

特定原子力施設監視・評価検討会
(第45回)
資料3

海側遮水壁の現状と港湾のモニタリング状況について

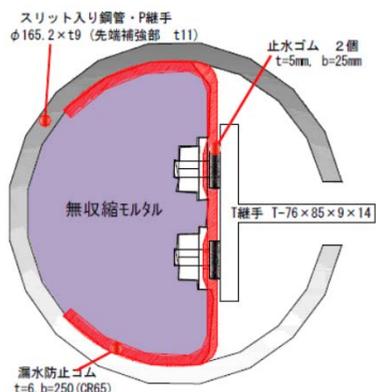
2016年8月18日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 海側遮水壁の耐久性能・保全等について

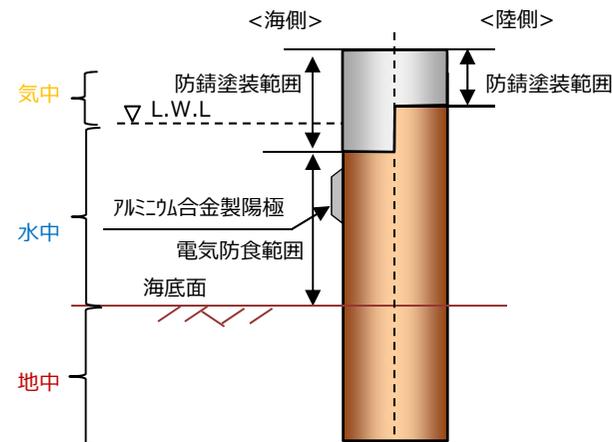
- 【構造】
- 自立式鋼管矢板：長さ約21～26m（地中部約14～17m；下端部は互層部下端以深）
 - 継手：漏水防止ゴム付P-T型（透水係数 10^{-6} cm/s以下，変形追従性能保有）
 <継手が健全であれば遮水性能が維持される>
- 【耐久性能】
- 鋼管矢板：設計耐用年数を30年とし，部位毎に腐食環境に応じた防食を実施
 海側気中部（飛沫帯）：防錆塗装， 海側水中部：電気防食， 陸側：防食なし
 設計計算（応力・ひずみ）は30年後の腐食状態を考慮して実施
 - 漏水防止ゴム：紫外線作用のない環境では，常温で100年以上の耐久性が期待できる



【継手部構造図】



【継手部写真（モルタル充填後）】



【鋼管矢板の防食イメージ】

【保全のための監視状況】

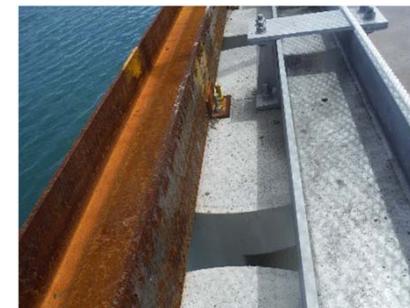
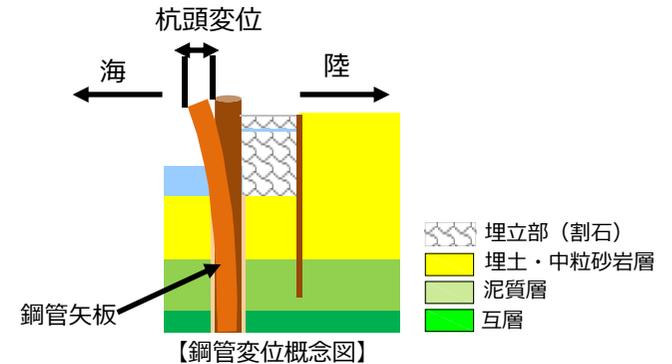
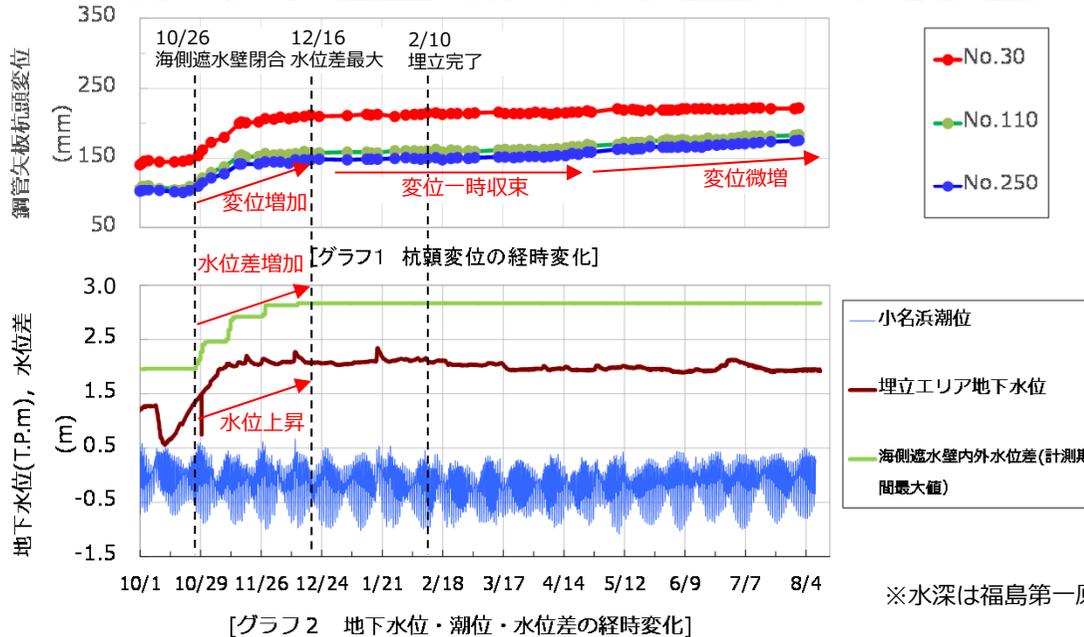
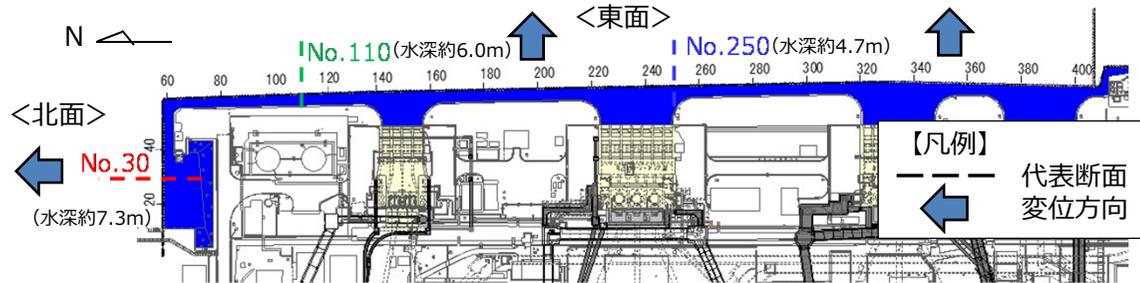
- 杭頭変位のモニタリング（週1回以上）
- 継手状況等の目視点検（週1回以上）
- 電気防食の効果確認のための電位測定（年1回）
- 港湾海水の放射性物質濃度のモニタリング（毎日）



