台風の特性を明らかにして分類整理すべきであろう。

(3) 波高の推定には Sverdrup, Munk の図を用いたので有義波高を表わすことは筆者の述べているとおりである。

2. 著者は沿岸流の式を実験式 (Börgen) より導いたため大略の値を示すにとどまり，もちろん厳密なものではないので，その後の研究によりさらに改良すべきものである。今回岸氏及び Bretchneider の研究結果を適用しさらに厳密なる値を求めうる一方法を追加することができたことは幸いである。これらの式においても前項の場合と同様に特性が関係することは当然である。また沿岸流においては海岸工学上一時的な流速による影響より，むしろ長年月の絶えざる影響が重要であることが多く，小さな波による沿岸流についても軽視できない。従つて風の沿岸流に対する整理についてもこの点に十分の考慮が必要であると考える。

海岸工学において正確なる観測値をうることがきわめて困難で諸種の計器類も考案されているがまだ完全というべきものはほとんどない。これらの研究とともに海岸特性係数の確立が重要であると考える。

土の力学における塑性の基本理論と三軸試験への適用

（著者　星埜　和；土木学会論文集第 21 号所載）

准員　谷　本　喜　一*

星埜教授の標記の論文を精読し，研究の新たな進展に対して深く敬意を表する。本文が難解のためよくその意を解しえない点もあるので次項の諸点について討議者の考えを申し上げそれらについて御教示を願いたいと思う。

1. 式 (3) は応力・ひずみの関係を変数 V, U を用いて表わす式であるが，V, U は式 (16) のごとく単に応力の函数で示されるにすぎないから，ひずみは応力により一義的に決定されることになり，塑性物質に特有な応力の作用時間，あるいは作用速度に大きく影響される性質は無視され，クリープ，応力緩和，弾性余効など時間に関する諸現象を説明することができない。従つて式 (3) のひずみはいつのひずみを指すかを知ることができない。

2. 式 (3) は上記のごとく時間の指定が欠けているため，Maxwell 型のごとき塑性体については用いられないが，かりに Voigt 型のごとき塑性体を対象に考えて式 (3) のひずみを作用応力による終局のひずみを示すものと見るならば，有限時間の作用応力にて行つた実験値と理論値との間の関係についてさらに考察を行う必要はないだろうか。

3. また式 (3) より出発して求めた破壊条件式(21)（著者は降伏条件と述べている）も時間の要素を欠いている。実際問題としては土はもちろん，金属においてさえ破壊強度は応力の作用速度によつて大きく変化するものであることが多くの実験によつて示されている。この点本理論ではどのように説明されるのであろうか。

4. 上記のことがらに関連して p. 19, 9. において“この理論が厳密にあてはまらない場合はさらに間隙圧や粘性のような副因的要素を加え……”とあるが，間隙圧や粘性は粘土質土においてはきわめて重要な因子であると思われ，塑性理論にあつては少なくとも粘性は考慮すべきであつて，これを無視したことは理論としての存在価値がきわめて少なくなりはしないだろうか。

5. 式 (10) において $A_R=\lambda^2 A_N$ と仮定しているが，$A_N=\sigma_m{}^2/V$ であり，p. 5 から p. 6 への仮定によつて $A_R=\tau_m{}^2/U$ であるから降伏時には $\tau_m \backsim \lambda\sigma_m$ となることは複雑な操作を要せずして推察がつくように思われる。すなわち $A_R \backsim A_N$ と仮定すること自体に $\tau_m \backsim \sigma_m$ という結論が仮定されていることになる。

6. p. 6 のエネルギーの全微分表現 $dA=\dfrac{\partial A}{\partial\sigma_m}d\sigma_m+\dfrac{\partial A}{\partial\tau_m}d\tau_m$ は A が保存エネルギーの場合に限つて成立するものである。熱力学によればエネルギー保存則は，ある与えられた状態において分子運動に関連したいわゆる内部エネルギーについて成立するものであつてひずみエネルギーについて成立するものではない。上式は単に等温変化の場合のみを扱つたに過ぎず，この点説明が若干不足していないだろうか。

7. 式 (20) の次に“積分できないから応力の経路によつて異なつた値をとる”と記されているが，積分の可否と積分経路との問題は別であつて，たとえ積分が不可能であつても初期値，終局値によて積分値が決定される例は少なくない。ゆえにここに述べられた論理については若干疑問があるように思われる。なお式(20)の第 1 式における $A\sigma_m$ は $\dfrac{\sigma_m}{V}d\sigma_m$ すなわち$\dfrac{\partial A}{\partial\sigma_m}$

