を固定していたクランプが外れて抜け落ちたため、中止した。充填量は計画8800リットルに対し約6100リットルであった。

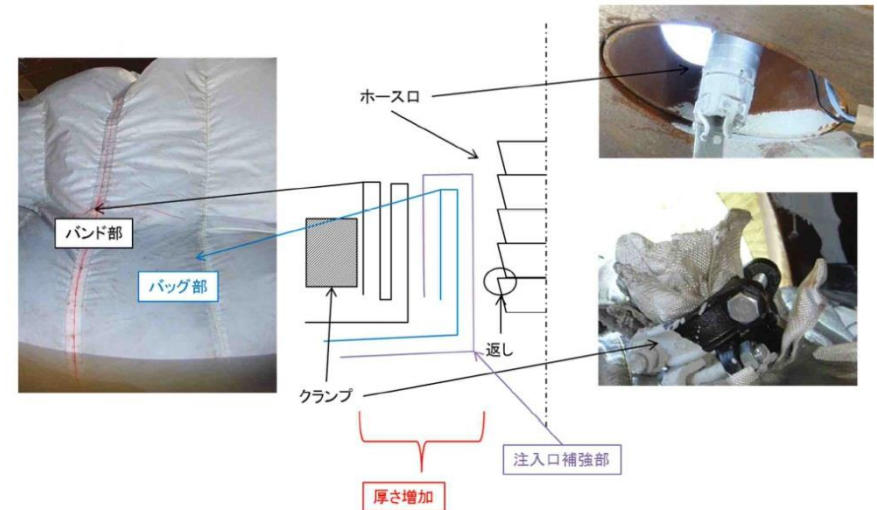


図2 クランプ部の詳細

### (4) 試験の評価

相次いで試験が中断することになったため、再試験までに下記を実施して、試験体の構造強化並びに閉止補助材の適切性評価を行う。

- ・注入口に作用する最大負荷荷重の算定(FEM、水充填試験など)
- ・注入口接続部の固定構造の見直し
- ・固定構造の妥当性検証(引張試験など)
- ・閉止補助材の強度向上策の検討(引張試験など)



# 1. ベント管止水工法の前年度の成果 閉止補助材の改良検討(4/6)

## 2. 実スケール展開性試験(第3回目:H27年12月3日)

### (1) 試験目的

過去2回の課題(布材の破損、充填接続部の脱落)に対する対策を講じ、展開性の確認を行う。

### 主な改良点

- ① 注入口周りの布材の2重化
- ② 構造的に抜けない注入口連結方式の採用
- ③ 閉止補助材内部の仕切り布の構造変更

### (2) 試験方法

流水環境下で、約5分間の空気展開後、モルタル充填を行った。  
グラウト充填圧は最大20kPaとした。

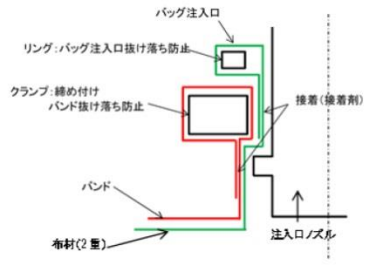


図1 注入口接続部の改良

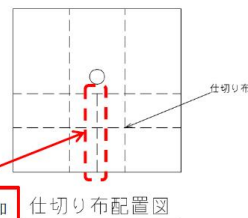
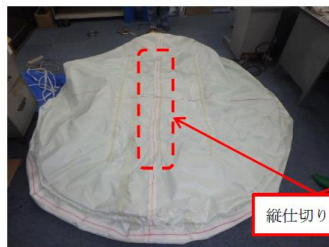


図2 縦仕切り材の追加

### (3) 試験結果

充填量8325リットル時に充てん圧が20kPaに到達し、ベント管上部の隙間50mmまで展開した。

その後、継続充填し、充填量8599リットル時に横仕切り材と布の縫目で破断し、モルタルが流出した。

破断直前の隙間は約20mm程度であった。



図3 閉止補助材とベント管上部の隙間



図4 閉止補助材の破断

### (4) 試験の評価

仕切り材の改良により、副閉止補助材および追加補修材の試験で想定している隙間程度までの展開は確認できた。

注入口の脱落もなく、改良の効果が確認できた。

しかし、破断までの試験によりさらに裕度向上が必要であることが確認されたため、以下の対策を講じる。

- ・新しい布材の適用(強度向上、軽量化)
- ・仕切り布の再検討(縫目強度向上、応力集中緩和)

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 閉止補助材の改良検討(5/6)

## 2. 実スケール展開性試験(第4回目:H28年3月2日)

### (1) 試験目的

3回目の試験による課題を解決した閉止補助材により、展開性向上の確認を行う。また、充填後に固化させた際の隙間距離の変化を確認する。

#### 主な改良点

- ①従来布材からの変更(高強度ポリエステル⇒ケブラークロス)
- ②閉止補助材内部の仕切り布の形状変更

### (2) 試験方法

流水環境下で、約5分間の空気展開後、モルタル充填を行った。

### (3) 試験結果

空気展開時は良好な展開性が確認できた。

充填量7750リットル時にグラウト接続部布材と円筒部布材の縫目で破断し、モルタルが流出し、目標とする展開形状までに至らなかった。

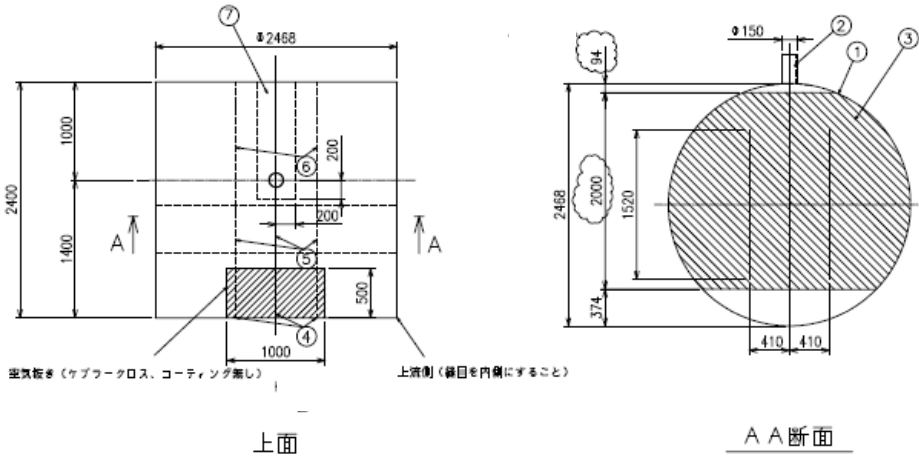


図1 内部仕切り材の形状



展開完了(上流側)



