

## 遡上津波によるビル構造物への波力に関する検討

鹿児島大学工学部 学生会員 ○清水翔太郎  
 鹿児島大学工学部 非会員 井崎丈  
 鹿児島大学工学部 正会員 長山昭夫

### 1. 背景・目的

遡上津波による構造物への作用波力については数多くの検討がなされている。例えば、水谷ら(2017)は、段波の衝突後に打ち上がった水塊が落下着水する毎に極大波力が発生することを明らかにしている。また Harry ら(2014)は、間口部を有する建物への津波負荷を検討し、間口部が穿孔となり津波の力を軽減することを明らかにしている。しかしながら津波の押し波から引き波までの一連の過程における波力を検討したものは少ない。さらに開口部を有した構造物に津波が作用した場合、構造物内に浸水することによって生じる浮力が構造物の安定性に影響するののかについて検討したものは見当たらない。そこで本研究は、津波の引き波までの過程におけるビル構造物への波力に関して模型実験により検討を行った。

### 2. 実験条件

図-1 にプランジャー式造波装置付き平面波動水槽と模型設置位置と測定点を示す。模型は、ABC 点の中心線が交わる位置に設置した。各点で水位変動を測定した。図-2 に模型寸法を示す。模型の高さは全て 10cm とし、直方体は 1 辺が 10cm としてビル構造物を想定した。開口部は、建築基準法の採光有効開口部面積が居室床面積の 7 分の 1 以上の条件に採光補正を行い算出し、24.48cm<sup>2</sup>とした。

### 3. 実験結果

図-3 に円柱模型に作用する波力を示す。 $F_x$  が岸沖方向(沖から岸方向正)、 $F_y$  が沿岸方向、 $F_z$  が重力方向(重力方向正)である。岸沖方向波力  $F_x$  に注目すると、15 秒付近で津波先端部が構造物に衝突し、衝撃波圧が生じることがわかる。そして押し波による水位上昇が 17 秒程度まで継続することが分かっている。ここで持続波圧が発生する。さらに 19 秒以降から 23 秒までは引き波による波力が構造物に

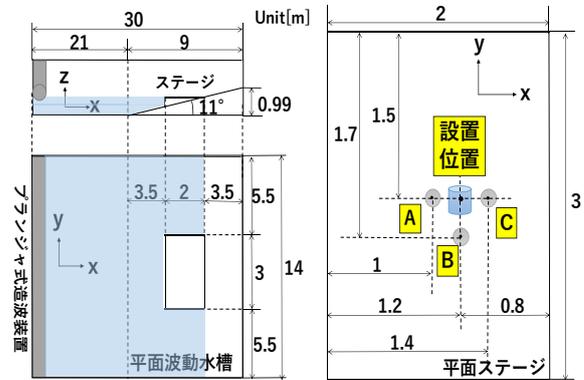


図-1 平面波動水槽と平面ステージ模型  
設置位置と測定点

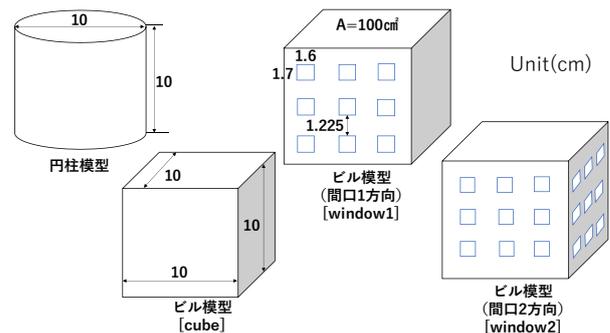


図-2 模型寸法

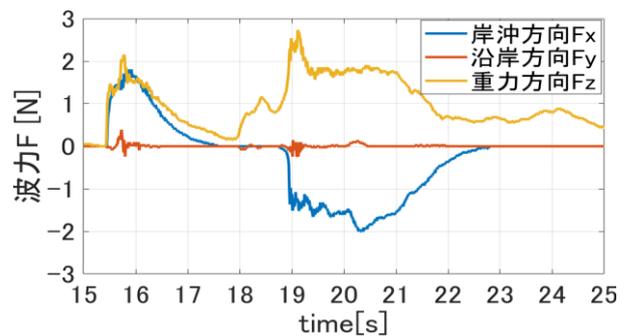


図-3 円柱模型の波力

作用している。また今回は、引き波作用時に押し波時と同程度の波力が作用する結果となったので、これらの波力と静水圧による全水圧とを比較した。その結果、押し波による波力は静水圧の 3.4 倍、引き波による波力は 1.1 倍となった。この平面水槽では、引き波が波圧の低い平面ステージ上に集まり流下すると

