

III-94

水ガラス固結砂の強度と間隙填充率について

早稲田大学 大学院 学生員 ○平野 孝
早稲田大学 大学院 学生員 田村 昌仁
早稲田大学 理工学部 正員 森 麟

1. まえがき

筆者らは、かねてより浸透注入により得られる固結砂の強度発現機構に関する研究を行っており、固結による強度増加の大部分は、固結によるダイレイタンスーの増加と負圧による摩擦抵抗に大きく支配されることを明らかにしてきた^D。これらの研究では、室内で作製したいわゆるサンドゲルを対象としたものであり、注入現場で採取される固結砂の填充率をシリカ濃度より調べた結果、薬液による間隙填充率がサンドゲルとはかなり異なることが指摘されている。しかし、シリカ濃度や間隙填充率だけでなく注入圧の影響も受けるので²⁾、填充率を正確に決定することは困難であると思われる。従って、今回の研究は薬液を不飽和に固結させ、薬液の飽和度を填充率とし、填充率がダイレイタンスーと負圧に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。

2. ダイレイタンスーと填充率の関係

固結による強度増加作用の要因として、ダイレイタンスーの増加と非排水せん断に伴う負圧の影響が挙げられる。ここでは、まずダイレイタンスーと填充率の関係について考察する。

2-1 試験方法

用いた試料は豊浦標準砂（粒径0.11~0.25mm）及び相馬砂（粒径0.84~2.00mm）。使用薬液はJIS3号水ガラス（硬化剤：グリオキガール）35%である。供試体作製には直径5cmのモールドを用い、飽和固結砂及び未固結砂ではモールド中にそれぞれ薬液、水を入れ、試料をガラス棒で突固めながら詰めた。そして、飽和固結砂は数時間放置し固結後水中養生を行い、未固結砂供試体は冷凍庫で凍結させ、試験直前に取り出し試験を行った。不飽和供試体については、予め重量を測定した試料と薬液を混合し、モールド内でガラス棒を使って詰めた。この場合、試料と薬液の重量比を調整することで、所定の填充率にすることが可能となる。その後、水中養生により残りの間隙を水で飽和させ試験を行った。

試験方法はひずみ制御による三軸排水試験を行った。このとき負圧の影響を排除するために、ひずみ速度は十分小さく0.05%/minとした。

2-2 試験結果及び考察

図1に豊浦固結砂の填充率と破壊時の軸差応力の関係を示す。図中のROWE補正値はダイレイタンスーによる応力の増加分を除いたものであり次式で求められる。

$$(Q_1 - Q_3)_{\text{ROWE}} = \frac{Q_1}{1 + D_f} - Q_3$$

ここで D_f は破壊時のダイレイタンスー比（ $=d\varepsilon_v/d\varepsilon_1$ ）である。補正前の破壊軸差応力は、填充率が0%から50%程度まではほとんど変わらず、填充率が50~60%以上で増加しはじめ、填充率100%で最大になる。しかし、ROWE補正後は、創圧が小さい場合やや増加傾向を示すが、填充率による影響は

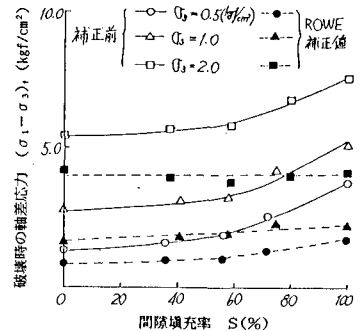


図1 豊浦固結砂の填充率と破壊時の軸差応力の関係

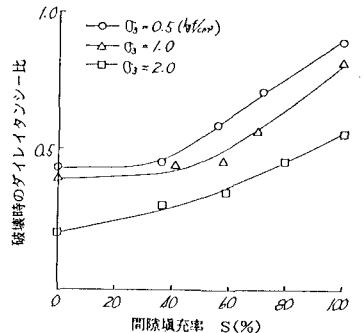


図2 豊浦固結砂の填充率とダイレイタンスー比の関係

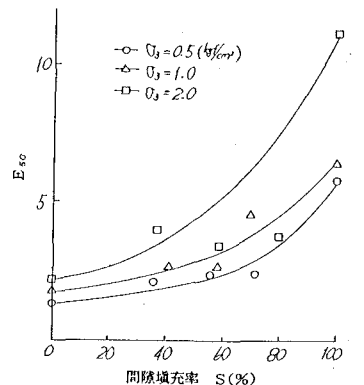


図3 豊浦固結砂の填充率とEₛ₀の関係

補正前より小さくなり、填充率増加による強度増加の大部分はダイレイタンシーによって増強されていることがわかる。また図2に豊浦固結砂の填充率とダイレイタンシー比の関係を示す。図よりダイレイタンシー比も破壊軸差応力と同様に填充率が50~60%で傾きを持ちはじめ増加することがわかる。したがって、増強作用としてのダイレイタンシーが効果を発揮するには、填充率が50~60%以上必要であるといえる。図3に豊浦固結砂の填充率と E_{50} の関係を示すが、 E_{50} も破壊軸差応力、ダイレイタンシー比と同じ傾向を示すことがわかる。

