
安治川(此花西部臨海地区)護岸の現状

流域（西大阪ブロック）の概要（流域及び河川の概要）

- 流域は、我が国の主要都市の中でも有数の大都市である大阪市の中核部に位置する。
- 流域14区(※1)の人口は約145万人(令和2年現在)。
- 対象河川は全て感潮河川で勾配もほとんどない。

表 対象河川一覧

河川名	指定区間延長(km)	流域面積(km ²)
旧淀川 (大川・堂島川・ 安治川)	13.83	288.0 (流域面積に寝屋川 流域含む)
土佐堀川	2.45	
木津川	8.80	
尻無川	4.10	
東横堀川	2.175	
道頓堀川	2.745	
住吉川	3.05	10.8
正蓮寺川	4.60	
六軒家川	1.45	

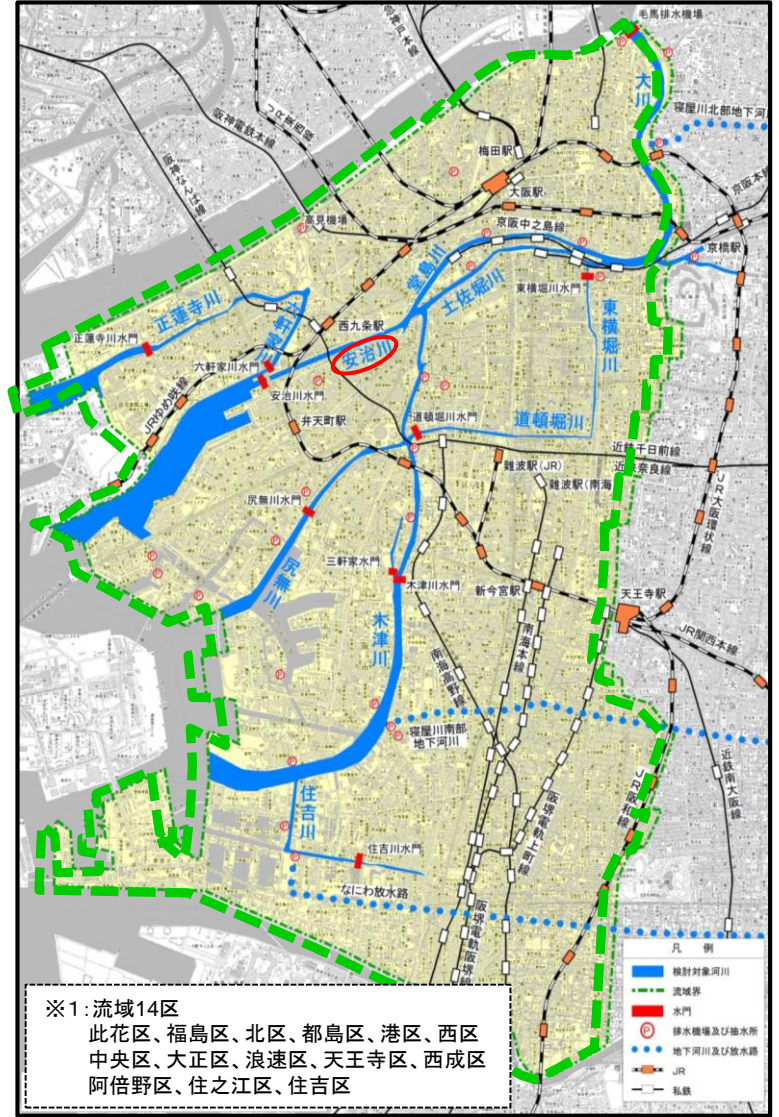
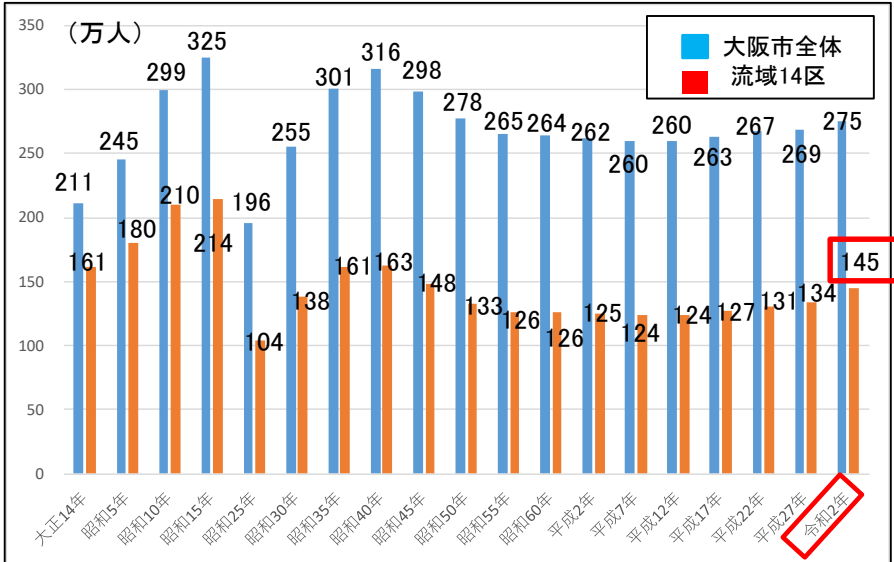


図 流域図

流域（西大阪ブロック）の概要（流域の特性）

- 流域は、大阪平野の河口部に位置し、低地帯で海拔ゼロメートル以下の地帯も存在する。
- 地質は、淀川水系、大和川水系の河川によって堆積された軟弱な沖積層で覆われており、昭和10年～昭和36年頃には、多量の地下水汲み上げにより激しい地盤沈下に見舞われた。
- 現在では、地下水汲み上げ規制等により沈下はおさまり、沈下の進行はほとんど見られない。



図 海拔ゼロメートル地帯の分布(平成19年7月)

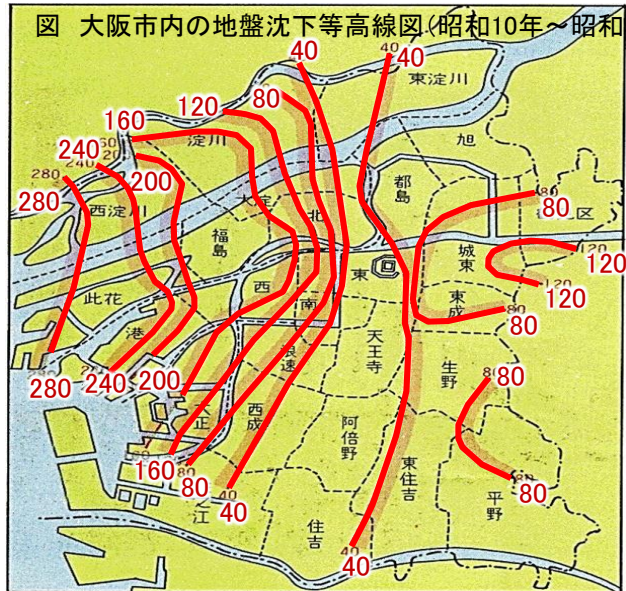
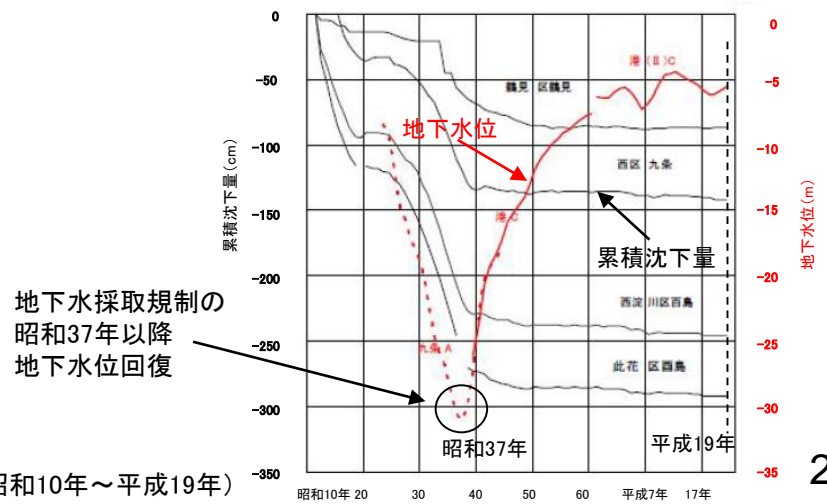


図 大阪市内の地盤沈下等高線図(昭和10年～昭和54年)

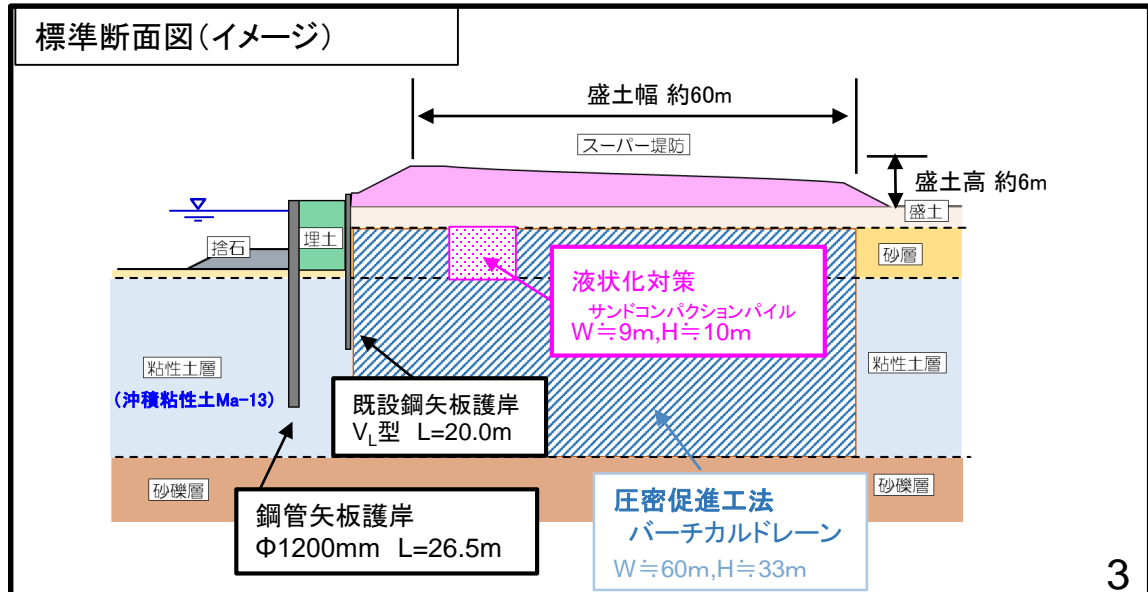
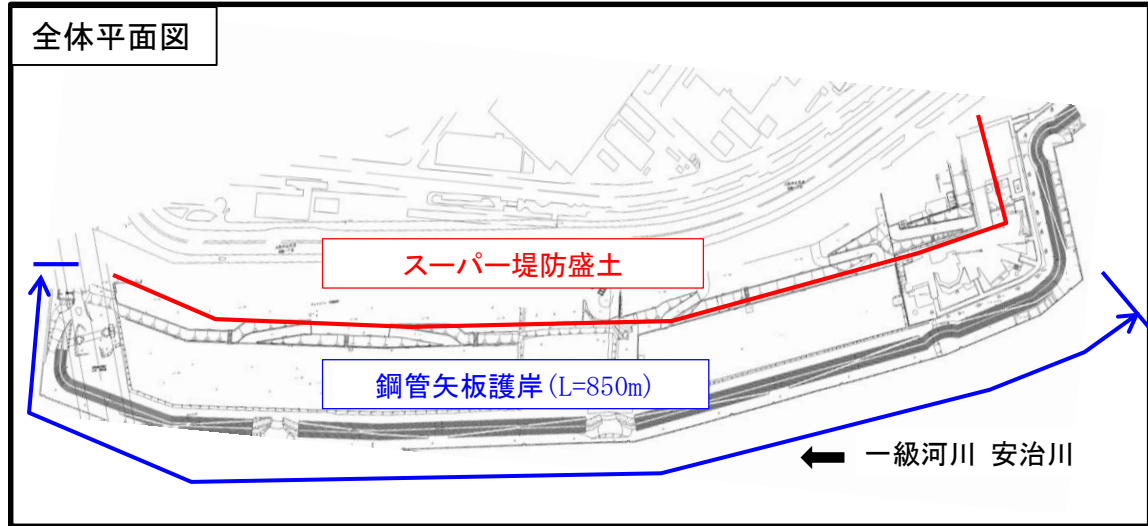
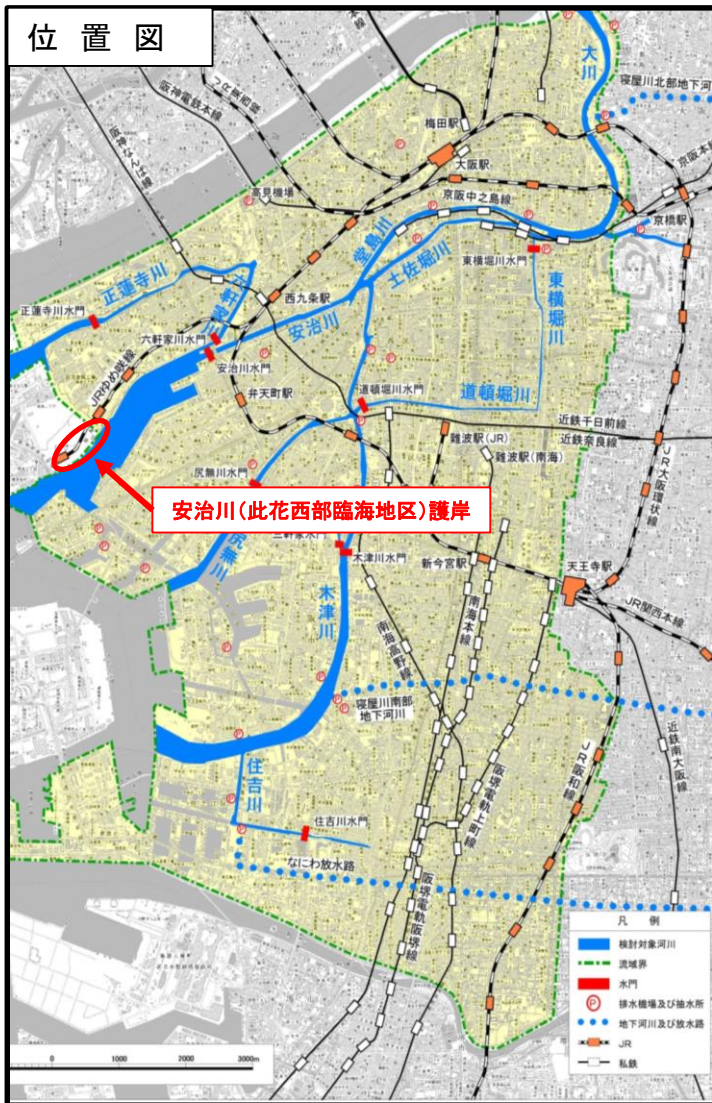


