

九大工学部 正 員 内 田 一 郎
 “ ” “ 村 田 重 之

まえがき 構造物の基礎地盤として我々が現場で遭遇するものには、次の三種類のものが考えられる。すなわち砂質土の特性を有するもの、粘土質土の特性を有するもの、およびこれらのいずれにも属さない中間的特性を有するものである。しかしこれまでの研究の多くが、前者二つの場合についてのものであつた。したがつて実際の設計に於いて、地盤が中間的な性質を示す場合も前者二つにあてはめられ取扱いがなされており、不合理な設計とならざるをえない。このように砂と粘土の中間的な性質を示す土の、基本的な力学的性質を調べるとは、工学上の実際問題に対処する際、極めて重要なことである。

そこでこの研究は、砂と粘土とを人工的に種々の割合に混合した土を用いて一連の三軸圧縮試験を行なつた。以下その概略を説明する。

試料・供試体および試験方法 用いた試料は市販のカオリンと豊浦砂である。これらを重量比で10%づつ変化させ、合計11種類の試料を準備した。これらの粒径加積曲線と物理的性質を図-1、表-1に示した。試料の含水比を $w=5, 10, 15$ (%)の三種類に調整し、24時間以上養生した。これらの試料を用い、二種類の初期間げき比($e_0=0.8, 0.9$)を目標として供試体を作製した。その要領は、高さが7.5cm、直径3.5cmのものは三層、高さが12.5cm、直径5.0cmのものは五層に分けて、各層同一回数突棒で締固めた。

表-1 試料の物理的性質

性質	砂含有量	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
比重		2719	2708	2696	2689	2684	2674	2667	2663	2657	2649	2641
コンシメ	液性限界(%)	36.7	33.1	30.4	26.7	24.8	20.0	16.7	NP	NP	NP	NP
塑性指数(%)		25.9	23.6	22.0	19.8	18.8	16.0	15.0	-	-	-	-
テンション	塑性指数	11	9	8	7	6	5	2	-	-	-	-
粒度	砂2000- μ	0	10	21	31	38	52	60	67	79	90	100
	シルト75- μ	45	44	38	33	29	24	18	8	5	1	0
	粘土5- μ	57	46	41	36	33	24	22	25	16	9	0
統一分類	土質分類	CL	CL	CL	CL	CL-M	ML	ML	SM	SM	SP	SP
三角座標による分類	粘土	粘土	粘土	粘土	粘土	粘土	砂質粘土	砂質粘土	砂質粘土	砂質粘土	砂	砂

供試体は、砂含有量が60%までのものは前者を、砂含有量がそれ以上のものは後者を採用した。

試験は供試体を三軸室にセットし、側圧を加えて60分間静置したのち、垂直荷重を1%/min. のひずみ速度で増加して行なつた。排水条件は非排水とした。側圧は $\sigma_3=0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ (kg/cm²)の四段階を採用した。

結果と考察

(i) 応力-ひずみ曲線 応力-ひずみの関係は土を理論的に取扱う際に極めて重要な問題である。図-2・3に応力-ひずみ曲線の一例を示した。いずれも $w=5.0$ (%)、 $\sigma_3=0.5$ (kg/cm²)で、初期間げき比が $e_0=0.8, 0.9$ のものである。この図から応力-ひずみ曲線が初期間げき比によって変化していることがわかる。

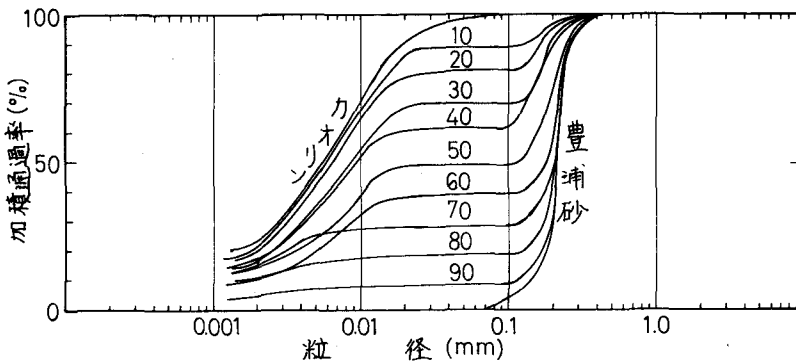


図-1 粒径加積曲線

すなわち、 $e_0 = 0.8$ において砂含有量20%でピーク値が現われているのに対し、 $e_0 = 0.9$ ではそれほどはっきりしたピーク値が認められぬ。また砂含有量が30%以上になると、応力-ひずみ曲線はなだらか形状を示すようになる。これらの現象は土粒子の構造から説明することができよう。

