

強風による崩れ波型砕波上のしぶき輸送量について

日本文理大学 学生員○弓指利明 正 員 樋田 操
九州大学 正 員 松永信博 学生員 鶴崎賢一

1.はじめに 沿岸海域が台風や冬季節風等の強風下にある場合、海水がしぶきとなって空気中に取り込まれ、陸域に塩害が発生する原因となる。海水のしぶきは、砕波や波の構造物等への衝突により発生する。著者らはこれまで、一様勾配斜面上に二次元規則波を入射させて、その水面上に強風を吹かせることにより、崩れ波型の砕波帯から発生するしぶきの輸送量を測定するとともに、理論的考察に基づいてしぶき輸送量の定量的評価を行った¹⁾。しかしながら強風作用下の実海域では、浅水変形の無い外洋上においても崩れ波型の砕波帯が形成され、しぶきが多量に発生して空気中に取り込まれるものと考えられる。

本研究は、外洋上を対象として、一様水深の水平床面上に二次元規則波を入射させると同時に水面上に強風を吹かせることにより、崩れ波型の砕波帯から発生するしぶき輸送量の定量的評価を試みたものである。

2.実験装置および実験方法 実験は、長さ32m、幅0.6m、深さ0.94mの吸い込み式風洞を有する二次元造波水槽を用いた。図-1にその概要を示す。水槽の造波板側上部に設けられた風の吸い込み口と、岸側端上部に設けられた送風ファンの接続部を除いて、計測部の断面は、幅0.6m×深さ0.94mの矩形となっている。水槽の岸側端には、反射波吸収用の人工芝を張った斜板が設けられている。実験水深は水平床面上において $h=30\text{cm}$ に固定された。実験波は、波形勾配が $H/L=0.0744(H=10.2\text{cm}, L=137\text{cm}), 0.0519(H=9.19\text{cm}, L=177\text{cm})$ および $0.0490(H=10.6\text{cm}, L=215\text{cm})$ の3種類とした。ここで、 H および L はそれぞれ各実験条件における砕波帯内での波高と波長の平均値である。風速は、3種類の実験波に対して $U_m=16.5\text{m/s}, 17.5\text{m/s}$ および 18.4m/s の3条件とした。ここで、 U_m は風洞出口での風量より求めた、静止水面($h=30\text{cm}$)より上の断面に対する平均風速である。しぶき量の測定位置は、風の吸い込み口から風下方向に 10.2m の位置を $\text{pos1}(x=10.2\text{m})$ とし、 pos1 から 1.8m 毎の間隔で $\text{pos9}(x=24.6\text{m})$ までの9断面とした。 x はしぶきの吹送距離である。しぶきは直径 3cm 、深さ 5cm の容器に脱脂綿を詰め、容器の口を風向きに対して直角に向けることにより捕獲された。各測定位置のセットアップ面を鉛直方向の原点($Z=0\text{cm}$)として、容器を鉛直方向に 4cm 間隔で10個程度並べ、単位時間・単位面積当りのしぶき量 $q(\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ の鉛直分布を求めた。また、しぶきの濃度 C は、空気の体積に占めるしぶきの体積と定義し、 $C=q/\rho u(z)$ から算定された。ここで、 $u(z)$ は各測定位置での風速分布より、対数分布則の近似直線を用いて求めた高さ Z での風速、 ρ はしぶきの密度である。表-1に、実験条件およ

びその代表諸量を示す。 $\bar{u}_*/C_0$ 、 α および C_* については次節で説明する。なお、本研究に用いた波と風の条件では、波が水槽を伝播する水平床面上の全域にわたって、崩れ波型砕波が生じ、しぶきが多量に飛散する状態となる。

3.実験結果および考察 図-2は、各測定位置におけるしぶき濃度の鉛直分布を、 $\text{Run2}(H/L=0.0744, U_m=17.5\text{m/s})$ の場合について示したものである。しぶき濃度 C の風下方向の変化は鉛直方向の変化に比べて非常に小さいことがわかる。このことは、崩れ波型砕波からしぶきが風下方向に一様に供給されるためであると考えられる。図-2より、しぶき濃度 C の鉛直分布形として以下の関係が成り立つことがわかる。

$$C \sim A \{z/(H/2)\}^{-\alpha} \quad (1)$$

ここで、 A および α は定数である。 $Z=H/2$ におけるしぶき濃度を $C=C_*$ と定義する。その場合、関数形は次式で表される。

$$\frac{C}{C_*} = \{z/(H/2)\}^{-\alpha} \quad (2)$$

式(2)より、しぶき濃度 C を定量化するためには各実験条件における C_* と α の値を決定する必要がある。図-2において、実験値の近似直線を求め、 $Z=H/2$ すなわち、 $z/(H/2)=1.0$ におけるしぶき濃度を読み取ることにより C_* が求められる。また近似直線の傾きを求めることにより、 α の値が得られる。表-1に、各実験条件について求めた C_* と α の値を示す。

