

ケーソン岸壁の地震時安定性に関する考察

京都大学大学院 学生員 文 龍
京都大学防災研究所 正会員 佐藤 忠信
大成建設(株) 正会員 立石 章
大成建設(株) 正会員 古池 章紀

1 はじめに

本研究では 2 次元有効応力解析プログラム LIQCA-2D を用いて大型ケーソン式岸壁の地震時安定性と変形を解析したものである。解析対象とした岸壁は兵庫県南部地震で被災した六甲アイランド南側の水深 14m の大型ケーソン式岸壁であり、水平変位約 4~5m、沈下約 1.5~2m、傾斜角約 4° の被害が報告されている。解析に用いた波は地盤工学会に設置されている「土木構造物への設計用入力地震動に関する研究委員会」において検討用に作成された土木構造物の設計用入力波(逆断層による内陸直下型地震波 - Dip 波 -)をウェーブレット変換したもので、各サポート $j(j=5\sim 9)$ における成分波形である。本研究ではケーソン岸壁の天端とケーソン直下置換砂の応答に対して検討を加えた。

2. 入力地震波

本研究では入力地震波として離散ウェーブレット変換・逆変換した成分波を用いる。Dip 波の場合は連続時間が 30 秒であるが、離散ウェーブレット変換・逆変換する時、高速フーリエ変換を使用するため、データの個数は $N=2^n$ でなければならない。それで 30 秒以後はすべて 0 とし、 $N=2^{12}=4096$ ステップの数値データを用いた。離散ウェーブレット変換・逆変換は次式で得られ、各サポートに分解した成分波を図 1 に示す。

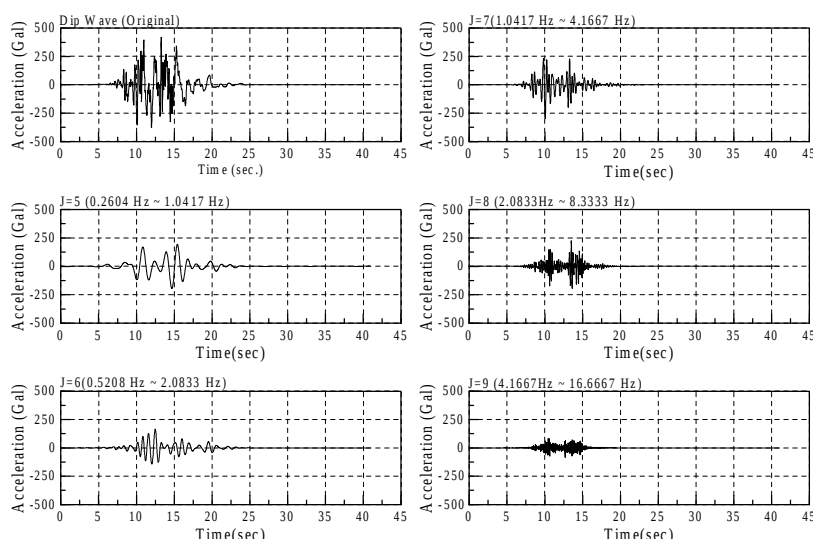


図 1. ウェーブレット変換による各サポート j の成分波形

$$x(t) = \sum_j \sum_k \alpha_{j,k} \cdot \varphi_{j,k}(t) \quad : \text{離散ウェーブレット変換} \quad (1)$$

$$\alpha_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_{j,k}^*(t) \cdot x(t) dt \quad : \text{逆変換} \quad (2)$$

$$\{f | 2^j/3T \leq f \leq 2^{j+2}/3T\} \quad : j \text{ 次のサポート区間} \quad (3)$$

変換した後の結果(図 1 参照)をみると 30 秒以後はほとんど 0 であるからケーソン岸壁の数値解析では 30 秒までの波を入力して計算した。

キーワード: Wavelet Translation、Elasto-Plastic Model、Design earthquake motion

文 龍 京都大学大学院土木工学専攻(moon@catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp)

佐藤忠信 京都大学教授防災研究所(sato@catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp)

立石 章 大成建設(株)土木設計第一部解析技術室(tateishi@ce.taisei.co.jp)

古池章紀 大成建設(株)土木設計第一部解析技術室(koike@ce.taisei.co.jp)

3.解析方法モデル

LIQCA-2D は Biot の 2 層混合体理論(1962)を $U-P$ 形式で定式化(Christian and Boehmar 1968)した支配方程式を空間的には FEM(釣り合い式)と FDM(質量保存式)により離散化し、時間的には Newmark- β 法により離散化した 2 次元有効応力解析コードである。土の構成式は弾塑性理論に基づき過圧密境界曲面、非線形移動硬化則、一般化した非関連流動則、せん断剛性ひずみ履歴依存性などの概念を取り入れた岡ら(1999)の弾塑性構成則を用いた。解析モデルはケーソンの部分は弾性とし、ケーソン底面と背面にはジョイント要素を設置した。モデルの側方の境界条件については幅 500m の要素を設け、その両端を等変位とすることにより、モデルの側方での自由地盤的な挙動を模擬した。地下水位面および海低面は排水境界とした。解析モデルを図 2 に示す。

