

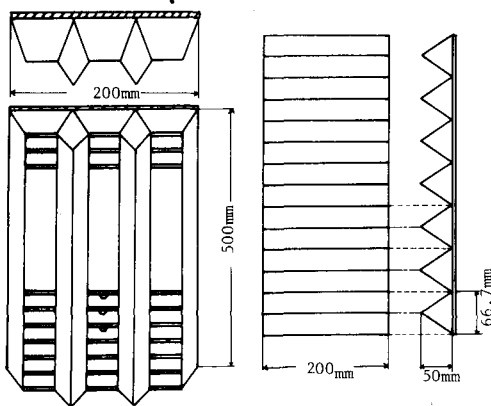
各減勢工による砕波衝撃力の低減効果について

愛媛大学工学部 正員 中村孝平
片根泉庁 正員 〇川本浩二
林松さくコンサルタント 藤田昌夫

1. はじめに：現在我國の海洋構造物においては大半の断面形状が鉛直面に近い形状であり，砕波衝撃力の発生をうながしやすい形状と考えられる。この砕波衝撃力は壁前面に，空気室を付加した壁体によって低減されること²⁾，あるいは壁前面の形状を鉛直面から三角形へと変化させることによって低減されること²⁾など既に報告した。本研究はこれらの結果を基に，エアークッションを考慮した各種の減勢工を有する壁体を用いこれらに作用する砕波衝撃圧・衝撃力の測定を行ない，これに基づく砕波衝撃圧・衝撃力の大きさの低減の程度及びその作用時間の変化などについて検証した。さらに，固有振動数の異なる2つの波力計を用いて砕波衝撃力の測定を行ない，測定波力に及ぼす動的特性の効果についても検討した。

2. 実験で用いた壁体及び実験方法

(1) 実験で用いた壁体：(a) 長さ50cm，幅20cm，厚さ6cmの鋼板の壁体（鉛直壁），(b) (a)と同じ寸法の鋼板前面に上口2cm下口6.6cm，長さ5cmの台形空気室を多数付加した壁体（エアークッション壁），(c) 図-1に示すように(b)の壁体の空気室と空気室との間に三角柱を付加した壁体（混合壁），(d) 既に著者が報告している²⁾パイプ多数壁，(e) 図-2に示すように鋼板の前面に三角柱を多数付加した壁体（三角柱多列壁）以上の5種類であった。



(2) 実験方法：上記した5種類の壁体を図-3に示す固有振動数 $f_n = 350\text{Hz}$ の波力計の前面に取付け，これらに作用する砕波衝撃圧・衝撃力の測定を行なった。なお，衝撃波圧の測定は上記した(a)，(b)，(c)の壁体のみを対象にして静水面より4.5cm，静水面，静水面下4.5cmの3ヶ所で行ない，衝撃波力の測定はすべての壁体に対して行なった。また，この実験で用いた水理条件は斜面のはじまる前の水平床上の静水深 $h = 71\text{cm}$ ，入射波の周期 $T = 1.82\text{sec}$ ，入射波の波高 $H = 15.1\text{cm}$ ($H_0 = 16.5\text{cm}$)，壁体の設置水深 $d = 12.5\text{cm}$ であった。さらに，上記の測定に加え同一水理条件の基で $f_n = 28.4\text{Hz}$ の片持梁形式の波力計（詳細は文献²⁾を参照）を用いて，三角柱多列壁を除くすべての壁体を対象に砕波衝撃力の測定を行なった。

図-3 波力計の側面図

3. 砕波衝撃力の低減効果について

(1) 砕波衝撃圧の低減効果：各壁体の場合に得られた波圧時間波形からそのピーク値を読みとり，それを $(\rho g H_0)$ で除して無次元量の波圧強度で表示したものが図-4である。図-4は静水面より4.5cmの場合のものである。この図より減勢工を有する壁体の場合に得られた波圧強度は，鉛直壁の場合に得られたそれよりも最大値が小さくなるとともにその分布幅も小さくなり，各減勢工により砕波衝撃圧は低減されることが確認された。そして，その低減の程度はエアークッション壁の場合，鉛直壁に作用する砕波衝撃圧に比べて約 $1/6$ に，また混合壁の場合約 $1/4$ に低減されている。さらに，波