地下水採取規制の昭和37年以降
地下水位回復

図 累積沈下量(昭和10年～平成19年)

護岸の概要 (位置・構造)

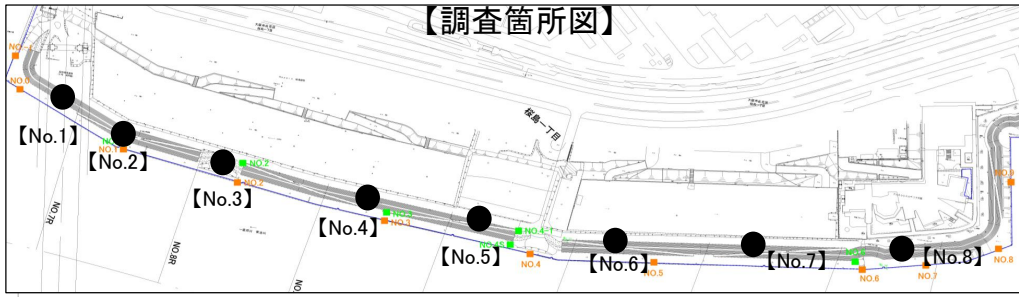
- ・ 安治川(此花西部臨海地区)護岸は一級河川安治川の河口部に位置し、平成3年度～平成6年度に耐震対策として、鋼管矢板護岸が整備された。
- ・ 平成9年度～平成14年度に鋼管矢板護岸背面で、スーパー堤防工事が実施されている。



護岸の概要 (地質)

・ボーリング調査 (平成3年) が実施されており、N値5未満の沖積粘性土層 (Ma-13) が確認されている。

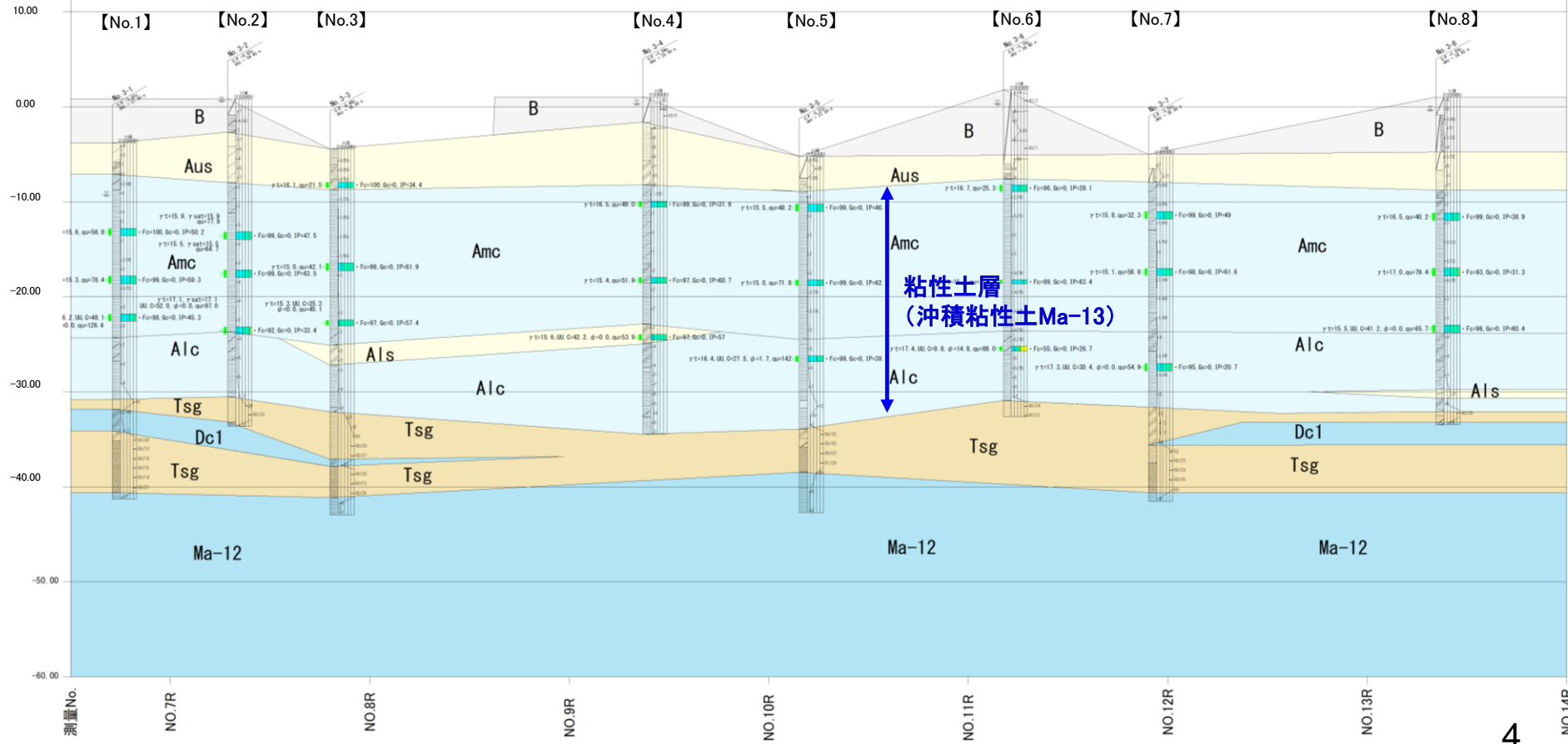
【調査箇所図】



沖積粘性土(Ma-13)

地層凡例

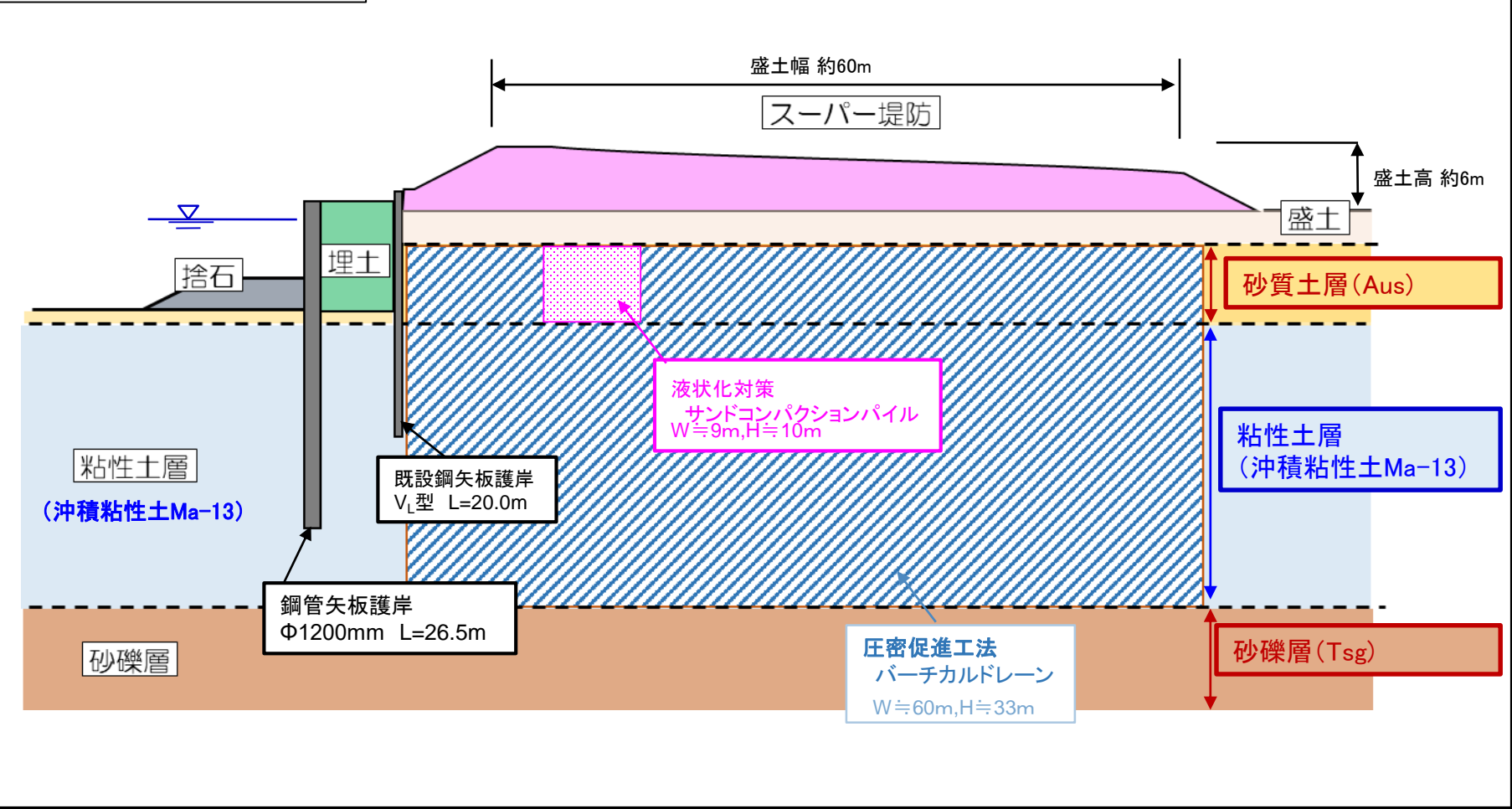
Aus	沖積砂質土層 (上位)
Amc	沖積粘性土層 (中位)
Alc	沖積粘性土層 (下位)
Als	沖積砂質土層 (下位)
Dc1	洪積粘性土層 (上位)
Tsg	洪積砂礫層 (上位)
Ma-12	洪積粘性土層 (下位)
Tsg2	洪積砂礫層 (下位)



護岸の概要 (地質)

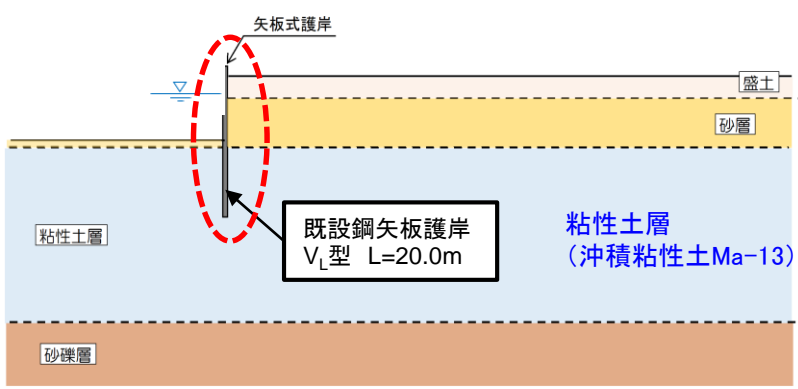
- ・ 圧密促進工法としてバーチカルドレーン工法、液状化対策としてサンドコンパクションパイルを実施。

標準断面図(イメージ)

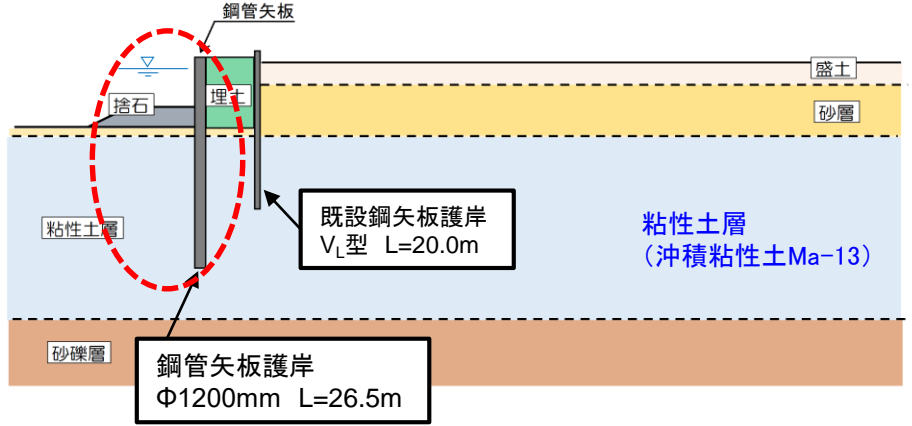


これまでの経過（工事手順）

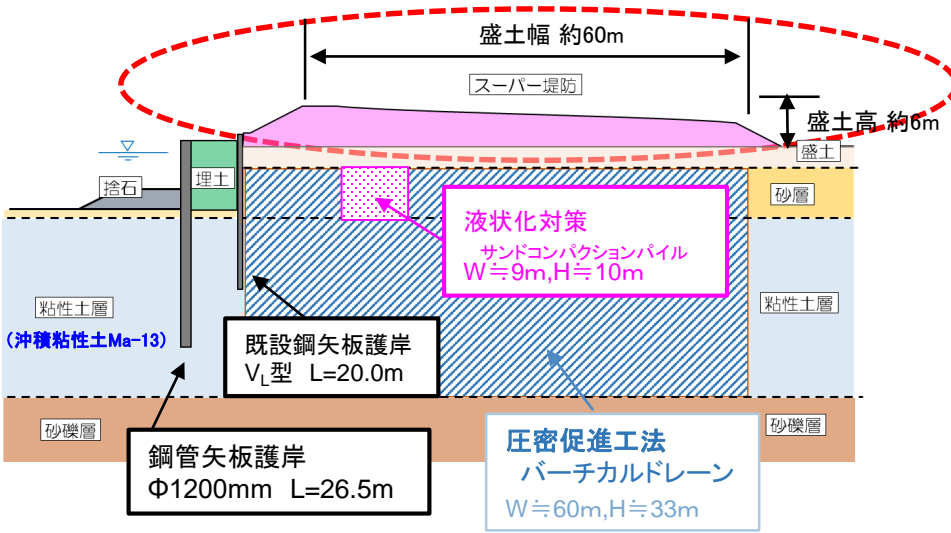
①当初の護岸状況（耐震補強前）



②耐震補強護岸施工（平成3年～平成6年）



③スーパー堤防整備（平成9年～平成14年）



- 【工事手順】**
- 平成3年～平成6年
既設鋼矢板護岸前面に自立式鋼管矢板（Φ1200mm、L=26.5m）を構築
 - 平成9年～平成14年
護岸背面に幅約60m、高さ約6mの盛土を施工
圧密促進工法としてバッチカルドレーン工法を実施
液状化対策としてサンドコンパクションパイル工法を打設

