

対策工法の考え方

1. 空洞の発生要因	・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2. 対策工法（案）	・・・・・・・・・・・・・・・・	9
3. 対策実施条件（閾値）	・・・・・・・・・・・・・・・・	16

1. 空洞の発生要因

□ コンクリート床板下部に空洞が発生する要因

ケーソン背面に空洞が発生する要因として、一般的には次のものが想定される。

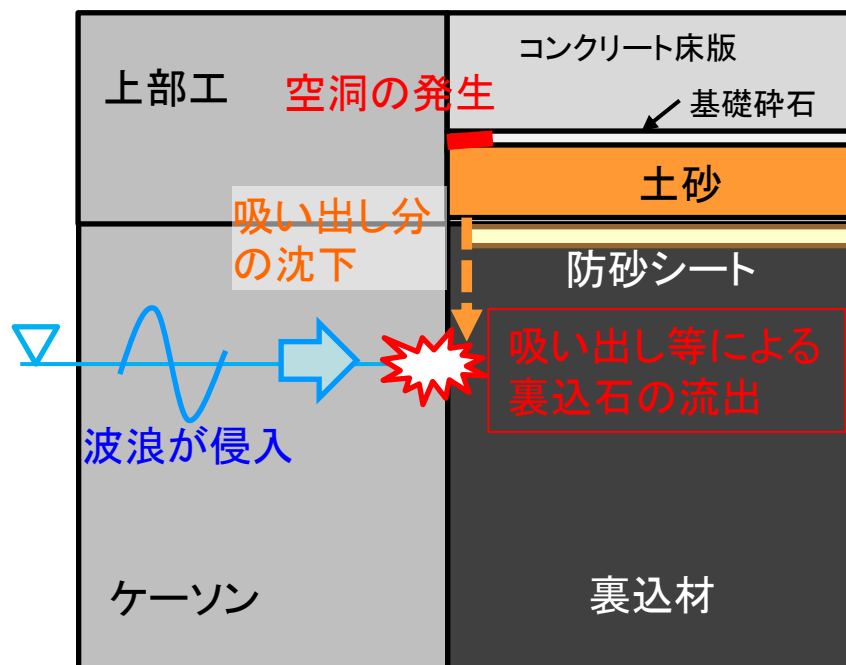
- ①ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上の場合
- ②防砂板の損傷
- ③防砂シートの損傷
- ④裏込材の圧密沈下等

1. 空洞の発生要因

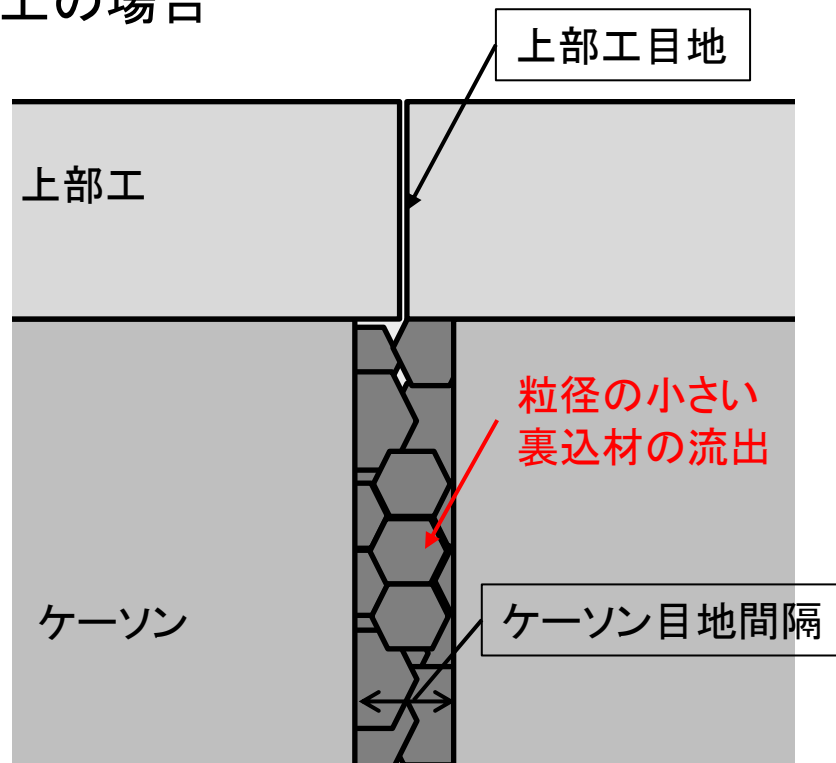
①ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上の場合

海側

陸側



断面の模式図



正面（海側）の模式図

○ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上の場合

ケーソン背面については裏込材（下部は主に石材、上部は土砂）が施工されている。

ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上となる場合、海側からの吸出し等により裏込材が流出し、減った体積分がコンクリート床板下に空洞となる。

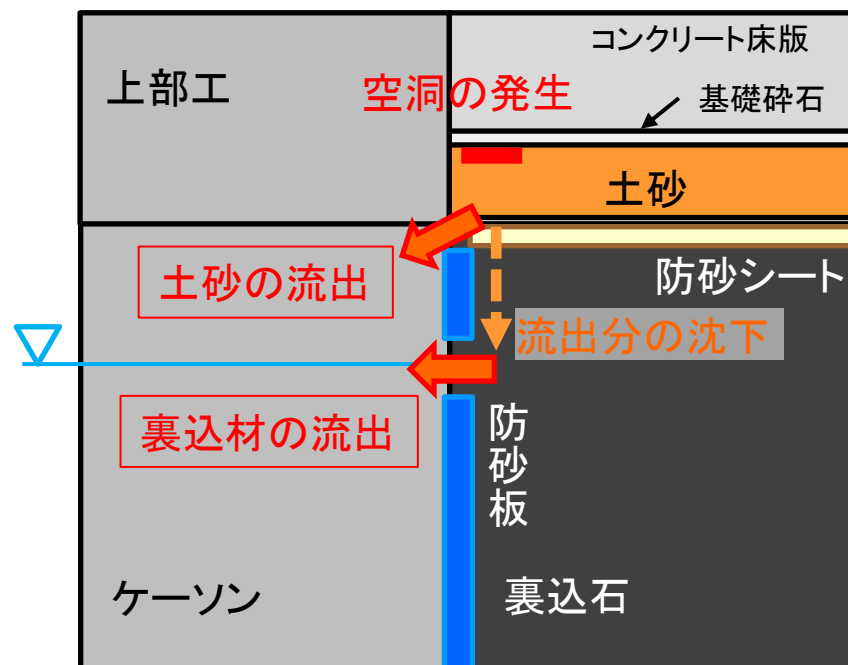
※ケーソンの目地間隔が設置後徐々に広がったかは確認できないが、ケーソン自体は設置後は安定している構造物と想定している。

