

早稲田大学 正員 森 慶麟

学生員 ○酒井 俊雄 田村 昌仁

1. まえがき

固結砂がせん断されるとダイレイタンスーが生じるため、急速試験では負圧が発生することが考えられる。今回の研究は、この負圧の影響を検討したもので、実験においてはunjacketed試験($\sigma_3 = u$, $\sigma_3' = 0$)を行っている。

2. 試料および実験方法

本実験で使用した砂の種類をTable-1に示す。薬液Table-1; 砂の種類

砂	粒径(mm)	比重
豊浦	0.11~0.25	2.65
相馬I	0.42~0.84	2.65
相馬II	0.84~2.00	2.65

は水ガラスを主剤としたものであり、I液とII液を同量ずつ混ぜ合わせたものを使用した。なお、水ガラス薬液の配合表をTable-2に示す。供試体作製は、直径5cm、高さ10cmの2つ割れモールドを使用し、モールド内にまだ固化していない薬液を入

れ、砂を3層に突き固めた。使用した固結砂供試体の種類をTable-3に示す。実験条件は、CU, CDおよびUU条件であり、変形速度 $\dot{\epsilon} = 0.5\%/min$ を基準として行った。成形後の固結砂供試体の間隙比は、 0.70 ± 0.04 であった。固結砂供試体の透水係数は豊浦砂の場合、水ガラス濃度 $N=15\%$ で透水係数 $k=1.203 \times 10^{-7} cm/s$, $N=35\%$ で $k=3.648 \times 10^{-7} cm/s$, $N=50\%$ で $k=2.106 \times 10^{-6} cm/s$ であり、固結砂の透水係数は $k=10^{-7} \sim 10^{-6} cm/s$ で余り差はなかった。

3. 結果および考察

3-1. 1軸強度に及ぼす負圧の影響

Fig-1には硬化材(グリオキ)量一定で主剤濃度が異なる場合の試験結果を示す。TYPE 1の q_u は通常の1軸強度、TYPE 2の q_u' はunjacketed試験の強度、TYPE 3の q_u'' はunjacketedの状態でセル内にセットし、所定の側圧 σ_3 を加えたのちセル内の水压を解放、水を除去してから行なった強度である。unjacketed試験では急速の場合 $\sigma_3 = 0$ となる可能性があるが、Fig-1より σ_3 は q_u' にはほとんど影響してないことから $\sigma_3 = 0$ としてよい。また、有効応力原理($\sigma_3' = \sigma_3 - u$)がこの固結砂に対して適用されることがわかる。 q_u と q_u' の差が小さいことより、静水压によってゲル構造の破壊はないと思われる。Fig-1より q_u と q_u' の差は N が増すほど大きく $q_u > q_u'$ となる。この差が出る理由として負圧の影響が考えられる。Fig-2には試料T-15, T-50の応力-ひずみ曲線を示す。Fig-2より $N=50\%$ では破壊ひずみが大きい。その結果ダイレイ