いう特徴がある。よって、引き波の水位が押し波より3倍程度高い条件下にあるため、引き波による波力が大きくなる。そのため、水位による静水圧を求めると、波力はほぼ同じ値であった。一方、重力方向波力  $F_z$  では、押し波と引き波時において浮力が発生している。さらに引き波作用時に浮力が大きくなったので水位上昇による浮力を算定した。その結果この浮力は引き波時の水位上昇に起因することがわかった。

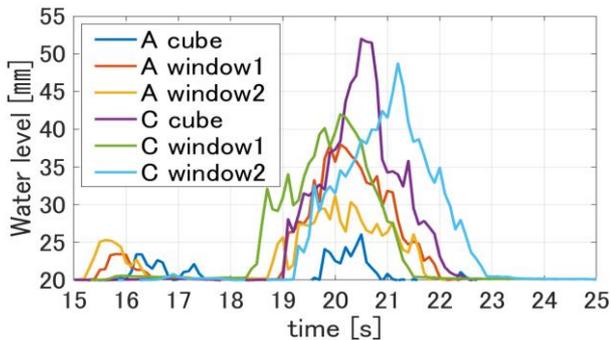


図-4 ビル模型の水位変動

図-4に、各ビル模型のAC点での水位変動を示す。最初の水位上昇は押し波によるもので、2回目の水位上昇は引き波によるものである。図より、引き波による水位上昇の時間が押し波よりも長く、水位が大きい結果になった。これは、引き波が波圧の低い平面ステージ上に流れ込んで流下していくためである。次に流れの種類を規定するフルード数  $Fr$  を求めた結果、押し波の最大水位時にA点で  $Fr$  が2.22で射流となり、引き波時C点で  $Fr$  は0.97と常流に移る特徴があることがわかった。

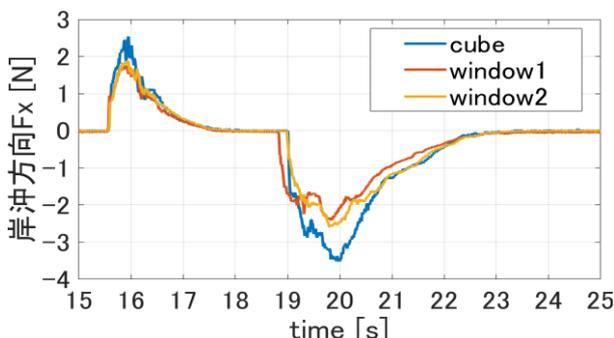


図-5 ビル模型の波力比較

図-5に各ビル模型での岸沖方向波力を示す。16秒

で衝撃波圧が生じ、17秒程度まで持続波圧が生じている。さらに19秒以降から23秒まで引き波が作用していることが分かる。各模型においても、押し波作用時より引き波作用時の方が波力は大きい。またwindow1とwindow2では、投影面積がcubeより0.76倍小さい。その時、波力が押し波で0.72倍低減し、引き波で0.69倍低減していることがわかった。これより、投影面積が小さくなると岸沖方向波力が低減する傾向がある。



図-6 ビル模型の引き波水位変動比較

撮影動画から、構造物に衝突したときの引き波水位変動は、波が衝突して壁に沿って打ち上がり、水塊のロールと落下着水を繰り返す、次第に水位低下するという特徴を持つことを確認した。また、cubeは水塊の落下着水後の水位低下直前に最大水位に達し、window1は落下着水中に達した。そこで図-6にcubeとwindow1における構造物前面で最大水位に達したときの水位変動を示す。壁面での水位上昇も、cubeの方がwindow1より高いことがわかる。

#### 4. まとめ

- (1) 引き波作用時の岸沖方向波力は、押し波作用時に比べて大きい。これは、引き波作用時に水位が高くなるためである。今回の実験条件下の特徴に依存している結果となった。
- (2) 引き波作用時の方が押し波作用時と比べて浮力が大きくなる。これは、引き波の水位上昇の時間が押し波より長いことによるものである。
- (3) 投影面積を抑えることで、岸沖方向波力が小さくなる。これもまた、水位変動の関係より、押し波作用時より引き波作用時の方が顕著である。