【防食実施状況】

2. 鋼管矢板の杭頭変位について

- 2015年10月まで：埋立に伴う土圧増加による変位増 <北面：15cm程度，東面：10cm程度>
- 2015年10～12月：海側遮水壁閉合以降の地下水位上昇に伴う水圧増加による変位増
 <北面：6cm程度（累計21cm程度），東面：5～6cm程度（累計15～16cm程度）>
 → 鋼管間の相対変位を抑制し，継手負荷を軽減することを目的として鋼材により杭頭を結合
- 2015年12月以降：海側遮水壁の内外水位差の増加はなく変位は収束傾向だが今春以降微増を確認
 <北面：1cm程度以内（累計22cm程度），東面：2cm程度（累計17～18cm程度）>
 → 杭頭変位の測量頻度を増やす等，監視を強化

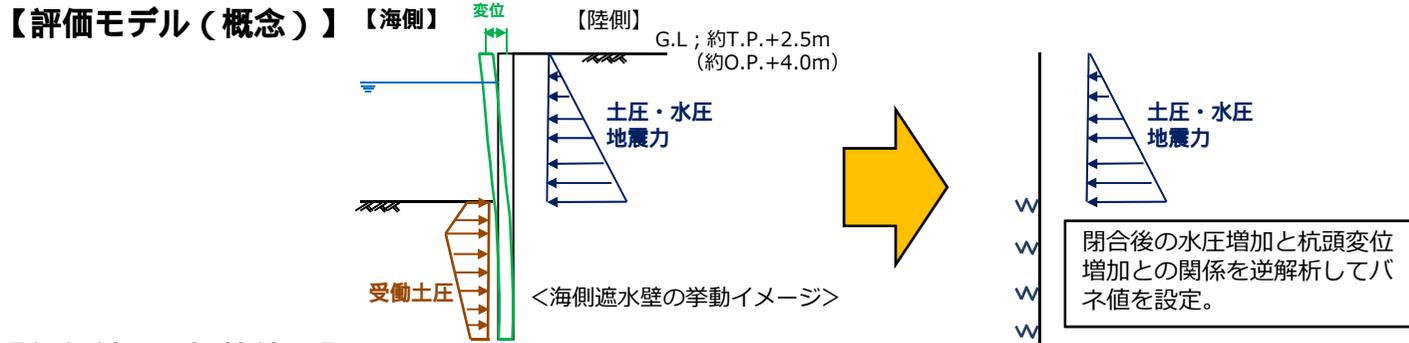


【鋼管頭部結合鋼材】

※水深は福島第一原子力発電所の平均潮位を基準。

3. 鋼管矢板の健全性評価について

- 2015年12月に、閉合以降の地下水位上昇を踏まえ鋼管矢板の健全性について評価を実施。 ※1
- 2016年12月以降は内外水位差は増加していないことから、その後の変位増加は水圧増加に起因するものではないと考えているが、安全側の評価として外力増加によるものと仮定し、現状の変位量における鋼管矢板の健全性を試算した。



【評価結果（概算値）】

	実測変位 (8/1) [cm]	解析値※2							
		常時				地震時 (Kh=0.25)			
		応力[N/mm ²]		ひずみ[μ]		応力[N/mm ²]		ひずみ[μ]	
		地下水位T.P.2.1m	地下水位T.P.2.5m	地下水位T.P.2.1m	地下水位T.P.2.1m	地下水位T.P.2.1m	地下水位T.P.2.1m		
No.30	22.2	172 (< 300)	OK	189 (<300)	OK	261 (< 300)	OK	1,303 (<1,500)	OK
No.110	18.4	114 (< 300)	OK	-	-	171 (< 300)	OK	856 (<1,500)	OK
No.250	17.6	130 (< 300)	OK	-	-	191 (< 300)	OK	953 (<1,500)	OK

- 現況の変位を踏まえ、常時および地震時の鋼管矢板の発生応力は、設計降伏応力を下回っていることから、鋼管矢板の健全性は確保されていると評価。 ※2
- 地震時（水平震度Kh=0.25）の鋼管矢板の最大ひずみは1,500μを下回っていることから、海側遮水壁の遮水性能は所要性能の透水係数10⁻⁶cm/s以下が確保されていると評価。 ※3
- 地下水位が鋼管矢板継手天端高さ（約T.P.+2.5m（O.P.+4.0m））まで上昇したとしても、鋼管矢板の発生応力は設計降伏応力を下回っていることから、鋼管矢板の健全性は確保されると評価。 ※4