図-3は、 $Z=H/2$ におけるしぶき濃度 C_* と、風の摩擦速度と沖波波速との比 $\bar{u}_*/C_0$ との関係を、波形勾配 H/L をパラメータとして示したものである。表-1には、各実験条件について求めた $\bar{u}_*/C_0$ の値²⁾を示す。図-3より、 C_* の値は、 H/L に依存せず、 $\bar{u}_*/C_0$ が増加するにつれて指数関数的に増加することがわかる。したがって、実験値に対する近似直線は、次式で表される。

$$C_* = 10 \bar{u}_*/C_0 \quad (3)$$

図-4は、 α と波形勾配 H/L との関係を示したものである。図-4および表-1より α は H/L および $\bar{u}_*/C_0$ に依存せずほとんど一定であり、次式で表されることがわかる。

$$\alpha = 4.0 \quad (4)$$

式(2)に式(3)および式(4)を代入することにより、しぶき濃度は、次式で表される。

$$C = 10 \bar{u}_*/C_0 \{z/(H/2)\}^{-4.0} \quad (5)$$

以上のことから、今回の実験条件の範囲において、崩れ波型砕波が水平床面上を伝播する場合のしぶき濃度は、式(5)で表されることが明かとなった。

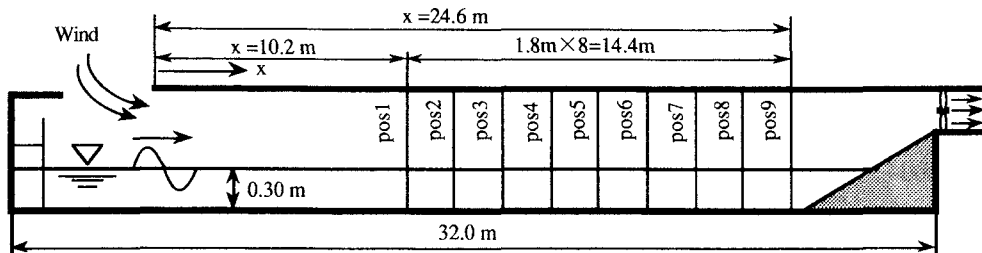


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件および代表諸量

Run	H(cm)	L(cm)	T(s)	C_0 (m/s)	U_m (m/s)	$\bar{u}_*$ (m/s)	H/L	$\bar{u}_*/C_0$	α	$C^*(\times 10^{-4})$
1					16.5	1.39				3.00
2	10.2	137	1.00	1.56	17.5	1.59	0.0744	0.891	4.07	6.50
3					18.4	2.13		1.02	3.95	14.00
4					16.5	1.12		1.36	4.37	2.10
5	9.19	177	1.20	1.87	17.5	1.32	0.0519	0.597	3.94	3.10
6					18.4	1.77		0.703	3.77	5.90
7					16.5	1.14		0.947	3.82	2.40
8	10.6	215	1.40	2.18	17.5	1.30	0.0490	0.520	4.10	2.30
9					18.4	1.67		0.596	3.60	5.30
								0.766	3.91	5.30

4.今後の展望 本研究により、強風作用下において、崩れ波型碎波が水平床上、すなわち外洋上を伝播する場合のしぶき濃度 C を、風と波の代表量、 $\bar{u}_*$ 、 C_0 、 H を用いて表すことが可能となった。今後は人工構造物から発生するしぶき輸送量の定量化について、さらに詳細な検討を行いたい。

最後に本研究を行うにあたり多大なご協力を頂いた、日本文理大学海洋環境研究室の山口、山崎、堤君に深く感謝致します。

参考文献)

1)松永ら：水工学論文集,38,499-504(1994).

2)吉田ら：土木学会西部支部研究発表会概要集(1995).

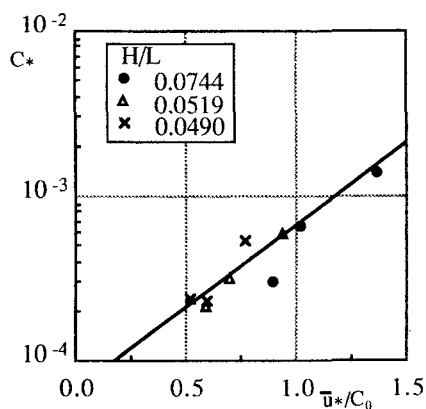


図-3 C^* と $\bar{u}_*/C_0$ との関係

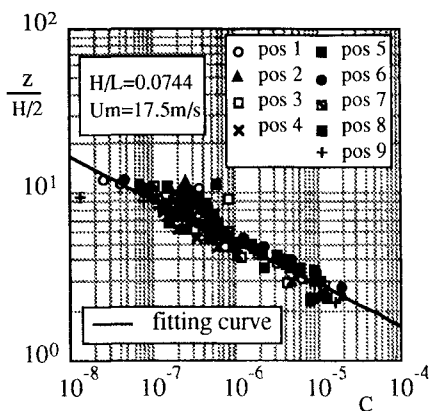


図-2 しぶき濃度の鉛直分布(Run2)

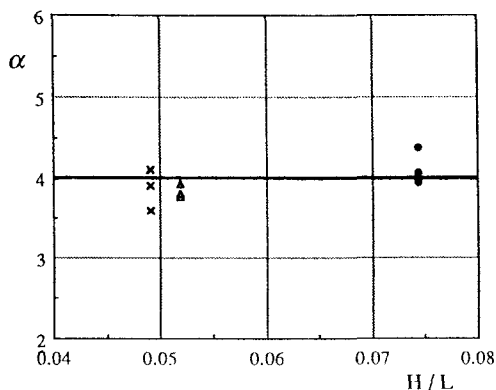


図-4 α と H/L との関係