津波波力研究に関する最新動向と 大規模試験による取り組み

電力中央研究所 地球工学研究所

主任研究員 木原 直人

土木学会「津波研究に関連する最新の話題(その1)」

2015年1月22日

II電力中央研究所

CRIEPI



原子力発電所では、



東京電力(株)福島第一原子 力発電所の被災

http://www.tepco.co.jp/en/press/co rpcom/release/betu12_e/images/120 620e0104.pdf



CRIEPI

IC電力中央研究所

原子力発電所に対する津波影響



原子力発電所に対する津波影響

①浸水・没水(機械類の機能損傷)
 ②波力・流体力
 ③漂流物(衝突、作業通路の閉塞)
 ④取水阻害(引き波、取水口閉塞)
 ⑤洗掘による構造物支持力低下

CRIEPI 5 **R**電力中央研究所 津波波E·流体力推定方法 E₆ o 5 40^{(a}30) 20日 10世 **E**4 3过 3次元数值流体解析 (1)tu 2* 構造物周りの圧力積分値か \checkmark 13 紙
、 流 らから津波波圧・流体力を推 关下流 200 50 100 150 上流 定 下流 時間(sec) \checkmark 計算時間:長い (2) 水深積分された平面2次 元浅水流モデルによる数 値計算 浸水深、流速から津波波圧・ 流体力を推定 ← 津波波圧・流体力の推定式 0 sec 計算時間:短い © 2012 CRIEPI

陸上構造物に作用する 津波波圧・流体力推定方法

R 電力中央研究所

<u>津波流体力の推定式</u>





R 電力中央研究所 陸上構造物に作用する 津波波圧•流体力推定方法 津波流体力の推定式 波圧分布を通過波の浸水深・流速から推定 構造物全体に作用 \triangleright 水深係数aはフルード数Frに依存 する流体力 Asakuraら(2002), 榊山(2012), 石田ら(2014), など \geq $p = \rho g (\alpha_i h_{i \max} - z)$ 構造物前面に作用 $\alpha_i = 1 + 1.2Fr_i$ (Asakura et al., 2002) する波圧 最大波力発生時の 波圧は静水圧分布 3次元柱状構造物 $\alpha_i = 1 + \frac{1}{2} F r_i^2$ 最大波力発生時の (榊山, 2012) 波圧は静水圧分布 $\alpha_i = 1 + \frac{1}{2} F r_i^2$ for $Fr_i < 1$ (池谷ら, 2013) $\alpha_{i} = \left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 + 8Fr_{i}^{2}}\right) + \frac{1}{2}Fr_{i}^{2}\left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 + 8Fr_{i}^{2}}\right)$ for $Fr_i \ge 1$ 静水圧分布を仮定

CRIEPI





II電力中央研究所

津波波圧評価における課題

◆津波波圧の特徴を明確にした上での評価に なっていないものが多い

← 動圧の寄与は?

波圧分布は静水圧分布なのか?

→ 実験で用いられた津波「波形」に特徴的な波圧 分布を基に推定式が提案されている場合もある。



大規模な水理実験



▶津波波圧分布の特徴を明らかにすることを目的 とした大規模な水理実験を実施する。

▶津波波圧の合理的な推定に資するデータを取得 する。

C CRIEPI 15 **R**電力中央研究所 津波·氾濫流水路 ◆ バルブ、ゲート、可動堰を連動制御することにより、試験水路 内で津波の高さや長さ、流速を時々刻々コントロール ◆5m/sを超える高流速の流れや、2mを超える高さの流れを生 成可能 ヘッドタンク 試験水路 (最大容量650ton (長さ20m×高さ2.5m×幅4m) 最大水深6.5m) バルブ 可動堰

実験対象模型

防潮堤(2次元壁状構造物)

角柱(3次元柱状構造物)



CRIEPI 17

IE電力中央研究所

直立防潮堤に作用する波圧試験

R 電力中央研究所

実験の概要



- ■防潮堤模型の仕様
 - > サイズ:高さ1.5m、厚さ 0.3m、幅4m
 - ▶ 構造:RCの逆T字型

■計測項目

▶ 波圧:防潮堤前面で鉛 直方向に5cm~10cm間 隔

高さ0.01m~1.49m サンプリング周期:0.1ms

- ≻ 流速:上流側2点
- ▶ 水位:4点

CRIEPI



© CRIEPI







t = 0.4s



◆時間・空間で局所的な、作用時間が0.001秒~0.004秒の衝撃波圧
 > 構造物の損傷リスクにはなりにくい

◆ 0.1秒~1秒の衝撃波圧

作用時間0.1秒~1秒の衝撃波圧の推定について



© CRIEPI

ここまでを整理すると

- 1. 波圧には、その特徴に依って異なる3種類の フェイズがある。
 - 1. 衝撃
 - 2. 反射初期
 - 3. 準定常
- 2. 衝撃波圧および反射初期波圧は、段波衝突直 後(~10秒程度)に発生する動圧の寄与が大き い波圧
- 3. 準定常時の波圧分布は、防潮堤前面での浸水 深の静水圧分布とほぼ一致 防潮堤前面での浸水深を数値計算によって推定できるの であれば、それを用いた波圧評価が可能

CRIEPI

27

II電力中央研究所

角柱構造物に作用する波圧試験

実験の概要



© CRIEPI



© CRIEPI





仰角の影響



II電力中央研究所

常流時の波圧推定について(通過波)



常流時の波圧推定について(非通過波)



CRIEPI

35

II電力中央研究所

波圧評価における3つの提案

- 1. 波圧の時間的な特徴の変化を考慮して、波圧 推定をしましょう。
 - ① 衝撃波圧
 - 水塊衝突による衝撃的な動圧
 - 2 反射初期波圧
 - 持続的な進行波による波圧(動圧~静水圧)と、水柱崩壊、 水塊落水、短周期波による動圧の重畳
 - ③ 準定常波圧
 - 持続的な進行波・反射波による静水圧

波圧評価における3つの提案

2. 提案元に依って「水深係数」の定義が異なるため、元論文を注意深く読みましょう。

水深係数算出に用いられた浸水深が
 ✓ 最大波力発生時の浸水深
 ✓ 各時間の浸水深

の論文がある。

水深係数の算出に用いた波圧分布が、

- ✓ 準定常時の静水圧分布
- ✓ 衝撃波圧、反射初期波圧といった動圧の寄与が大きい分布

の論文がある。

CRIEPI

37

II電力中央研究所

波圧評価における3つの提案

- 3. 通過波と非通過波は、評価対象ごとに使い分けしましょう。
 - 評価対象物が周辺流れ場に対して与える影響の大きさ
 - 小 → 通過波での評価
 - 大 → 非通過波での評価
 - > 評価対象物の大きさLと格子解像度∆xの関係
 L << ∆x → 通過波での評価
 L >> ∆x → 非通過波での評価