これまでの経過（護岸の変状発生後）

- スーパー堤防工事施工中に鋼管矢板護岸の変状が発生したため、平成13年から護岸天端の変状計測を実施。
- 変状要因および対策工の検討を行うため、有識者による「安治川(此花西部臨海地区)護岸補強技術検討委員会(平成17～22年)」を開催し、対策工を決定。

検討委員会	計測	平成13年	盛土施工中に鋼管矢板護岸の変状を確認
		平成13年～	護岸天端の変状計測を実施
		平成17年8月	第1回安治川護岸補強技術検討委員会
		平成17年10月	第2回安治川護岸補強技術検討委員会
		平成18年	第3回安治川護岸補強技術検討委員会
		平成18年～22年	試験施工
		平成22年	第4回安治川護岸補強技術検討委員会

平成13年以降、現在まで、継続して鋼管矢板護岸の計測を実施
 (※平成22年試験施工の効果を確認後対策工は実施していない)

安治川護岸補強技術検討委員会（平成17年～平成22年）の概要（変形プロセス）

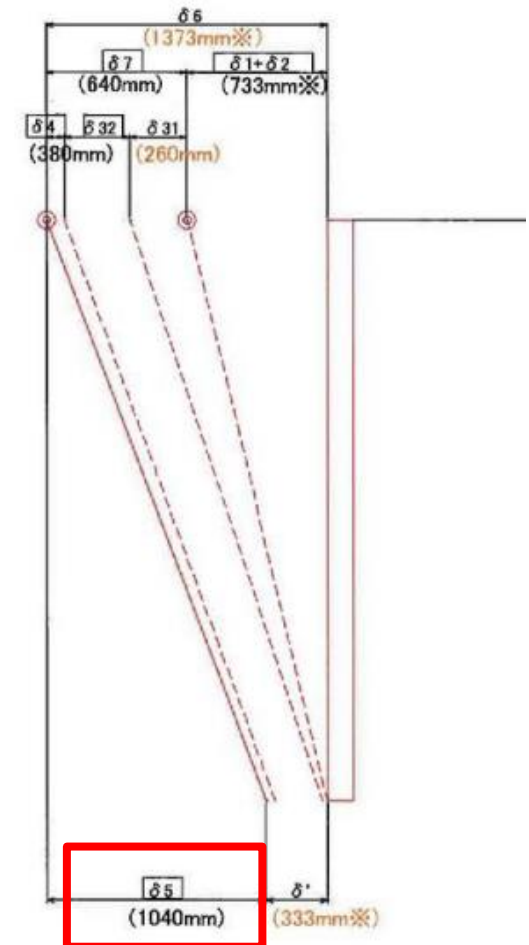
- 鋼管矢板護岸の施工から護岸の変状を促した要因として、兵庫県南部地震時に発生した変位や、盛土施工に伴う側方流動やクリープ変形等が推定されている。

変位成分の導出

変位成分	変位量	発生原因	導出根拠
$\delta 1 + \delta 2$	733mm※	$\delta 1$: 裏込土投入時発生した変位	
		$\delta 2$: 兵庫県南部地震時発生した変位	
$\delta 31$	(260mm)	盛土施工中の側方流動に発生した変位	$\delta 7 - (\delta 32 + \delta 4)$
$\delta 32 + \delta 4$	380mm	$\delta 32$: 盛土施工直後の側方流動に発生した変位	
		$\delta 4$: クリープ変形により発生した変位	
$\delta 5$	1040mm	鋼管矢板の現在の傾き	
$\delta 6$	(1373mm※)	鋼管矢板護岸施工時から現在までの総変位	$(\delta 1 + \delta 2) + \delta 7$
$\delta 7$	640mm	地震後から現在までに発生した変位	
δ'	(333mm※)	盛土施工に伴う側方流動およびクリープ変形より発生した鋼管の下端変位	$\delta 6 - \delta 5$

※ : 誤差を多分に含むため参考値とする

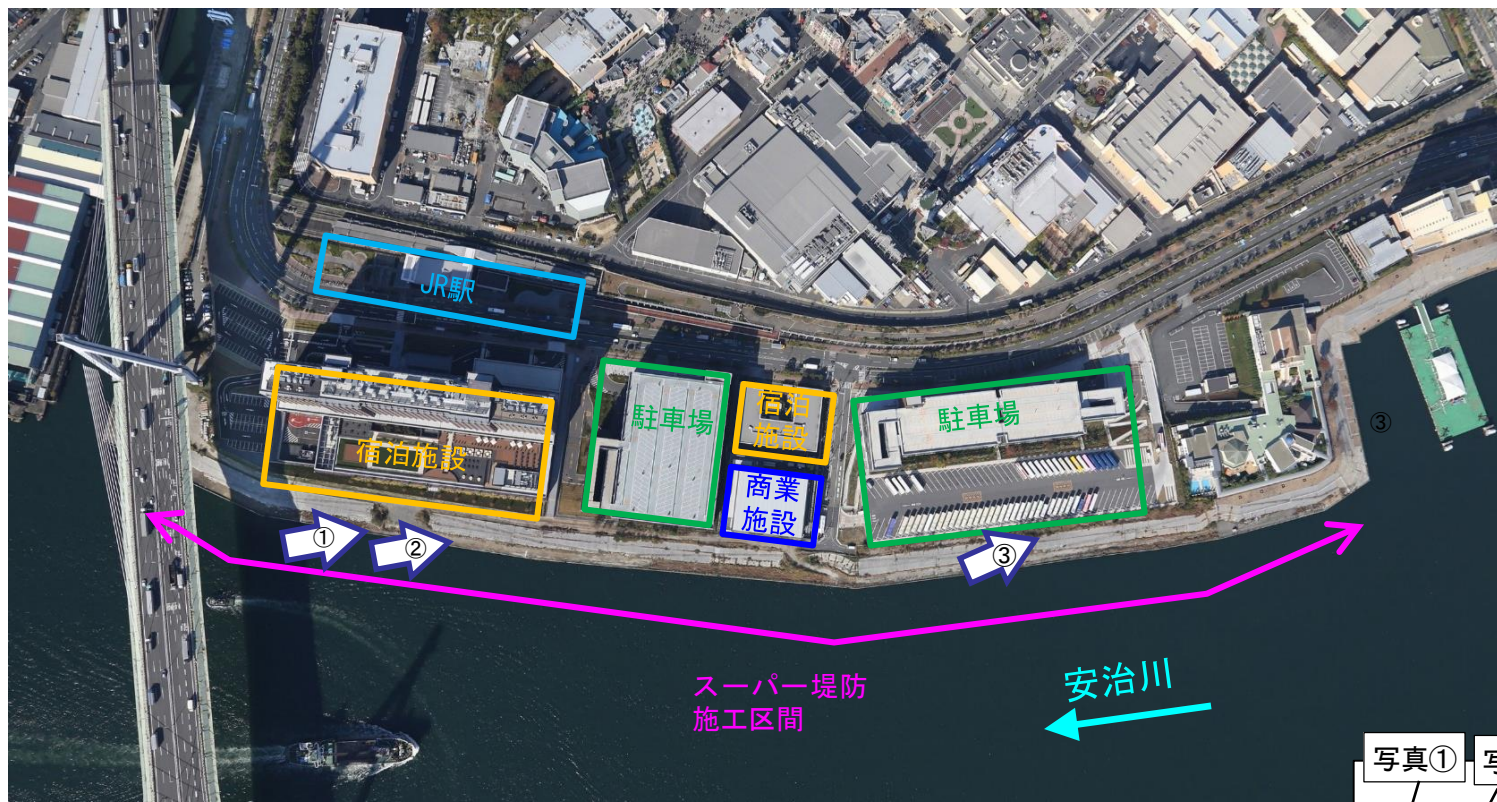
■ : は他の変位成分から間接的に導出される推定値



変形プロセスの概念図

【参考】現状における護岸の変位状況

- 鋼管矢板護岸の変位に伴い、**低水護岸部に亀裂や段差などの損傷が発生。**
- 安治川護岸補強技術検討委員会(平成17年～平成22年)以降、目立った進行はみられていない。



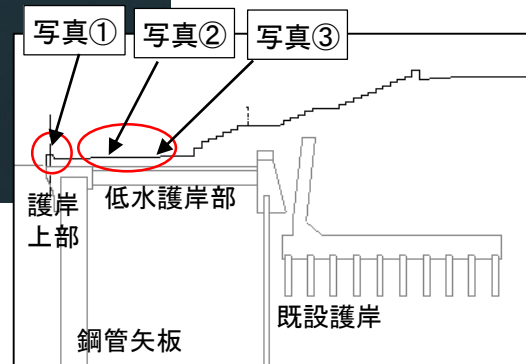
写真① 護岸上部目地開き



写真② 低水護岸部の舗装亀裂



写真③ 低水護岸部の段差



損傷箇所(断面図)

安治川護岸補強技術検討委員会（平成17年～平成22年）の概要（設計照査）

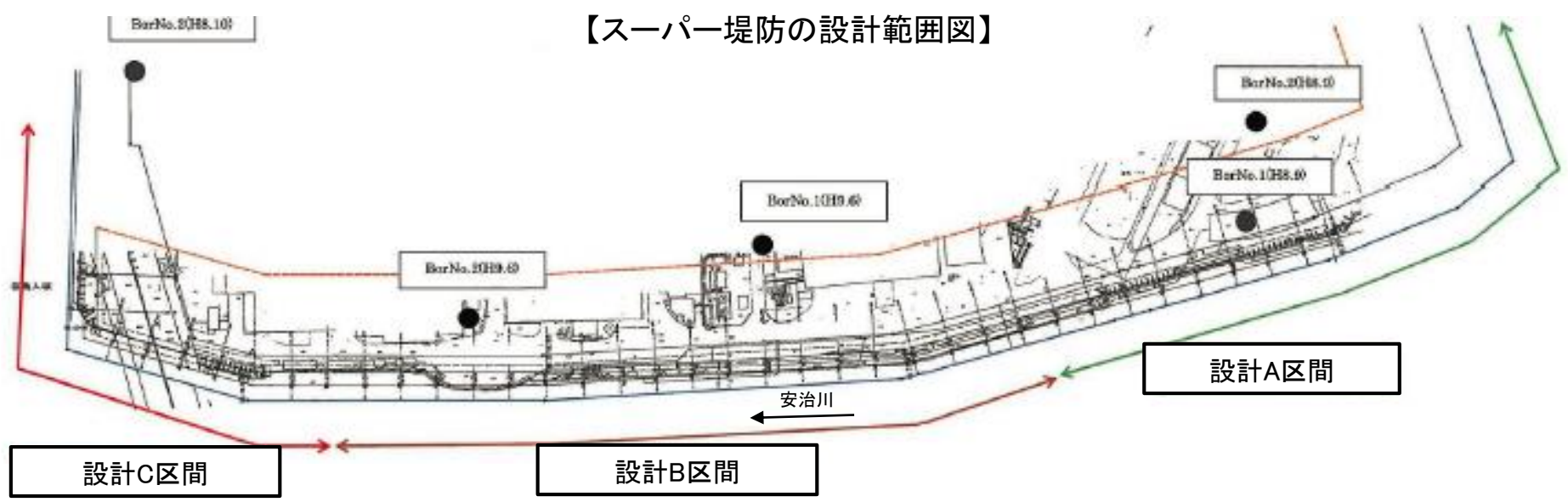
- ・スーパー堤防施工の影響により、護岸に変位が生じた可能性があることから、**スーパー堤防の設計内容の照査を実施。**

【スーパー堤防設計における検討項目】

検討項目		計算手法等	設計条件等
圧密沈下計算		<ul style="list-style-type: none"> ・一次元圧密沈下計算（最終圧密沈下量の計算） ・圧密沈下時間の計算 ・300日後の残留沈下量の計算 	<ul style="list-style-type: none"> 【高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(案)H8.9】 ・上載荷重：民地2.0tf/m²、公共地1.0tf/m² ・圧密沈下対象層：Ma-13(沖積)、Ma-12(洪積) ・供用開始時(盛土施工後300日)の残留沈下量を10cm以下とする。
すべり破壊に対する安定性の検討	液状化の判定	<ul style="list-style-type: none"> ・FL法による判定 	<ul style="list-style-type: none"> 【高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(案)H8.9及び道路橋示方書・同解説】 ・設計震度：0.18(強震帯地域) ・液状化対象層：Aus層、As1層 ・FL値\leq1(液状化発生)
	円弧すべりの計算	<ul style="list-style-type: none"> ・平常時、高潮時、急低下時、液状化時における円弧すべり計算 	<ul style="list-style-type: none"> 【高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(案)H8.9】 ・常時、地震時、液状化時で検討 ・上載荷重：民地2.0tf/m²、公共地1.0tf/m² ・設計震度：0.15(強震帯地域) ・円弧すべり安全率$>$1.2
既存構造物への影響		<ul style="list-style-type: none"> ・FEM弾性解析 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル化範囲：幅500m、深さOP-45.0m ・上載荷重：民地2.0tf/m²、公共地1.0tf/m² ・応力照査(許容応力度以内) ・変位照査(護岸水平変位10cm以下)

