

孤立波による弾性浮体の変形に関する実験的研究

岩手大学工学部 学生員 ○芋田 功司・影佐 拓也・劉 曉東
 片山 潤之介・平賀 健司
 正 員 笹本 誠・堺 茂樹

はじめに

近年、ウォーターフロント開発や海洋開発に対する関心が高まる中、海面の有効利用と海域環境の保全の両面から超大型浮体式海洋構造物（メガフロート）が注目されている。

地震に伴って地上の構造物が被害を受けるのは、地震波が直接構造物に伝わり、大きな力を受けるからである。メガフロートは海震波の影響を受ける上に、地震によって発生する津波によって甚大な被害を受ける可能性がある。このため浅海域での浮体構造物の津波による動的挙動を明らかにしておくことは、安全性を確保する上で工学的に重要な課題である。浮体構造物の規則波、不規則波による影響はさまざまな検討がなされてきたが、孤立波による影響はこれまでほとんど検討されていない。

以上のことから本研究では超大型浮体式海洋構造物の供試模型を制作し、孤立波の入射に伴う浮体構造物の弾性応答を2次元造波水路を用いて実験を行い検討する。

実験概要

模型実験は、長さ26m、幅0.8m、深さ1mの二次元造波水路を用いて、1/100スケールを想定して行った。実験に用いた供試模型は、幅0.78m、長さ2m、厚さ20mmの平板5枚を接続し、10mの連続板としたものを使用した。平板の材料はポリプロピレン（PP）及びポリエチレン（PE）を用いた。PP板及びPE板の弾性率はそれぞれ3503、884MPaであった。これらは浮体式空港などの設計で用いられている値に相当する。模型前後面の開水域での水位変動を2組の容量線式波高計により測定した。模型の鉛直変位は超音波式変位計を用いて約30点測定し、これを模型下での波形として解析した。孤立波は、水深0.2m、0.3m、0.6m波高0.02m～0.06mの計15ケースとし、開水域および模型下での波高をサンプリングタイム0.01秒で4096点計測した。

実験結果

図-1はPE板を用い、水深0.3m、波高0.03mで造波した時の模型前面の開水域、模型前端から0.5、5.5、9.5m地点、模型後面の開水域の変位を入射波の波高で正規化したものの時間変化を示している。造波した孤立波は模型に進入し、模型前端から0.5mの地点では造波時の形状を保っているが、模型前端から5.5mの地点では孤立波本体が来る前に振動が見られ、さらに模型前端から9.5mの地点に進むと振動は顕著になり分裂する。

図-2は剛性の大きなPP板と剛性の小さなPE板の模型を用い、水深0.3m、波高0.03mで造波した時の模型下の変位を入射波の波高で正規化したものの時間変化を示している。模型前端から0.5mの地点では模型下に進入した孤立波は位相差なくほぼ一致しているが、模型前端から5.5mの地点ではPP板とPE板とでは位相や変位に違いが現れる。これは、PP板とPE板を比べるとPP板のほうが波動が早く伝わるのは板の剛性が大きいためである。さらに模型前端から9.5mの地点に進むとこれらの違いはより顕著になり、剛性が大きい方が分裂が顕著に現れる。

また、変形形状に対する水深の影響を見るために波高と水深の比（H/D）を固定にして水深を変えて実験を行った。図-3は、PP板の模型を用い、水深0.6m、0.3m、0.2mで、H/Dが0.1で造波した時の模型下の変位を入射波の波高で正規化したものの時間変化を示している。模型前端から0.5mの地点では全て分裂はみられないが、水深が0.6mのものは模型前端から5.5m、9.5mとなってもほぼ変わらないのに比べ水深

が浅いと模型前端から5.5m, 9.5mとなるにつれて分裂が大きくなる。

さらに、変形形状に対する波高の影響を見るため、水深を固定し波高を変えて実験を行った。図-4はPP板の模型を用い、水深0.2m, 波高0.2mと0.6mで造波した時の模型下の変位を入射波の波高で正規化したものの時間変化を示している。同水深のため位相差はほとんど見られないが、模型前端から0.5mの地点で既に波高差が出ている。これは模型前端での反射率が波高によって異なるためと考えられる。模型前端から9.5mの地点では波高が0.2mのものはまだ孤立波本体の波高が分裂した波高より大きいのにに対し、波高が0.6mのものは孤立波本体の波高が分裂した波高とほぼ変わらなくなっている。すなわち、波高が大きい方が分裂の度合いが大きくなる。

図-5は模型内のそれぞれの測点での模型の変位の最大値を示している。図中の白丸は波峰を黒丸は波谷を入射波の波高で正規化したものである。ここで波峰と波谷の差が各測点の波高となる。模型下に進入した孤立波は進入した直後に波峰が急激に減少し、その後緩やかに減少を続ける。また、波谷は進入直後はほぼゼロであったものが模型後部ではかなり顕著に現れる。模型後部での負の変位は分裂によって発生した波によるもので、板後端になるほど大きくなる。

結論

本研究では、孤立波の入射に伴う弾性浮体の波浪応答特性を、模型実験の結果から検討したが、ここで得られた主要な結論を要約すると、以下のとおりである。

- 1) 孤立波は模型下に進入した直後急激に波峰が減少し、その後波峰は緩やかに減少を続け波谷は増加するが、各測点の波高はほぼ一定となる。
- 2) 孤立波は、模型下に進入すると模型前面からの距離が増すにつれて分裂する。また、孤立波本体の波高は分裂の度合いが増すにつれて減少する。これは孤立波の持つエネルギーが分裂に伴い分散するためだと考えられる。
- 3) 分裂の度合いは、弾性平板の剛性と水深、孤立波の波高に影響される。分裂の度合いに対する水深の影響は水深が浅くなると波の非線型性が増すためによるものであると考えられる。

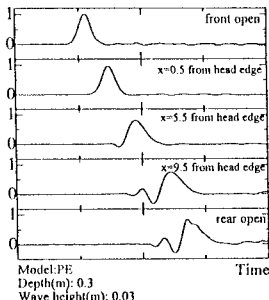


図-1 各測点での変位の時間変化

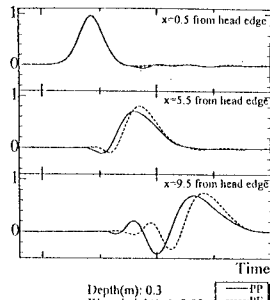


図-2 変形形状に対する剛性の影響

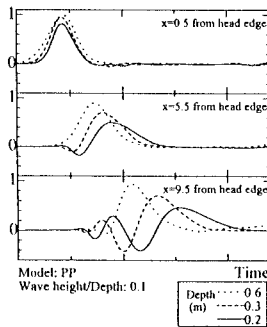


図-3 変形形状に対する水深の影響

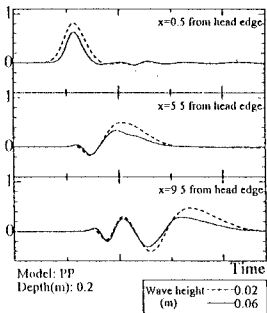


図-4 変形形状に対する波高の影響

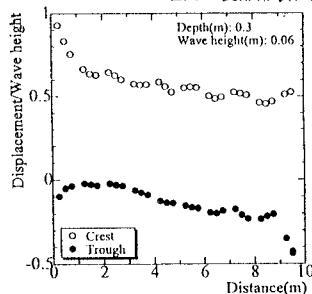


図-5 模型下の波峰と波谷の変位