

建設省土木研究所 正 員 橋本 宏

○ 建設省土木研究所 正 員 山口 修

1. 緒言 著者らはこれまで現地海岸における長周期波の挙動について検討を行ってきたが、その結果、砕波帯付近には長周期の水面変動が存在することが確められ、その一部については発生機構と形態を明らかにすることができた。しかしながら長周期波の発生要因には種々のものが考えられ、その形態も様々であること、また現地海岸の複雑な海底地形の影響をうけて、存在する長周期波もかなり変形していること、さらには現地海岸において平面的な波高分布を正確に測定することは非常に困難であること、などから多くの要因が錯綜する現地海岸ではその発生要因を特定することは容易ではない。したがって、条件をできる限り単純化した実験を行ない長周期波の発生機構や形態について実験的な検討を行なうことは意義のあることと考えられる。本報では長周期波の発生、共鳴機構について実験的に検討した結果を報告する。

2. 実験の概要 実験は2次元水路と平面水槽において実施したが、ここでは主として平面実験の結果について報告する。平面実験では、まず急勾配斜面に規則波をあてた場合に発生する長周期波について検討し、さらに発生した長周期波の共鳴機構についても検討を加えた。想定した長周期波発生メカニズムは、長周期波の周期と Radiation stress の変動周期を一致させるもので、これによって共鳴現象を引き起こすものである。実験は赤羽支所内の平面水槽(30m×8m×1m)で実施した。図-1には実験装置図と波高測定位置を示す。斜面は1/10で製作しており、水深は50cmで一定とした。波高分布の測定は水路の横方向と縦方向について行なったが、図-1には縦方向の測定地点のみを示した。また斜面と造波板の間に波高計を置いて、これを沖波用の波高計とした。測定は波が定常状態になってから3分程度実施した。実験は規則波と不規則波(図-2に示すように振幅を一定周期で変化させて Radiation stress の変動を与えた波)の2種類の実験を行なった。

3. 対象とする長周期波 図-1のような水槽において励起される edge 波の周期は、水槽の側壁で流速が0になるという条件を代入することによって次式で求められる。

$$T_e = 2\pi \sqrt{\frac{b}{m\pi(2n+1)g \tan \beta}} \quad \left(\begin{matrix} n=0.1 \cdots \\ m=1.2 \cdots \end{matrix} \right) \text{ (秒)} \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここで、 b は水槽の幅、 g は重力の加速度、 $\tan \beta$ は海底勾配である。

また水槽の縦方向の固有振動周波数は波が長波の速度で斜面と造波板の間を進行するとすれば図-1の記号を参照して次のようになる。

$$f_m = \frac{m\sqrt{gh}}{2(l_0 + 2l_1)} \quad (m=1, 2, 3, \cdots) \quad \cdots \cdots (2)$$

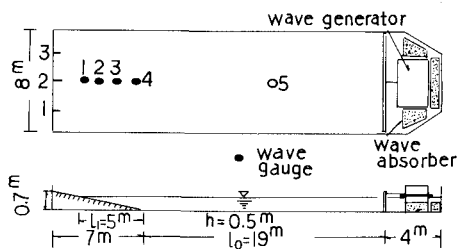


図-1 実験装置

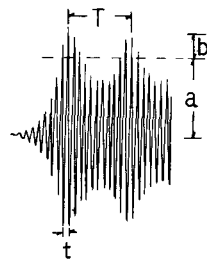


図-2 不規則波

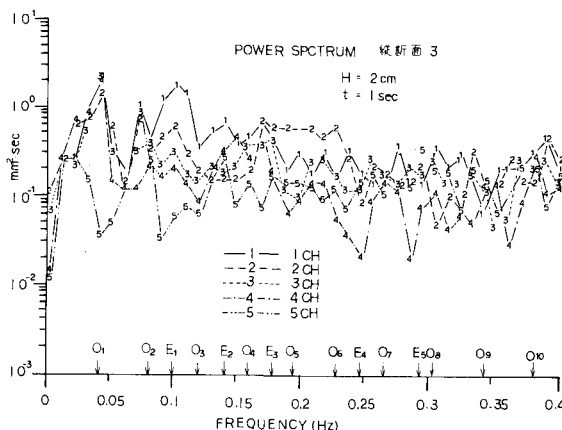


図-3 スペクトル解析結果(規則波)

実験では主として以上の2つの長周期波を対象とした。

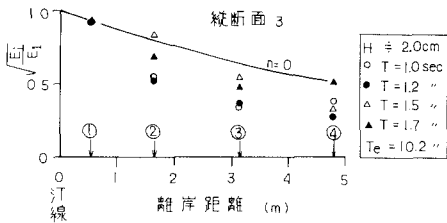


図-4 波高分布 (edge 波)

