

人工リーフ上における波頂前面砕波時の乱れ特性に関する実験的研究

金沢大学大学院

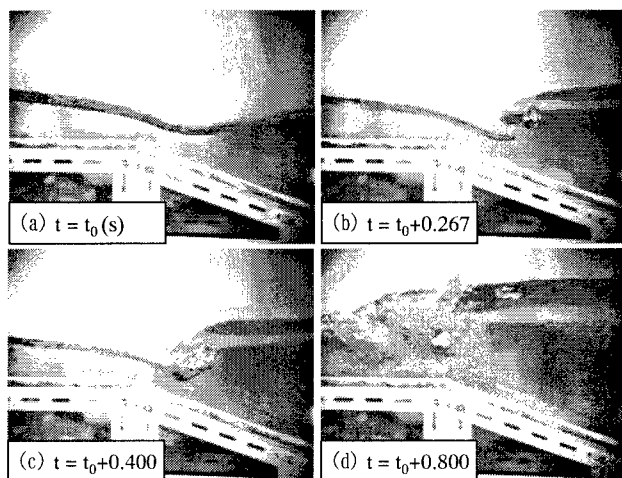
○村田康友

金沢大学工学部 正会員 斎藤武久・石田 啓

1. はじめに 人工リーフ上の特異な砕波形態の一つとして、著者らは、写真-1に示す波頂前面砕波¹⁾を既に報告した。この場合、波峰の進行方向前面部（波頂前面部）で砕波は発生するが、波頂部は砕波に至らず天端へ乗り上げるため、透過率が極めて高いことが明らかになっている。また、人工リーフ法先部面の底質移動機構に資するデータ取得を目的に、法先底面付近での位相平均速度（質量輸層流）および加速度特性の計測を行い、波頂前面砕波時には、人工リーフ法面および法先底面近傍で岸向きの逆転層が存在し、逆転層内の加速度の最大値は、冲向きに卓越することが確認されている²⁾。本研究では上述した内部流速特性に加え、浮遊砂量の運動機構に寄与すると考えられる乱れ特性^{3), 4), 5)}に着目し、波頂前面砕波時の乱れ特性について考究する。

2. 実験装置および実験方法 図-1に実験装置の概要を示す。人工リーフ模型には骨格のみ鋼製とするアクリル製の不透過型模型を採用した。入射波は、波高 H が 2.0～10.0cm で周期 T が 1.0～2.0s の規則波を用い、水深 h を変化させることによって天端水深 R を変化させた合計 19 ケースについて実験を行った。内部流速の計測には LDV (TSI 社製) を用いた。なお、実験に用いた LDV (4W アルゴンレーザーを使用) は、水平および鉛直流速の同時計測が可能である。ただし、鉛直方向流速に比べ水平方向流速が卓越する底面周辺において、水平および鉛直方向流速のサンプリング周波数を同時に 400Hz 以上に保持する⁵⁾ことは困難であった。このため、本研究では、水平方向流速のみに着目してデータの整理を行った。流速の計測断面は水槽側面より 5cm 離れた鉛直断面とし、底面より 1cm までは 2mm 間隔、1～3cm までは 4mm、3～5cm までは 5mm、5cm 以上は 2.5cm 間隔で設け、水平位置を法肩から法先を含む 1.1m の範囲で 10 点とし、各入射波に対して合計約 180 点(図-1 参照)で計測を行った。波高および流速の計測は、造波開始から約 200 秒経過後の 100s 間を対象とした。なお、LDV 計測では、不等間隔に計測されたデータを 100Hz 間隔のデータとなるように内挿した。

3. 実験結果および考察 図-2 に波頂前面砕波時の水位振幅および質量輸層流の空間分布の一例 ($H=7.6\text{cm}$, $T=2\text{s}$, $R=10\text{cm}$, $h=30\text{cm}$) を示す。図中の横軸は入射波の波長 L で x を除した無次元数を表す。図より、人工リーフ沖側では、法肩を腹とする部分重複波が形成されていることが分かる。また、法肩付近の天端上では強い冲向きの質量輸送流が発生している。さらに、底面付近では、質量輸送流に岸向きの逆転層が発生することが分かる。次に、図-2 中の $x/L=-0.015, -0.031$ および $0.046, 0.138, 0.184, 0.215$ の位置でのパワースペクトルの変化を図-3 中に示す。なお、 $x/L=0.046$ 付近が波頂前面部での砕波点位置に相当する。また、比較の基準として、 $S=0.01f^{5/3}(\text{m}^2/\text{s})$ を図中に破線で示す。図より、法先から法面および天端上の全ての計測点において、入射波の周波数 0.5Hz をピークとする倍周波成分のスペクトルが確認できる。このことは、波頂前面砕波時において、人工リーフ法面において波頂前面部で砕波は発生するものの、波頂部が砕波することなく天端上へ乗り上げることに対応している。また、高周波領域では、スペクトルが $f^{5/3}$ に比例する領域が確認できる。ただし、計測点が底面に近づくにつれて、低・中周波領域のスペクトルが高周波領域に移行してきていることが分かる。同様な傾向は底面粗度を伴う一様斜面上の砕波の場合にも確認されている⁴⁾。さらに、底面極近傍に対応する図-2 中の逆転層内では、中・高周波領域において卓越したスペクトルが確認できる。続いて、図-4 に $x/L=0.046$ における水平方向の平均流速 $\langle u \rangle$ およ

