

II-282 既設防波堤前面に設置されるエアチャンバーの安全性について

正会員 大成建設（株） 東江 隆夫 勝井 秀博
 同上 木内 里美 小山 文男
 同上 宮崎 弘志

1 はじめに

大成建設では、波力エネルギー回収システムの現地実験を行うために、昭和61年8月に共振型波力エネルギー変換装置を新潟県寝屋漁港に設置した（図-1）。この装置のエアチャンバーの部分は、6本の鋼管杭に支えられ、かつ、既設の防波堤にアンカーで固定される構造形である。このエアチャンバーは、単体では押し波時の波力に対して自立することはできないため、設計上では押し波時の波力を既設の防波堤に負担させるものとした。また、エアチャンバーが波によりロッキングを起こすことによる既設の防波堤への影響が懸念された。本報告は、設計上の仮定とエアチャンバーのロッキングによる既設防波堤への影響を確認するために実験を行い既設防波堤およびエアチャンバーの安全性を検討したものである。

2. 実験方法

2次元水槽（ $L=47\text{ m}$, $B=0.8\text{ m}$, $D=1.6\text{ m}$ ）に、図-2 に示すような縮尺1/25の模型を設置し、波が作用したときの既設防波堤に働く圧力、変位、加速度、エアチャンバーに作用する波力、変位、加速度を測定した。実験条件を表-1に示す。実験は、① 防波堤だけを設置した場合 ② エアチャンバーを防波堤にアンカーで固定しないで設置した場合 ③ アンカーで固定して設置した場合の3ケースを基本とし、異常時を想定して ④ エアチャンバーの杭が切断された場合 ⑤ 杭とアンカーが切断された場合の5ケースを実施した。また、アンカーで固定しない状態で静水中にてエアチャンバーの自由振動実験を行った。

3 実験結果および考察

(1) 防波堤への影響について：図-3 に、ケース①で最大の変位を示した波について各ケースの防波堤の変位およびエアチャンバーに作用する波力を示す。ケース②と③では、エアチャンバーの杭のパネ定数、エアチャンバーと防波堤の間隔、およびアンカー張力がパラメーターとなっている。図から、防波堤が最大の変位を示すのは防波堤が単独で設置された場合であり、かつエアチャンバーを設置した場合には、ケース④、⑤を除いて滑動はほとんど発生していないことがわかる。また、エアチャンバーと防波堤のいわゆる“玉突き現象”が無い

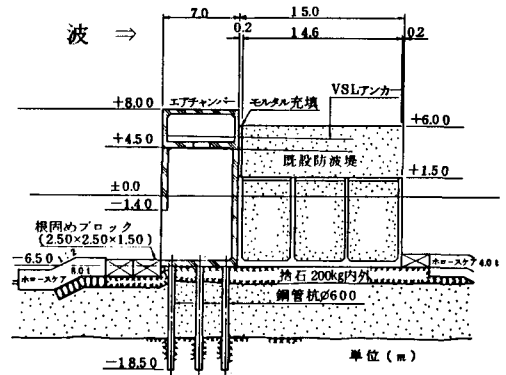


図-1 エアチャンバー断面図

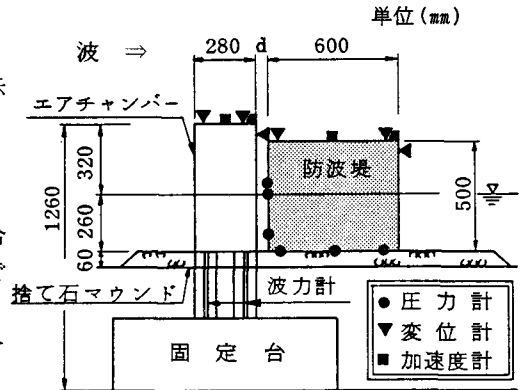


図-2 実験模型と測定機器

表-1 実験条件

設置水深 $h=32.0\text{ cm}$ (現地 8.0 m)
沖波 波高 $H=20.0\sim 30.0\text{ cm}$ ($5.0\sim 7.0\text{ m}$)
周期 $T=1.25\sim 3.0\text{ s}$ ($6.25\sim 15.0\text{ s}$)
エアチャンバーと防波堤の間隔 $d\text{ (mm)}$ $d_1=0\ d_2=5.0\ d_3=10.0$ ($0, 12.5, 25.0\text{ cm}$)
エアチャンバー支持杭ばね定数 $k\text{ (kgf/cm)}$ $k_1=97.1, k_2=136.1, k_3=175.1$ $(6.1, 8.5, 10.1 \times 10^4\text{ tf/m})$
アンカー張力 $T\text{ (kgf)}$ $T_1=5.0, T_2=10.0$ ($78.0, 156.0\text{ tf}$)