※1 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に則り海側遮水壁を梁バネモデルでモデル化

※2 鋼管矢板に施された防食効果を踏まえた30年後の腐食状況を想定して健全性評価を実施

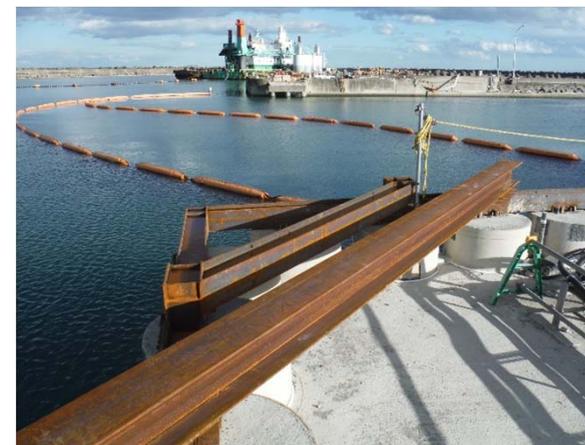
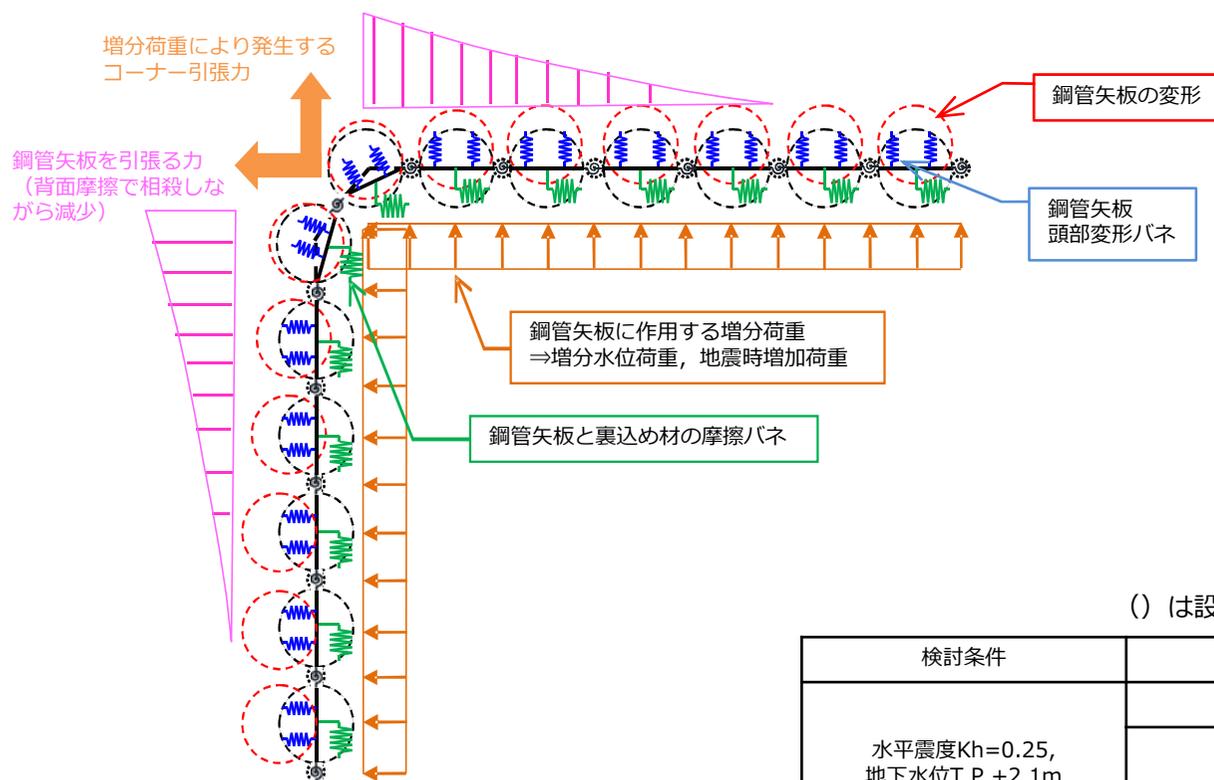
※3 鋼管矢板協会：鋼管矢板継手の遮水性能評価試験，土木学会第56回年次学術講演会，平成13年10月

※4 応力状態が一番厳しい北面（No.30）のみ検討実施

4. コーナー部の杭頭結合部の健全性評価について

- コーナー部は2方向への引張力が作用するため、引張力※に抵抗可能な結合材を、引張力がほぼゼロになる位置（コーナー部から19本分）まで設置し、杭頭部にアンカーボルトで固定。コーナー部は鋼材を溶接にて固定。（コーナー部以外のエリアについても、予防保全として同様の対策を実施。）