安治川護岸補強技術検討委員会（平成17年～平成22年）の概要（設計照査）

- 「高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(案)」および「道路橋示方書・同解説」に準じた設計計算が実施されており、残留沈下量やすべり破壊に対する安全率において、許容値を満足。
- また、弾性FEM解析による検討により、護岸への影響が許容値以内に収まることを確認。
- スーパー堤防は、技術基準に基づいた、妥当な設計となっている。**

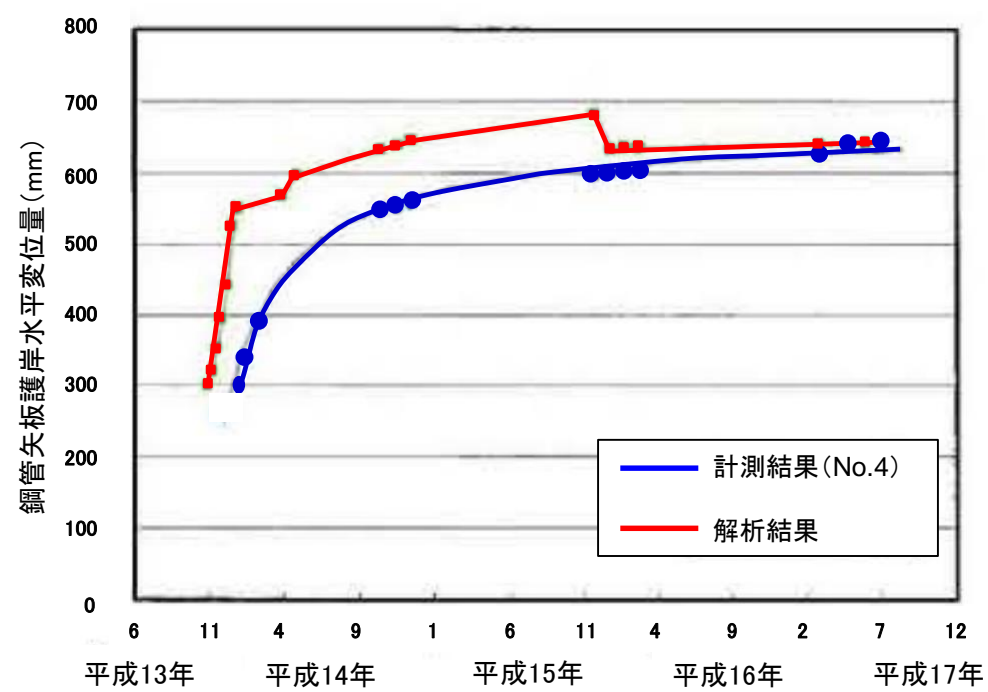


【設計検討結果概要(A・B・C区間)】

検討項目	結果	設計照査結果	
		対策前	対策後
圧密沈下	施工後300日の残留沈下量10cm超え ⇒ NG		ドレーン工法により、残留沈下量10cm以下 ⇒ OK
すべり破壊に対する安定性の検討	液状化判定(As1上層部)NG 円弧すべり(液状化時)安全率1.2下回る ⇒ NG		サンドコンパクションパイル工法により、安全率1.2以上 ⇒ OK
既設構造物への影響	FEM弾性解析の結果 鋼管矢板の天端変位量10cm以下 ⇒ OK 応力照査:許容応力度内 ⇒ OK		

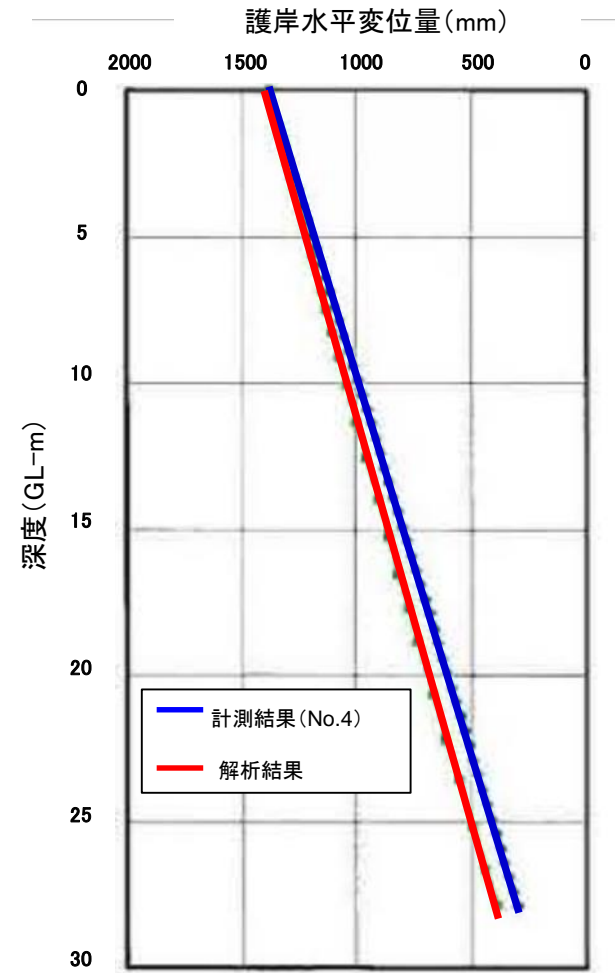
安治川護岸補強技術検討委員会（平成17年～平成22年）の概要（変状要因）

- 一般的な近接構造物に対する影響検討解析よりも高度かつ、詳細な検討を実施（※1）することで、護岸の変状等の変位履歴を再現できることが判明。
（※1：粘性土層に「関口太田モデル、埋土および捨石層にモールクーロン破壊基準による弾塑性モデルを用いたFEM解析）
- 再現条件から地盤変状の要因を考察すると、**当初設計時には予見し難い粘性土のクリープ変形による影響や、土のせん断変形に伴う材料非線形性の影響**が護岸近傍に発現したことが原因。



護岸水平変位の履歴

※第1回安治川(此花西部臨海地区)護岸補強技術検討委員会資料(H17.8)からトレースして復元

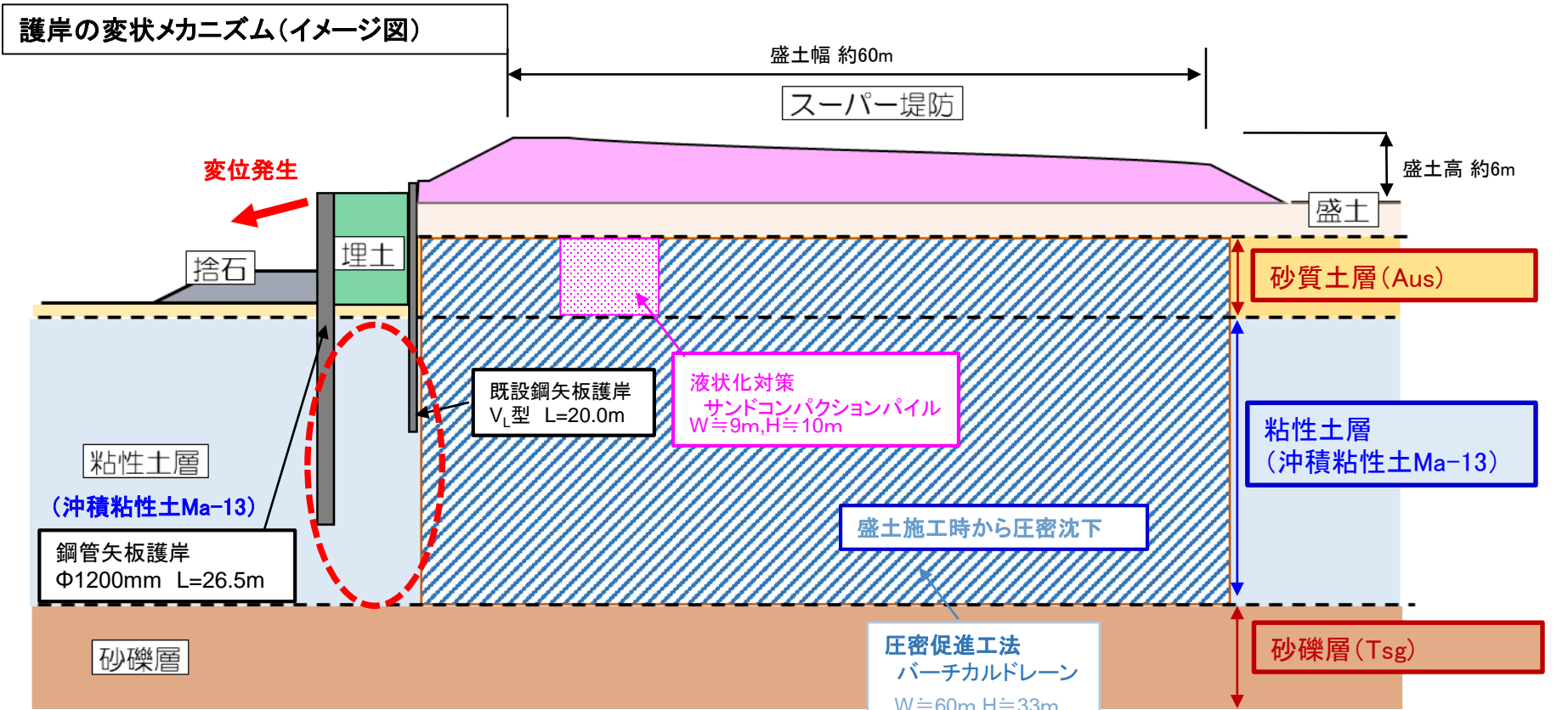


護岸水平変位の解析結果

※第1回安治川(此花西部臨海地区)護岸補強技術検討委員会資料(H17.8)からトレースして復元

安治川護岸補強技術検討委員会（平成17年～平成22年）の概要（変状要因）

- 兵庫県南部地震による影響や、スーパー堤防整備事業の盛土等の複合的要因によって、鋼管矢板護岸に変位が発生したと推定。
- スーパー堤防直下にあるN値5未満の沖積粘性土層について、盛土による**圧密沈下に伴い側方流動**が発生したこと等が**主な要因と推定**。



【主な変状の原因】

- 鋼管矢板護岸背後で圧密沈下に伴う側方流動が発生
- 鋼管矢板護岸背面の粘性土層は、盛土の影響を受け、長期的に圧密沈下が発生

安治川護岸補強技術検討委員会（平成17年～平成22年）の概要（対策工）

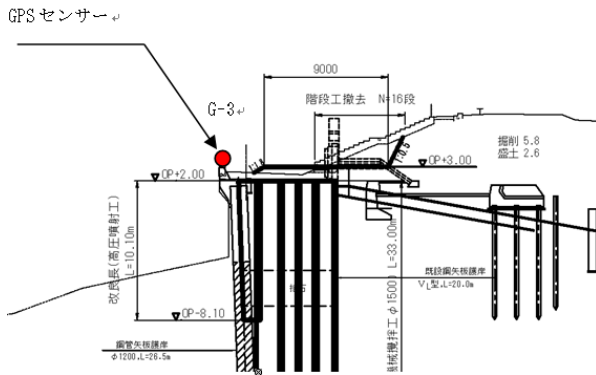
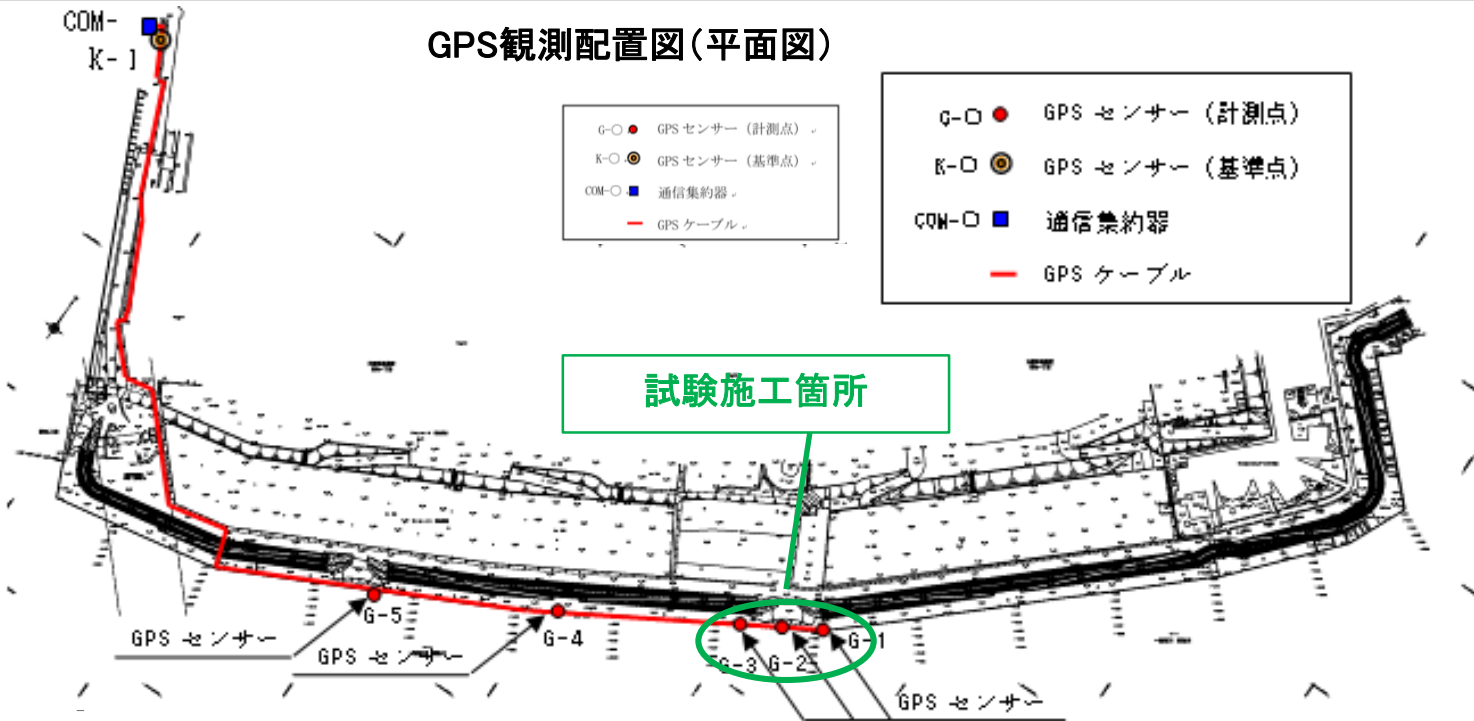
- 鋼管矢板の継続変形等を防止するため、**鋼管矢板背面側の主働土圧の低減**または**鋼管矢板前面側の受働抵抗を向上**する対策工の検討が実施された。
- 対策効果、施工性、経済性から「**鋼管矢板背面改良案**」を**対策工法として選定**。

