

II-210

放水路越流堰における発泡現象の定量的評価

前田建設工業(株)土木設計部 正会員○山之口 寛

同 上 上田 康浩

同 上 三輪 俊彦

1. はじめに

火力・原子力発電所などの放水路や放水口では、越流や跳水現象などによって大量の泡が発生し、これらの泡の一部が放水口から外海に流出し、周辺海域の美観を損ねるなどの問題を生じている場合がある。泡そのものは有害ではないが、特に海水における泡は粘性が高く消散しにくいという特性を有しているため、景観への配慮を目的に、様々な消泡対策や泡の流出対策などが行われている¹⁾。

放水設備などにおいて消泡対策工法を策定するに際しては、泡の発生やその流出特性を定量的に把握することが重要となるが、その挙動の複雑さや発生要因が多様であることなどから未解明な部分も多い。本研究では、冷却水の越流に伴う発泡現象に着目し、消泡対策工法の立案に際しての一助とすべく、水理実験および数値解析を導入しその定量的な評価を試みた。

2. 水理模型実験の概要

一般に、気泡の性状は海水と淡水では大きく異なり、且つ、縮尺効果の影響を受け易い。そこで本研究では、自然海水を大量に使用するため、臨海部に大型の水理実験施設を新たに設け、主に越流に伴う発泡特性や

流況等の評価に主眼を置いた模型実験を行った。水槽は1/10スケールの2次元水槽を用い(図-1)、放水量をパラメータに水位、流速、気泡濃度などを主な測定項目とした。気泡濃度の測定は、ローラーポンプを用いて気泡が混入した海水を直接導き、海水と空気を分離・計量することによって気泡濃度を換算するというボイド率計を用いた。

写真-1は、越流堰における発泡現象を実験によって再現したものである(現地換算流量80m³/sec)。真水ではなく海水を用い、且つスケールの大きい実験を行うことによって、発泡現象をより現地に近い状態で再現できることが示された。本実験から、越流堰における発泡現象は、図-2に示すように放水量との相関性が高いことが認められた。

3. 発泡現象の定量化

既往の研究成果から、越流現象に対する発泡量の定量化には、越流高さをパラメータに気泡濃度を求める実験式などが提案され、越流高さが大きくなるに従って気泡濃度は限界濃度に漸近するという性質などが示されている²⁾。しかし、越流高さがある程度以上大き

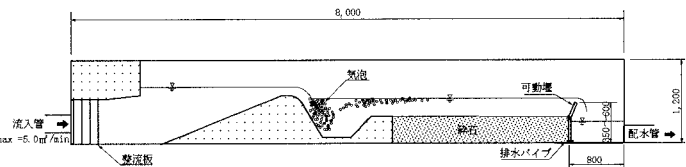


図-1 実験施設の概要



写真-1 越流堰における発泡現象

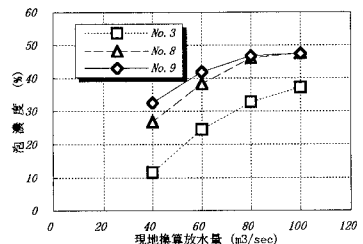


図-2 気泡濃度と放水量の関係

キーワード：越流堰，水理模型実験，数値解析，気泡発生量，運動量，評価手法

連絡先：〒179-8903 東京都練馬区高松 5-8 J.City Tel. 03-5372-4748, Fax. 03-5372-7322

くなると、得られる気泡濃度はいずれも限界濃度に近い値を示してしまい、その結果、現象の定量的な評価が困難になるという欠点を有している。

そこで本研究では、気泡発生量なるパラメータを導入することにより、越流水の運動量との相関に基づいた発泡量の定量化を試みた。気泡発生量とは、流水中に発生する単位時間当たり・単位体積当たりの空気量(m^3/sec)であり、気泡濃度(%)とは以下の関係となる。

$$\text{気泡濃度} : C = S / (Q + S) \times 100 \quad (\%) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\text{気泡発生量} : S = C \times Q / (100 - C) \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに、 Q ：海水の流量(m^3/sec)を表す。

図－3は、越流時の水流の運動量と気泡発生量の関係を示したものである。図に示すように、運動量と気泡発生量には高い相関性のあることが認められ、次式の気泡発生量の算定式が得られる。

$$\text{気泡発生量} : S = 0.1714 \times M = 0.1714 \times \rho \cdot Q \cdot V \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \quad \cdots \cdots (3)$$

ここに、 ρ ：海水密度(t/m^3)、 Q ：流量(m^3/sec)、 V ：越流速(m/sec)を示す。そこで、式(3)を用いることにより、求めたい越流現象に対して何らかの方法で流量や越流速が得られれば、その気泡発生量を定量的に評価することが可能となる。

4. 数値解析の導入による発泡現象の定量化

現地スケールでの越流現象を評価するために、VOF法を用いた数値解析コードの導入を図った。図－4は解析結果の一例を示したものである。本手法を用いることにより、越流現象のような極めて非線形性の強い自由表面流れに対して、その水理特性を解析的に再現することが可能となることが示された。

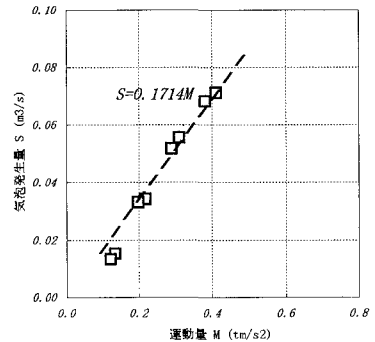
図－5は、数値解析結果から得られた水理特性値を基に式(3)によって求めた気泡発生量と、式(2)を用いて実験的に得られた気泡発生量を、放水量をパラメータに比較したものである。本図では、現地換算流量 $80(\text{m}^3/\text{sec})$ の値を基準に、各放水量における発泡量を相対比で示している。この図に示すように、相対的な評価手法としては、数値解析と気泡発生量の算定式を組み合わせることによって、越流堰における発泡現象を精度良く予測することが可能であることが認められた。

5. おわりに

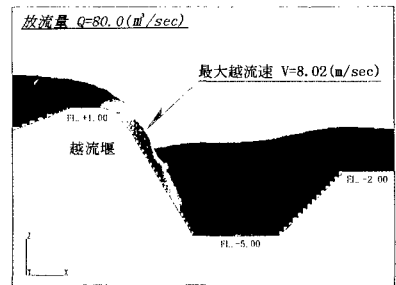
本研究では、火力・原子力発電所の放水路における越流時の発泡現象に対し、その定量的な評価を試みた。その結果、水流の運動量と気泡発生量との関係に着目することにより、気泡の発生量をある程度相対的に予測することが可能であることが示された。

【参考文献】

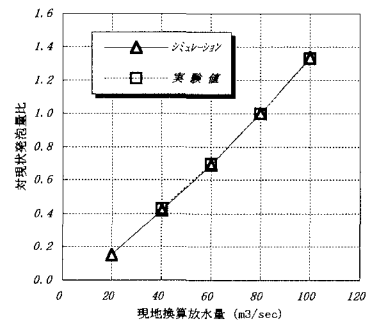
- 1) 福原華一，田中寛好，佐藤隆宏：冷却水水路系の発泡防止対策，電力中央研究所報告，U94303，1995
- 2) 原田俊之，永見光央，目見田哲，増田寛，戸田圭一：越流堰による泡の発生に関する実験的研究，土木学会第48回年次学術講演会講演概要集，1993



図－3 運動量と気泡発生量の関係



図－4 数値解析結果
(スカラー流速分布図)



図－5 放水量と気泡発生量比の関係