

京都大学工学部 正会員 浅野敏之
京都大学工学部 正会員 岩垣雄一
住友建設 正会員 原 克彦

1. 緒言 空気防波堤は流れによる波の砕波作用を利用したものであるが、流体防波堤であるため、現地に潮流、河川流等の流れがある場合、その消波性能が低下する恐れがある。ここでは上記の問題点を明らかにするために、実験水槽内に流れを発生させて消波性能の変化を調べるとともに、現地の水深を対象として消波性能の変化について考察を加える。

2. 実験装置および実験方法 実験は長さ27m、幅50cm、高さ70cmの造波水槽を用いて行い、水深は45cmで一定とした。流れを発生させる装置として、出力11KWのうずまきポンプを使用し、管径15cmの塩化ビニールパイプを通して水槽内に循環流を発生させた。管にとりつけた4つのバルブを開閉することにより、波の伝播方向の流れ(順流)、および逆方向の流れ(逆流)を発生させることができる。流量測定はオリフィス型流量計を用いた。実験に先立って、この循環流発生装置により生成された流れの定常性、場所的一様性について検定を行った。この検定結果に基づき、実験はすべてポンプを起動してから3分以上経過し、流れが定常となった後に、流れの一様性が認められる区間において行った。

3. エアーカーテン流の流速特性 図-1(a), (b), (c)はエアークーティングパイプから45cm離れた地点における、空気供給量400ℓ/minの時のエアーカーテン流の鉛直分布を示したものである。図より表面水平流は流速が、3.9cm/sec程度ではほとんど影響を受けないが、7.7cm/secになると大きく影響を受け始め、さらに流速が11.6cm/sec以上の順流になると、もはや消波に有効な波の入射方向と逆向き水平流は、噴出パイプから45cm離れた地点においては存在しなくなる。一方、逆流の場合には表面水平流は流れのない場合より速くなり、また流れの厚さも大きくなって、消波により有効な働きをするものと考えられる。

4. 流れによる空気防波堤の透過率の変化 図-2は噴出空気量400ℓ/minのときに、各周波数の波に対して流れによる透過率の変化を示したものである。図より以下のことが読みとれる。順流においては消波性能の低下が著しく表われ、特に11.6cm/sec以上の流れがあると周波数4Hz以下の波は透過率がほぼ1となり、空気防波堤の消波性能はほぼ完全に失われる。一方、逆流においては周波数1.0Hz以上の波に対して透過率は0に近くなるが、0.8Hz以下の低周波数の波は、逆流の場合においてもほとんど消波性能の変化は見られない。

5. 任意水深における流れの消波性能に及ぼす効果 図-3は、図-1(c)エアーカーテン流の鉛直分布(逆流)

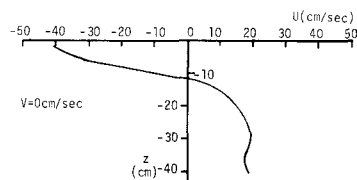


図-1(a)エアーカーテン流の鉛直分布 (流れなし)

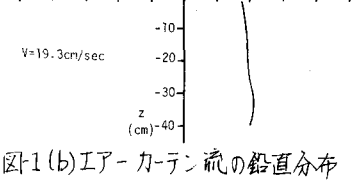
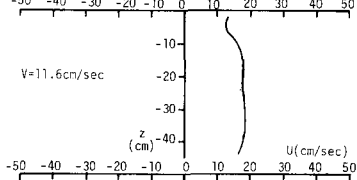
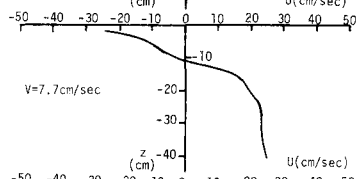
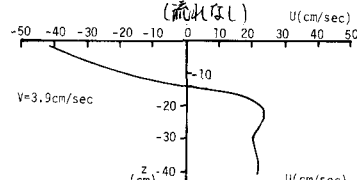
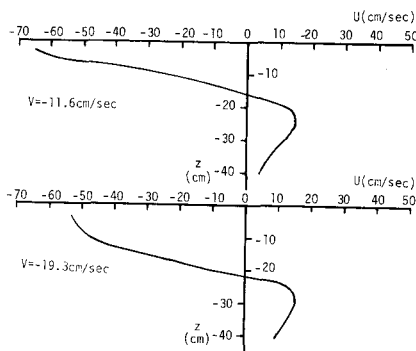
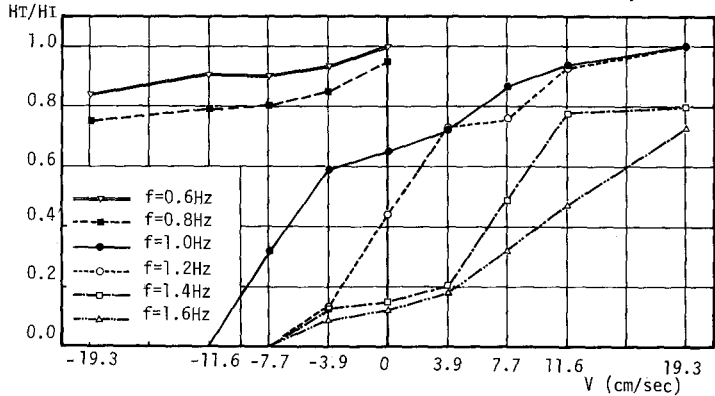


