上部斜面堤ケーソンの動揺特性 に関する3次元数値解析

中村 友昭¹・山本 勘太²・趙 容桓³・水谷 法美⁴・小竹 康夫⁵

¹ 正会員 名古屋大学准教授 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)
E-mail: tnakamura@nagoya-u.jp

² 正会員 和歌山県海草振興局建設部 (〒640-8287 和歌山市築港1丁目14-2)

³ 正会員 名古屋大学助教 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)
E-mail: yhcho@civil.nagoya-u.ac.jp

⁴ フェロー会員 名古屋大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)
E-mail: mizutani@civil.nagoya-u.ac.jp

⁵ 正会員 東洋建設株式会社土木事業本部総合技術研究所鳴尾研究所
(〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜1-25-1)
E-mail: kotake-yasuo@toyo-const.co.jp

据付時に浮遊状態にある上部斜面堤ケーソンの3次元動的な動揺特性を数値解析により考究した。その結果、計算負荷の軽減のためにバラスト水を剛体として取り扱ったとしても、本研究の条件の範囲では、新設函の動揺の振幅に与える影響は小さいことが判明した。この取り扱いの下で水理実験との比較を行い、数値解析で得られた新設函の動揺の振幅は係留時のYawを除いて水理実験結果と概ね一致しており、数値解析の再現性を確認した。Rollが極小値をとった直後にPitchやHeaveが負となることで新設函の底面の沖側かつ既設函側の隅角部が沈み込み、マウンドとの接触可能性が生じることを確認し、Pitchの評価が行える3次元解析の重要性を示した。新設函の動揺の全振幅が比較的大きい相対堤体幅が小さい条件では、係留索の設置により全振幅を低減させられることが判明した。

Key Words : *sloping-top caisson, installation work, ballast water, mooring, numerical analysis*

1. 緒言

据付時に浮遊状態にあるケーソンは、波浪条件によっては大きく動揺し、据付作業に支障をきたす。現在までに、石見ら¹⁾、堀沢ら²⁾、米山³⁾などにより主に矩形断面のケーソンを対象とした研究が行われてきたものの、形状が複雑な上部斜面堤ケーソンを対象とした研究は限られている。そこで、中村ら⁴⁾は上部斜面堤ケーソンを対象とした研究を水理実験と数値解析により行っているものの、既設函の存在や既設函からの係留の考慮が困難な断面2次元の検討に留まっている。これを受けて中村ら⁵⁾は3次元の水理実験を実施しているものの、水槽側壁の影響が懸念される水理実験による検討のため、上部斜面堤ケーソンの動揺特性についての知見は必ずしも十分ではない。

本研究では、ケーソンの据付作業の安全性をより一層向上させるための方策を検討する試みの一環として、中村ら⁴⁾⁵⁾に引き続いて既設函の近くまで曳航してきた状態の上部斜面堤ケーソンを取り扱い、その3次元動的な動揺特性を流体・構造連成解析が可能な数値計算モデルFS3M⁶⁾を用いた数値解析により考究する。ただし、3次元

解析は計算負荷が高いため、まず断面2次元解析を行い、計算負荷を低く抑えられる適切なモデル化を決定する。次に、FS3Mを中村ら⁵⁾による3次元の水理実験に適用し、既設函からの係留を行う前を想定した未係留時とワイヤにより既設函に引き寄せた係留時を対象に、水理実験結果との比較により再現性を検証する。最後に、再現計算において側壁の境界条件を開境界とした数値実験を行い、ケーソンの動揺特性と係留索の効果を検討する。

図-1に本研究におけるケーソンの動揺6成分の定義を示す。断面2次元解析において、波進行方向をx軸、鉛直上向きをz軸とし、波進行方向の並進運動をSway、回転運動をRollと定義したのに合わせて、本研究では3次元解析でも、波進行方向をx軸、鉛直上向きをz軸とし、波進行方向の並進運動をSwayとしたため、図-1に示すように通常とは異なった定義となっていることに注意されたい。

2. モデル化の検討

中村ら⁴⁾による断面2次元の水理実験(縮尺1/40)をモデ

図-1 新設函の動揺6成分の定義

図-2 計算領域の概略図(断面2次元)

図-3 水位変動とケーソンの動揺の時間変化($T = 1.58$ s)