展開完了(ベントヘッダ側)

図2 閉止補助材の展開状態

### (4) 試験の評価

モルタル充填時の閉止補助材のたわみにより、横仕切り材にモルタルが直接当たることで、モルタル充填初期段階において閉止補助材が直ぐに萎んでしまい、その後の展開性回復に至らなかった。

空気展開時の良好な状態を保ちながらモルタル充填する必要性を検討する。

・空気及びモルタルの同時投入もしくは断続的に投入する方法の検討



# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 閉止補助材の改良検討(6/6)

### 2. 実スケール展開性試験(第5回目:H28年3月7日)

#### (1) 試験目的

4回目までの試験による課題を解決した閉止補助材により、展開性向上の確認を行う。また、充填後に固化させた際の隙間距離の変化を確認する。

#### 主な改良点

- ①従来布材からの変更(高強度ポリエステル⇒ケブラークロス)
- ②閉止補助材内部の仕切り布の形状変更
- ③空気展開形状を保持したままグラウトを充填(同時注入)

#### (2) 試験方法

流水環境下で、約5分間の空気展開後、モルタル充填を行った。

#### (3) 試験結果

空気展開時の良好な展開状態を保持したままモルタル充填を行うことができ、ベント管上部まで密着し、隙間がほぼ無くなるまでの展開を確認した。

試験終了後、固化した時の隙間計測を行い、約3cm程度の落ち込み(隙間高さ方向の広がり)が確認されたが、副閉止補助材での試験条件である隙間形状以下を達成した。

干渉物無しの場合の隙間形状:逆U字スリット(高さ5cm×幅105cm)

#### (4) 試験の評価

空気およびモルタルの同時注入により、良好な展開が達成できた。

ただし、計測センサーの不具合でモルタル充填圧を取得できなかったため、どの程度の裕度が確保できたか不明であった。

今後は施工システムの構築、遠隔施工装置との組合せ試験等を行い、確実性を高めていくことが重要な課題となる。



写真1 空気/モルタル投入接続配管

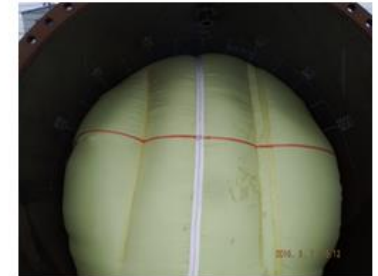


写真2 空気展開時

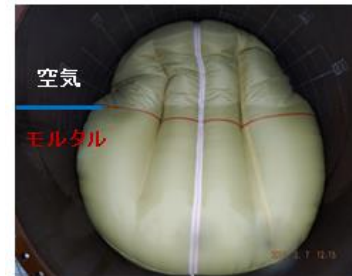


写真3 モルタル充填中



写真4 モルタル充填後



写真5 モルタル充填後(ベントヘッド側)



写真6 モルタル充填後(ベント管上部)

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 副閉止補助材の検討(1/4)

### 1. 全体計画

#### (1) 試験目的

閉止補助材展開後に残ると想定される隙間を極力小さくすることを目的とし、上流側に打設する本格止水材の施工性向上を図る。

また、水圧作用時のベント管膨張による開きに追従可能な材料の適用見込みを検討する。

#### (2) 試験方法

基準容器等の干渉物周りに残る想定隙間(V字流路)と干渉物が無い場合に残る想定隙間(逆U字流路)の2ケースにおいて、材料を注入し、目詰まり状況を確認する。

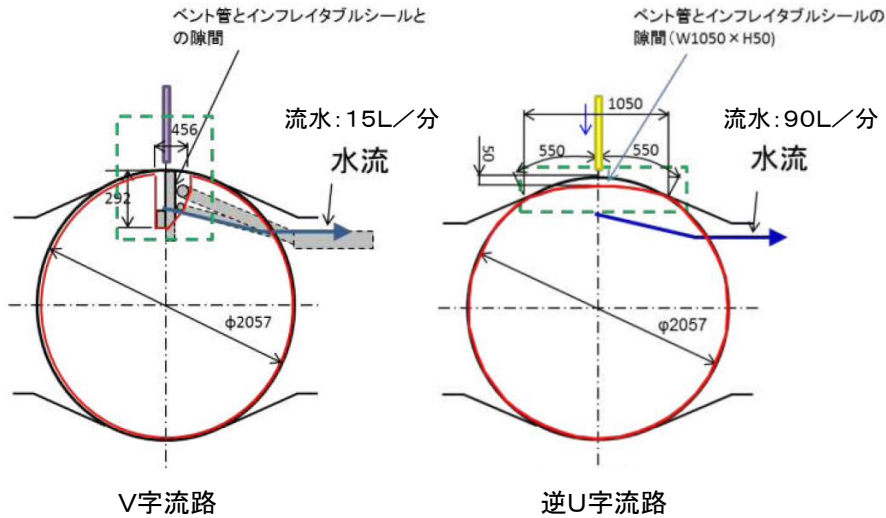


図1 想定する隙間形状

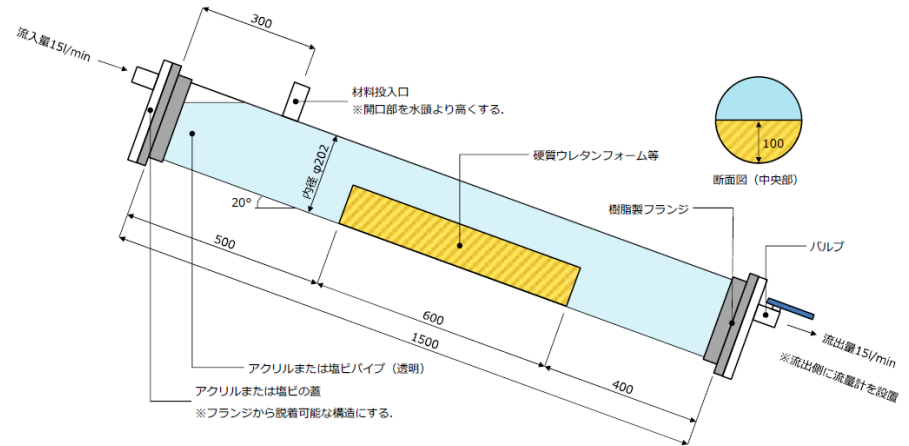


図2 充填確認用基礎試験体(一般材料用)

