

スラミング現象を利用した浮体式の反射波低減工について

愛媛大学工学部 正 員 中村 孝幸
復建調査設計（株） 正 員 河野 徹
復建調査設計（株） 正 員 〇上村 稔

1. まえがき：既に著者ら(1997a)は、大水深海域における護岸等よりの反射波の低減工として、水平円柱列よりなる浮体式の反射波低減工について提案し、その効果を実験的に検討してきた。この低減工は、逸散機構として、主に水面付近の部材と波面との衝突現象（スラミング現象）を利用するもので、比較的短周期の波に対して有効であることが確認されている。ここでは、構成円柱の本数を増して、より大型の低減工としたときの効果を明らかにすると共に、反射波の低減効果等の理論的な予測を目的として、著者らの中の一人による減衰波理論（1997b）の適用性について検討する。

2. 実験装置及び実験方法：反射波低減工は、図-1に示すように水面付近に水平円柱が複数本配置してあり、その両側に設けた矩形の浮力体で浮遊するようにしてある。この浮体式低減工は、各矩形浮力体下部に設けた2係留点を介してチェーン係留されている。

水平円柱の構成本数は、上部2本、下部3本（2・3型浮体と称する）と、上部3本、下部4本（3・4型浮体と称する）の2種類を用いた。模型の縮尺には、概略的に1/15を想定している。これら浮体の動的諸量を表-1に示す。

実験には、長さ28m、幅1m、高さ1.25mの2次元水槽を用いた。この水槽には、一端に反射波吸収式の造波装置が設置されている。直立壁を想定した反射壁は、図-2に示すように、造波板より約20mの位置に設けた。この反射壁は、可動式で、浮体模型との間の離岸距離を各種に変化できるよ

うにした。波高計は、図-2に示すように、入射波測定用に1台、反射波測定用に6台の計7台の容量式波高計を用いた。水槽の幅方向に、5台の波高計を等間隔に配置したのは、浮体式低減工が直線的に配列された状態を想定して、平面的な波変形が生じる場合にも対処できるようにするためである。

3. 反射波の低減効果：まず最初に、説明の簡略化のため、スラミング現象に関係する低減工の鉛直動揺の固有振動周期 T_n を波周期とする波長を L_n と定義しておく。図-3は、2・3型浮体による反射率 C_r の周期による変化の代表例を示す。

周期に関する無次元量としては、波長・堤体幅比の L/B および離岸距離・波長比 X_{off}/L の両者が採ってある。ここでは、低減工の鉛直壁よりの離岸距離 X_{off} として、上記した L_n の1.25倍($X_{off}=135\text{cm}$)にしてある。図中には、減衰波理論による算定結果も併せ示す。算定では、中村ら(1997b)の成果を参照して、線形抵抗係数 f_d を0.1として低減工を完全固定した場合とチェーン

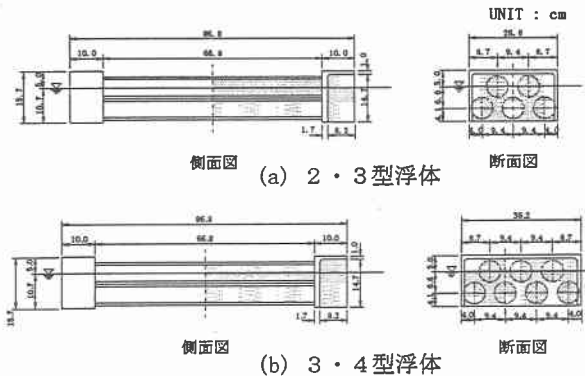


図-1 反射波低減工の模型

表-1 模型の諸量

項目	2・3型浮体	3・4型浮体
長さ	L_B	86.9cm
幅	B	26.7cm
高さ	D	15.7cm
吃水	d	10.7cm
排水重量	W	14.66Kg
重心位置(水面より)	Z_G	-3.2cm
慣性半径	r_x	30.7cm
	r_y	31.2cm
	r_z	8.4cm
鉛直動揺固有周期	T_n	0.852s

