

は相当に違ってくるであろうし、また地表附近と深いところでは同一の粘着力とすることはできないように思う。しかしこれ等は未開拓の分野であつて、現在の土質力学の進歩の段階においては、著者のように一様に考えることも止むを得ないことと思うが、せつかくの努力の結果がさらに有効に利用されるように、上記の諸性質が明らかにされる日の近いことを期待する。

次に STABILITY NUMBER (以後 SN と略記する) なる語は土質力学でも周知の言葉でもないと思うので、いまま少しづつ書いて頂きたい。著者が挙げられる Krynine の初版では SN が無名数であることの説明が不十分である。そのためか第 2 版 (1947 年) では説明を変えている。そしてこの方がわかりやす

著 者 倉 田 宗 章

松尾博士の懇篤なる御討議を感謝する。まづ振動中の土の内部摩擦角  $\varphi$  と傾斜重力の方向角  $\theta$  との函数関係については、御説のごとく明らかな資料を求めることができなかつたため作図に当つては  $\varphi$  は常時と変りないものとして図示しておいた。これは  $\varphi$  の種々の値に対する曲線を与えておけば地震時においては  $\varphi$  は常時の何%にとるべきかと云つたような定量的見当が明らかとなつた際には該当の  $\varphi$  曲線を探ればよいわけであり、一方にはこのような図表には前提となる仮定の単純なこと、曖昧な推論による補正等を加えておかないこと等が、将来各種の事実が明らかとなるに従い補正ないしは修正を加える上にかえつて便であると考へた次第である。また粘着力の分布状態も御研究の示すごとく一様分布とみなし得ないものと思うが、これは  $\varphi$ -Circle Method なるものの基本仮定でもあり御説のごとく目下の段階では致し方なく、一日も速くこれ等に関する定量的見積ができるようになり適正な修正を加え得る日の来ることを願うものである。

次に STABILITY NUMBER なる語の説明が不充分との御指摘であるが、これは筆者の記述の不手際

くなつているが、それよりも Taylor (Fundamentals of Soil Mechanics; 1948) が扱つているように

$$SN = \frac{C_m}{\gamma H}; H = \frac{C_m}{k\gamma \cdot SN}$$

とした方が、仮想面を使うよりもわかりやすくないかと思う。原論文のようだと  $C_m'$  が実際の粘着力を示す数字のように誤りやすいのではあるまいか。

なお著者の扱つておられる Toe Failure のほかに Base Failure がどういふ場合に起るかをちよつとでも補足して述べて頂けたらと願うものである。

著者への直接の質問 483 ページ左欄 13 行目  $AB=\lambda$  は  $\overline{AB}=2\lambda$  の誤りではないか。

よるものでいま工夫すべきであつたと反省する。なお Krynine の本の第 2 版の方の説明では冒頭において  $H_{cr}$  は粘着力  $c$  に一次比例し土の重量  $\gamma$  に逆一次比例することを *a priori* に主張し得ると書き出しているが、これは初版の解説に比べむしろ飛躍的に過ぎるような気がする。また初版の方に記載してある各式の両辺の次元を比較すれば S.N が無名数なることは自明であると考えていたが、これは筆者独りの自己納得だつたかも知れない。また拙文においては、途中において記号の書換えはかえつて混乱を来すと考へ最後まで  $C_m'$  なる記等を用いたがこれは体裁の上からも S.N と書直した方がよかつたと思つている。

Base Failure にも言及しておく方が解説としては親切であることは確かに御説のとおりである。この場合に対しても図表があれば両種の Failure 間の移行関係も明らかとなり便であらうと思う。

なお P.483 左欄 13 行目  $AB=\lambda$  とあるは  $\overline{AB}=2\lambda$  の誤りにつき訂正する。

最後に丁寧なる御注意を重ねて感謝するとともに図表の改善及び利用の多からんことを願う次第である。

## Mathematical Theory and Experiment of Flood Waves

(著者 林 泰造; 土木学会論文集第 18 号所載)

