

内壁を有するビルへの津波作用メカニズムに関する数値的考察

名古屋大学 学生会員 ○青木 悟 フェロー 水谷法美
前田建設工業株式会社 平川信也 芦澤 哲

1. はじめに

2013 年東北地方太平洋沖地震津波の被害を受け、津波発生時での避難先確保のため、津波避難ビルの普及が進められている。津波避難ビルに作用する外力に関しては、「津波避難ビル等に関わるガイドライン」や「津波避難ビル等の構造上の要件に関わる暫定指針」にまとめられているものの、開口部を考慮した場合や内壁がある場合については更なる知見が必要であると思われる。そこで本研究では、ビルに開口部や内壁を持たせた場合を対象に、数値解析手法に基づいて、ビルへ津波が作用する現象の詳細を考究する事を目的とする。

2. 数値解析手法

李ら（2010）による 3 次元数値波動水路モデルに基づいて数値計算を実施した。数値モデルの基礎方程式には、混合しない液相と気相の非圧縮性流体を対象とした連続方程式および Navier-Stokes 方程式で構成される。計算条件は青木ら（2013）の実験条件とし、計算領域は図-1 に示す通りとした。なお、計算格子間隔を、ビル周辺で段階的に細くなるように $\Delta x = 1.0 \sim 2.0 \text{ cm}$, $\Delta y = 0.5 \sim 4.0 \text{ cm}$, $\Delta z = 0.5 \sim 7.2 \text{ cm}$ と設定した。ビルの開口部の条件は図-2 に示すものとし、開口部を持たないものをビル A、窓を設けたものをビル B、ピロティ形式のものをビル C とした。なお、ビルのサイズは $40 \text{ cm} \times 32 \text{ cm} \times 27 \text{ cm}$ としている。また、図-3 にビルの設置向きおよび内壁の位置の条件について示した。同図にあるように、全てのビルを波の進行方向に対して縦向き、横向きと設置向きを変え、さらに、ビル B とビル C に関しては一階部分における内壁の設置位置を変え、全 24 Case の検討を行った。波条件に関しては、沖側での波高が 12 cm となる孤立波を再現した。

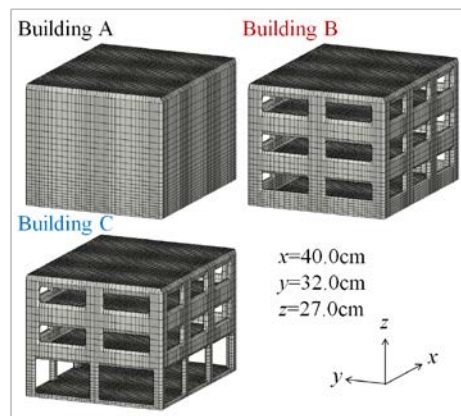


図-2 ビルの開口条件

3. 数値解析の結果と考察

図-1 中の W2 と W10 の位置における、ビルが無い場合での水位変動 η の実験値との比較を図-4 に示す。同図から、1 波目に着目すると W2 と W10 のいずれも精度良く再現できていると判断できる。W2 の $t=3 \text{ s}$ 以降は実験値との一致が必ずしも良好ではないが、ビルへの作用力により影響を与えると考えられる W10 が実験値と一致していることから、いずれも 1 波目に着目することとする。図-5 に、ビルに作用する波力および内壁に作用する波力の時系列を例示する。同図より計算結果は、津波衝突時におけるスパイク状のピーク値がみられるものの、それ以外は実験値を良好に再現できているといえる。ここで、このピーク値を衝撃波力 F_{xi} 、それを除いた時の最大値を最大重複波力 F_{xh} として考察する。衝撃波力発

