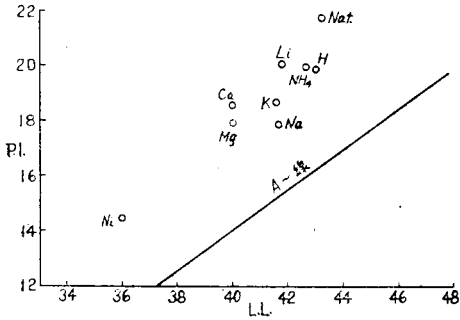


していないためであり、完全交換の Putnum Soil の場合にはその変化が顕著である。0.1N 溶液 24 時間漬後の効果を示すと図-1 の如くであり、変化の程度を認識して頂けると思う。

濃度の変化につれて一方向に前進的に逐次位置が変化

図-1 交換性カチオンの効果



せず前後しているが、これは交換される度合が異なるためで、高濃度のものがその飽和されたときに示す位置に振動しながら収斂しているのではなからうか。この点につき今後の定量的研究が必要です。

お示しの P.I. と内部摩擦角との関係は、さきに報告した「土の粒度加積曲線に関する統計学的研究」(土木学会誌第 36 巻第 12 号) の表-2 から粒度を媒介として帰納せられるから、他の土についても成立すると思う。したがって仰せの如く塑性図上の位置の変化と相対的な内部摩擦角の増減もカチオン交換によつて可能となり、本文最後に指摘したように土壌安定の基礎的方針となりうるだろうし、またそうなるよう努力したい。また地下水中に含有せられるカチオンとの関係を究明することにより、地氾りの化学的原因の一つを見出しうるかと考え、目下大阪府下鹿嶋附近の地氾りの解析として実施中である。

暗渠内の水流について

(土木学会誌第 37 巻第 4 号所載)

正員 岩崎敏夫

著者の今回の標記論文に深い敬意を表し、二、三の私見を述べます。

水面は波の現象を通じて空気との間にエネルギーの交換を行つているという御意見は確かに認められるべきです。限界相対速度について御採用になつた Helmholtz の方法は Potential flow で、エネルギー交換作用は全く無視されており、従つて Boundary condition の有限性の影響については単に定性的な説明しか与えない事は明らかです。

そこでこのような取扱いによつていかなる説明ができるかにまづ問題を限つて討議します。

(3.7) (3.8) (3.9) (3.10) はこれを λ で微分したものを 0 とおいて得られる波長 λ_m の場合に最小ですから、これを限界相対速度と考えるべきでしょう。ですから a) の場合に御提示の数値が得られる事に異論はありませんが、b) の場合に“ λ が増加 h' が減少すると云々”は正確でなく、“ h' が減少する程 λ_m は次第に増加し従つて v_0 は a) の場合よりも小さくなる”とすべきだと思います。今、 $\tanh \frac{2\pi h}{\lambda} \approx 1$, $\tanh \frac{2\pi h'}{\lambda} \approx \frac{2\pi h'}{\lambda}$ の場合に計算すると (3.9) より λ_m は

$$\lambda^3 - \frac{4\pi^2 T}{g(\rho - \rho')} \lambda - \frac{16\pi^2 T h'}{8g(\rho - \rho')} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

の根で、この場合第 2 項は $3 \times 10^4 \lambda$, 第 3 項は $3 \times 10^5 h'$ の order で第 2 項は無視できます。 $h' = 0.1 \text{ cm}$ の場合、 $\lambda_m = 14.5 \text{ cm}$, $v_0 = 286.7 \text{ cm/sec}$ となりこの程度の微小空気厚でもなお“無限小相対速度で波が発生する”事にはなりません。なお 23.1 cm/sec は相対速度でなくて、半無限状に拡がった 2 静止流体の境界面に発生する波の最小伝播速度 (C_m であり、a) の場合に相当し、

$$v_0^2 = \frac{(1+s)^2}{s} C_m^2 \dots\dots\dots(2)$$

にて v_0 と関係づけられるものです。次に c) の場合には、特に $\tanh \frac{2\pi h}{\lambda} \approx \frac{2\pi h}{\lambda}$, $\tanh \frac{2\pi h'}{\lambda} = 1$ の場合を考えると

$$\lambda^3 - \frac{4\pi^2 T}{g(\rho - \rho')} \lambda - s \frac{16\pi^2 T h}{g(\rho - \rho')} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

を満足する波長が λ_m で我々の場合には (1) 式と比較すると第 3 項が無視できて $\lambda_m \approx 2\pi \sqrt{\frac{T}{g(\rho - \rho')}}$ となります。これは a) の場合の式 (2) の C_m を与え

る波長と同一であり、また $v_0^2 = \frac{1+s}{s} C_m^2$ となつてほとんど a) の場合に等しくなり、従つて “b) にて与えられる” こととなりません。

