

強風下の消波護岸から発生する飛沫の陸域への輸送

九州大学大学院総理工 学生員○香月 理 正 員 松永信博
 日本文理大学工学部 正 員 樋田 操 正 員 熊野将充

1. はじめに

異形コンクリートブロック(消波ブロック)は、防波堤や護岸・堤防の前面の被覆工として、波力・反射率・越波量等を大幅に低減でき、その消波効果は十分に立証されている。しかしながら、その消波原理上、強風時には、多量の海水飛沫が沿岸陸域に飛散して、塩害等の大気環境問題となることが考えられる¹⁾。

本研究は、テトラポッドにより被覆された消波護岸の模型実験(縮尺1/25)を行い、波と風速の条件を変えた場合の飛沫量を計測して、陸域への輸送特性を調べたものである。

2. 実験装置および実験条件

実験には、長さ32 m、高さ0.94 m、幅0.6 mの矩形断面を有する風洞付き二次元造波水槽を用いた。図-1は、実験装置の概要を示す。水槽中央部に、縮尺1/25のテトラポッドによる消波護岸の模型を設置し、護岸背後には陸域モデルとして長さ10 mにわたり水平床を設置した。図-2は、実験の対象とした消波護岸の断面図を示す。実験においては、水平床の高さを40 cm、一様水深部の水深を25 cm(一定)とした。波高および波速の測定は、容量式波高計を用いて、図-1に示すPos. 1で行われた。平均風速および飛沫量の測定はPos. 1~Pos. 5で行われた。造波周期は、 $T=1.0, 1.1, 1.2, 1.3$ sの4種類とし水域全体で碎波が生じる様に風速の条件を設定して、合計6通りの実験(Run1~6)が行われた(表-1参照)。表中、 U_m は、陸域水平床上(Pos. 3, 4, 5)における断面平均風速を示す。 L_0 は沖波波長である。また、 u_{*0} はPos. 1において、水表面に作用する摩擦速度であり、 H_c は同位置における卓越波の波長、波高、波速である。 C_0 に関しては次節で説明する。風速および飛沫量の鉛直分布の測定については前報²⁾を参照されたい。

3. 実験結果および考察

図-3は、Run 3($T=1.1$ s, $U_m=3.6$ m/s)における飛沫濃度の鉛直分布を、一例として示したものである。空気中の飛沫濃度 C は、単位時間・単位面積当たりに輸送される飛沫量 Q (g/cm^2) を平均風速 u と水の密度で除することによって求めた。飛沫濃度は、碎波が消波護岸に激しく衝突することにより、海面上のPos. 1に比べて、とくに護岸近傍のPos. 2において、かなり上方まで大きく、一定値となることがわかる。そして、風下方向に流下するにつれて飛沫濃度は鉛直方向に指数関数

的に減少する。このことから、風による飛沫の移流と重力による沈降が釣り合った移流沈降領域が形成されていることがわかる³⁾。

図-4は、海域(Pos. 1)における飛沫濃度の鉛直分布を全ての実験条件(Run 1-6)について、普遍化したものである。図中の実線は、松永²⁾が経験的に求めた沖合い海域における飛沫濃度分布であり、

$$\tilde{C} = \left(\frac{C}{C_*} \exp \alpha \right)^{\frac{1}{\alpha}} = \exp(1/\tilde{z}) \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 $C_* = 1.42 \times 10^{-4} (u^*/\phi^2)$ で、 $\tilde{z} = 1.0$ における飛沫濃度、 $\alpha = 9.0$ 、 $\tilde{z} = z/H$ である。Pos. 1での飛沫濃度分布は、(1)式にはほぼ一致することがわかる。

次に、陸域における飛沫の輸送特性を検討する。図-3よりわかる様に、護岸近傍のPos. 2では飛沫濃度が大きく、しかも底面($z=0$)近傍では、ほぼ一定値となっている。この一定値となる飛沫濃度を、各実験条件について平均した値を C_0 とする。

図-5(a)および(b)は、護岸から陸域(Pos. 2~Pos. 5)における飛沫濃度分布を無次元化して表したものをフルード数 $U_m/\sqrt{gh_c} = 11.2$ および $U_m/\sqrt{gh_c} = 15.3$ について示したものである。ここで、 h_c は護岸天端の静水面からの高さである。図中、各測定位置での実験値は、 U_m が同じ条件については平均値で表されている。これらの図より、護岸近傍のPos. 2では、消波護岸から発生した飛沫が、風速が大きいほど上方まで飛散することを示している。また、図-5(a)より、風速が小さい場合には、風下方向に流下するにつれて、鉛直方向の飛沫濃度は指数関数的に急激に減少しており、移流沈降領域を形成していることがわかる。これに対して、風速が大きい図-5(b)では、飛沫濃度は、風下方向に流下しても余り減少しない。これは、風速が大きい場合には、重力による飛沫の沈降よりも風による移流効果が卓越するためであると考えられる。