正 員 工学博士 田 中 茂\*

洪水波の基礎式を厳密に解くことは不可能であるから、いろいろの仮定を設けて近似的に解く方法によるほかはない。かねてよりこの問題の研究をしておられ

\* 神戸大学助教授, 工学部土木教室

る著者が  $\sigma = \sqrt{-\bar{F}(o)/g/S_0}$  という優れた parameter を採用され、在来の解法に用いられた諸仮定よりもはるかに適切な仮定を設けて、successive approximation の方法により洪水流の理論を展開したことはまことに

優れた業績である。またさらに、このように巧みに展開された理論が在来の Forchheimer あるいは Bacht-Callet 公式, Kleitz-Seddon 法則, 並びに Jones 公式等をすべて包含し, その上実験や実測の結果とよく合うことを確かめたことに対し衷心より敬意を表する。次に論文を拝見し気のついたことを述べることにする。

1. 基礎方程式を無次元化するために式 (4) の処置を施したことはきわめて優れたことと思う。次に, 第 1 近似において, 波頂における  $\sigma$  の値が普通の勾配の水路では 1.0 に比して小さいとあるが, わが国の河川などにおける実測結果では  $\sigma$  の値はどれくらいになっているだろうか。また, この説明からみると式 (20), (21) 等の  $h_1$  は波頂のみに関する値のようにもとれないことはないが, Fig. 2 から明らかなように波全体に関する値である。この辺の説明が少し足りないのではないと思われるがどうであろうか。また Fig. 2 の 3 曲線は式 (21) の函数  $f$  の形を適当に決めて計算した結果を示したものか, また  $f$  の形の如何に関せず  $\tau$  の値が増すにつれて波頭が  $\tau=0$  の方向に向つて倒れかかるような波形になるのか。

2. 式 (32) に式 (31) を代入して式 (33) を得たのだが, このとき,  $O[\sigma \cdot (\tau - \xi/\omega_0)]$  を省略したとあるが, この項は式 (31) にはないから, 特に断わる必要はないのではないか。

3. p. 20 の初めの  $[2 + (2/b)]/[1 + (2h/b)] = 1$  の第 1 カッコの第 1 項 2 とあるのは 1 の誤りではないか。p. 16 の式 (19) の右辺第 2 項の  $C$  も  $C_1$  の誤字と思うが……。

4. p. 20 の式 (51) は式 (29) から得られるとあるがそれでよろしいのか。

5.  $\dot{F}(0)$  の値を式 (52) で求めることは, まことに

著者 林 泰 造

懇切なる討議を感謝するとともに以下討議に対し回答する。

1. 無次元量  $\sigma$  は, 一例をとると Kitty 台風による洪水時利根川栗橋附近における洪水流についての  $\sigma$  の値は  $\sigma = \sqrt{-\dot{F}(0)/g/S_0} = \sqrt{4.29 \times 10^{-9}/9.8/1/2860} = 0.0595$  の程度であつた。

次に式 (20), (21) 等における  $h_1$  は波全体に関する値であつて, 波頂附近にのみ制限された量ではない。Fig. 2 の 3 本の曲線は著者の第 1 近似解による洪水波の変形の模様を定性的に示したものである。一階偏微分方程式の特性帯の理論によつて式 (21) で与えられる位相, 従つて水深の値はその大きさに変化なしにそれぞれ式 (22) で与えられる位相速度で伝播することが

よい方法と思う。このとき,  $M_H, M_t$  として洪水位時間曲線の最高水位附近について実際に採用する値の大きさとしてはどのくらいの値が適当であろうか。すなわち, たとえば  $M_t$  の値を 5 分, 10 分, 20 分のいずれをとるかによつて  $\dot{F}(0)$  の値にどの程度ひびくだらうか。

