

中間土の圧密特性に及ぼす塑性指数の影響

山口大学大学院
山口大学工学部

学生会員 ○山田 卓 中尾知代
正会員 兵動正幸 中田幸男 吉本憲正

1. はじめに 自然地盤の多くは、砂、シルト、粘土などが複合した複雑な土により構成されており、砂、粘土のいずれかに分類することが難しい場合が多い。このような土は中間土と呼ばれており、その圧密特性及び強度特性は粒度分布やコンシステンシー特性の影響を受ける¹⁾といわれているが、十分なデータが蓄積されていない。従って中間土の力学特性を明確にすることは、土質工学における重要な課題の一つである。本研究では、粒度調整した珪砂と2種類の粘土を混合して塑性指数の異なる中間土を人工的に作製し、それらに対して定ひずみ速度圧密試験を行うことにより中間土の圧密特性について検討を行った。

2. 用いた試料 本研究で用いた試料は粗粒子として中塑性粘土である小野田粘土（山口県小野田港）と高塑性粘土の有明粘土（佐賀県六角川河口）である。供試体は、液性限界の2倍の含水比からなる粘土と珪砂を乾燥重量比で、100:0,80:20,60:40,40:60となるようにそれぞれ配合し、予圧密圧力 50kPa で圧密を行い作製した。小野田粘土と珪砂の混合試料を中間土 A、有明粘土と珪砂の混合試料を中間土 B とし、これらの物理的性質をそれぞれ表-1 (a) (b) に示した。

3. 実験結果及び考察 図-1 (a) (b) に中間土 A、B の間隙比と圧密応力の関係を示す。図中の 100%,80%,60%,40% の表記は混合した粘土の乾燥重量比である。e-logp' 曲線の形状については、試料の違いによる大きな相違は見られない。ただし、中間土 A、B いずれの場合も細粒分が多くなるほど圧縮量が増大していく様子が認められる。次に、e-logp' 曲線の接線勾配を圧縮指数 C_c とし、その最大値を最大圧縮指数 C_{cmax} と定義する。図-2 に最大圧縮指数と細粒分含有率の関係を、図-3 に最大圧縮指数と塑性指数の関係を示す。図-2 より中間土 A、B とともに細粒分含有率の増加に伴い最大圧縮指数も直線的に増加する傾向が認められ、増加傾向は中間土 A、B ではそれぞれ異なる。しかし、図-3 では試料の違いに関係なく最大圧縮係数と塑性指数の関係は一本の直線で表現できることがわかる。これより、中間土の最大圧縮指数は含まれる細粒土の塑性と関連が深いといえる。

次に圧密試験の結果を基に、鉛直応力に対する粒子骨格の抵抗について考察する。正規圧密

表-1 試料の物理的性質

(a) 中間土 A						
粘土乾燥重量比(%)	G _s	F.C.(%)	C.C.(%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p
100	2.601	84.5	37.5	80.94	34.90	46.04
80	2.611	64.0	30.0	60.49	22.67	37.82
60	2.621	50.0	21.5	46.13	18.20	27.93
40	2.632	32.5	14.0	25.99	12.46	13.53
0	2.652	0.1	0	N.P	N.P	N.P

(b) 中間土 B						
粘土乾燥重量比(%)	G _s	F.C.(%)	C.C.(%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p
100	2.593	100	62.5	155.4	44.33	111
80	2.608	79.5	49.0	124.3	32.54	91.7
60	2.622	59.0	36.5	79.22	30.62	48.6
40	2.637	39.0	24.0	61.50	24.76	36.8
0	2.666	0.1	0	N.P	N.P	N.P

