

早稲田大学理工学部 正員 森 麟

同大学院(現東京瓦斯) 正員 〇丸山 隆司

1. まえがき

砂地盤への薬液注入は、止水の他、地盤の強度増加あるいは工事に伴う地盤沈下の防止を目的として行なわれているが、薬液注入による固結土の強度・変形特性に関しては注入しない状態のものより、どれほど優位であるかは疑問であり、注入によ、て逆効果をもたらされる可能性のあることが既に報告されている。¹⁾砂は拘束圧のない状態では強度はゼロであり、薬液注入によ、て粘着カ成分が付加されたとした場合にも注入以前の砂より大きな強度・変形抵抗を示すようになると思われるが、ちである。しかし、実際には砂は排水状態でセリ断に抵抗するのに対して、薬液注入固結土は、ゲルの不透水性のため、非排水状態でセリ断に抵抗することになりセリ断時の間キ圧の影響を受け、根本的なセリ断挙動が変化する。本研究では、薬液注入固結土の強度・変形特性を実験的に調べ、注入以前の砂だけの特性との比較によ、て注入の効果の判定を試みると共に、固結土のセリ断抵抗のメカニズムについて若干の考察を行な、た。

2. 試験方法

試料は、豊満標準砂、薬液は水ガラスを主剤とし硬化剤がアルテヒト系のものを使用した。供試体の作製は、 $D=5\text{cm}$ 、 $H=10\text{cm}$ のモールドにまだゲル化していない薬液を入れ、その中に砂を流し込み、そして上部より 1.0kg/cm^2 の荷重をかけた状態で固結させる方法をと、た。そして固結後、1日水中で養生してから試験を行な、た。尚、供試体の密度は、密詰めもの($e=0.69$)とゆる詰めもの($e=0.80$)の2種とした。

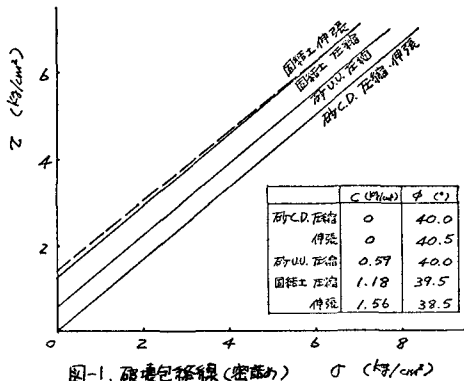
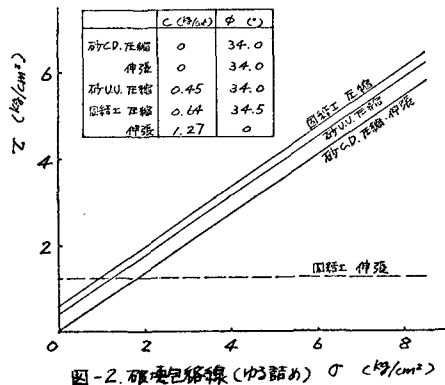
試験は、通常の側圧一定の非圧密・非排水三軸圧縮試験の他、側圧一定軸圧減少の三軸伸張試験をヒズミ制御(ヒズミ速度 $1\mu\text{m}/\text{min}$)法で行な、た。これは、トンネル掘削工事あるいは根切り工事などにおいて薬液注入で地盤の補助をする場合、伸張状態の応力変化がしばしばみられるためである。供試体内の間キ圧の変化の状況を推定するため、三軸セル内の水の出入によ、て供試体の体積変化もあわせて判定した。また、薬液注入しない場合の砂の特性をとらえるため、砂だけに、て圧密排水条件のもとで、固結土の場合と同様の試験を行な、た。そしてさらに、固結土の非排水状態におけるセリ断抵抗の内容を考察するための一助として、飽和砂の非排水セリ断試験も行な、ている。

3. 試験結果及び考察

3-1. 強度特性について

圧縮状態の場合

図-1, 2に示すように、固結土の強度は密詰め・ゆる詰めともに、それぞれの砂のC.D.強度より常に大きく、な、ている。固結土の内部摩擦

図-1. 確境包絡線(密詰め) σ (kg/cm²)図-2. 確境包絡線(ゆる詰め) σ (kg/cm²)

角 ϕ は砂のC.D.条件の ϕ とほぼ同じで、固結土においては粘着力 C_u が付加されている。そして、砂のU.U.条件の場合にもこの実際の範囲($0.3 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$)では等しい内部摩擦角 ϕ が得られた。このことは Bishop 等の実験結果からも推定できる。また、固結土、砂のU.U.共に、破壊時にはかなりのゲイテンシを示し、体積膨張しており、このことから、固結土中には当然、角の間ゲキ圧が生じていることになる。そのため、固結土は、粘着力成分と、砂のC.D.状態の場合とほぼ等しい内部摩擦角を持つようになると思われる。また、粘着力 C_u は角の間ゲキ圧によるみかけの粘着力成分がかなりの部分を占めていると思われるが、その他に、ゲル自身の粘着力などが加わっている。このことは、砂のU.U.の場合より固結土の方が粘着力が大きいことから推定される。

