

蓋コンクリート打設前における波浪作用によるケーソン中詰材の流出検討

東洋建設 正会員 ○橋本 崇志 東洋建設 正会員 村本 哲二
 東洋建設 小池 祐太郎 東洋建設 加藤 満
 東洋建設 加瀬 隆文 東洋建設 正会員 山野 貴司

1. 目的

通常ケーソンは据付直後に中詰材を投入して安定させ、その後中詰材の流出防止のための蓋コンクリートが打設される。本稿で述べるケーソンは港外側がスリット構造になっており、遊水室下部に中詰材および蓋コンクリートが位置している。従って、蓋コンクリートを水中コンクリートによって打設するまでの間、中詰材は完全に水中に没している状態となる。そのため、中詰材の投入から蓋コンクリート打設までの数日間に発生する波浪により、中詰材が流出する可能性が懸念された。そこで、3次元数値波動水槽 CADMAS-SURF/3D を用いて波浪作用による中詰材の移動形態を数値解析により検討し、中詰材流出の可能性を判定した。

2. 検討概要

本検討で用いた数値解析モデルは、構造物の安定計算手法として信頼性の高い 3 次元数値波動水槽 CADMAS-SURF/3D である。解析手法としては、遊水室下部の中詰材の投入が完了し、蓋コンクリートが打設される前の状態で、波浪の作用によって発生する中詰材天端の流速を算定した。解析により得られた流速から、基礎捨石の安定計算等で用いられる材料の所要質量算定式（イスバッシュ式）を用いて、中詰材の安定に必要な所要質量を算出し、そのときの所要粒径を逆算した。さらに、流速と底質の粒径および比重から求まる底質の移動形態の判定条件を用いて、中詰材の移動形態を検討した。

3. 検討条件

本検討を行う堤体の条件は図-1 に示す通りであり、中詰材の材料は、銅水砕スラグ（中央粒径 $d_{50}=1.2\text{mm}$ 、密度 $\rho_u=2.30\text{t/m}^3$ 、水に対する比重 $S_r=3.42$ ）である。また、波浪条件は表-1 の通りとし、対象潮位は流速が大きくなる L.W.L.(DL+0.10m)とした。中詰材の安定質量の算定には、材料の所要質量算定式として一般に用いられることの多い、式(1)に示すイスバッシュ式（Coastal Engineering Research Center, 1977）を用いた。

$$M = \frac{\pi \rho_u U^6}{48 g^3 y^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad \dots \text{式(1)}$$

ここに、

M : 材料の安定質量[t], ρ_u : 材料の密度[t/m³], U : 材料の上面における水の流れの速度[m/s],

g : 重力加速度[m/s²], y : イスバッシュの定数, S_r : 材料の水に対する比重, θ : 水底床の軸方向の斜面勾配[rad]

キーワード CADMAS-SURF/3D, イスバッシュ式, 掃流移動, 浮遊移動

連絡先 〒541-0043 大阪府大阪市中央区高麗橋 4-1-1 興銀ビル 7 階 東洋建設(株)大阪本店 TEL:06-6209-8775

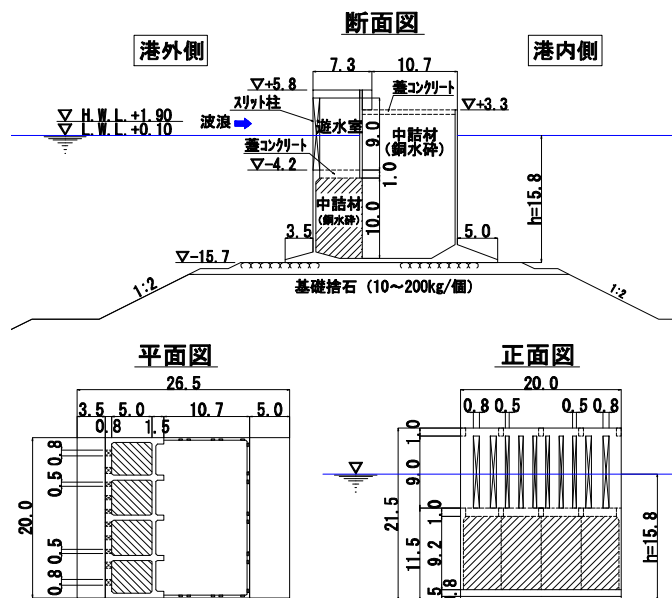


図-1 堤体条件

表-1 波浪条件

No.	波諸元	周期 T[s]	波高 H[m]	潮位	水深 h[m]
1	規則波	6.0	1.0	L.W.L. (DL+0.10m)	15.8 ※ケーソン底面 (DL-15.7m)を 水底面とする
2		7.0	1.0		
3		8.0	1.0		
4		9.0	1.0		
5		9.0	2.0		
6		10.0	1.0		
7		11.0	1.0		
8		12.0	1.0		
9		13.0	1.0		
10		14.0	1.0		
11		14.0	2.0		
12		14.0	3.0		

中詰材の移動形態の判定には、底質の移動形態をシーلز数 Ψ と、底面における水粒子速度の振幅 u_b と底質粒子の沈降速度 w_0 の比 u_b/w_0 で整理された図 (Shibayama and Horikawa, 1982) を用いた。シーلز数 Ψ (榎木, 1999) および底質粒子の沈降速度 w_0 (Jimenez and Madsen, 2003) は次式により算出した。

$$\Psi = \frac{1}{2} f_w u_b^2 / (s-1) g d \quad \cdots \text{式(2)} \quad w_0 = \sqrt{sgd_N} \left(0.954 + \frac{5.12}{S_*} \right)^{-1}, \quad S_* = \frac{d_N}{4\nu} \sqrt{sgd_N}, \quad d_N = \frac{d}{0.9} \quad \cdots \text{式(3)}$$

