

1) 構造研究グループ

1) - 1 津波避難ビルに係る津波波力等の評価手法に関する研究 【基盤】

Study on Evaluation Method of Tsunami-induced Forces Affecting on a Tsunami Evacuation Building

(研究期間 平成 24~26 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

喜々津 仁密
KIKITSU Hitomitsu
長谷川 隆
HASEGAWA Takashi

福山 洋
FUKUYAMA Hiroshi
田尻 清太郎
TAJIRI Seitaro

加藤 博人
KATO Hiroto
荒木 康弘
ARAKI Yasuhiro

平出 務
HIRADE Tsutomu

材料研究グループ
Dept. of Building Materials and Components
建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering
国際地震工学センター
International Institute of Seismology and
Earthquake Engineering

槌本 敬大
TSUCHIMOTO Takahiro
石原 直
ISHIHARA Tadashi
谷 昌典
TANI Masanori

This study aims to numerically evaluate tsunami-induced forces affecting on a tsunami evacuation building by using computational fluid dynamics and hydrodynamics experiments. The scope of evaluation includes reduction effect of openings on the horizontal force, buoyancy effect on the resistance to overturning, and reduction effect of roughness terrain and obstacles on the horizontal force. The results obtained in this study will be reflected on the development of reasonable evaluation method of tsunami-induced forces.

【研究目的及び経過】

建築研究所では、2011 年東北地方太平洋沖地震の発生後、建築物等に作用した津波荷重の定量的評価を目的に現地被害調査を実施した。そして、この調査結果は、津波避難ビル等の構造上の要件を整備する際の技術的な背景として反映された。しかし、津波荷重の定量的評価をより合理的に行うためには、被害調査結果だけでは限界があり、解析的・実験的研究によって不足する知見を補うことが求められる。

そこで本研究では、VOF (Volume of Fluid) 法に基づく数値シミュレーションと水理実験をとおして、建築物の開口形状と大きさによる津波波力の低減効果、浮力による建築物の転倒抵抗耐力の低減効果、障害物や地表面粗度等による津波波力の低減効果に関して定量的な評価を行う。そして、津波避難ビルの津波荷重の評価手法に関する技術資料の整備に資することを目的とする。

【研究内容】

本研究は 3 つのサブテーマを掲げて実施した。以下に各テーマでの成果の概要をまとめる。

1. 建築物の開口形状と大きさによる波力低減効果

1.1 開口部の大きさに関する検討¹⁾

文献 2) に掲げる 10 階建て RC 造事務所及び鉄骨造事務所を再現した解析モデルを作成し、数値シミュレーションを実施した。内部のプランは前者が中央コア形式、後者が片側コア形式である。建築物側は図 1 に示す開口率 (0~0.6)、荷重側はフルード数 (0.8/1.5) をパラメータとした。図 2 に解析結果の一例を示す。



開口率 0 開口率約 0.4 開口率 0.6
図 1 開口率を考慮した解析モデル (中央コア形式)

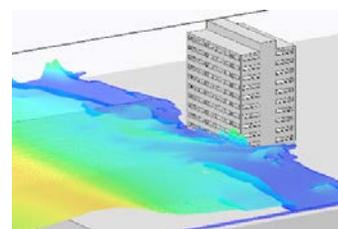
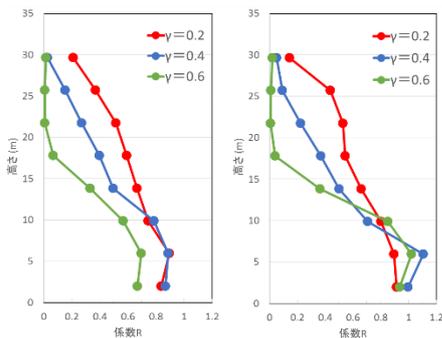


図 2 数値シミュレーションの例 (中央コア形式)

