

京都大学防災研究所 正会員 土屋 義人

京都大学防災研究所 正会員 山 口 正 隆

1. 結 言 著者らはさきにせつ動法による有限振幅重複波理論の自由表面境界条件に対する適合性と波圧に対する適用限界について詳細な検討を加えたが、これら相互の関係については必ずしも明確でなかった。そこで、本研究では、せつ動解の力学的境界条件に対する誤差と波圧の実験結果に対する適用性との関連について若干考察した結果を述べることにする。なお、以下の考察では第4次近似までの解を用いることにする。

2. せつ動解の力学的条件に対する適合性 せつ動法による有限振幅重複波理論はいずれも近似解であり、自由表面境界条件を厳密に満足せず、つねに誤差項を生じるので、この大まさを比較することによりもっとも好ましい理論解がどれであるかを知ることが出来る。

図-1 はせつ動解の力学的条件に対する壁面での誤差の全位相についての最大変化量 $(E_2)_R$ が、解の近似度をあげることにより減少する各近似解の領域(たとえば、第3次近似解の場合には、第1次および第2次近似解より力学的条件に対する誤差が減少する領域)を $T\sqrt{g}h$ および h/H との関係で図示したものである。ここに、図中の記号1, 2, 3 および 4 はそれぞれの次数の近似解を表わし、また、 T : 周期, h : 水深, g : 重力の加速度および H : 半波高である。 $(E_2)_R$ は力学的条件に対するせつ動解の平均的適合性を評価する基準と考えられるが、この図から、せつ動解には解の高次化によって必ずしも力学的条件に対する適合性が改善されない領域が存在することや第2次近似解などの低近似解ではその領域は h/H の値の小さい場合に限られることがわかる。

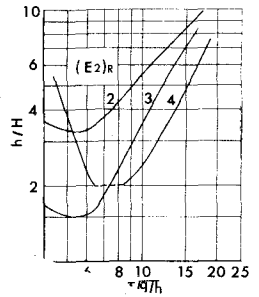


図-1 せつ動解による $(E_2)_R$ が減少する領域

3. せつ動解の波圧に対する適用限界 図-2 は壁面での波の峯の位相における波圧の実験結果と有限振幅重複波理論の理論曲線との対応を比較した結果を総合して、それぞれの近似度のせつ動解が実験結果と適合しなくなるときの $T\sqrt{g}h$ と h/H のおおよその範囲を示したものである。この図によれば、第1次および第2次近似解の適用範囲は $T\sqrt{g}h$ の値が小さく、 h/H の値が大きな領域に限られており、実用上注意を要することや第3次および第4次近似解ではその範囲がかなり広いが、 $T\sqrt{g}h$ の値が大きくなれば、適用性の劣る範囲が存在することがわかる。

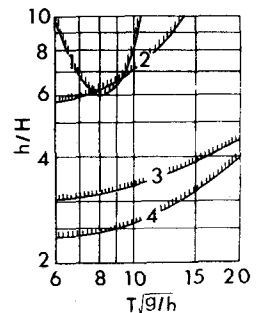
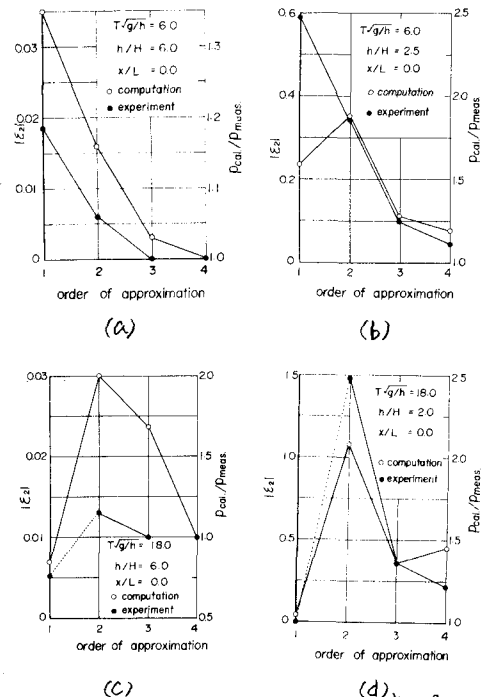


