

フレキシブルな膜体構造物による波浪変形

豊橋技術科学大学 学生員 ○松園昌久

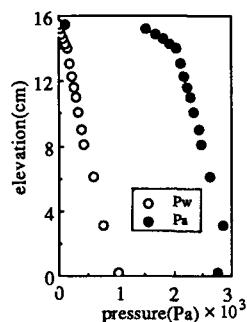
同上 正員 和田 清・中村俊六

1. はじめに 本研究は、景観 (seascaping) や海水交換性に優れている没水型の構造物に着目し、波動運動に順応して構造物形状が自由に変形可能な圧気型の膜体構造物を取り上げ、その設置条件 (没水深、圧気室内圧力の変化) に伴う波の反射・透過特性および構造物通過後の波浪変形の基本的特性を水理模型実験で明らかにしようとするものである。

2. 実験概要 実験は、豊橋技術科学大学環境防災実験棟の2次元鋼製造波水槽 (全長20m、幅0.8m、側壁高0.65m) で行われた。その一端にはピストン式の造波装置 (反射波吸収制御付) が設置されている。使用した模型は、円弧状の2次元模型で、構造物形状が変形自由な flexible 模型と剛体 (不変形) 模型の2種類である。前者は、上部材質がゴム製、下部のそれがビニールによって囲まれた膜体に水を充填した内部水部分と、その下側に圧気室を設けた二重構造の膜体構造物である。この内部水の初期圧力は、外部の静水圧と同程度の状態に設定した。図-1に示したように、内部水圧力 (p_w) は圧気室内圧力 (p_a) の影響を受けて変化する。また実験は、模型を水槽の中央付近に設置し静水深を一定 (47cm) として行い、flexible模型の場合、圧気室内圧力および没水深をそれぞれ3種類変化させた。その実験ケースを表-1に示した。実験波は規則波のみに限定し、反射率および透過率は3点法による分離推定法で求め、代表的な周期に対して模型前後の空間波形を約60cm間隔で計測し、成分波をFFTにより解析した。

表-1 実験ケース

CASE	MODEL	没水率	P_w (Pa)
RA	剛体	0.13	—
RB		0.23	—
FA0	flexible	0.13	0
FA1			392
FA2			715
FB0		0.23	0
FB1			392
FB2			715

図-1 p_w 、 p_a

3. 実験結果および考察 ①反射・透過特性：図-2(a)・(b)は、同一没水深における透過率 (K_T) を無次元浮体長 (B/L) との関係で表したものである ($H/L=1/50$ の場合)。なお、反射率は模型設置条件によって若干異なるが、0.3以下の範囲である。同図から、同一没水深において、 p_w の差異によって透過率の変化傾向が大きく異なることがわかる。すなわち、剛体 $>$ flexible (p_w : 大) $>$ flexible (p_w : 小) の順に透過率が低減しており、 B/L の全領域に対して $p_w=0$ とした場合が最も透過率を小さくできる。これらは、 p_w が減少することによってゴム膜面の自由な運動が発揮されやすくなり、構造物通過時における波のエネルギーの一部を膜体で吸収できる能力が大きくなることに起因していると考えられる。短周期の波に対しては、没水深が小さい同図(a)の場合、FA0を除いて B/L の減少とともに透過率は低下する傾向を示すが、没水深が大きい場合 (同図(b)) は、透過率がほぼ一定の値となる。さらに、比較的長周期の波に対しては、flexible模型は剛体の場合よりも透過率が若干低減するものの、 p_w による差異は小さい。なお、図には示されていないが、模型を底面に設置した場合 (潜堤状態)、 p_w の値に応じて B/L の全領域で透過率がほぼ一定の値 (たとえば、 $p_w=0$ の場合： $K_T=0.6\sim0.7$) となる傾向がある。

②構造物通過直後の時間波形：図-3は、構造物通過直後の地点 (構造物天端から60cm) における透過波の時間波形を、設置条件ごとに併記したものである ($T=1.0s$ 、 $H/L=1/50$ の場合)。なお同図は、構造物沖側の波を同位相に重ね合わせた場合の透過波形である。同図(a)から、FA0の時間波形は、RAに比べて振幅が著しく減少しており、RAの波形の峰がFA0では谷になるなど、それらの時間波形は原点軸に対して逆の傾向となっている。また、FA2の時間波形はRAに類似し、FA1のそれはFA0に近くなることがわかる。一方、同図(b)でも、FB0の振幅がRBに比べて著しく小さくなる傾向が見られ、FB1・FB2の時間波形はRB