解析結果から高さ方向の波圧分布を得るとともに、開口率及び内部コア配置の違いが波力の低減に与える影響として、以下の点を明らかにした (図 3)。

- i) 開口率が大きくなるほど、前面に作用する波力は低減し、その低減の程度は $1 - \gamma$ (γ : 前面の開口率) にほぼ比例すること
- ii) 開口率が大きくなるほど、前面以外の構面に作用する波力は相対的に大きくなること。また、内部コアの配置状況も水の流出のしやすさに影響をあたえ、中央コアの場合よりも背面側に配置されたコアの場合のほうが波力が大きい傾向であること。
- また、開口による波力低減の効果について、平成 23 年国土交通省告示第 1318 号に規定する考え方と比較した。



(a) 中央コア形式 (b) 片側コア形式

図 3 無開口（開口率 0%）の水平波力に対する有開口時の水平波力の低減率 (γ は開口率を示す)

1.2 開放部（ピロティ）の柱列に関する検討

開口部と同様にピロティ等の開放部についても波力低減の効果が期待できることから、ピロティ柱を再現した数値シミュレーションを実施し、ピロティ外周部の開口率及び構面数と波力との関係を把握した（図 4）。具体的には、津波の流入に対して奥行き構面数を 1~8 構面に変化させた解析モデルを作成し、第 1 構面の水平力に対する全構面の水平力の比から、構面数と水平力との関係を表す以下の式を提案した。ここで、 P_{total} : 全構面の水平波力、 P_1 : 第 1 構面の水平波力、 n : 構面数である。

$$P_{total} = \frac{n+1}{2} \cdot P_1 \quad (1)$$

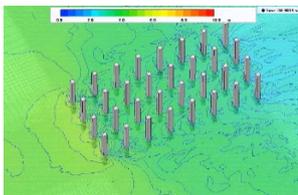


図 4 ピロティモデルの数値シミュレーションの例

2. 浮力による建築物の転倒抵抗耐力の低減

建築物の転倒に大きな影響を及ぼす浮力発生メカニズムを解析的に再現する手法を検討した。具体的には、基本形状の建築物モデルを対象にして、以下の点を数値

シミュレーションによって再現し、段波作用時に浮力の発生に寄与する現象の定量的評価を試みた（図 5）。

- 基礎底面と地盤面との間に水が浸入し、基礎底面に作用する鉛直上向きの力
- 開口部から水が流入するときに、垂れ壁下面に作用する鉛直上向きの力

数値シミュレーションの結果、基礎底面と垂れ壁下面には建築物前面に作用する波圧の変化に追従する傾向（相関がある傾向）が認められた。つまり、前面に作用する波圧の変化が基礎底面と垂れ壁下面にも伝播し、鉛直上向きの圧力として作用することを明らかにした。ただし、本検討は限られた条件での結果であるため、今後さらに系統的なパラメトリックスタディが必要である。

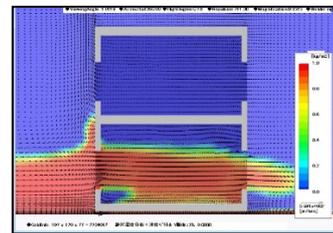


図 5 数値シミュレーションの例

3. 障害物や地表面粗度等による波力低減効果

障害物として防潮堤を設けた場合と街区による地表面粗度と地形の勾配を考慮した場合について、水理実験及び数値シミュレーションを行い、障害物や地表面粗度等が建築物の波力に及ぼす定量的な影響について検討した（図 6）。

実験等の結果、地表面粗度が大きくなることで流速が小さくなり、フルード数が低減すること、また陸側の地形勾配が大きいほど、流速がより短い距離で小さくなることわかった。これらの知見を踏まえ、波力算定のための静水圧式に用いる水深係数 a について、より実状に近い合理的な係数設定の考え方を提示した。



図 6 街区を想定した粗度要素をもつ水理実験の例

【参考文献】

- 1) 喜々津ほか：開口を有する建築物の津波波力に関する基礎的研究，日本流体力学会年会論文集，2014 年
- 2) 国土技術政策総合研究所ほか編：津波避難ビル等の構造上の要件の解説，2012 年