

3. 対策工の提案

内 容

- 3.1 対策範囲の考え方
- 3.2 目地部で発生した空洞に対する対策工案
- 3.3 波返工前面で発生した空洞に対する対策工案
- 3.4 水圧式波高計観測
- 3.5 対策工法の適用案

3. 対策工の提案

3.1 対策範囲の考え方

3.1 対策範囲の考え方

3. 対策工の提案

3.1 対策範囲の考え方

本体工がケーソン構造で、背後にコンクリート床版が存在する区間について、現状の調査結果と推定された要因から以下の対策工を検討する

1. 目地で発生した空洞

● 目地幅に応じて、ケーソン目地に目地板を挿入（防砂板兼用）

目地幅によらず空洞が発生することが確認されており、
床版部で空洞の発生可能性が考えられる区間の全目地部を補修対象とする。

対策工法1（目地幅200mm以上に適用） 西垂水舞子海岸2箇所想定
吸い出し・空洞発生を抑止するケーソン目地透過波低減法

対策工法2（目地幅75mm以上200mm未満に適用） 西垂水舞子海岸9箇所、大蔵海岸14箇所想定（※）
円筒状差込式ゴム製シール目地材（※ 施工時に目地幅が75mmを下回ると確認された場合は対策工3に変更）

対策工法3（目地幅75mm未満に適用） 西垂水舞子海岸24箇所、大蔵海岸57箇所想定
ケーソン前面取付用吸い出し防止材

- 現時点でケーソン目地付近で空洞が確認された箇所において、土砂・碎石層の置換えを実施
- 土砂層置換え箇所において、防砂板がケーソン上部工に接していない場合は金属板またはゴム板を設置し、不足する防砂板機能を回復する

2. 波返工前面で発生した空洞

基礎碎石が裏込石へ流出することの再発防止のために粒径の大きな碎石等で充填する。

3. 対策工の提案

3.2 目地部で発生した空洞に対する対策工案

3.2 目地部で発生した空洞に対する対策工案

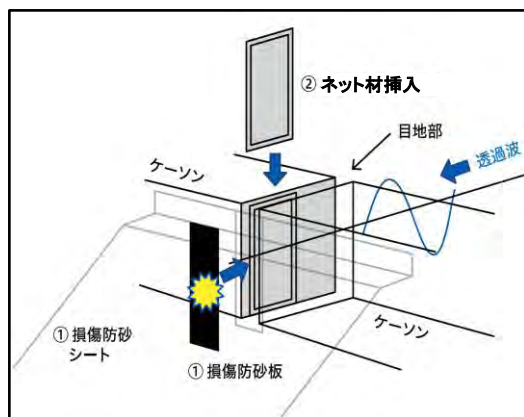
3. 対策工の提案

3.2 目地部で発生した空洞に対する対策工案

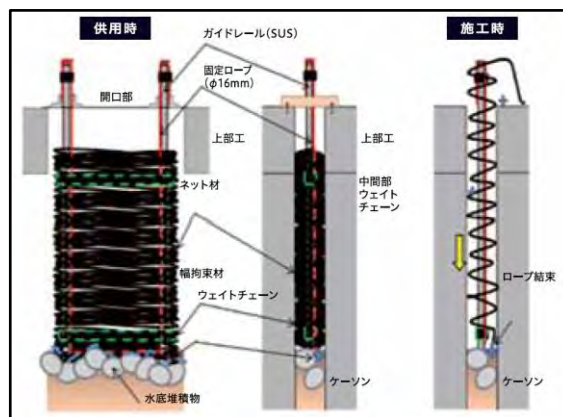
□ ケーソン目地に追加目地板を挿入(防砂板兼用)

● 対策工法1 吸い出し・空洞発生を抑止するケーソン目地透過波低減法

(目地幅200mm以上に適用)



ケーソン目地透過波低減法の概念図及び設置例



ケーソン目地透過波低減法の施工例

出典 港湾空洞技術研究所資料 No.1393 December 2021 吸い出し・陥没抑止に向けたケーソン目地透過波低減法 佐々真志、石坂修 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