※ 下記評価モデルにより、地下水位が約T.P.+2.1m（約O.P.+3.6m）において地震時（ $K_h=0.25$ ）にコーナー部で鋼管矢板を引張る力を算定



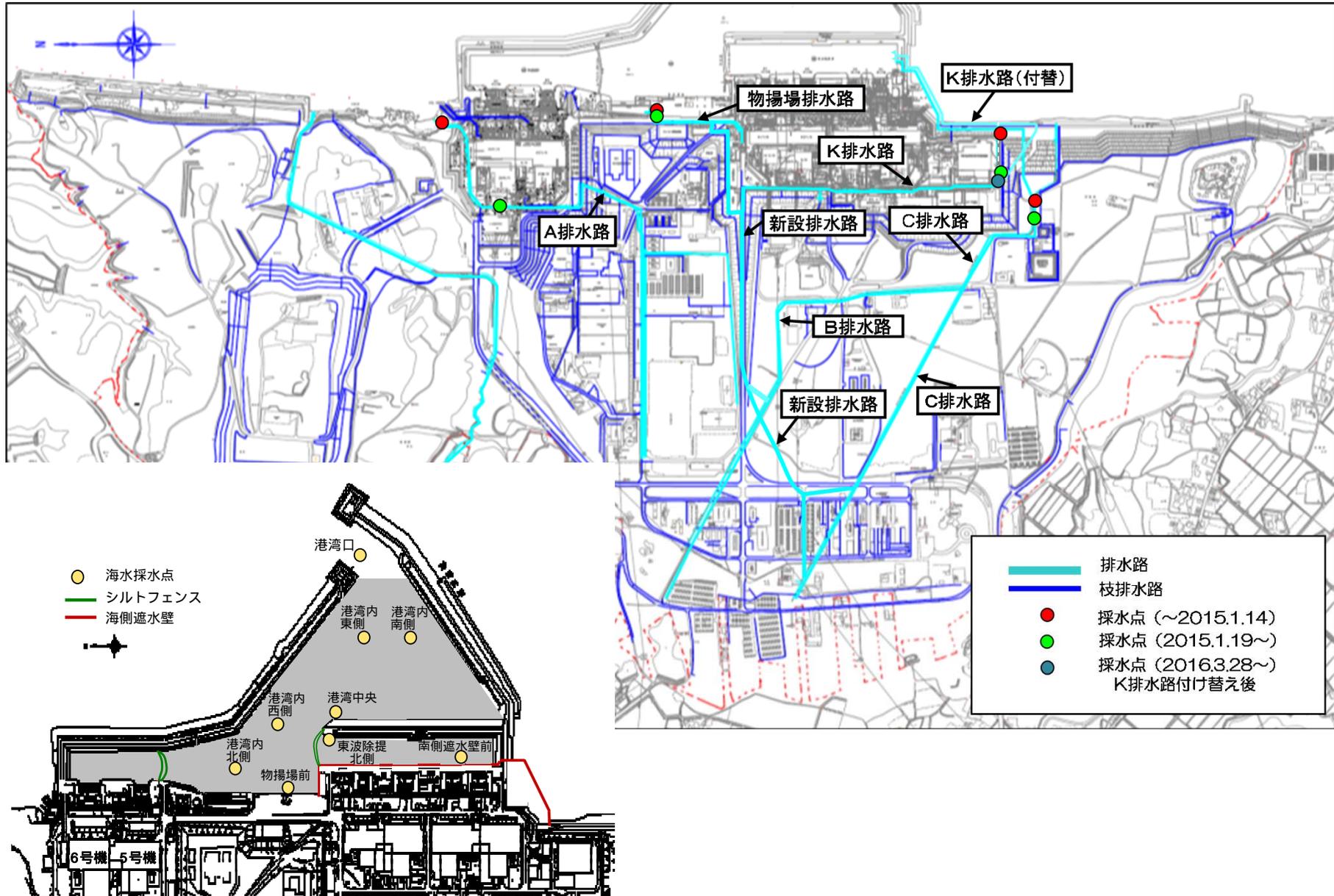
【コーナー部における杭頭結合状況】

() は設計降伏応力, 設計せん断耐力 T.P.値は概略値

検討条件	評価項目			
	結合材		アンカーボルト	
水平震度 $K_h=0.25$, 地下水位T.P.+2.1m	応力 [N/mm ²]		せん断力 [kN/本]	
	122 (< 245)	OK	16.4 (< 27.5)	OK

＜コーナー部における評価モデル＞

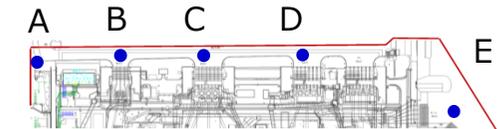
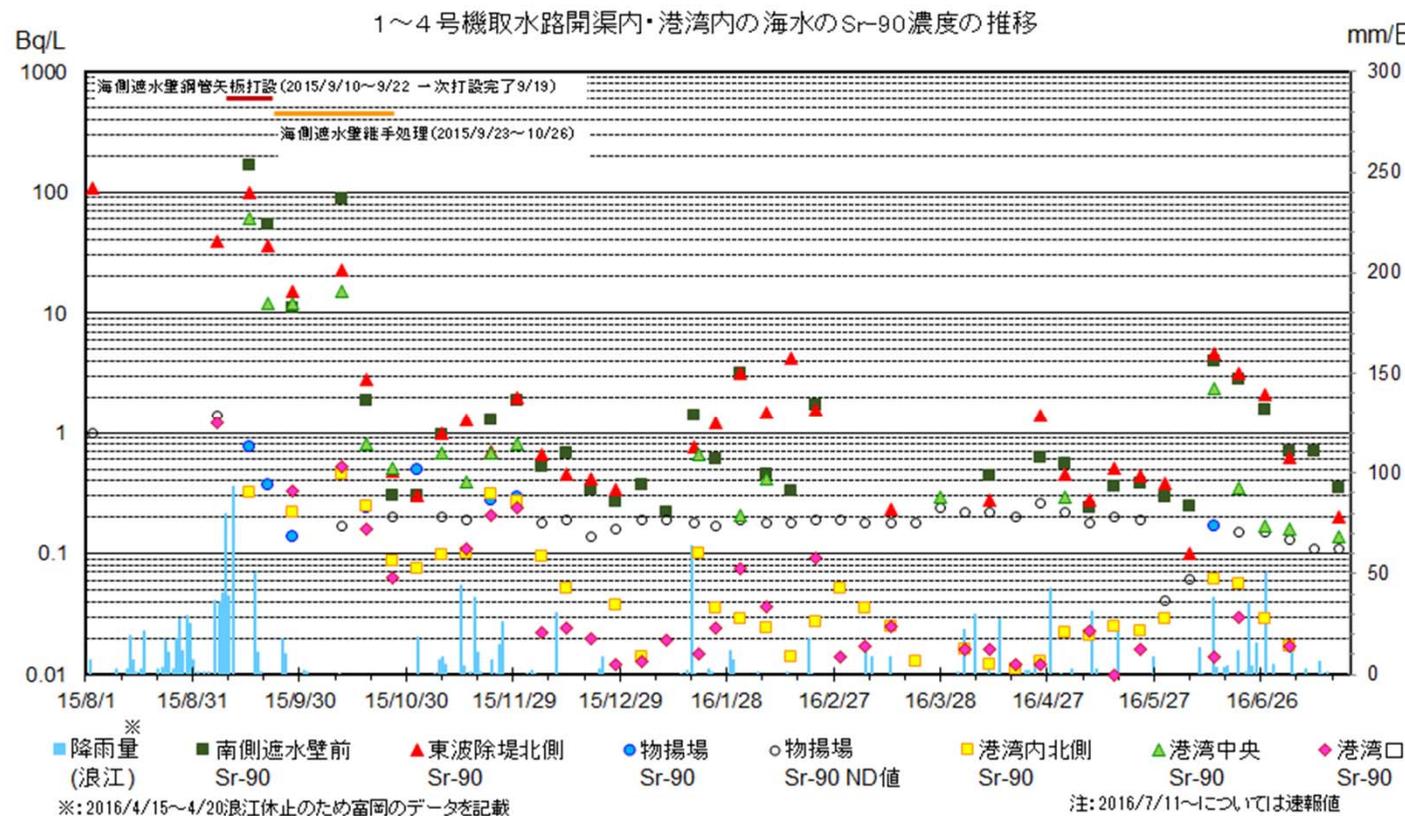
5. 港湾内・排水路における採水点