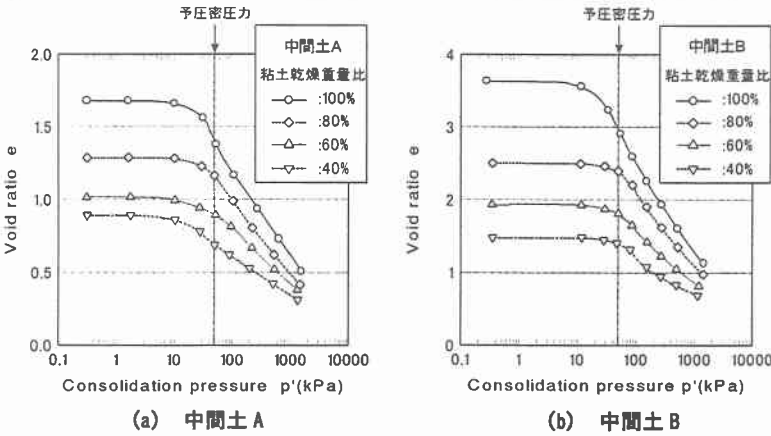


図-1 間隙比と圧密応力の関係

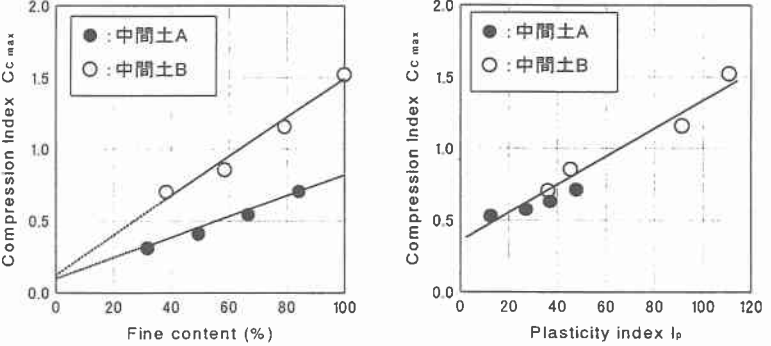


図-2 最大圧縮指数と
細粒分含有率の関係

図-3 最大圧縮指数と
塑性指数の関係

粘土の間隙比と圧密応力には一義的な関係があると考えられる。従って中間土においても圧密応力が粘土の粒子骨格のみによって受け持たれている場合には、粘土分のみの間隙比は正規圧密粘土の間隙比とほぼ同じ値を示すべきであると考えられる。ここで、粘土分に着目して求めた間隙比 e_c を定義する。 e_c の値は試料全体の間隙比 e を粘土含有率 C_c で除したものであり、 $e_c = e / C_c$ で求められる。また砂粒子の乾燥重量 (m_{ss}) 及び粘土粒子の乾燥重量 (m_{sc}) に着目すれば、 e_c は式(1)で表すことができる(図-4 参照)。

$$e_c = \left(\frac{V_w}{V_{ss} + V_{sc}} \right) \bigg/ \left(\frac{m_{sc}}{m_{ss} + m_{sc}} \right) \dots (1)$$

また、ここでは中間土 A、B を比較して粘土粒子の間隙比を検討するために、 e_c を 0.425mm ふるい通過重量百分率で除したものを e_c として用いた。圧密応力 $p' = 1\text{kPa}, 10\text{kPa}, 100\text{kPa}, 1000\text{kPa}$ 時における e_c と塑性指数の関係を図-5 に示す。図より、いずれの圧密応力についても塑性指数が 40 より小さくなる付近から e_c の値は急激に大きくなる傾向が認められる。このことから、塑性指数が小さくなるほど圧密応力は粘土の粒子骨格のみによって受け持たれるのではなく、一部は砂粒子の含有量の増大に伴い形成されてくる砂粒子の骨格構造によって受け持たれていると考えられる。

中間土 A、B の粘土乾燥重量比 100% の試料の $e\text{-log}p'$ 曲線から、圧密応力と間隙比の関係を求め、この関係が中間土 A、B に含まれる粘土についても適応できると仮定すると、混合土中における粘土の粒子骨格が受け持つ圧密応力を求めて砂の粒子骨格との応力分担を求めることが可能となる。そこで、粘土の粒子骨格が受け持つ圧密応力 P_e を定義する。 P_e は所定の圧密応力 P が作用しているときの間隙比 e から中間土に含まれる珪砂の体積を考慮した間隙比 e_1 を算出し、その間隙比にあたる圧密応力を粘土乾燥重量比 100% の $e\text{-log}p'$ 曲線から読み取ることにより求めた(図-6 参照)。

e_1 の算出式を次式で示す(図-4 参照)。

$$e_1 = \frac{V_w}{V_{sc}} \dots (2) \quad (V_w: \text{間隙水の体積}, V_{sc}: \text{粘土粒子の体積})$$

