



ピロティ形式RC造構造物に作用するコンテナの漂流衝突力時刻歴モデルの開発

東北大学大学院 工学研究科 都市・建築学専攻 適応設計工学研究室

Takahashi Lab.

はじめに

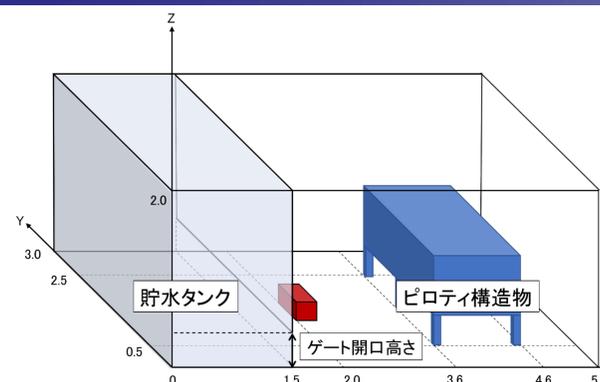
現行の耐津波設計では、津波漂流物の衝突に対する検討対象が部材の局所的な損傷のみであり、構造物全体の挙動が考慮されていない。また、港湾地域の津波避難施設にはピロティ形式構造物が多く採用されており、ピロティを通り抜ける津波が運ぶコンテナ等の津波漂流物の衝突による構造物全体の応答特性の評価手法の開発が求められている。

粒子法による流体解析上で津波漂流物の衝突挙動の再現を行い、その解析結果と既往のコンテナの衝突力評価式を援用した衝突力時刻歴モデルを作成し、提案したモデルについて非線形時刻歴応答解析結果の分析を行った。



▲ピロティ形式の津波避難ビルの一例

粒子法による流体解析上での漂流物衝突挙動の再現



▲検討対象建物および漂流物配置

流体解析上でピロティ形式RC造構造物に作用する漂流物衝突挙動を再現し、得られた衝突力時刻歴波形、遡上津波流速、漂流物衝突速度等を分析した。

<ピロティ構造物>

- ◆ 実大スケールの1/10寸法
- ◆ 各層階高：0.4m
- ◆ 床面積：1.0m×2.0m
- ◆ ピロティ柱：0.08m角柱
- ◆ 剛体と仮定した

<漂流物>

- ◆ 20ftと40ftコンテナの半載時・満載時の4種類の漂流物
- ◆ ソリッド要素でモデル化
- ◆ 材質はスチール

<遡上する津波>

- ◆ ダムブレイク方式で貯水タンクから流出
- ◆ 開口ゲート高さは4種類とし、津波規模を変化させた

全16ケースについて検討した

既往のコンテナによる衝突力評価式

水谷らは漂流物衝突に関する水理実験結果に基づき、以下の評価式を提案している¹⁾。この評価式と流体解析結果を援用して、衝突力時刻歴モデルの提案を試みた。

$$F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \left(\frac{WV_x}{gdt} \right)$$

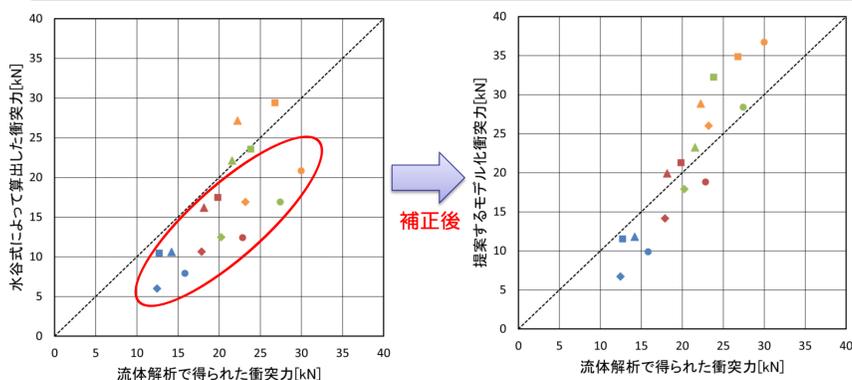
F_m : 衝突荷重 ρ_w : 流体密度 B_c : コンテナ幅 W : コンテナ重量
 g : 重力加速度 V_x : 漂流物衝突速度 η_m : 最大遡上水位 dt : 衝突時間