ル化した図-2に示す計算領域を用いた。同図に示すように、中央粒径8.9 mmのマウンドを設定し、静水深0.395 mの条件の下で、マウンド天端とのクリアランスが12.5 mm(現地スケール0.5 m)となるように注水したアクリル板(密度 $1,200 \text{ kg/m}^3$)と鉄板(密度 $7,850 \text{ kg/m}^3$)からなるケーソン(幅 $B_c = 306.0 \text{ mm}$ 、高さ 367.5 mm)を浮かべた。そして、ケーソン未設置時におけるケーソン法線位置($x = 0$)での波高 H が15 mmの規則波(周期 $T = 0.79, 1.58 \text{ s}$)を作させた。このとき、バラスト水(図-2の水色部分)のモデル化の違いがケーソンの動揺に与える影響を検討するために、中村ら⁴⁾と同様にバラスト水を流体として取り扱ったCase 1と、流体運動が生じないようにバラスト水を水と同じ密度の剛体構造物として取り扱ったCase 2の2パターンの計算を行った。また、ケーソンの側壁や隔壁に対して大きな計算格子を用いた場合には、側壁や隔壁を水が通り抜ける可能性があることから、堤体周辺($-0.25 \leq x \leq 0.24 \text{ m}$)の x 軸方向の格子幅は、Case 1では隔壁の厚さ10 mmの1/4の2.5 mm、Case 2では側壁の厚さ16 mmの約1/3の5 mmとした。また、 z 軸方向の格子幅は、ケーソン下部の12.5 mmのクリアランスを解像するため、マウンド天端より上側($z \geq -0.2875 \text{ m}$)に対して両ケースとも5 mmとした。さらに、FS3Mでは、流体・構造連成解析を行うために、可動構造物を各計算格子での体積率 F_{ob} で表す体積力型IB法が使われており、また F_{ob} の値を計算する際に格子を各軸方向に N_{sub} 個に分割して精度を高めている。そこで、Case 1ではデフォルト値の $N_{sub} = 3$ 、Case 2では計算負荷のさらなる軽減のために $N_{sub} = 2$ とした。流速と圧力の境界条件として、沖側は造波境界とし、底面にSlip条件を、岸側境界にSommerfeld放射条件を課した。マウンドやケーソンの諸元の詳細は中村ら⁴⁾を参照されたい。

W3の位置(図-2参照)での水位変動を η 、ケーソンの重心位置でのSway, Heave, Rollをそれぞれ Δx , Δz , $\Delta \beta$ としたとき、図-3に η/H , $\Delta x/H$, $\Delta z/H$, $\Delta \beta B_c/2H$ の時間変化を例示する。ここで、 t は時刻である。図-3より、 η/H ,

図-4 計算領域の概略図(3次元): (a) 計算領域全体(新設函の位置は未係留時)、(b) 係留ワイヤ

$\Delta x/H$, $\Delta \beta B_c/2H$ についてはCase 1とCase 2で顕著な差は認められないものの、 $\Delta z/H$ には若干の差が生じていることが分かる。上述したように、FS3Mでは可動構造物を F_{ob} で表しており、その F_{ob} の分布は剛体の運動方程式から計算された変位に基づいて更新されている。一方、各計算格子の流体率を表すVOF関数 F の移流量はMARSにより計算されている。以上のような F_{ob} と F の計算方法の差から、ケーソンの表面近傍において F_{ob} の変化と F の変化が若干異なり、その影響を受けて今回のCase 1の場合はバラスト水の水量が若干減少したと推測される。そのため、Case 1では、解析的に求めたバラスト水の水量よりも若干多めに注水することで所定のクリアランスになるように調整したものの、Case 2では、この若干多めのバラスト

図-5 未係留時の水位変動および新設函の動揺の比較($T=0.79$ s) 図-6 係留時の水位変動, 新設函の動揺, 張力の比較($T=0.79$ s)

水を剛体構造物として取り扱ったために、上述したような差が生じたと考えられる。ただし、その差が振幅に与える影響は小さいことが分かる。同様の傾向は $T=0.79$ sの結果からも確認できたことから、以下の3次元解析の設定は計算負荷の低いCase 2の条件を参考に決定した。