つまり砂含有量が20%以下の土では、粒子構造が接触の多い構造をなしていることが考えられる。そのため粒子間の結合が強固で、その結合を破るのに大きなせん断応力が必要となる。たゞめと思われ、一方砂含有量が30%以上のものでは、粘土粒子の接触が砂粒子によって妨げられることと、砂粒子間の摩擦や噛み合いが、粘土粒子によって妨げられることがその原因と思われる。

(ii) 粘着力とせん断抵抗角

三軸圧縮試験の結果を全応力で整理し、強度定数を求めた。図-4は砂含有量による粘着力の変化と、初期間隙比 $e_0 = 0.8$ 、 0.9 について示したものである。従来から吸着イオンの種類や粘土の骨格構造が一定なる条件のもとでは、粘性土の粘着力は向げき比によって支配されると言われているが、この図のうもある程度そのことが言える。すなわち、砂含有量が20%までのものでは、向げき比の相異で粘着力に大きな差が現われているのに対し、砂含有量がそれ以

上のものでは、向げき比の影響はあきらかに見られる程度で、ほとんど無視できると言える。また粘着力の大きさについては、以前から言われているように、砂含有量の増加と共に小さくなっているのがわかる。特に砂含有量20%附近で、その変化が大々になっており、粘性土の境界値と見なされよう。これらの現象はすでに述べたように、土粒子の構造から説明されよう。つまり粘着力の生じる原因が、主として粘土粒子間の結合によると思われるから、向げき比が小さくなればその結合はより強くなり、大きな粘着力を生じることになる。一方粘土粒子間に砂粒子が入ってくると、粘土粒子の結合は妨げられ、粘着力は小さくなる。

図-5に砂含有量とせん断抵抗角の関係を示した。これによると砂含有量の変化に対するせん断抵抗角の変化は、きわめてものが見えぬ。その相関性はないと言え、たゞ砂含有量が多くなり、含水比が高くなるとせん断抵抗角の低下が見られるようになる。一方初期間隙比の影響は、はっきりしたものと認められぬ。粘土と同様に砂についても粒子の詰まり方は重要な問題で、その初期間隙比が強度に大きく関係すると言われているが、この範囲の初期間隙比では影響はそれほど大きなものでは無いと言え。