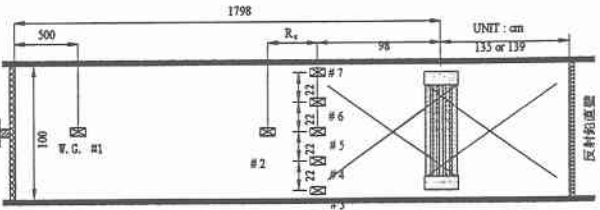


図-2 実験状況

で弾性係留した場合の両結果についてプロットしてある。一方、図-4は、離岸距離 X_{off} を L_n にほぼ等しく($=102\text{cm}$)したときの結果を示す。これらの図の比較から、反射率 Cr は離岸距離 X_{off} により変化しやすいことや $X_{off}/L=1$ 付近で極小値を示すことがわかる。そして、離岸距離を $1.25L_n$ 程度にすると、より広い周期帯($L/B<6$)で反射波を有意に低減できることがわかる。図中に示す減衰波理論による算定結果と比較すると、動揺の影響を考慮した算定結果は、実験結果と定性的な一致度がある程度見られるが、反射率が極小値を示す条件がずれるなどの相違も認められる。この相違は、図中の第2横軸による固定時の Cr の変化に着目するとわかるように、算定結果では離岸距離・波長比 X_{off}/L がほぼ1/4の整数倍の条件下で低下する傾向があり、主に水平流速による乱れの影響を重視する解析になっていることによると考えられる。そして、減衰波理論による近似解析では、部材間の水表面で減衰力を考慮した自由表面条件が使用されているものの、スラミング現象による逸散を十分にモデル化できないと推測される。これについては、中村ら(1993)により提案されているダンパーモデルの導入などを含めて今後の検討課題としたい。

次に図-5は、3・4型浮体の反射率を前出の図-3と同様にして示す。この結果では、低減工の鉛直壁よりの離岸距離 X_{off} として、有効周期帯を拡大できる $1.25L_n$ ($X_{off}=139\text{cm}$)に設定してある。この図と2・3型浮体の図-3を比較すると、3・4型浮体では $L/B<4.5$ で反射率が0.5以下になるなど2・3型浮体より劣る結果となっている。これは、表-1に示すように2・3型浮体と3・4型浮体では鉛直動揺の固有振動周期がほぼ等しく、浮体幅に比例して固有振動周期が増大していないことが挙げられる。そして、3・4型浮体で有効周期帯を拡大するには、重量を増すなどの工夫で対処できると推定される。

最後に図-6は、2・3型浮体の鉛直動揺変位を示す。図中には減衰波理論による算定結果も併せて示す。ここで、鉛直動揺変位は、入射波振幅で除した無次元変位で表してある。実験結果と算定結果は、定性的にほぼ一致しているが、極大変位が現れる条件がずれるなどの相違も認められる。これは、やはりスラミング現象による逸散を十分にモデル化していないことや3次元的な浮体を2次元的なモデルで取り扱っていることなどによる影響と考えられる。

4. 結語：浮体式低減工による反射波の低減効果は、設置離岸距離や固有振動周期に左右される。減衰波理論では反射波の低減効果や動揺変位を十分に予測できず、スラミング現象による逸散を直接的に採り入れたモデル化が必要になることなどが判明した。

参考文献：中村他(1997a)海洋開発論文集13巻, pp.597~602. 中村他(1997b)海講論文集44巻, pp.856~860. 中村他(1993)海講論文集40巻, pp.791~794.

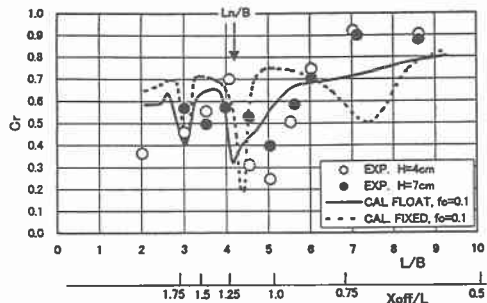


図-3 2・3型浮体の反射率($X_{off}/L_n=1.22$)

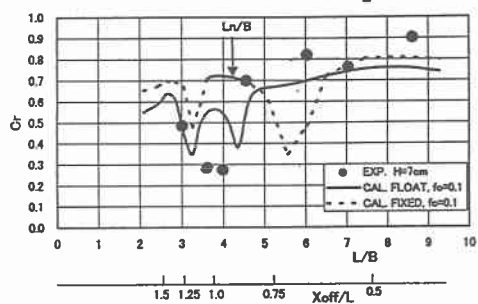


図-4 2・3型浮体の反射率($X_{off}/L_n=0.92$)

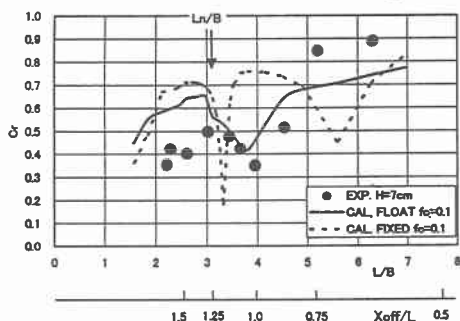


図-5 3・4型浮体の反射率($X_{off}/L_n=1.25$)

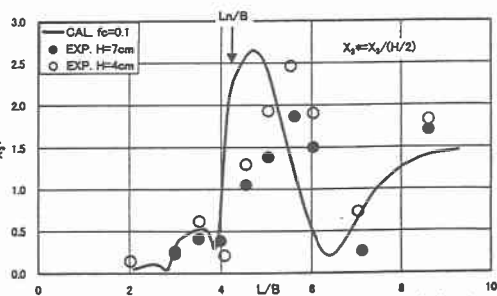


図-6 2・3型浮体の鉛直動揺変位($X_{off}/L_n=1.22$)