6. 開渠内・港湾内におけるSr-90濃度の推移

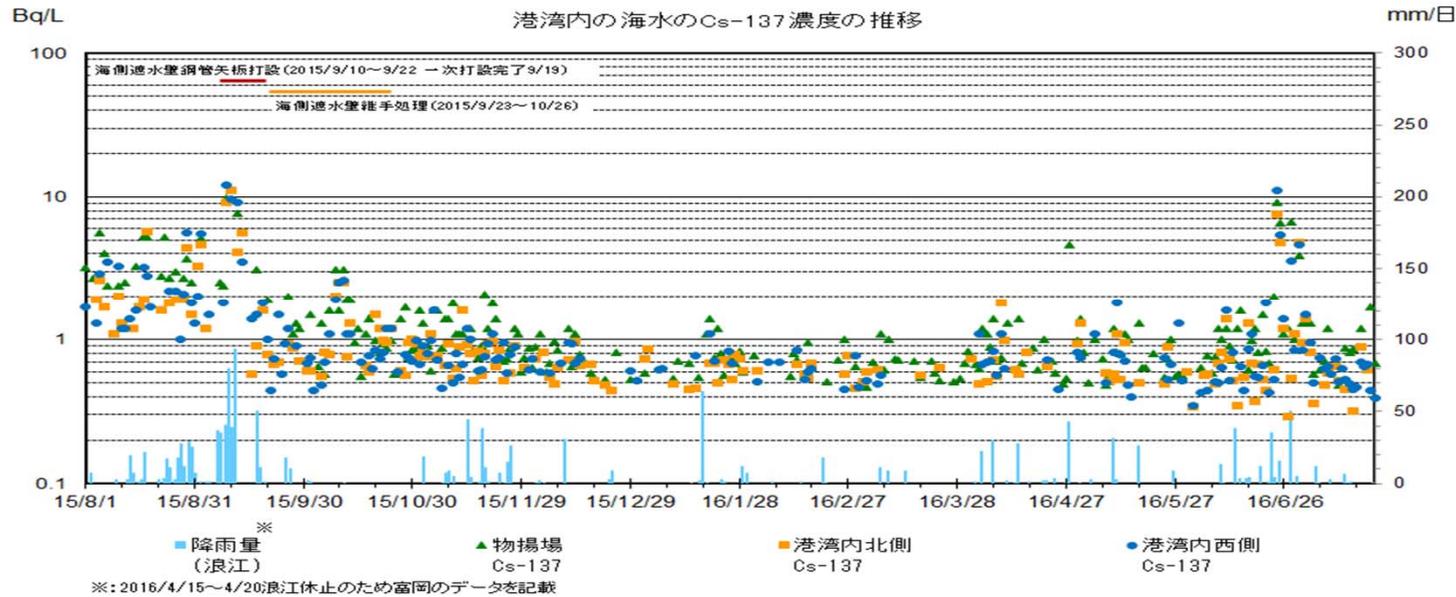
		Bq/L					
採水点	採取日	Cs-137	全β	採水点	採取日	Cs-137	全β
地下水ポンドA	2016/7/4	4.2	4155	地下水ポンドD	2016/7/4	5.9	160
地下水ポンドB	2016/7/4	12	4654	地下水ポンドE	2016/7/4	8.1	27
地下水ポンドC	2016/7/4	125	819	4号機シルトフェンス内側*	2015/9/21	23	1000

* 海側遮水壁閉合前の海水の値(採水点は4号機取水口前、海側遮水壁の内側)

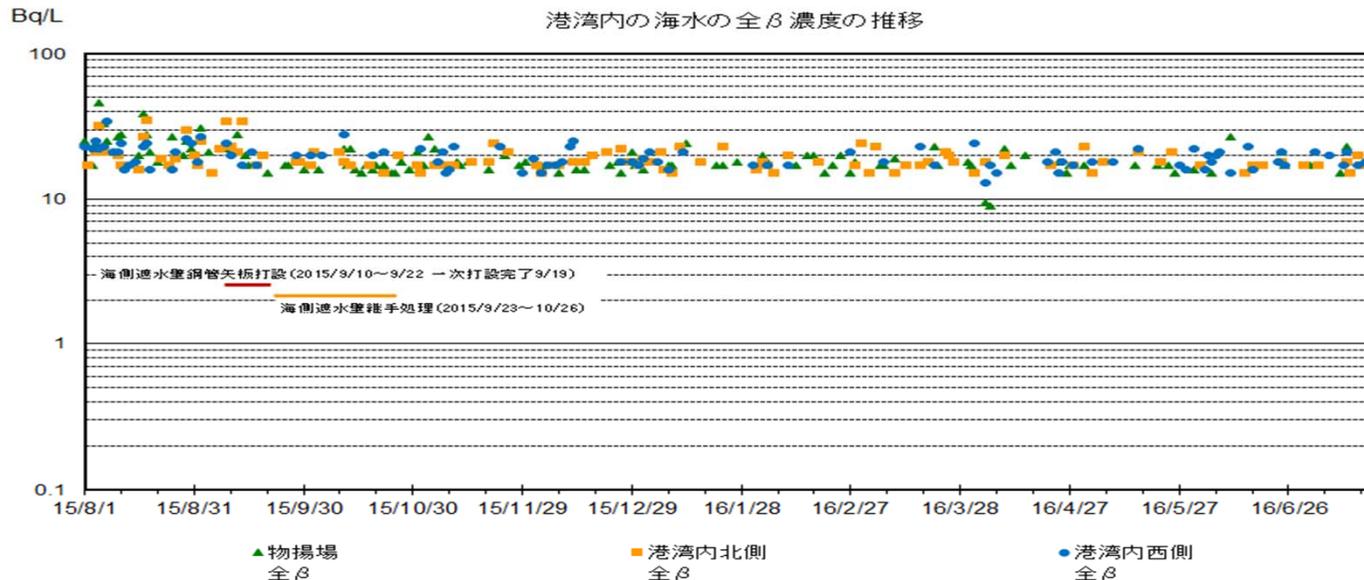


- ; 地下水ドレンポンド位置
- 海側遮水壁の陸側の地下水では高い全β濃度が観測されている。
- Sr-90は海側遮水壁閉合後から濃度低下が見られ現在は概ね1Bq/L程度で推移している。
- これらのことから、港湾の放射性物質濃度からは地下水が流出している傾向は見られない。