1. 空洞の発生要因

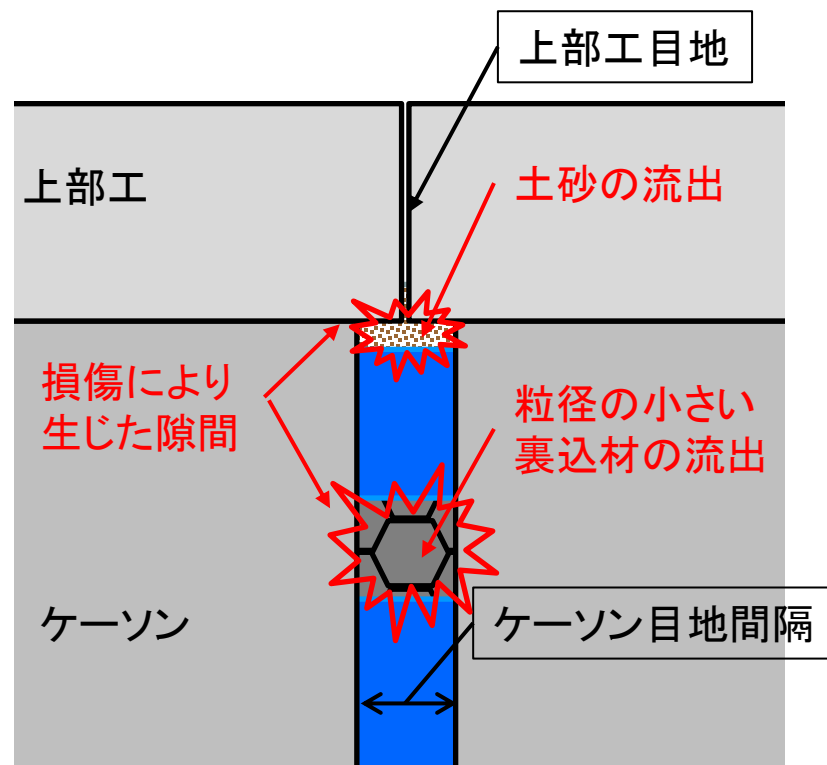
②防砂板の損傷

海側

陸側



断面の模式図



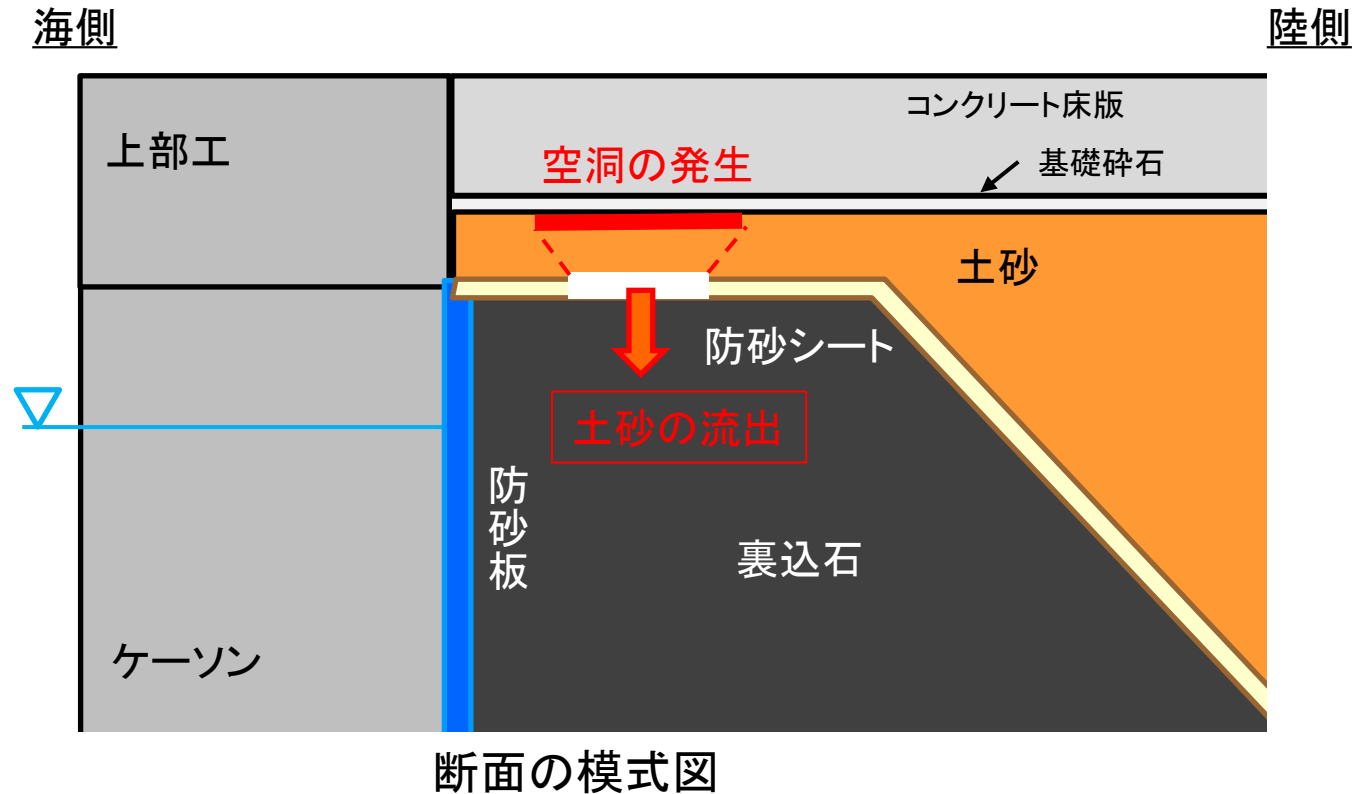
正面（海側）の模式図

○防砂板の損傷

ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上となる場合であっても、防砂板が機能していれば裏込材（土砂部）の流出は発生しないが、防砂板が損傷している場合は吸出し等の作用により裏込材が流出し空洞発生の原因となっている場合がある。