以上の如く v_0 が与えられてもこれは単に定性的説明に止まるという事は、極めてゆるやかな流れの時でも粘性によつて消費されるエネルギーのために、発生した波はその振巾を減少する事を考えれば充分です。

今 (3.4) 式を成立させる複素ポテンシャル

$$\omega = -(V-c)\sigma - \frac{\alpha(V-c)}{\sinh mh} \cos(\sigma + ih)$$

$$\omega' = -(V'-c)\sigma + \frac{\alpha(V'-c)}{\sinh mh'} \cos(\sigma - ih)$$

から波が一波長当りに保有するエネルギーを計算すると、

$$W = \frac{\lambda \alpha^2}{4} \{ m\rho(V-c)^2 \coth mh + m'\rho'(V'-c)^2 \times \coth mh' + g(\rho-\rho') + Tm^2 \} \dots (4)$$

となり、(3.4) 式が成立する場合は

$$W = \frac{\lambda \alpha^2}{2} \{ g(\rho-\rho') + Tm^2 \} \dots (5)$$

となります。粘性を考慮する時は (3.4) 式が成立せず、 v_0 は別の条件から求めねばならない。粘性によつて流体内で消費されるエネルギーを Stokes の方法によつて計算すると、下の流体で $W_w = 2\lambda\mu\alpha^2 m^3 \times (V-c)^2 \coth mh$ 上の流体で $W_a = 2\lambda\mu'\alpha'^2 m'^3 (V'-c)^2 \times \coth mh'$ となり従つて、他よりエネルギーが与えられない場合は、

$$\frac{dW}{dt} = -(W_w + W_a) \dots (6)$$

これと (4) 式より

$$\left. \begin{aligned} a &= \alpha_0 e^{-\frac{\alpha + \alpha' t}{2\beta}} \\ \alpha &= 2\mu m^3 (V-c)^2 \coth mh, \\ \alpha' &= 2\mu' m'^3 (V'-c)^2 \coth mh' \\ \beta &= \frac{1}{4} \{ m\rho(V-c)^2 \coth mh + m'\rho'(V'-c)^2 \times \coth mh' + g(\rho-\rho') + Tm^2 \} \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

となり、減衰率 $\frac{2\beta}{\alpha + \alpha'}$ で振巾は減衰してしまう。波が維持されるためにはこの喪失されるエネルギーだけは補給されねばならないが、海の場合と異なつて定流の場合、乱れに変化するエネルギーを考慮に入れねばならぬ事となつて問題は更に複雑化します。水面を風が吹く場合について Jeffereys²⁾ は風のもつ運動量が波に垂直な圧力に変化を生ぜしめてエネルギーが伝達されるものとし、Suedrup と Munk³⁾ は水面に切線方向の剪断力を重視し、Schaaf と Sauer⁴⁾ は乱れによつて生じた剪断力を $\tau = \rho' / 2 C_D v_r^2$ (C_D : Draft Coefficient) として伝達されるエネルギーを表現しています。このように空気と水との間のエネルギー伝播の問題は極めて本質的なもので、波の発生について単にポテンシャル流れとして取扱うことは定量的には甚だ危険であると思います。更に開水路(暗渠を含めて)の場合の波の安定には水路勾配の影響も考慮しなければならず⁵⁾、また風の作用による水面抵抗や流速分布の変化の問題と併せていづれも、水流に生ずる二次流や遠心力や衝撃波等に覆われてその作用すなわち空気と水とのエネルギー交換の作用を捕える事は甚だ困難かと思われます。

註

- 1) Lamb, Hydrodynamics, 6th ed. p 624
- 2) Formation of water waves by wind, Proc. Roy. Soc. London p 205 1935
- 3) Wind, Sea and Swell. Theory of Relations for forecasting; Scripps. Inst. of Oceanography 1947
または Hamada; Breakers and Beach Erosion: Report of Trans. Tech. Res. Inst. Dec. 1951
- 4) A Note on the tangential transfer on energy between wind and waves, AGD vol 31. 1950
- 5) F.F. Escoffier; A graphical method for investigating the stability of flow in open channels or in closed conduits. flowing partly full, AGD vol. 31. 1950.

著者 栗津清蔵

学識経験の浅い私に種々御教示下されかつ御批判を賜り心から御礼申し上げます。次に御討議の件について二、三述べます。

1) 23.1 cm/sec, c) の件については御説の通りです。無限小相対速度で波が発生すると言うのは誇張して書いたもので (→0) 後で書いたように現象学的に

は一つの矛盾であり、この矛盾は波形の方から攻め波高、波長、空気層との関係から決められるものと思われれます。

2) 報文は結語で述べたように現象に対して、定性的問題のみ取扱い定量的問題は取扱っていません。し (26ページへ)