重力式係船岸増深のための基礎構造に関する研究（その２）ー係船岸増深の設計方法ー

日本埋立浚渫協会　正会員　○加藤　繁幸　正会員　田中　良典
日本埋立浚渫協会　正会員　木村　光俊
港湾空港技術研究所　正会員　渡部　要一　非会員　水谷　崇亮

１．はじめに

港湾空港技術研究所と日本埋立浚渫協会は平成 22 年から重力式係船岸増深のための基礎構造に関する研究を行っている．既設重力式係船岸の捨石マウンドの一部を固化・掘削することで増深化する工法の開発であり，これまで注入固化した捨石マウンドの力学・変形特性や改良効果に関する研究成果が得られている[1)]．一方で，このような増深工法に関する設計手法は確立されたものがなく，捨石マウンドをどの程度注入固化すれば増深可能かは不明である．そこで本報（その 2）では，注入固化した捨石マウンドに要求される性能を把握するため，モデル断面を設定し，試設計を実施した．

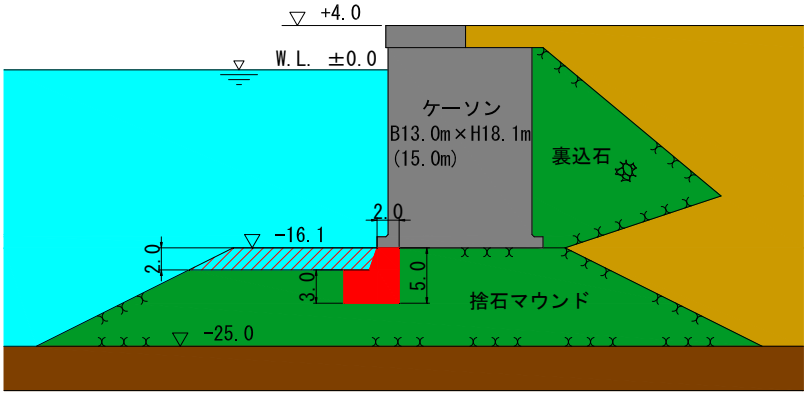

図-1 増深モデル断面

２．モデル断面の設定

試設計に用いたモデル断面を図-1 に示す．ケーソンはフーチング含め幅 15.0m，高さ 18.1m と重力式係船岸としては最大級の断面をモデルとした．このケーソン前趾のマウンドに注入固化することにより，設計水深-16.1m から 2m 増深するものとした．表-1 には「港湾の施設の技術上の基準・同解説」[2)]に準拠して求められたケーソンの底面反力を示す．

表-1 ケーソン底面反力

	常　時		地震時 (k_h=0.15)	
	上載荷重無	上載荷重有 (w=20kN/m^2)	上載荷重無	上載荷重有 (w=10kN/m^2)
地盤反力分布	台形	台形	三角形	三角形
p_1(kN/m^2)	299	315	599	617
p_2(kN/m^2)	137	158	0	0
b (m)	15.0	15.0	11.2	11.3
H (kN/m)	690	690	1842	1863

３．改良体の安定計算

改良体は剛体として挙動するものとして安定計算を実施した．図-2 に示す安定照査モデルを設定し，ケーソンの底面反力は，改良体上（図-2 赤色部分）は改良体の上載荷重として扱い、その他（図-2 青色部分）は改良体背面に作用する主働土圧の上載荷重として作用させている．改良体前面の捨石マウンドの受働土圧も期待できると考えられるが，振動台実験の結果[1)]では改良体前面のマウンドの崩壊が見られたものもあったため考慮しないものとしている．改良幅を変化させた地震時上載荷重有のケースについて安定計算結果（滑動・転倒・端趾圧）を図-3 に示す．滑動については改良幅を増していっても安全率がほとんど変わらない結果となった．これは外力としてケーソン底面反

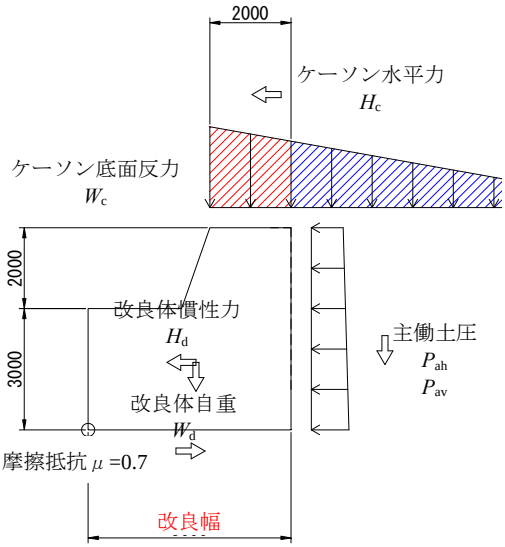

図-2 安定照査モデル

キーワード　捨石マウンド，固化改良，増深，安定計算，設計方法
連絡先　〒107-0052　東京都港区赤坂３丁目３番５号（国際山王ビル８階）（社）日本埋立浚渫協会　TEL03-5549-7468

