

ビルに作用する津波力の 3 次元性の影響に関する数値的考察

名古屋大学 学生会員 ○青木 悟
韓国関東大学校 正会員 李 光浩
名古屋大学 フェロー 水谷 法美

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震津波による被害を受け、近年では津波避難施設として津波避難ビル等の普及が進められている. このような構造物に対する津波の設計荷重として、「津波避難ビル等に係るガイドライン」では、構造物を設置しない条件における遡上津波の浸水高さの 3 倍の水深に相当する静水圧が作用すると考える波圧算定式の利用が推奨されている. しかし、この波圧算定式は、朝倉ら（2000）の断面 2 次元の水理実験に基づいており、構造物の脇を津波が通過できる条件である 3 次元性の現象とは波圧の作用傾向が異なると考えられるため、作用波圧を正確に評価できるとは判断できない. また、池谷ら（2005）による 3 次元水理実験では、ソリトン分裂した波や砕波した波が作用する際には、上述の波圧算定式を上回る波圧となり、3 次元性を考慮することで波圧強度が増す可能性が指摘されている. 以上から、本研究では水路幅と構造物幅を変化させた条件で津波を作用させ、2 次元性と 3 次元性の現象の違いを検討する. これにより、2 次元の現象から得られた結果が、3 次元的な実現象に対しても適用可能か判断するのに有益な情報になると考えられる.

2. 解析手法

解析は数値解析により行い、数値モデルは李ら（2010）による 3 次元数値波動水路モデルを適用した. 数値モデルの基礎方程式は、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. 計算条件は池野ら（2003）の再現計算とし、図-1 に示す通りの x - z 面に関して対称である半断面の計算領域とした. なお、格子は不等間隔格子として、格子間隔を $\Delta x=1.0\sim 2.0\text{cm}$ 、 $\Delta y=1.0\sim 2.0\text{cm}$ 、 $\Delta z=1.0\sim 2.0\text{cm}$ と構造物周辺で細くなるように設定した. 造波方法はダムブレイクを採用し、沖側水深 $H_1=40\text{cm}$ 、陸側水深 $H_2=5.0\text{cm}$ として解析を行った. また、水路幅 W 、構造物の横幅 B を表-1 に示す条件とし、水路幅に対する構造物の横幅の比である遮蔽率 α を変化させ比較検討を行った.

3. 数値解析の結果と考察

図-1 に示す W1～W4 の位置における水面変動に関して、池野ら（2003）による 2 次元実験の結果と本研究の数値解析の結果（Case-2）の比較を図-2 に示す. 同図から、沖側の水面変動 W1,W2 は比較的精度よく再現ができていることが確認できる. また、W4 の津波衝突時の水塊の打ち上がりが再現できていないものの、その後の傾向は一致していることが分かる. これらのことから、水塊の打ち上がりの再現

表-1 構造物の幅方向の遮蔽率条件

	水路幅 W [cm]	構造物幅 B [cm]	遮蔽率 α [%]
Case-1	10	0	0
Case-2	10	10	100
Case-3	35	8	22.9
Case-4	35	16	45.7
Case-5	35	24	68.6

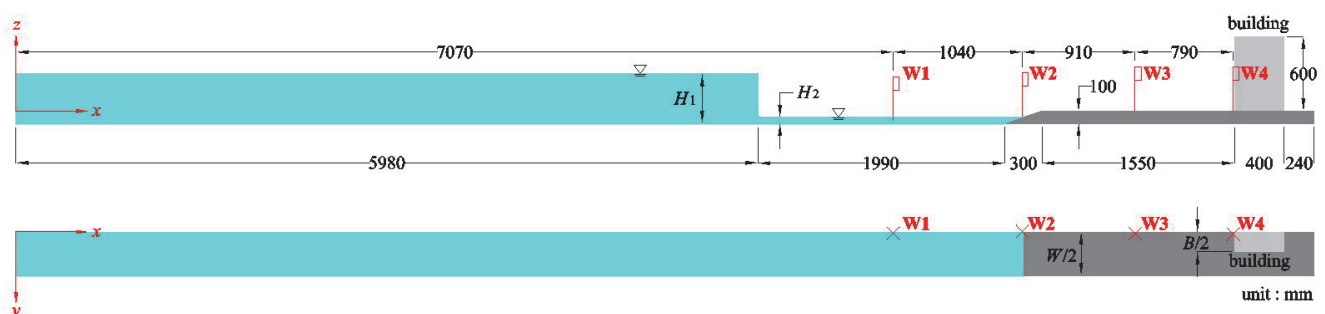


図-1 計算領域 ($\Delta x=10\sim 20\text{ mm}$, $\Delta y=10\text{ mm}$, $\Delta z=10\sim 20\text{ mm}$)

