

吹き寄せに伴う海水の流動に関する研究

京都大学 防災研究所 正会員 土屋義人
 “ “ “ 山下隆男
 京都大学 大学院 学生員 阿 扶樹

1. 緒言 二十数年、高潮災害は減少する傾向にあるように見えるが、そのポテンシャルはむしろ高まっていると考えられる。また、わが国では人口および社会活動が太平洋に面する湾奥に集中しているため強風による吹き寄せ効果の卓越する湾内高潮に対して最も危険な社会的地域特性を有している。しかも、この種の高潮に対する数値予知には、複雑な境界条件とともに、波浪および吹送流に伴う湾内海水の流動の影響を的確に評価することが予知精度の向上に必須である。そこで波浪および海水の流動特性を高潮の数値予知に十分考慮するために、本研究においては、まず吹き寄せに伴う海水の流動特性を究明しようとするものである。

2. 実験装置および方法 実験には風洞を有する海岸波浪シミュレータを用い、最大吹送距離 L を52.9 mとし、各実験装置を図-1に示すごとく設置した。ここに M はマノメータ、 $W.G.$ は波高計、 W は風速計、 V は流速分布測定位置を示す。実験は平均水位が定常になった状態を対象とした。流速分布の測定には、水素気泡法を用い、一定時間に多数枚の写真を撮影し平均することにより鉛直方向各点における流速を求めた。また、水位変動の測定には、マノメータとlow pass filterに接続し周期10 sec以上の変動のみ取り出すようにした容量式波高計を用い、風速の測定には小型のプロパ式風速計を用いた。

3. 実験結果および考察 実験は表1に示す条件で行った。図-2の(a)および(b)は定常状態における流速分布の測定結果で、図中1, 2, および3の数字はフィルムからの読取率を示し、1は80%以上、2は50%~80%、3は50%以下である。図-2(a)に示すRun-1の流速分布測定の結果において、 U_1 , U_2 , および U_3 は撮影間隔と枚数を変えて平均した結果で、 U_1 は2 sec間隔で3 min間の合計90枚から、 U_2 および U_3 は10 sec毎に2枚ずつ4 min間の合計48枚から得た結果である。枚数の多い U_1 は当然滑らかな曲線となっているが、三者とも傾向およびオーダーがよく一致していることからRun-2では5 sec間隔で4 min間に撮影した48枚の写真から平均して求めた。図-2(b)にその結果を示す。図中V-1~V-4は図-1に示す各測定位置において測定した定常状態での流速分布であり、その場所的変化を表している。この図からわかるように、各点での流速の分布形は非常によく似ているが、V-1およびV-4とV-2およびV-3での値にはかなりの相違がある。これは後述するような湾水振動の影響であると考えられる。ここでは紙面の都合上図面を割愛したが、水槽内の平均水位は送風開始直後、Run-1で約0.6 mm, Run-2で約1.4 mmの振幅で、その周期が約5.2 secの振動をし、これは時間とともに減衰し約60 min後には消滅してしまう。しかし、その後も微かな力の釣合の崩れから起る、振幅0.2 mm

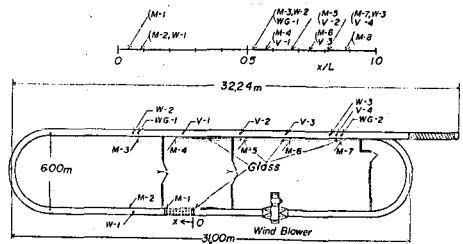


図-1 実験水槽および計測装置の配置図

表1 実験条件

	吹送距離 F (m)	水深 h (cm)	風速 U (m/sec)	水温 T_w (°C)	気温 T_a (°C)	水位変動 Δt_w (msec)	水位変動 Δt_p (sec)
Run 1	52.9	43.88	5.00	5.6	4.1 2 3.8	0.1	0.87
Run 2	52.9	42.25	6.71	3.8	1.2 7 0.8	0.1	0.76

程度の湾水振動が偶発的に生じ、これが流速分布に影響を及ぼしているものと考えられる。また図-2の(a)と(b)との比較から、風速が大きくなるにつれ、流速の負の成分は鉛直方向に一様になる傾向にあることがわかる。

