

風波の波浪特性に及ぼす気液間の温度勾配の影響に関する実験

岩手大学 学生会員 ○相澤駿希, 増田健太 正会員 小笠原敏記

1. はじめに

風波とは風によって起こる不規則波であり, 風により発生・発達する波浪は風波と呼ばれる. これまでの波浪推算に取り入れられていない外的要因として, 気液境界層における気温と水温の温度勾配がある. 温度勾配による現地観測結果(Roll, 1952)については, 気液温度差が大きいと波高が大きくなることが示されている. 実験的研究においても気液温度差が大きいほど波高が大きくなる傾向を示しているが, 風速(摩擦速度)と波高の関係は十分に解明されていない.

本研究では, 気液温度差の風浪場を設定することが可能な風洞水槽を用いて, 波高・温度・風速の実験データを基に, 気液温度差および摩擦速度が風波の波浪特性にどのような影響を及ぼすのかについて検討する.

2. 実験概要

(1) 実験装置

実験には長さ 17m, 幅 0.5m, 高さ 1.2m の水槽に高さ 0.3m の風洞を取り付けた吸入型風洞付造波水槽を用いた. なお, 水槽の側面・底面に断熱材を取り付けることで外気を遮断した. 図-1 に水槽の概要および計測機器の位置を示す. 水深は 0.8m とし, 造波装置から 9.75m の位置に熱線式風速計(testo 製), 同位置に容量式波高計(KENEK 製)を平行に設置し, 12.5m の位置に温度計(testo 製)を設置した. サンプル間隔は風速計を 1sec, 容量式波高計を 0.01sec, 温度計を 1min とした.

(2) 実験条件

代表風速 U_r (水面から高さ 10cm での風速)を $U_r=3.0$, 6.0 および 9.0m/s とし, 全 70 ケースとした. また, 各風速において気温 T_a と水温 T_w の気液温度差 $\Delta T (= T_a - T_w)$ を与え, $\Delta T = -12.52^\circ\text{C}$ から $\Delta T = 3.32^\circ\text{C}$ の間で計測した. なお, ΔT を決める際の気温は, 水面から高さ 10cm の位置, 水温は水深 10cm の位置での計測値を用いた. 波が平衡状態になったときに波高, 風速, 温度の各計測を開始した. 各計測機器の計測時間は 2 分間とした.

風速の鉛直分布は, 各風速で 9 ケース, 合計 27 ケー

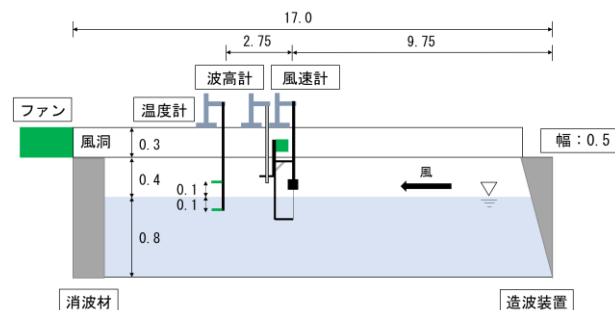
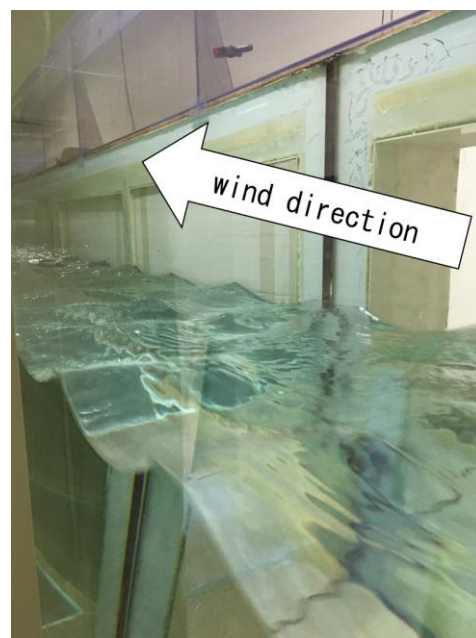


図-1 水槽の概要および計測機器の位置 (単位:m)

写真-1 $U_r = 6.0\text{m/s}$ における平衡状態の風波

スを計測した. このときの計測地点は, 水面からの距離 2cm から 15cm の間とした. また, 計測時の気液温度差 ΔT は, $-5.05 < \Delta T < 5.46$ の範囲であった.

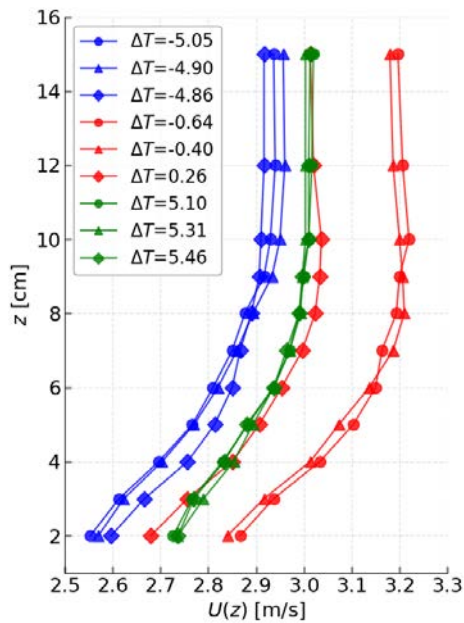
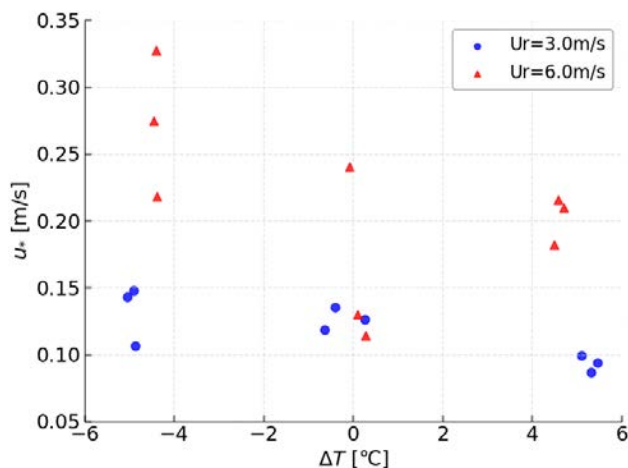
3. 実験結果と考察