3. 水理実験の再現計算

(1) 計算条件

中村ら⁹⁾による3次元の水理実験(縮尺1/40)をモデル化した図-4に示す計算領域を用いた。図-4(a)に示すように、マウンド(中央粒径8.9 mm)と既設ケーソン(高さ0.4175 m)を設定した。ここで、マウンドの設定は、既設函が作用波により動揺するのを避けるため、既設函の下部にはマウンドを設置せず、造波水槽に固定していた水理実験⁵⁾の条件に合わせた。そして、静水深0.387 mの条件の下で、マウンド天端とのクリアランスが4.5 mm(現地スケール0.18 m)となるように注水した新設ケーソンを浮かべた。このとき、未係留時には、既設函から0.1 m離して浮かべた。一方、係留時には、中村ら⁷⁾を参考に既設函から後述するy軸方向の格子幅の3/4に相当する7.5 mm離して浮かべ、それに合わせて新設函との接触判定を行う面も既設函から7.5 mm離して設定した。ここで、既設函と新設函の摩擦係数は簡単のために0.0とした。また、既設函および新設函の天端上に図-4(b)に示す4本のワイ

ヤ(直径3 mm)を設定した。ここで、ワイヤの初期張力は、水理実験での実測値を参考に、引き寄せワイヤ(#1, #2)は3.4 N、振れ止めワイヤ(#3, #4)は1.3 Nとした。また、ワイヤのヤング率は、水理実験で未測定のため、中村ら⁴⁾に倣って120 MPaとした。そして、マウンド、既設函、新設函未設置時のW10(図-4(a)参照)の位置での波高 H が15 mmの規則波(周期 $T=0.79, 1.58$ s)を作用させた。マウンド、既設函、新設函の諸元は中村ら⁵⁾を参照されたい。

バラスト水のモデル化、x軸方向の格子幅、格子の分割数 N_{sub} は、計算負荷の低いCase 2と同じ設定とした。y軸方向の格子幅は、堤体周辺($-0.83 \leq y \leq 0.02$ m)に対して10 mmとした。z軸方向の格子幅は、ケーソン下部のクリアランスが4.5 mmと狭くなったため、クリアランス周辺($-0.322 \leq z \leq -0.31$ m)に対して2 mmとした。また、計算負荷のさらなる軽減のために、図-4(a)に示したように、防波堤の沖側および岸側の領域と既設函と反対側の領域をできる限り狭くした。そのため、造波は造波ソースにより行い、沖側の境界にもSommerfeld放射条件を課した。また、既設函と反対側の境界は勾配ゼロの条件とした。

(2) 数値計算モデルFS3Mの再現性

未係留時について、W2およびW10(図-4(a)参照)での水位変動 η と新設函のSway Δx^{P2} , Surge Δy^{P2} , Heave Δz^{P2} , Pitch $\Delta \alpha$, Roll $\Delta \beta$, Yaw $\Delta \gamma$ の時間変化を図-5に例示する。ここで、 Δx^{P2} , Δy^{P2} , Δz^{P2} は水理実験における動画解析用の追尾点の一つであるP2(図-4(a)参照)での値である。

図-7 新設函の重心位置での変位の全振幅と相対堤体幅の関係

水位変動 η に着目すると、堤防沖側のW2では水理実験結果と数値計算結果で良い一致が認められるものの、堤防岸側のW10では振幅を若干過大評価しており、位相にも差が見られることが分かる。新設函の動揺に着目すると、位相は数値計算結果の方が全体的に1/4周期程度早くなっている。この原因を特定するには到っていないものの、この影響を受けて上述したようにW10での η の位相にも差が生じたと考えられる。また、水理実験では $\Delta\gamma^{P2}$ は減少、Yaw $\Delta\gamma$ は増加、数値計算では逆に $\Delta\gamma^{P2}$ は増加、Yaw $\Delta\gamma$ は減少する傾向が認められ、水理実験での新設函の初期位置のわずかな違いの影響を受けたためと推測される。ただし、動揺の振幅や動揺6成分間の位相の関係は、水理実験結果と数値計算結果で概ね一致している。図示しないが、同様の傾向は $T=1.58$ sの結果からも確認している。

続いて、水理実験での測定値があるワイヤ#1と#3 (図-4(b)参照) の張力を F_T としたとき、係留時の η , Δx^{P2} , Δy^{P2} , Δz^{P2} , $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$, F_T の時間変化を図-6に例示する。