図-2 せつ動解の波圧に対する適用限界

4. せつ動解の力学的条件に対する適合性と波圧の実験結果に対する適用性との関係 2. で述べたせつ動解の力学的条件に対する適合性の検討は、重複波の波運動場での全位相に関する平均的なものであり、これは波圧の時間的变化と関連づけられると考えられる。しかし、これらの詳細な検討は困難であるので、ここでは、壁面での波の峯の位相につい

るせつ動解の力学的条件に対する適合性と波圧の実験結果に対する適用性との対応関係を考察することにする。図-3はせつ動解の壁面での波の峯の位相における力学的条件に対する誤差の絶対値 $|E_2|$ および波圧の理論結果と実験結果との比 $P_{cal.}/P_{meas.}$ を各近似解との関係で示したものである。これらの図によれば、 $T/g/h = 6.0$ で $h/H = 6.0$ の場合には高次解になるほど、 $|E_2|$ および $P_{cal.}/P_{meas.}$ の値が急減し、 $P_{cal.}/P_{meas.} = 1$ に近づいていくことがわかる。すなわち、この場合には、せつ動解の力学的条件に対する誤差が減少するほど、波圧に対する適用性がよくなっており、せつ動解の有効性が認められる。また、 $h/H = 2.5$ の場合にも、第2次近似解以上に対しては同様のことかといえる。しかし、第1次近似解の $|E_2|$ の値は第2次近似解より小さいにもかかわらず、 $P_{cal.}/P_{meas.}$ の値は第1次近似解の方が大きく、 $|E_2|$ と $P_{cal.}/P_{meas.}$ との対応関係がつかなくなっている。こうした傾向の現れる h/H の値は $T/g/h$ の値が増大するほど大きくなり、(d)に示した $T/g/h = 18.0$ で $h/H = 2.0$ の場合には、第3次および第4次近似解の間にもこの傾向が見られる。これは、 $T/g/h$ の値が大きき場合には、解の高次化によって $|E_2|$ の値が必ずしも減少しないにもかかわらず、実験結果との対応がよくなるというせつ動解の欠陥を示すものである。ただし、(d)に示した第1次近似解による $P_{cal.}/P_{meas.}$ の値がほぼ1に近いのは無次元波圧 $P/p_0 H$ の h/H による変化に対する実験結果が第1次近似解の傾向とほとんど一致していないにもかかわらず、 h/H の値の減少とともに小さくなって、第1次近似解に近づいたためである。つまり、図-4は図-3に示した波圧に対する適用限界における各近似解の波の峯の位相での力学的条件の誤差 $|E_2|$ の $T/g/h$ による変化を示したものである。図-3 解の高次化による $|E_2|$ および $P_{cal.}/P_{meas.}$ の値



この図から第1次および第2次近似解が波圧に対する十分な適合性をもつためには、 $|E_2|$ の値が 10^{-2} 以下でなければならぬのに対して、第3次および第4次近似解では 5×10^{-4} 以下であればよく、さらにいずれの近似解も $T/g/h$ の値が大きければ、波圧に対する適用性を保証する $|E_2|$ の値が小さくなることかわかる。このことから速度ポテンシャル ψ の存在を仮定して導かれた有限振幅重複波理論の境界条件に対する適合性と波圧の実験結果に対する理論の適用限界が密接に関係することが明らかになるとともに、せつ動法による解の高次化の有効性が再確認される。

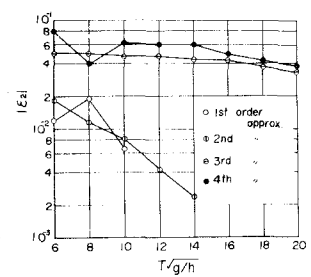


図-4 波圧に対する適用限界での $|E_2|$ の $T/g/h$ による変化