図-1(b)エアーカーテン流の鉛直分布 (順流)



流速 V の流れがある場合のエアーカーテン流の模式図を示したものである。上昇水流は流れの影響を受けて中心線からずれながら上昇し、水表面において分岐し水平流を形成する。水平流は水表面における上昇水流の流速 U_0 と等しい最大流速を持つ三角形分布と仮定する。 d_l, d_r はそれぞれ左方向および右方向の水平流の流厚である。 U_0 の算定にあたってはKobusの公式を用いた。すなわち、 $U_0/\sqrt{g h_0} = 1.75 \{ (h_0/h + 2.0) \cdot \ln(1 + h/h_0) \}^{1/2}$ 。こ

こに $h_0 = 10.33\text{m}$, $2.0 = 0.8\text{m}$, h は水深である。上昇水流が水表面に角度 θ をもって衝突する場合、左右の流厚 d_l, d_r は水平方向の運動量保存則と、上昇流と水平流の流量の保存則から決定される。すなわち、 $d_r = (1 + \sin \theta) d$, $d_l = (1 - \sin \theta) d$, ここに d は流れがない場合の水平流の流厚で、Bulsonの実験公式 $d = 0.32 h_0 \ln(1 + h/h_0)$ から算出した。以上のように最大流速および流



厚は決定されるが、消波に有効に作用するのは、図2 流れによる透過率の変化

図3において $U_0 - V$ を最大流速とし、流厚 d_l' を持つ水平流であると考えられる。この水平流が消波可能な波の周波数を、Taylorの理論を拡張した理論を用いて計算した。計算に用いた空気供給量 Q_0 および水深 h は、空気防波堤の既往現地実験の資料を参照し、適当と思われる範囲をとりあげた。

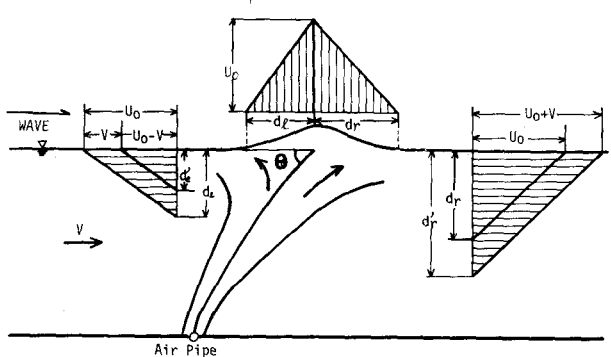


図4は空気供給量を $0.02\text{m}^3/\text{sec}\cdot\text{m}$ とした場合の計算結果である。流れの速度は $0.1\text{m}/\text{sec} \sim 0.5\text{m}/\text{sec}$ と比較的小さい値であるにもかかわらず、流れが順流の時には消波限界周波数 f_{cr} は著しく大きくなる。しかし計算に用いたKobusの $f_{cr}(Hz)$

図3 流れがある時のエアーカーテン流の模式図

公式は、全ての水深に対して妥当な値を与えるものではなく、特に水深が $4\sim 5\text{m}$ より大きくなると、逆に U_0 は減少するという性質を持つため、図4では水深 6m の f_{cr} の値が、水深 10m の f_{cr} より小さくなるという結果を得ている。図5は水深 10m における、空気供給量 Q_0 をパラメータとした時の計算結果であるが、空気供給量 Q_0 が小さくなるほど、流れによる消波性能への影響が著しくなることがわかる。

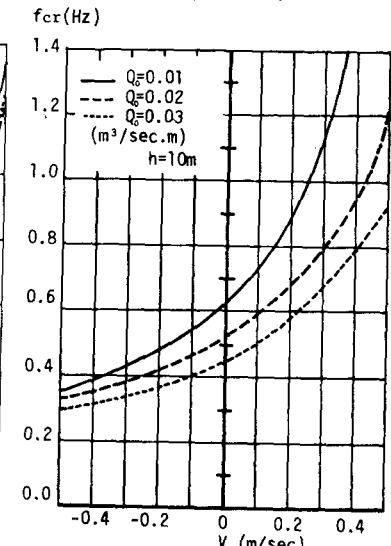
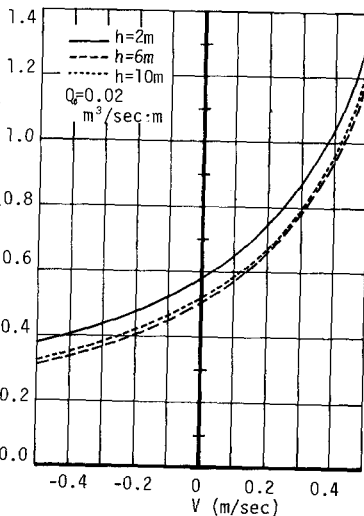


図4 流れによる消波限界周波数の変化 (パラメータは水深)

図5 流れによる消波限界周波数の変化 (パラメータは空気供給量)

なお本研究は文部省科学研究費(試験研究)による研究の一部である。