

II-19

海底勾配を有する海域に設置した大型浮体の津波応答に関する実験

岩手大学 工学部 学生員 ○鈴木隆裕・劉 曉東
正 員 堺 茂樹

1. 緒言

近年、沿岸域での空港あるいは処理場等の建設用地として浮体式人工島が注目されている。この主な理由としては、埋立式人工島に比べ周辺海域環境への影響が少なく、建設経費の縮減等が期待できることなどがあげられる。大型浮体式構造物を実現するため、波浪による弾性浮体の応答特性の検討が行われている。特に沿岸各地には頻繁に津波が来襲するため、津波来襲時の大型浮体の応答も検討されているが、いずれも水平床上で問題を扱っている。しかし、大型浮体式海洋構造物の長さとは幅は km のオーダーであるため、浮体下の水深は大きく変化することを考えると、浮体の応答に対する海底勾配の影響も無視できない要素であるが、この種の研究は現在のところ皆無である。そこで本研究では、海底勾配を有する海域に設置した大型浮体の津波応答に関する模型実験を行い、浮体の変形の伝播速度、応答変位に対する海底勾配の影響を検討する。また計算の簡略化を図るため、水平床に於ける孤立波理論、長波理論の、斜面上の弾性浮体応答に対する適用範囲を、模型実験との比較から検討する。

2. 実験装置および実験方法

実験は長さ 26m、幅 0.8m、深さ 1m の二次元造波水路を用いて行い、孤立波の造波には吸収式造波装置を用いた。また、反射波の発生を抑制するため、水路後端には同型式の消波装置を設置した。模型浮体として、長さが 10m、板厚が 20mm、10mm、5mm の 3 種類のポリエチレン板を使用した。ポリエチレン板の比重は 0.914、また弾性係数は温度によって変化するが、実験中の水温ではそれぞれ約 452MPa、502MPa、605.5MPa であった。

実験では図 1 のように、水底勾配を 1/50 とし、模型浮体を水路中央に設置した。水深、孤立波の波高などの実験条件は表 1 のとおりである。浮体の前後にある開水域での水位変動を容量線式波高計により計測し、浮体の鉛直変位を超音波式変位計を用いて 30 点で測定した。

3. 実験結果

孤立波が浮体下を通過する間の浮体の鉛直変位と、浮体前後の開水域での水位の時間変化の例を図 2 に示す。水平床（破線）では、浮体の鉛直変位（図中第 2～4 段）は前方開水域での水位（図中最上段）とほぼ同一の波形を保ち、後方開水域（図中最下段）へと透過している。これに対して、水底勾配がある場合（実線）は、水深が浅くなることに伴って、浮体の変形の伝播速度が減少し、鉛直変位は増大する。また浮体下を進行する間に波形の対称性が次第に失われ、非対称化が進むと孤立波本体を先行する分裂波（図中第 4 段）が発生している。水平床では波高水深比が大きいくほど、また浮体が厚いほど分裂が発生しやすいが¹⁾、斜面上の孤立波は、水深の減少と共に浮体と流体の干渉の非線形性が増大し、さらに分裂が発生しやすい。よって図

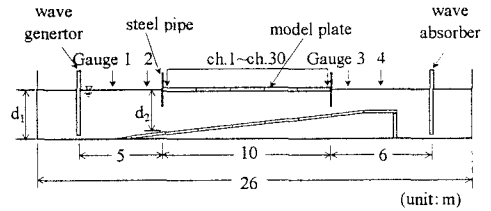


図 1 実験装置

表 1 実験条件

d_1 (cm)	40	45	50	60
d_2 (cm)	30	35	40	50
H (cm)	約 2, 3, 4, 5, 6			

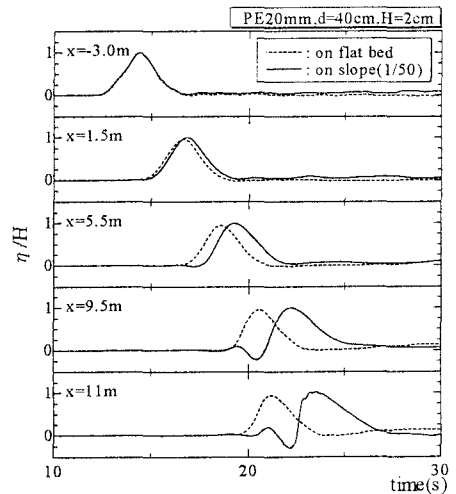


図 2 各点の時系列変位

2 のように水平床では発生しない条件でも分裂し得る。

図 3 は、浮体変形の伝播速度に対する波高水深比の影響を示しており、白丸は実験値、実線は孤立波理論（式（1））による浮体が存在しない場合の波速を表している。実験結果は、水深の減少と共に変形の伝播速度が減少していることを示している。式（1）と比較すると、浮体前端付近は流体運動が浮体と流体の連成運動に変化する遷移領域であり、自由端近傍の運動は弾性体の振動に近いために、完全な連成運動となる中央部より大きな値となるが、中央部での計算値は、浮体変形の伝播速度をよく近似している。図 4 は、変形の伝播速度に対する浮体の厚さの影響を示しており、3 種類の厚さでは、その影響はほとんど見られない。これは、規則波の場合、周期が長いほど浮体の影響が小さいということと類似する。

$$c = \sqrt{gd} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{H}{d} \right) \quad (1)$$

