

1. まえかき

従来のキャサグランデ¹⁾が提唱した液性限界を測定する方法には、個人誤差の影響が入りやすく試験装置の取り扱いによる測定値のバラツキなどの問題点が考えられる。そこでこれらの大部分を解消する測定法としてフォールコーン法の検討がなされており、また、コーン法に関しては数多くの研究報告が発表されている。本報告はコーン重量とコーン先端角度が液性限界におよぼす影響を調べるとともにコーン先端角度 θ を $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ と変化させたときの塑性域の範囲および $\theta=60^\circ$ におけるコーン重量 Q をそれぞれ水 $60, 70, 80, 90, 100, 110$ grと変化させたときの貫入量 P と含水比 w との関係さらにコーン重量 Q を貫入部断面積 A で割った値コーン指数 ϕ ($\%/\text{cm}^2$)がコーン角度、含水比に与える影響について実験的に検討を行なった。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は徳島県鳴門市の扇状地に堆積した大谷粘土と礫層が侵蝕され堆積した新野粘土の2種類を用いた。なお、試料は 0.42mm フルイを通過したものをを用い、物理的および力学的試験結果については表-1に示す。試料容器は直径 60mm 、深さ 28mm の円筒容器を使用し、試料の表面を平滑にしてからコーンを自然落下式で貫入させ、このときの貫入量 P と含水比 w をそれぞれ測定した。

3. 実験結果と考察

図-1に示すようにJIS(キャサグランデ²⁾法)

表-1. 物理的および力学的試験結果

試料名	G_s	キャサグランデ ²⁾ 法	PL	FI	コーン法 F.N	三軸圧縮非排水試験
大谷粘土	2.683	44.35	27.14	17.21	44.50	有効応力 C_{cu} ($\%/\text{cm}^2$) 0.042 全応力 C_{cu} ($\%/\text{cm}^2$) 0.072
新野粘土	2.651	39.80	24.28	15.52	42.10	有効応力 C_{cu} ($\%/\text{cm}^2$) 0.040 全応力 C_{cu} ($\%/\text{cm}^2$) 0.070

により求めた値 L とコーン法より求めた値 $F.N$ を比較してみると大谷粘土では軟化、硬化が普通でおこるため比較的よく L と $F.N$ が一致するか新野粘土では硬化が速いため $F.N$ の方が L にくらべて大きく出る傾向がある。さらに、新野粘土についてコーン先端角およびコーン重量が変化した場合の実験結果を示すと $w \sim \log P$ の直線関係(図-2)は平行に近いがコーン先端角が一定でコーン重量が変化すると平行にはならなかった。この関係について佐野¹⁾の研究によれば貫入量はコーン重量比の平方根に比例すると述べられている。つまり、ある重量 Q_1 のときの貫入量を P_1 とし、他の重量 Q_2 のときの貫入量を P_2 とすると、 $P_2/P_1 = \sqrt{Q_2/Q_1}$ ----- (1) の関係式が成り立つ、そこで、貫

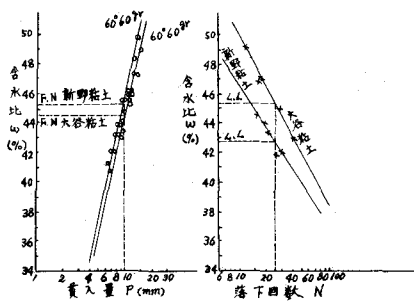


図-1 キャサグランデ法とコーン法

入量比が重量比の平方根に一致するとすれば、 $Q_1; w_1 = a \log P_1 + c$ ----- (2) $Q_2; w_2 = b \log P_2 + d$ ----- (3) $P_2/P_1 = \text{Const}$ ----- (4) 同一含水比のとき式(2)と式(3)は等しいとおけるから $a \log P_1 - b \log P_2 = d - c$ ----- (5) 式(5)に式(4)を代入して $(a-b) \log P_2 = d - c - a \log \sqrt{Q_2/Q_1}$ ----- (6) 式(6)の右辺は定数であり、すべての P_2 について成立しなければならぬ、そのためには $a-b=0$ でなければならぬ。つまり、重量が異っても $w \sim \log P$ は平行となる。さらに、2試料について含水比、貫入量とコーン重量変化との相関性について二項確率紙により調べ、相関係数を求めてみると実験値は $-1 < 0.75 < +1$ となり相関性が強いことが判明した。図-3より重量は貫入量の2乗に比例するが軽いときは2乗に比例しない傾向が表われている。そこで、貫入比 $P/P_1 = P$ 、重量比