技術的特徴

- ・ケーソン間目地部に設置することで、透過波を約80%減衰できる。
- ・外力を減衰することで構造物としての長寿命化が図れ、空洞発生リスクの抑制が可能
- ・地震や高波によるケーソン隙間の変化に対しても、目地部全体で追従し機能を維持することが可能。

3. 対策工の提案

3.2 目地部で発生した空洞に対する対策工案

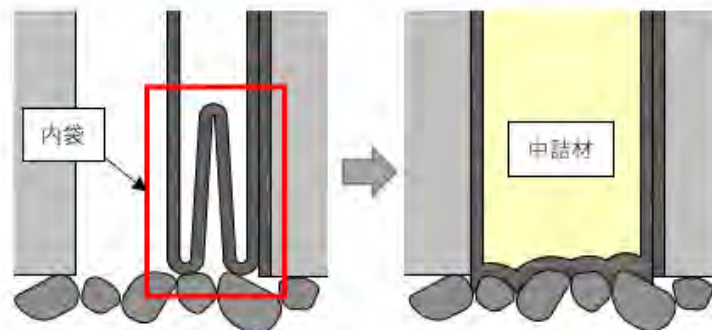
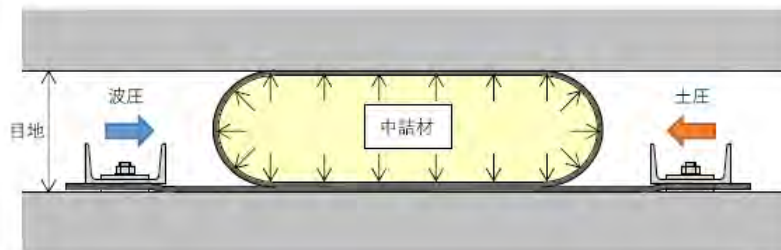
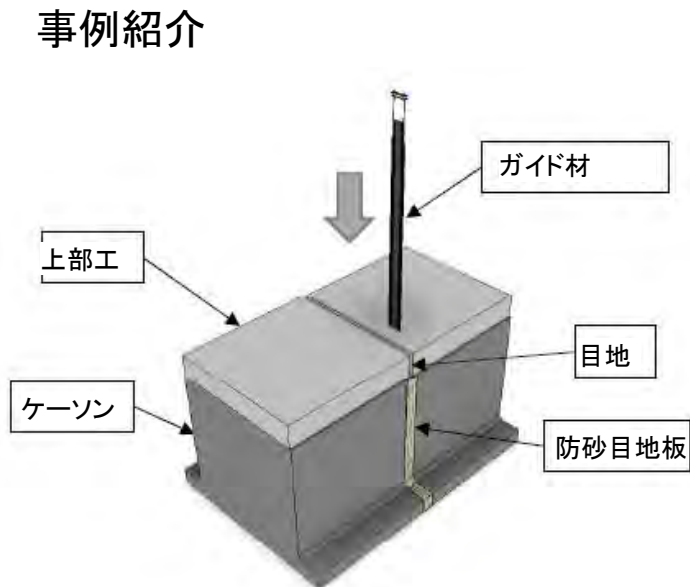
□ ケーソン目地に追加目地板を挿入（防砂板兼用）

● 対策工法2 円筒状差し込み式ゴム製シール目地材（目地幅75mm以上200mm未満に適用）

（※ 施工時、目地幅が75mmを下回る場合は対策工3に変更可能性あり）

中詰材は破損しても機能確保できるようにモルタルとする。

事例紹介



技術的特徴

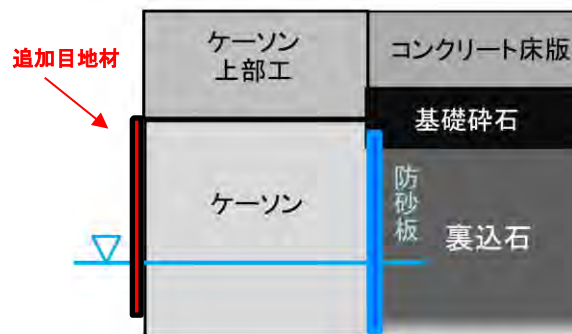
- 既設の護岸において、ケーソン天端から目地間へ挿入し、ケーソン壁面に取付けた円筒状差し込み式ゴム製シール目地材に、中詰材（今回はモルタル等）を充填し円筒部を拡張することで、対面する2つのケーソンの目地間をシールし、吸出しを防止。