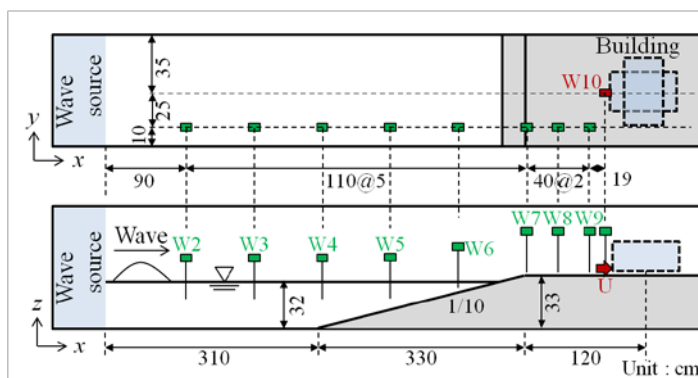


図-1 計算領域

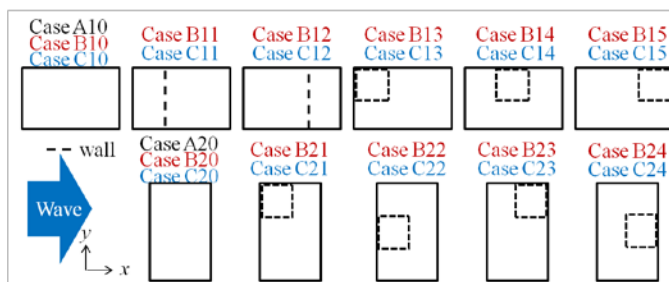


図-3 ビルの設置向きおよび 1 階内部の内壁位置の条件

生時および最大重複波力発生時におけるビル前面中央での無次元波圧分布とビル前面の無次元水位を図-6に示す。ここで η_h はビルが無い条件でのW10の最大水位である。同図から衝撃波力発生時には底面付近に大きな波圧が作用することが分かり、また、およそ $z/\eta_h = 1$ 以下の範囲に作用することがうかがえる。さらに図-5において、 F_{xi} は内壁に波力が作用するよりも先に起こるため、ビル内部の内壁の影響は無く、ビル前面の形状にのみ依存して F_{xi} が決まると考えられる。そこで、図-7に実験ケース毎に、各ビルへの F_{xi} と $z/\eta_h = 1$ の以下の作用面積 S_h の比較を示す。同図から、CaseB12とB21を除き、両者の大小の傾向が一致しており、 F_{xi} と S_h との間に強い関係性があることが確認できた。つぎに図-6の最大重複波力発生時の分布から、ビルBの場合では内壁への波圧が作用せず前面にのみ波圧が作用し、一方、ビルCの場合は内壁に大きな力が作用する事が分かる。このことから、開口部が大きい場合には内壁を含めて最大重複波力を評価する必要があるといえる。そこで図-8に F_{xh} と $z=4\eta_h$ の水面から静水圧分布を仮定して求めた推定波力 F_{xh}' の比較を示す。ここで、 $z=4\eta_h$ の係数4はビルAに対して F_{xh} と F_{xh}' が一致するように設定しており、また、 F_{xh}' を求める際にビルBでは開口を除いたビル前面の面積で圧力を積分、ビルCでは投影面積で積分している。同図よりビルC20~24で F_{xh}' が大きくなるものの、全体的にやや安全側に F_{xh} を評価できている判断できる。すなわち、波圧分布形状が仮定とは異なるものの、波力を近似的に求められることが判明した。

4. おわりに

以上、開口部の有無に着目しながらビルに作用する津波波力について考究した。今後は実験結果とも比較しながらより詳細な検討を行っていく所存である。なお、本研究の一部は科学研究費補助金（基盤研究(A)、代表者 水谷法美）による補助によることを付記する。

参考文献

李ら（2010）：スリットを有する複雑なケーソン防波堤への三次元数値波動水槽の適用，海洋開発論文集，第26巻 p.69-74. 青木ら（2013）：津波避難ビル内部の空間形状に着目した作用津波力に関する実験的考察，土木学会論文集 B2（海岸工学），第69巻，No2，I_846-I_850.