写真-1 波頂前面砕波 ($H/h=0.27$, $h/L=0.092$, $R/h=0.33$)

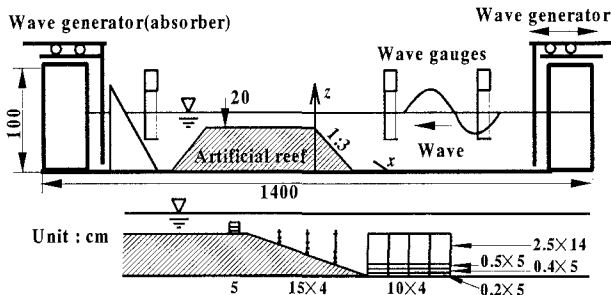


図 - 1 波実験装置

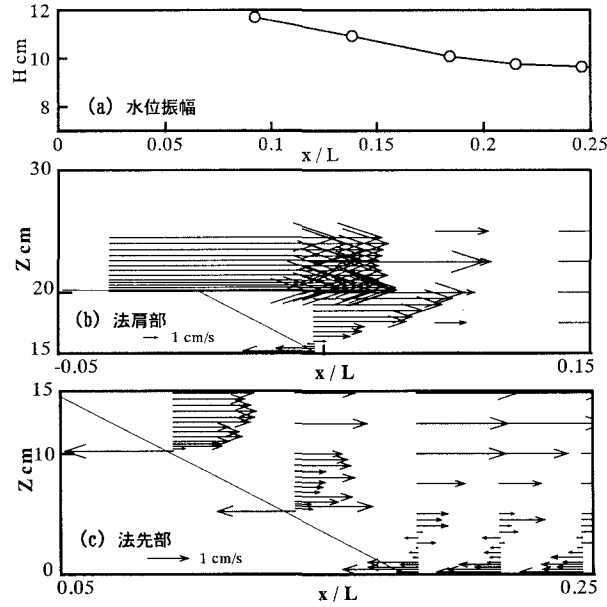
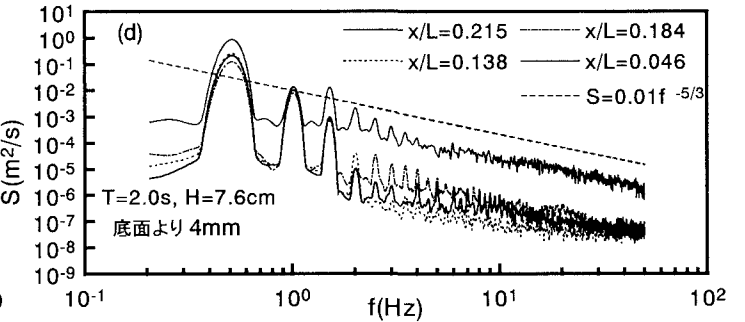
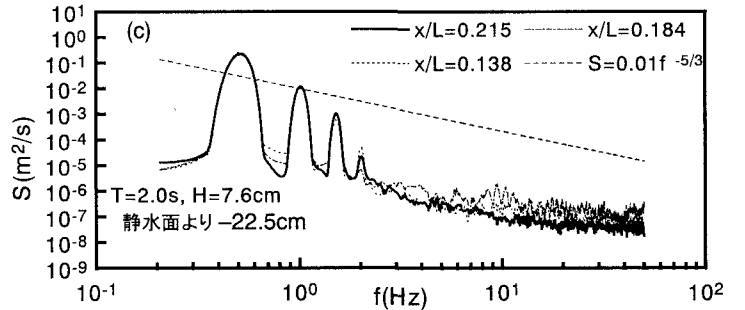
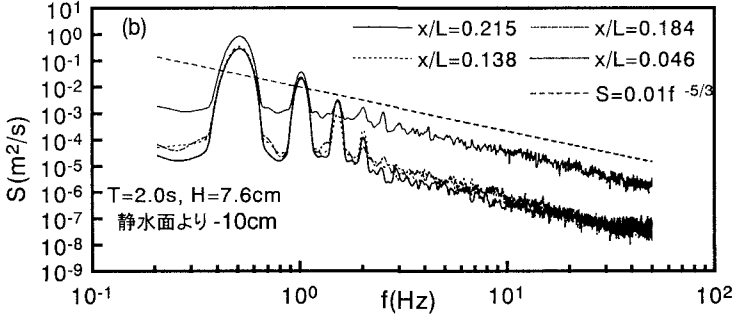
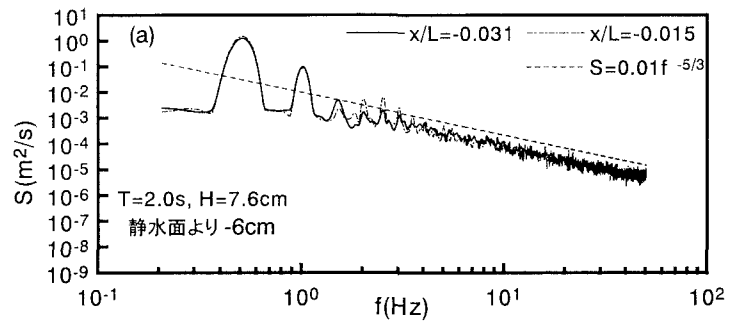


