

衝撃砕波力作用時における磁歪式振動発電デバイスの発電特性

金沢大学 学生会員○岩倉浩土 金沢大学 学生会員 松井良允

金沢大学 正会員 斎藤武久 金沢大学 上野敏幸

1. 研究の目的

海岸・海洋構造物の被災プロセスを把握することは、粘り強い構造に代表されるような構造設計を行う上で必要不可欠といえる。しかしながら、多くの場合これらの構造物の被災は、被災後の状態が把握されるだけで、被災にいたるプロセスがデータとして取得できることは極めてまれである。これは、計測機器の電源確保が困難な僻地での無人常時観測の困難さによるところが大きいとも考えられる。

これに関連して、著者ら¹⁾²⁾³⁾は波エネルギーを利用した磁歪式発電デバイスの開発を進め、波エネルギーを用いた微小電力発電に成功している。この中では、**図-1**に示す浮体式、さらに**図-2**に示す構造前面での波受け板を利用し、波の運動を用いて磁歪式振動デバイスに振動を誘発することを試みている。ただし、磁歪式発電デバイスの発電では比較的高周波な振動が要求されるため、**図-3**に示すような磁石を用いて浮体および波受け板の脱着時二誘発される高周波な磁歪材の振動をアップコンバートシステムで実現していた。

本研究では、これに続いて、このアップコンバートシステムを用いることなく発電可能な発電方式を提案する。具体的には、砕波に伴う衝撃力を外力として用い、振動発電デバイスへの高周波な振動を誘発する方法である。

2. 実験装置および実験方法

本研究では**図-4**に示す一端に吸収式造波装置を有する二次元造波水槽内に**図-5**のような護岸模型前面へ発電デバイスを設置し、水深 $h=50\text{cm}$ のもとで入射波高 $H=14.9\sim 18.5\text{cm}$ 、周期 $T=3.0\text{s}$ の規則波を作用させた。実験では、護岸前面での水位変動および振動発電デバイスによる出現電位差を計測し、柱体デバイスへ砕波に伴う衝撃力が作用する場合の発電特性を整理した。なお、デバイスの設置位置は柱体の没水深 R を $R=5, 15, 25\text{cm}$ と変化させ、計9ケースの実験を行った。

3. 実験結果および考察

図-6に砕波作用時のスナップショットを示す。衝撃砕波の形態はブレイキングに伴う砕波波頂部が直接構造物に作用する場合、砕波波頂部が空気塊を巻き込んで作用する場合などの分類が行われているが⁴⁾、本研究では前者を採用している。図より砕波後の波頂上が直接的に護岸も右傾に作用していることが確認できる。なお、この時の砕波波力 F_B に関しては、以下の式(1)および式(2)の合田ら⁵⁾のモデルを用いて試算した結果、作用波力は約 7.5Kg となることを確認している。

$$F_B = \gamma D H_B^2 (C_D K_D (1-\lambda)^2 + C_M \frac{D}{H_B} K_M \sqrt{1 - (1-\lambda)^2} + K_B \lambda X_{\max}) \dots (1) \quad X_{\max} = \left(\frac{\pi D f}{2 C_B} \right) \dots (2)$$