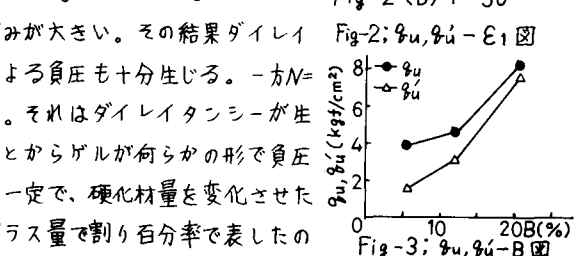
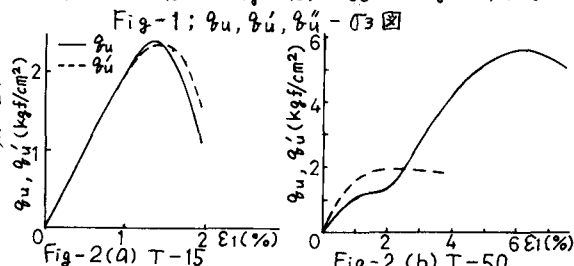
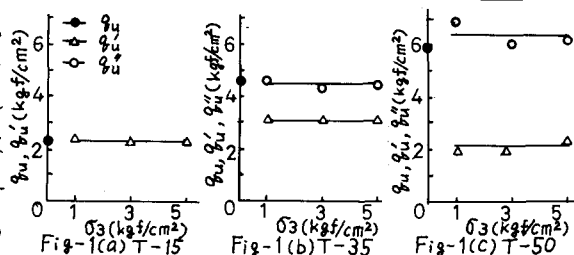
タンスーが十分生じており、そのダイレイタンスーによる負圧も十分生じる。一方 $N=15\%$ では破壊ひずみが小さく、負圧が発生していない。それはダイレイタンスーが生じる前に破壊してしまったと考えられる。これらのことからゲルが何らかの形で負圧に影響していると考えられる。Fig-3には水ガラス濃度一定で、硬化材量を変化させた場合の q_u と q_u' の関係を示す。横軸は、硬化材量を水ガラス量で割り百分率で表したのをBとして示した。Fig-3より硬化材量が増すほど負圧の影響が少ないことがわかる。Luongらは水ガラス固結砂の1軸強度に及ぼす $\dot{\epsilon}$ の影響を調べており、硬化材量一定の場合、主剤濃度(SiO_2)が増すにつれ q_u に及ぼす $\dot{\epsilon}$ の影

Table-2; 水ガラス薬液配合表

	15%	35%	35H%	50%
トリメチルシリケート	150	350	350	500
水	350	150	150	0
II液(グリオキ)	50	50	72	50
リン酸	12.25	12.25	12.5	12.25
水	437.75	437.75	415.5	437.75
計	1000	1000	1000	1000

Table-3; 供試体の種類

言式	料	石少	薬液(%)
T-0,15,35,50	豊浦		0.15,35,50
S-0,15,35,35H	相馬I		0.15,35,35H
D-0,15,35	相馬II		0.15,35,



響が大きく、また主剤濃度一定では硬化材量が増すほど $\dot{\epsilon}$ の影響は小さいという結果を得ている。 $\dot{\epsilon}$ が低下するほど前述したダイレイタンスーによる負圧が発生しにくくなるので、本実験の結果はLuongの結果を説明することも可能であろう。粒径を変化させた場合の q_u と q'_u の関係をFig-4に示している。Fig-4(a)より $N=15\%$ では、豊浦砂同様、 q_u と q'_u の差はみられない。Fig-1(b), Fig-4(b)(c)より $N=35\%$ では、粒径が大きいほど q_u と q'_u の差が小さく、粒径が大きいほど負圧が変形に伴い解放されることが考えられる。固結砂の透水性は薬液の配合にはあまり関係ないことより、このような負圧の影響はゲル構造に依存すると思われるが、この点に関しては今後の研究を要す。

3-2. 水ガラス固結砂の排水条件の決定 せん断前の固結砂では $k=10^{-7} \sim 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ であるため、急速せん断試験では非排水せん断が考えられるが、 k がダイレイタンスーの発生により相当増加することが明らかになったので、そのため負圧が解放される可能性があり、どのような排水条件が適当かの決定は困難である。Fig-5には固結砂の3軸試験(両端排水、急速試験)の結果を示す。この試験では体積変化を2通りの方法で測定しており、 E_v (供試体への水の出入りより求めた E_v)と E_v2 (セル内の水の出入りより求めた E_v)の差を調べているが、その差は少なく、負圧の大部分は $\dot{\epsilon}=0.5\%$ の速度においても解放されると考えられる。従って、実際問題として固結領域が地下水位以下にある場合を想定すると、その領域が大きくない場合、負圧が解放される可能性があるため非排水せん断を考えることは無理があると思われる。

3-3. 固結砂の3軸非排水試験による粘着力成分について

Table-4に固結砂のCU試験、CD試験($\dot{\epsilon}=0.1\%/s$)で得られるC, ϕ を示している。固結砂のCD試験における強度発現メカニズムについては文献(3)で説明したが、ここでは非排水試験のCについて考察した。