ここに、

f_w : 摩擦係数, u_b : 底面における水粒子速度の振幅(=U)[m/s],

s : 底質の水中比重(= ρ_u/ρ_w ; ここに, ρ_w : 水の密度),

d : 底質粒径(= d_{50})[m], ν : 水の動粘性係数[m²/s]

4. 検討結果

図-2 に、中詰材天端の流速ベクトル平面分布の一例を示す。各遊水室内の中詰材天端において、水平方向の流速が発生していることがわかる。これらの流速の最大値と、式(1)より求めた所要質量から中詰材を球体として算出した所要粒径 ϕ との関係を図-3 に示す。全ての波浪条件で中詰材の所要粒径が、本工事で使用している中詰材の粒径 ($d_{50}=1.2\text{mm}$) を上回っていることがわかる。この結果から、波浪的作用によって中詰材は安定してその場にとどまっていることはできないと言える。図-4 に、式(2)および式(3)より求めたシーلز数 Ψ と、中詰材天端流速と沈降速度の比 u_b/w_0 の関係を示す。本検討における波浪条件によって移動する中詰材の形態は、概ね掃流移動(BL)～遷移領域(BST)の範囲内に収まっていることがわかる。

5. 結論

以上のことから、 $T=6\sim 14\text{s}$, $H=3\text{m}$ 以下の波浪条件においては、中詰材は遊水室内で水平方向に移動はするものの、巻き上がって浮遊する状態までには至らないため、遊水室の底面から 1m 低い位置(蓋コンクリートの下端面位置)にある中詰材が遊水室外に流出・拡散する可能性は低いと考えられる。また、施工時の状況を目視確認した結果、中詰材の流出は認められなかった。

本検討のように、波浪の影響を受けるケーソン据付時の安定検討を行う際には、CADMAS-SURF/3D を活用することにより、中詰材の挙動までを含めた、より緻密な検討が可能になるものとする。

謝辞 本検討の実施にあたり、国土交通省近畿地方整備局和歌山港湾事務所の関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) Coastal Engineering Research Center: Shore Protection Manual, Vol.II, Department of Army Corps of Engineering, 1977.
- 2) Shibayama, T. & Horikawa, K.: Sediment transport and beach transformation, Proc. 18th Coastal Eng. Conf., pp.1439-1458, 1982.
- 3) 榎木 亨 監修：環境圏の新しい海岸工学，株式会社フジ・テクノシステム，1403p., 1999.
- 4) Jimenez, J. A. and Madsen, O. S.: A Simple Formula to Estimate Setting Velocity of Natural Sediments, J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol.129, No.2, pp.70-78, 2003.

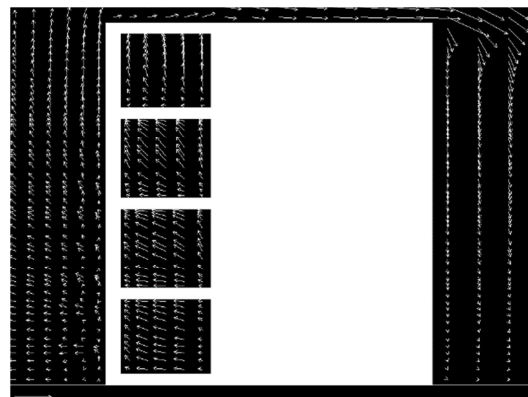


図-2 中詰材天端の流速ベクトル平面分布

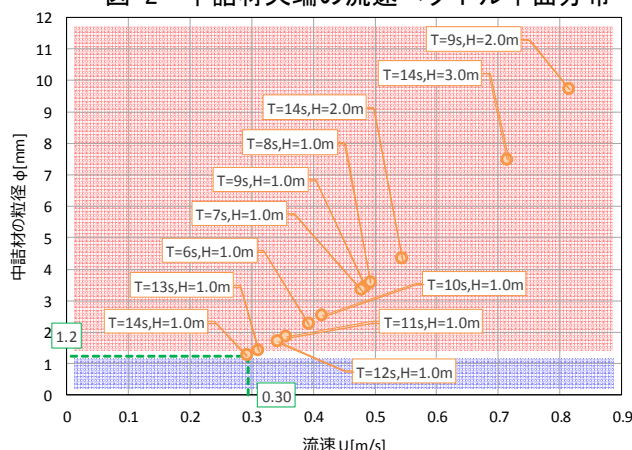


図-3 中詰材天端の流速と中詰材の粒径の関係

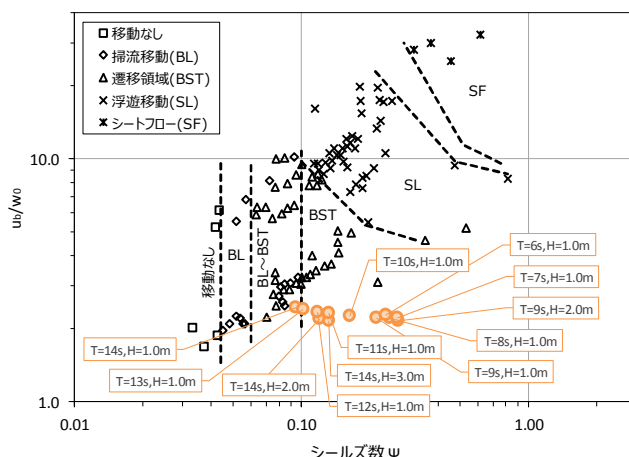


図-4 中詰材の移動形態