

超軟弱粘土の力学試験法の開発に関する研究

京都大学工学部 足立紀尚、矢野隆夫 西松建設㈱ ○瀧川信二

1. はじめに 第42回土木学会全国大会において、自立できない軟弱な粘土の変形特性などを明らかにするために、『粘土のスランプ試験』を開発し、その内容について報告した¹⁾。すなわち、この方法は“軟弱な粘土はその自重により変形する”という点に着目したもので、比較的粘土分の多い大阪粘土を用いて実験を行い、自重変形量(スランプ量 S)とベーンせん断強度 τ の関係を求めることで、本試験法が軟弱粘土の力学特性を解明する方法として有効であることを立証した。また、塑性の異なる粘土について適用した場合も有効であることを、第23回土質工学研究発表会講演概要集に投稿中である。そこで、本論文では、力学特性の計測結果の整理の仕方として、統計計算を行うことを試みた。これは、実験データの最適化により得られる定数を用いて、スランプ試験において物性の異なる粘土を比較・検討するためである。

2. 実験方法と試料 スランプ試験の装置および実験手順は第42回土木学会全国大会で報告した通りであり、説明は省略する。ベーンせん断試験は寸法20mm×40mmのハンドベーンを用いた。試料は市販されている、シルト分が多く塑性指数の低い深草粘土(LL=50.6, PI=27.2, PI=23.4, $G_s=2.688$)である。その試料を液性限界の約1.5倍の含水比で十分練り混ぜ裏ごしし、圧密圧力10, 20, 40, 80, 160gf/cm²の5種類について土槽にて再圧密し、サンプリングしたものを用いた。

3. 実験結果および考察

含水比 w と、ベーンせん断強度 τ の関係を図-1に示す。図中に示す実線は、指数回帰計算を行ったものである。これによると低応力下においても、次式で最適化することが可能であると考えられる。 $\log \tau = a w + b$ ($a = -0.058, b = 4.3$) ①

圧密圧力40gf/cm²における経過時間 t とスランプ量 S の関係を図-2に示す。この図によるとデータにばらつきが見られる。この原因は、本実験で用いた試料は前述したように再圧密したものであるため、圧密中の載荷板の偏心、圧密容器側面の摩擦等の影響により、供試体中の含水比分布が不均一であることも要因の一つであろう。よって本論文では、含水比とスランプ量の関係に重点をおいて議論する。

圧密圧力40gf/cm²における経過時間 t とスランプ速度 dS/dt の関係を図-3に示す。これによると両対数紙上では $\log dS/dt \sim \log t$ 関係には直線性があることがわかる。よって、次式のように表される。

$$dS/dt = 10^{a_s} \cdot t^{b_s} \quad (a_s: 1 \text{ サイクル当りの勾配}, 10^{a_s}: \text{経過時間1分の時のスランプ速度})$$

前述の圧密圧力ではすべて $a_s > -1$ であり、時間 t で積分するとスランプ量 S は以下ようになる。

$$S = 10^{a_s} / (a_s + 1) \cdot t^{a_s + 1} \quad (t = 0 \text{ のとき } S = 0 \text{ より積分定数} = 0)$$

図-4(a), (b)に含水比 w と a_s , b_s の関係を示す。この図から、含水比 w が増加するにしたがって直線的に a_s は減少し、 b_s は増加する傾向がみられる。よって、最小自乗法により、図中に示す直線近似を行う。

含水比を設定すると、含水比 $w \sim$ 経過時間 $t \sim$ スランプ量 S の関係が推定でき、次の式が導ける。

$$S = p \cdot q^w / (\alpha_1 w + \beta_1 + 1) \quad (p = 10^{\beta_2} \cdot t^{\beta_1 + 1}, q = 10^{\alpha_2} \cdot t^{\alpha_1}) \quad \text{--- ②}$$