6. 江戸川における実測値, ことに洪水波高の減衰状態や洪水波の伝播速度などがよく著者の理論値と一致していることは結構なことである。この川以外の適当な川についても調査したかどうか, 断面が場所によつて多少変化するような川ではどうなるだろうか。

7. 室内実験のところで, 弁の形状並びにその操作に特に工夫をこらしたことはきわめて優れたところと思う。ただ, 弁のところから流出落下した水が flood wave channel 内の水面に disturbance を与えることと思うが, この影響は洪水流の実験の場合には無視してもよろしいか。また, Buoy chamber 内の水面には洪水波以外の水面に生じている波などの影響は全然入つてこないであろうか。

8. 実験結果のところで  $b = 4.5 \text{ cm}/40 \text{ cm} = 0.1125$  とあるが, これは (4) 式に示してある  $b = B/H_0$  とは逆数の形になっているから, 式 (4) に従つた表わし方にした方がよいかと思う。また, 式 (47a) が実験結果とよく合うことは著者の理論の優れていることを物語つている。式 (51) の流量の関係を実験で確かめたかどうか。

9. 結論のところで, 著者の近似解決の誤差は  $100\%$  の大きさの order であるとしているが, それはどこからわかつたのか。

以上はなはだつまらないことをお尋ねするが, 著者の意見を伺いたい。

わかる。ところで伝播速度は式 (22) で与えられるような水深  $h_1$  の函数で水深が大であるほど大となるから, 水位の高い部分が伝播とともに漸次波面の前面に追いついてゆく。このようなわけでこの第 1 近似解による限り, 洪水波の水位-時間曲線は初めの洪水波形のいかなるを問わず, つぎつぎに伝播とともに Fig. 2 のように前に立つて後に長く尾を曳く状況となつてゆくわけである (しかし特に波高が伝播とともに低減しない等は実際にそくして不合理であるので, このために第 2 近似解に進んだ)。

2. 式 (32) に式 (31) を代入して得られた式 (33) は厳密には  $(\partial h_2/\partial \xi)$  の前に  $[1 - (\sigma/2)K(\tau - \xi/\omega_0)]$  がつく。従つて式 (33) は本文に記したように

$O[\sigma \cdot (\tau - \xi/\omega_0)]$  を 1 に比べて省略した結果得られたものである。

3. 御指撻のようにとも誤植である。なおその他式 (16) の  $d\xi$  は  $\xi$ , Fig. 3 の values は various values, 式 (47) の右辺の中カッコは  $\xi$  の前にくるべきものの誤植であつた。

4. 式 (51) は式 (29) から次のようにして導かれる。まず式 (29) から  $O[\sigma \cdot (\tau - \xi/\omega_0)^2]$  を無視することにより

$$q_2 = F \left( 1 + \frac{2}{b} \right)^{2/3} h_2^{5/3} \left( 1 + \frac{2h}{b} \right)^{-2/3} \times \left[ 1 - \sigma K \cdot \left( \tau - \frac{\xi}{\omega_0} \right) \right]$$

そこで水深  $h_2$  に対応する等流流量を  $q_H$  とおくと上式は

$$q_2 = q_H \left[ 1 - \sigma K \cdot \left( \tau - \frac{\xi}{\omega_0} \right) \right]$$

となる。さて距離  $\xi$  の断面を波頂がちょうど通過する瞬間を  $\tau$  とすると、そのような  $\xi$  と  $\tau$  については  $\tau - (\xi/\omega_0) = 0$  となる。そこで波頂通過の瞬間を新たに時間  $\tau$  の原点 ( $\tau = 0$ ) と定めると上式は

$$q = q_H [1 - \sigma K \tau]^{1/2} \dots \dots \dots (19 \cdot a)$$

と記される。波頂通過前と後とに対して  $\tau$  はそれぞれ負及び正の量であるから、波頂の通過前と後とで流量  $q$  は上式により等流流量  $q_H$  に対してそれぞれ  $q > q_H$  及び  $q < q_H$  となることがわかり、波頂通過前後において流量は時間に対していわゆるループの頭を画く。さて式 (19a) の  $\sigma$  及び  $\tau$  に式 (4) を代入すると

$$q = q_H \left[ 1 - \frac{-\dot{F}(0)}{\sqrt{gH_0}} K \frac{1}{S_0} t \right]$$

(65 ページより)