1. 空洞の発生要因

③防砂シートの損傷



○防砂シートの損傷

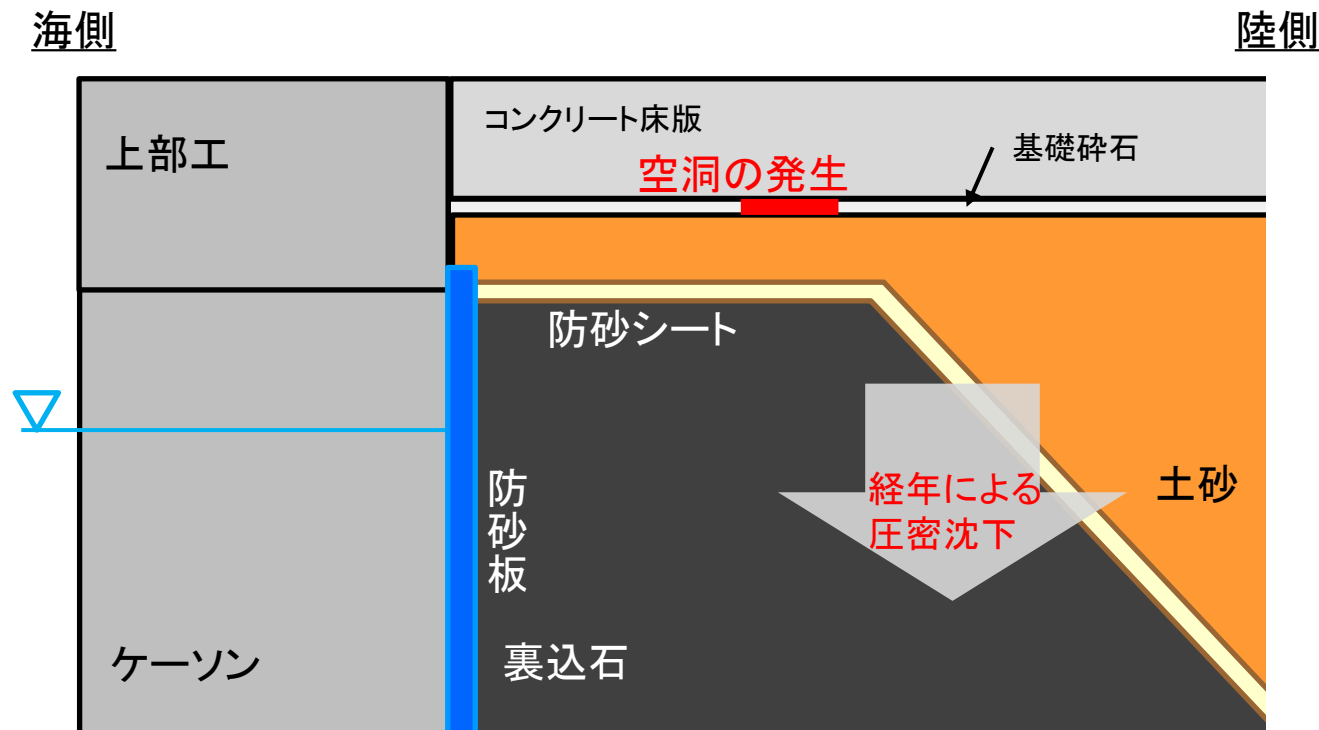
ケーソン背面の裏込材については、下部は石材であるが上部については土砂が使用されている。

