

ケーソン式岸壁の控え直杭による耐震補強工法の解析的検討

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○ 橋本 淳

鳥取大学大学院 学生員 清水 剛

鳥取大学大学院 学生員 山崎 陽一郎

鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂

港湾空港技術研究所 正会員 菅野 高弘

(株)日本港湾コンサルタント 正会員 石田 誠

1. はじめに

平成7年の兵庫県南部地震により、神戸港の重力式岸壁が大きな被災を被った。このことから、耐震強化岸壁の整備が進められている。既設岸壁の耐震補強工法の一例として、本研究では、地盤改良および控え直杭工法について、有効応力解析法（FLIP）を用いて地震応答解析を行い、その適用可能性を検討した。

2. 対象断面

図1は設計震度0.10で設計された既設ケーソン式岸壁（ケーソン諸元：4.5B×8.5H×10.4L）の標準断面図である。この岸壁を設計震度0.15, 0.20, 0.25に耐震補強する方法として、地盤改良および控え直杭工法を考える。既設断面における解析により、液状化対策の必要性が明らかになったので、図1のケーソン前面地盤と裏埋土のハッチ部分に地盤改良を施す範囲を図示する。

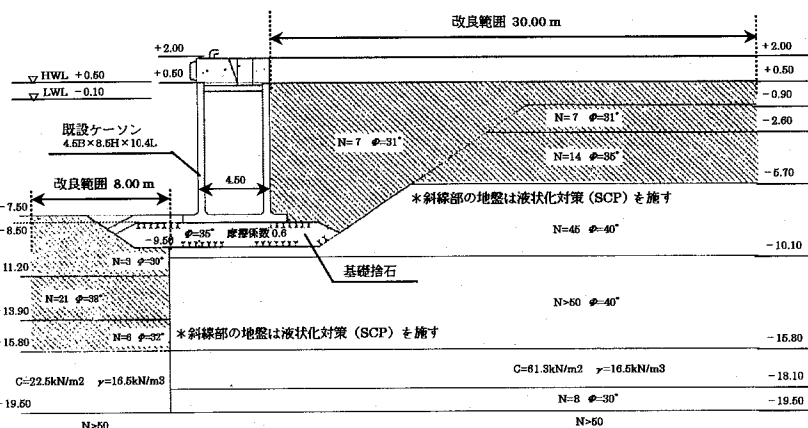


図1：検討対象とするケーソン式岸壁の標準断面図

3. 解析結果

応答解析に用いる地震動は図2に示す兵庫県南部地震の神戸港の観測波から得られたポートアイランド基盤波（補正加速度波形・2E波、GL-83m、NS成分）とし、最大加速度を100, 200, 300, 400, 500, 600galに調節し、解析は以下の手順で行った。

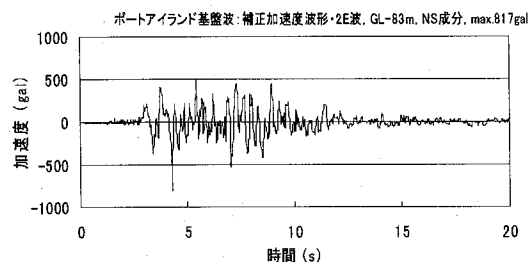


図2：入力加速度波形

まず、既設岸壁に対し、加速度を変えて応答解析を行った。これを case-既設とする。その結果、入力基盤加速度 300gal で図3に示す範囲で液状化がみられた（色が濃くなるほど液状化していることを表わしている）。また、図4のようにケーソンが大きく変位する。この時の地表面加速度は460galで、作用震度に換算すると、 $k_h=0.26$ であるので、何らかの耐震補強が必要と考えられる。

◎ 入力基盤加速度 300gal

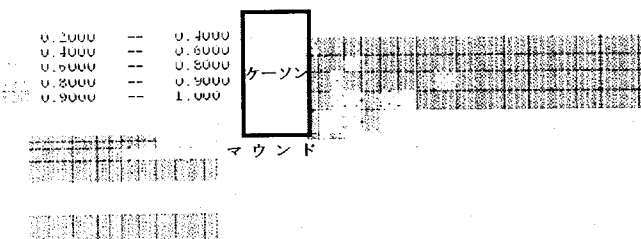


図3：過剰間隙水圧比分布図

◎ 入力基盤加速度 300gal 地表面加速度 460gal (作用震度 0.26)

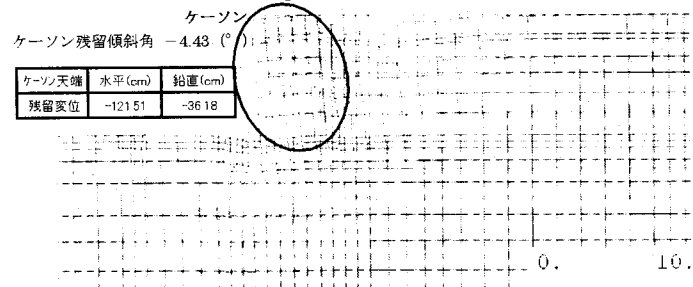


図4：残留変形図 (case-既設)