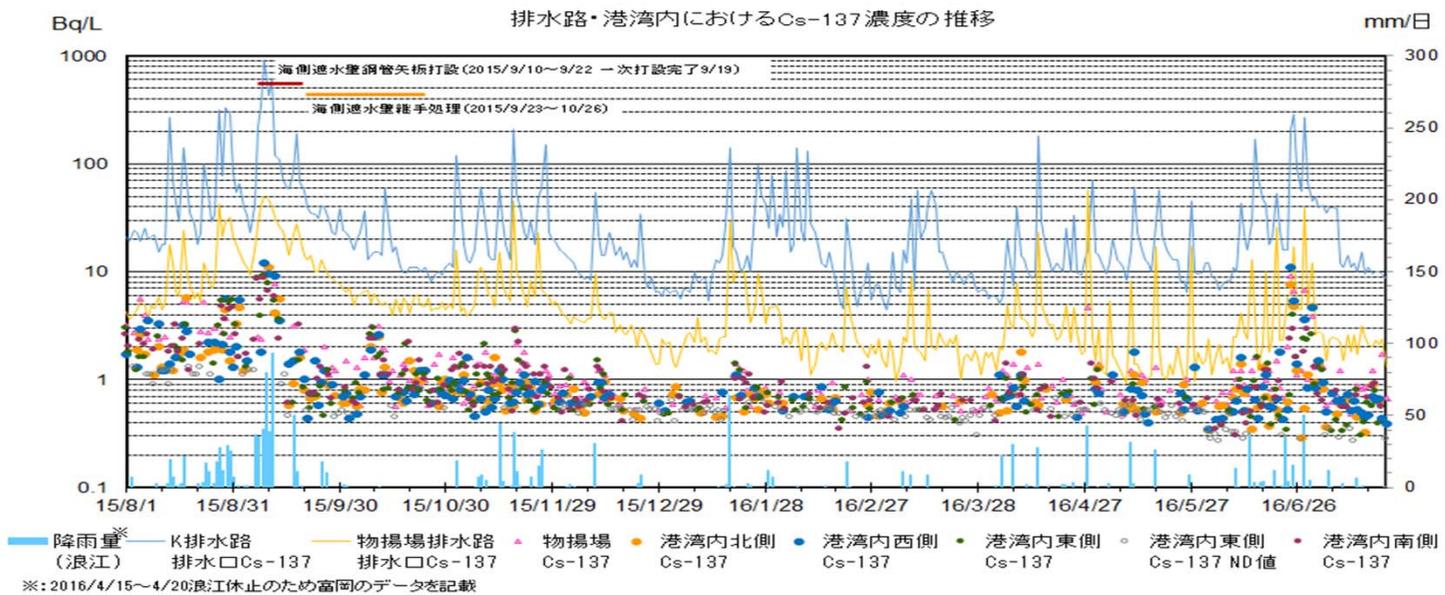
7. 港湾内の放射性物質濃度の変化



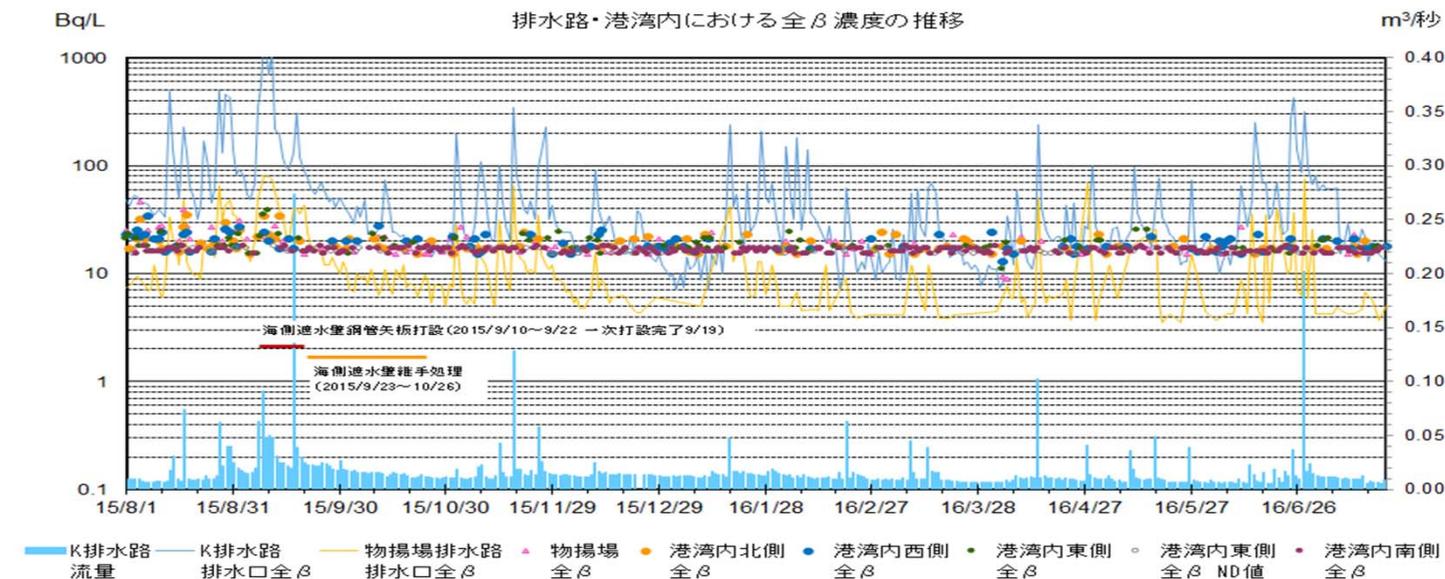
- 港湾内の放射性物質濃度は海側遮水壁の閉合後は低下傾向を示しているが、降雨に伴い変動が観測されている。
- 全βについては海水中のK-40（天然核種）によってCs-137より高めに推移している。



