# 津波の防波堤越流に伴う堤体挙動の CEL 解析

JFE テクノリサーチ(株)	蛭田	敏樹
同	小野	芳美

同 正会員 〇長谷川 潤

### 1. 目 的

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震で発生した巨大津波により、港湾の堤防は越流による堤体の滑動 や転倒に伴う機能喪失のために地域の建築物やインフラは甚大な被害を受けた。既設の防波堤でも越流や洗掘 の対策は検討されているが津波に固有な両者の影響は従来の想定を超えており、津波対策設計の必要性を強く 示唆する結果となった。今回、湾内に設置された防波堤を対象とし、自由表面を有する津波の流体力学的特性 が再現可能な流体-構造連成解法である CEL (Coupled Eulerian-Lagrangian) /VOF 法を用いて衝撃砕波荷重に 対する応答解析を実施し、耐波性能に及ぼす津波高さの影響を定量的に検討した。

### 2. 解析方法

解析方法の主要な事項を以下に述べる。

## (1)解析対象

対象は堤体位置水深が 20m、沖側水深が 25.9m および基礎マウンド全長が 121.5m の防波堤の直 立壁(ケーソン)で津波の高さを 5m、10m、15m とし、津波流入は前縁海面傾斜が 30° でケーソ ンに津波先端が達した状態を初期条件とし、沖 側の海面高さを保持するように流速や圧力を設 定した。(図1参照)

## (2) 流体-構造連成解析

津波の越流に伴よる堤体の滑動および転倒解 析の流体-構造連成モデルを設定するため、汎 用解析コード Abaqus ver. 6.12を用い、図2に 示す CEL/VOF 法を適用した。

なお、材料特性は防波堤がRC、基礎マウンド は砕石(砂質)で海水とともに多相CELモデル として実機で想定される物性値を用いた。

### (3)解析モデル

解析モデルは津波高さの影響をより精確に 評価するため、基本幅モデルによる次の3ケ ースとした。(図3参照) ①津波高さ5m(天端レベル) ②津波高さ10m(天端+5mレベル)

③津波高さ15m (天端+10m レベル)







図3 防波堤越流のCEL解析モデル(周期対称表示)

キーワード 津波荷重, FEM, CEL法, VOF法, 陽解法, 防波堤, 流体-構造連成解析 連絡先 〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町1-1 JFE テクノリサーチ㈱ CAE センター TEL 044-322-6382

-245-

# 3. 解析結果

堤体越流に伴う圧力分布、流速分布および衝撃砕波 力に対応する作用波圧の応答を示す図4および図5を 参照して得られた解析結果の要点を以下に記す。

#### (1) 流体領域の挙動

30°の前縁を有する初期状態の津波高さ分布形状が 重力によって下流方向に流出開始後15秒後の圧力分 布を津波高さ5m、10mおよび15mについて図4の(a)、 (b)および(c)に示す。同図によれば、(a)は堤防の防 波機能を最大限発揮した状況で陸側に対して沖側の圧 力分布が高くなってケーソンを陸側に滑動させたり転 倒させる荷重が生起している状況が確認される。

一方、(b)は越流が生じてケーソン背面(陸側)の 海面形状が越流海水の落重(砕波)的な流入によって 圧力分布が乱れ、さらに津波高さが大きい(c)では その傾向がより顕著になり、ケーソンの陸側と沖側で の圧力差が一層厳しくなっている。

また,(d)には津波高さが15mでの流速ベクトルの 分布を示すが、越流海水がケーソン背面の海水面に高 い流速で流入して複雑な後流域での流速や圧力を与え、 結果的に後述するようなケーソンの滑動や傾斜を誘起 することになるものと推察される。

### (2) ケーソンの滑動挙動と波圧応答

前掲の図4でも基礎マウンドに対するケーソンの滑 動が確認されるが、数値的には津波高さ5m、10m およ び15mに対し、0.57m、1.28m および4.43m であった。 また、図5はケーソンの波圧応答であるが20秒までに 最大値が発生し、時間変動を伴うものの津波高さにほぼ 比例することが確認された。

### 4. まとめ

巨大津波の越流や砕波を含む防波堤モデルを対象と した CEL 法による流体-構造連成解析がケーソンの波 圧による滑動評価に有用なことを検証した。

### 参考文献

- (1) 土木学会編:数值波動水槽,丸善,2012
- (2)長谷川,小野,北浜:津波対策型橋梁の CEL 法および SPH 法による強度検討,土木学会第 67 回年次学術講演会論文集 I-605, pp. 1209-1210, 2012
- (3) 土木学会編:津波による橋梁構造物に及ぼす波力の評価に関する調査研究委員会報告書,2013,11
- (4)合田:耐波工学,鹿島出版会,2008
- (5) Abaqus Users Manual ver. 6.12, 2012





(b) 圧力分布,津波高さ10m



(c) 圧力分布,津波高さ15m



(d) 流速分布,津波高さ15m

図4 堤体部の流況と変形・滑動(到達158後)