$Q/Q_0 = Q$ とすると $P = \alpha \sqrt{Q}$ となり貫入量比と重量平方根比とのいづれかの程度を表す値を計算した結果、含水比が増加すれば α 値は大となる。その結果を表-2に示す。コーンを自重で落下させるとある貫入量で停止するときのコーンは圧縮の面力で均衡を保っている。しかし、コーンの力学的平衡について考えるならばコーンを落下させると塑性流動が生じコーン表面に作用する付着力、摩擦力による影響が考えられ、図-4より次式が仮説できる。先端角 θ をもつ金属コーンがコーン重量 Q により貫入深さ P で土中に貫入するとすれば、いま土に接しているコーンの側面積を A とすれば、 $A = \frac{\pi P^2 \tan \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta}{2}}$ (7) となり、いま、コーンと土との接触部に沿って流れが発生しないと考えるならば2次元的に貫入塑性抵抗はソコロフスキーにより、

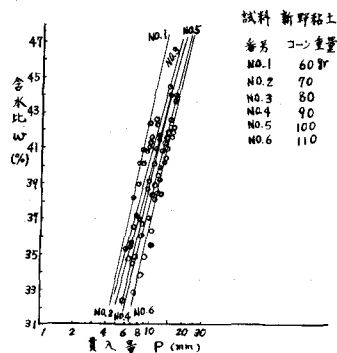


図-2 コーン角度($\theta=60^\circ$)とコーン重量の関係

$\theta = 2C(\pi + 2 - 2\beta) \cdot a$ C : 土の粘着力 (kg/cm^2), $\beta = \frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2}$, $a = P \tan \frac{\theta}{2}$ であるから、 β : コーンの面が水平となす角,
 $\theta = 2C(2 + \theta) \cdot P \cdot \tan \frac{\theta}{2}$ (8) 式(7), 式(8)よりコーン指数 g_d は,
 $g_d = \frac{Q}{A} = \frac{2C(2 + \theta) \cos \frac{\theta}{2}}{\pi P}$ となる。一方、コーン指数 g_d の面積 A を貫入部断面積 $A = \pi P^2 \cdot \tan^2 \frac{\theta}{2}$ として表わすと $g_d = \frac{Q}{\pi P^2 \tan^2 \frac{\theta}{2}}$ となる。そこで、コーン指数 (g, g_d, g_d') の関係についてそれぞれ調べてみると図-5においてコーン先端角が大きくなるにつれてコーン指数 g の曲線は土の極限支持力 g_u に近づくがコーン指数 g_d の曲線にはこの傾向がない。さらに、コーン指数 (g, g_d) とコーン先端角の曲線式を求めると大谷粘土では $g = 30.04 - 29.73\theta^{-0.0019}$, $g_d = 30.04 - 29.75\theta^{-0.0018}$, 新野粘土では $g = 30.04 - 29.80\theta^{-0.0014}$, $g_d = 30.04 - 29.74\theta^{-0.0018}$ で表わすことができる。図-6のコーン指数 g_d は土の粘着力 C を求めるため三軸圧密非排水試験の結果を用いた。直線はコーン重量が増すにつれて貫入が深く、コーン側面の付着力、摩擦力が大きくなるため図のような傾向を示す。また、図-7によるコーン指数 (g, g_d) の直線は2試料とも互いに平行な関係を示す。

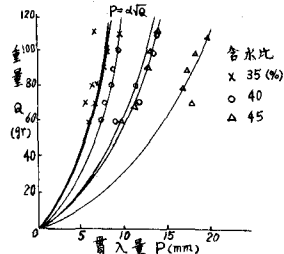


図-3 コーン重量と貫入量の関係

表-2 コーン先端角 60° のときの α 値

試料名	含水比 $W(\%)$	$\alpha = P/\sqrt{Q}$
大谷粘土	35	0.743
	40	1.192
	45	1.692
新野粘土	35	0.818
	40	0.863
	45	1.252

参考文献

- 佐野; フォールコーン重量と貫入量との関係について 土木学会学術講演集 昭和38年10月
- 現場のQC手法; 日科技連
- 大草; 新しい土質力学 丸善
- 東山, 須藤; フォールコーン法について 第11回土質工学シンポジウム, 1966
- 北郷, 益田; 液性限界測定法に関する実験的研究 (第四報) 土と基礎 Vol-17 NO. 9 1969.

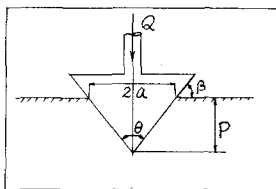


図-4 コーン貫入機構

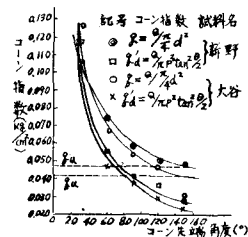


図-5 コーン指数とコーン先端角

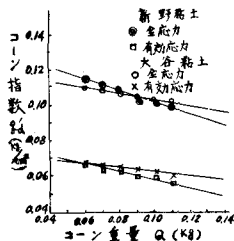


図-6 コーン先端角 60° のときの重量変化とコーン指数 (g_d) の関係

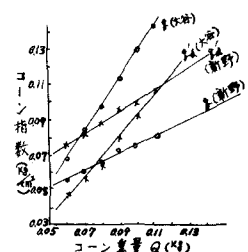


図-7 コーン先端角 60° のときの重量変化とコーン指数 (g, g_d) の関係