図-2 は, $U_r=3.0\text{m/s}$ における風速の鉛直分布を示す. どの温度差も同様の傾向を示すが, 水温に比べて気温が低くなる $\Delta T = -5$ 付近では風速が小さくなる. また, 図は載せていないが, $U_r = 6.0$ および 9.0m/s でも $U_r = 3.0\text{m/s}$ と同様の傾向を示す.

次に, 気液温度差 ΔT と, 対数則を適用させて求めた

キーワード 風波, 水理実験, 摩擦速度, 気液温度差

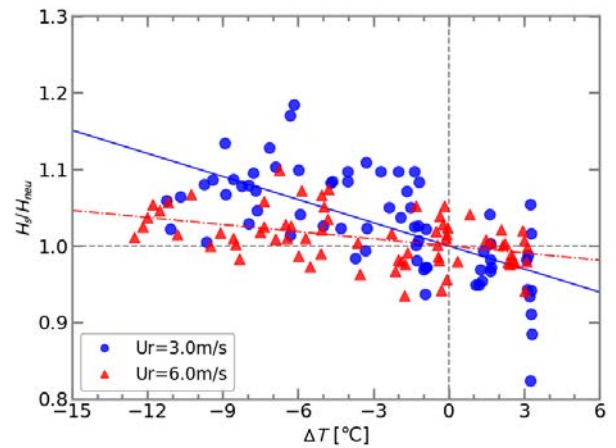
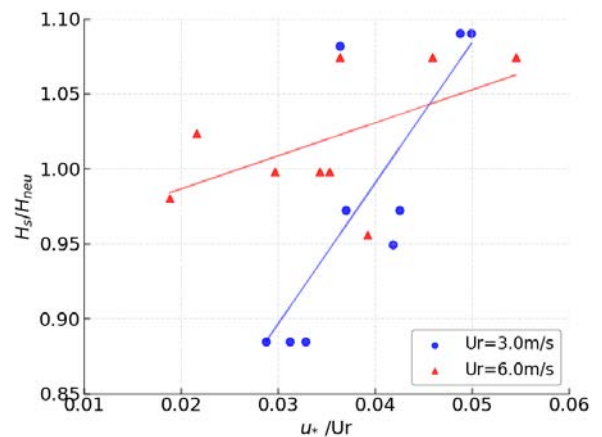
連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 岩手大学理工学部 togasa@iwate-u.ac.jp

図-2 $U_r = 3.0 \text{ m/s}$ における風速の鉛直分布図-3 気液温度差 ΔT と摩擦速度 u_* の関係

摩擦速度 u_* の関係を図-3 に示す。風速の増加に伴い摩擦速度が大きくなることが確認できる。また、水温に比べて気温が小さくなるほど、摩擦速度が大きくなる。つまり、風速だけでなく気温も摩擦速度に影響を及ぼすことが言える。

図-4 は、気液温度差 ΔT と有義波高 H_s の関係を示す。なお、波高はゼロアップクロス法を用いて算出した。縦軸は、 H_s を $\Delta T=0$ の波高 (H_{neu}) で割って正規化している。摩擦速度と同様に、何れの風速も、水温に比べて気温が小さくなるほど波高が大きくなることが確認できる。また、風速が小さいほどその傾向が顕著に表れる。

図-5 は摩擦速度 u_* と有義波高 H_s の関係を示す。横軸は、摩擦速度を風速で割って正規化している。値にばら

図-4 気液温度差 ΔT と有義波高 H_s の関係図-5 摩擦速度 u_* と有義波高 H_s の関係

つきはあるものの、摩擦速度が大きくなるほど波高も大きくなる傾向を示すことが確認できる。また、風速が小さいほどその傾向が顕著に表れていると言える。

以上より、波高の増大は摩擦速度と気液温度差に依存することが明らかである。また、風速が小さい場合、気液温度差の影響を受ける傾向が顕著になる。この要因として、気温が低くなることによって水面(水分子)状態に変化が生じ、海面抵抗に影響を及ぼしたのではないかと推察される。そのため、今後の課題として、海面温度の状態変化を検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 鈴木靖, 鳥羽良明, 鈴木直弥, 小森悟(2010): 風波スペクトルの飽和度に関する海面抵抗係数の変動, 海岸工学論文集, 第 66 巻, pp.101-105
- 2) 加藤始, 長山英樹, 信岡尚道, 森正和(1997): 風波の発生・発達に及ぼす温度成層の効果についての研究 (2), 海岸工学論文集, 第 44 巻, pp.451-455