

津波時における混成堤マウンド被覆材の周辺流動場と所要重量に関する一検討

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正 会 員 ○大久保陽介
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 稲井 康
 名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 菊 雅美
 名古屋大学大学院工学研究科 正 会 員 川崎 浩司
 高松港湾空港技術調査事務所 青木 亮介

1. はじめに

混成堤の捨石マウンド被覆材の設計では、ハドソン式を用いて所要重量を算定する方法が一般的とされている(港湾の施設の技術上の基準・同解説, 2007)。しかし、ハドソン式では設計波によって被覆材の所要重量を算定するため、マウンド周辺で生じる局所的な流れによる影響を考慮できない。松本・高橋(2001)は、混成堤マウンド被覆材を対象に、数値計算による流速場に基づいた被覆材所要重量の算定法を検討しているが、規則波を対象としており、津波時における被覆材の安定性は行っていない。そこで、本検討では、混成堤のマウンド被覆材を対象に、断面2次元数値波動水路 CADMAS-SURF によって津波時の流速場を算出し、マウンド上の流速を用いて津波作用時における被覆材の所要重量の算定について検討を行う。

2. 解析条件

図-1 は、本検討で用いた入射津波の水位変動 η であり、造波開始 600s 後に最大水位が 2.81m となっている。本検討では、式(1)に示す長波の理論式を用いて入射津波の水平および鉛直方向の流速 u , w を算出し、CADMAS-SURF の造波ソースとして与えた。

$$u = \frac{agk}{\sigma} \cos(kx - \sigma t) = \frac{gk}{\sigma} \eta = \sqrt{\frac{g}{h}} \eta \quad , \quad w = 0 \quad (1)$$

ここで、 a は振幅、 g は重力加速度、 k は波数、 σ は角周波数、 h は水深、 x は水平座標、 t は時間を表す。

計算対象断面を図-2 に示す。本検討では、1.5m のマウンド上に矩形のケーソンを据え付けた防波堤を設定し、同図に示す7点において流速を算出した。そして、算出した流速から、式(2)に示すイスバッシュの式を用いて混成堤マウンド被覆材の所要重量を算定した。

$$M = \frac{\pi \rho_r U^6}{48g^3 (y_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (2)$$

ここで、 M は被覆材の安定重量(t)、 ρ_r は捨石等の密度(t/m^3)、 U は捨石等の上面における流速、 y はイスバッシュの定数、 S_r は捨石等の水に対する比重、 θ は斜面の勾配($^\circ$)である。

計算条件は表-1 に示すとおりであり、反射波の影響を小さくするため、 x 方向の計算領域は 14000m と比較的広く設定した。また、本検討では、ケーソンの有無によるマウンド上の鉛直流速の比較も行った。

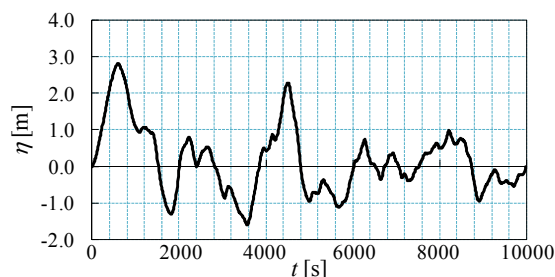


図-1 入射津波水位の時系列変化

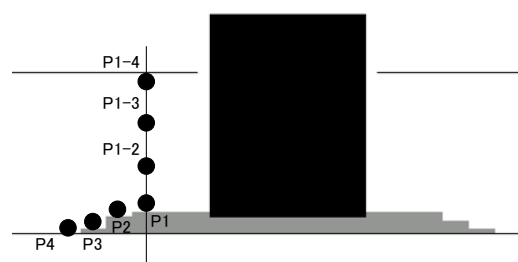


図-2 計算断面および流速測定位置

表-1 計算条件

計算領域	14000m(x)×30m(z)
水平格子間隔	$\Delta x=3\sim 1000m$
鉛直格子間隔	$\Delta z=0.5m$
計算時間間隔	AUTO
防波堤天端高	D.L.+6.20m
捨石マウンドの空隙率	0.44
海底面条件	スリップ

キーワード 流動場, 所要重量, 被覆材, 防波堤, 津波, 数値波動水路

連絡先 〒541-0052 パシフィックコンサルタンツ株式会社大阪本社 Tel 06-4964-2471

3. 計算結果および考察

図-3および図-4に、防波堤を設置しない場合と設置した場合における、マウンド上 P1 と P1-4 の水平流速をそれぞれ示す。両図から、防波堤の有無によらず、マウンド上の水平流速は鉛直方向に一様ではないことがわかる。これは、底面摩擦の影響やマウンドによって水平流速が変化するためである。また、防波堤の有無によるマウンド上の最大水平流速について比較を行うと、防波堤がない場合には、最大津波水位来襲時において、岸向きに 2.17m/s の流速が生じている。一方、図-4に示すように、防波堤がある場合、造波開始から 5772s 後の引き波時において、沖向きに 3.10m/s の流速が生じており、防波堤がない場合に比べて大きい。この要因として、図-5に示すように、防波堤での反射の影響により、マウンド被覆材上で強い戻り流れが発生していることが考えられる。したがって、マウンド被覆材周辺で生じる波浪場の変化を考慮することは重要であり、津波来襲時におけるマウンド上の流速の鉛直分布を詳細に把握する手段として、断面 2 次元計算は有用であるといえる。