図4に相馬固結砂の填充率と破壊軸差応力の関係を示す。ダイレイタンシー比、 E_{50} についても豊浦固結砂と同様の結果を得た。

3. 負圧と填充率の関係

固結砂の増強作用のうち負圧と填充率について次のような試験を行った。

3.1 試験方法

用いた供試体は2-1と同じものである。試験方法はひずみ速度が0.5%/minの一軸圧縮試験で、次の三種類の状態で行った。

Type 1 unjacketed状態で試料に水圧(0.5kgf/cm²)を加えて行いう一軸圧縮試験

Type 2 通常の一軸圧縮試験

Type 3 unjacketed状態で試料に水圧(0.5kgf/cm²)を加えた後、試料を取り出して行った一軸圧縮試験

3.2 試験結果及び考察

図5と図6にそれぞれ豊浦砂と相馬砂についての試験結果を示す。両方ともType 2とType 3の強度が等しいことより、試料に水圧を加えること自体は、水ガラスと砂との結合を破壊しないと思われる。unjacketed状態で試験を行うと、ダイレイタンシーに伴って発生する負圧が解放されやすい。したがってType 1とType 3の強度差は負圧の発生の有無により生じたものと推定される。この強度差が、豊浦砂では填充率約60%から大きくなりはじめ、填充率100%では1.5(kgf/cm²)以上になることから、強度増加のための負圧の発生には、填充率がほぼ60%以上必要であることがわかる。しかし豊浦砂より粒径の大きな相馬固結砂では、強度差は豊浦砂より小さく、増強作用としての負圧は、豊浦砂の場合ほど大きな役割を果たしていないと思われる。

4. まとめ

今回の研究では、薬液の固結増強作用としてのダイレイタンシーと負圧に与える填充率の影響を調べた。その結果、ダイレイタンシーでは60%以上の填充率が必要であり、負圧については、豊浦砂のように粒径の小さな砂では填充率60%以下で影響が現れるが、粒径の大きな砂では負圧の影響は小さいことがわかった。粒径の小さい固結砂の場合は填充率のわずかな変化が負圧による強度増加に大きく影響するので、これが通常の圧縮強度のばらつきの原因のひとつになっていると考えられる。負圧による強度増加は、給水条件が満たされると消失するので確実に期待することができないことを考慮すれば、固結砂の強度は安全上、負圧の影響のないunjacketed試験を求めることが適当であろう。

参考文献 ①森・田村 第20回土質工学研究発表会 1985 ②平野・森・田村 第21回土質工学研究発表会 1986 ③川地・喜田 土木学会第40回年次講演会Ⅱ-313

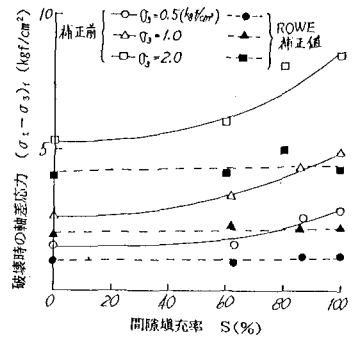


図4 相馬固結砂の填充率と破壊時の軸差応力の関係

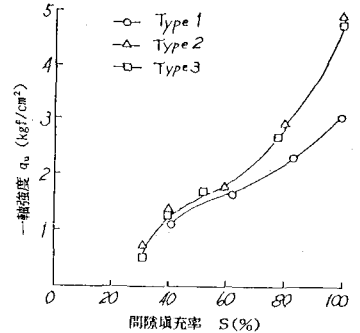


図5 豊浦固結砂の填充率と一軸強度

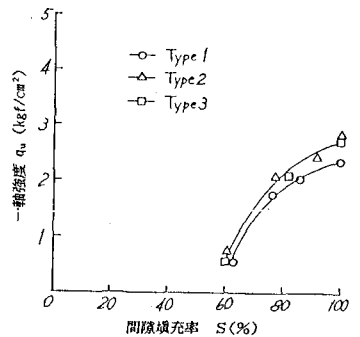


図6 相馬固結砂の填充率と一軸強度