石材と土砂の間には防砂シートが設置されているが、これが損傷している場合に土砂が裏込石内部へ流出し、空洞発生の要因となる場合がある。

※現在は防砂シートの状況を確認していないため、他の要因が考えられない場合に確認を行う。

1. 空洞の発生要因

④裏込材の圧密沈下等



断面の模式図

○裏込材の圧密沈下等

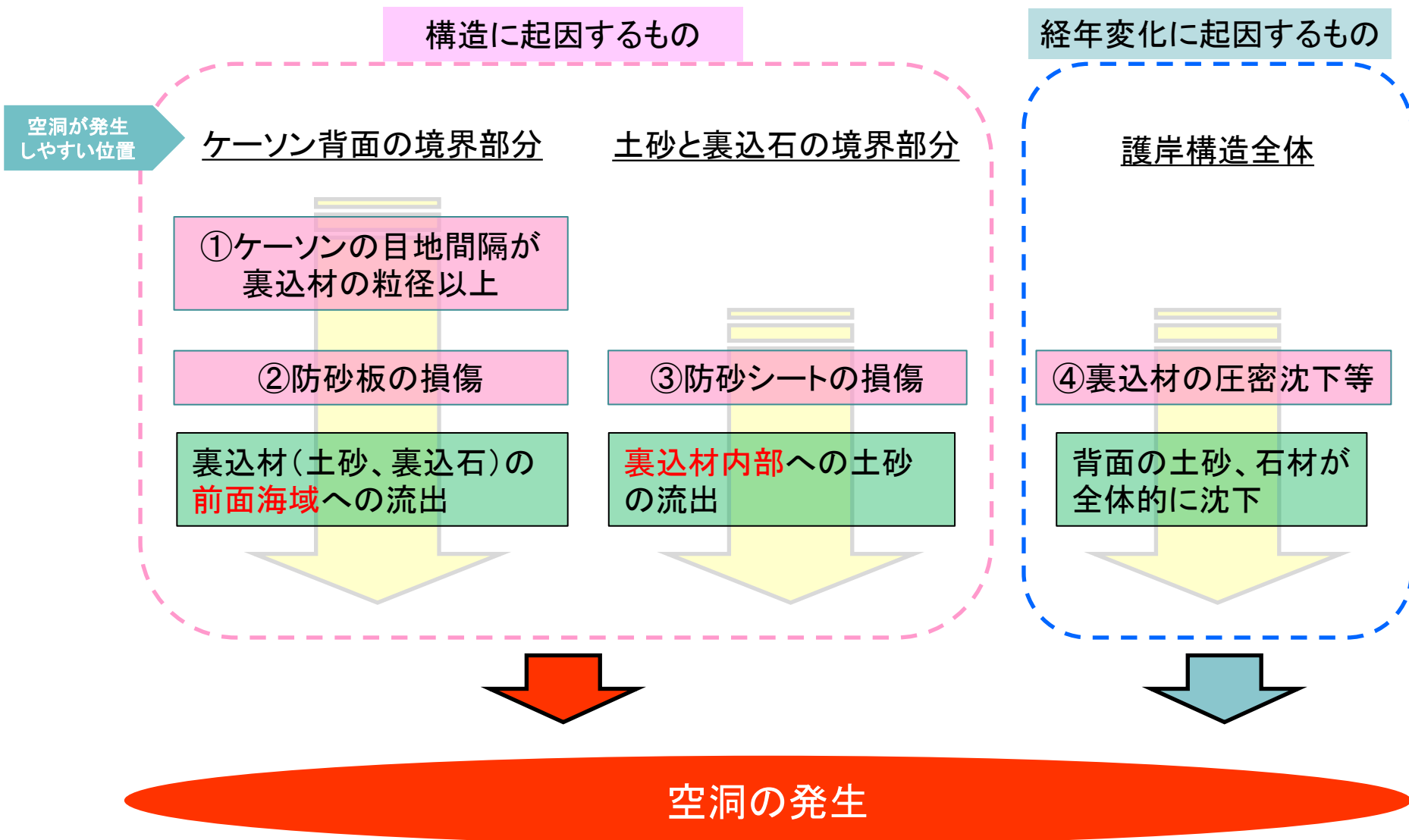
ケーソン及び背面に施工した裏込材の自重により、圧密沈下を起こす場合がある。

多くは初期沈下により護岸施工時に変状が収束するが、中長期にわたり沈下が続いた場合に、裏込材とコンクリート床板の間に空洞を発生させる場合がある。

※護岸整備から30年以上が経過しているため、現在は沈下が収束していると想定している。

1. 空洞の発生要因

□（空洞の発生フロー）

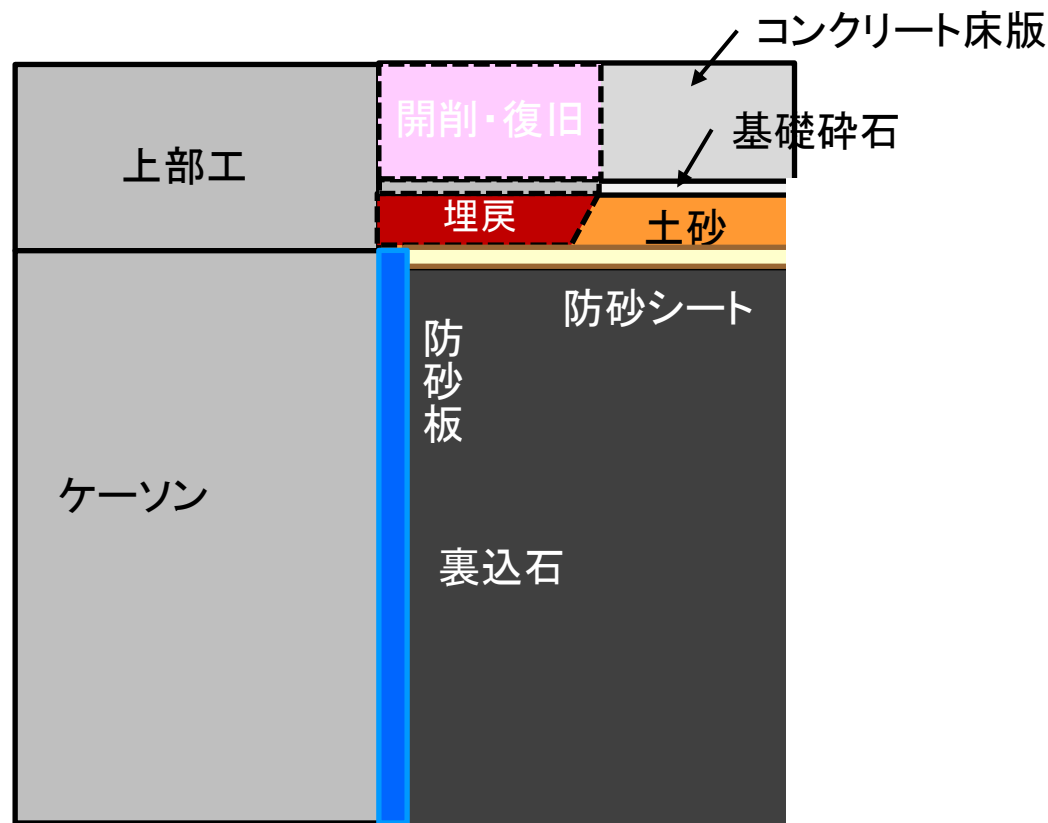


2. 対策工法(案)

①直接埋戻(開削＋埋戻＋コンクリート床版復旧)

空洞化した箇所のコンクリート床版を取り壊し、土砂で埋戻した後、コンクリート床版を復旧する。

- コンクリート床版が厚く、開削の手間が大きい
- 開削を伴わない充填材を用いる方法もある。
- 開削することで、空洞の状況を確認することが可能
- 復旧時に観測孔を設置し、定期点検することも可能。
- アジュール舞子で見つかった空洞の横断方向の大きさが3.5mであったため、法線直角方向の開削幅を最大4mと想定。(基本的には空洞サイズに応じた開削)



2. 対策工法(案)