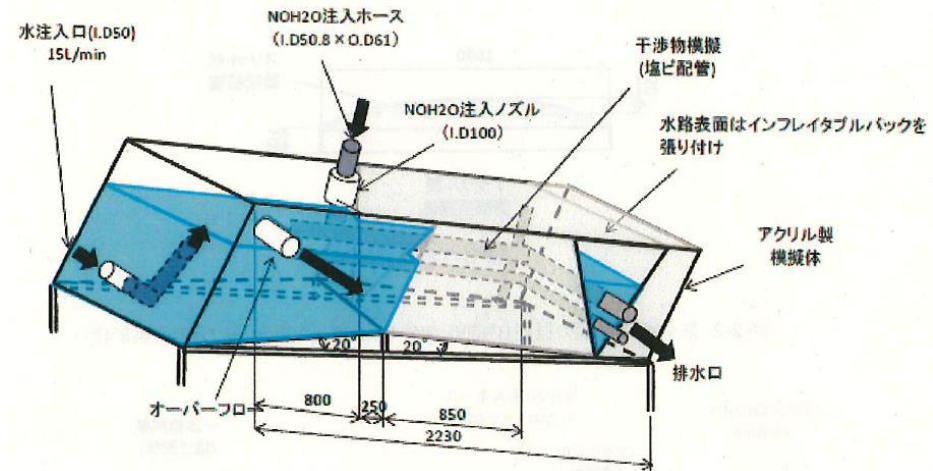


図3 部分要素試験体(NO<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O用)

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 副閉止補助材の検討(2/4)

### 1. 全体計画

#### (2) 試験方法(続き)

候補材として以下を選定し、基礎試験後に簡易試験を実施し、適用見込みのある材料については実規模試験へと段階的に進めた。

#### 【候補材】

##### (一般材料)

- ・吸水ポリマー ・覆工背面充填材 ・遅硬性粒状ベントナイト
- ・重量骨材 ・木材チップ ・木質ペレット ・ビニロン繊維
- ・PET樹脂フレーク

##### (その他材料)

- ・高分子系ポリマー接着剤(NOH<sub>2</sub>O)
- ・高耐放性ゴム材

ベント管内埋設止水完了後の水頭圧作用時の構造物開きと弾性体材料に期待する考え方を下図に示す。

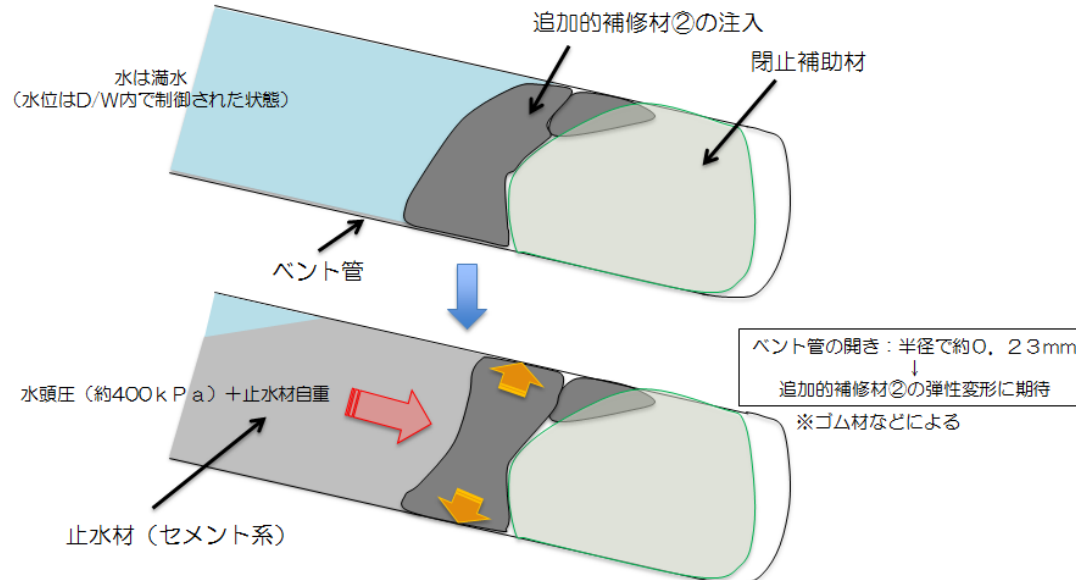


図4 水頭圧作用時のベント管開きに対する対策(案)

# 1. ベント管止水工法の前年度の成果 副閉止補助材の検討(3/4)

## 2. 試験結果(1/2)

### (1)一般材料

8種類の候補材で基礎試験を実施し、止水性能および耐圧性能を両立させる観点から、以下の材料を選定した。

- ①重量骨材
- ②遅硬性粒状ベントナイトと重量骨材の混合材

### (2)その他材料

・NOH2O

要素試験を終了し、課題を抽出した。

- ①ケース1: 流水15リットル/分、V字流路  
V字流路が目詰めされ、漏水量はほぼゼロとなったが、上流部水槽に大量の材料が堆積した。
- ②ケース2: 満水状態、流水15リットル/分、V字流路  
V字流路が目詰めされ、漏水量はほぼゼロとなったが、上流部水槽に大量の材料が堆積した。
- ③ケース3: 流水90リットル/分、逆U字流路  
幅広の隙間であるため、注入ノズルを左右に振りながら注入したが、流水を止めることが出来なかった。



図6 試験状況(ケース1)



図7 試験状況(ケース3)



図5 試験状況(材料の堆積)



# 1. ベント管止水工法の前年度の成果

## 副閉止補助材および追加補修材の検討(4/4)

### 2. 試験結果(2/2)

#### (2) その他材料(高耐放射性ゴム材)

副閉止補助材の目的である目詰めの役割と、水頭圧作用時の構造物開きに追従し水みち発生の抑制を行うために、弾性体であるゴム材の適用についても検討を進めていた。

1/10スケールの要素試験および実スケールでの隙間を模擬した試験体での目詰め機能確認試験を実施した。

結果、1/10スケール試験では目詰め機能としての適用性が確認されたが、実スケール試験では隙間先端まで材料が行き届かず、目詰め機能および止水性能は確認できなかった。