3. 対策工の提案

3.2 目地部で発生した空洞に対する対策工案

□ ケーソン目地に追加目地材を挿入(防砂板兼用)

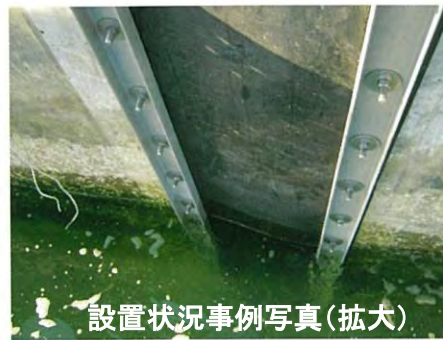
● 対策工法3 ケーソン前面取付用吸い出し防止材 (目地幅75mm未満に適用)



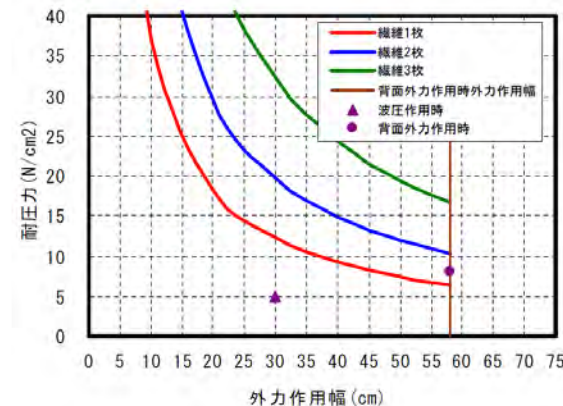
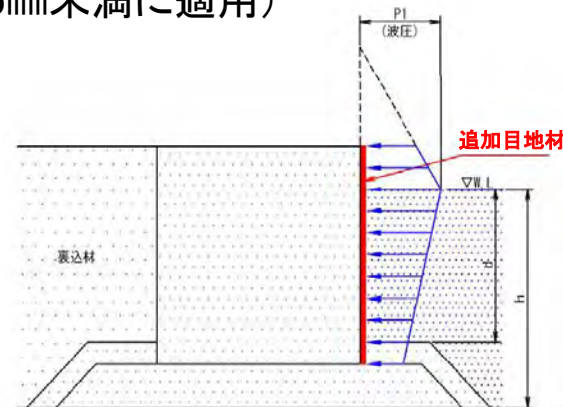
【構造物の前面に取り付ける場合】



設置状況事例写真



設置状況事例写真(拡大)