8. 排水路・港湾内における濃度の推移



- 港湾内の放射能濃度は排水路の濃度より低いですが、同様のトレンドとなっていることから、港湾内の濃度変化は排水路の影響を受けていると考えられる。
- 排水路の放射能濃度はCsと全βがほぼ同じであり、Srは殆ど含まれないと考えられる。
- なお、排水路の流量は降雨強度により増減する。



- [参考]
- ・K排水路よりC排水路への移送 2015/4/17~
 - ・K排水路付け替え 2016/3/28~
 - ・新設排水路北側ルート通水 2016/4/27~
 - ・新設排水路南側ルート通水 2016/6/20~

【耐久性等】

- 海側遮水壁（鋼管矢板）は、継手が健全であれば遮水性能が維持される構造であり、30年後の腐食状態を考慮して設計している。

【保全活動・モニタリング】

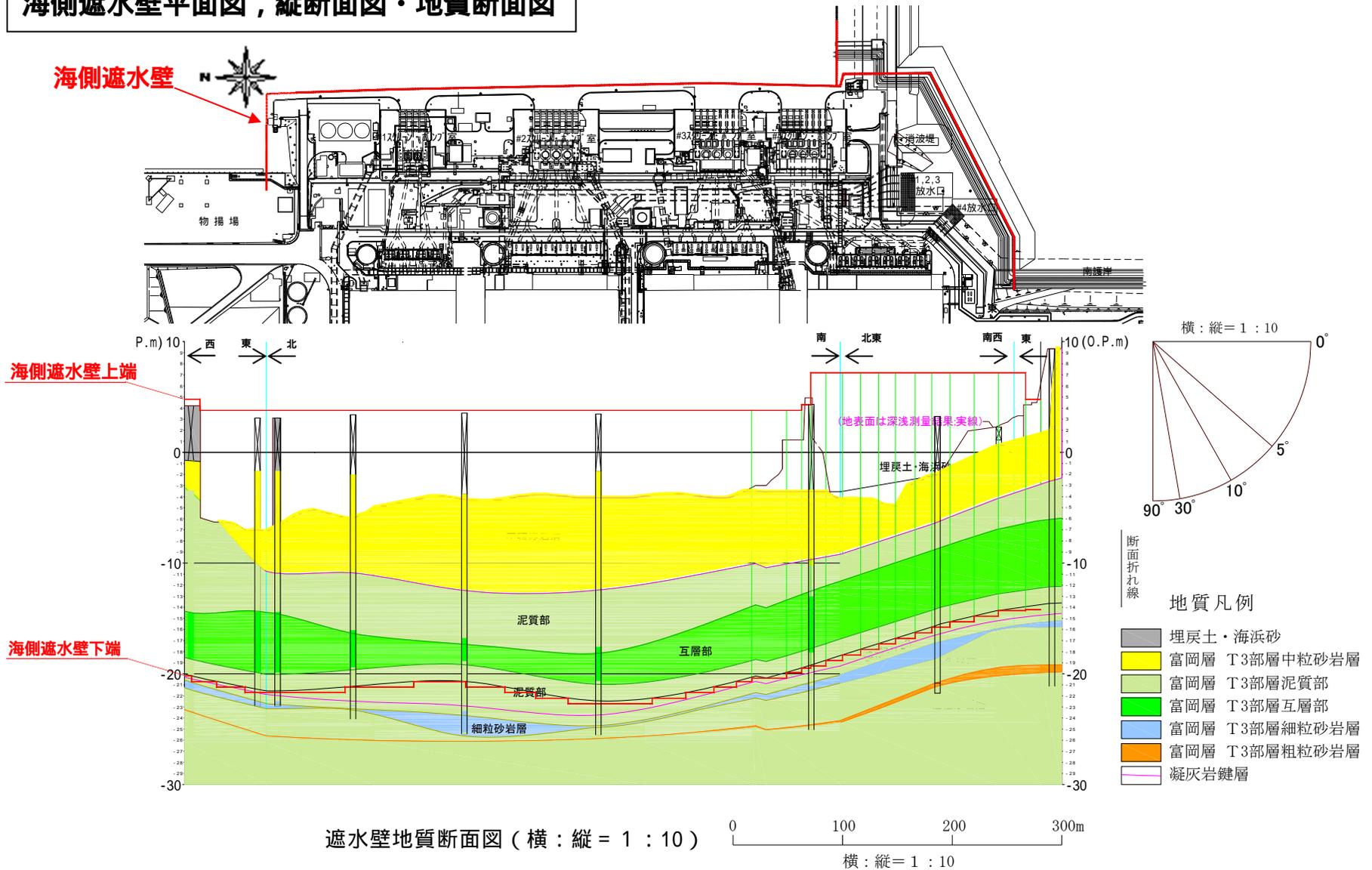
- 目視確認・変位計測を週1回以上、港湾海水の放射性物質濃度を毎日モニタリングしている。
 - 目視確認では、継手に異常は確認されていない。
 - 杭頭変位を踏まえても、鋼管は健全な状態と評価している。
 - 港湾海水の放射性物質濃度は降雨に伴う排水路の濃度上昇による影響を受けながら推移しているが、Sr-90濃度は海側遮水壁閉合後は低い値で推移しており、埋立エリアの地下水が流出している傾向は確認されない。