水位変動 η に着目すると、未係留時と同様に、堤防沖側のW2では水理実験結果を概ね再現できているものの、堤防岸側のW10では位相に差が生じていることが分かる。新設函の回転3成分に着目すると、Pitch $\Delta\alpha$ やRoll $\Delta\beta$ は水理実験と数値計算で概ね一致している。一方、未係留時にはYaw $\Delta\gamma$ の振幅は上述したように水理実験結果と概ね一致していた (図-5参照) もの、係留時にはYaw $\Delta\gamma$ の振幅も異なっており、水理実験結果を大幅に過小評価している。ここで、既設函側のP2での Δx^{P2} は図-6に示すように大幅に過大評価している一方で、図示しないが、既設函と反対側のP3 (図-4(a)参照) でのSwayは概ね一致していることを確認している。このことから考えると、水理実験では新設函が既設函側の沖側あるいは岸側の辺を中心に z 軸回りの回転運動をしながら動揺している一方で、数値計算では新設函が既設函に沿って並進運動しながら動揺していると推測され、この差は数値計算での接触の取り扱いに起因していると考えられる。また、この差のために、張力 F_T の変化にも差が生じていることが分かる。

ただし、Yaw $\Delta\gamma$ や Δx^{P2} を除いて、動揺の振幅は水理実験結果と数値計算結果で概ね一致していることから、以下では動揺の振幅に着目して検討を進める。

4. ケーソンの動揺特性

(1) 計算条件

本章では、図-4に示した計算領域を若干修正して利用した。具体的には、中村ら⁵⁾による水理実験の都合上、既設函とマウンドのクリアランスが4.5 mmとなっていたため、ここでは第2章と同様に12.5 mm (現地スケール0.5 m) とした。それに合わせて、静水深を0.387 mから0.395 mに深くするとともに、 z 軸方向の格子幅をマウンド天端より上側($z \geq -0.33$ m)に対して5 mmとした。また、既設函の天端が浮遊している新設函の天端と一致するように、既設函の高さを0.4175 mから0.445 mに変更した。さらに、水理実験における既設函側の側壁の影響を避けるため、既設函側の境界条件を勾配ゼロに変更した。それに伴い、計算負荷のさらなる低減のために、既設函の長さを0.68 mから0.42 mに短くした。ワイヤの諸元は、中村ら⁴⁾による実スケールの検討を参考に、直径を0.7 mm、ヤング率を250 MPa、初期張力は0.5 Nとした。そして、入射波高 $H=15, 25$ mm, 入射波周期 $T=0.79, 1.03, 1.34, 1.58$ sの8パターンの規則波を作用させた。

(2) 新設ケーソン重心の変位の全振幅

新設函の重心位置でのSway, Surge, Heave, Pitch, Roll, Yawの全振幅の3周期平均値をそれぞれ Dx , Dy , Dz , $D\alpha$, $D\beta$, $D\gamma$ としたとき、それらの無次元量と相対堤体幅 B_c/L の関係を図-7に示す。ここで、 B_c と L は新設函の幅(306.0 mm)と長さ(680.0 mm)を、 L は入射波の波長を表す。なお、Yaw $D\gamma$ は参考のために示した。

図-7より、 B_c/L が等しい条件のとき、係留索の有無によらず、並進3成分の中ではSwayの全振幅が最も大きく

図-8 未係留時の新設函の動揺の時間変化($T=1.34$ s, $H=15$ mm)

図-9 未係留時の新設函底面隅角部の鉛直変位 Δz_b の時間変化($T=1.34$ s, $H=15$ mm)

なっており、既往の研究¹⁾²⁾⁵⁾との傾向の一致が確認できる。一方、回転3成分の中では、係留索の有無によらず、Rollの全振幅が最も大きくなっている。また、未係留時のSway, Heave, Roll, 係留時のHeaveについては、 B_c/L の減少に伴って全振幅が単調に増加する傾向を示しているものの、これと同様の傾向は他の成分からは確認できない。このうち、未係留時のSway, 係留時のSurge, Roll, Pitchについては、3次元の水理実験⁹⁾と傾向が異なっており、新設函下部のクリアランスや側壁の取り扱いが異なっていることが原因と推測される。