ここで、粘土の乾燥重量 100% の試料の比重と混合土の比重の差がほとんど無いことからほぼ同等と見なせば、式(2)の m_{ss} と m_{sc} は V_{ss} と V_{sc} に置き換えることができ e_1 と e_c は等価なものとなる。そこで、図-7 に圧密応力 P に対する粘土の粒子骨格が受け持つ圧密応力 P_e の割合 P_e/P と塑性指数の関係を示す。圧密応力は正規圧密応力である $p' = 100\text{kPa}, 300\text{kPa}, 500\text{kPa}, 700\text{kPa}, 1000\text{kPa}$ の 5 種類を選んだ。図より、粘土の粒子骨格が受け持つ応力が全応力中に占める割合は、塑性指数の減少に従って小さくなり、塑性指数が 40 より小さくなる付近ではその値は急激に減少し、圧密圧力が粘土の粒子骨格だけではなく、砂の粒子骨格で受け持たれていると考えられる。

- 4. まとめ**
- 1) 中間土の圧縮指数を評価するのに塑性指数は有効なパラメータの一つになり得る。
 - 2) 塑性指数の値が 40 より大きくなる付近では、圧密が進行しても砂の粒子同士がかみ合う可能性が少なくなり、粘土粒子の特性が強く表れてくると考えられる。

【参考文献】1) 伊東周作・兵動正幸・藤井照久・山本陽一・谷口聡一：砂・粘土・中間土の非排水単調及び繰返しせん断特性

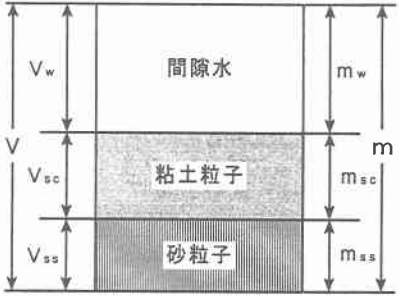


図-4 中間土の骨格構造模式図

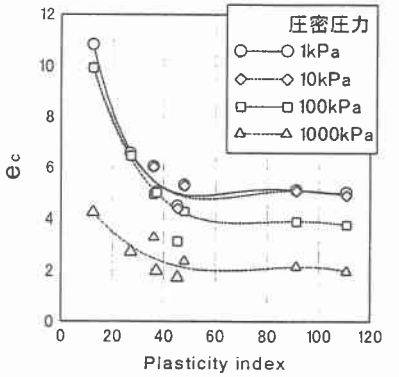


図-5 e_c と塑性指数の関係

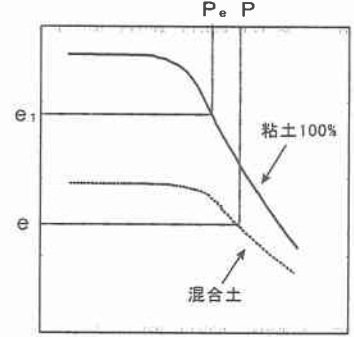


図-6 P_e 算出概念図

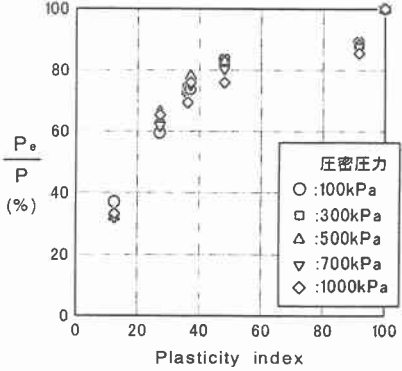


図-7 P_e/P と塑性指数の関係