性に課題が残るが、数値解析結果の妥当性は示された。

次に、2次元性と3次元性の違いに関して考究するため、Case2～5における構造物に作用する波圧の時間変化を図-3に示す。同図から、衝突時における波圧は遮蔽率の影響が小さいが、その後の重複波圧においては、遮蔽率が大きくなるに伴い、波圧が大きくなることが確認できた。紙面の制約上 $z=1.0\text{cm}$ における波圧変化のみ記しているが、上部に作用する波圧も同様の結果が得られたことを記しておく。また、波力が最大となる時刻での鉛直方向の無次元波圧分布を図-4に示す。なお、図中の $\eta_{\max}$ はCase-1におけるW4の位置での津波先端の浸水高さと定義している。この図から、波圧は静水圧分布に準ずる分布となり、遮蔽率が大きいほど波圧の強度が大きくなっていることが見受けられる。ここで、波圧および波力が最大となる時刻においては構造物前面の水位が高い状態となることが計算結果から確認できており、これをふまえると、波圧は水位に支配的であると考えられ、遮蔽率が大きい条件にすることで水位が増大し、それに伴い波圧が大きくなることが分かる。さらに、図-5に遮蔽率と単位幅あたりの最大波力の相関図を示す。同図から、遮蔽率が増大するにつれ、最大波力が増加することが分かり、特に $\alpha=100\%$ の結果では他のケースよりも最大波力が大きいことが判明した。以上から、2次元と3次元の現象では作用津波力は大きく異なり、2次元の現象の方が津波力は大きく作用することが示された。

4. おわりに

今後は、遮蔽率と津波力の関係を明らかにすべく、遮蔽率および造波条件を変化させ、考究を行っていく所存である。また、ソリトン分裂や砕波した波が作用する条件での再現計算を行い、波圧強度が増大する現象に関しても検討を行う予定である。

5. 参考文献

朝倉ら (2000) : 護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第47巻 p.911-915.
 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.
 池野ら (2003) : 陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第50巻 p.721-725.
 池谷ら (2005) : 陸上構造物に作用する津波波圧の時空間変動特性, 海洋開発論文集, 第21巻 p.121-126.

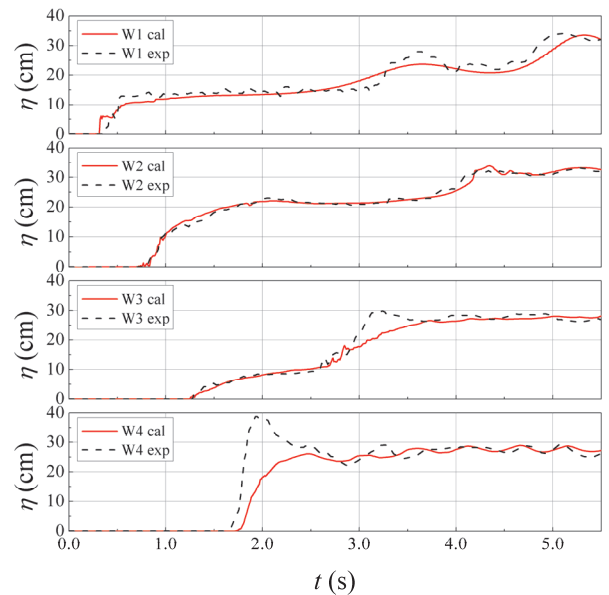


図-2 水面変動の実験値と計算値の比較 (Case-2)

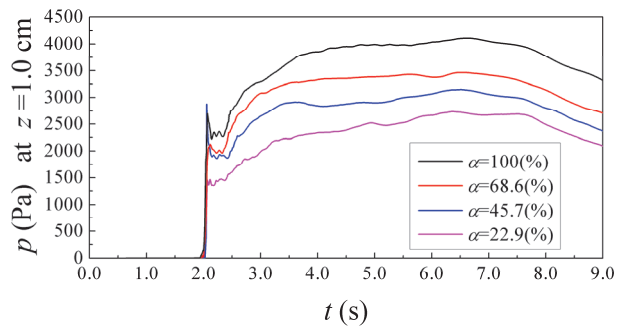


図-3 $y=1.0\text{cm}$, $z=1.0\text{cm}$ の位置での波圧の時間変化

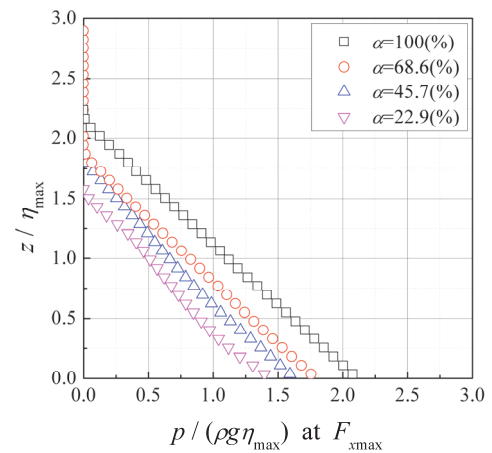


図-4 波力最大時における無次元波圧分布

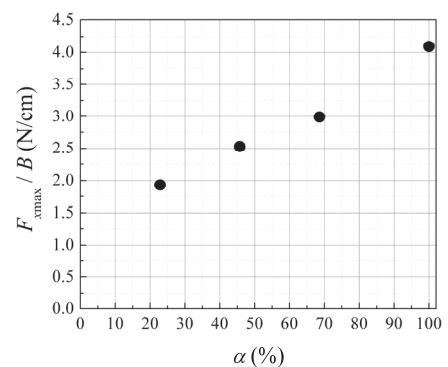


図-5 遮蔽率と単位幅あたりの最大波力の相関