

表面密度フロントの計算法について

山口大学工学部 正〇羽田野袈裟義 学 久保 裕 康
通産省中国工試 正 埜 口 英 昭

1. はじめに

水面上の油の拡がりやドライベッド上の段波を解析する場合、先端では流動厚さが有限値からゼロに変化するため、解析上のネックになっている。このため、上記のフロントの解析では、先端部に条件を与えこれを満たす位置より後方部分を数値的に取り扱うのが普通である。先端の条件は、フルード数が1程度、または適当に小さな流動厚さが採用されているが、このような条件の妥当性について十分検討されているとはいえない。ここでは、油層先端に関する大野²⁾の実験データをもちいて先端の条件を検討する。

2. 実験データについて

大野は、軽油($\nu=0.043\sim0.067\text{cm}^2/\text{s}$)、機械油($\nu=0.864\sim3.81\text{cm}^2/\text{s}$)、モーター油20W40($\nu=4.42\sim7.31\text{cm}^2/\text{s}$)およびモーター油#30($\nu=13.7\sim16.7\text{cm}^2/\text{s}$)

を用いて、2次元水路の静水面上に油を連続放出する実験を行ない、先端の進行速度と先端厚さにの詳細な測定を行なっている。

そして油層先端の形状には大雑把に次のようなタイプがあることを示し、タイプに応じ図-1のように先端厚さを読みとっている。

(A1) head shaped frontが生じ、油・水界面に内部波が見られる。

(A2) head shaped frontが生じるが、内部波は殆ど見られない。

(B) head shaped frontは発生せず、油層は先端から後方へとその厚さを増していく。内部波は殆ど見られない。

(C) 先端部が突出している。そのほかの点はC型と同様。

なお、以上は大雑把な分類であり、A1とA2、あるいはBとCの区別が明瞭でないものかなりあると述べている。

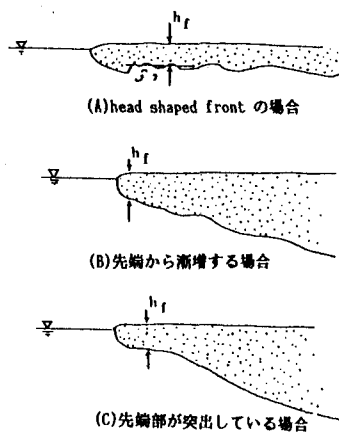


図-1 h_f の読み取り方法²⁾

3. 次元的検討

前述のように、従来から先端の条件として先端部のフルード数が盛んに検討されている。首藤らは先端部のフルード数(無次元波速) $K_f = V_f / \sqrt{\Delta \rho g h_f / \rho}$ が先端部のレイノルズ数 $Re_{f0} = V_f h_f / \nu_0$ と相対厚さ h_f / d (d は水深)に依存することを示している。そして、水深に比べて油層厚さが小さい場合($h_f / d < 0.1$)の先端の条件として次式を与えている。

$$K_f = \begin{cases} 1.5 & \text{for } Re_{f0} \geq 10 \\ Re_{f0}^{0.176} & \text{for } Re_{f0} \leq 10 \end{cases} \quad (1)$$

先端の条件は、慣性力、重力、および粘性力が適当にバランスした状態において満たされ则认为と、そのフルード数とレイノルズ数がある関数関係をもつことになり、上式はこれを表現したものとなっている。首藤らはこのような取扱いについて動粘性係数に油の値 ν_0 のみに注目して整理しているが、油層の拡がりの場合、関与する動粘性係数は ν_w か、 ν_0 かは判断が難しいので、動粘性係数として ν_w と ν_0 の2通りについて検討する。

次に、新たな整理方法を提案する。これは、先端の条件は上と同様に考え、力のバランスの状態にある部分の慣性項/粘性項の比を $V_f h_f / \nu$ 、重力項/粘性項の比を $h_f \sqrt{\Delta \rho g h_f / \rho} / \nu$ で評価し、重力項/粘性項と慣性項/粘性項がある関数関係にあると考え、この両者すなわち、 $h_f \sqrt{\Delta \rho g h_f / \rho} / \nu$ と $V_f h_f / \nu$ の関係を検討する。動粘性係数は上と同様に2通りについて調べる。