4. おわりに

テトラポッドにより被覆された消波護岸からの飛沫濃度の輸送特性を調べた。その結果、強風時において、海域全体が碎波している場合、海域水面上よりも護岸近傍での飛沫濃度が大きくなることから、消波工より多量の飛沫が発生し、陸域へ輸送されることが明らかとなった。今後は、さらに詳細な実験と現地計測を行い、定量的評価を行いたい。

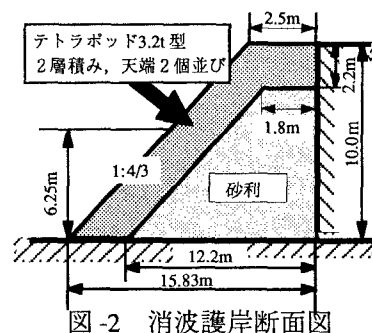
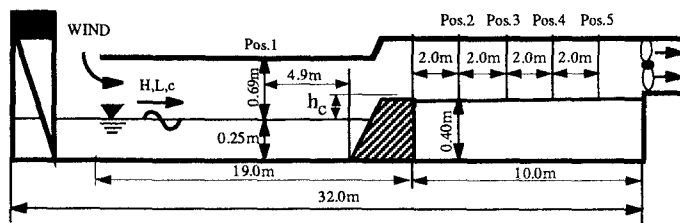
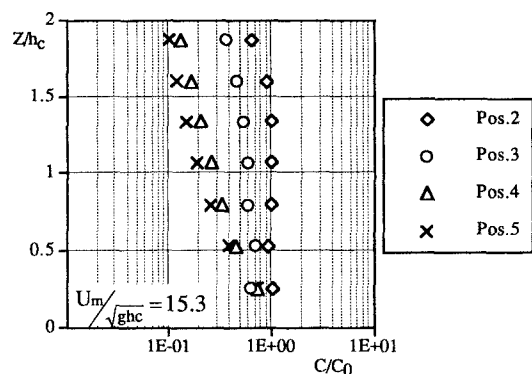
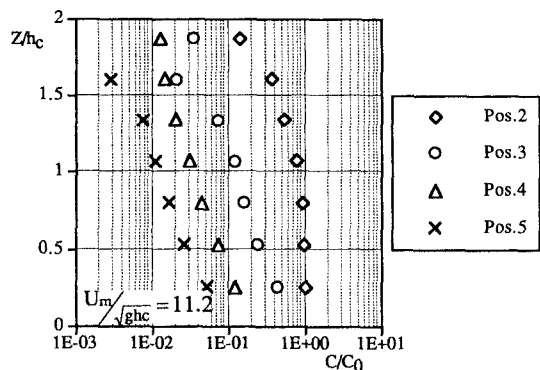
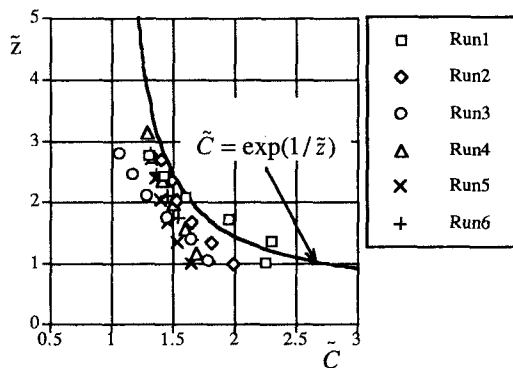
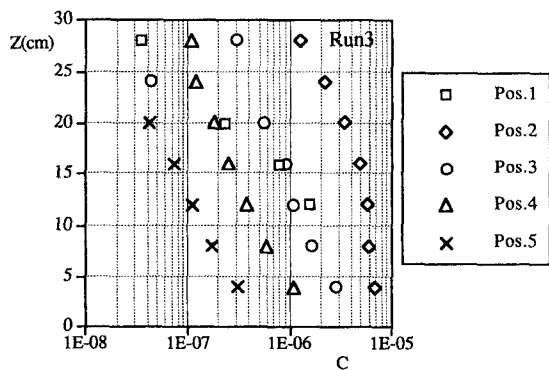


表-1 実検条件および代表諸量

Run	T(s)	U _m (m/s)	u _* (m/s)	L _a (m)	L _m (m)	H(cm)	H/L	c(m/s)	u _* /c	C ₀ (×10 ⁵)
1	1.0	13.6	1.08	1.56	1.37	11.6	0.085	1.34	0.81	0.65
2	1.0	18.6	2.10	1.56	1.39	11.9	0.086	1.36	1.54	1.09
3	1.1	13.6	0.99	1.89	1.56	11.4	0.073	1.42	0.70	0.63
4	1.1	18.6	2.01	1.89	1.60	10.2	0.064	1.42	1.42	1.19
5	1.2	18.6	2.06	2.25	1.76	11.8	0.067	1.43	1.44	0.93
6	1.3	18.6	1.87	2.64	1.94	11.4	0.059	1.44	1.30	1.22



[参考文献]

- 1) Hashida, M. et al. : Proc. 25th Int Conf Coastal Eng, ASCE, 1022-1033, 1996.
- 2) 松永信博 他 3 名 : 海岸工学論文集, 第 43 巻 pp.1186-1996.