

流れがある場合の空気防波堤の消波性能について

京都大学工学部 正会員 岩垣雄一

京都大学工学部 正会員 浅野敏之

住友建設 正会員 原 克彦

1. 緒言 空気防波堤を現地に設置するにあたっては、現地の地形条件、海象条件に対して十分な検討が必要とされる。特に空気防波堤は流体防波堤であるため、潮流・河川流等の流れによって、その消波性能が低下する恐れがある。本研究は上記の問題点を明らかにするため、実験水槽内に流れを発生させて空気防波堤の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、流れによる消波性能の変化についても理論的な考察を加える。

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用い、管径15cmの塩化ビニルパイプを通して水槽内に循環流を形成させた。管にとりつけた4つのバルブを開閉することにより、波の伝播方向と同方向の流れ(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。この流量計の目盛と、水深45cmの流れにおける水槽内平均流速との関係は表1に示すとおりである。実

流量計の目盛	流速 (cm/sec)
10	3.9
20	7.7
30	11.6
50	19.3

表 1

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、以後の実験はポンプのスイッチを入れて3分以上経過して流れが定常となった後に、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)はエアークテンパイプから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3.9cm/sec, 7.7cm/secといった弱い流れに対しても大きく影響を受けることがわかる。さらに流速が11.6cm/sec以上の順流があると、もはや消波に有効な水平流は存在しない。一方、逆流の場合には表面水平流は流れのない場合より大きくなり、また流れの

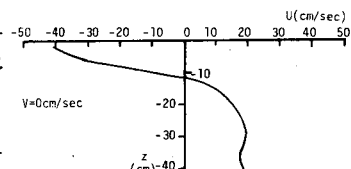


図-1(a) エアーカーテン流の鉛直分布 (流れなし)

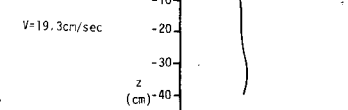
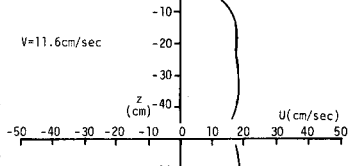
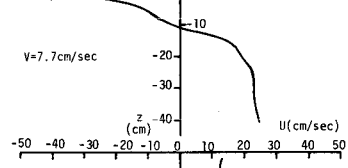
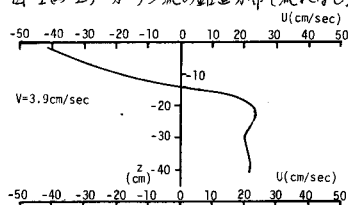


図-1(b) エアーカーテン流の鉛直分布 (順流)

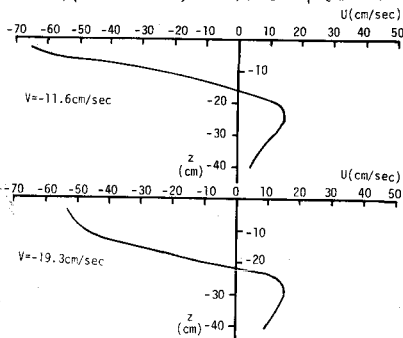


図-1(c) エアーカーテン流の鉛直分布 (逆流)

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 400 l/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。横軸は流量計の目盛を示す。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 11.6

cm/sec 以上の流れがあると、周波数 1.6 Hz の波を除いて透過率はほぼ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 1.0 Hz 以上の波に対して透過率は0に近くなることがわかる。しかし 0.6 Hz および 0.8 Hz という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。

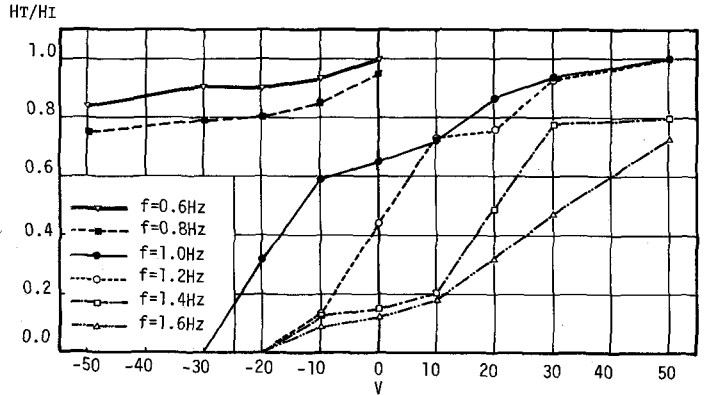


図-2 流れによる透過率の変化

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、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、水表面には角度 θ をもって衝突する。ここで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、左右の流れの厚さ d_L, d_R が決定される。また水平流は三角形分布をなすと仮定し、その最大流速 U_0 は Kobus の公式から算出する。

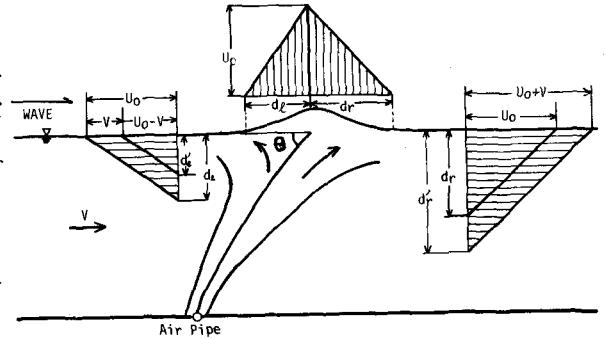


図-3 流れの場合におけるエアーカーテン流の模式図

以上のように流厚や最大流速は決定されるが、流れの存在が消波に有効に作用するのは、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。これらの値から Taylor の消波理論を拡張した理論を用いて、この水平流が消波可能な波の周波数を計算した。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 $0.1\text{ m/sec} \sim 0.5\text{ m/sec}$ 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。一方、水深 6 m の f_{cr} の値が水深 10 m の値より小さくなっていることがわかるが、これは Kobus の公式による U_0 の値が水深が $4 \sim 5\text{ m}$ より大きくなると逆に減少するという性質によるためと考えられる。なおこの研究は文部省科学研究費(試験研究)の一部である。

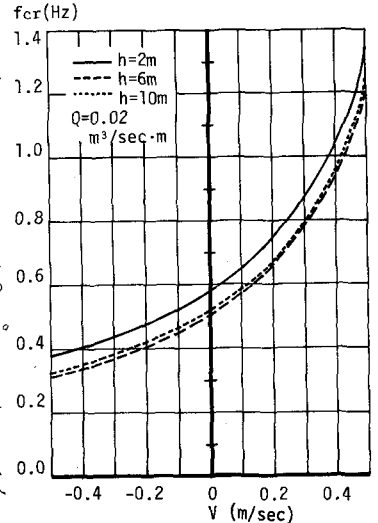


図-4 流れによる消波限界周波数の変化