また、水頭圧の開きに対する追従性能は圧縮試験により確認された。

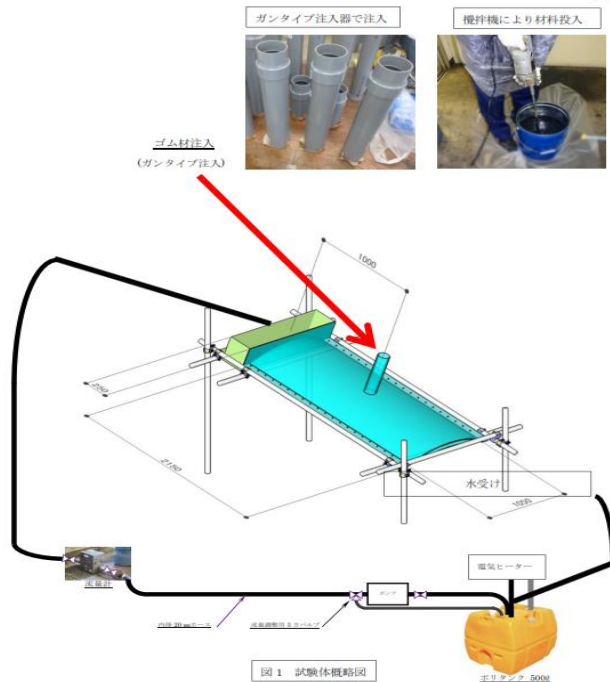


図8 実寸隙間模擬試験体



図9 1/10スケール試験体でのゴム材充填状況



図10 実スケール試験体でのゴム材充填状況

今後、副閉止補助材及び追加補修材として、材料の基礎データの更なる取得を行い、基礎特性を十分把握したうえで、材料の組み合わせや施工システムの検討を実施して行く必要がある。

## 2. S/C内充填止水の概要

### (3) 施工概要

建屋1階床面に打設孔（1F-1：7箇所、1F-2：8箇所）を設け、S/C内全域に止水材料を充填する。

S/C内を水平に10m～12m程度流動させ、対象機器・箇所の埋設止水を行う。

表 想定充填箇所間の距離（1F-1）

充填孔間の距離		必要流動距離 (mm)
対象	距離 (mm)	
A-B	9,647	4,824
B-C	9,802	4,901
C-D	19,255	9,628
D-E	7,917	3,959
E-F	10,240	5,120
F-G	9,734	4,867
G-A	13,539	6,970

表 想定充填箇所間の距離（1F-2）

充填孔間の距離		必要流動距離 (mm)
対象	距離 (mm)	
A-B	7,129	3,565
B-C	15,213	7,607
C-D	8,357	4,179
D-E	17,305	8,653
E-F	8,095	4,048
F-G	14,913	7,457
G-H	7,441	3,721
H-A	16,514	8,257

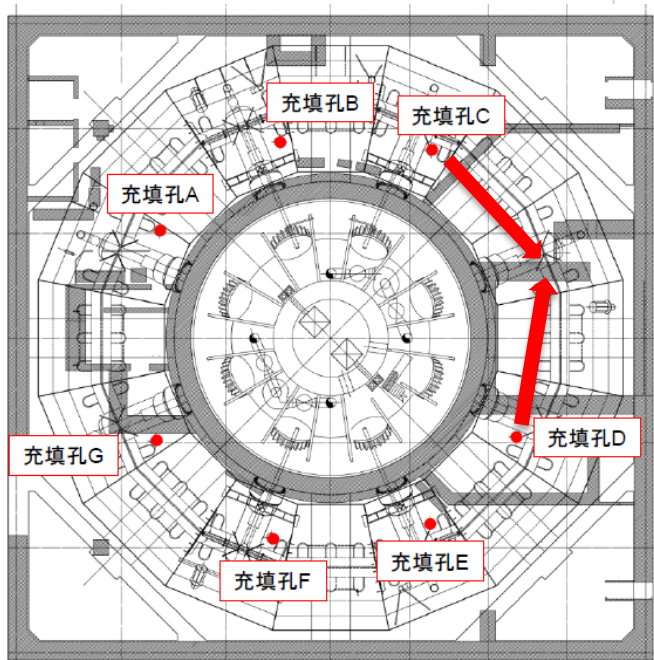


図 想定充填箇所（1F-1）

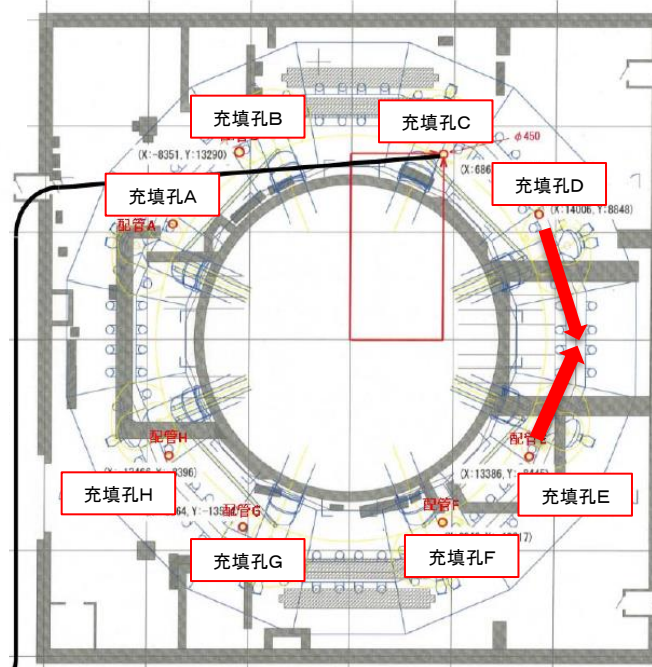


図 想定充填箇所（1F-2）



# 2. S/C内充填止水の概要

## (4) 工法成立のための技術開発範囲

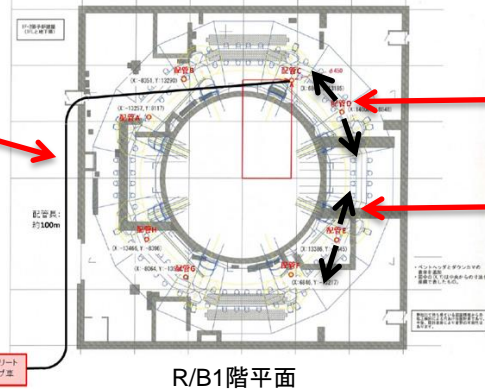
凡例

既存技術

新規開発(実施中)

技術流用にて詳細検討要

- 長距離圧送性の検討**
  - ・配合
  - ・流動性
  - ・圧力損失
- 施工システム(検討)**
  - ・コンクリートプラント
  - ・アジテータ
  - ・ポンプ
  - ・制御システム