非排水試験では負圧 U が生じるためダイレイタンスー補正としては式(1)となる。

$$(\sigma'_1 - \sigma'_3)_R = \{(\sigma_1 - \sigma_3) + (\sigma_3 - U)\} / (1 + D) - (\sigma_3 - U) \quad (1)$$

但し、 D はダイレイタンスー係数を示す。また、本実験では $\dot{\epsilon}=0.5\%/min$ であるため実測される負圧は供試体内部で発生している負圧と異なるとも考えられるが式(1)の U には実測値を用いた。 C_f, C'_f, C_{Rf} はそれぞれ全応力表示、有効応力表示、補正後の有効応力表示の破壊時粘着力成分で、 C_{Rf} は $E_v=10\%$ における補正後の有効応力表示粘着力である。 C_f と C'_f の差は負圧による粘着力成分で、 $0.3 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ である。また C_{Rf} と C'_f の差が小さいため、 C'_f の大部分はダイレイタンスーにより生じたものであり、破壊時にはゲル強度に基づく粘着力成分の影響は少ないと思われる。一般に用いる全応力表示の粘着力 C_f の大部分は、負圧とダイレイタンスーにもとづくものと思われる。

4. まとめ

1) q_u に及ぼす負圧の影響は $\dot{\epsilon}$ が一定の場合においても薬液の種類によりかなり異なり、この影響はグリオキザール量一定では主剤濃度が大きい程、また主剤濃度一定ではグリオキザール量が少ないほど著しいことがわかった。
2) 固結砂の排水条件の決定は、せん断前の透水係数によって決定することができず、非排水せん断で生じるとされる負圧は解放されることもあり得る。従って、固結後の粘着力成分 C を決定する際、固結領域が地下水位以下にある場合は、unjacketed試験により粘着力成分 C を決定することが適当であろう。

参考文献

- (1) Luong et al. ASCE 1978 G.T. 6 P770 (2) 森、小峯、田村 20回土質工学研究発表会 (3) 森、田村 20回土質工学研究発表会

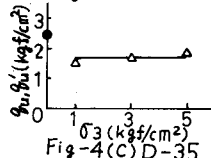
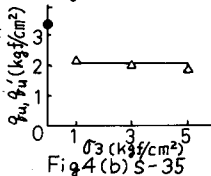
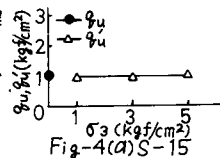


Fig-4; $q_u, q'_u - \sigma_3$ 図

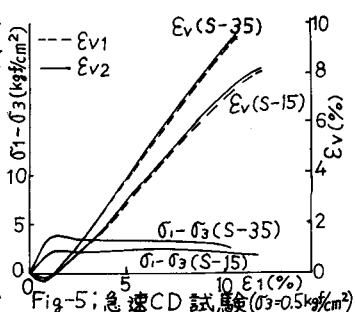


Table-4; 粘着力と内部摩擦角

砂	濃度	試験	養生	全応力	有効応力	有効応力	有効応力	有効応力	有効応力
				C_f	ϕ	C'_f	ϕ'	C_{Rf}	ϕ_{Rf}
豊浦砂	0%	CD							
	0	UU	水中	0.45	35°	0.1	35.5	0	30
	15	UU	水中	0.98	37	0.6	36.5	0	30
	35	UU	水中	1.15	38.5	0.65	38	0.1	30
相馬砂	35	UU	水中	1.1	38	0.7	39	0.2	30
	35	CU	水中	1.2	38.5	0.9	38.5	0.2	30.5
相馬II	0	CD							
	15	UU	水中	0.65	37	0.3	37	0	30.5
	35	UU	水中	1.0	39	0.5	38.5	0.15	30.5
	35H	UU	水中	0.85	40	0.45	40	0.2	30
	0	CD							
	15	UU	水中	0.6	35.5	0.2	37	0	30
	35	UU	水中	0.9	38	0.4	38.5	0	30