

$d\sigma_m$  の積分を意味したものと思われるが、この式の中では  $\tau_m$  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  $\sigma_m$  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、いずれも相当凝聚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はいるが、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

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

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  $0 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$  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  $3 \text{ kg/cm}^2$  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?

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めたいと考えている。

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  $\sigma_m$  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ぬので、この点についてもあともどり荷重と繰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。

7. 項で指摘された点は表現が適切をかき誤解されやすいかと思うが、要は積分中に  $\sigma_m, \tau_m$  の2変数が含まれており、両者の間に函数関係をもうけ応力の経路を指定して始めて積分値が得られるという意味で、論理上の疑問はないと考える。なお式(20)は圧縮とせん断が同時におこる場合に適用するものであるから、第一式中の  $\tau_m$  あるいは第二式中の  $\sigma_m$  は常数の場合も含むが、一般には変数として取り扱った(本文 p. 15の三軸圧縮における式(52)、図-10の例を参照)。

8. 項と9. 項は理論と実験相関性についての疑問点を指摘されたが、貴説のごとく間隙圧、側圧の範囲、事前圧縮などの重要因子については研究が足らず、実験技術もまだ未熟で、上にもちよつとふれたような重要問題が山ほど残されている。したがって著者はこの基本理論が最終的な結論であるとは考えておらず、新事実の発見とともに改訂され発展して行くべきものであると信じている。この研究は本来工学的な立場から、土の力学の実際問題を解くため必要な力学常数を決定したいとの考えから出発したもので、純粋な値とは云えないまでも理論中に含まれる常数を三軸実験からともかくも決定できることは、理論が少なくとも第一次近似として成立しその妥当性を立証するものと考え

る。なお付表-1がおもに砂質ロームの結果を示し、粘土質土や自然土が除外されているのは、理論と実験の間に完全に量的な一致が得られなかつたため、これらの土では粒子骨路構造、粘性、間隙圧、事前圧縮などを考えなければいけないことを示しているものと思われる。付表-1に含まれるような粒状土でも間隙圧は発生するに違いないがその影響はずつと少ないことが予想される。

側圧の範囲は実験結果を実際に適用する場合を考え

るとあまり高くしても結果において大差がないと考えて決めたもので、側圧 1.0 kg/cm<sup>2</sup> に対して極限の上下圧は 4~9 kg/cm<sup>2</sup> 程度になり(図-18 参照)、一般の場合には十分であると思う。念のためさらに高い側圧の実験をやつたが、その場合でも降伏条件は明らかに直線的関係を示し、まれに直線からのズレを示したというのは側圧をあげて行くときの体積変化が図-19のような直線的関係からわずかに外れたということで、事前圧縮から正常圧縮の範囲にわたつて実験が行われたとは考えにくいようである。貴説のごとく正常圧縮と事前圧縮とを区別して理論を適用すべきであり、初期の応力状態をはじめとして自然土の載荷履歴や締め固め土の処理過程についても一段と厳密な実験的研究が必要なことを強く感じている。次の問題としてさしあたり着手したのが繰り返し応力の実験と間隙圧の実験であるが、各位の協力と御援助をいただければ幸いである。

〔付記〕

本文 p. 3 の式(3)は角  $\omega$  も変化する一般の場合を考えると、次のように表わす方がよいので訂正する。

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\varepsilon_1}{1-\varepsilon_1} (\doteq d\varepsilon_1) &= \frac{d\sigma_m}{3V} + \frac{\sqrt{2}}{3U} d[\tau_m \cos \omega] \\ \frac{d\varepsilon_2}{1-\varepsilon_2} (\doteq d\varepsilon_2) &= \frac{d\sigma_m}{3V} + \frac{\sqrt{2}}{3U} d\left[\tau_m \cos\left(\frac{2}{3}\pi - \omega\right)\right] \\ \frac{d\varepsilon_3}{1-\varepsilon_3} (\doteq d\varepsilon_3) &= \frac{d\sigma_m}{3V} + \frac{\sqrt{2}}{3U} d\left[\tau_m \cos\left(\frac{2}{3}\pi + \omega\right)\right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

この訂正にともない、p. 4 の始めにある“また  $d\omega$  を含む項は……”を削り、さらに訂正を必要とする箇所があるが、本質的なものではないので省略する。

◀ News 提供のお願い…… 学会誌ニュース欄を充実したものに致したいと存じますので、新鮮なニュースをどしどしお送り下さい。特に現場の方々の御協力をお願いいたします。刷上り1ページ以内を限度としてお気軽に御投稿下さい。(編集部)

<b>新材料と新工法</b>		B5判	134 ページ	会員特価 250円	〒30円
……目次……					
フ ラ イ ア ッ シ ュ	国分 正胤	ウ エ ル ポ イ ン ト 工 法	甲野 繁夫		
構 造 用 高 張 力 鋼	小西 一郎	サ ン ド ド レ ー ン 工 法	石井 靖丸		
異 形 鉄 筋	山田 順治	ト ン ネ ル の 全 断 面 掘 削 工 法	立石 哲郎		
プレパクトコンクリート	三浦 一郎	新 し い 建 設 機 械	加納 俊二		
			伊丹 康夫		

東京・千代田区・大手町 2-4 土木学会発行