そこで、図1に示した範囲にSCP工法による液状化対策を施すものとして、応答解析を行った。これをcase-0とする。図5は地盤改良の有無とケーソン海側天端の残留水平変位とを比較して示したものである。地盤改良後においても、入力基盤加速度 400gal 時では、残留変位量が 31.2cm であり、暫定供用の限界(30cm)¹⁾を越える。この時の地表面加速度は 400gal で、作用震度は $k_h=0.25$ と考えられる。

上記のことから、控え直杭工法により、さらに補強をするものとし、設計震度 0.15, 0.20, 0.25 の3通りについて控え直杭の必要断面諸元を求めた。これらをcase-1, 2, 3とした。控え工は図6に示すように、5本のタイプル・鋼管杭で補強するものとする。表1にタイプル・杭の諸元、杭の配置位置・根入長を示す。控え工の設計における土圧は現設計の地盤条件としている。

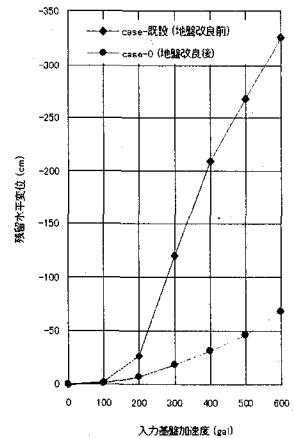


図5：ケーソン海側天端
残留変位（地盤改良有無）

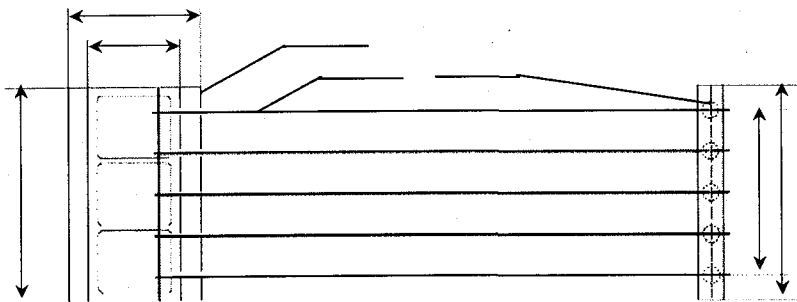


図6：控え直杭工法で耐震補強したケーソン式岸壁の平面図

図7は控え直杭により耐震補強したケーソン岸壁海側天端の残留水平変位である。この図から、入力基盤加速度 500gal 程度までに対し、残留変位量が暫定供用の限界(30cm)¹⁾以下であることが確認された。この時の地表面加速度はcase-1で330gal、case-2で300gal、case-3で290gal、作用震度はそれぞれ、 $k_h=0.23$ 、 $k_h=0.22$ 、 $k_h=0.22$ と考えられる。また、図8は残留変形図(case-1)である。以上のことから地盤改良および控え直杭による耐震補強工法の有効性が確認された。

なお、case-1～3の残留変位の差が小さいのは、すでに地盤改良によって耐震補強効果が得られており、控え直杭により、それ以上の耐震補強を得るのに必要な杭諸元はcase-1程度で良いと言える。

裏埋土の地盤改良を行わないで、控え直杭のみで耐震補強することも考えられるが、ケーソン式岸壁の地震時応答に及ぼす地盤変形の影響が大きいことから、まず、地盤改良を行うのが最善と考える。

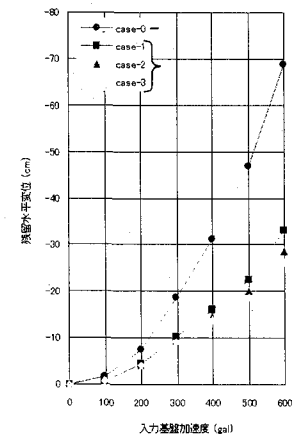


図7：ケーソン海側天端
残留変位（控え直杭有無）

フスミ

4. まとめ

既設ケーソン式岸壁の耐震補強は地震による地盤変形が大きいと予想されるので、まず、液状化対策を講じるものとし、これを補って、さらに耐震補強する場合、控え直杭工法の適用可能性を確認した。

参考文献 1) “港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）”，社団法人 日本港湾協会，平成11年4月，

◎ 入力基盤加速度 500gal 地表面加速度 330gal（作用震度 0.23）

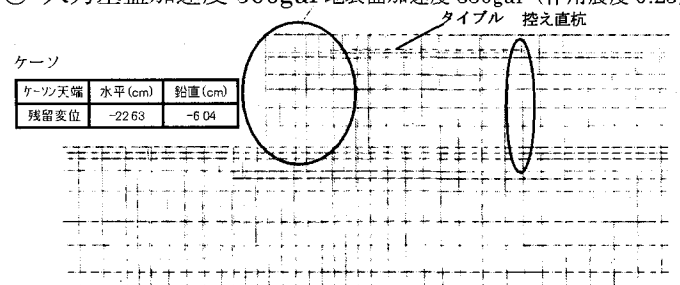


図8：残留変形図（case-1）