

Ⅲ-A166 斜底面ケーソン式岸壁の地震時挙動の有効応力解析

港湾技術研究所 正員 菅野 高弘 第三港湾建設局 正員 安部 賢
 ○竹中技術研究所 正員 木村 玄 五洋建設(株) 正員 三籐 正明
 東亜建設工業(株) 正員 井上 博士 東洋建設(株) 正員 山本 芳生
 NKK 正員 関口 宏二

1. はじめに

兵庫県南部地震を契機として耐震性と経済性を両立し得る合理的な構造形式の岸壁の必要性が高まっている。そこで、重力式ケーソンの底面を数度傾斜させ滑動安定性を増し、大きな設計震度でもケーソン幅を小さくできる斜底面ケーソン工法を開発¹⁾した。さらに、大型水中振動台による模型実験を実施し、斜底面ケーソンの有効性を確認^{2),3)}した。ここでは、有効応力に基づく液状化解析法FLIP⁴⁾を用いて水中振動実験に対する検討を行った結果を報告する。

2. 実験概要

実験は、ケーソンの底面を傾斜させる効果の検証を主な目的とした基礎実験²⁾と、実際の条件でケーソンの残留変形量の検証を目的とした実証実験³⁾の2通りを行った。本報では後者の実験を解析の対象とした。

模型縮尺比を1/22とし、水平設計震度0.25で設計した底面傾斜角5度の斜底面ケーソンを用いた(図-1参照)。耐震強化岸壁を想定しているため、裏埋土は過剰間隙水圧があまり上昇しないように十分に締め固めて作成した。神戸のポートアイランドで観測された地震波(GL-32m)を3成分共用い、1G場の相似則に従い時間軸を1/10.2に縮小して入力した。

加振後のケーソン天端の水平残留変位量は実スケール換算で0.257mであった。岸壁の供用の観点から支障ない範囲の変位量であり、斜底面ケーソンの高耐震性を確認できた。

3. 解析方法

解析モデルを図-1に示す。実験断面をそのままモデル化している。なお、図中には海要素の表示は省略してある。表-1に解析に用いた主な定数を示す。ケーソンおよび固化地盤は弾性体とした。基礎マウンドおよび裏込石は透水性が良いため、便宜上ダイラタンシーが発生しないものとした。裏埋土は、過剰間隙水圧があまり上昇しないように試行錯誤的に液状化特性に関するパラメータを決定した。地震波は、モデルが2次元であることから、神戸の観測波のうちNS成分とUD成分を入力した。加速度の最大値は実験土槽底面に取付けた加速度計の最大値に一致するようにし、時間刻みが煩雑になるため時間軸を1/10に縮小して用いた。

尚、Rayleigh減衰は $\beta=0.002$ とした。

基礎マウンドの剛性がケーソンの変形に与える影響が大きいと予想し、基礎マウンドの初期せん断剛性を種々変化させて、実験でのケーソン残留変形に最も良く合う値を求めて用いた。

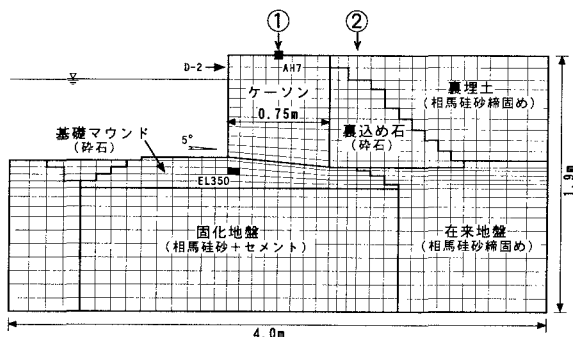


図-1 解析モデル

表-1 解析に用いた主な定数(地震応答解析時)

地盤種別	動的変形特性				液状化特性					
	密度 (t/m ³)	基礎有効拘束圧力 (kPa)	初期せん断弾性係数 (kPa)	内部摩擦角 (deg)	変相角 (deg)	w ₁	p ₁	p ₂	c ₁	S ₁
裏埋土(相馬硅砂締固め)	1.66	9.8	68776	45	35	600	1.0	0.7	1.0	0.005
裏込石(碎石6号)	1.63	98.0	19600	40	-	-	-	-	-	-
基礎マウンド(碎石4号)	1.64	98.0	19600	40	-	-	-	-	-	-

ジョイント要素	法線方向剛性 (kPa)	接線方向剛性 (kPa)	摩擦角 (deg)
ケーソン背面	1.13x10 ⁵	4.23x10 ⁴	31
ケーソン底面	1.54x10 ⁷	5.77x10 ⁵	35

キーワード：斜底面ケーソン、耐震強化岸壁、有効応力解析

〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 TEL 0468-44-5029 FAX 0468-44-0839

〒270-1395 印西市大塚 1-5-1 TEL 0476-47-1700 FAX 0476-47-3080 kimura.takashib@takenaka.co.jp