①直接埋戻(開削＋埋戻＋コンクリート床版復旧) イメージ

開削



裏込石



裏込均し



防砂シート



土砂投入



基礎碎石



コンクリート床版

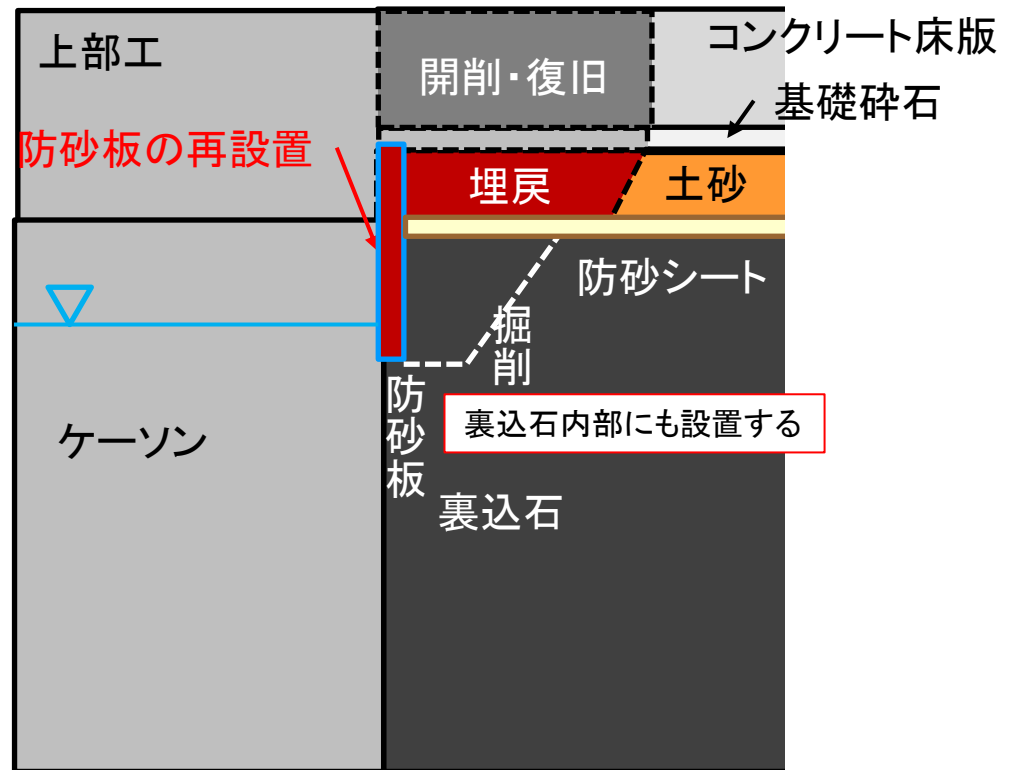


2. 対策工法(案)

②防砂板の補修

空洞確認箇所において、防砂板が損傷している場合に再設置する。

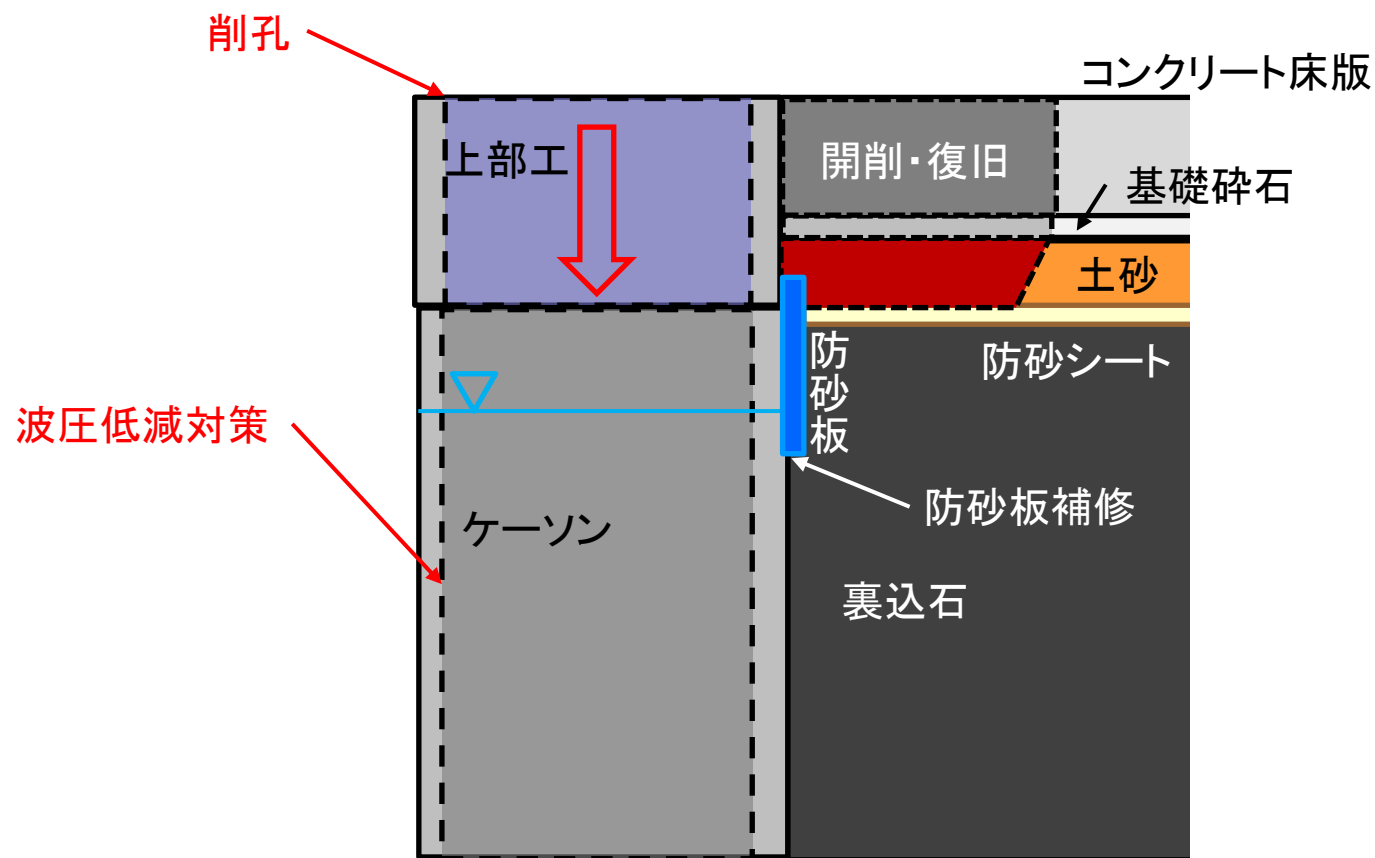
- 防砂板が流出を防ぐものは主に土砂である。
- 土砂と裏込石の境界部分を中心に、潮位の影響から吸出しが起きやすい干満帯の高さまでを防砂板で保護する。
- 再設置高さまで掘削が必要なため、背後の状況に留意が必要。