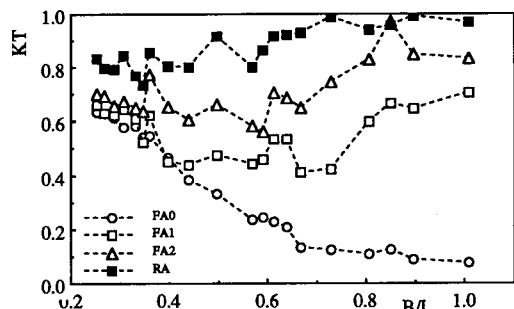


図-2 (a) 透過率 ($q=0.13$)

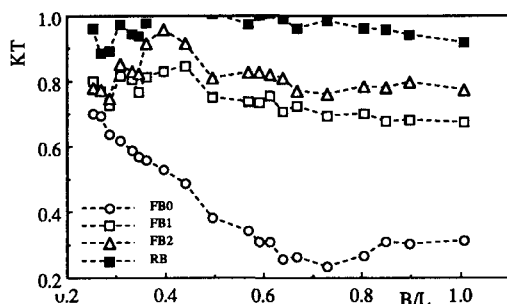


図-2 (b) 透過率 ($q=0.23$)

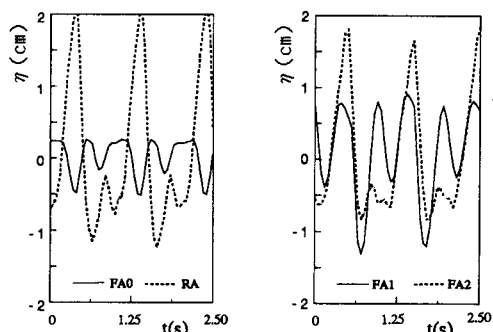


図-3 (a) 透過波形 ($B/L=0.67, \lambda/B=0.6$)

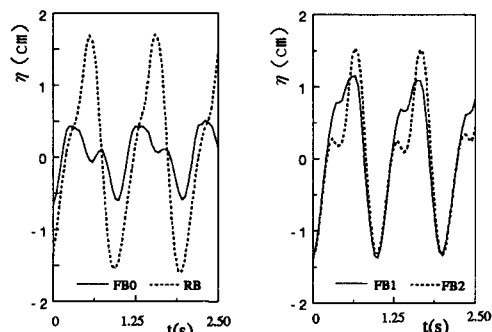


図-3 (b) 透過波形 ($B/L=0.67, \lambda/B=0.6$)

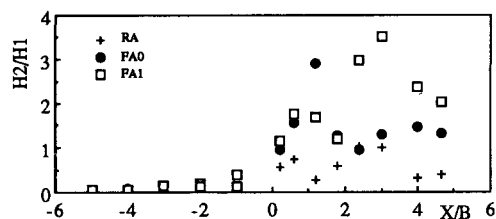


図-4 (a) 空間波形の波高比 (H_2/H_1)

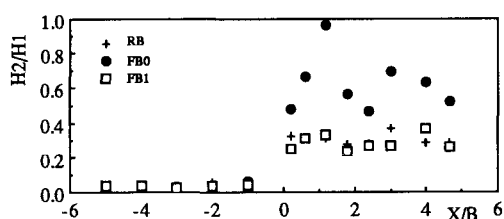


図-4 (b) 空間波形の波高比 (H_2/H_1)

に比べて波の峰が複雑になる。このように、本構造物は膜体を波の谷が通過する時、膜面は下方に押されて変形し、波の峰の通過時に元の形状に戻ろうとする運動が繰り返し行われ、その運動が拘束された剛体に比べて波のエネルギーを一部吸収する点に大きな特徴があり、透過率を著しく低減できる。

③構造物前後の2倍周波数成分の卓越：図-4は、構造物前後において得られた空間波形から、各地点ごとの基本成分および2倍周波数成分の波高の比 (H_2/H_1) を示したものである ($H/L=1/50, T=1.0s$)。同図から、部分重複波が形成されている模型通過前では H_2/H_1 はきわめて小さい。一方、模型通過後では、特に同図(a)の場合、flexible模型の H_2/H_1 は、1より大きく、剛体に比べて波の非線形性の影響が大きく現れている。これらのことから、膜体運動によって生じた発散波が、その運動を拘束した場合の透過波と位相干渉することによっても、ある程度透過率を低減するのに寄与しているものと推察される。

4. おわりに flexibleな膜体構造物は、圧気室内圧力の減少によってゴム膜面運動の自由度が増加し、膜体自身による波のエネルギーの一部吸収と、その運動によって生じた発散波によって、同一没水深では圧気室の空気量をゼロにした場合が最も透過率を低減できることなどが明らかにされた。

【参考文献】 和田・松園・中村；海洋開発論文集, vol.8 pp.283~288, 1992.