

### III-20 硬質粘土の土質的性質および岩石的性質

大阪市立大学 大学院 学生員 柳 大夏

#### 1. まえがき

土と岩石の区分というものは明確な境界でないことは明らかである。例えば、土質力学的には硬質粘土 (stiff clay) と呼ばれているものが、岩石力学では軟岩のまともな弱いものとして、例えば泥土岩 (pelitic rock) などと呼び、同じ物質のものを2つの呼び方をしている。今日のところ、これらを一貫して呼び方やさらに、これらの物性についての研究が不足しているようである。

これらの研究材料として London clay と同様に大阪の淀積粘土が実験材料として非常に適している。これらの研究は特に地スベリや土圧の安定問題には重要で必要欠くべからざるものであろう。

著者はこれらの観察から数年来、地スベリや土圧の安定問題についての研究を行なってきたが、同様のことが最近 Q. Záruha, V. Mencl<sup>(1)</sup> によって地スベリ問題についての土質力学的、岩石力学的な研究がまとめられている。Q. Záruha によれば硬質粘土中の地スベリ現象について、次のような特色を述べている。

① Fig-1 に示してあるようにスベリ面の形は最大せん断応力 ( $\pi_1, \pi_2$ ) に沿って生じる円弧よりも、むしろ実際のスベリ面は  $\pi_1'$  の対称線の形をしている。その原因として応力除荷によってせん断抵抗の急激な低下によって(③)最大せん断応力線よりも残った部分を通してくることを指摘している。

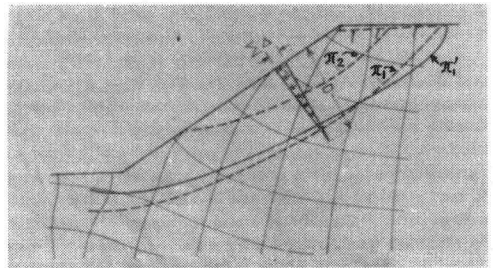


fig 1

② スベリは進行性破壊 (Progressive failure) によるものである。したがって、安全率の考え方も変わってくるわけで、地山の供試体より求めたせん断強度ではどの場合でも安全側になり過ぎである。

③ 切り取りの場合、押え荷重の減少の結果、有効応力が減少し、極度せん断強度の低下となる。著者は Q. Záruha による上記のような観察をうりづけとなる硬質粘土の力学的特性のデータがあるので、これらについて以下検討したい。

#### 2 実験材料

大阪淀積層の海性粘土で2種のものを用いた。その土質特性は Table-1, Fig-8 に示した。

Table 1

|      | $w_L$ | $w_p$ | $w_c$ | $I_L$ | $<2\mu$ | A    | $q_u$ ( $kg/cm^2$ ) | $p_y$ ( $kg/cm^2$ ) | E ( $kg/cm^2$ ) |
|------|-------|-------|-------|-------|---------|------|---------------------|---------------------|-----------------|
| no 1 | 121.5 | 48.7  | 66.9  | 0.25  | 27      | 2.7  | 9.45                | 12.2                | 1750            |
| no 2 | 107.1 | 44.5  | 81.2  | 0.51  | 58      | 1.23 | 4.35                | 6.4                 | 996             |

#### 3 実験結果

##### ① 圧縮試験

Fig-2, 3 は一軸圧縮試験の圧縮過程を X-Y レコーダーによって連続的に記録させたものである。

これらの図を詳しく観察すると圧縮ヒズミ $0.2\%$ 前後までは $\sigma$ - $\epsilon$ 曲線は滑らかな曲線をなしているが $0.3\%$ 付近より曲線のスムーズさはなくなり、ジグザグした鋸の刃のような形となり破壊点近くになるとこの傾向はさらに著しくなっている。これらも、さらに詳しく観察するために $0.3\%$  付近、破壊点付近( $0.7\%$ )の部分も複写によって5倍程度に拡大し、それぞれをFig-4,5 に示した。これによって明らかになるように応力一定のままでヒズミを増大している。この現象は測定器の機械的なものによって生じたのではなくて土質的なものによって生じた土の性質によるものである。これは数多くの硬質粘土の測定において、このような現象を見出すことができ、さらにFig-6 に示したヒズミ $500\mu$  以内のあいだでの11回のくり返し载荷による $\sigma$ - $\epsilon$ 曲線においてもこのような現象はみられる。したがってジグザグ状の記録は記録装置やヒズミ計のとりつけなどの機械的なものではなく、応力-ヒズミ関係そのものである。Fig-6はヒズミ $500\mu$  以内でくり返し载荷したものである。これによると11回目の $\sigma$ - $\epsilon$ 曲線と初回の $\sigma$ - $\epsilon$ 曲線とは全く同一の軌跡を描いている。