対策種別	対策工 CASE-1 (背面改良案)	対策工 CASE-2 (鋼管新設案)	対策工 CASE-3 (前面改良案)	対策工 CASE-4 (押え盛土案)	対策工 CASE-5 (地盤改良+控え杭案)	対策工 CASE-6 (地盤改良+棧橋杭案)
モデル図						
対策工概要	新設護岸背面に造成した地盤改良体により、護岸変状を防止する	現在の護岸前面に新たに鋼管矢板を打ち込み、護岸を新設することにより、護岸変状を防止する	前面側 Amc、Alc 層に造成した地盤改良体により、護岸変状を防止する	護岸前面に設置した捨石による押え盛土により、護岸変状を防止する	頭部に設置したタイロッド+控え杭、および下部に造成した地盤改良体による複合効果により、護岸変状を防止する	頭部に設置したタイロッド+棧橋杭と護岸背後に造成した地盤改良体による複合効果により、護岸変状を防止する
対策効果	<ul style="list-style-type: none"> 背面側裏込土の改良により主働土圧低減 地盤改良により、地盤全体の側方流動を防止するとともに、地震時円弧すべりに対する安全率を確保し、裏込土の液状化を防止する 	<ul style="list-style-type: none"> 天満砂礫層まで鋼管を根入れすることにより、堤体全体の円弧すべりを防止する。 裏込土の改良により、地震時の液状化を防止 	<ul style="list-style-type: none"> Dg 層への着底により深部の側方流動を防止するとともに、地震時の円弧すべりに対する安全率も確保できる 	<ul style="list-style-type: none"> 押え盛土により護岸頭部の変状を抑止できる。 押え盛土下部の地盤改良体により、SP 盛土の地震時円弧すべりに対する安全率を確保するとともに、押え盛土のすべり安全率を確保する。 	<ul style="list-style-type: none"> タイロッドにより頭部変位を機械的に抑制することが可能（対策効果に優れる） 下部地盤改良により、地盤全体の側方流動を防止するとともに、地震時円弧すべりに対する安全率を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 護岸頭部のタイロッドおよび地盤改良体により、頭部変位の抑制が可能 地盤改良により、地盤全体の側方流動を防止するとともに、地震時円弧すべりに対する安全率を確保し、裏込土の液状化を防止する

平成18年～平成22年に試験施工を実施
結果、必要強度及び品質が確保されていることを確認

安治川護岸補強技術検討委員会（平成17年～平成22年）の概要（対策工）

- 試験施工後には、変位の進行状況が施工前より小さくなっており、**対策工の効果を確認。**
- 非常に高価となるため、**費用面での課題が残った。**



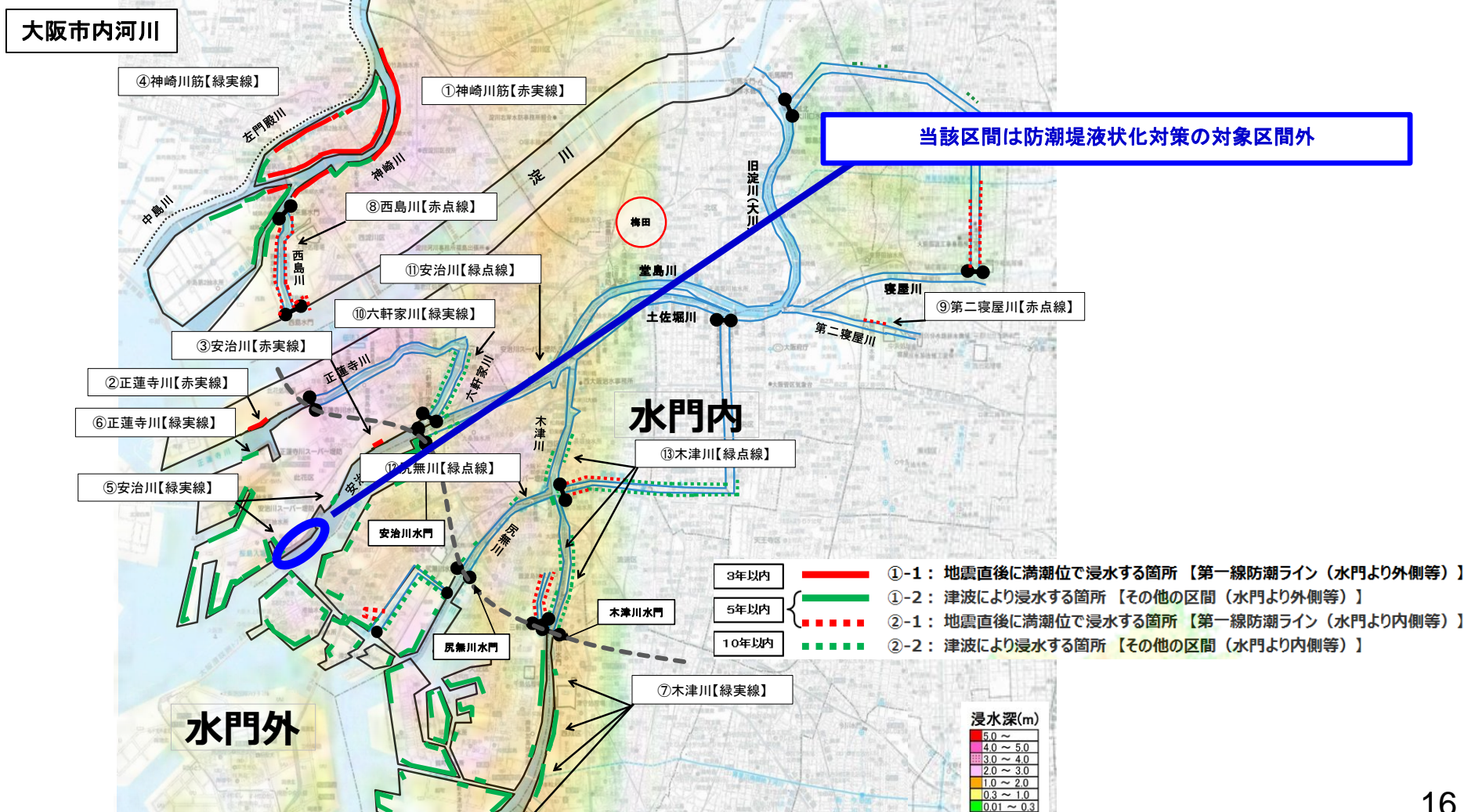
観測点	施行前(日平均変位量) H19.4.27~H19.6.8	施工後(日平均変位量) H20.4.16~H20.11.15
G-1	0.08mm	0.019mm
G-2		0.0083mm
G-3		0.0001mm
G-4		0.026mm
G-5		0.015mm

GPS観測配置図(断面図)

GPS観測における水平変位観測結果

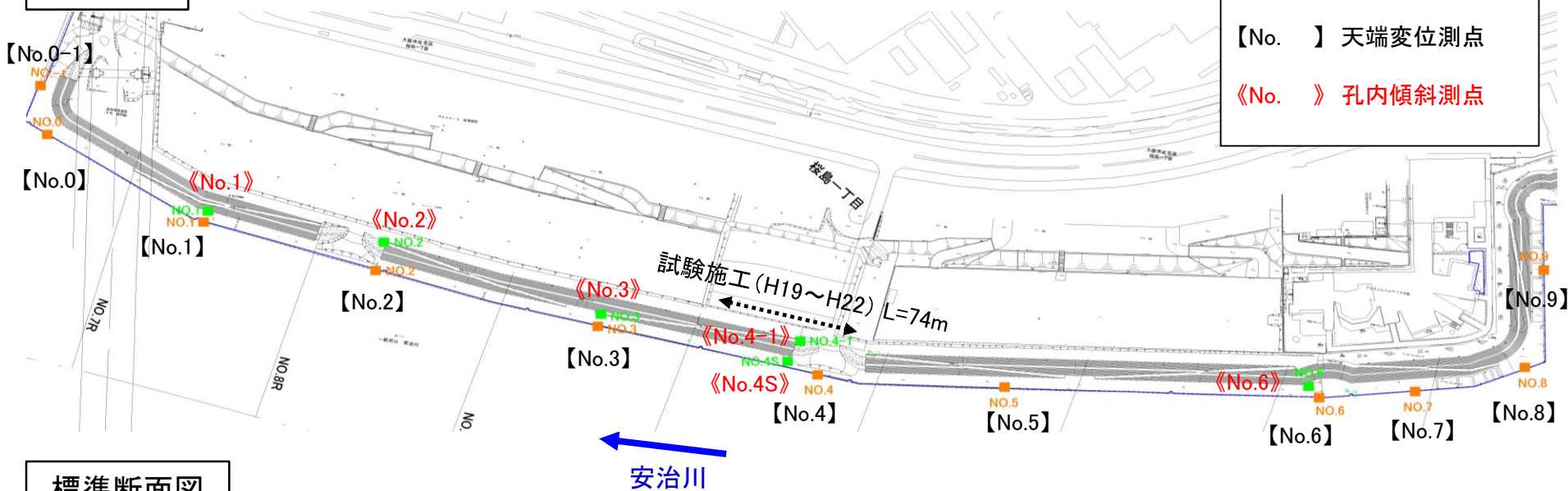
安治川護岸補強技術検討委員会後（平成22年以降）の対応

- 東日本大震災（平成23年3月）を受け、液状化により沈下（変位）する防潮堤に優先順位を設定し、平成26年度から令和5年度までの10年間で、防潮堤液状化対策を実施することを決定。
- 当該区間については、地震後もスーパー堤防高が津波高を上回るため、液状化対策は不要。
- 護岸の変位状況は、即時に鋼管矢板護岸が破壊されるような変位ではないことから、護岸の変位計測のみ継続することとした。



現在の取り組み内容（変位計測）

平面図

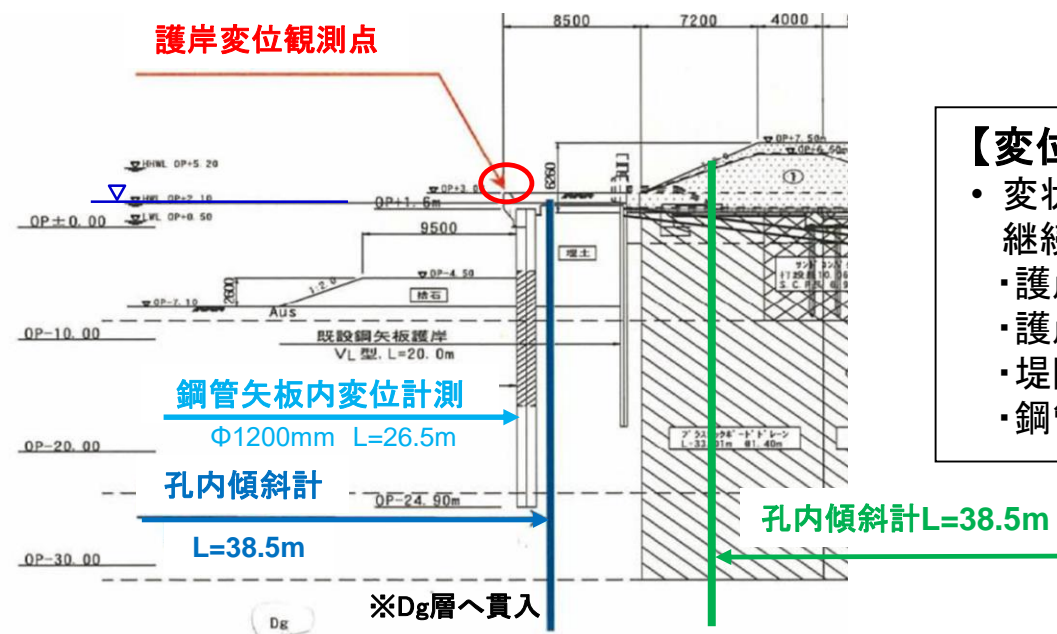


凡例

【No. 】 天端変位測点

《No. 》 孔内傾斜測点

標準断面図



【変位計測状況】

- ・ 変状が発生した平成13年以降、護岸変位観測を継続的に実施。
- ・ 護岸天端変位：11箇所
- ・ 護岸背後の孔内傾斜（3箇所）No.1、No.3、No.6
- ・ 堤防法尻部の孔内傾斜（2箇所）No.2、No.4-1
- ・ 鋼管矢板内の孔内傾斜（1箇所）No.4S