固結土を伸張状態で試験した場合、照話めのものに対しては、圧縮状態とほぼ等しい ϕ 、 C_u が得られたが、ゆる話めの場合には、 ϕ が著しく低下し、ほぼゼロになっている。照話めの場合、体積変化は膨張を示しているが、ゆる話めの場合には、体積変化がほとんどおこらず、非排水条件で収縮で生じたため、正の間ゲキ圧が発生し、固結土としての強度は、増加しはうと思われる。

3-2 変形特性について

固結土と砂(C.D.)の変形特性を比較するために変形係数 E_{50} を考えよう。変形係数 E_{50} と傾り圧 σ_3 の関係を図-3.4に示すが、伸張状態の場合は、最小主応力 σ_3 がセ=断の進行と共に変化するので、軸差応力が破壊時の25%のときのものとした。砂のC.D.条件では、傾り圧の増加とともに、 E_{50} が非常に大きくなるが、固結土の場合は、その増加率が小さく、傾り圧の σ_3 が小さい所で、追い越されてしまう。砂のU.U.試験による E_{50} が砂のC.D.試験のものより小さいのは、セ=断初期に正の間ゲキ圧が発生し、有効応力が減少して、応力-ひずみ曲線がねてくるためであり、固結土の場合は同様の影響をうけ、大きく受けるものと考えられる。このことは、セ=断初期に体積変化がほとんどおこらないことから推定できる。固結土の場合、砂のU.U.の場合より E_{50} が小さいのは、正の間ゲキ圧発生状況が異なるだけでなく、ゲルの存在が変形抵抗になんらかの影響をもたしていることも考えられる。固結土の応力-ひずみ曲線は、一様な増加を示すが、変曲点を持っている。そして、セ=断途中で、膨張による角の間ゲキ圧が付加され、有効圧力が増加し、セ=断抵抗が大きくなり、曲線が立ち上がり、 σ_3 が、変形係数 E_{50} は、セ=断初期の有効圧力の影響を大きく受けるため、固結土の変形特性は、砂のC.D.条件のものに比べて著しく、劣化するものと思われる。伸張条件において、圧縮と同様、固結土の変形係数は、砂のC.D.より非常に小さく、これは、セ=断初期の間ゲキ圧の作用により説明できるものと思われる。

4. おすび

固結土のセ=断抵抗は、ゲルの存在により、非排水状態となり、このため発生する間ゲキ圧と、砂粒子表面に付着したゲル相互の粒子の結合力によって発揮される。しかし、ゲイテンシによる角の間ゲキ圧が発生しないような場合、つまり、かき地盤で、伸張破壊が起こるような場合には、固結土中の砂の摩擦抵抗がほとんど発揮されず、注入による強度劣化が引き起こされる。また、固結土の変形係数は、薬液注入しない砂に比べ、拘束圧の σ_3 が小さい所を除いては、著しく低下するため、地盤沈下防止を目的とした注入は、十分に注意を要する。このため、薬液注入設計は、地盤中の有効圧力を考え、十分に検討が必要である。

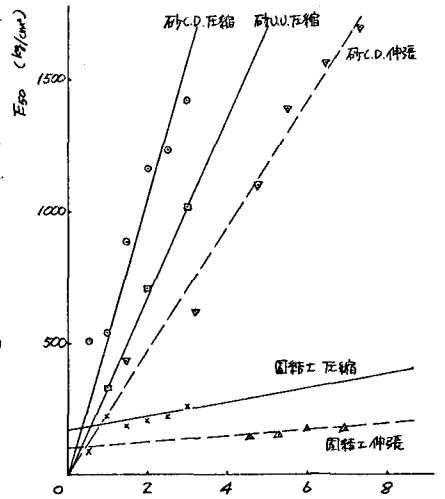


図-3 変形係数(密話め) E_{50} (kg/cm²)

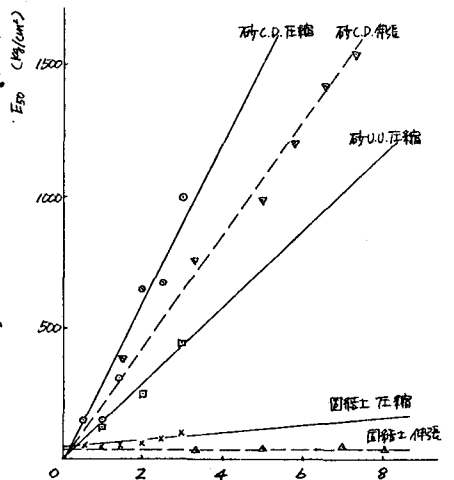


図-4 変形係数(ゆる話め) E_{50} (kg/cm²)

参考文献 ①森武田等薬液注入による砂の強度劣化、および地盤沈下抑制効果 ② Bishop, B.G. in "Undrained Triaxial Tests on Sands in the General Theory of Shear Strengths" 2-1