

II-32

砕波持続領域内の圧力変動に関する一考察 — 没水構造物による —

○名古屋大学大学院 学生員 川崎 浩司
名古屋大学大学院 学生員 安藤 敏宏
名古屋大学大学院 フェロー 岩田好一朗*

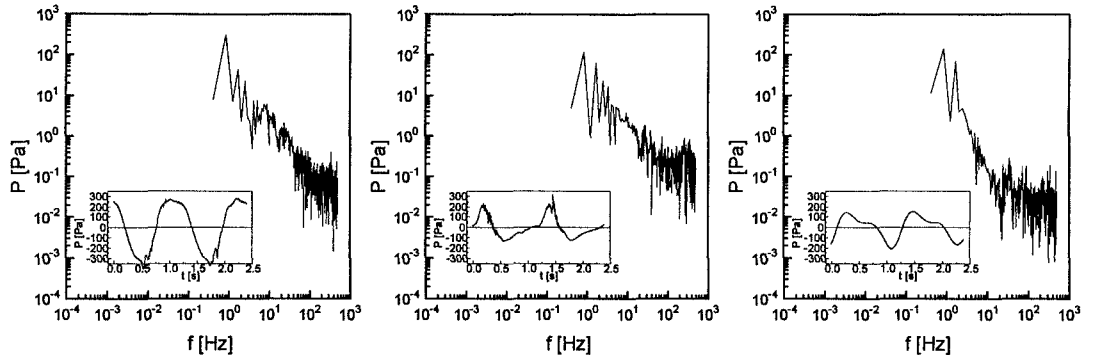
1. はじめに: 今まで, 没水構造物による砕波特性および構造物周辺の流速場特性について多くの議論が行われてきたが, 砕波による乱れが継続している領域の内部機構については十分に解明されていない. 渦や砕波によって生じる圧力の高周波数成分が音の発生機構に起因していることを踏まえて考えると, 高周波数の圧力変動と砕波持続領域の間で何らかの関連性があることが予想できる. そこで, 本研究では, 2次元波動場に置かれた没水構造物周辺の水中および空中の圧力変動を計測することにより, 砕波に伴う圧力変動特性を, 砕波持続領域と関係づけて議論しようとするものである.

2. 水理実験: 名古屋大学の2次元造波水槽(長さ25m, 幅0.7m, 高さ0.9m)を用いて, 一様水深($h=40\text{cm}$)に設置された不透過性の矩形型没水構造物周辺における圧力変動の特性を明らかにする水理実験を行った. 作用波はすべて規則波であり, 周期 T を1.2sとし, Spilling-Plunging(S-P)型砕波および二段砕波の2つの砕波形式による違いについて検討するために, 入射波高 H_i を6.0, 8.6cmの2種類採用した. 構造物の幾何スケールは, 無次元堤幅 $B/L_i=0.2$, 無次元天端水深 $R/h=0.2$ と固定した(B, L_i, R はそれぞれ堤幅, 入射波長, 天端水深). 圧力の時間変動を, 構造物沖側から岸側にわたる約400cmの範囲において静水面から鉛直下向きに8cmの水中および上向きに10cmの空中の2地点で, 超小型マイクロホン(音圧計)を使用して計測した. また, 構造物周辺の波の挙動を8mmビデオカメラで撮影し, 30コマ/秒ごとの静止画像から, 砕波形式, 砕波位置, 砕波持続領域などを読みとった. 実験解析方法として, 計測した圧力の時間変動を1/1000sでAD変換し, FFT法を用いて各周波数成分に分離した.

3. 実験結果およびその考察: 各地点で計測した水中圧力の時間変動と圧力スペクトル分布を同時に図示した図-1に示すように, 非砕波および波の再生領域(図-1(c))では圧力の高周波数成分が顕著に認められないものの, 砕波が持続している領域(図-1(a), (b))においては高周波数成分(20~200Hz)が卓越しており, 砕波により波動音が発生している可能性が高い. なお, 本実験では, 構造物がない場合の圧力変動も計測しているが, この結果から, 200Hz以上の高周波数成分については造波装置や岸側に設置されている消波装置から発生する音を含むノイズとみなしている. また, 水中圧力の時間変動についてみると, 砕波継続領域において, 高周波数成分の発生は主に波の峰で確認できる. ここでは図示していないが, S-P型砕波の場合も同様な傾向が得られた. しかし, 図-1(a)に示すように, 二段砕波の場合で構造物前面付近では, 構造物上の強い戻り流れの影響から, 構造物前面で砕波するとともに大規模な渦が形成されるため, 波の峰と谷の両位置で圧力の高周波数成分の発生が認められる. 以上のことをまとめると, 砕波によりある特定の高周波数帯の波動圧が卓越することが確認できる. 図-2に例示するように, 砕波によって生じる高周波数の圧力変動の特性をより詳細に議論するために, 構造物がない場合の入射波の圧力スペクトルの値を差し引いて, 砕波の影響により圧力レベルが増大する部分のみ抽出した圧力差スペクトルについて考察する. 砕波が持続している領域(図-2(b), (c))では, 20Hz以上の高周波数成分が卓越しているが, 波が再生している領域においては, その周波数帯の成分は明瞭に認められない. このことから, 砕波の影響により20Hz以上の高周波数成分の圧力が発生していると推察される. つぎに, 砕波による圧力の空間変化について検討するために, 各地点での20