4. 流速分布に関する理論および実験結果との比較
吹送流の流速分布に関する理論的研究としては、Reid (1957)の研究があるが、彼は風波の影響を粗度として考慮しているだけであるため、ここでは風波による運動量の流体内部への伝播の効果を考慮して、零流状態を仮定し、混合距離の表示として

$$l = \lambda(z+z_0)(r-z) + \gamma H \sinh(kr)/(\gamma \sinh kr) \quad \text{---(1)}$$

をえ、運動量輸送理論には次式を解くことにした。

$$z_0 + (z - z_0)z/r = \rho l^2 |d\bar{u}/dz| (d\bar{u}/dz) \quad \text{---(2)}$$

ここに、水底を原点として鉛直上向きにz軸をとり、H:波高、k:波数、r:水深、 z_0 :底面作用するせん断応力、 z_s :水面でのせん断応力、 $\bar{u}$:位置zにおける水平方向の平均流速、 z_0 :底面での粗さを示すパラメータ、 λ :Kármán定数、および γ :波の影響を示す定数である。図-3はその結果であって、図中 $\delta_0 = z_0/r$ 、 $u_* = \sqrt{z_s/\rho}$ である。これから明らかなように、風波の影響が大きくなるにつれて、水面付近での流速の勾配はゆるやかになるが、Reidの結果とよく似ている。

また、図-4は著者らの実験結果、BainesおよびKnappの実験結果と前述した理論結果とを比較したもので、これから次のことがわかる。

$0.4 < \delta_0 < 0.7$ の領域において、両実験結果はよく一致するが、 $0 < \delta_0 < 0.4$ ではBainesおよびKnappの実験結果は両理論結果と一致し、著者らの実験結果とかなり相違している。これは、著者らの実験では、吹送距離が長く、風波の影響が大きい場合を対象としているのに対し、BainesおよびKnappの場合は、風波の影響が比較的小さいうえ、水槽の半分に覆って設置されている傾斜毎来でのもどり流れの影響が残っているためではないかと考えられる。しかし、その影響がどの程度であるかは明らかでない。

5. 結語
以上の結果から、風波の影響が大きい場合の吹送流の流速分布は、Reidの理論や混合距離に風波の影響を考慮した著者らの理論とはあまり一致せず、戻り流れは、ほぼ全断面で一様になり、強い前向きの流れと明確に区別されることがわかった。今後、理論結果と実験結果の相違する原因を明らかにし、波浪の影響を考慮した吹送流の流速分布性を検討する必要がある。

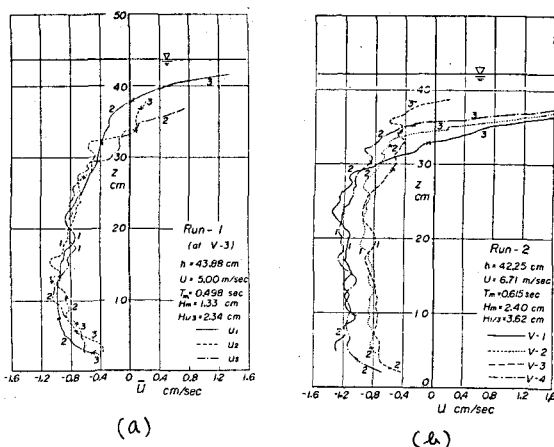


図-2 定常状態における吹送流の流速分布

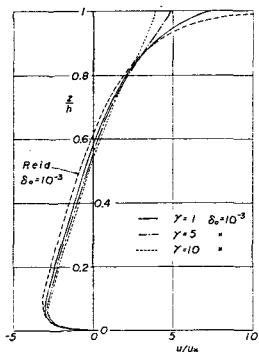


図-3 吹送流の流速分布の理論曲線

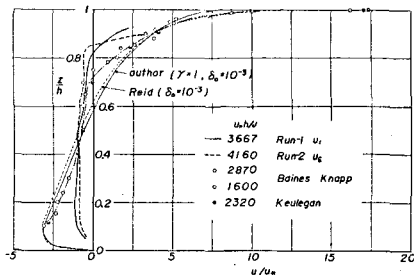


図-4 吹送流の流速分布の理論曲線と実験結果との比較