【資料-3】

万葉緑地の越波状況の再現

伏木富山港における万葉緑地における護岸越波・浸水についての数値計算

北陸地方整備局 新潟技術調査事務所 港湾空港技術研究所

1. 検討目的および被害状況

1.1 検討目的

伏木富山港における万葉ふ頭緑地における被災時の越流状況を確認するために,3次元数 値波動水槽(CADMAS-SURF/3D, 有川ら(2007))を用いて計算を行う.

1.2 被害写真等からの被害場所の推定

北陸地方整備局が、3月1日に被害を調べた際の写真ならびに、その後の現地見学などから推定される被害場所と被害状況を写真 1.1 に示す. 写真などから推定したものであるから正確さには欠けるが、おおよその範囲を知ることはできる.



写真 1.1 被害写真から推定した被害場所と被害状況(航空写真:北陸地整)

1.3 植生と植生付近の流れの向き

被災後に現地で撮影された植生の被害を写真 1.2 に示す. 見てわかるとおり, 護岸に対

しては、ほぼ直角より若干建物方向よりであることがわかる.これは建物の影響もあると 考えられる.



写真 1.2 被災時の写真(右図は左図の赤丸の拡大図)

1.4 ブロックの散乱

護岸沿いに沿った歩道と、芝生の間においてある置き石(30cm×30cm×80cm 程度)の ものが写真 1.2 に示す通りかなり広範囲にわたって散乱している.仮に上記の大きさ程度 であれば、水中重量で約 100kg 程度と思われる.物体の抗力は、

$$D = C_D A \frac{\rho U^2}{2}$$

で与えられるとする.ここで,抗力係数 C_p =1.0,流れ方向の投影面積A=0.3×0.8=0.24 m² とすると,流速が 5m/s で,3kN(約 0.3 トン)の力が作用することになる.

2. 数値波動水槽による計算

2.1 解析領域

越波等の状況を再現するために数値波動水槽を用いて数値実験する.数値波動水槽は, 砕波等複雑な変形も考慮して計算することができる.解析領域は図 2.1 に示す通りである. 解析領域は, x 方向 290m, y 方向 701m, z 方向 16m であり, x 方向, y 方向にはそれぞ れ 1m 格子幅, z 方向には 50cm 格子幅とした.格子数の合計は約 690 万格子である.





図 2.1 解析領域

斜線部には, A-1~A-3 までの断面を設置した(図 2.2). 斜線部が陸域となる. 点線斜線 部は,海とした. 透過構造物としては,消波ブロックを設置した. また,護岸前面の水深 は,断面図から読みとり,ほぼ 1/100の斜面地形となっている.



図 2.2 各護岸の断面図

2.2 計算条件

潮位は H.W.L+0.70m とした. 周期は一定とし 14.2s, 入射波高, 入射角度については, 表 2.1 に示す.

表 2.1 計算条件

入射波高	入射角度
4.0m	27 度
5.0m	35 度, 27 度, 20 度, 15 度
6.0m	35 度, 27 度

2.3 計算結果の比較

2.3.1. 入射角度による違い

波高 5.0m のケースにおいて入射角度の違いによる,陸上部における波圧,最大流速,な らびに最大流速時における流れの向きを示す.





最大流速・向(m/s)(波高 5.0m, 角度 35 度)





最大流速・向(m/s)(波高 5.0m,角度 20 度)



2.3.2. 入射波高による違い

波高 4.0m, 5.0m, 6.0m, 入射角度 23 度のケースの違いについて示す.





最大流速・向(m/s)(波高 4.0m,角度 27 度)







最大流速・向(m/s)(波高 6.0m,角度 27 度)

2.3.3. 波高 6.0m, 波向 35 度のケース

今回のケースでは、もっとも大きい波と角度を持ったケースの最大波圧と流速・波向き を示す.かなり奥まで越波しているものの、歩道の破壊部での波圧の大きさはそれほど変 化はない.





最大流速・向(m/s)(波高 6.0m,角度 35 度)

2.3.4. 波圧の時系列

入射波高 5.0m,入射角度 27 度のケースについて,比較的波圧が大きい場所についての時系列結果を図 2.3 に示す. x, yの表記は最大分布図の軸と一致している.



図 2.3 波圧の時系列結果

2.3.5. 流速の時系列

入射波高 5.0m,入射角度 27 度のケースについて,植生付近とブロックが散乱していた 付近の流速の時系列を示す.ここでは,プラスしか示していない.また,最後に x=206m, y=151m についての拡大図を示す.これをみると,格子間隔が 50cm では先端流速が捉え切 れていないことが推測される.





2.4 ここまでの考察

ここまで,波高 5.0m,入射角度 35 度であれば,被害推定場所がすっぽり入るくらい浸水することがわかった.防波堤の横から回り込んだ波の影響が大きい可能性があることを示している.また,陸地に浸水した水の流速は,最大値では,10m/sを越えるような波が来来襲している.これは 1m 程度の浸水高さであるので,射流となった勢いのある流れが相当に流れてきていることとなる.また継続時間も 2.5s 程度と長い.仮に,10.0m/sを越えている時間が 2.5s 程度あると,被災場所にある 100kg のブロックの場合は,約1.2 トンの力を 2.5s 程度受けることになる.っまり,加速度が 12m/s² となるため,一波で 37.5m 流される計算になる.仮に 5.0m/s であれば, 3m/s² となり,一波で 9.4m 流される.いずれにせよ,上記のような波が来た場合は,一端飛散したブロックが 100m 程度先に移動する可能性はあることになる.

今回の計算では越波力が2トン程度と小さい.衝撃的な波力も計算されているが、緩や かな全体荷重のほうが多い.よって、破壊形態も押抜きせん断破壊になるよりも全体的な 曲げ破壊に近くなったと考えられる.ただし、スロープなど局所的な地形のでこぼこが反 映されていないことや、格子が粗い影響による波圧の減衰は生じていると考えられるため、 衝撃的な力はその数倍程度は作用している箇所が局所的にある可能性は十分に考えられる.

[参考文献]

有川太郎・山野貴司・秋山 実(2007):数値波動水槽における砕波変形計算の高度化,海 岸工学論文集,第54巻, pp.71-75





図 8 空間波浪変形 (60s まで,波高 5.0m,入射角度 27 度)





図 9 空間波浪変形 (砕波している様子,波高 5.0m,入射角度 27 度)

[参考資料]

・コンクリート版の破壊・変形に関する考察

有川ら(2007)では、コンクリート版の破壊・変形に関して大規模な実験を行い、その報告 をしている.それによると、図参1のようなコンクリート版を水路に設置し、図参2のよ うな衝突力を持ち、最大圧力に関する鉛直分布を持つ波力を作用させた.そうしたところ 版厚 6cm では完全な押抜きせん断破壊が生じ、10cm ではヒビが入り全体破壊にいたった (図参3).そのため、設計強度の4倍程度以上の衝撃波力が作用すると壊れる破壊に至る ことがわかった.それらの一連の実験から、図参4のような破壊の違いが見て取れる.今 回の歩道などの破壊の様子からどの程度の力が作用したかの参考になるかもしれない.た だし、歩道の下が空洞でないと成り立たない.





図参1 コンクリート版の図面・設置の様子



図参2 作用させた圧力分布



図参3版厚による破壊の違い(左6cm,右10cm)



図参4 壁面強度による衝撃力と破壊形態の違い

参考文献

有川太郎・中野史丈・大坪大輔・下迫健一郎・石川信隆(2007): 遡上津波力による構造物の破壊・変形挙動の検討,海岸工学論文集,第54巻, pp.841-845