力 W_c および主働土圧 P_{ah} が支配的であり，改良体重量 W_d の摩擦抵抗への影響が小さいためである．転倒に関しては，改良幅を増すにしたがって安全率が上昇していき，端趾圧は下がる．本検討では，端趾圧が後述する最大主応力以下となる改良幅 5.0m が最も適切な幅であると考えられる．

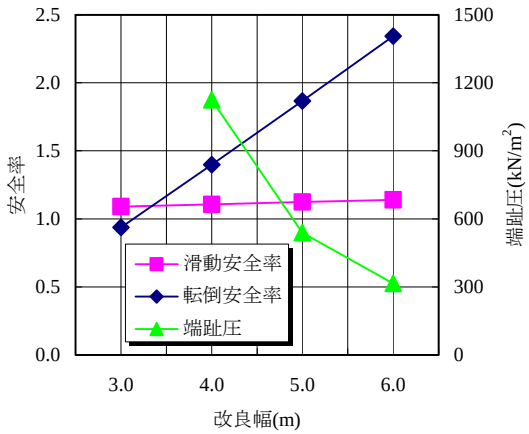

図-3 安定照査結果
（地震時上載荷重有ケース）

４．改良体の必要強度検討

ケーソン直下の捨石マウンドを改良することにより，捨石マウンドの剛性は改良部分・未改良部分とで異なってくる．その剛性差により改良部分に応力の集中が生じることが想定されるため，簡便な線型弾性解析を用いて改良体に生ずる内部応力の検討を実施した．モデルを図−4 に示す．ケーソンを剛な梁要素としてモデル化し，ケーソン底面反力をその梁要素上に作用させている．改良体の弾性係数はセメント系地盤改良工法である深層混合処理工法と同様の $E=500q_u$ [3]とし，捨石マウンドの弾性係数は参考文献 [4]の下限値に近い値である $E=3500kN/m^2$ を用いた．境界条件は側面：鉛直ローラー，底面：固定としている．最も設計基準強度が大きくなる常時上載荷重有のケースについての最大主応力図を図-5 に示す．主応力の最大値は $\sigma_{max}=803\ kN/m^2$ となり，表-1 に示した常時上載荷重有の底面反力 315 kN/m^2 と比較して約 2.5 倍の値となり，改良体部分に応力集中が生じる結果となった．この応力集中により，ケーソン底版に生じる応力も変化すると考えられ，今後検討が必要である．

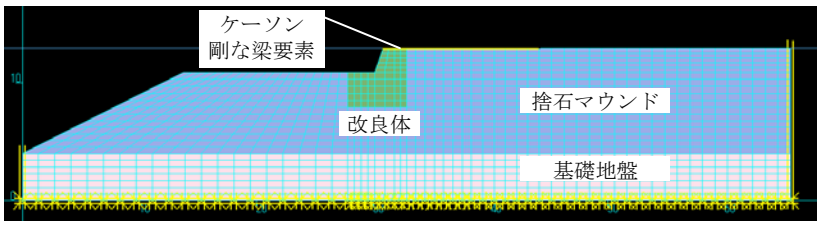

図-4 線型弾性解析モデル図

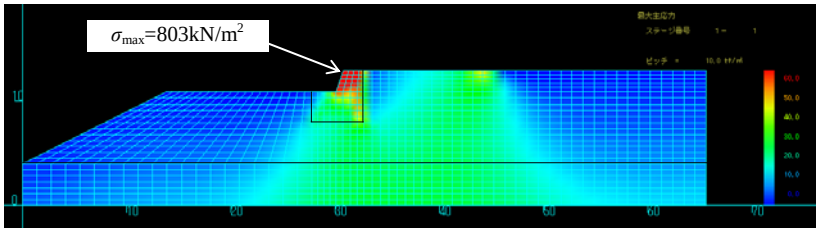

図-5 最大主応力図（常時上載荷重有ケース）

改良体の設計基準強度 q_{uck} は解析により得られた最大主応力に安全率を乗じて設定をする．ここでは深層混合処理工法と同様の安全率（常時 3.0，地震時 2.0）[3]を採用することとした．よって q_{uck} = 803.kN/m^2×3.0 = 2.41MPa 以上必要となる．

５．まとめ

捨石マウンドの一部を注入固化して増深したモデル断面に対する改良体の試設計を実施し，必要改良範囲及び必要設計基準強度といった改良体に求められる性能の検討を行った．今後、この性能を満足する注入材料の選定および施工方法の検討を進めていく計画である．また，別途実施している遠心模型振動実験に対する数値解析を実施し，動的挙動の把握及び数値解析による再現性の確認を進める予定である．さらに，実施工時の改良部の強度のバラツキ・出来形を考慮した改良強度設定及び改良範囲の設定方法についても検討を進めていきたいと考えている．

参考文献

1） 水谷・菊池・平井・米山：捨石マウンドの改良により増深した重力式岸壁の振動台実験，第 46 回地盤工学会研究発表会発表講演集，pp.1389-1390，2011.

2） 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1999.

3） 沿岸開発技術研究センター：海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル，1999.

4） 水上，小林：マウンド用捨石材の大型三軸試験による強度特性，港湾技研資料 No.699，1991.