2. 対策工法(案)

③波圧低減対策

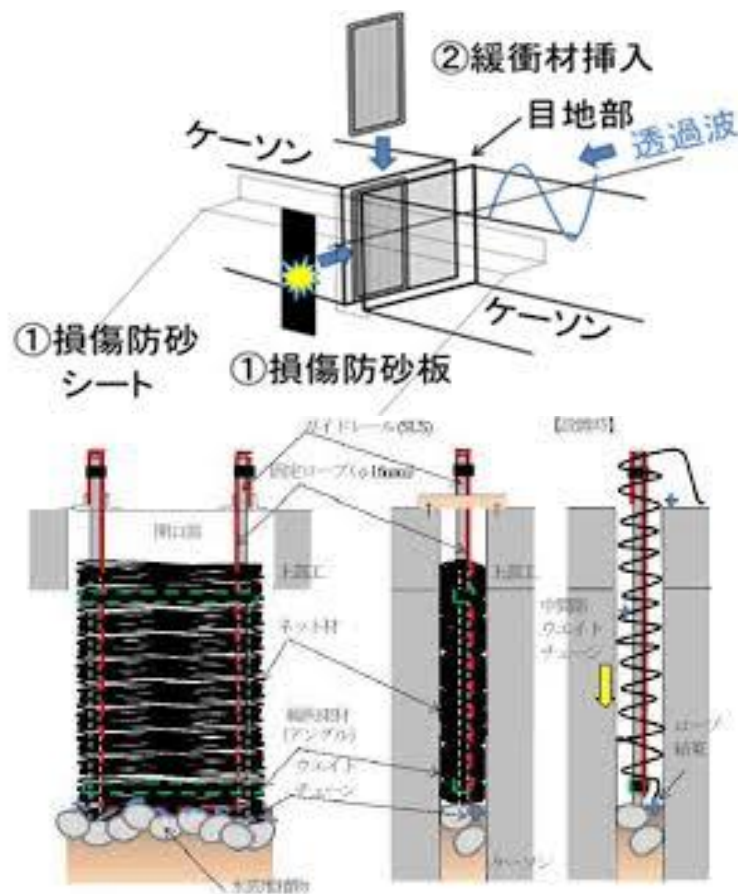
目地幅が大きく、浸入する波浪によって防砂板が損傷したと考えられる空洞発生箇所については、波圧低減対策(ネットバッファ工法等)を合わせて行う。



2. 対策工法(案)

【参考】波圧低減対策例(ネットバッファ工法)

- ・ ケーソン目地部分に繊維製ネット材を挿入し、波浪の侵入を80%程度抑制する。
- ・ 完全に目地の隙間をふさぐわけではないが、石材の流出を抑制することが可能である。
- ・ 防砂板を保護する機能があり、防砂板を健全に保つことが可能である。



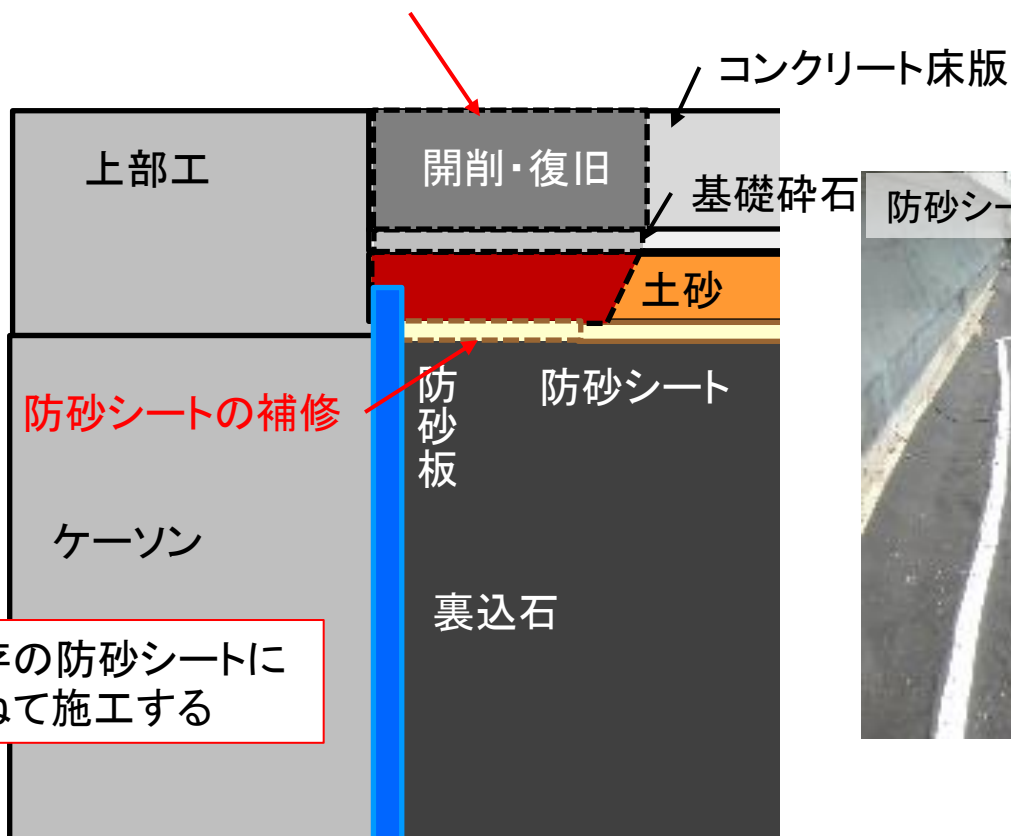
出展: 前田工織(株) 海洋資材総合カタログP.7,8より

2. 対策工法(案)