技術的特徴

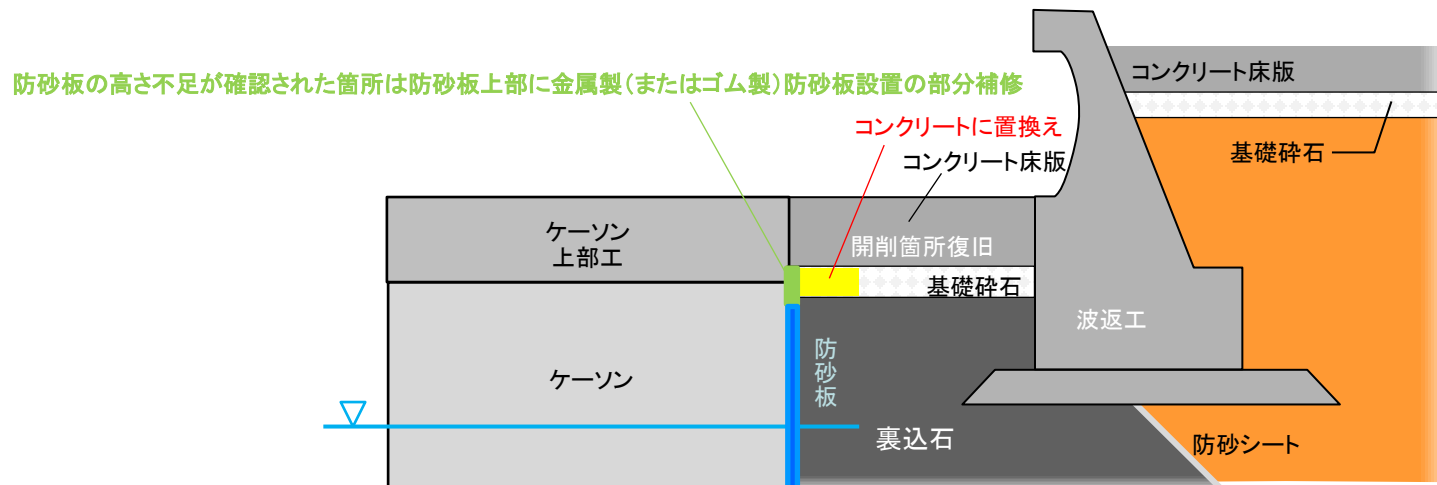
- ・ 構造物の天端から底部の目地部を保護することが可能。
- ・ ゴムの中に繊維を埋設した構造で、作用する外力(波圧等)に対して、設計により埋設繊維数を増減(強度調整)させ、現場条件に合わせて最適な仕様にする事が可能。
- ・ 本体の厚さが20mmあるため、シート構造の目地材に比べて波浪に対する安定性に優れる。
- ・ 耐久性に優れるゴム配合であるため紫外線やオゾンに対して長期間の耐久性を有する。

3. 対策工の提案

3.2 目地部で発生した空洞に対する対策工案

□土砂層の置換えを実施(西垂水舞子海岸)

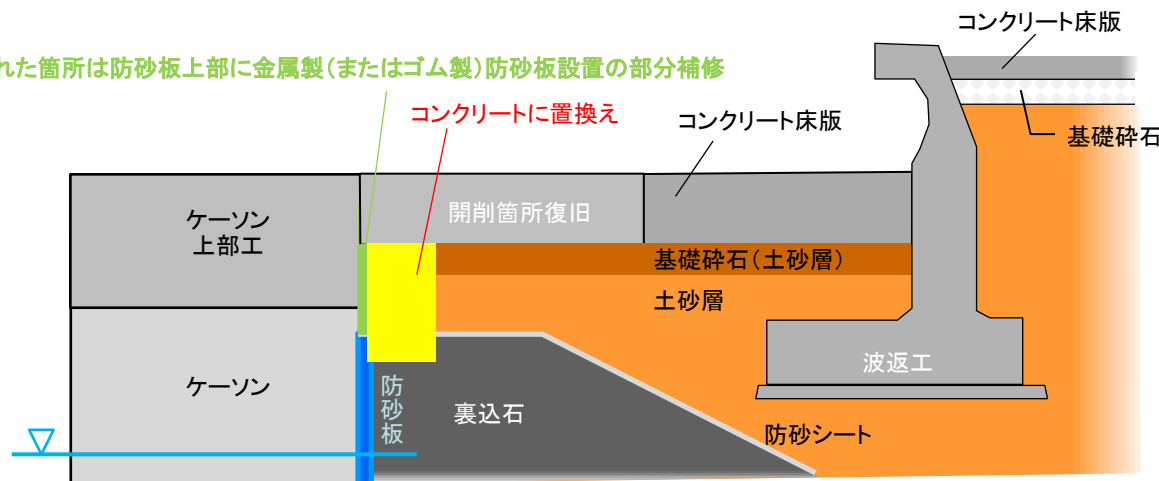
置換え範囲について、目地部を中心に横断方向に1m程度、縦断方向に2m程度の範囲とする。
深さ方向は、西垂水舞子海岸については床版下面部の基礎碎石の層厚程度とする。