ここに γ は水の単位体積重量、 D は直柱の直径、 H_B は砕波高、 C_D は抗力係数、 K_D は最大抗力算出係数、 λ は

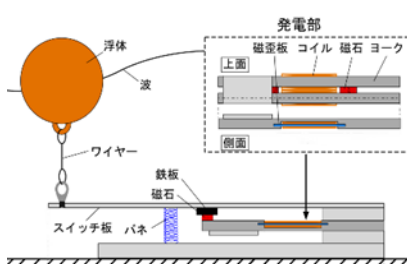


図-1 浮体バネ式

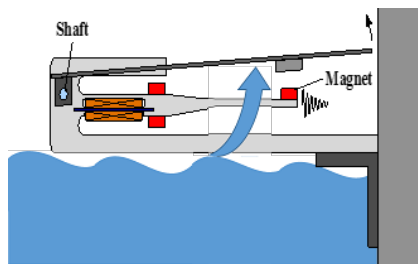


図-2 波受け板方式

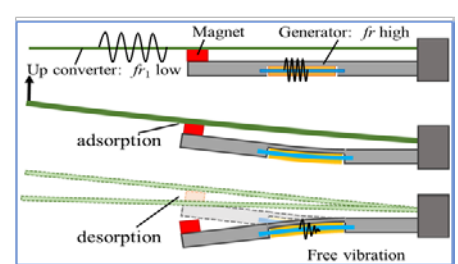


図-3 周波数アップコンバート機構

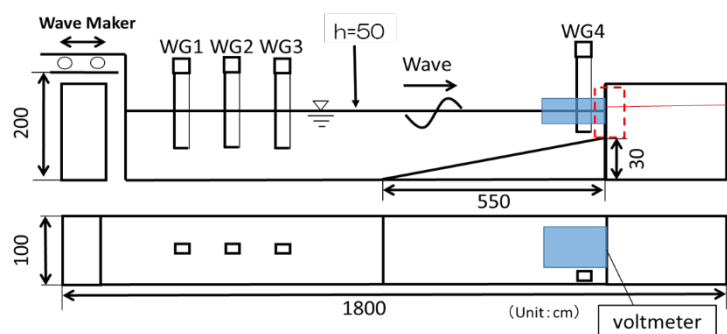


図-4 吸収式二次元造波装置および実験装置詳細

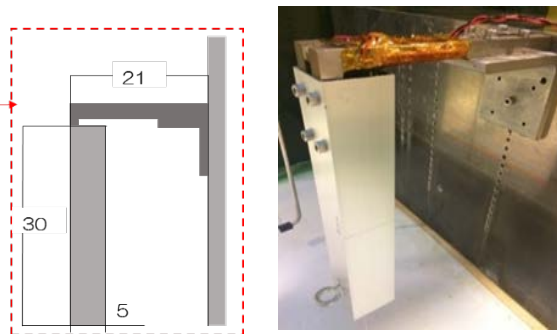


図-5 柱体を設置した振動発電デバイス

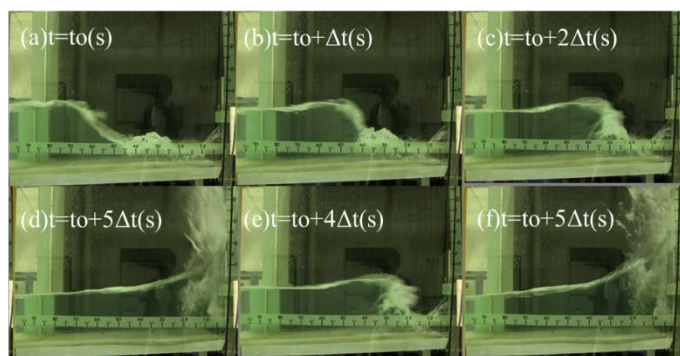
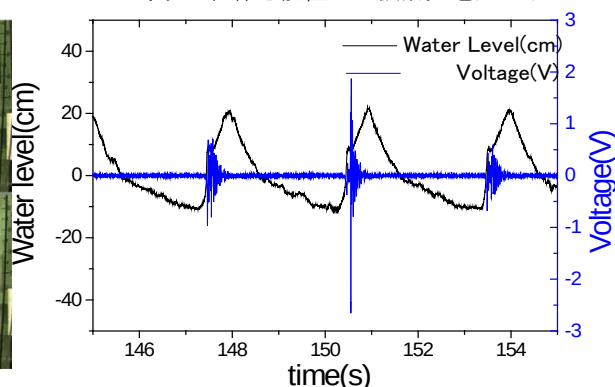
図-6 砕波作用時の状況(入射波高 $H=18.5\text{cm}$, 周期 $T=3.0\text{s}$, 水平床水深 $h=50\text{cm}$)

図-7 砕波作用時における波高および電圧

砕波巻き込み率を表す。また、 C_M は質量係数、 K_M は最大質量力算出係数を表す。式(1)中、右辺第1項が抗力項であり、第2項が慣性力項を表す。また第3項は測定系の衝撃力項であり、 K_B は衝撃砕波力算出係数、柱体の直径 D および波速 C_B を含む式(2)で表される。

図-7 に上述の砕波作用時に取得された発電電位差の時間変化を示す。図より、砕波作用時に出力電位差が立ち上がり、振動継続時間は 0.28ms に達している。振動デバイスを空中で加振した場合の振動継続時間は 0.4ms であったことから、水中での設置にともない振動継続時間の減少はみられるものの減少の割合は 30% に留まっていた。

以上の出力電位差について、一回の発電時の出力電位差から計算し、入射波高の違いによって整理した結果を図-8に示す。図より入射波高の増加に伴って発電量が増加することが分かる。この理由の一つとして、没水深の減少による砕波作用点から磁歪材料位置までのモーメントの増加が考えられる。現在、設置条件を3箇所から10箇所に変更し、デバイスに衝突する、波力の衝突位置の変化および入射波条件を変化させて実験を行っている。詳細に関しては発表当日に報告を行う。

参考文献

- 1) 上野敏幸：磁歪材料を用いた振動発電, Magnetics Japan, Vol.6, No.4, pp140-145, 2011.6.
- 2) 斎藤武久・我妻純平：磁歪材料を用いた振動発電デバイスによる波浪エネルギー利用に関する研究, 土木論文集 B2(海岸工学), Vol.72, No.2, pp. I_1543-I_1548, 2016.
- 3) 斎藤武久・我妻純平・上野敏幸・北翔太：磁歪材料を用いた振動発電デバイスによる波浪エネルギー利用に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.B2-70, No.2, pp.1306-1310, 2014
- 4) Hattori, M., Arami, A. and Yui, T.: Wave impact pressure on vertical walls under breaking waves of various types, Coastal Engineering, Vol.22, 1-2, pp.79-114, 1994.
- 5) 合田良実・原中祐人・北畑正記：直柱に働く衝撃砕波力の研究, 港湾技術研究報告書第5巻6号, pp2-29, 1996.

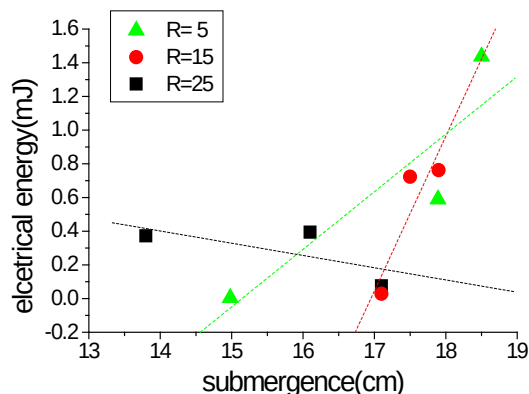


図-8 没水深の違いに伴う継続振動一回当たりの発電量の変化