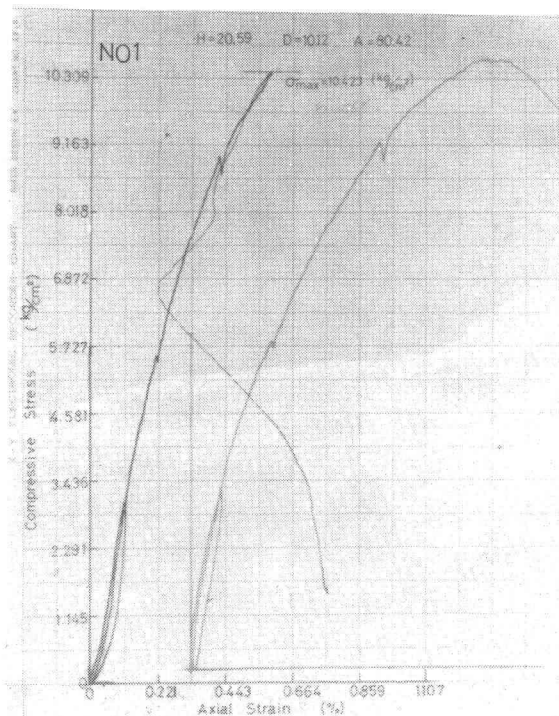


Fig-2

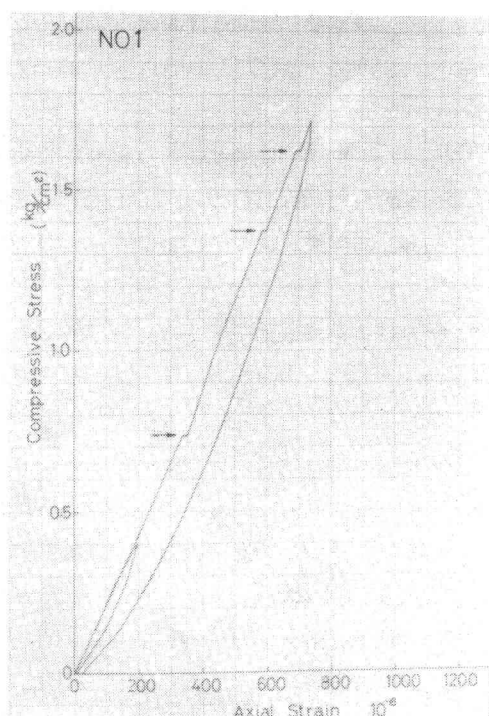


Fig-3

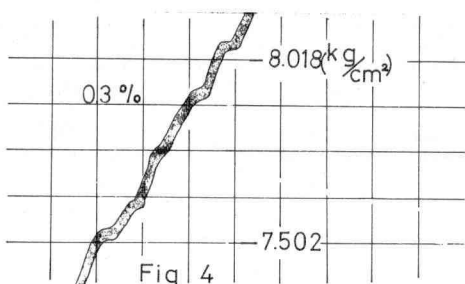


Fig 4

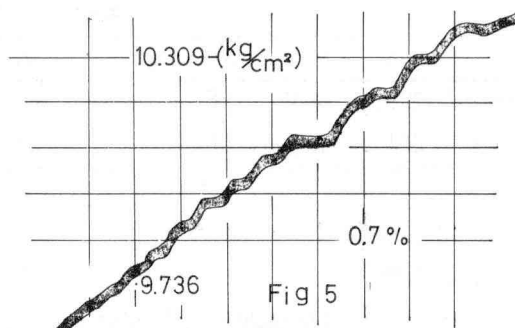


Fig 5

## ②σ'-ε' 図

Fig-7 は圧室降伏応力以内、過圧室領域内における三軸試験結果を示したものである。

セリ断手法としては2通りのもので、破線のはじめは有効応力のもとで十分に吸水膨張をさせた後、セリ断ヒズミ速度を  $1\%/2\text{min}$  とした急速な排水セリ断による膨張性の破壊によるもので、実線は吸水膨張を全く行わないもので Griffith's 性の破壊によるものである。

### 4 考察

竹中<sup>(2),(3)</sup>らは現地に於ける大型供試体(直径1m, 高さ2m)の圧縮試験によって、次のような現象を確認した。

はじめは浸透粘土のような物理的に化学結合された結合物質は圧縮ヒズミが  $1500\mu$  以内のある応力レベルまではグリープ現象は生じないで弾性的な挙動を示す。やうしてある応力レベル以上になってくると供試体中に局部的な応力集中の部分より微小な破壊が發生し始める。この微小クラック部分が応力の増大とともに連なっていくと破壊面を形成し破壊にいたる。

しかし、これらの測定は現地実験であったために十分な時間によるくり返し載荷と連続的な記録ができたものでは、今回、室内実験で十分なくり返し載荷と、この連続的なデーターの記録にもとづいて、上記のことがさらに確認されることになった。

Fig 6 に示した圧縮ヒズミ  $500\mu$  以内での11回のくり返し載荷によつては  $\sigma'-\varepsilon$  曲線は全く同一の軌跡を描き、残留ヒズミは全く生じていない。これは粒子間の Bond stress が破壊にあふんでいくと弾性的な挙動をしているためである。もし内部破壊が生じていれば残留ヒズミは大きく残り、同じ軌跡を描かないはずである。

次に圧縮過程において微小クラックの発生は Fig 2, 3 にみられるようなギブザグした部分、実はこの微小破壊の発生した現象を示すものである。この微小クラックの発生頻度が多ければ  $\sigma'-\varepsilon$  曲線

