

東京大学 大学院 学生員 〇大河内保彦
日本大学生産工学部 同 宮崎 茂
東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

◎まえがき

砂が非常にゆるくなると、構造的に不安定な状態となり、通常のゆる詰め砂とはかなり異った挙動を示すことが知られている。このような超ゆる詰め砂に関する研究は、日本においては、半澤ら、龍岡ら等があるがその例は少ない。

筆者らは、不飽和砂を用いた試料作製法により、超ゆる詰め砂及びゆる詰め砂の非排水セン断試験を行なつたので報告しよう。

◎実験方法

供試体寸法は、高さ約14cm、直径約7.5cmの円柱供試体とし、 $e_{max}=0.96$ 、 $e_{min}=0.64$ 、 $G_s=2.64$ の豊満砂を用いた。供試体は、気乾状態の豊満砂に蒸留水を加えて含水比約5%の不飽和砂とし、それを6層に分けてモールドに詰めタンピングすることによつて間隙比を調整した。さらに、間隙空気を二酸化炭素で置き換え、その後脱気水を流し飽和し、バックプレッシャーを2kg/cm²かけた。この操作でB係数はほぼ1となつた。等方圧密後、非排水とし、側圧一定で、変位速度0.1mm/minで歪制御試験を行なつた。

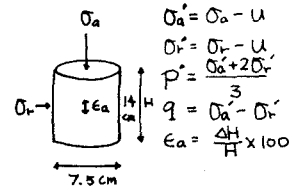


図-1

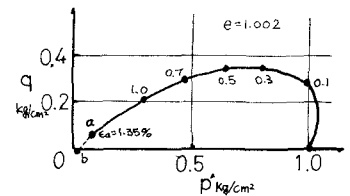


図-2

◎実験結果

実験結果の例を以下の三つのタイプに分けて示す。なお、用いている記号については、図-1に示した。またグラフ内の小さな数字は軸歪である。

a)有効拘束圧が最終的に0となる場合

図-2にその一例を示す。超ゆる詰め砂では、セン断力はある最大値に達した後低下してゆき、破壊包絡線に漸近しつつ低下を続けついには、有効応力0すなわち液状化に至る。この過程において注目すべきことは、0.07%/min程度の歪制御試験でありながら、図-2のa点からb点の状態へと、瞬時に変化することである。この時の供試体の変化を図-3に示した。この現象が起る直前の軸歪は1%程度で、肉眼での変化はほとんどない。

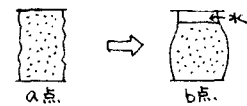


図-3

この現象は、試料作製法上どうしても避け得ない不均一なゆるい部分へ粒子が

ずれ込むためと思われる。有効拘束圧がある程度以下となると、浮遊状態に近くなり、粒子の移動がしやすくなるためだろう。間隙比が小さくなると、この現象が起るpも小さくなる傾向があることから、間隙比とpによって決まるものと思われる。

b)有効拘束圧が著しく低下するが0とならない場合

図-4に結果を示す。見てわかるように、間隙水圧が拘束圧の94%程度まで出たところで状態が変化せず、軸歪が10%程度まで、応力状態がほとんど変わらない。この辺の間隙比が一種の限界で、液状化(単純圧縮によるもの)の起る限界と思われる。b点の砂の部分の間隙比は概算で0.9~0.92であることも、この実験結果を裏付けていると言えよう。

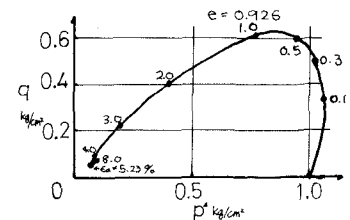


図-4

c)有効拘束圧がさほど低下しない場合

この場合、セン断力がある極大値を持った後低下して、ある極小値を示してその後硬化する。この模様を図-5に示す。

以上の結果はすべて歪制御試験で得られたものであるが、同様な詰まり方の試料を応力制御で試験した時のことを考えると、その挙動の特殊性がうかがえると思う。

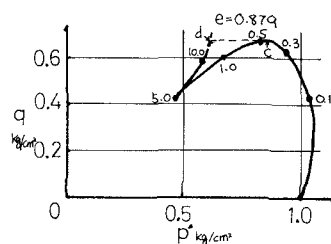


図-5

すなわち、a), b)のような場合には、セン断力がある値に達すると、供試体が一瞬にしてつぶれるという挙動を示し、c)の場合には、セン断力がある値、つまり、図-5のc点の所に達すると、瞬時にd点に応力状態が変化する。つまり、セン断力がある値に達した所で、歪が10%以上も急増する…急速な沈下が起こることになる。

以上のことを考えてみると、このような地盤が存在するとすれば、きわめて不安定なものであると推測できよう。

図-6はセン断力の最大値(極大値)と間隙比をプロットしたものである。(黒丸)又、極大値と極小値の差をと、たものもプロットしてある。(三角)間隙比が、大きくなると、セン断に対して、ごく小さな抵抗しか示さない。しかも、現実の地盤は等方応力状態ではなく、異方応力状態であることを考えると、そのセン断に対する余裕は、きわめて小さいものと考えられる。

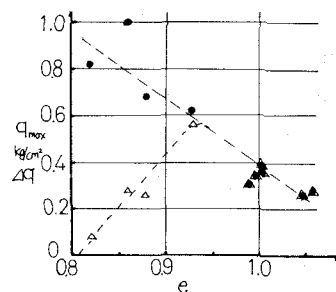


図-6

次に、 $\Delta q \sim e$ の関係をみると、 Δq の最大値が0.93~0.94の間隙比であり、 $\Delta q=0$ 。すなわち、 q が低下しない(歪が極端に増加しない)間隙比は0.80程度であることがわかる。この2つの間隙比が、破壊あるいは、急速な沈下という特殊な現象が生じる限界を示していると思われる。

最後に、不飽和法で作った試料と乾燥砂を空中落下で作った試料との違いを述べると、乾燥砂の場合、ちょっとした振動ですぐ締まってしまい、非常にゆるいものを作るのは難しい。不飽和法では、相当の回数タンピングしてもゆる詰めのものができる。しかし、供試体を均一に作るということが難しいという欠点がある。

⑨結論

- (1)超ゆる詰め砂は、きわめて特殊な非排水セン断特性を持つ。
- (2)超ゆる詰め砂の非排水セン断特性は、セン断力にある極大値が生ずるのが特徴である。
- (3)このような特性をもつ地盤が存在すれば、きわめて不安定な地盤である。

⑩謝辞

この実験を行なうにあたり、実験装置をに使わせていただいた建設省土木研究所の岩崎敏男氏、及び、所内の方々に色々とアドバイスをいただきました。また適切なアドバイスをいただいた東京大学生産技術研究所の三木五郎教授、土研の皆様へ深く感謝するものであります。

⑪参考文献

Castro, G. (1969): Liquefaction of Sands, Ph. D., the Division of Engineering and Applied Physics, Harvard Univ.

龍岡文夫(1975):「非常にゆるい砂」の非排水セン断特性についての一考察, 土質工学会論文報告集 Vol.15,

No.3, Sept.