

自然海浜から輸送されるしぶき量に関する実験的研究

日本文理大学

九州大学大学院総理工

学生員○杉崎 隆太 吉岡 妙恵

正 員 樋田 操

学生員 鶴崎 賢一 正 員 松永 信博

1. はじめに

沿岸域のしぶき濃度分布を把握することは塩害対策を考える上で非常に重要であり、それには数値シミュレーションの利用が最も有効である。しかしながら実際にこうした場の計算を行うには、どのように境界条件を与えるかが難しい問題となる。そこで著者らはこれまで、沖合い海域を対象とした水平床の実験を行いしぶき濃度分布の定量化を行ってきた。そこで本論文では、より汀線に近い海域を対象として斜床を設置した風洞実験を行い、こうした領域のしぶき濃度分布を検証するとともに、特に底面近傍のしぶき濃度の定量化を試みたものである。

2. 実験装置・実験条件

実験には、高さ0.94m、幅0.6mの矩型断面を有する風洞付二次元造波水槽を用いた。実験装置の概要を図-1に示す。水槽中央部に勾配1/30の斜面を設置し、斜面背後には長さ10mにわたり高さ40cmで水平部を設けた。水深は一樣水深部において $h=30\text{cm}$ に固定した。この水槽において3種類の波形勾配の波を造波するとともに、水域全体で砕波が生じるように3種類の風を吹かせ、合計9種類(Run1から9)の実験を行った。実験条件及び代表諸量を表-1に示す。 Tp は形成された波の卓越周波数、 Um は断面平均風速、 c は波速である。水面に作用する風の摩擦速度 u_* は、平均風速分布に対数則を適用して求めている。 X_0 、 he 、 l ならびに C_*e については後節で説明する。表-1ならびに以降の文中において、 $-$ を冠してあるものは全断面の平均量を示し、何も冠していないものは各断面における局所量を示している。波高の測定については、図-1におけるPos.1から6までの6断面とした。風速ならびにしぶき量の測定は、ともに風の吸い込み口から風下側9.70mの位置をPos.1とし、以降約1.2m間隔で、3、5、6及び7からPos.14までの12断面とした。各断面・各条件において水域にある測定断面ではsetup面を、陸域にある測定断面については底面を鉛直軸の原点とした。風速の測定はペーン式風速計を用いて鉛直上向きに2 cm毎、しぶき量の測定は3 cm径の円筒容器に脱脂綿を詰めたものを用いて鉛直上向きに4 cm毎に行った。

3. 実験結果・考察

図-2に、水平床上のしぶき濃度分布の普遍表示を示す。著者らはこれまでに、実験結果を基にして沈降と拡散の鉛直フラックスが釣り合った拡散方程式とししぶき粒子の沈降速度の評価から、水平床上のしぶき濃度分布の実験式として次式を提案している。

$$C = \frac{C_*}{\exp \alpha} \exp \frac{\alpha}{z}, \quad \alpha = \frac{6.67 D_*}{ku_*} \quad (1)$$

ここで D_0 : $z=H$ におけるしぶき粒径、 C_* : $z=H$ における

しぶき濃度、 κ : カルマン常数($=0.4$)である。(1)式の導出については文献1)に記載したので、詳細はそちらを参照されたい。図中の実線が示す実験式は、各断面におけるしぶき濃度分布に(1)式を適用し、算定された α と C_* の値を平均して得られたものである。この実験式は全実験値のほぼ中央を通り、妥当な評価式であるといえる。

図-3は、Run 1における斜床上的のしぶき濃度分布の一例である。図中には、Run 1と同じ波および風の条件に対して、(1)式により求められた水平床上的のしぶき濃度分布を実線で示した。図-3によると、測定断面が風下方向に進むに従って、上層のしぶき濃度は大きく変化しないものの、低層の濃度が急落していく。風による水面のsetupにより汀線はほぼPos.8付近に位置しており、その周辺で濃度の減少が著しい。さらに陸域へ進むと、低層のしぶき濃度の減少率もやがて小さくなり、しぶき濃度分布は次第に鉛直方向に一樣な分布へと近づいていく。これは、波高の減衰に伴い砕波からのしぶきの供給が減少することと、上層の細かなしぶき粒子に比べて低層の比較的大きい粒径のしぶき粒子がすぐに沈降してしまうことによるものと考えられる。さらに陸域へ進むと比較的大きい粒径の粒子はほとんど沈降してしまい、鉛直方向にはば一樣な濃度分布が風によって移流されていくと考えられる。各条件・各断面の濃度分布について、水域では $z=H$ 、陸域では底面におけるしぶき濃度 C_* を読みとり、その風下方向への分布を示したものが図-4である。ここで、 C_* の値が水平床の C_* の値から減少し始める位置を X_0 とし、 X はその点を原点にとる。 X_0 における諸量は添字 e を用いて表記することとし、 C_*e 及び he はそれぞれ、 X_0 における C_* の値と水深である。 l は各条件において、 C_* の値が 1 桁落ちる水平距離である。図-4において、水平床の実験結果から、沖合い海域では C_*/C_*e の値は一定値をとるが、 X_0 を越えて汀線近傍の領域に入ると、 X/l に対して指数関数的に減少する。やがて沖合いの C_*/C_*e の値に対し、3桁弱程度小さい値で、再び一定値に漸近する。図-3の分布と考え合わせると、 $X < 0$ は風による移流としぶきの拡散が卓越する領域であり、 X_0 から再び一定値に漸近するまでが移流と沈降の卓越する領域、それ以降が移流効果の卓越する領域であると考えられる。