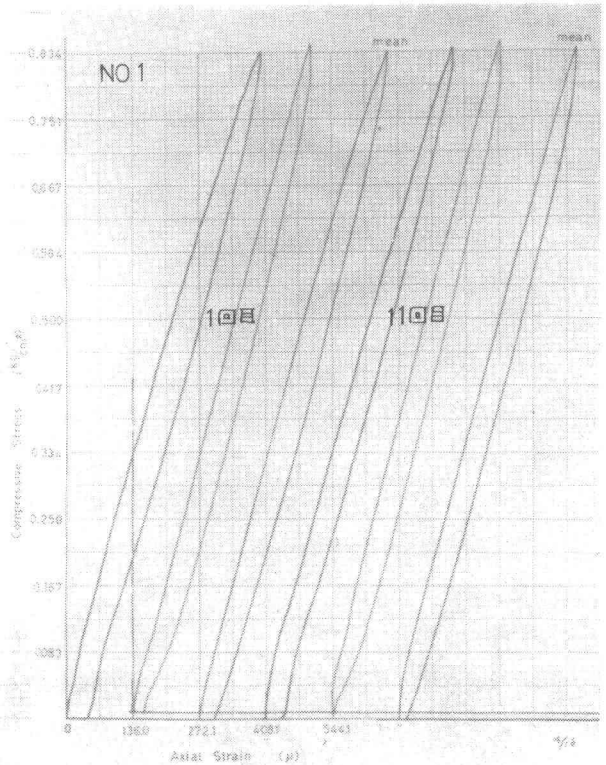


Fig 6

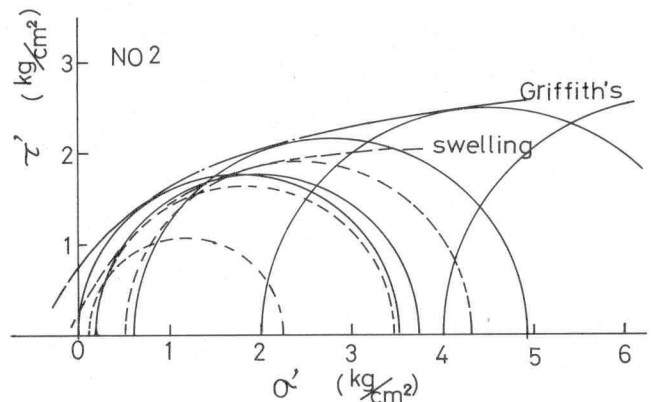


Fig 7

のヒズミ変化率は増大して初期の線型部分より離れている。この微小クラックの発生状況については岩石の場合と同じように、 $\gamma$ の破壊音をとらえることによりさらに明確なものになると予想されるので、 $\gamma$ の測定については現在あと3準備中である。

以上のように粘土の圧縮過程において初期は粒子間の Bond stress によって弾性的挙動を示しているものが応力レベルに1になって微小破壊が生じて応力の増大とともに微小クラックの連続現象が生じて破壊面を形成し、最後には破壊となる。このことより粘土の破壊は微小クラックの発生によって進行性破壊の現象を起していることを明確である。これは Test piece 内のことについてであるが、地山のような大きな mass についても同様な現象が当然起きると思われる。また、これらの現象は地山についていうならばマクロ的にみて creep として呼ばれている。