□土砂層の置換えを実施(大蔵海岸)

置換え範囲の水平方向は西垂水舞子海岸と同程度とするが、深さ方向は、床版下面部の土砂層厚に加えて裏込石上部を含む範囲とする。

防砂板の高さ不足が確認された箇所は防砂板上部に金属製(またはゴム製)防砂板設置の部分補修



3. 対策工の提案

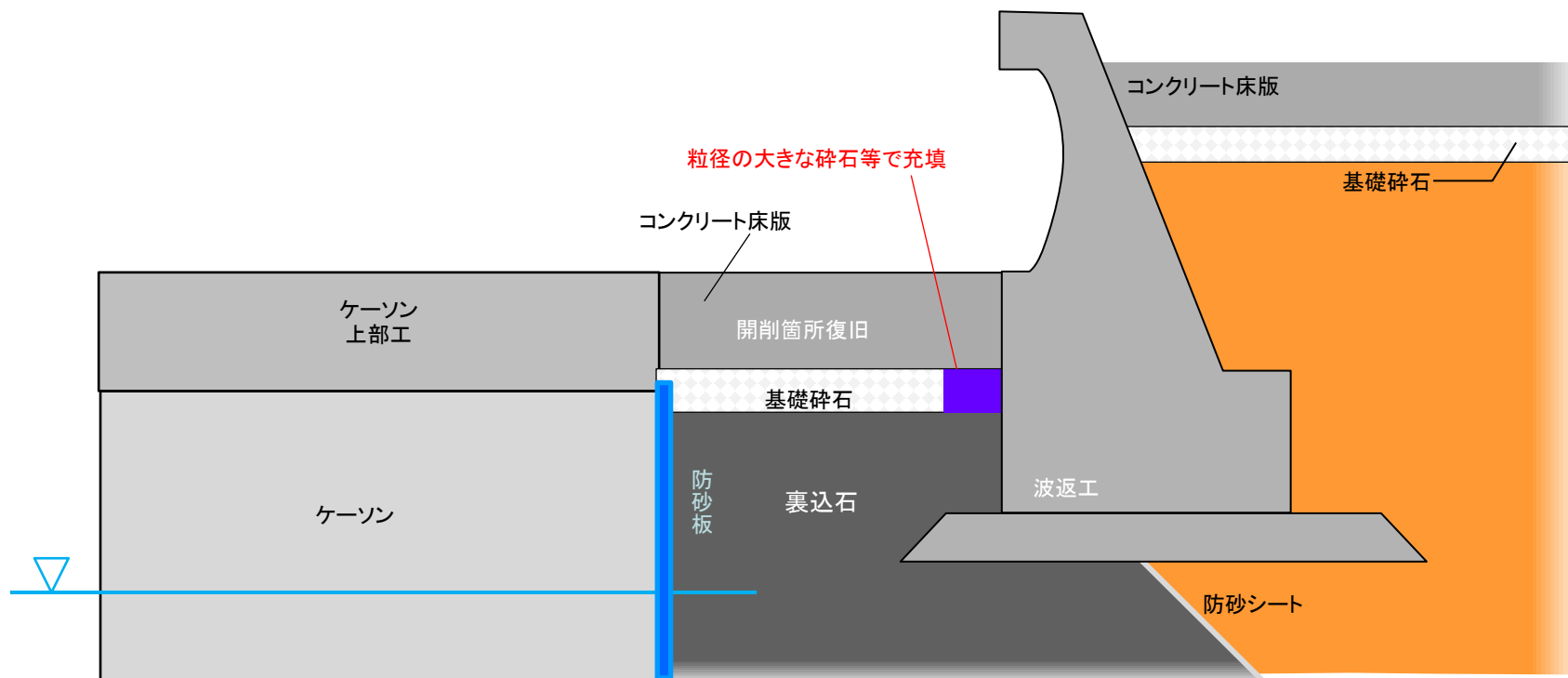
3.3 波返工前面で発生した空洞に対する対策工案

3.3 波返工前面で発生した空洞に対する対策工案

3. 対策工の提案

3.3 波返工前面で発生した空洞に対する対策工案

□土砂層の置換えを実施(西垂水舞子海岸)