図 - 2 質量輸送流 ($H=7.6\text{cm}$, $T=2\text{s}$, $R=10\text{cm}$, $h=30\text{cm}$)

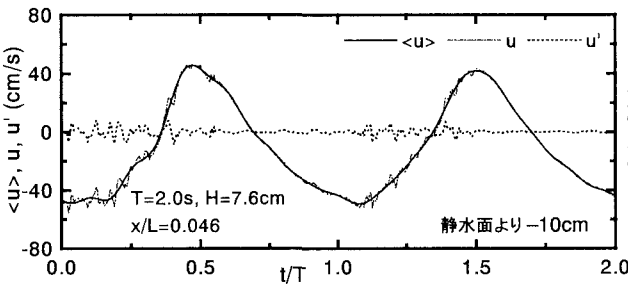


図 - 4 水平方向流速の乱れ成分 ($R=10\text{cm}$, $h=30\text{cm}$)

図 - 3 水平方向流速のパワースペクトル ($R=10\text{cm}$, $h=30\text{cm}$)

び乱れ成分 u' の時間変化を示す。平均流速と乱れ成分の分離には多くの手法が考えられるが、本研究では、閾値を 4Hz とする数値フィルターを用いて分離を行った⁵⁾。図より、水平方向流速が負から正の位相へ渡る 1/4 周期間に乱れ成分が大きくなっていることが分かる。同様の傾向は、底面の極近傍付近でも確認された。

4. まとめ 本研究では、人工リーフ上における波頂前面砕波時の内部流速特性として乱れ特性に着目し、LDV 計測による詳細な流速データのスペクトル解析および水平方向流速の乱れ成分の分離を行い、それぞれの空間的な分布特性を提示した。結果として、人工リーフ上における波頂前面砕波時の場合、法先から法面および天端上法肩付近において、入射波の波動性が強く保持されていることが分かった。また、水平方向流速の乱れ成分は水平方向流速が負の位相から正の位相へ渡る 1/4 周期間に大きくなっていることが分かった。

参考文献

- 1) Saitoh, T and H. Ishida : Kinematics and Transformation of New Type Wave Front Breaker over Submerged Breakwater, The 4th Int. Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, ASCE, in press.
- 2) 斎藤武久・石田 啓・大平英継 : 人工リーフ上における波頂前面砕波の内部流速特性, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.926-930, 2001.
- 3) Ting, F.C.K. and J.T.Kirby : Observation of undertow and turbulence in a laboratory surf zone, Coastal Engineering, 24, pp.51-80, 1994.
- 4) 岡安章夫 : 砕波帯における粗底面上の流速特性, 海岸工学論文集, 第 43 巻, pp.41-45, 1996.
- 5) 榊山 勉・P.L.-F.Liu : 消波ブロック被覆堤による乱れに関する研究, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.881-885, 2000.