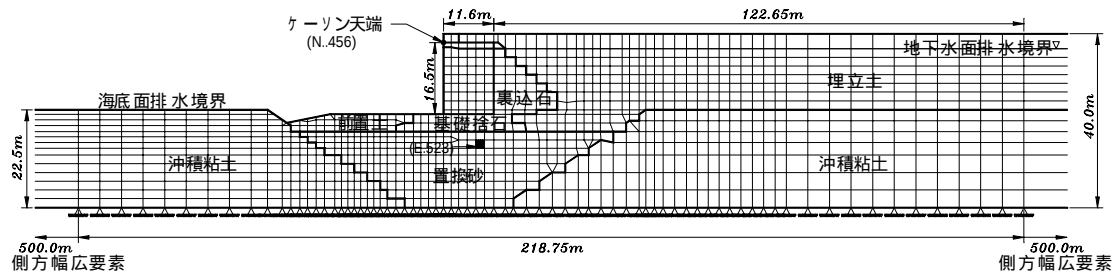


図 2．解析モデル

4.設計用入力波 (Dip 波)による 検討および 考 察

土木構造物の設計用入力波(逆断層による内陸直下型地震波 - Dip 波 -)をウェーブレット変換・逆変換し、各サポート $j(j=5 \sim 9)$ における成分波形を入力波とし、大型ケーソン式岸壁構造物の応答を数値解析した結果、次のような結果を得た。

- 1)ケーソン岸壁天端の水平変位と鉛直変位(図 3 参照)に大きな影響を及ぼす成分波は $j=5$ ($0.26\text{Hz} \sim 1.04\text{Hz}$) であることが分かった。また、ケーソン式岸壁の応答(水平加速度、有効応力経路、応力-ひずみ関係)は $j=5$ ($0.26\text{Hz} \sim 1.04\text{Hz}$) の成分波が一番大きかった。
- 2) $j=5$ の場合には元の Dip 波より平均主応力の減少は少なく、応力の反転・回復(せん断応力の増加)が大きい(図 4 参照)。しかし、 $j=7$ の場合には $j=5$ より平均主応力の減少が大きく、早く減少する。また、応力の反転・回復(せん断応力の増加)が少ない。従って、ケーソン直下置換砂の過剰間隙水圧比(図 5 参照)には $j=7$ ($1.04\text{Hz} \sim 4.17\text{Hz}$) の成分波が大きな影響を及ぼすことが分かった。

参考文献

- 1)佐々木文夫、前田達哉、山田道夫：“ウェーブレット変換を用いた時系列データの解析”、日本建築学会構造工学論文集 Vol.38B、p 9～p20、1992。
- 2)立石章、名合牧人、古池章紀：“設計用入力地振動を用いたケーソン岸壁の地震時変形解析”、地盤工学会関西支部、土構造物の耐震設計に用いるレベル 2 地震動を考えるシンポジウム発表論文集、p81-p88、1998。

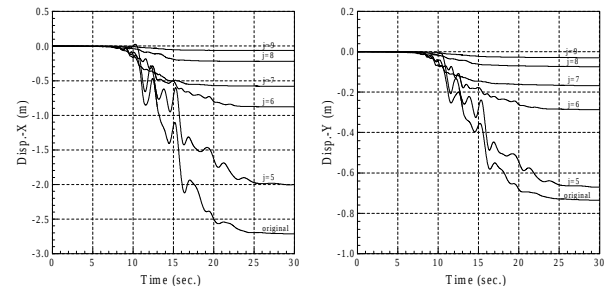


図 3．ケーソン岸壁天端の変位時刻歴

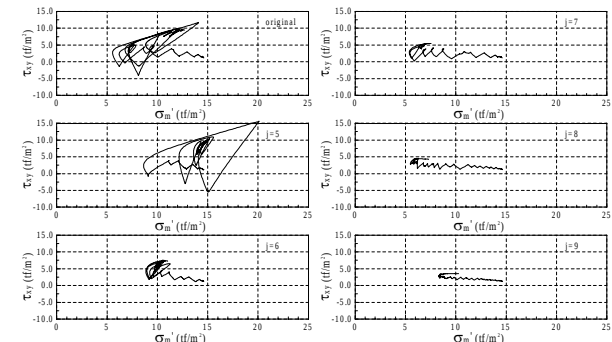


図 4．ケーソン直下置換砂の有効応力経

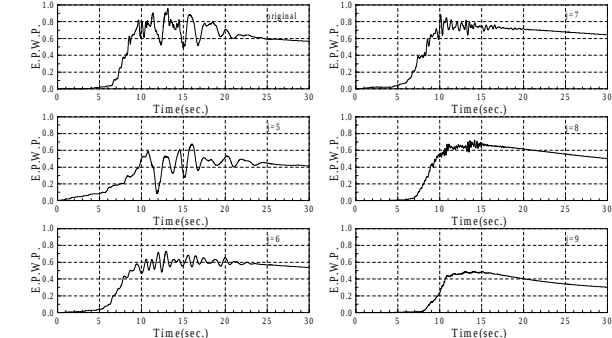


図 5．ケーソン直下置換砂の過剰間隙水圧