ことも、目視および加速度計測の記録から確認された。これにより、エアチャンバーが、防波堤に悪影響を及ぼさないことが明らかとなった。

2) エアチャンバーの杭に作用する押し波時の波力：同図から解るように、設計上の仮定と異なり、アンカーで固定しているケース③でもエアチャンバーの杭は、ケース② $d=10\text{mm}$ の場合の波力の40%近くを負担している。これは、地盤の弾性ばね変形によって防波堤がロッキングを起こしたためであり、エアチャンバーの設計では防波堤の変位を考慮した解析を行い、杭の分担波力が杭強度の許容範囲に入る事を確認した。ロッキング現象には、防波堤下部の地盤のばね定数が大きな影響をおよぼす。実験では、捨て石マウンドの水理的特性から幾何的な寸法のみを合わせたが、その結果、地盤のばね定数 kx は、 $kx=1.0\sim 2.0$ (kgf/cm^2)となった。この値は通常現地で想定される 0.2 (kgf/cm^2)に比べてかなり高い値となっている。しかしながら、 $kx\sim A^{-1/2}$ (A は設置面積)かつ、 $kx\sim P^{1/2}$ (P は設置圧)であるという既往の研究結果⁽¹⁾から考えると、捨て石マウンドに同じ材料を用いた場合には、実験スケールでは、 $kx=1.0$ (kgf/cm^2)となる。実験で、ロッキングが問題となるような現地の現象を再現するためには、単に幾何的な形状を合わせるだけでなく、特別な工夫が必要であろう。

3) 波力伝達のメカニズム：ケース② $d \neq 0$ でも防波堤は動いている。これは、直接的なエアチャンバーと防波堤の接触はなかったため防波堤に作用した力は、両者の隙間に存在する水を介して伝達したことを意味する。図-4は、静水中でエアチャンバーの振動実験を行ったときのエアチャンバーの波力、および防波堤に作用した圧力の時系列データを示したものであるが、これによると、エアチャンバーが防波堤と最も離れた時(図中 ④：エアチャンバーの加速度 α が沖向き最大時)に防波堤に正の圧力(防波堤を岸側に押す圧力)が作用し、エアチャンバーが、最も防波堤に近付いたとき(図中 ⑤： α が岸向き最大時)に負の最大圧力(防波堤を沖側に引っ張る圧力)が作用したことになる。すなわち、防波堤に伝達する圧力はエアチャンバーが波によって振動するときの加速度に関係するものであることが解る。

4 結論

今回のような構造形式をもつエアチャンバーは、防波堤前面に設置可能であることが示された。

謝辞：本研究は運輸省港湾技術研究所の技術指導を得て実施したものであり 防波堤研究室 谷本勝利室長、海象研究室 小舟浩治室長、波エネルギー研究室 高橋重雄室長に多大な指導を受けた。ここに、謝意を表します。

なお、本研究は通産省石油代替エネルギー関係技術実用化開発費の補助を受けて実施した。

参考文献：(1) 合田 良実：衝撃圧を受ける混成防波堤の挙動について、港湾技術研究所報告 Vol 12, No. 3 (1972)

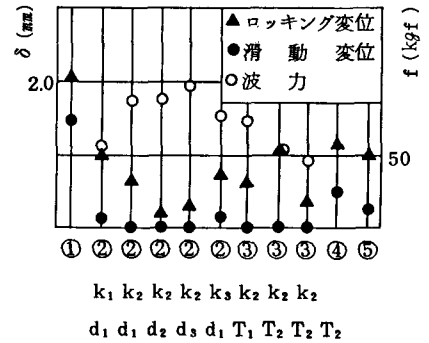


図-3 防波堤の変位とエアチャンバーに作用する波力

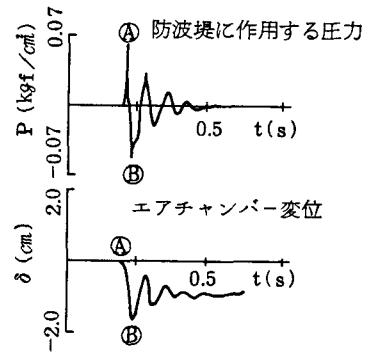


図-4 振動実験における防波堤に作用する波圧とエアチャンバーの変位