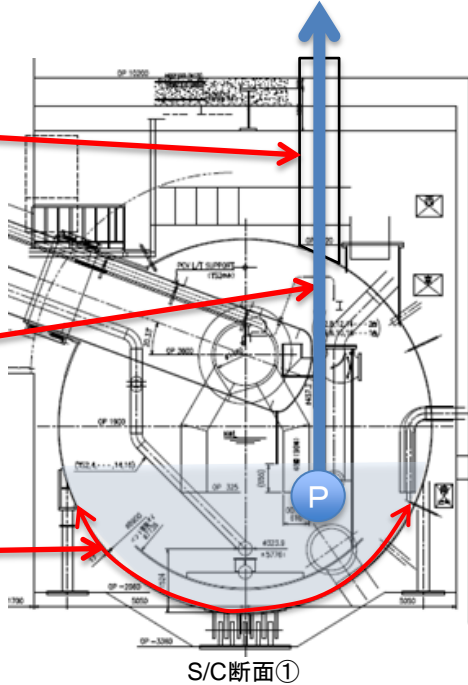


建屋1階床穴あけ

- 長距離流動性の検討
- 長期流動保持性の検討

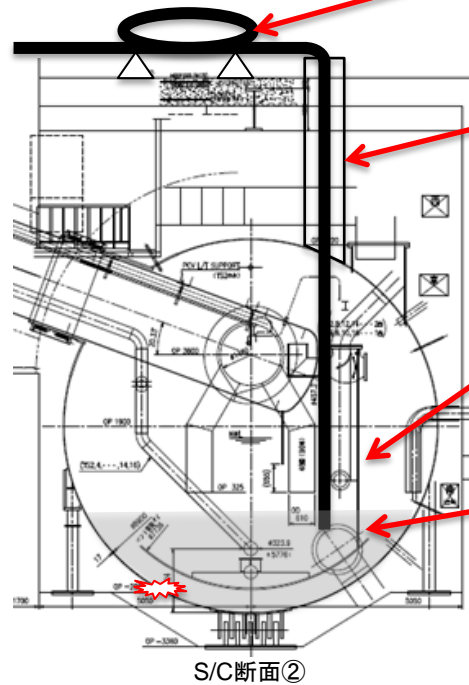
- 遠隔打設装置**
  - ・本体
  - ・送り/回収機構

- S/C排水ライン用ガイドパイプ**
  - ・本体
  - ・S/Cとの接続溶接
  - ・S/C穴あけ
  - ・耐震装置
  - ・排水管とのシール



- S/C排水ライン(検討)**
  - ・配管
  - ・ポンプ

- S/C内表面状態の影響**
  - ・錆
  - ・微生物
  - ・塗装劣化など



- S/C内充填用ガイドパイプ**
  - ・本体
  - ・S/Cとの接続溶接
  - ・S/C穴あけ
  - ・耐震装置

- 施工監視(モニタリング)**
  - ・施工完了確認
  - ・継続監視

- クエンチャ止水、ストレーナ止水、S/C損傷部止水**
  - ・水中不分離性
  - ・耐水圧
  - ・ひび割れ抵抗
  - ・耐放性
  - ・補修

## 2. S/C内充填止水の概要

### (5) S/C内充填止水の要求性能

クエンチャ、ストレナ、S/Cシェル損傷部を埋設止水するための要求性能を下表に示す。

表 S/C内充填止水のための要求性能

現状の整理	止水材料に求められる要求性能
<p>1. S/C内の状態</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① S/C内に水が溜まっている。</li> <li>② S/Cシェル損傷(φ20mm程度の穴)が想定されている。</li> <li>③ ストレナから系外漏えいの可能性がある。</li> <li>④ クエンチャはD/W水位が上がった場合、S/Cへの漏水経路となる。</li> <li>⑤ 高放射線環境である。</li> <li>⑥ 止水対象機器表面やS/C内表面に錆等の付着阻害要因がある。</li> <li>⑦ エビ継部に強め輪が配置されている。</li> <li>⑧ ダウンカマやベント管、歩廊などの干渉物がある。</li> <li>⑨ 充填前にホウ酸水となる計画がある。</li> <li>⑩ 断面直径約9m、板厚14mmの環状鋼管である。 (環状中心直径:約34m)</li> </ul> <p>2. 建屋1階面、地下階の状態</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑪ 躯体や機器が配置されている。</li> <li>⑫ 高放射線環境である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A: 水中不分離性(①、②、⑦)</li> <li>B: 長距離流動性(②、③、④、⑩)</li> <li>C: 長期流動保持性(②、③、④、⑩)</li> <li>D: 止水性1(流水上流側からの止水)(②、③)</li> <li>E: 止水性2(流水下流側からの止水)(④(+ダウンカマ、真空破壊弁))</li> <li>F: 付着性(③、④、⑥)</li> <li>G: 耐薬品性(⑨)</li> <li>H: 耐放性(⑤)</li> <li>I: 長期健全性</li> </ul> <p style="text-align: center;">施工側に求められる要求性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>J: 長距離圧送性(⑪、⑫)</li> <li>K: 遠隔施工性(⑤、⑧、⑫)</li> <li>L: 材料の大量供給性(⑩)</li> <li>M: 材料の連続供給性(⑩)</li> <li>N: 遠隔監視性(⑤、⑩、⑫)</li> </ul>
	<p style="border: 2px solid red; padding: 5px;">上記の要求機能を満足する見込みがある材料として、<b>水中不分離性コンクリート</b>を止水材として選定。</p>

## 2. S/C内充填止水の概要

## (6)－1 要求性能に対する確認項目【止水材】

表 要求性能と確認項目(止水材)

注)ガイドパイプの検討は除く

試験項目		要求性能	水中不 分離性	長距離 流動性	長期流 動保持 性	止水性 1	止水性 2	付着性	耐薬品 性	耐放性	長期健 全性
2015年度 実施済み	1. 配合試験		◎	◎	◎	○	○	○			
	2. 損傷Φ50mm止水試験		○			◎					
	3. 小型ダウンカマ試験		○				◎	○			
	4. ダウンカマ試験		○		○		◎				
	5. クエンチャ・ストレーナ止水試験		○			◎	◎				
	6. 長距離合流部流動試験		○	◎	◎		○				
	7. 真空破壊弁止水試験		○				◎				
	8. 照射試験				○					◎	◎
2016年度	9. 強め輪乗り越え試験		◎	○		◎					
	10. ほう酸中での流動試験		○	○	○	○	○		◎		○
	11. 微生物等による影響確認試験					○	○	◎			○
	12. 長距離圧送試験		○	○	○						
	13. 照射試験(再検証)				○					◎	◎
	14. S/C内充填による止水試験		○	◎	◎	◎	◎				○
	15. 遠隔打設装置の設計・製作										
	16. 遠隔装置と止水材の組合せ試験		○								
	17. 補修材要素試験		○	○		◎	○			○	◎
18. 施工システムの検討											
2016年度	【参考】実規模試験(櫓葉)		○	◎	◎	◎	◎				○

## 2. S/C内充填止水の概要

## (6) - 2 要求性能に対する確認項目【施工側】

表 要求性能と確認項目(施工)