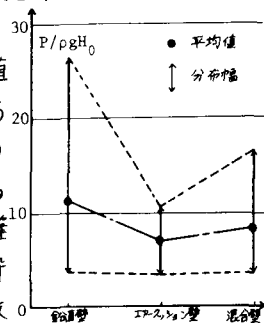


図-4 各壁体の波圧強度

波形から、ピークの形状が滑らかな減衰振動を伴う作用時間の長い波形に変化することなども確認された。

(2) 碎波衝撃力の低減効果：液圧の場合と同様に、各壁体の場合に得られた液力時間波形から読みとったピーク値を $0.9H \cdot bd$ (b : 壁体の幅) で除して無次元量の液力強度で表示したものが図-5である。この図より碎波衝撃力は、その最大値・平均値とも各減勢工を設けることにより低減されることが確認され、空気室を有する壁体よりも碎波前面の形状を考慮しエアークラップが捕えられ易くその構造を工夫した三角柱多列壁において低減効果が最も大きかった。そして、その低減の程度は鉛直壁に作用する碎波衝撃力に比して最大値で約 $1/1.6$ に、平均値で約 $1/1.3$ に低減されている。また、各種の空気室を有する壁体のなかでその低減効果が最も大きい壁体は、パイプ多数壁の場合であることも確認された。さらに、液力の作用時間は、空気室を有する壁体のなかではパイプ多数壁が最も長くなり鉛直壁の場合の作用時間の約 1.8 倍になった。

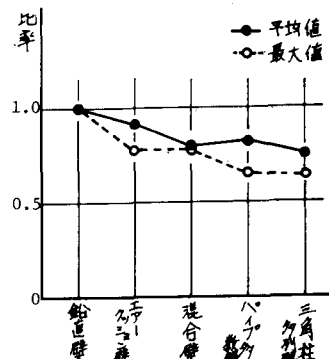
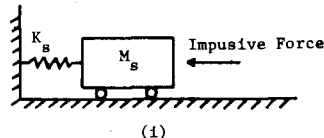


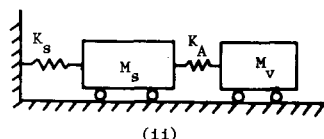
図-5 各減勢工による低減効果

3. 碎波衝撃力に及ぼす応答特性の効果

測定液力に及ぼす動的応答の影響を検討するため、実験で使った液力計を図-6(i)に示す自由度1の振動系にモデル化した。ここで M_b は液力計の質量、 K_s は液力計のバネ定数である。最初に各堤体について $f_n=350\text{Hz}$ の液力計により測定された液力波形を入力として振動方程式を数値的に解いて増幅率を求めてみた。その結果この場合の増幅率はほぼ1となり、この液力計による測定値は動的応答の影響を受けずに振動系への外力とみなせることが確認された。次に、 $f_n=28.4\text{Hz}$ の液力計の場合の増幅率を鉛直壁とパイプ多数壁の場合について示すものが表-1である。表中の η_c は上述したように $f_n=350\text{Hz}$ の液力計による実測液力が振動系への外力とみなせることから、 $f_n=28.4\text{Hz}$ の液力計による実測液力を $f_n=350\text{Hz}$ の液力計によるそれと除して求めた増幅率である。そして、 η_c が $f_n=350\text{Hz}$ の液力計によって測定された液力波形を入力として理論的に求めた増幅率である。なお、表中には両液力計による実測液力強度の



(i)



(ii)

図-6 振動モデル

表-1 平均液力強度並にに応答増幅率

壁体の形状	$f_n=350\text{ Hz}$		$f_n=28.4\text{ Hz}$	
	平均液力強度	最大液力強度	実験値 η_c	理論値 η_c
鉛直壁	7.3	6.3	0.86	1.36
パイプ多数壁	6.0	6.8	1.13	1.41

特に鉛直壁の場合について η_c と η_c との間に大きな相違が認められる。これら増幅率の理論値が実験値と異なる理由としては、液力計の固有振動数が低くなるとバネ定数 K_s が碎波前面と堤体との間にとり込まれる空気のパネ定数 K_a と同オーダーになるため、図-6(ii)に示すモデル化が不十分であることが挙げられよう。そして、 $K_s \approx K_a$ の条件下では空気圧縮に供される水塊の質量 M_b 、空気のパネ定数 K_a の効果をも考えた自由度2の振動モデル(図-6(ii))を用いて動的応答の影響を検討する必要があるものと考えられる。しかしながら、碎波衝撃力の現象において空気圧縮に供される水塊の質量や碎波前面と堤体との間にとり込まれる空気量については従来十分な研究が行われておらず、上述した自由度2の振動モデルの確立を含め今後さらに検討を進めて行きたい。

4. 総括：碎波衝撃力は各減勢工を有する壁体によって低減され、三角柱多列壁によって約 $1/1.6$ に低減された。また、測定液力に及ぼす動的効果は構造物の振動系のみを考慮した自由度1の振動モデルでは不十分であり、碎波前面と堤体との間にはさみ込まれる空気などを考慮した自由度2の振動モデルを用いて再検討する必要がある。

<参考文献> 1) 中村・川本：エアークラップによる碎波力の低減効果について、第26回年次学術講演会集，1981年，pp.797-798
2) 中村・川本・坂口：碎波衝撃力の物体形状による低減効果について、第34回中国四土木学会概集，1982年，pp.169-170