基礎碎石が裏込石へ流出することの再発防止のために粒径の大きな碎石等で充填する。

3. 対策工の提案

3.4 水圧式波高計観測

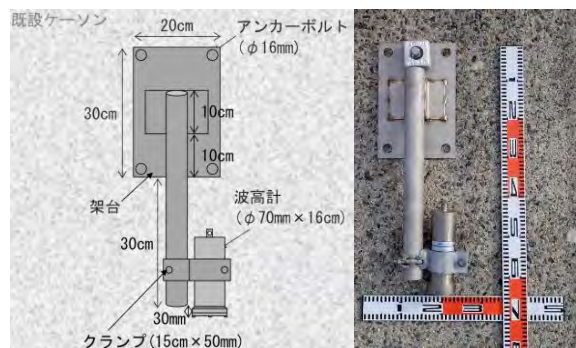
3.4 水圧式波高計観測

3. 対策工の提案

3.4 水圧式波高計観測

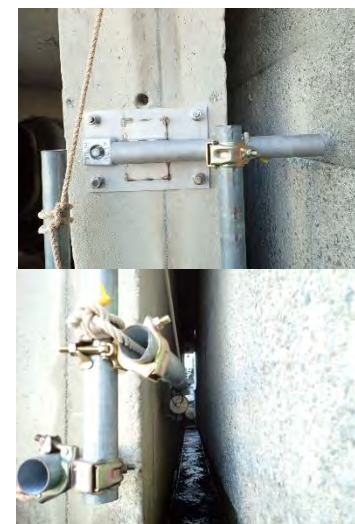
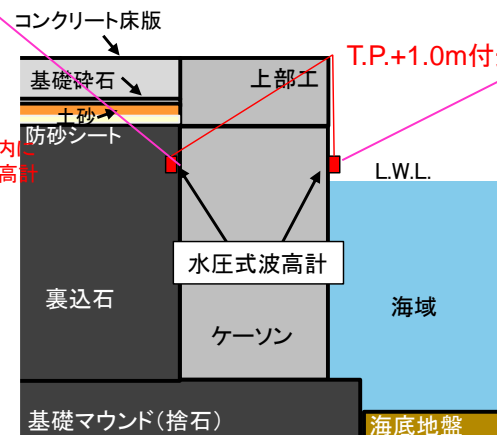
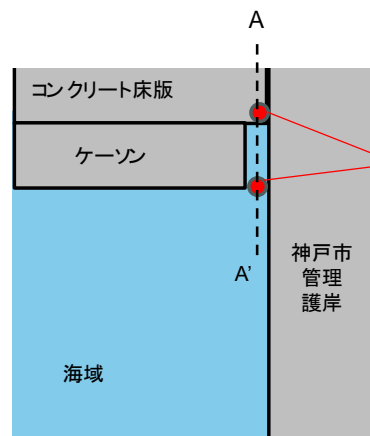
□ 水圧式波高計の設置

- ケーソン目地部における対策工の効果を確認するため、最も目地幅が大きかった西垂水舞子海岸の防波護岸1において、水圧式波高計(記録間隔0.1秒)を設置
- ケーソン前面海域と陸側に設置、前後水圧を比較することで効果を検証
- 海側は12月4日に設置完了



陸側設置準備中

断面図(A-A'、目地部)



海側設置完了

地理院地図

図1 位置図(防波護岸1)