4. 解析結果

ケーソンの残留変形解析結果を図-2に示す。ケーソン天端での残留変形量は実スケール換算で0.249mとなり、実験を良く再現している。基礎マウンドが変形し、それに伴いケーソンが前傾している。図-3に最大水平加速度の比較を、図-1に示す測線①、②について示す。両測線共に実験値に一致している。

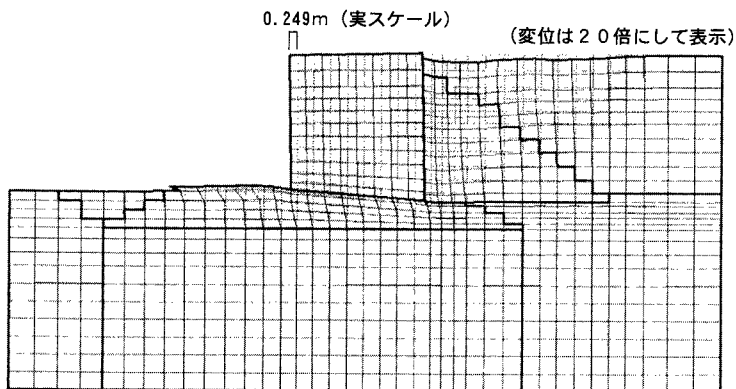
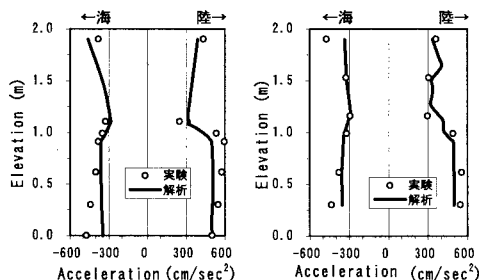


図-2 残留変形

図-4にケーソン天端の水平加速度時刻歴の比較を、図-5にケーソン天端近傍の水平変位時刻歴の比較を示す。動的応答に関しても解析は実験を良く再現しているといえる。時刻歴の後半で実験と解析の位相が若干ずれるが、これは時間軸縮尺の僅かの差異に起因していると思われる。図-5から、ケーソンは最初の数波で大きく変形し、その後は小刻みに振動しながら変位していくことが分かる。図-6に基礎マウンド要素のせん断応力~ひずみ関係を示す。大きなせん断力を受ける度に基礎マウンドのひずみが増加し、ケーソンの変形の主要因になっているものと思われる。



(a) 側線① (b) 側線②

図-3 最大水平加速度分布

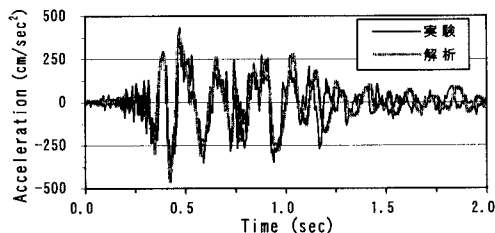


図-4 ケーソン天端(AH7)の水平加速度時刻歴

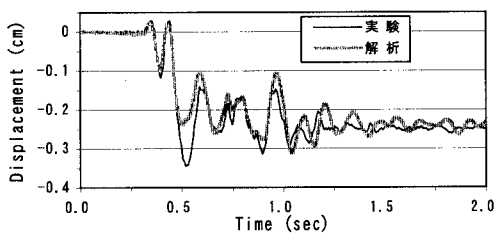


図-5 ケーソン天端近傍(D-2)の水平変位時刻歴

5. まとめ

今回の検討では、振動実験を基に斜底面ケーソンの残留変形を合わせたパラメータの設定としたが、FLIPにより残留変形だけでなく、加速度や水平変位の時刻歴応答についても再現できることが判り、マウンドの変形に伴う変状が支配的な場合のFLIPの適用性を確認した。FLIPの変形照査への適用に際して、実被害による検証によって精度を確認する必要があるが、精度確認に模型振動実験を用いることの可能性が示されたものと考えられる。尚、今回の実験および解析は、官民7者で構成する斜底面ケーソン工法共同研究グループでの研究活動の一部として行われたものである。

(参考文献)

- 1) 岸谷ら：斜底面ケーソン岸壁の設計法と特性について，土木学会第53回年次学術講演会，1998
- 2) 岩上ら：斜底面ケーソン式岸壁の動的安定性に関する模型振動実験について，土木学会第53回年次学術講演会，1998
- 3) 菅野ら：斜底面ケーソン式岸壁の地震時挙動に関する模型振動実験，土木学会第53回年次学術講演会，1998
- 4) Iai, S., Y. Matsunaga and T. Kameoka(1990) : Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56

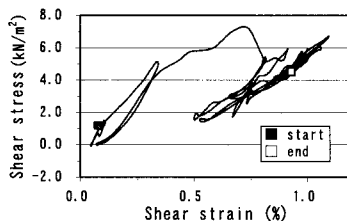


図-6 基礎マウンド(EL350)のせん断応力~ひずみ関係