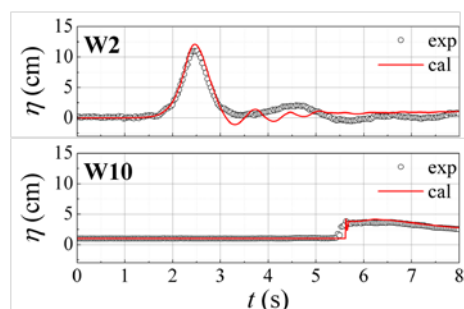


図-4 ビルが無い条件での水位の比較

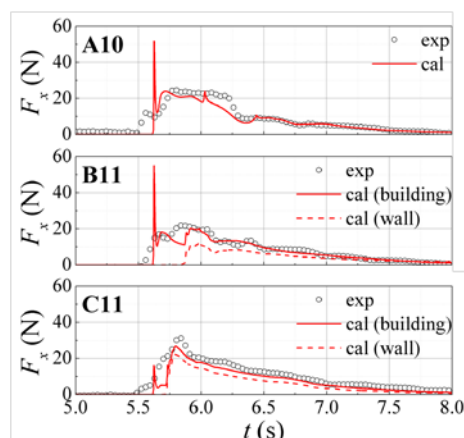


図-5 各ビルへの作用波力の比較

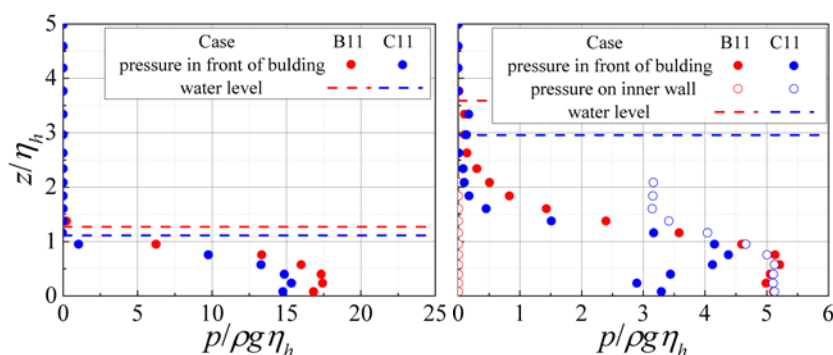


図-6 無次元波圧分布（左：衝撃波力発生時，右：最大重複波力発生時）

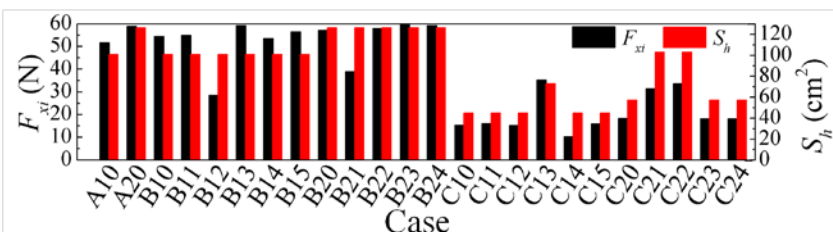


図-7 衝撃波力および $z/\eta_h = 1$ の以下での作用面積の比較

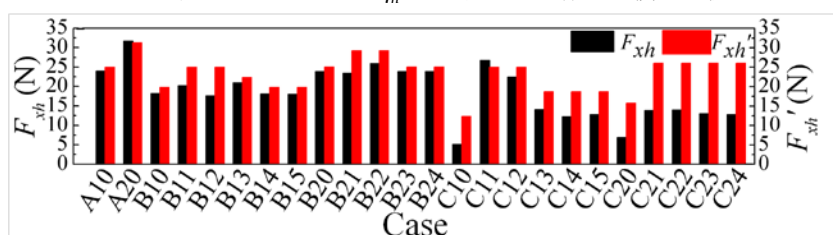


図-8 最大重複波力と推定値の比較