汀線近傍の領域において C_* を定量的に評価するために、その減少率 l を H_0 により無次元化し、無次元摩擦速度 $\bar{u}_*/C_0$ に対してまとめたものが図-5である。これによると、 l/H_0 は $\bar{u}_*/C_0$ の増加に伴い線型的に増加する。従って、 C_* の値は H_0 と $\bar{u}_*/C_0$ が大きいほど緩やかに減少していくことが判る。最後に、 $X=0$ 点を評価す

るためその点における水深 h_e を定量化したが、これについては紙面の都合上講演時に報告する。

(参考文献)

1) 岸岡他：土木学会西部支部研究発表会概要集 (1996)

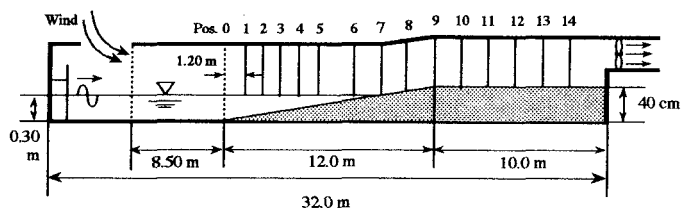


図 - 1 実験装置概要図

表 - 1 実験条件及び代表諸量

Run	T_p (s)	$H_{inf}/L_{inf} (\times 10^{-2})$	$\bar{U}_m$ (m/s)	$\bar{c}$ (m/s)	$\bar{u}_*$ (m/s)	X_0 (m)	h_e (cm)	l (m)	$\bar{u}_*/\bar{c}$	$C_{*e} (\times 10^{-4})$
1	1.00	5.35	17.7	1.19	1.50	7.08	347.0	8.89	1.26	2.66
2	1.00	5.13	20.4	1.19	1.93	7.78	32.40	8.8	1.63	2.82
3	1.00	5.30	22.9	1.26	2.45	9.17	27.70	8.8	1.94	5.23
4	1.20	4.13	17.8	1.27	1.32	7.78	32.4	8.19	1.04	1.02
5	1.20	3.74	20.3	1.22	1.86	9.72	33.10	8.05	1.52	1.64
6	1.20	3.77	22.7	1.31	2.25	8.67	26.8	11.7	1.72	6.09
7	1.45	2.88	17.9	1.31	1.42	8.75	29.1	5.69	1.09	1.47
8	1.45	2.77	20.2	1.31	1.81	12.0	26.40	12.50	1.38	5.40
9	1.45	2.61	22.7	1.37	2.31	6.25	37.50	11.10	1.71	4.25

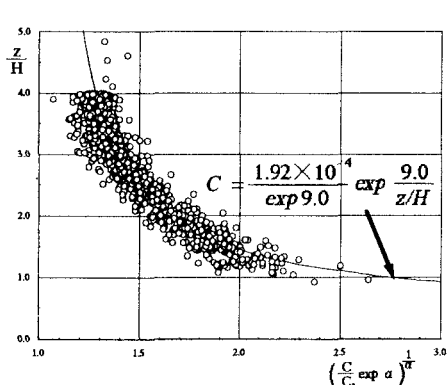


図 - 2 しぶき濃度の実験値と経験式の比較

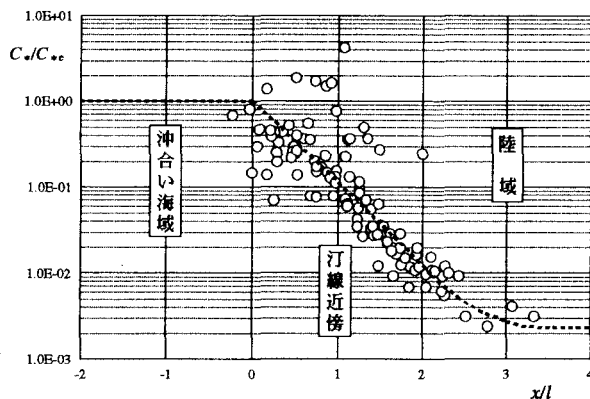


図 - 4 C^*/C_e と X/l の関係

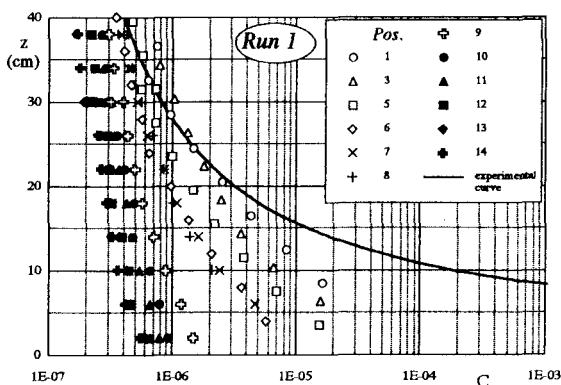


図 - 3 しぶき濃度分布 (Run 1)

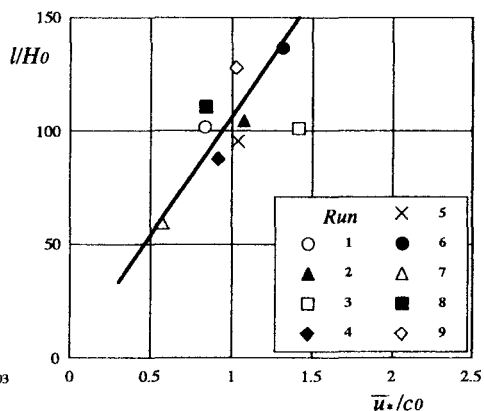


図 - 5 l/H_0 と $\bar{u}_*/c_0$ の関係