海側遮水壁は健全であり、遮水性能は維持されていると評価。

【参考1】海側遮水壁の設置深さについて

海側遮水壁平面図，縦断面図・地質断面図

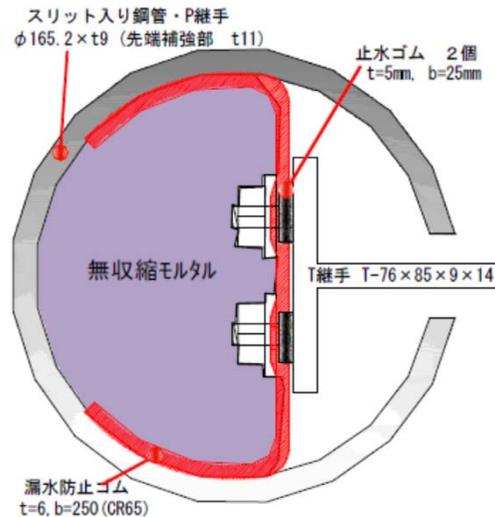


➤ 海側遮水壁下端は，互層部下端から数m程度下方まで根入れされている。

【参考2】遮水構造（継手）の設計について

- 継手構造は、既往文献等※からP-T継手とし、止水性を高めるT継手に板状の漏水防止ゴムを装着したものをP継手内に嵌合させ、モルタルを充填したものである。なお、漏水防止ゴムとT継手との間に膨潤性止水ゴムを配置し、遮水性を高めている。
- 上記構造により透水係数は 10^{-6} cm/sの遮水性能を有する。
（鋼管矢板の応力が弾性変形範囲であれば透水係数 10^{-8} ~ 10^{-7} cm/s以下であることを、同文献等※から確認）
- 鋼管矢板の変形に対しては、漏水防止ゴムの弾性変形内において、ゴムの変形追従にて対応が可能。
- 漏水防止ゴムの耐久性については、紫外線作用のない環境では、常温時で100年以上の寿命を期待できることを同文献等※から確認。
- 現状、各継手において隙間が開くような事象は確認されていない。

※参考文献 港湾空港技術研究所資料 No.1142 鋼製遮水壁の遮水性能と適用性に関する研究（2006.9）
鋼製遮水壁に関する実証実験と適用性 土木学会論文集 Vol63（2007.7）
鋼管矢板継手の遮水性能評価試験（土木学会56回年次学術講演会，2001.10）



【継手部構造図】

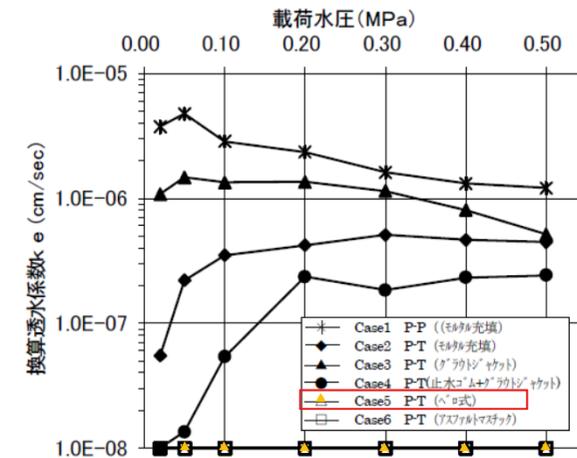
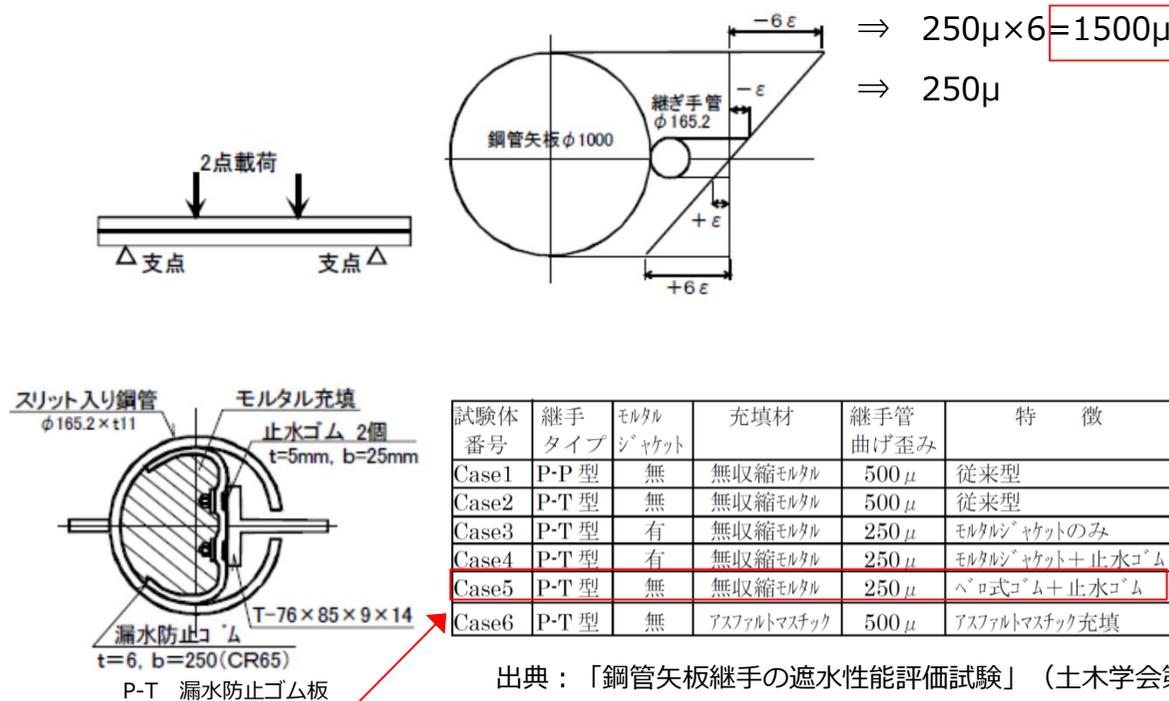


【継手部写真（モルタル充填後）】

【参考3】 鋼管矢板遮水性の評価基準値について

継手鋼管の縁端ひずみが 250μ （鋼管矢板縁端ひずみ $1,500\mu$ ）となるまで载荷した後、遮水試験を実施。

⇒ 漏水ゴム付P-T継手の透水係数は、鋼管矢板縁端のひずみレベルが $1,500\mu$ であれば、透水係数 10^{-8}cm/s を確保できることを確認。



出典：「鋼管矢板継手の遮水性能評価試験」（土木学会第56回年次学術講演会，2001.10）