④防砂シート補修(追加調査の結果をもって採用を検討)

土砂の流出の原因が防砂シートの損傷と確認された場合に、防砂シートを再設置する。
開削しなければ判明しない損傷のため、追加調査による確認後、実施する。

開削＋埋戻＋コンクリート床版

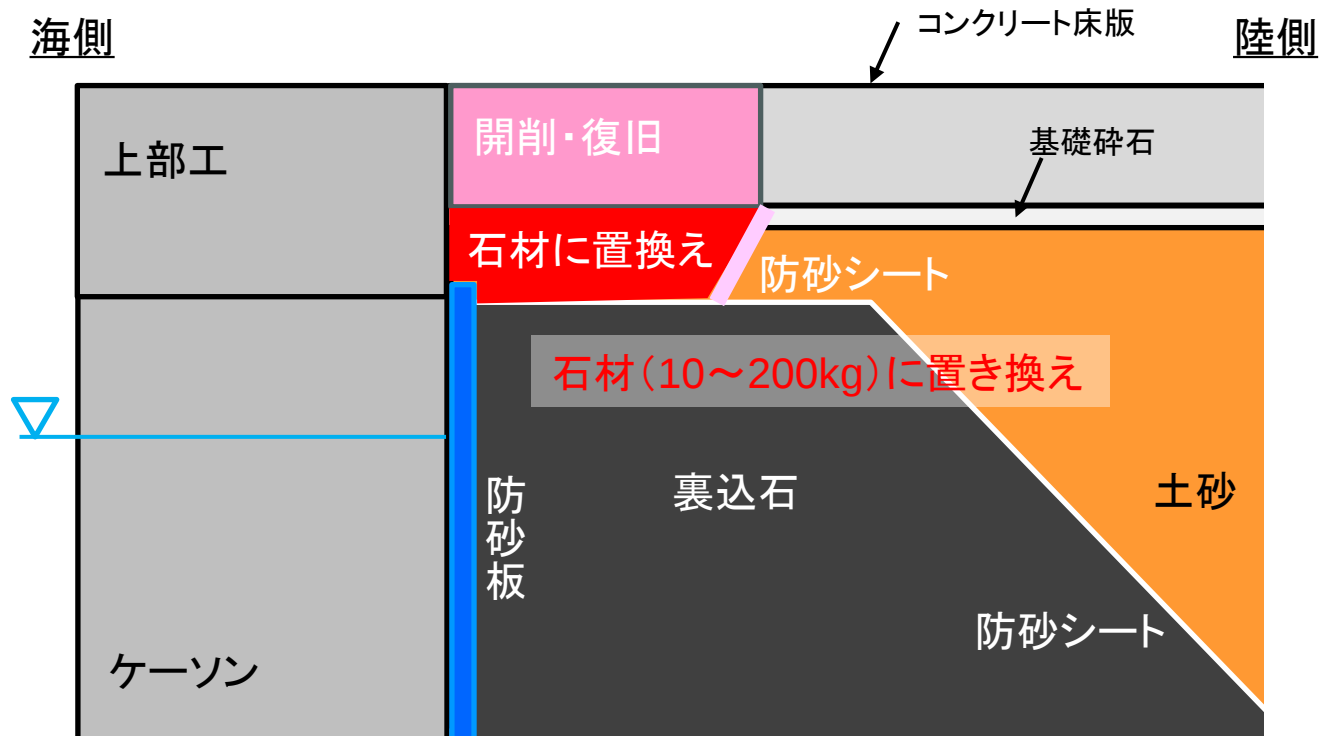


2. 対策工法(案)

⑤裏込材の置換え工法

コンクリート床版を開削し空洞を埋め戻す際に、ケーソン側を中心に土砂を雑割石等に置き換える。

- 空洞を埋め戻す際に、土砂部についても既設裏込材と同等の規格の石材に置き換える。
- 目地部の隙間よりも大きい粒径であるため、防砂板の有無にかかわらず裏込材の流出を防止可能。
- 土砂部との境界には防砂シートを規格アップして設置
- 裏込石と同じ規格のため、既存の材料との境界に防砂シートが不要。



断面の模式図

2. 対策工法(案)

対策工法の選定方針及び留意事項

- 対策工を行う箇所は、以下を踏まえた検討とする
 - ・空洞の規模(個々の深さや広がり、連続性、分布状況など)
 - ・追加開削調査の結果
 - ・ケーソン目地間隔

※規模の小さな空洞については対策工を実施せず、経過観察のみを行うことも含め検討を行う
- 対策工法は、空洞の規模や推定される原因を踏まえ、必要であれば複数の対策工法の組み合わせを検討する
- 対策工を検討する際には、以下に留意する
 - ・使用する材料(防砂板や防砂シートなど)の仕様(強度や耐久性など)
 - ・裏込材の粒径(土砂から石材への置き換えを含む)
 - ・対策工実施後のモニタリングや維持管理、修繕・更新
 - ・過去に大蔵海岸で発生した陥没や空洞に対する知見

3. 対策実施条件(閾値)