未係留時と係留時を比較すると、図-7より、断面2次元による検討では現れないSurgeとPitchについては、係留することで全振幅が小さくなっていることが分かる。これは、新設函が係留索により既設函側に引き寄せられ、動揺が拘束された状態となっていたためと考えられる。また、全振幅が比較的小さい B_c/L が大きい条件では、係留索の有無による顕著な差は認められない。その一方で、 B_c/L が小さい条件では、後述する $B_c/L=0.14$ のSwayを除いて、係留することで動揺6成分すべての全振幅が減少しており、係留索の設置の効果が確認できる。

(3) 新設ケーソンとマウンドの接触可能性

新設函の重心位置でのSway, Surge, Heave, Pitch, Roll, Yawをそれぞれ Δx , Δy , Δz , $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$ としたとき、未係留時における $\Delta x/H$, $\Delta y/H$, $\Delta z/H$, $\Delta\alpha L_c/2H$, $\Delta\beta B_c/2H$, $\Delta\gamma L_c/2H$ の時間変化を図-8に例示する。また、マウンドとの接触が懸念される新設函の底面の隅角部4点における鉛直変位 Δz_b の時間変化を図-9に示す。ここで、Sは沖側、Lは岸側、Cは既設函側、Oは既設函と反対側を表す。また、マウンドの天端($\Delta z_b = -1.25$ cm)も示した。

図-9より、S-O, L-C, L-Oの3点と比較してS-Cでの沈み込みが大きく、 Δz_b が -1.25 cmを下回っていることが分か

図-10 係留時の新設函の動揺および張力の時間変化($T=1.34$ s, $H=15$ mm)

図-11 係留時の新設函底面隅角部の鉛直変位 Δz_b の時間変化($T=1.34$ s, $H=15$ mm)

表-1 新設函底面隅角部のマウンドとの接触可能性 (未係留時 / 係留時)

T [s]	H [mm]	S-C	S-O	L-C	L-O
0.79	15	- / -	- / -	- / -	- / -
1.03	15	- / -	- / -	- / -	- / -
1.34	15	○ / -	- / -	- / -	- / -
1.58	15	- / -	- / -	- / -	- / -
0.79	25	- / -	- / -	- / -	- / -
1.03	25	- / -	- / -	- / -	- / -
1.34	25	○ / ○	○ / ○	○ / ○	○ / ○
1.58	25	○ / -	- / -	○ / ○	○ / ○

S : 沖側, L : 岸側, C : 既設函側, O : 既設函と反対側

る。S-Cの鉛直変位 Δz_b が極小となる $t/T=2.0$ のとき、図-8に示すように、Rollが極小値をとった直後であり、さらにこのときPitchやHeaveが負となっていることが分かる。この影響を受けて、S-Cでの沈み込みが最も大きくなり、 Δz_b が -1.25 cmを下回ったと考えられる。また、以上のように、 Δz_b の変化はRollやHeaveだけではなくPitchの影響も受けることが確認されたことから、Pitchの評価が行える3次元解析の重要性が示唆される。

一方、図-8や9と同じ波条件に対して、係留時における $\Delta x/H$, $\Delta y/H$, $\Delta z/H$, $\Delta\alpha L_c/2H$, $\Delta\beta B_c/2H$, $\Delta\gamma L_c/2H$, $8F_T/\rho g H B_c^2$ と Δz_b の時間変化を図-10と11に示す。ここで、 F_T は張力、 ρ は水の密度、 g は重力加速度である。

図-11より、図-9に示した未係留時と異なり、 Δz_b が -1.25 cmを下回る現象は見られないことが分かる。これは、図-10に示すように、未係留時と比較してRollの振幅が小さくなっており、さらに既設函と接触している影響を受けてPitchの変動がほとんど生じていないためと考えられる。なお、図-10に示したSwayの変化より、新設函が岸側に漂流する現象が確認できる。そのため、Swayの全振幅 Dx が大きくなったことから、前述したように、係留した

としても $B_c/L = 0.14$ のときには D_x/H が減少しなかったと考えられる。また、このように新設函が岸側に漂流した影響を受けて、それに抵抗する振れ止めワイヤ#4の $8F_T/\rho gHB_c^2$ の変化が他のワイヤと比べて卓越して大きくなっていることも確認できる。

そこで、ここでは上記のように A_{max} が -1.25 cmを下回ったとき、マウンドとの接触可能性があると定義する。その判定結果を表-1に示す。ここで、/より前が未係留時、/より後が係留時の判定結果であり、○は接触可能性ありを、－は接触可能性なしを表す。