現在の取り組み内容（変位計測方法：護岸変位）

【計測方法】

①2級基準点測量を実施

⇒変状観測の基準点を設定する

②観測した基準点から変状観測を実施する

⇒基準点から各観測点間の距離を測定し
変位量を計測



2級基準点測量実施風景



変位観測実施風景

【No.2観測地点】

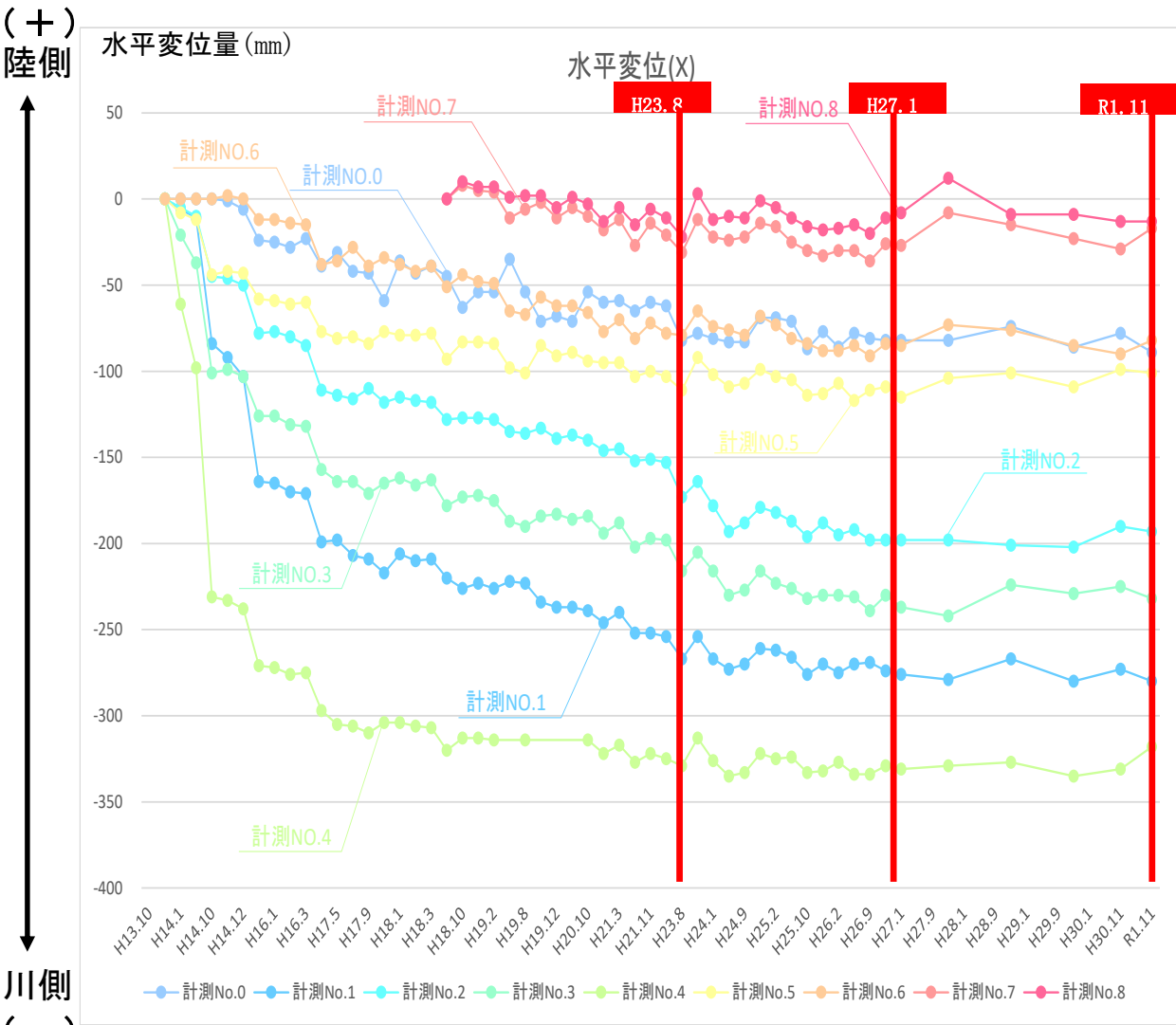


【No.5観測地点】



変位計測（水平変位観測結果）

- 全ての計測箇所（計測No.0,1,2,3,4,5,6）において平成26年頃までは継続して変位が生じているが、平成27年以降川側への変位が収束傾向にあると考えられる。
- 計測No.7,8においては、平成23年以降から顕著な変位傾向はない。



【参考】年平均変位量（※）

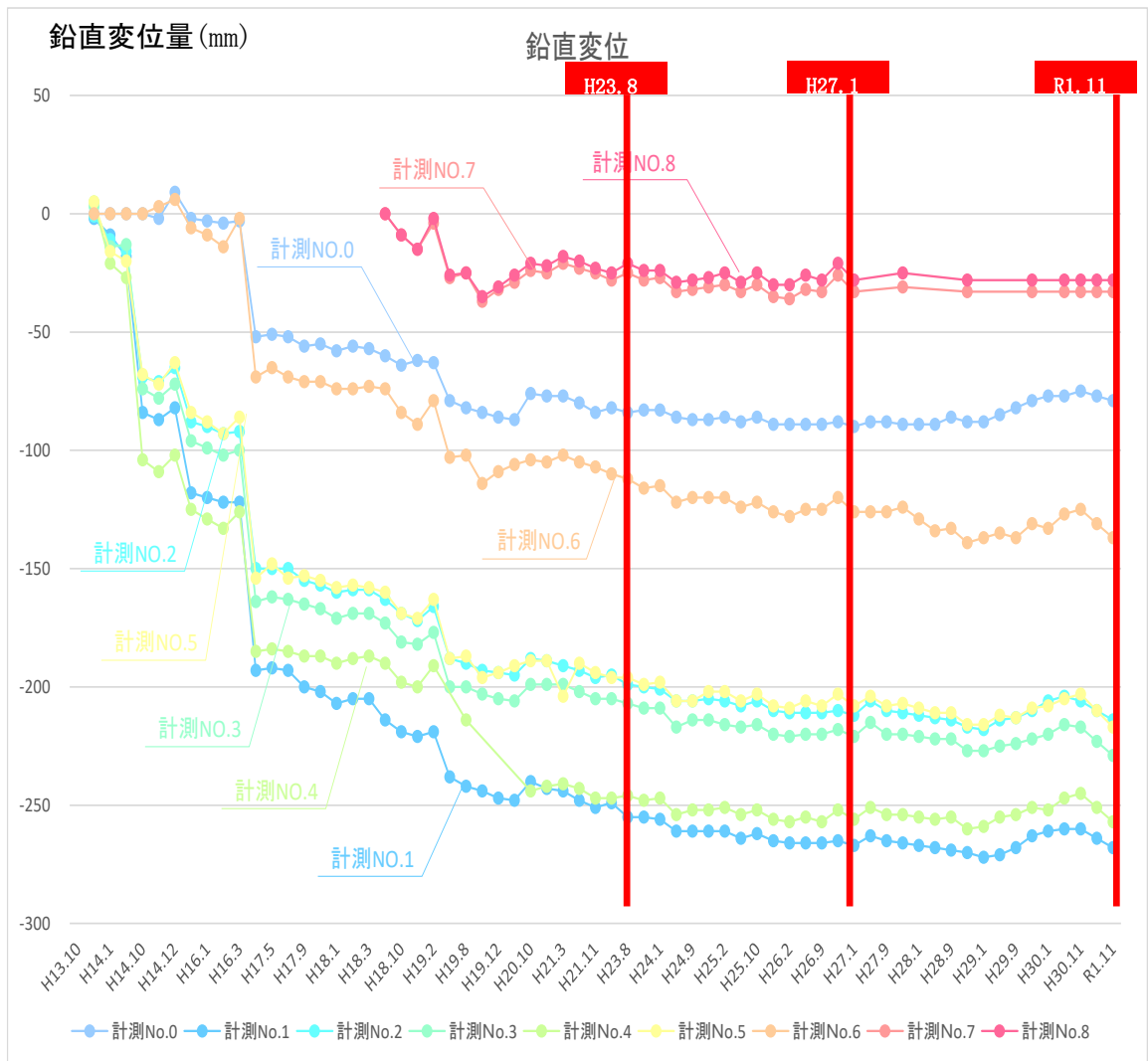
	年平均変位量(mm) H23.8~H27.1	年平均変位量(mm) H27.1~R1.11
No.0	-0.29	-1.02
No.1	-2.57	-0.81
No.2	-7.14	1.02
No.3	-6.00	1.02
No.4	-0.57	2.64
No.5	-1.14	2.85
No.6	-1.71	0.61
No.7	1.14	2.03
No.8	4.00	-1.02

※年平均変位量は設定期間の始まりと終わりの変位量の差から簡便に算出しているため参考値である。

変位計測（鉛直変位観測結果）

• 全ての計測箇所（計測No.0,1,2,3,4,5,6,7,8）において、平成26年頃までは継続して変位が生じているが、平成27年以降変位が収束傾向にあると考えられる。

(+) 隆起
↑
↓ 沈下
(-)



【参考】年平均変位量（※）

	年平均変位量 (mm)	
	H23.8~H27.1	H27.1~R1.11
No.0	-1.71	1.83
No.1	-3.43	0.61
No.2	-3.71	0.41
No.3	-4.00	-0.41
No.4	-2.86	1.02
No.5	-3.43	-0.41
No.6	-4.00	-1.02
No.7	-2.29	0.00
No.8	-2.00	0.00

※年平均変位量は設定期間の始まりと終わりの変位量の差から簡便に算出しているため参考値である。

現在の取り組み内容（変位計測方法：孔内傾斜）

【計測方法】

①孔内傾斜計を用いて0.5m毎に、パイプの傾き量および変位量を測定する。



孔内傾斜計挿入風景1

②測定した傾き量および変位量から X,Y方向の地盤の変形方向、大きさを算出する。



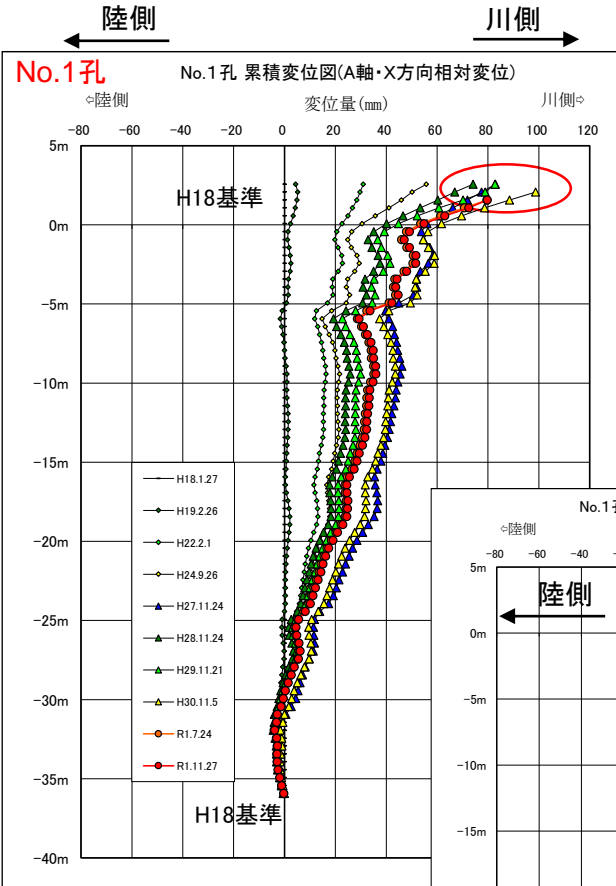
孔内傾斜計挿入風景2

【No.1 観測地点】



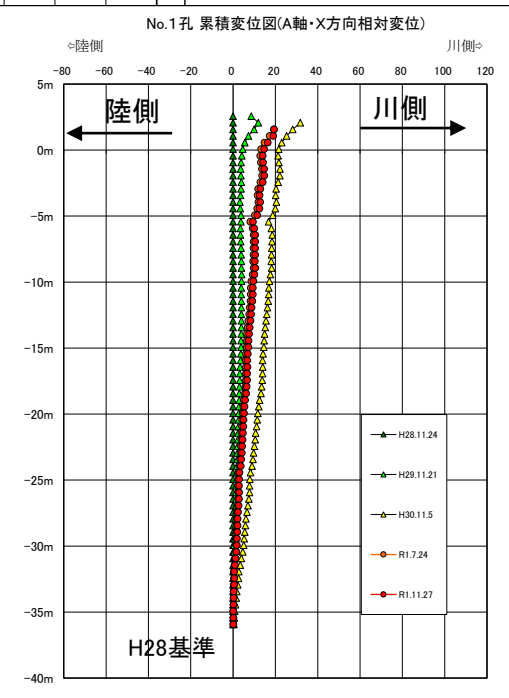
変位計測（孔内傾斜計計測結果）護岸背後部

• 孔内傾斜計の観測結果から、平成27年頃までは継続して変位が生じているが、**平成28年以降は変位が収束傾向**にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。

