

千葉工業大学大学院 ○学生員 山下 裕司

千葉工業大学工学部 正会員 清水 英治

千葉工業大学工学部 正会員 渡辺 勉

まえがき 地滑りや地震時に原地盤で起こった物理的または力学的変化を取り扱った報告例は少なくない。しかし、地盤災害を抑えるためには、破壊前の現象を究明し、地盤破壊の予知方法を確立しなければならない。特に、地震において、地下水位や地盤のA E、電気抵抗の変化などを測定して、地震を予知する方法が研究されている。ところが、地震の発生メカニズムが明確にされていないので、予知の実証ができていないのが現状である。本研究では、土や岩石のせん断破壊時におけるダイラテンシー現象を三軸圧縮試験機を用いて再現した。破壊状態を前提として、応力変化による間隙水圧の挙動を究明し、地震の予知を力学的に研究したものである。

実験概要 野外試験として、千葉工業大学芝園校地内(千葉県習志野市)に井戸を掘削し、間隙水圧計を地下24mと80mに埋設し、この2地点の間隙水圧を10分間隔で観測している(図1)。さらにこの場所で、地下水位、雨量、気圧を観測し、間隙水圧との相関性を調べている。室内試験に用いた試料は、試験の汎用性と原位置のN値が大きいので豊浦標準砂に普通ポルトランドセメント7%を含水比10%で混合し、特製モールド($\phi=10\text{cm}$, $L=20\text{cm}$)を用いて突き固めて1週間養生し供試体とした。三軸試験装置を用いて、圧密非排水状態で、拘束圧は、4~16 kgf/cm^2 を2 kgf/cm^2 間隔とし、背圧は、3 kgf/cm^2 に一定、ひずみ速度1%/minである。そして、鉛直ひずみ、鉛直応力、間隙水圧を計測した。

室内試験結果 図2に本試験での応力-ひずみ、間隙水圧-ひずみ曲線の一例($\sigma_3=8\text{kgf/cm}^2$, $U=3\text{kgf/cm}^2$)を示す。非排水破壊の典型的な曲線である。これらの関係で、目立つことは、間隙水圧の最大時におけるひずみ(ϵ_{umax})が、供試体破壊時のひずみ(ϵ_{omax})より小さいことが分かる。いかなる拘束圧の下でも、この傾向が現れた。ここで、この供試体破壊時のひずみと間隙水圧最大時のひずみとの差をひずみ差(Strain Defference, $\epsilon_{omax}-\epsilon_{umax}$)として、供試体破壊時のひずみを間隙水圧最大時のひずみで割ったものをひずみ比(Strain Ratio, $\frac{\epsilon_{omax}}{\epsilon_{umax}}$)と定義する。図3は、ひずみ差と初期有効拘束圧との関係、図4はひずみ比と有効拘束圧の関係である。ひずみ差が全て正の値、ひ

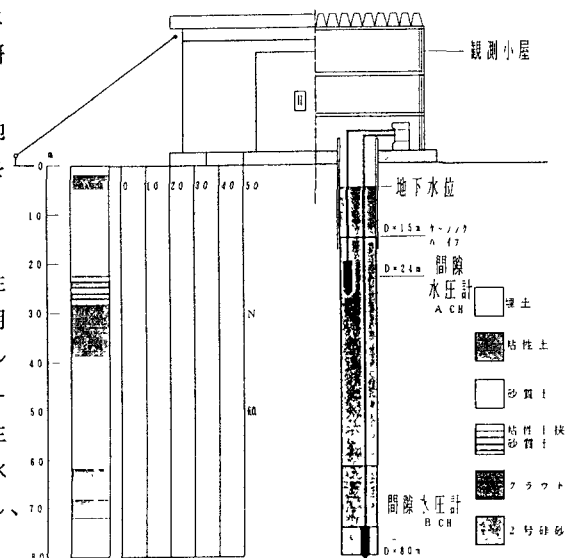


図1 芝園校地内間隙水圧埋設状況

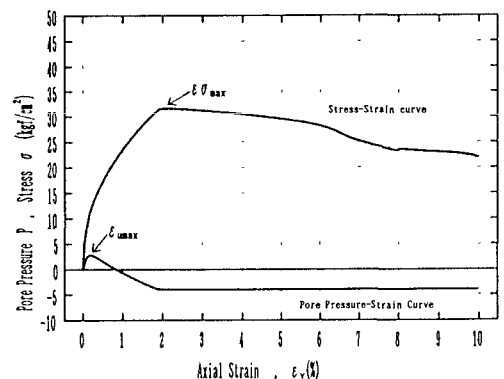


図2 応力ひずみ、間隙水圧ひずみ曲線

ひずみ比も全て1より大きいことから、間隙水圧の最大時のひずみが供試体破壊時のひずみより小さいことが分かる。さらに、拘束圧が大きくなるとひずみ差も大きくなっていることが分かる。ひずみ差は、約1.2%～5.9%である。このことより、間隙水圧－ひずみ曲線の変曲点が、地盤破壊の目安につながることがわかった。しかし、図4より、ひずみ比は、有効拘束圧9kgf/cm²までは、増えているが、それ以上の所では、結果のばらつきもあるが有効拘束圧に依存していない。ひずみ比は、約8～18である。