* 京都大学助手，工学部土木工学教室

$d\sigma_m$ の積分を意味したものと思われるが，この式中では τ_m は常数とみるべきで，著者がいわれるように積分は不可能ではなく可能である。第2式の $A\tau_m$ についても σ_m が常数の扱いができ積分可能であると思われる。

8. 著者は理論の妥当性を実証するために主として三軸試験を実施しているが，この場合の試料としてボーリング孔から得た自然状態のサンプルや締固め成型したサンプルが用いられている。後者については付表—**1** からわかるようにおもに砂質ロームであつて，前者はデータがないので判然としないが真鍮製円筒から押出すかまたは特殊の装置で削り出しているところをみると，いずれも相当凝集力のある土だろうと思われる。試験の方法は圧密排水型（Consolidated-drained test）で行つたことになつているが，載荷速度がひずみ制御で毎分試料高さの 1/100 で 1回の試験が 10分以内に終了しているのはむしろ圧密非排水（Consolidated-undrained test）の状態に近く，相当均質な粒径の砂を除いてはせん断中の応力の変化がそのまま試料の粒子間の有効応力に及ぼす変化であると考えることはできない。従つてこの場合試料の上下端はともかくとして試料高さの中央部付近では相当量の間隙圧が残留しているように思われる。

9. 側圧の範囲としてほとんど 0～1.0 kg/cm² の小範囲で3～4点のプロットをしているのはこの論題に見られる土の塑性の基本理論の妥当性を検証するにはあまりに小規模に過ぎはしないだろうか。すなわちこれらプロットされた点がすべて土の載荷履歴の上からいうと事前圧縮（Pre-compression）の領域であることは著者自身側圧を 3 kg/cm² まで高めた場合，これらの点が“直線”から外れることを認めている。この“直線”関係から外れて再び正常圧縮（Normally-compression）の領域の直線部分に入つたのちこそ，その試験条件に対する土の一義的な性質を論議しうるのであつて，これを換言すれば著者の実施された事前圧縮の領域では，不攪乱試料においてはその地中での載荷履歴により，また締固め成型した試料においては人工的な締固め過程によつて，どのようにでも土の力学的な性質を変えることができるといつても過言ではないだろう。

従つて論文の題意に則応した土の塑性の基本理論を樹立するためには，むしろ上記のごとき一義的な性質について規模の大きい実験検証を行うべきではないであろうか？

著者　星　埜　　和

1，2，3 の各項と **4.** 項の粘性については，いずれも時間の要素を欠く点を指摘されたものと思うが，これを考えなかつたのは，まだ理論にとり入れるだけの実験データがあまりないためと，問題を取り扱うに当つて時間の要素を無視しても工学的に十分な近似解の得られる場合が少なくないと考えたためである。事情はいくらか違うが，金属の塑性理論においても同じように考えている（本文の文献3)の p. 14 参照)。時間の要素を無視したとき，土の応力ひずみ曲線は応力の増加にともなつて曲率をまし，ついに降伏（破壊）するわけであるが，これを塑性変形と見て理論の対象とした。粘性の大きい材料に対しては Maxwell 型や Voigt 型で粘性と弾性を組み合わせて粘弾性体を考えるのと同様に，弾性に代つてこの塑性をとり入れれば粘塑性体に対して理論を拡げることができると思われる。なお一般に降伏（破壊）に近づくと時間の要素が大きくきいてくるようであるから今後の研究を要するだろう。

4. 項の間隙圧については土の力学における基本的な重要因子であるからこれを理論に取り入れたいと考えている。必要な実験データをうるため三軸試験機を改造し非圧密排水型の実験に着手しているが，まだ成果をうるには至らない。Wagner（デンバー開拓局）の実験データを検討し推測もしているが疑問もあり自分の手で確かためいと考えている。

5. 項の中で $A_N=\sigma_m{}^2/V$ は本文 p.5 の (9)式からただちにわかるが，(10) 式から $A_R=\lambda^2 A_N=\lambda^2\frac{\sigma_0}{V_0}\sigma_m$ であつて，$A_R=\tau_m{}^2/U$ とはならないと思う。貴説によると A_N, A_R を (10) 式に入れて $\tau_m=\lambda\sqrt{\frac{U}{V}}\sigma_m$ を得，ここで σ_m は一定であるから V も一定であり，降伏時に $U=0$ より $\tau_m=0$ となり，著者の考えと一致しない。

6. 項はエネルギー A は保存エネルギーではないから，その全微分表現は成立しないのではないか？との御意見であるが，この全微分は条件つきで成立していると思う。つまり本文の例題に挙げたように応力が単調に変化するとの条件つきであつて，応力があともどりしたり繰返す場合は御説のごとく熱力学の知識をとり入れて考えなければならないので，この点についてもあともどり荷重と繰り返し荷重による三軸試験を目下実施中であるが，現象はかなり複雑化しているようである。