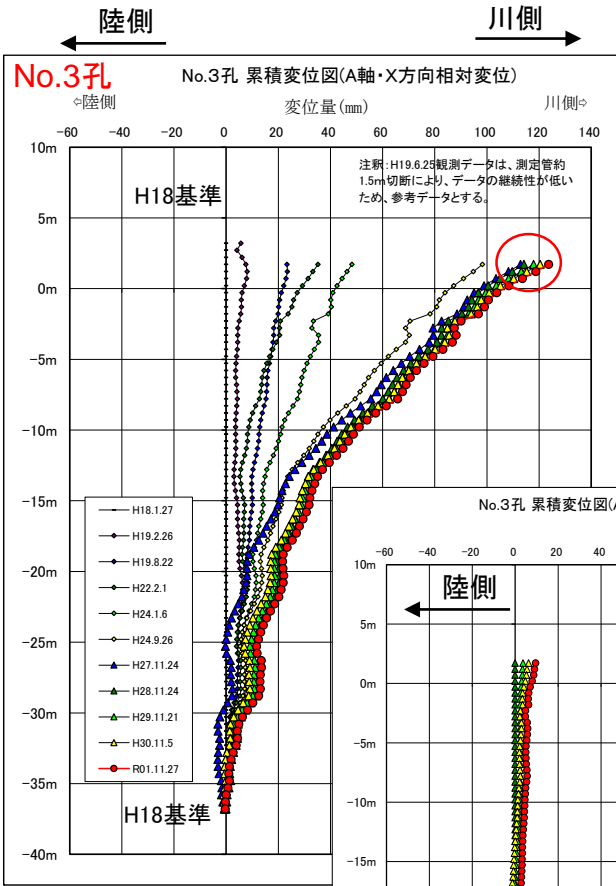


X方向
護岸法線直角方向

H18.1.23の
計測値を基準

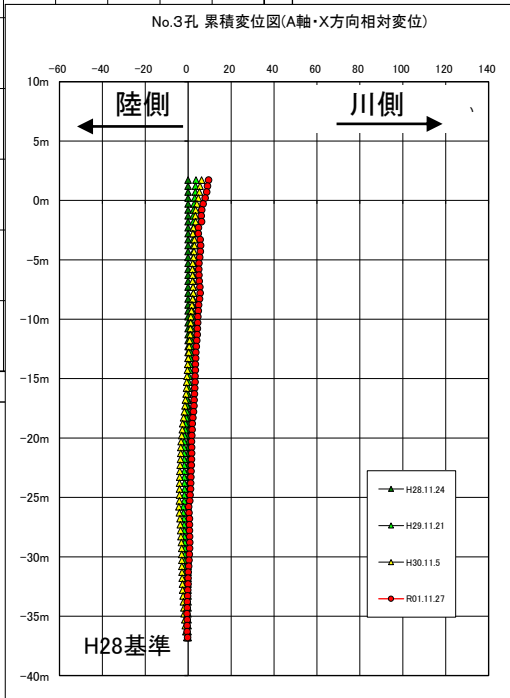


H28.11.24の
計測値を基準



X方向
護岸法線直角方向

H18.1.23の
計測値を基準

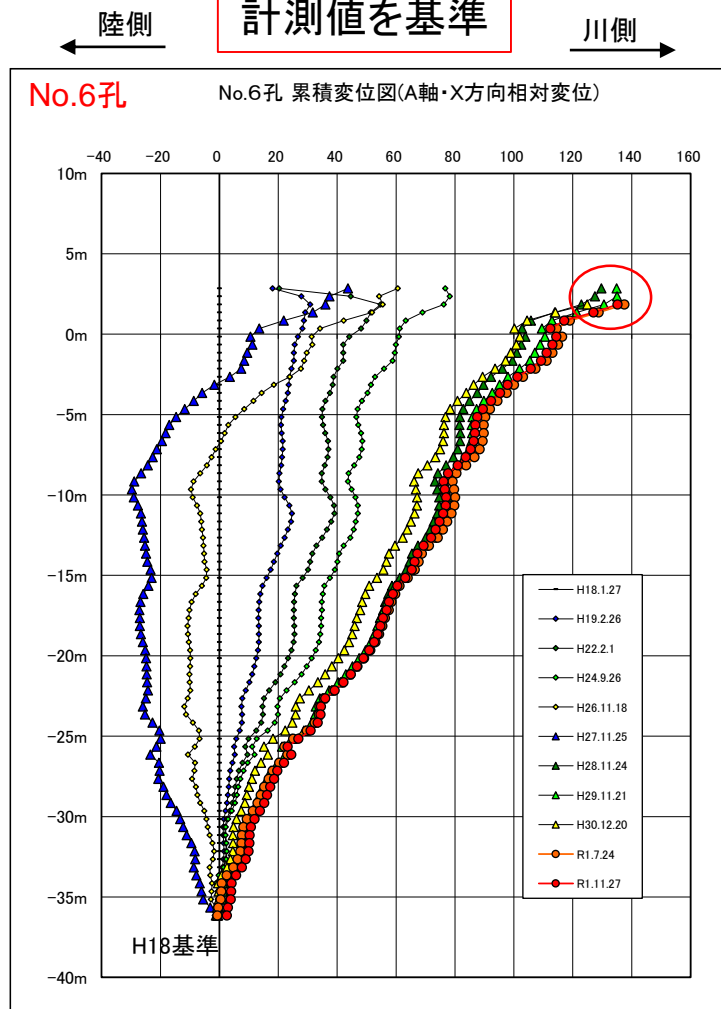


H28.11.24の
計測値を基準

変位計測（孔内傾斜計計測結果）護岸背後部

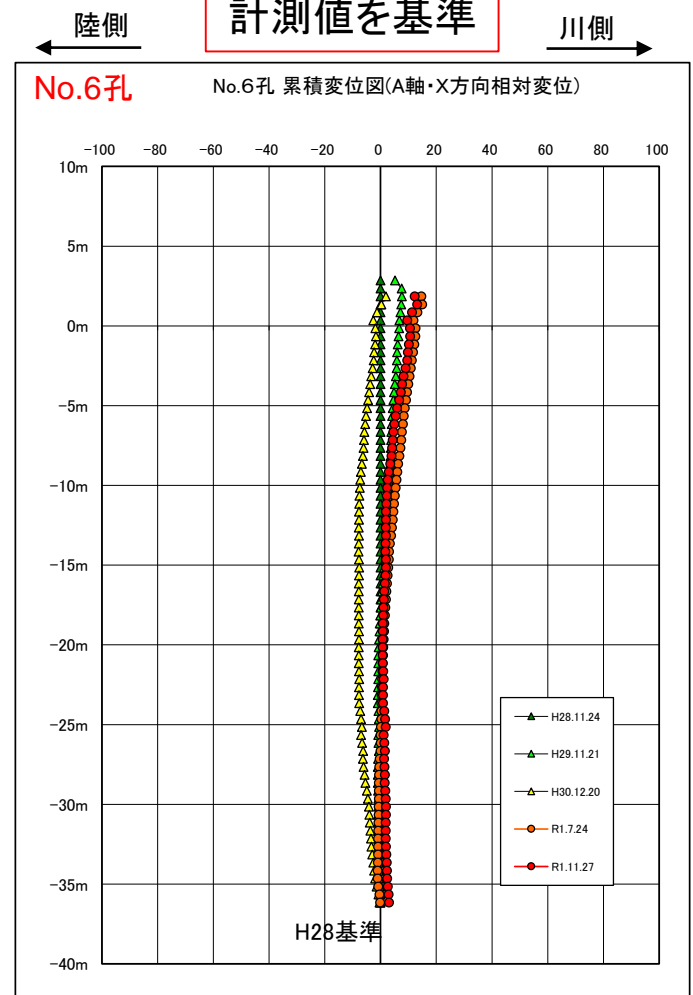
• 孔内傾斜計の観測結果から、平成27年頃までは継続して変位が生じているが、**平成28年以降は変位が収束傾向**にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。

H18.1.23の計測値を基準

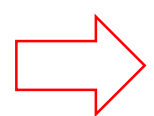


X方向
護岸法線直角方向

H28.11.24の計測値を基準

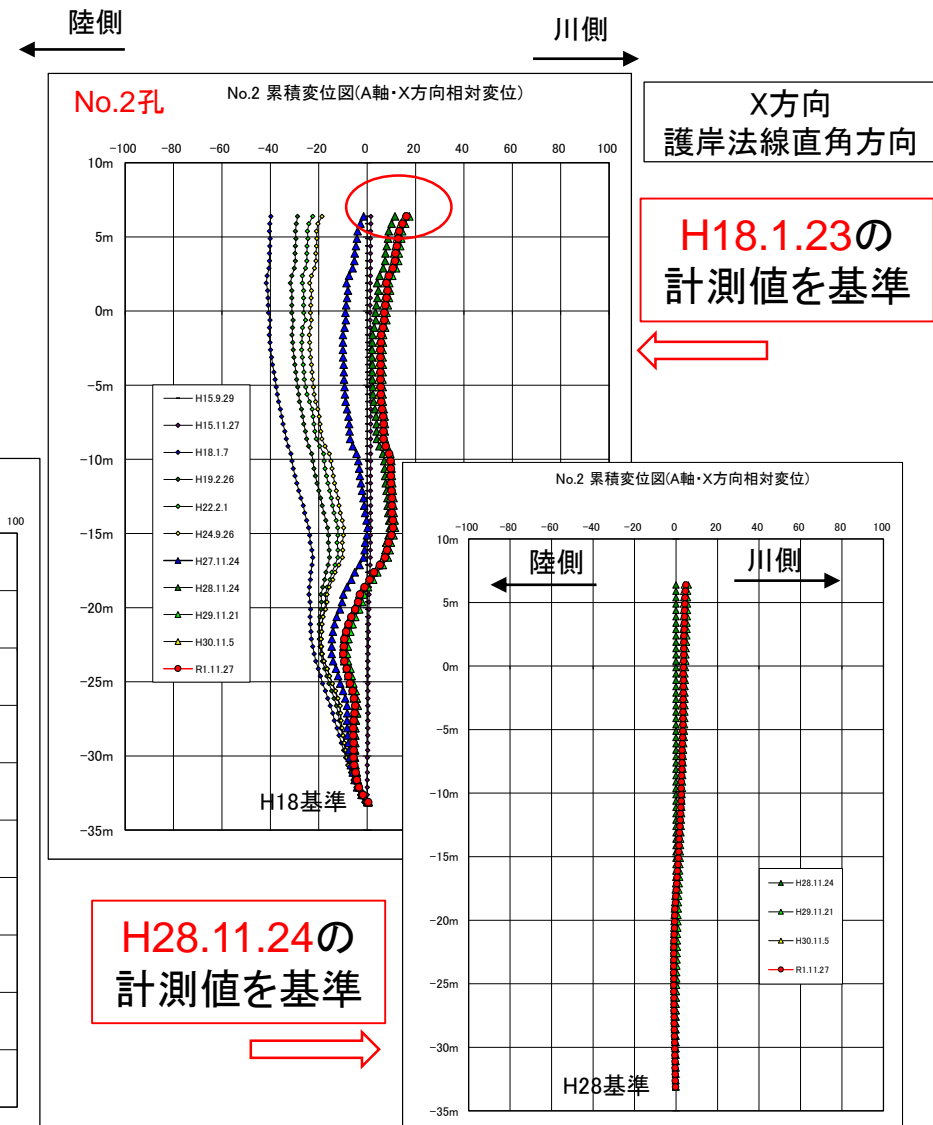
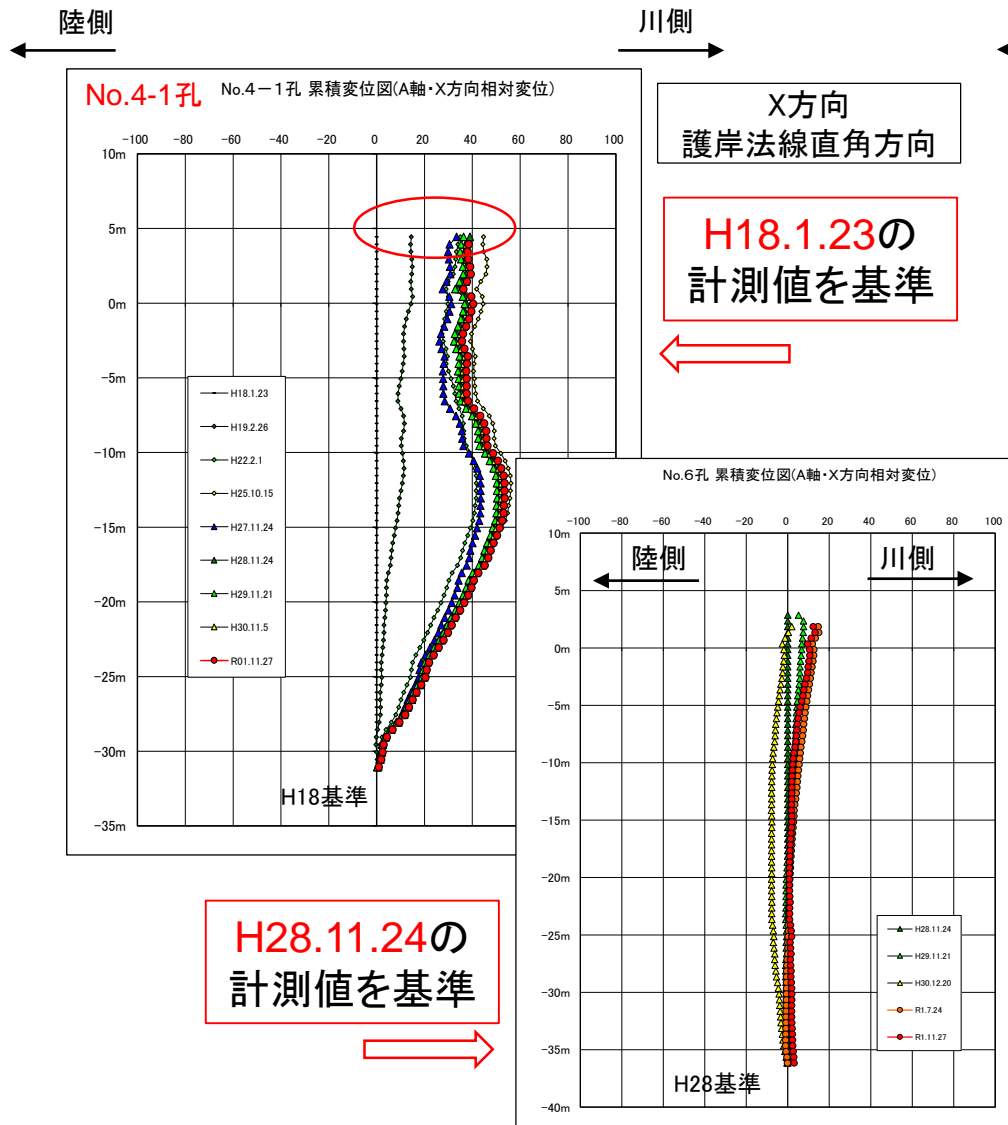