4. 実験値の適用

上の2通り整理法で2. のデータを用いて先端の条件を検討した。先端フルード数 K_f の結果が図-2に示されている。図-2 (A)中の実線は首藤らの式(1)である。図より、 ν_w を用いた場合に比べ ν_0 を用いた場合の方が、 K_f 値の小さい部分のデータの散乱がある程度回避される。

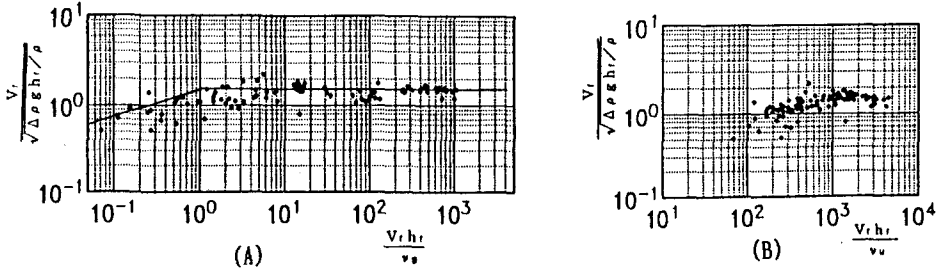


図-2 先端のフルード数とレイノルズ数の関係

次に、上で提案した整理法による結果が図-3に示されている。 ν_0 と ν_w のいずれを用いた場合も、プロットはほぼ一本の直線上にある。図-2、3の比較から、先端の条件はここで提案した方法がより有効であることが示唆される。図-3 (A), (B)の直線は次式で表わされる。

$$h_f \sqrt{\Delta \rho g h_f} / \rho / \nu = A (V_f h_f / \nu)^n ; A, n \text{ は定数} \quad (2)$$

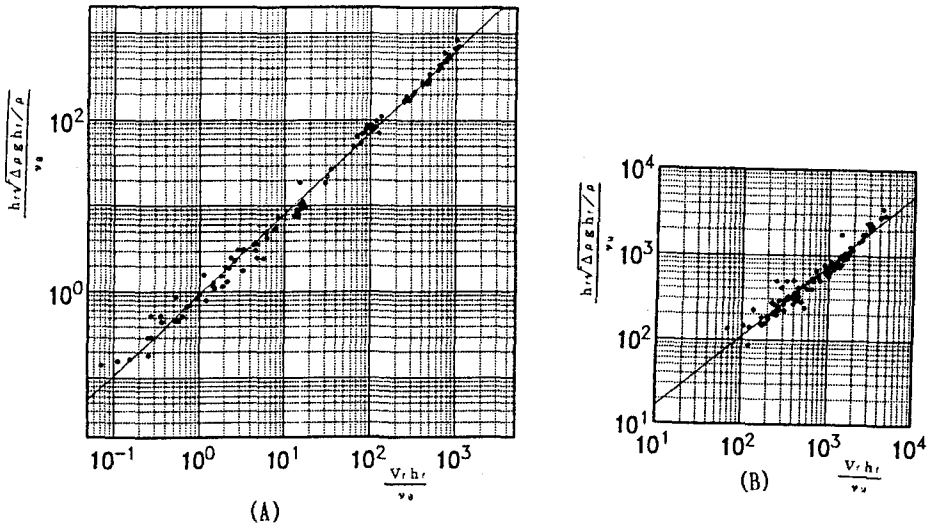


図-3 先端の $h_f \sqrt{\Delta \rho g h_f} / \rho / \nu$ と $V_f h_f / \nu$ の関係

5. 結語

以上、水面上の油層の拡がりの実験データをもとに、表面密度フロントの先端の条件を検討し、新たな条件として式(2)を提案した。この条件は油層拡がりの解析モデル容易に適用できる。

参考文献

- 1) 首藤・大野：石油の拡がりの実験、第24回海岸工学講演会論文集、1977。
- 2) 大野：海面上における石油の拡がりに関する実験的研究、中央大学修士論文、1978。