表-1より、岸側の2点(L-C, L-O)でも接触可能性ありと判定されているケースがあることが分かる。そのうち未係留時の $T=1.58$ s, $H=25$ mmのケースでは、図示しないが、図-9に示したケースと同様にRollが極小値をとった直後にPitchが負となっているものの、それに対するHeaveの位相は周期 T の影響を受け、Rollが極大値をとった直後にHeaveが負となっていた。そのため、上述したように、岸側の2点でも接触可能性ありと判定されたと考えられる。

また、 $T=1.34$ s, $H=15$ mmと $T=1.58$ s, $H=25$ mmのケースについては、係留することでS-Cの点のマウンドへの接触を防止できており、マウンドとの接触可能性の観点からも係留索の設置の効果が確認できる。ただし、 $T=1.34$ s, $H=25$ mmのケースや、 $T=1.58$ s, $H=25$ mmのケースの岸側の2点(L-C, L-O)では、係留索設置後も接触可能性ありと判定されていることから、新設函の動揺のさらなる低減が不可欠であると言える。

5. 結論

本研究では、据付時に浮遊状態にある上部斜面堤ケーソンの規則波下における3次元的な動揺特性を数値計算モデルFS3M[®]による数値解析により考究した。その結果、得られた主要な結論を以下にまとめる。

1. 水理実験結果との比較より、新設函の動揺の振幅の観点からFS3Mの再現性を確認した。

2. 新設函の動揺6成分の全振幅が比較的大きい相対堤体幅が小さい条件では、係留索を設置することで全振幅が減少する傾向があることが判明した。
3. Rollが極小値をとった直後にPitchやHeaveが負となることで、新設函の底面の沖側かつ既設函側の隅角部が大きく沈み込み、マウンドとの接触可能性が生じることが判明した。このことから、Pitchの評価が行える3次元解析の重要性が示唆された。
4. 新設函とマウンドの接触可能性は、係留索を設置することで低減できる場合があることを示した。

ただし、係留索の条件が限られていたり、作用波が規則波に限られていたり課題を残していることから、今後とも継続して検討を行っていく所存である。

参考文献

- 1) 石見 剛, 白石 悟, 名里健吾: 外洋に面した港湾における防波堤ケーソンの据付時の動揺特性および作業限界条件, 港研資料, No. 850, 29 p., 1996.
- 2) 堀沢真人, 佐藤典之, 大橋裕寿, 赤村重紀, 坂間茂, 吉倉敬治: ケーソン沈設過程の波浪中挙動, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 1001-1005, 1996.
- 3) 米山治男: 動揺シミュレーションによる防波堤ケーソンの据付限界条件に関する検討, 海洋開発論文集, 第19巻, pp. 659-664, 2003.
- 4) 中村友昭, 山本勘太, 水谷法美, 小竹康夫: 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. 1_1039-1_1044, 2015.
- 5) 中村友昭, 伊藤早紀, 山本勘太, 趙 容桓, 水谷法美, 小竹康夫: 3次元波動場における上部斜面堤ケーソンの動揺特性に関する実験的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2, pp. 1_223-1_228, 2016.
- 6) 中村友昭, 水谷法美: 海岸堤防を越流する津波と裏法尻の洗掘に関する数値解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp. 1_516-1_521, 2014.
- 7) 中村友昭, 青山功治, 水谷法美: 遡上津波と胸壁からの反射波によるコンテナの漂流特性と海上への流出対策工の有効性に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68, No. 2, pp. 1_216-1_221, 2012.

(2017.2.2 受付)

THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL ANALYSIS OF DYNAMIC BEHAVIOR OF A SLOPING-TOP CAISSON

Tomoaki NAKAMURA, Kanta YAMAMOTO, Yonghwan CHO,
Norimi MIZUTANI and Yasuo KOTAKE

The three-dimensional (3-D) behavior of a sloping-top caisson floating near a fixed existing caisson was investigated using a 3-D coupled fluid-structure-sediment-seabed interaction model (FS3M). From comparison with hydraulic experiments, the predictive capability of the FS3M was demonstrated in terms of the amplitude of the motion of the caisson except for the yaw. Numerical results showed that the offshore and existing-caisson side of the bottom of the caisson can contact with the mound, suggesting that 3-D analysis capable of assessing the pitch of the caisson is essential.