注)ガイドパイプの検討は除く

試験項目		要求性能	長距離圧送性	遠隔施工性	材料の 大量供給性	材料の 連続供給性	遠隔監視性
2015年度 実施済み	1. 配合試験						
	2. 損傷Φ50mm止水試験						
	3. 小型ダウンカマ試験						
	4. ダウンカマ試験						
	5. クエンチャ・ストレーナ止水試験						
	6. 長距離合流部流動試験				○	○	
	7. 真空破壊弁止水試験						
	8. 照射試験						
2016年度	9. 強め輪乗り越え試験						
	10. ほう酸中での流動試験						
	11. 微生物等による影響確認試験						
	12. 長距離圧送試験		◎			○	○
	13. 照射試験(再検証)						
	14. S/C内充填による止水試験				◎	◎	○
	15. 遠隔打設装置の設計・製作			◎			
	16. 遠隔装置と止水材の組合せ試験			◎			○
	17. 補修材要素試験						
18. 施工システムの検討		○	○	◎	◎	◎	
2016年度	【参考】実規模試験(櫛葉)			◎	◎	◎	◎

## 2. S/C内充填止水の概要

### (7) 2015年度までの試験／検討結果

#### (7)－1 配合試験

##### 【目的】

S/C損傷部、クエンチャ、ストレーナの止水に必要な基礎的性能を満たす水中不分離性コンクリートの開発を行う。

##### 【検討・試験の内容及び結果】

要求性能	主な検討・試験の項目	結果
①水中不分離性	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 配合検討試験               <ul style="list-style-type: none"> <li>・増粘剤の温度依存性確認</li> <li>・結合材の選定</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境温度40℃で、影響の低い増粘剤量を2.3kg/m<sup>3</sup>とした。</li> <li>・セメント：<b>中庸熱ポルトランド</b>選定、フライアッシュ置換率：F/(C+F)=30%、水結合比：65%、細骨材：<b>電炉酸化スラグ</b>採用(体積比30%)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ フレッシュコンクリートの特性試験               <ul style="list-style-type: none"> <li>・水中不分離度</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境温度40℃でpH=10.72、濁度(SS)：13.7mg/L <b>良好な水中不分離性を確認。</b></li> </ul>
②長距離流動性	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ フレッシュコンクリートの特性試験               <ul style="list-style-type: none"> <li>・スランプフロー</li> <li>・凝結時間</li> <li>・断熱温度上昇</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境温度20℃、40℃で<b>10時間以上の長期流動保持性</b>(目標値550mm±50mm)を確認。</li> <li>・始発：38.0～44.4時間、終結：43.6～46.4時間</li> <li>・<math>T=26.5 \times (1 - \exp(-0.9 \times t))</math> T:温度、t:材齢 <b>十分な低発熱性を確認。</b></li> </ul>
③長期流動保持性		
④止水性1、2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 硬化コンクリートの特性確認試験               <ul style="list-style-type: none"> <li>・圧縮強度</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中圧縮強度(20℃)：12.5N/mm<sup>2</sup></li> <li>・水中圧縮強度(40℃)：21.3N/mm<sup>2</sup></li> <li>・水中／気中強度比：80%以上</li> <li>何れも<b>目標値0.4N/mm<sup>2</sup>(400kPa)以上</b>を達成。(オペフロ冠水水頭圧以上)</li> </ul>
⑤付着性	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 硬化コンクリートと鋼材の付着強度試験(参考)</li> <li>・介在物として塗料カス、錆粉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・標準(鋼材+コンクリート)：0.40N/mm<sup>2</sup></li> <li>・錆粉：0.30N/mm<sup>2</sup></li> <li>・塗装粉：0.26N/mm<sup>2</sup></li> </ul>



## 2. S/C内充填止水の概要

### (7) 2015年度までの試験／検討結果

#### (7) - 2 損傷Φ50mm止水試験

##### 【目的】

S/C想定損傷孔Φ20mm（試験では50mm）の止水性及び止水可能な粗骨材寸法を確認する。

##### 【検討・試験の内容及び結果】

要求性能	主な検討・試験の項目	結果
①水中不分離性 ②長距離圧送性 ③止水性1	▶ 損傷Φ50mm止水試験 ・90L/分流水での止水性 （水槽底面、側面の孔止水） ・最大粗骨材寸法の検証 （Gmax=20mm、40mmでの閉塞性）	・底面損傷孔 Gmax=40mm: コンクリート打ち込み高さ60~90mm程度で止水 Gmax=20mm: コンクリート打ち込み高さ90~100mm程度で止水 ・側面損傷孔 Gmax=40mm: コンクリート打ち込み高さ15~30mm程度で止水 Gmax=20mm: コンクリート打ち込み高さ60~90mm程度で止水 ⇒ 何れのケースでも損傷孔の止水性(骨材のアーチアクション)を確認。 圧送性の観点からGmax=20mmを選定。