る。十字溝の縁は交通流線に適應させ、その勾配に考慮を払つて車輛に衝撃を与えぬよう注意を要する。

5. 小路 小路も一般住宅地街路と同じ標準で設計しなければならない。瀝青舗装の場合には勾配は 0.25% 以上とするが、やむを得ず 0.25% 未満となる場合には巾 2' のポルトランドセメントコンクリート側溝を中心線上に設けて側溝と建築線との間に瀝青舗装をする。小路の断面は V 型とし、中心線上の厚さを最大 0.33' とする。V の量 (＼) は「(小路巾員の 2 倍) ÷ 100 + 0.1'」として計算する (これは実験公式である)。

6. 従来の舗装規定 (Rock and oil 舗装) には各種の欠陥が発見されたので次の仮定に基づいて新しい標準を決定した。

(1) 住宅地街路は軽量の旅客交通及び少数の商業車

ここで式 (47) の上式、並びに式 (50) の次の式を上式に代入すると式 (51) が得られる。

5.  $\dot{F}(0)$  の値の実際の計算方法は問題である。本文中の数値計算例では  $\dot{F}(0)$  の値は水位時間曲線の波頂をはさむ前後各 1 時間の間における  $\dot{F}$  の値の平均値をもつて  $\dot{F}(0)$  とした。純理論の上からは  $\dot{F}(0)$  は波頂点での曲率であるが、実際に当てはめる場合には曲線の 2 次のな凹凸にいちじるしく支配されることのない程度にまで範囲を拡げて考えるべきであり、その程度は各水位曲線の形状によるものと考えている。

6. 実際の河川については今日までのところまだ十分な比較検討をしていない。今後この検討をして適当な機会に誌上で報告するつもりである。

7. 舟からの水の落下点には金網の中に砂利をつめた表面波殺減装置をおき、落水水はすべてこれを通してから主水路に出てゆくようにした。これにより表面波はほぼ完全と思われる程度に消すことができた。また主水路は約 12 尺長の水路を継ぎ合わせて造つたため各スパンの継ぎ目からは定常的な表面波が出た。従つて浮子室はこの表面波のない十分水面の滑らかと見なしうる断面を選んで設け表面波の影響を除くように努めた。

8.  $b$  の値は御指示のように記すのがよいことと思う。なお非定常時の流量を必要な精度をもつて測定することが今回はできそうもなかつたので式 (51) を検討するための実験は計画しなかつた。

9. 拙論は  $\sigma$  についての逐次近似解であり、第 2 近似解は  $\sigma^2$  の程度の項を無視することによつて得られたものであるとその解の誤差はほぼ 100  $\sigma^2$  % の程度であると考えた。

が通行する。

(2) 車輪荷重は 4000 ポンド (静荷重) とする。荷重の強度と頻度についてはなお研究の余地があるのでここでは省略する。

土壌の物理的性質、試験分類、粒度、支持力等によつて (A-1) ~ (A-8) の八群に分類し、それぞれに対して下記の舗装を示方する。

(1) (A-1) ~ (A-4); 4" プラントミックス 舗装 (縁部を厚くする)

(2) (A-5) ~ (A-7); 2.5" プラントミックス 舗装 (縁部を厚くする)。基礎は 3" クラッシャー・ラン・岩盤。

(3) (A-8); 2" プラントミックス 舗装 (縁部を厚くする)。基礎は 8" クラッシャー・岩盤。

(首都建設委員会 中村 滋)