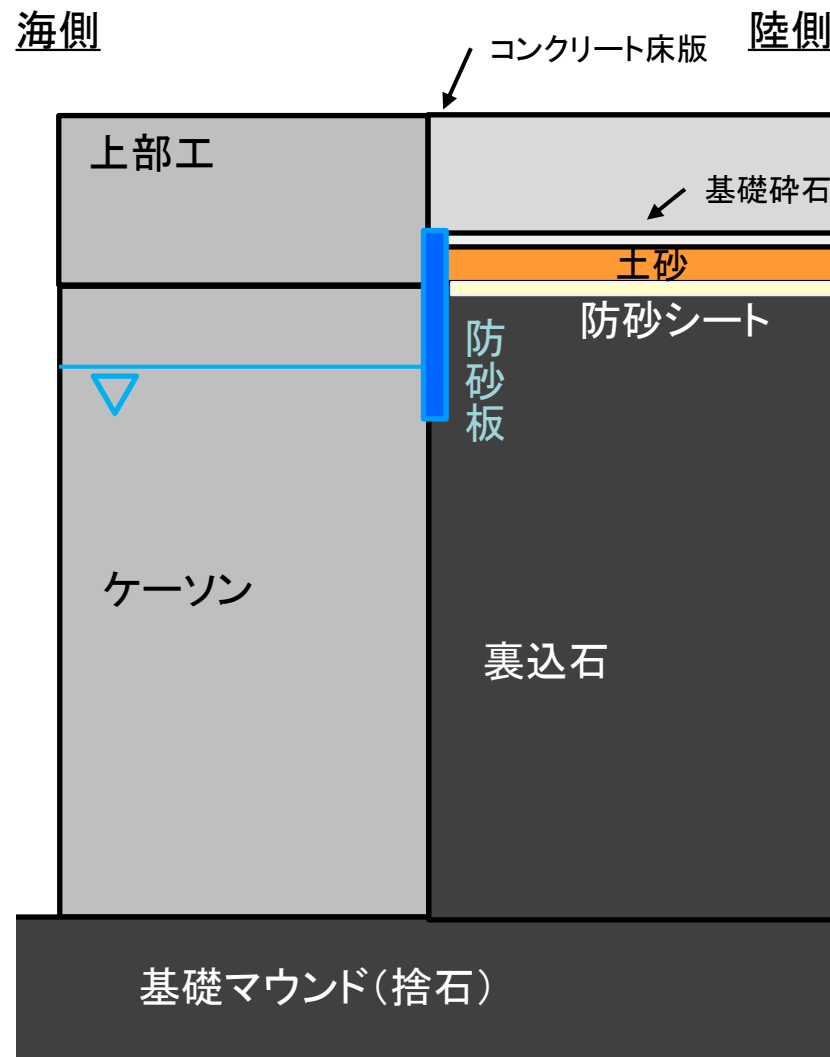
現状を踏まえた要対策とする空洞(案)

- ・ ケーソンの目地間隔が裏込石の最小粒径以上の空洞発生箇所
- ・ 防砂板が損傷している空洞発生箇所
- ・ 対策時に再設置する裏込材の粒径より大きい(深い)空洞発生箇所

現状を踏まえ、モニタリング等の対象とする空洞(案)

- ・ 空洞深さが小さいもの(100mm未満)で、目地幅が150mm~200mm以下の場合は裏込材が流出する可能性が低いため、経過観察措置とする。
(年1~2回程度のモニタリング)
- ・ 空洞が確認されていない箇所については、日常点検による表面変状の確認とする。

【参考】裏込材の最小粒径は200mm程度と想定



断面の模式図

3. 対策実施条件(閾値)

【参考】対策を行う箇所の目地間隔閾値を200mm以上とする根拠

- 目地間隔の健全性を判断する要素は、裏込石が流出しないかどうかであると想定。
- (「**目地間隔<裏込石の最小粒径**」であれば裏込石は流出しない。)
- 裏込材(石材)は捨石(10~200kg)であることを確認。
- 詳しい材料が不明なため、設計安全側の考えより単位堆積重量が重い「石材(花崗岩)」を採用。
- 最小の重量10kgの石材の粒径を下記試算より推定。

$$\frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times 2.65t/m^3 = 10kg \quad \text{【球体の体積} \times \text{単位堆積重量】}$$

$$\frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.09)^3 \times 2,650kg/m^3 = 8.09kg \quad \text{「直径180mm(半径0.09m)の場合の重量」だと10kgに足りない}$$

$$\frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.1m)^3 \times 2,650kg/m^3 = 11.1kg \quad \text{「直径200mm(半径0.1m)の場合の重量」だと10kg以上になる}$$

- 以上より、対策が必要な**目地間隔の閾値を150mm~200mm以上(空洞発生箇所)**とする

参考

(1) その他の材料

その他の材料は、事前にその特性を把握するものとする。なお、下記の各種材料に関して文献16)が参考となる。

a) 瀝青材料

瀝青材料は、それと組合せて使用される他の材料の性質と併せ、その性質を十分に把握して使用することとする。海岸保全施設に用いられる瀝青材料の大部分はアスファルトである。瀝青材料は、それ単体で使用されることはほとんどなく、アスファルトを例にとれば、通常は骨材と混合し、アスファルト合材として使用される。アスファルト以外の瀝青材料としては、タール、ピッチ及びアスファルト乳剤等がある。

水中及び水面付近に主として用いられるアスファルト合材としては、サンドマスチック及びアスファルトマットがある。これらに用いられるアスファルトの規格は、JIS K 2207に定められている。

b) 石材

海岸保全施設に使用する石材は、その使用目的に必要な性質を有するとともに、工期、工費及び維持を含めた費対関係を考慮して用いることとする。石材は海岸保全施設に多量に用いられる材料であるため、石材の選定は構造物の安全性、工期及び工費に大きな影響を及ぼす。海岸工事に主として使用される石材の種類としては、花崗岩、安山岩、玄武岩等の火成岩と砂岩、粘板岩等の堆積岩、鋼さい(鉄鋼スラグ等)等がある。海岸工事に用いられる石材を使用目的別に分類すると、被覆用材、基礎材、裏込め等に分類される。また、景観目的として擬岩等がある。

16) (公社) 日本港湾協会 (2018): 港湾の施設の技術上の基準・同解説。

表-2.1.1 材料の単位体積重量の特性値¹⁾

材 料	単位体積重量の特性値 (kN/m ³)
鋼及び鋳鋼	77.0
鋳 鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.0
無筋コンクリート	22.6
木 材	7.8
アスファルトコンクリート	22.6
石材(花こう岩)	26.0
石材(砂石)	25.0
砂、砂利及び割ぐり石(乾燥状態)	16.0
砂、砂利及び割ぐり石(湿潤状態)	18.0
砂、砂利及び割ぐり石(飽和状態)	20.0