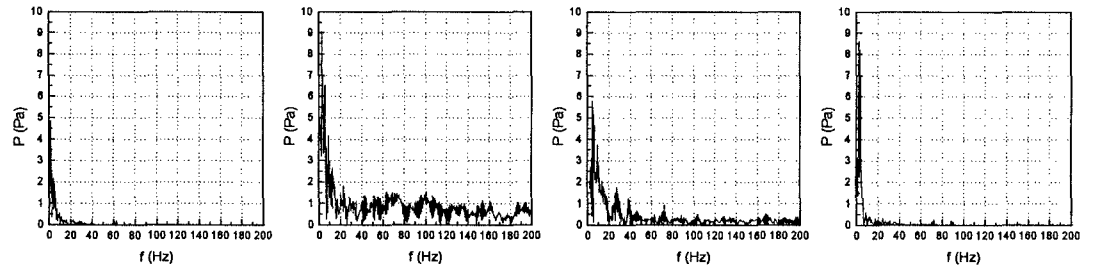
キーワード: 砕波持続領域, 圧力変動, 圧力スペクトル, 強制砕波, 没水構造物

*)連絡先: 〒464-01 名古屋市中種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL/FAX 052-789-4634



(a) 構造物前面（砕波点付近, $x/L_1=0.0$ ） (b) 砕波持続領域 ($x/L_1=0.2$) (c) 波の再生領域 ($x/L_1=0.8$)

図-1 $z=-8\text{cm}$ での水中圧力の時間変動と圧力スペクトル分布（二段砕波の場合）



(a) 非砕波 ($x/L_1=-0.2$) (b) 砕波点直後 ($x/L_1=0.0$) (c) 砕波持続領域 ($x/L_1=0.2$) (d) 波の再生領域 ($x/L_1=0.4$)

図-2 $z=-8\text{cm}$ での水中圧力差スペクトル（二段砕波の場合）

～200Hz までの圧力差スペクトルの積分値を示したのが図-3であり、●、■はそれぞれ S-P 型砕波、二段砕波の場合を示す。なお、図中の B.P. は砕波点を表す。図より、砕波形式に関係なく、構造物周辺で急激に圧力差スペクトルの積分値の増大が確認できる。このことから、砕波および構造物隅角部で形成される大規模渦

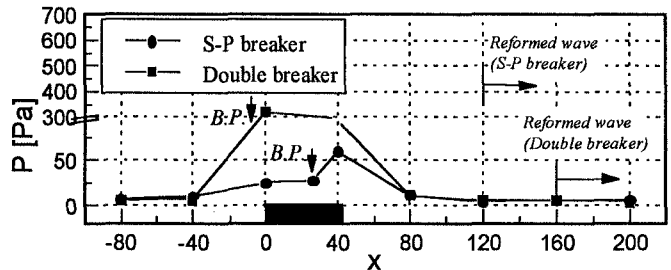


図-3 水中圧力差スペクトルの20～200Hzの積分値の空間変化

の影響により高周波数の圧力が発生していることが確認できる。しかし、二段砕波の場合、画像解析から確認しているように、砕波規模がかなり大きいので、S-P 型砕波に比べて構造物がない場合との圧力差がかなり大きくなっていることがわかる。構造物岸側背後では、圧力差スペクトルの積分値は徐々に減少し、図中に示す画像解析から観察された波の再生位置より沖側の地点 $x=100\text{cm}$ 付近で、ほとんど0に近い値となっている。このことは、砕波による乱れによって生じた高周波数成分の圧力変動が流体内部より自由表面付近で卓越することを示しており、砕波による乱れと高周波数の圧力変動の相関性はかなり強いことが明らかである。紙面の制約上図示できないが、空中の音圧を含む圧力変動については、水中の圧力変動に比べてかなり小さいものの規則的に変動していることを確認している。

4. おわりに：本報告では、没水構造物による砕波持続領域の内部機構について、今まで検討されてなかった高周波数の圧力変動と関連づけながら水理実験により議論してきた。実験結果から、砕波が持続している領域でのみ 20Hz 以上の高周波数圧力成分が卓越しており、砕波により波動音が水中で発生している可能性が高いと考えられる。今後、砕波の内部構造を波動音の発生メカニズムと関連づけて考究していく所存である。