式②から考えられることは、含水比が増大するにつれてスランプ量は指数関数的に増大する。それととも

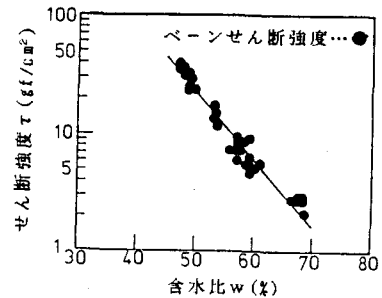


図-1 含水比～ベーンせん断強度関係

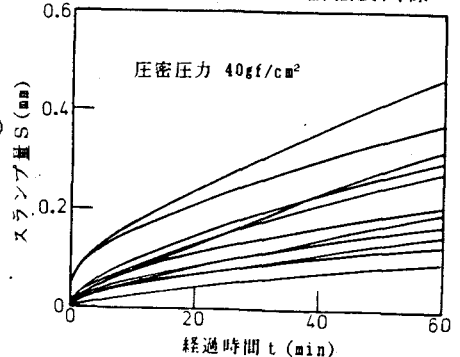


図-2 経過時間～スランプ量関係

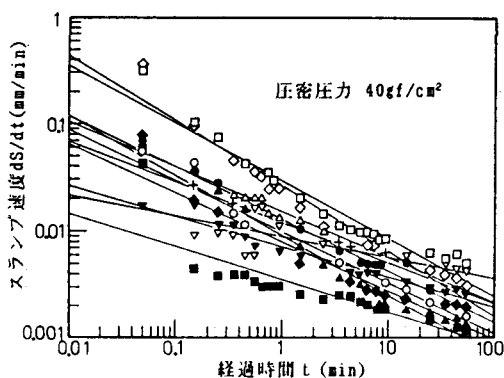


図-3 経過時間～スランプ速度関係

に、含水比がある値に近ずくとスランプ量は無限大となる。式②を用いて計算した含水比と、経過時間 $t=10\text{min}$, 30min , 60min のスランプ量の関係を図-5に示す。なお、図中にプロットしてある点は実測値である。ただし、縦軸はスランプ量を明確に示すために対数軸で表した。この図から、計算式②は実測値を良く表現していると考えられる。なお、計算式②を適用できる最大の含水比は60%となり、液性限界 w_L の約1.2倍、塑性指数 I_p の約2.5倍であった。

以上の結果から、式①で示した含水比とベーンセン断強度の関係と、式②で示した含水比とスランプ量の関係を用いることにより、含水比をパラメータとしてスランプ量～せん断強度の関係を算出した。その結果を図-6に示す。この図よりスランプ量からおおよそのせん断強度を求めることは可能であり、また、スランプ量が大きくなるにしたがって、せん断強度は急激に減少する傾向にある。

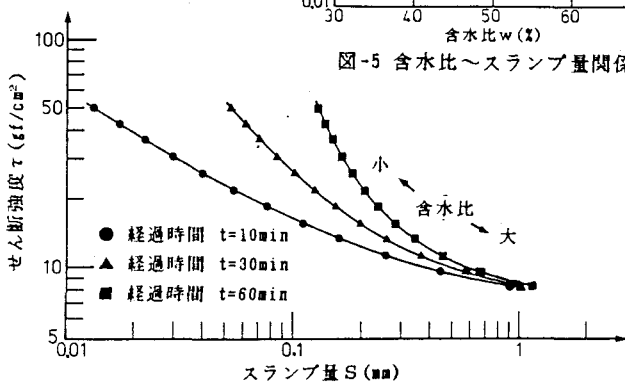


図-5 含水比～スランプ量関係

図-6 スランプ量～ベーンセン断強度関係

4. おわりに 本論文は、深草粘土に関して、最適化によるスランプ量とせん断強度の関係を議論したが、第42回土木学会全国大会において報告した中塑性の大阪粘土、また有明海で採取した高塑性の粘土についても同様に最適化が可能であることが判明している。本来、この試験の主目的は粘土の構成式の定数決定に供するなど、変形特性を調べることにある。この点に関しては、超過応力型弾粘塑性構成モデルによる有限要素解析法により現在検討中である。

参考文献 1) 足立紀尚・矢野隆夫・谷野洋一(1987): 軟弱粘土の力学試験の開発に関する研究、第42回土木学会学術講演会概要集、pp.182～183。