

I-22 クイック粘土の鋭敏比測定について

神戸大学工学部 正会員 久保田敬一

1. まえがき： 鋭敏比とは含水比を一定にしたときの乱さない試料の強さの、練返した試料の強さに対する比をいう。この定義は *Skempton and Northey (1952)* 及び *Bjerrum (1954)* によってとなえられ、これによって粘性土を分類した。また *Bjerrum* は液性指数 (LI) と鋭敏比 (S_e) との関係を明らかにしたが *flow slide* を起す粘土の S_e の限界値を明確に求めるまでには至っていない。*Tergaghi and Peck (1948)* は S_e を乱さない試料の圧縮強さの、練返した試料の圧縮強さに対する比であるとしている。これは比較的低い鋭敏度の粘土に対しては適切な定義であるが、LI が 1 に近い鋭敏な粘土に対しては不適当な方法である。というのは練返し試料の供試体の成型が不可能であるからである。従って鋭敏比は他の方法、すなわち (1) *Field Vane Test* (2) *Laboratory Vane Test* (3) *Laboratory Fall-Cone Test* などの方法によって測定しなければならない。*Andersen and Bjerrum (1957)* は S_e を *Field Vane Test* で測定した結果を発表している。*Eden and Hamilton (1957)* はこの *Field Vane Test* で得られる鋭敏比はあまり信用がおけない、それは土と rod との間の摩擦の影響がかなり大きいからであると述べている。*Andersen and Bjerrum* の研究によると *Field Vane Test* の結果は *Lab. Vane Test* の結果よりいくらか小さい値を与えることになる。*Lab. Vane* でも非常に鋭敏な粘土 (鋭敏比 100 以上) になると液体になるので鋭敏比を決定する *Torque* を測定することがむづかしくなる。

Fall-Cone Test では *Cone* の重さ (Q)、落下高がわかっており、落下してから 5 秒後に落下を止めてその貫入量 (H) を読みとるが、そのせん断力 (S_s) と Q 及び H の関係は $S_s = \frac{A \cdot Q}{H^2}$ で表わされる。従って S_e は H^2 の比で示される。

$$S_e = \frac{H^2(\text{remoulded})}{H^2(\text{undisturbed})}$$

この関係が信用できるのは H が 5 mm 程度までで、練返し試料が軟かくて *Cone* が試料のなかに浸かるような状態になると非常に不正確になる。著者はこれの方法の比較検討を行ったのであるが、試料は *Ottawa* 付近の *Leda Clay* で 4 つの *Boring* から採取したものをを用いた。

2. 使用した試験装置： *Field Vane Apparatus* としては *Geonor, Oslo, Norway* の製品を用いた。不撓乱強さが 1 ton/ft^2 を越えるときは $55 \times 110 \text{ mm}$ *vane* の代りに $43 \times 86 \text{ mm}$ *vane* を用いた。*Lob Vane* は $1\frac{1}{4}'' \times \frac{3}{4}''$ *vane* を用い、不撓乱試料は径 $2\frac{1}{4}''$ 、高さ 3'' のもので *metal foil paper* で包み、なお *wax* したものである。*Torque* は $6/\text{min.}$ の回転速度であるが、鋭敏な堅い粘土は *vane* を突込むと裂けるようになるので、このような粘土に対しては一軸圧縮試験を行った。練返し試料は径 $2\frac{1}{4}''$ 、高さ 3'' の容器に入れて同じように *Vane Test* を行う。*Dynamometer ring* は 50 *lbs* と 15 *lbs* の 2

つを用いた。 Fall-Cone Apparatus は Geonor A/S, Oslo, Norway, 製のもので Cone はつぎの3種のものを使用した。 すなわち 30° cone 重量 100 grams, 60° cone 重量 60 grams 及び 60° Cone 重量 10 grams である。 Cone の読から上述の Hansbo's equation から S_u を算定した。

3. 試験の結果: Bjerrum (1954) は S_u と LI の関係を対数関係で示しているが, Leda Clay も大体これと似た関係を保つ。 一般に Leda Clay は同じ LI をもつ Norwegian Clay よりももっと鋭敏である。 これは Leda Clay が Norwegian Clay よりも高い PI を持ったためである。 S_u の決定にはつぎの4つの方法を用いた。

$$No.1 = \frac{\text{Half the unconfined compression strength}}{\text{Remoulded laboratory vane strength}}$$

$$No.2 = \frac{\text{Undisturbed laboratory vane strength}}{\text{Remoulded laboratory vane strength}}$$

$$No.3 = \frac{(\text{Penetration of fall-cone on remoulded soil})^2}{(\text{Penetration of fall-cone on undisturbed soil})^2}$$

$$No.4 = \frac{\text{Undisturbed field vane strength}}{\text{Remoulded field vane strength}}$$

これから4方法による結果は No.1 の結果が Bjerrum の結果とよく一致している。 No.4 は LI が 15 以下の範囲では S_u は小さく, これ以上の範囲では Bjerrum の結果とよく一致している。

No.3 の結果は一般に大きい値を与える。

4. 検討: 著者の試験結果によると4つの方法によるものが一致した値を示していない。 これは鋭敏な粘土の練返した試料で, せん断力の測定方法がむづかしいことによる。

粘土の slurry は paint や ink の Consistency と比較することが考えられ, Green (1949) は Thixotropic plastic Suspension の Consistency Curve をいろいろ研究しているが, せん断速度とせん断力との関係を図示すると一つの hysteresis loop がえがかれ, これが thixotropic effect を示すものであると説明している。 thixotropic material においては thixotropic structure が破壊するまでに時間がかかり, ある時間経過してから一定の回転速度になる。 また非常に回転速度が小さいと Plug flow という現象が起り不正確になる。 このような事実から著者は鋭敏比が 200 の材料について Rotational Viscometer Test を行った。 その結果はつぎのとおりで, Green の hypsometric curve によく似たものをえた。

この viscometer の結果は Field Vane の結果とよく一致する。 Lob. Vane Test では半液状の試料を vane

Test No.	Coeff of Plastic Viscosity (Poises)	Yield Value (PSI)	Lob. Value (PSI)
67-21-5	0.956	0.023	0.03
67-21-6	0.963	0.021	0.03

の直径よりずっと大きい径の円筒形容器に入れ, 非常に遅いせん断速度でせん断するので,

せん断面が Field Vane の場合のように円筒形になるかどうかは疑問である。 また hysteresis loop の上り曲線上の状態でもせん断することにもなり, 現位置試験のときと様子が違う。 また Field Vane Test では開けき水圧及びこれを散逸せしめる力などの入ることも考えられる。

Fall-Cone Test においては Hansbo の式の S_u の値が不攪乱試料と攪乱試料に対して相違することが考えられ S_u が高くなる。