仮設式波除堤による波高低減効果に関する一考察

東洋建設株式会社	正 会 員	〇小竹	康夫
東洋建設株式会社		松村	章子
名古屋大学	正 会 員	中村	友昭
名古屋大学	フェロー	水谷	法美

1. はじめに:海上土木工事では、波浪状況によっては据付時に浮遊状態にある躯体や作業船が動揺するため、 波浪予測に基づいて作業の可否を判断するとともに,適切な能力を有する作業船を使って,安全かつ高精度な 施工を行っている.しかし,作業の可否の判断が波浪予測の精度に依存するため,作業可と判断した場合に予 測以上の波浪が来襲すると作業の中断が余儀なくされる.そこで、本稿では浮体構造の仮設式波除堤を提案す る.この仮設式波除堤は、常時は陸地に近い場所に係留しておき、作業時に施工区域の沖側などに配置・係留 し、堤体内部に所定の海水を注水することで、予測以上の波浪が来襲した場合でも作業区域内の静穏度を一定 の範囲内に保つことを目指したものである.本稿では、仮設式波除堤の波高低減効果とそれに与える波除堤内 部の注水量の影響を、流体・構造連成解析が可能な数値計算モデルFS3M(中村ら、2015)により検討する.

2. 仮設式波除堤と計算条件:図-1 に計算領域の概略図を 示す.本稿では、図-1に示すように、静水深 30.0 m の水域 に, 高さ 20.0 m, 幅 B, 堤体内部の貯水部の高さ 7.0 mの H型の仮設式波除堤を配置した状況を対象に、現地スケー ルの断面2次元計算を行った.波除堤を構成する鋼材の厚 さは 0.1 m, 密度は 7.85×10³ kg/m³を想定したものの, 波除 堤周辺の計算格子を 0.1 m 角の等間隔格子としたことから, 鋼材の厚さを4格子分の0.4mとし、その代わりに鋼材の 密度を 1/4 倍の 1.96×10³ kg/m³とした.また, 簡単のために, 波除堤の係留は行わなかった.表-1に計算条件を示す.入

射波は波高 $H_i = 0.8 \text{ m}$ の規則波とし、周期 $T \ge 3$ 種類、波除堤の幅 $B \ge 4$ 種 類,波除堤内部の注水深 hin を 3 種類変化させ,計 36 ケースの計算を行った. ここで, 波除堤内部の水塊が1次モードでスロッシングするときに影響が最 も大きく現れると考え、スロッシングの周期が入射波の周期 T と一致するよ うに分散関係式から hin を求めた. なお, 浮体の動揺に対する FS3M の妥当性 は中村ら(2015)により確認されている.また、入射波の2波長分以上の減 衰領域を設け、境界条件に Sommerfeld 放射条件を用いることで、波除堤未設 置時に安定した入射波高H_iの波が造波できることを確認している.

3. 計算結果および考察: 図-2 に波高Hの空間分布を示す. ここで, Hはt/T = 6~9(t:時刻)の3波平均値であり、波除堤が動揺する範囲の値は除外し

た. 図-2 より, T, B, h_{in}の条件によらず, 波除堤の沖側には重複波が形成されていることが分かる. 一方, 波除堤の岸側では、波除堤のすぐ岸側を除いて、Hの分布は概ね一様となっている.また、図-2(a)から(c)に示 した $B \leq 10 \text{ m}$ のとき, h_{in} の条件によらず, T = 12 s の場合は, H は入射波高 H_i と同程度の約 0.8 m となってい るものの, T = 8, 10 s の場合には, Hは H_i より若干小さく抑えられており, 波除堤の効果が認められる. 図

キーワード	海上工事,	仮設式波除堤,	浮体構造物,	数值解析		
連絡先	〒663-8142	兵庫県西宮市	鳴尾浜 1-25-1	東洋建設株式会社	鳴尾研究所	Tel: 0798-43-5902



表-1 計算条件					
周期 T	幅 <i>B</i>	注水深 h _{in}			
8.0 s,		0.113 m,			
10.0 s,	5.0 m	0.072 m,			
12.0 s		0.050 m			
8.0 s,		0.288 m,			
10.0 s,	7.5 m	0.184 m,			
12.0 s		0.127 m			
8.0 s,		0.546 m,			
10.0 s,	10.0 m	0.347 m,			
12.0 s		0.240 m			
8.0 s,		1.322 m,			
10.0 s,	15.0 m	0.832 m,			
12.0 s		0.574 m			



-2(d)に示した B = 15 m のとき、T = 12 s の場合は、上述した $B \le 10 \text{ m}$ のときと同様に H は H_i と同程度となっている. 一方、T = 8、10 s の場合には、 h_{in} の影響が確認できる. 具体的には、T = 8 s の場合は、 $h_{in} = 0.574 \text{ m}$ のときに H が最も大きく低減できている. また、T = 10 s の場合には、 h_{in} の増加とともに H の低減が若干大きくなる傾向があり、 $h_{in} = 1.322 \text{ m}$ のときに H が最も大きく低減できている. その結果、x = 50 mの位置で Hは H_i の半分程度に抑えられている. ただし、波除堤内部の水塊が 1 次モードでスロッシングするのは、T = 8 sの場合は $h_{in} = 1.322 \text{ m}$, T = 10 sの場合は $h_{in} = 0.832 \text{ m}$ のときであり、H が最も大きく低減できたときの上記の h_{in} とは異なることから、本稿の範囲では、Hの低減に与えるスロッシングの影響は小さいと言える.

続いて、波除堤岸側での H が最も大きく低減できた B = 15 m における波除堤の重心位置の Sway Δx , Heave Δz , Roll $\Delta \alpha$ の時間変化を図-3 に示す. 同図より, Heave の振幅は T = 10 s のときに最も大きくなっている. 波除堤の幅 B = 15 m のとき, Heave の固有周期は 9.5~9.7 s となることを確認しており, T = 10 s に近かったことから Heave の振幅が大きくなったと考えられる. また, Heave の固有周期は h_{in} の増加とともに若干長くなることも確認している. そのため、 h_{in} の増加とともに Heave の固有周期が T = 10 s に近づくことから, Heave の振幅も若干増加する傾向があることを確認している. 一方, Roll に与える h_{in} の影響は Sway や Heave と比較して大きく、 h_{in} の増加とともに Roll の振幅が小さくなったり周期が長くなったりする傾向が確認できる.

4. おわりに:本稿では,作業区域内の静穏度を一定の範囲内に保つことを目的とした浮体構造の仮設式波除堤の波高低減効果を数値計算により検討した.その結果,仮設式波除堤は入射波周期*T*=8,10 sのときに波高を低減させる効果を有し,その効果は波除堤の幅*B*が大きいときに高くなること,また入射波周期*T*が Heaveの固有周期に近いときに Heaveの振幅が大きくなることが判明した.ただし,波除堤の変位と波高の低減効果との関係は明確ではないことから,今後も引き続き検討を行っていく所存である.

参考文献:中村友昭,山本勘太,水谷法美,小竹康夫(2015):上部斜面堤ケーソンの規則波下における動揺 特性に関する研究,土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp. I_1039-I_1044.