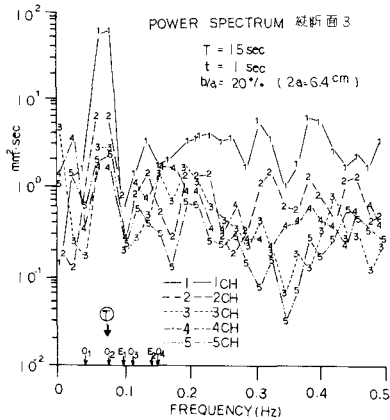


図-5 スペクトル解析例 (不規則波)

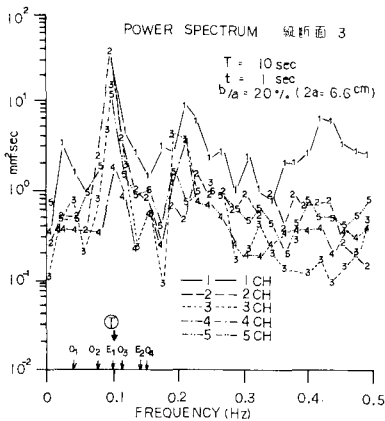


図-6 スペクトル解析例 (不規則波)

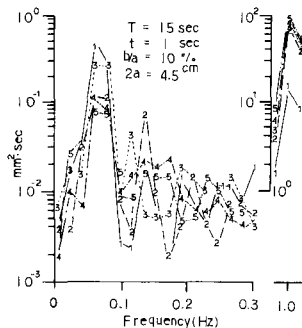


図-7 2次元実験結果

4. 実験結果 4.1 規則波の場合 実験は波高(H)が2 cmと6 cmについて実施したが、図-3にはH=2 cm、周期1秒の場合に測定されたスペクトルの代表例を縦断面3について示す。図中には式(1)と(2)から求められる edge 波と固有振動の周波数も示している。図からわかるようにエネルギー密度が他のピークに比べて比較的大きい $f = 0.038 \text{ Hz}$, 0.072 Hz 付近のピークは固有振動のモード $m = 1$ と 2 に対応し、 0.1 Hz

付近のピークは edge 波の $n = 0$, $m = 1$ のモードに対応している。図-4は $f = 0.1 \text{ Hz}$ 付近の長周期波が edge 波としての波高分布を満足しているかどうかを調べたものであり、離岸方向の波高分布である。実験値は波高計①における値で正規化した後、その平方根をとり、さらに①における理論値を乗じた形で示している。ここには示していないが、汀線方向の波高分布、各波高計間の位相差も理論値と大略一致しており、ユヒーレンスも相対的に高い。H=6 cmの場合においてもH=2 cmの場合ほど理論値との対応はよくないが傾向は同様である。したがって $f = 0.1 \text{ Hz}$ 付近の長周期波は水槽の境界条件に対応した edge 波と考えられる。

4.2 不規則波の場合 規則波の実験において水槽の固有振動に対応した edge 波と固有振動が発生することが確かめられたため、これらの長周期振動の共鳴機構について検討した。想定した共鳴のメカニズムは入射波の波群の変化を入射波によって発生すると考えられる長周期波の周期と一致させるものである。図-5は波群の変動周期(T)が15秒と固有振動(O_2)に近い場合である。 O_2 のピークは他のピークに比べて大分大きくなってはいるが入射波のピークのエネルギー密度と比べてみるとかなり小さい。 $b/a = 10\%$ の場合には図-5に比べてピークのエネルギー密度はさらに 10^{-1} 程度小さくなる。図-6は $T = 10$ 秒と edge 波(E_1)の周期にあわせた場合である。 E_1 のパワーはかなり大きくなってはいるが、edge 波が共鳴的に発達したと考えられるほど大きなものではない。Radiation stress の変動に対応した長周期波が発生することは、図-7に示すような2次元実験(水路長60 m、幅1.3 m、水深0.9 m、海底勾配1/70、波高計1が最も汀線際)の結果からも確かめられている。したがって平面実験において長周期波のピークが増大した原因は、stress の変動によって発生した長周期波と水槽の境界条件に対応して発生した長周期波が単に重なったためであり、両者の相互干渉による共鳴的な発達とは認められないようである。

5. 結言 本報で取上げた長周期波発生及び共鳴の機構は考えられるものの中の一部にすぎない。また、実験を行なった海底勾配も一種類のみであり、海底勾配は長周期波の発生・変形過程において重要な因子と考えられることから勾配の異なる斜面では今回の実験とはかなり異なる結果が得られる可能性もある。今後さらに詳細な検討が必要である。