次に Fig 7 にみられるように粘土に加わっている応力が低い場合には  $\gamma$  のせん断強さは極端に低下している。これは粘土が吸水によって膨潤したためと竹中<sup>(2)</sup>の説明する硬質粘土のようなゼ性的な材料のもつ本復の性質とが合い、折って低いせん断強さとなっている。これは Fig 1 にみられるようにスベリ破壊面の  $\pi'$  線を押え荷重の低い部分になるに1になって最大せん断応力  $\pi'$  線より離れ、浅い部分を通るようになる。

終りに、終始御指導頂いている本学理学部竹中準之助教授、色々と御助言を頂いた三笠正人教授、実験に直接の援助をして頂いた西垣好彦助手の諸先生に深く謝意を表する次第です。

参考文献

- 1 Q.Zaruba, V.Mencl (1969) "LANDSLIDES and their control" ELSEVIER
- 2 竹中 (1968) "土質調査試験結果の解釈と適用例": 一軸圧縮試験, 土質工学会
- 3 竹中 初郎, 西垣 "大阪湾積粘土の静的弾性係数" 第24回 土木学会年次学術講演会
- 4 初郎, 西垣, "大阪湾積粘土の微小ヒズミでの静的性質" 第5回土質工学研究発表会

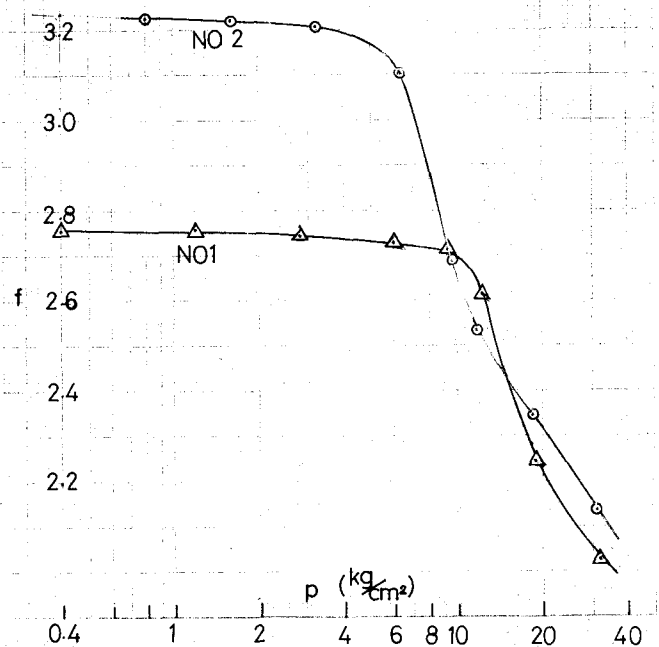


Fig 8