図2 波高計設置位置イメージ

3. 対策工の提案

3.5 対策工法の適用案

3.5 対策工法の適用案

3. 対策工の提案

3.5 対策工法の適用案 西垂水舞子海岸



施設名		取付護岸				突堤3				防波護岸1										
スパンNo.		隣接施設	2	1	隣接施設	隣接施設	3	2	1	隣接施設	隣接施設	5	4	3	2	1	隣接施設			
空洞有無	陸側		無	有			無	無	無			無	無	無	有	無		無	無	有
	ケーソン側		有	有			有	無	無			有	無	無	有	有		※	有	有
目地部対策（数値は目地幅を示す）		-	70	70	-	40	70	140	-	30	70	120	85	340						
コンクリート置換え		-	○	-	-	○	-	-	-	○	○	-	○	○						
波返工前面対策		隣接施設	-	○	隣接施設	隣接施設	-	-	-	隣接施設	隣接施設	-	-	-	-	-	隣接施設			

- : ケーソン目地幅透過波軽減法
- : 円筒状差込目地施工
- : 前面取付目地施工

施設名		防波護岸2																											
スパンNo.		隣接施設	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	隣接施設	
空洞有無	陸側		無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	有	有	有	無	有	有	有	有	有	有	有	有	有		有
	ケーソン側		有	有	無	無	無	無	無	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有		有
目地部対策(数値は目地幅を示す)			※1 50	40	60	50	10	10	50	70	60	70	30	80	135	100	220	95	50	85	95	65	50	55	70	25	65		
コンクリート置換え			○	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	
波返工前面対策			隣接施設	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	隣接施設

※ : ケーソンをまたぐ空洞箇所、隣接するスパンにおいて、より深い空洞箇所が確認されたため、該当スパンでは空洞深さを計測していないことを示す。

※1 : 写真による推定値。

3. 対策工の提案

3.5 対策工法の適用案 大蔵海岸



施設名		防波護岸1(中央)						防波護岸1(東)											
スパンNo.		16	15	14	13	12	11	隣接施設	隣接施設	9	8	7	6	5	4	3	2	1	隣接施設
空洞有無	陸側	無	無	無	無	無	無			無	無	無	無	無	無	無	無	無	
	ケーソン側	※	無	無	無	無	有		※	有	無	※	有	有	無	有	有		
目地部対策(数値は目地幅を示す)		60	50	10	30	30	110	-	100	85	190	120	15	30	10	50	25		
コンクリート置換え		-	-	-	-	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-	○	○		
波返工前面対策		-	-	-	-	-	-	隣接施設	隣接施設	-	-	-	-	-	-	-	-	-	隣接施設

- ：ケーソン目地幅透過波軽減法
- ：円筒状差込目地施工
- ：前面取付目地施工

施設名		取付護岸1(中央)										防波護岸1(中央)																									
スパンNo.		隣接施設	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	隣接施設	隣接施設	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16			
空洞有無	陸側		無	無	無	無	無	無	無	無	無	無			無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	ケーソン側		無	無	無	無	無	無	無	無	無	無			無	無	※	有	有	※	有	無	無	※	有	無	無	有	有	有	有	※	有	有	有	※	
目地部対策(数値は目地幅を示す)		-	60	40	80	35	25	60	10	50	40	120	120	160	25	55	70	50	10	40	70	50	10	30	40	40	70	60	100	70	140	90					
コンクリート置換え		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	○	○	○	○	-	○	○	○					
波返工前面対策		隣接施設	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	隣接施設	隣接施設	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

施設名		防波護岸1(西)																		取付護岸1(西)											
スパンNo.		施設 端部	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	隣接 施設	隣接 施設	20	19	18	17	16	15	14	13	
空洞有無	陸側		無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無			無	無	無	無	無	無	無	有	
	ケーソン側		※	有	無	無	有	※	有	有	有	無	無	無	無	無	有	有	有	※			※	有	無	無	無	無	無	無	無
目地部対策(数値は目地幅を示す)			-	80	10	25	20	70	25	70	10	15	25	30	30	45	35	50	25	130	60	60	25	45	60	10	70	10	20	-	
コンクリート置換え			-	○	-	-	-	○	-	○	○	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	
波返工前面対策			施設 端部	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	隣接 施設	隣接 施設	-	-	-	-	-	-	-	-	○

※：ケーソンをまたぐ空洞箇所、隣接するスパンにおいて、より深い空洞箇所が確認されたため、該当スパンでは空洞深さを計測していないことを示す。