既往の評価式を援用した衝突力時刻歴モデルの提案

<衝突面積の補正係数に関する検討>

被衝突部材の衝突面積の差を考慮した衝突面積補正係数 β_A によって補正し、水谷式による衝突力の過小評価を改善した

$$\beta_A = \frac{A_{collision}}{H_c B_{column}} \quad \beta_A: \text{衝突面積補正係数} \quad A_{collision}: \text{等価衝突面積} \\ H_c: \text{コンテナ高さ} \quad B_c: \text{被衝突部材幅 (柱幅)}$$



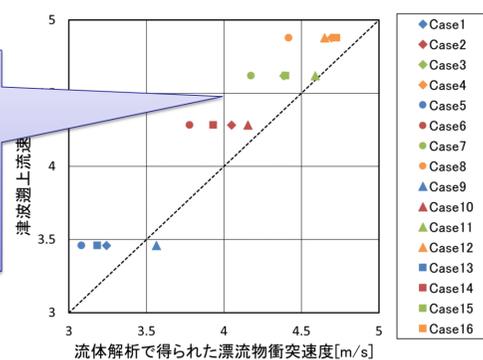
補正後

<漂流物衝突速度 V_x の検討>

コンテナ初期配置位置での津波遡上流速は衝突速度より大きめの値であるが大小関係は概ね近似した

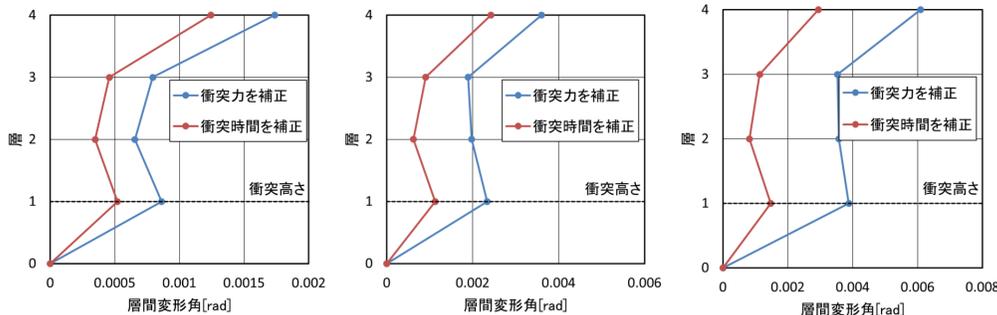
衝突力のモデル化の際に漂流物衝突速度を安全側に評価できる

本研究では衝突速度 V_x を遡上津波流速で評価する



2種類の提案モデルの非線形時刻歴応答解析結果

多質点系モデルに置換した津波避難ビル（石巻市I庁舎）を対象に提案モデルを用いた非線形時刻歴応答解析を行い、応答の違いを分析した。



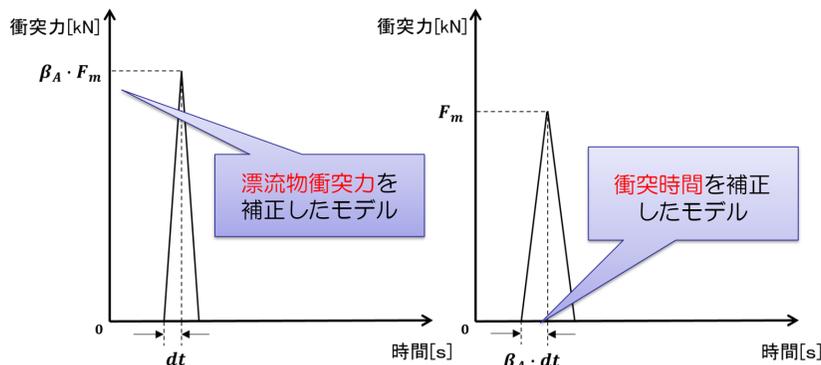
漂流物質量：小
最大遡上水位：低

漂流物質量：小
最大遡上水位：高

漂流物質量：大
最大遡上水位：高

- ✓ 同等の漂流物寸法でも漂流物質量が大きいほど、最大遡上水位が高いほど各層の最大層間変形角が大きくなる。
- ✓ 衝突面補正係数で衝突力を補正したモデルの方が、衝突時間を補正したモデルよりも最大層間変形角は大きくなり、同一力積でも衝突時間が短いと変形が大きくなる傾向が見られた。

<提案する2つの衝突力時刻歴モデル>



漂流物衝突力を補正したモデル

衝突時間を補正したモデル

衝突力時刻歴を三角形波形に置換し、同一力積として衝突面補正係数 β_A によって荷重継続時間または衝突力のどちらかを変化させた。

1) 水谷美ほか：エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，土木学会海岸工学論文集，第52巻，pp.741-745，2005