図 5 は、図 3 と同じ条件に於ける浮体の最大変位の実験値（○）、及び長波理論のエネルギーフラックスの保存則から導かれる式（2）による浮体が存在しない場合の波高変化（実線）を示している。波高水深比が小さく、分裂しない場合（最上段）は、水深の減少と共に変位が大きくなり、計算値は実験値にほぼ一致している。これは図 3 で示したように水深の減少に伴い伝播速度が遅くなる現象と対応する。しかし、波高水深比が増大し分裂が発生すると（中段）、実験値と計算値との間にずれが生じる。さらに波高水深比の大きい最下段では、その差がより顕著になる。また図 6 では、5mm 板の実験値と計算値はほぼ一致しているものの、浮体が厚くなるにしたがい差が生じる。以上より、分裂が発生しない場合は浮体の変形を式（2）で近似することが可能であり、分裂の発生と共にその妥当性が失われると言える。

$$\sqrt{gd} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{H}{d} \right) H^2 = \sqrt{gd_0} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{H_0}{d_0} \right) H_0^2 \quad (2)$$

4. 結論

本研究で得られた主要な結果を要約すると、次のようになる。(1) 孤立波による斜面上の浮体の変形の伝播速度は水深の減少と共に減少し、最大変位は増大する。(2) 斜面上では水深の減少に伴い非線形性が増大するため、水平床で分裂しない条件でも分裂し得る。(3) 孤立波理論は、分裂の有無に関わらず浮体変形の伝播速度をほぼ近似できる。(4) 水平床上の長波理論は、斜面上での浮体の応答変位をよく近似するが、孤立波の分裂が発生する場合には、その妥当性は低下する。

参考文献 1) 堺 茂樹・笹本 誠・劉 曉東・影差拓也・平賀健司 (1998) : 津波来襲時の大型弾性浮体の変形について, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.986-900

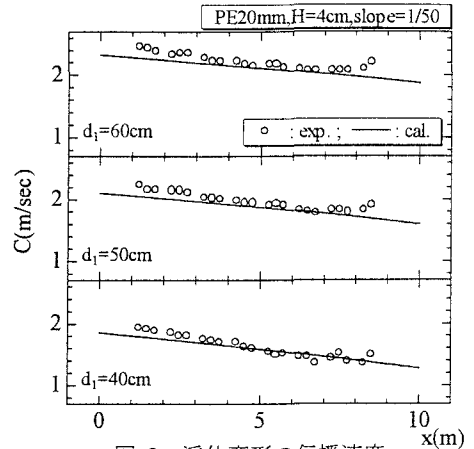


図 3 浮体変形の伝播速度

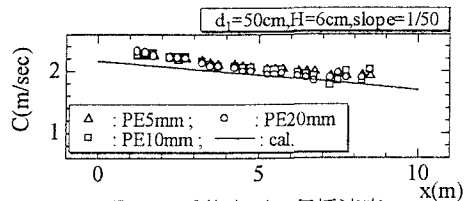


図 4 浮体変形の伝播速度

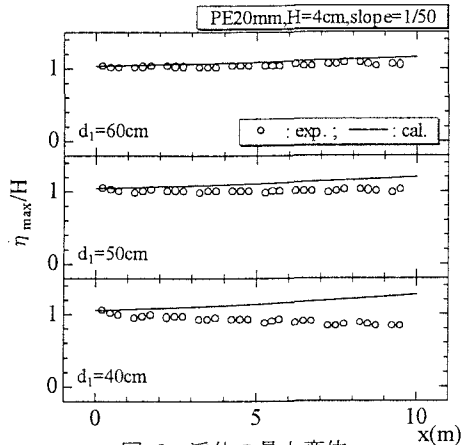


図 5 浮体の最大変位

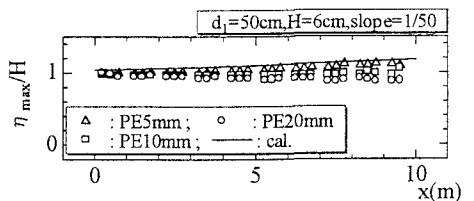


図 6 浮体の最大変位