X方向
護岸法線直角方向



変位計測（孔内傾斜計計測結果）堤防法面部

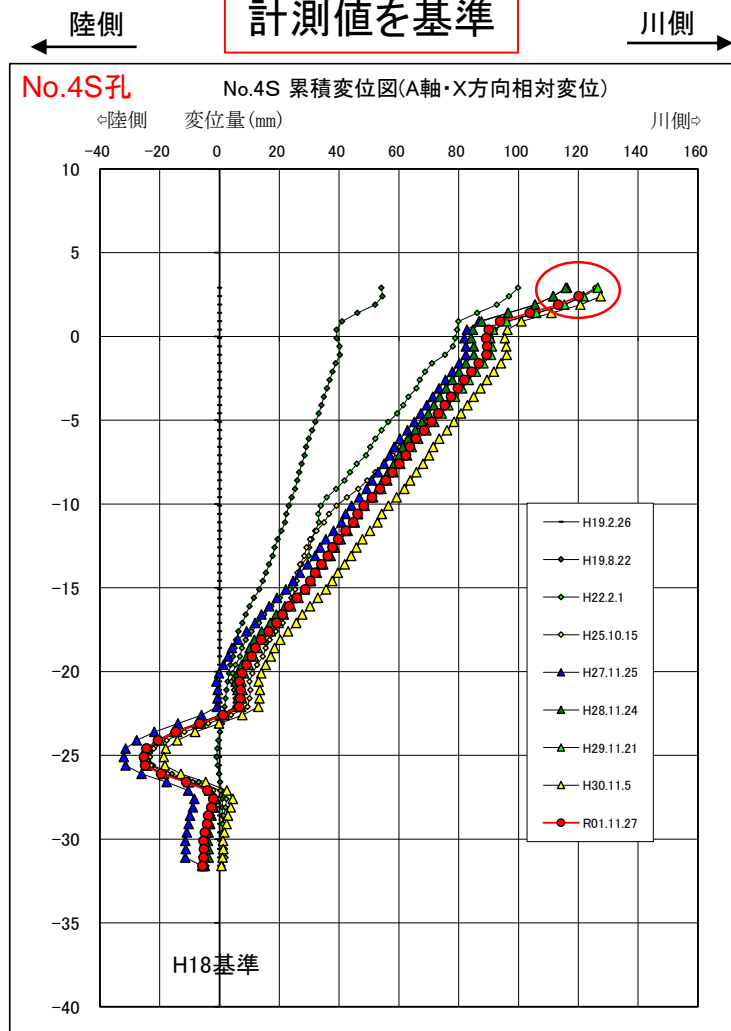
- 孔内傾斜計の観測結果から、平成27年頃までは継続して変位が生じているが、**平成28年以降は変位が収束傾向**にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。



変位計測（孔内傾斜計計測結果）鋼管矢板内

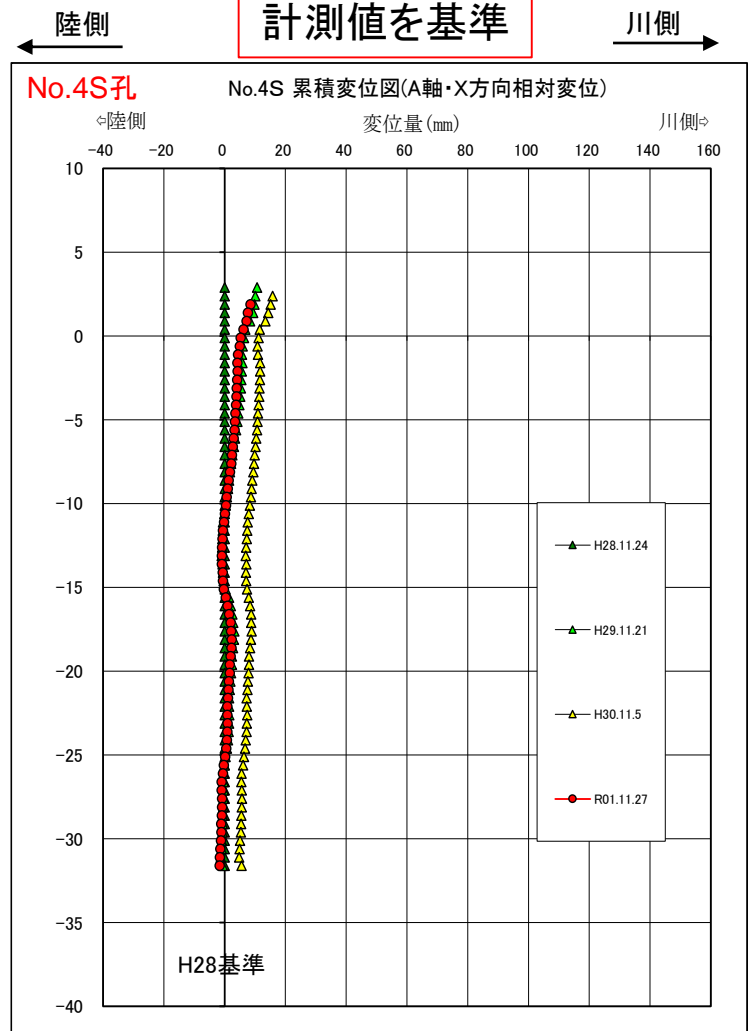
• 孔内傾斜計の観測結果から、平成27年頃までは継続して変位が生じているが、**平成28年以降は変位が収束傾向**にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。

H18.1.23の計測値を基準

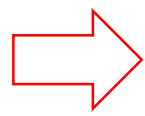


X方向
護岸法線直角方向

H28.11.24の計測値を基準



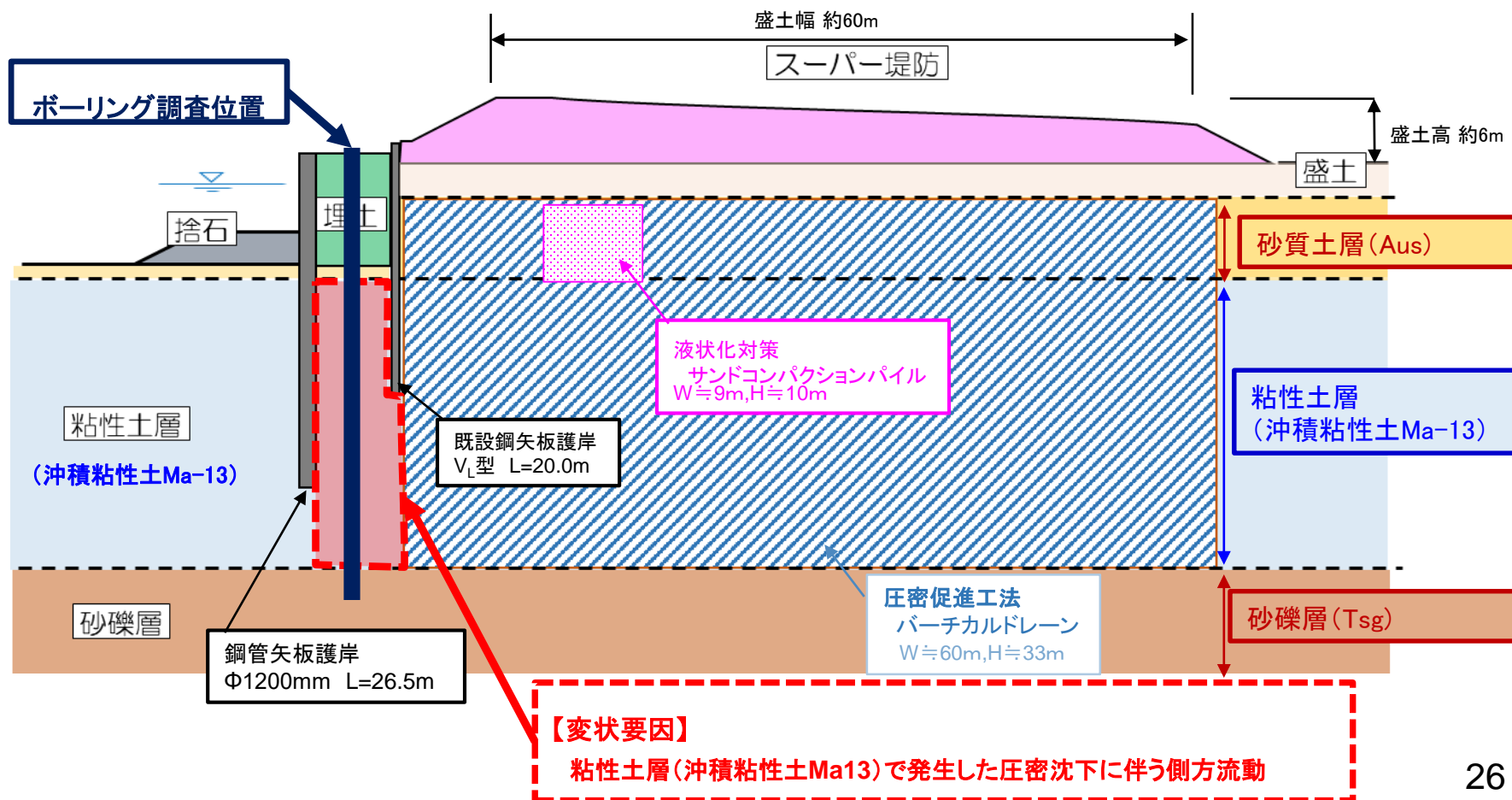
X方向
護岸法線直角方向



変位計測を踏まえた対応

- ・護岸変状発生後もスーパー堤防による荷重は減少していない。
- ・そのため、護岸変位の収束要因としては、鋼管矢板背面の粘性土層（沖積粘性土Ma-13）の地盤性状や、主働土圧の影響が推測される。
- ・粘性土層（沖積粘性土Ma-13）の地盤性状を確認するため、鋼管矢板護岸背面で、ボーリング調査を実施する。

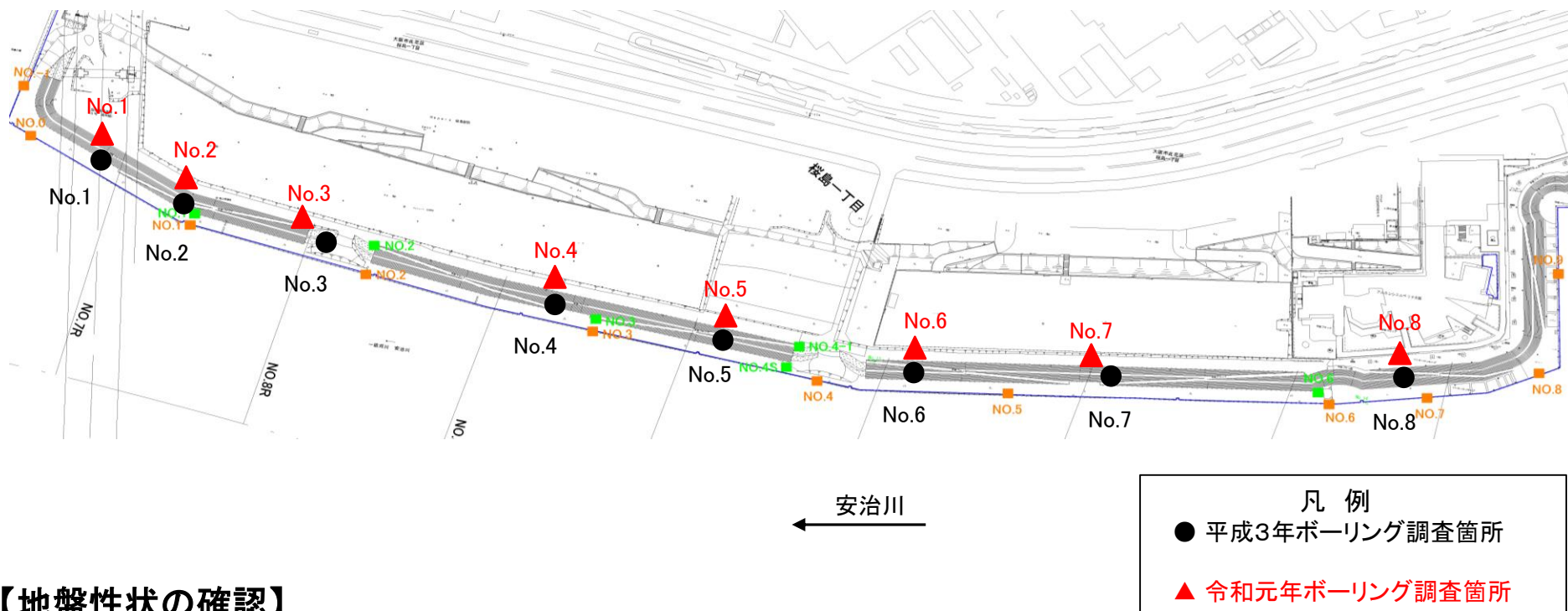
【ボーリング調査位置】



変位計測を踏まえた対応

- ・ 変位収束要因を調査するため、**これまでにボーリング調査(8箇所)を実施。**
- ・ 調査箇所において、**沖積粘性土層厚、N値、一軸圧縮強度、圧縮指数、過圧密比**の確認を実施。

【ボーリング調査箇所(平成3年および令和元年)】



【地盤性状の確認】

調査項目	調査目的
①ボーリング調査	・ 沖積粘性土層の層厚(圧密状況)確認
②N値・一軸圧縮強度・圧縮指数	・ 圧密による地盤性状の変化確認
③過圧密比	・ 現状地盤における圧密状況の確認

変位計測を踏まえた対応

- ・ボーリング調査結果を踏まえ、現状護岸の安定性等に関する評価を実施するため、**解析モデルを構築し、堤防及び護岸の将来変動量予測解析、安定性照査(常時・地震時)を実施**する。
- ・また、護岸損傷状況調査を実施し、**現状護岸の損傷状況の確認、堤防及び護岸の機能確認を実施**する。

【安定性評価】

検討項目	検討目的
①解析モデルの構築	・検討断面の精査 ・実挙動に着目したパラメータフィッティング
②将来変動量予測解析(護岸・堤防)	・50年後の変状予測
③護岸・堤防安定性照査(常時・地震時) ・護岸応力度(現状・将来) ・すべり破壊(現状・将来)	・現状および将来(50年後)における安定性照査

【護岸損傷状況調査】

調査項目	調査目的
①陸上調査・水中調査 ②機能性確認	・護岸変位に伴う損傷状況の確認 ・堤防及び護岸の機能確認

- ・ 令和3年度 第1回 大阪府河川構造物等審議会【資料2 安治川(此花西部臨海地区)護岸の現状】に一部誤りがありました。ここに謹んでお詫び申し上げますと共に、下記のように訂正いたします。

正誤表

訂正箇所	誤	正
22 ページ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 孔内傾斜計の観測結果から、平成26年頃までは継続して変位が生じているが、平成27年以降は変位が収束傾向にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 孔内傾斜計の観測結果から、平成27年頃までは継続して変位が生じているが、平成28年以降は変位が収束傾向にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。
25 ページ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 孔内傾斜計の観測結果から、平成26年頃までは継続して変位が生じているが、平成27年以降は変位が収束傾向にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 孔内傾斜計の観測結果から、平成27年頃までは継続して変位が生じているが、平成28年以降は変位が収束傾向にある。また、平成28年11月24日の計測値を基準に整理し、収束傾向を再確認。