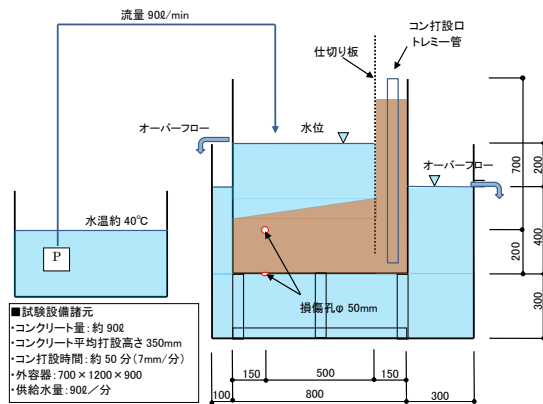


図 試験装置概要

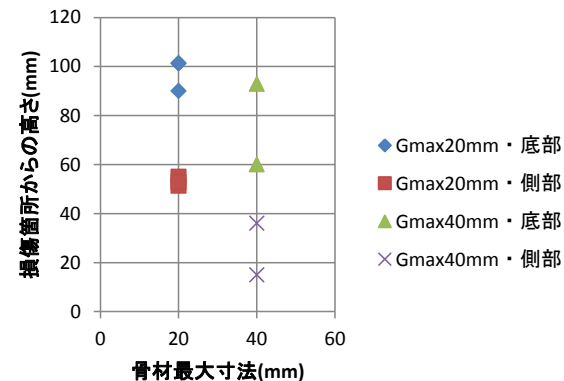


図 最大骨材寸法と止水時の損傷孔からのコンクリート高さ

## 2. S/C内充填止水の概要

### (7) 2015年度までの試験／検討結果

#### (7) -5 クエンチャ・ストレーナ止水試験

注) 3. 小型ダウンカマ試験、4. ダウンカマ試験は省略

##### 【目的】

強め輪部分の材料挙動、その後の材料流動によるS/C損傷部及びクエンチャ、ストレーナの止水性を確認する。

##### 【検討・試験の内容及び結果】

要求性能	主な検討・試験の項目	結果
①水中不分離性	<ul style="list-style-type: none"> <li>クエンチャ・ストレーナ止水試験</li> <li>強め輪(Tフランジ)乗越え時の材料挙動確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強め輪(高さ582mm)を乗り越えた材料が落下し、<b>材料分離する現象</b>が観察された。下記クエンチャ、ストレーナ止水に影響はなかったが、S/C損傷部止水に影響が残る可能性があるため、継続検討が必要と判断。</li> <li>⇒2016年度に再検証。(9. 強め輪乗り越え試験)</li> </ul>
②止水性1	<ul style="list-style-type: none"> <li>クエンチャ・ストレーナ止水試験</li> <li>S/C損傷部止水(90L/分流水)</li> <li>ストレーナ止水(90L/分流水)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強め輪乗り越え後の<b>材料分離</b>により、S/C損傷部直下に設置した下部タンクが満杯となり、止水性を確認できなかった。</li> <li><b>ストレーナ天端+40mm</b>のコンクリート埋設高さで止水性を確認。</li> </ul>
③止水性2	<ul style="list-style-type: none"> <li>クエンチャ・ストレーナ止水試験</li> <li>クエンチャ止水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート硬化後の耐水圧試験(最大500kPa)にて<b>2.6mL/分</b>であり、十分な止水性を確認。</li> </ul>

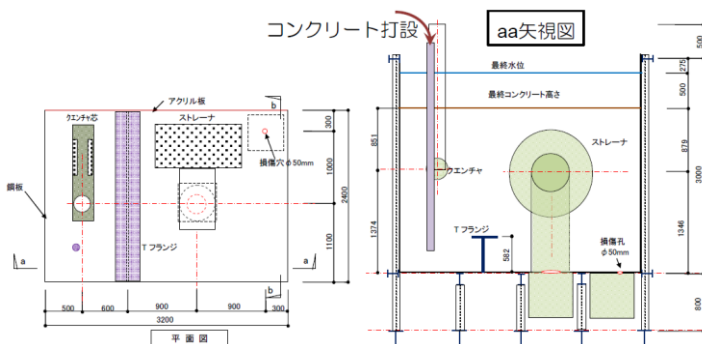


図 試験装置概要

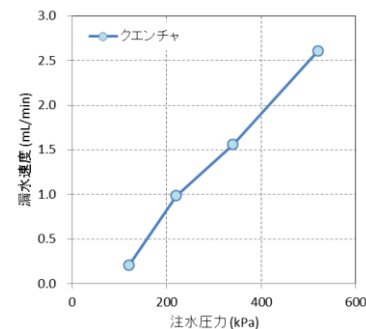


図 クエンチャ耐水圧試験時の漏水量

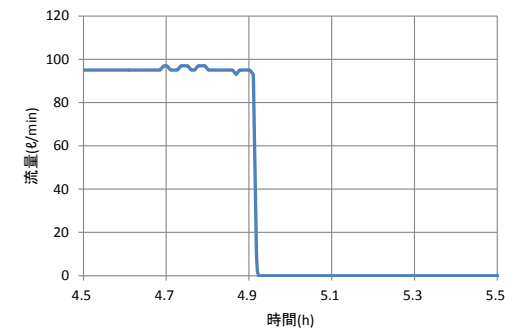


図 打設時のストレーナのからの漏水変化

## 2. S/C内充填止水の概要

### (7)2015年度までの試験／検討結果

#### (7)－6 長距離合流部流動試験

##### 【目的】

長距離流動の可否及び流動後のコンクリート打ち上がり勾配の把握、流動距離に応じた材料品質、合流部の材料品質を確認する。（2015年度は模擬ダウンカマ（1/2スケール）の止水性も確認）

##### 【検討・試験の内容及び結果】

要求性能	主な検討・試験の項目	結果
①水中不分離性 ②長距離流動性 ③長期流動保持性	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 長距離合流部流動試験                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・10.5m流動可否の確認</li> <li>・打ち上がり勾配の確認</li> <li>・材料品質（強度）確認</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・24m水槽の両側からコンクリートを同時打設し、<b>中心部(10.5m)まで到達</b>。</li> <li>・最終勾配は<b>1/200～1/300</b>。</li> <li>・片側のみからの打設も行い、<b>流動距離20mの到達</b>を確認。</li> <li>・流動距離が長くなると圧縮強度が低下し、<b>14m以上で80%程度</b>。</li> </ul>
④止水性2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 長距離合流部流動試験</li> <li>・模擬ダウンカマの耐水圧試験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダウンカマ内外のコンクリート打ち込み高さの差：20mm程度。</li> <li>・コンクリート硬化後の耐水圧試験（最大500kPa）にて中心部（合流部）のダウンカマで1mL/分以下であり、十分な止水性を確認。</li> </ul>
⑤材料の大量供給性 ⑥材料の連続供給性	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 長距離合流部流動試験</li> <li>・試験施工計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート打設量約32m<sup>3</sup>、アジテータ車10台（片側5台）による打設計画、<b>連続同時打設</b>を行い、材料施工性を確認。</li> </ul>