図-6は、マウンド被覆材上 P1~P4 における水平流速の比較である。同図より、マウンド底面部 P4 や斜面部 P2 および P3 と比べ、マウンド法肩 P1 において最も流速が大きくなっていることが確認できる。そこで、P1 で算出された最大水平流速を用いて、式(2)により被覆石の必要重量を算定した結果、所要重量は 0.52t/個となった。したがって、本検討においては、ハドソン式によって算出される所要重量 0.55t/個とほぼ同様の結果となった。

4. おわりに

本検討では、数値波動水路 CADMAS-SURF を用いて津波時の流速場計算を行い、マウンド上の流速に基づき、津波作用時における混成堤マウンド被覆材の所要重量を算出した。その結果、防波堤がある場合は、防波堤での反射によって沖側に向かう戻り流れが生じ、引き波時に沖向きの流速が最大になることを示した。また、防波堤がある場合の沖側の最大水平流速は、防波堤がない場合の最大水平流速よりも大きくなることから、マウンド上で変化する流速を算出する手段として、断面 2 次元計算が有用であることを示した。また、CADMAS-SURF を用いて算出した流速場をイスバッシュの式に適用して、被覆材所要重量を算定可能であることを確認した。

参考文献：[1] (社) 日本港湾協会(2007)：港湾の施設の技術上の基準・同解説。[2]松本朗・高橋重雄(2001)：流速場に基づく混成堤マウンド被覆材の高度設計法，海岸工学論文集，第 48 巻，pp.911-915。

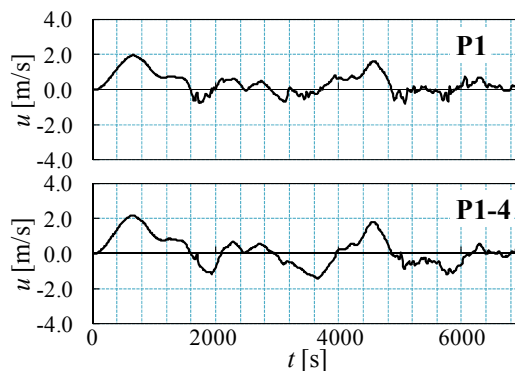


図-3 マウンド上の水平流速の時系列 (防波堤なし)

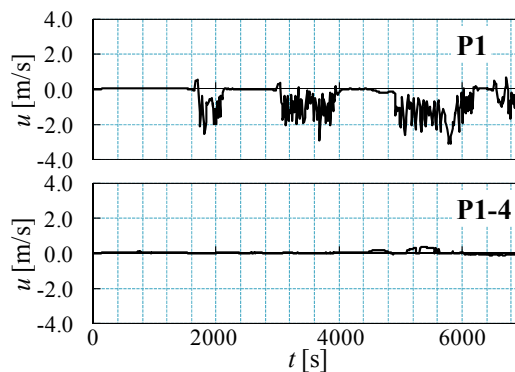


図-4 マウンド上の水平流速の時系列 (防波堤あり)

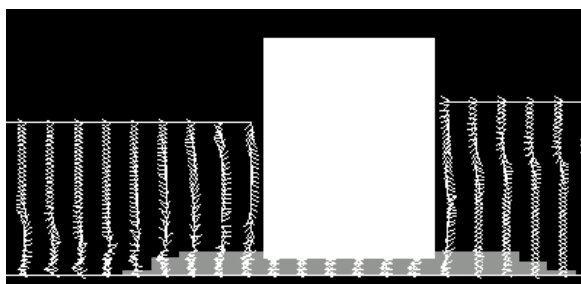


図-5 引き波時における流速分布 (t=1896s)

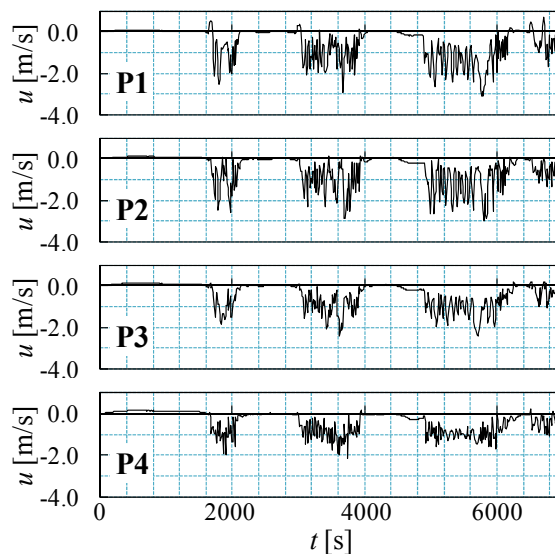


図-6 マウンド被覆材上の水平流速の比較