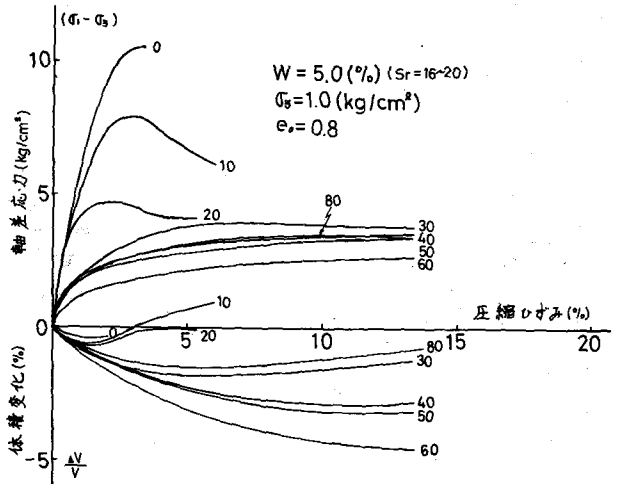


図-2 応力-ひずみ曲線

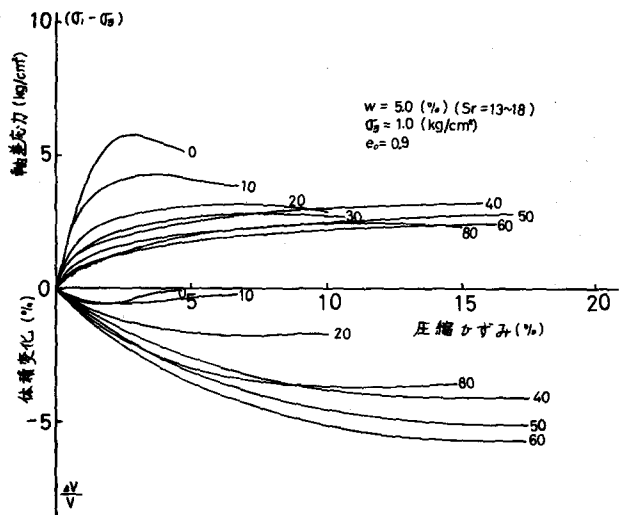


図-3 応力-ひずみ曲線

図-6に破壊時の強度と砂含有量の関係を示した。これと図-4を比較してみると、そこに相関性があることがうかがえる。つまり不飽和土の強度は、その初期間げま比が同じであれば、主に粘着力の大小に支配され、せん断強度にはあまり影響されないということが出来る。土が微細な粒子を含み、その構造が接触を多くさせるような状態の時、その強度はより大きな値を示すと言える。

なおここで注意しなければならぬことは、粘土粒子が一般に扁平な形状をしているのに対し、砂粒子は球体に近い形状をしているため、同一間げま比のもとでは締固めエネルギーが全く異なるということである。そのため締固めエネルギーを一定とした場合の結果とは、必ずしも一致しない点がある。

まとめ

以上のことを簡単にまとめると、次のようになる。

- (i) 応カーヒズミ曲線は間げま比によって異なる形状を示す。
- (ii) 応カーヒズミ曲線でピーク値がはつきりと認められるかどうかは、砂含有量と間げま比に関係する。
- (iii) 粘着力は砂含有量の増加と共に小さくなり、砂含有量が20%附近に変曲点がある。
- (iv) 粘着力は間げま比によって変化する。それは粘土土において著しい。
- (v) 最大軸差応力は砂含有量の増加と共に、急激に減少するが、これは主として粘着力の低下に起因するようである。

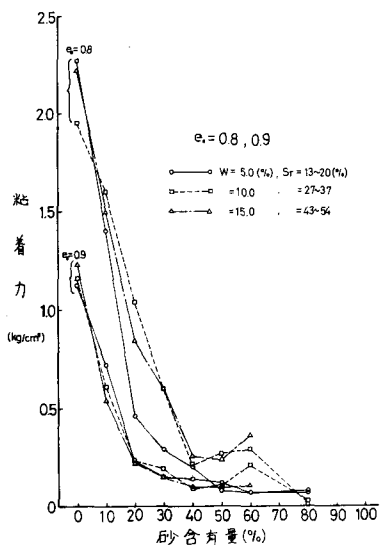


図-4 粘着力と砂含有量の関係

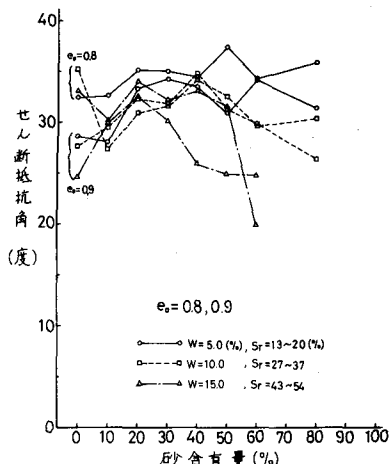


図-5 せん断抵抗角と砂含有量の関係

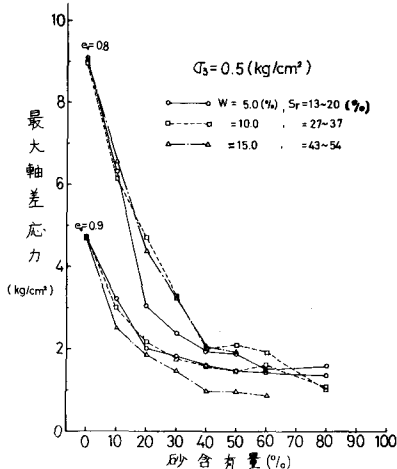


図-6 最大軸差応力と砂含有量の関係