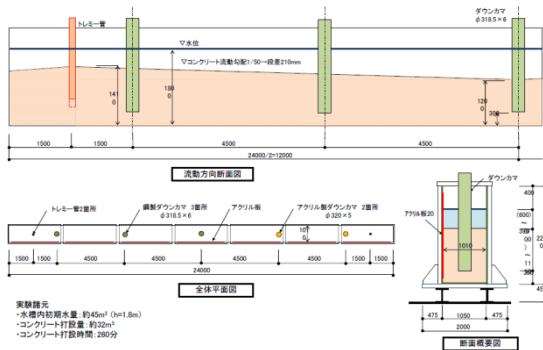


図 試験装置概要

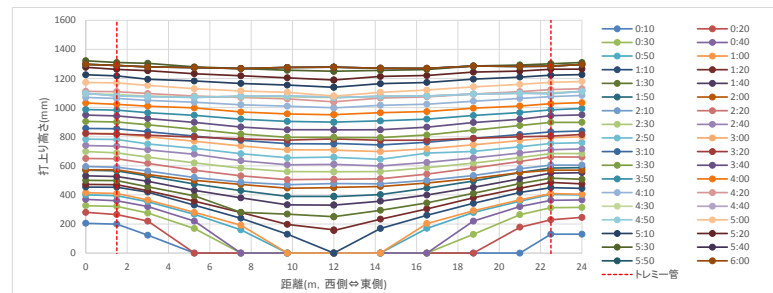


図 コンクリート流動分布

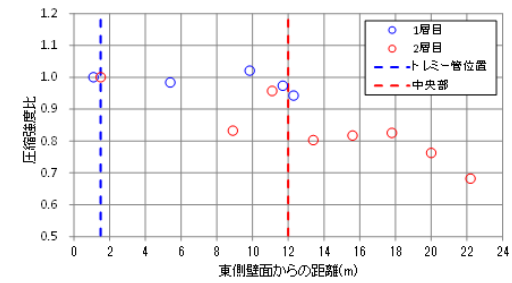


図 流動距離と圧縮強度比

## 2. S/C内充填止水の概要

### (7)2015年度までの試験／検討結果

#### (7)－8 照射試験

注) 7. 真空破壊止水試験は省略

##### 【目的】

コンクリートの未硬化及び硬化後の状態に対する放射線（ $\gamma$ 線）照射の影響を確認する。

##### 【検討・試験の内容及び結果】

要求性能	主な検討・試験の項目	結果
①長距離流動保持性 ②耐放性 ③長期健全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>フレッシュコンクリートの照射試験               <ul style="list-style-type: none"> <li>流動性の影響確認</li> <li>硬化後の圧縮強度</li> </ul> </li> <li>硬化コンクリートの照射試験               <ul style="list-style-type: none"> <li>圧縮強度の確認</li> <li>照射後の組成分布</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未硬化コンクリートに73Gy/hの線量を照射し、スランプフローを計測。<b>未照射</b>: 543mm、<b>照射3h後</b>: 592mm、<b>照射6h後</b>: 588mmとなり、影響の無いことを確認。</li> <li>7日間、28日間照射したコンクリートの圧縮強度試験を実施。未照射と比較し、<b>7日間</b>: 0.6%低下、<b>28日間</b>: 2.2%上昇であり、照射影響は殆ど確認されなかった。</li> <li>圧縮強度用試験体で長時間照射したものに、<b>表面に砂すじ</b>が観察された。EPMA分析により、照射された水が水素、過酸化水素の気体を発生し、Ca分を巻き込んで表面を上昇した可能性がある。</li> <li>⇒2016年度に再検証。(13. 照射試験(再検証))</li> <li>6kGy/hの線量に硬化コンクリートを照射し、累積線量25MGyでの圧縮強度試験を実施。未照射の圧縮強度に比べ、照射後は<b>17.5%低下</b>。ただし、目標強度は達成しており、照射影響は小さいと判断。(未照射17N/mm<sup>2</sup>→照射後14N/mm<sup>2</sup>)</li> <li>EPMA分析の結果、照射有無による各元素の分布に大きな差が無いことを確認。</li> </ul>



写真 フレッシュコンの照射状況

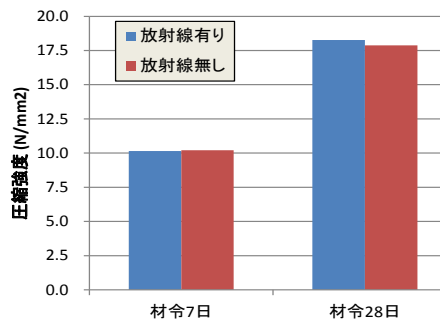


図 フレッシュコンの圧縮強度



写真 フレッシュコン圧縮試験体の表面

## 2. S/C内充填止水の概要

### (8)今年度試験の位置付け①

表 要求性能と確認項目(止水材)

注)ガイドパイプの検討は除く

試験項目		要求性能	水中不 分離性	長距離 流動性	長期流 動保持 性	止水性 1	止水性 2	付着性	耐薬品 性	耐放性	長期健 全性
2015年度 実施済み	1. 配合試験		◎	◎	◎	○	○	○			
	2. 損傷Φ50mm止水試験		○			◎					
	3. 小型ダウンカマ試験		○				◎	○			
	4. ダウンカマ試験		○				◎				
	5. クエンチャ・ストレーナ止水試験		○			◎	◎				
	6. 長距離合流部流動試験		○	◎	◎		○				
	7. 真空破壊弁止水試験		○				◎				
	8. 照射試験				○					◎	◎
新:実機想 定環境影響	9. 強め輪乗り越え試験		◎	○		◎					
	10. ほう酸中での流動試験		○	○	○	○	○		◎		○
	11. 微生物等による影響確認試験					○	○	◎			○
2016年度	12. 長距離圧送試験		○	○	○						
	13. 照射試験(再検証)				○					◎	◎
	14. S/C内充填による止水試験		○	◎	◎	◎	◎				○
	15. 遠隔打設装置の設計・製作										
新:長期維 持	16. 遠隔装置と止水材の組合せ試験		○								
	17. 補修材要素試験		○	○		◎	○			○	◎
2016年度	18. 施工システムの検討										
2016年度	【参考】実規模試験(櫓葉)		○	◎	◎	◎	◎				○

強め輪乗り越え後の材料  
分離影響「再検討・試験」

実S/C形状に近い状態での  
流動による止水性検証

照射後の砂すじ影響に  
ついて「再検討・試験」



## 2. S/C内充填止水の概要

### (8)今年度試験の位置付け②

表 要求性能と確認項目(施工)

注)ガイドパイプの検討は除く

試験項目	要求性能	長距離圧送性	遠隔施工性	材料の 大量供給性	材料の 連続供給性	遠隔監視性
2015年度 実施済み	1. 配合試験					
	2. 損傷Φ50mm止水試験					
	3. 小型ダウンカマ試験					
	4. ダウンカマ試験					
	5. クエンチャ・ストレーナ止水試験					
	6. 長距離合流部流動試験			○	○	
	7. 真空破壊弁止水試験					
	8. 照射試験					
新:実施工 検討	9. 強め輪乗り越え試験					
	10. ほう酸中での流動試験					
	11. 微生物等による影響確認試験					
2016年度 実施工検討	12. 長距離圧送試験	◎			○	○
	13. 照射試験(再検証)					
新:実施工 検討	14. S/C内充填による止水試験			◎	◎	○
	15. 遠隔打設装置の設計・製作		◎			
継続:実施工 検討	16. 遠隔装置と止水材の組合せ試験		◎			○
	17. 補修材要素試験					
2016年度	18. 施工システムの検討	○	○	◎	◎	◎
	【参考】実規模試験(楢葉)		◎	◎	◎	◎

実施工に関する詳細検討

## 2. S/C内充填止水の概要

### (9) 今年度試験の計画工程

S/C内充填止水工法の成立性検討のため、2015年度および2016年度の試験により網羅的な対策を行っている。今年度の試験工程を下表に示す。