野外試験結果 図5、6は、観測した間隙水圧の月平均値を各年ごとに表したものである。間隙水圧 Achは地下24m、間隙水圧 Bchは地下80mに埋設してあるものである。これらの図からわかることは、間隙水圧の値が季節的に変化していることである。つまり、雨の影響が大きいがわかる。観測された間隙水圧は、多少の変動はあるもののほぼ一定値を保っている。また、地下水位は、観測を始めてから下がりがつづけている。間隙水圧埋設地点の地盤の透水性が、良好であると仮定すると、以上の観測結果から、間隙水圧は現在蓄積されている状態であると考えられる。ここで、地下水位については水位変化量を水圧に変換することにより間隙水圧値の修正が可能である。また、潮位は月平均値をとると、変動の影響が消去される。雨の影響は、原地盤の透水性などにより、いつ間隙水圧に影響してくるのか、また、いつ消散してしまうのかということを検討しなければ修正はできない。

まとめ 室内試験より間隙水圧の最大点が、供試体破壊時より前に現れている。したがって、間隙水圧－ひずみ曲線の変曲点が、地盤破壊の予知につながる。また、拘束圧がひずみ差に比例していることから、破壊予知に関しては高拘束圧下の条件で行うことが望ましい。しかし、実際には、ひずみ差を時間で表すことが、重要な課題となる。さらに、様々な土質条件のもとで室内試験を進めていきたい。野外試験では、観測された間隙水圧値に、地下水位、雨量、気圧、潮位などの影響を受けているので、これらを補正しなければならない。そうすることで地盤に発生するひずみによる間隙水圧の変化が正確に現れると考えられる。大きな地震になるほど、ひずみエネルギーの蓄積が何十年にもわたるので、長期間にわたり観測を続けていかなければならないことは明かである。

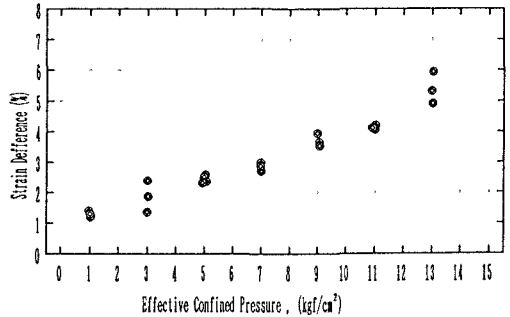


図3 ひずみ差と有効拘束圧の関係

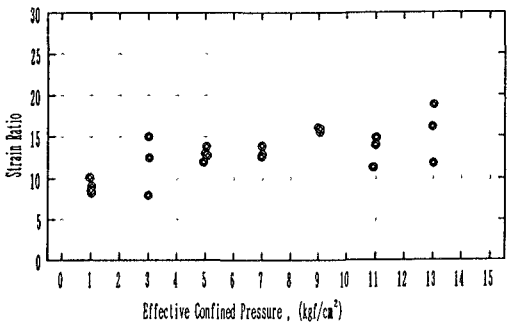


図4 ひずみ比と有効拘束圧の関係

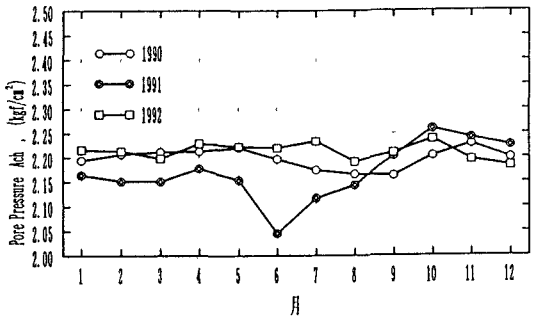


図5 間隙水圧 Ach 月平均値

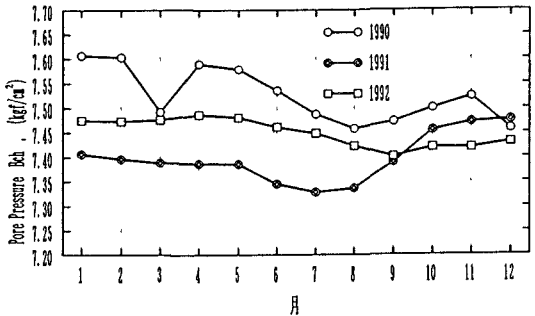


図6 間隙水圧 Bch 月平均値