

## III-26

## 泥水圧の上昇速度が粘性土切羽地盤の割裂圧に及ぼす影響について

(株) 熊谷組 正会員○鈴木 真 早稲田大学 学生員 袁 大軍  
早稲田大学 正会員 森 麟 早稲田大学 学生員 片桐 年弥

1. はじめに 軟弱粘性土の割裂現象は著者らの研究によると、孔壁部に発生したクラックがくさび作用により進展するのであり、割裂圧  $P_t$  は  $P_t = \sigma_s + \alpha q_v \cdots (1)$  として表されることを示した<sup>1)</sup>。このくさび作用の発生の有無は、孔壁の変形量に支配されるクラックの目開き量と密接な関係があると考えられる。一般に、クリープ変形の生じる粘土の変形挙動は、粘土に作用する応力の載荷速度によって異なってくる。したがって、孔壁に作用する内圧（泥水圧など）の上昇速度の変化が割裂圧の大きさ、即ち(1)式の  $\alpha$  の値に影響を与える可能性が考えられる。そこで本研究は、加圧液として性状の異なる泥水などを用い、内圧の上昇速度の変化が割裂圧の大きさに与える影響を調査し、実際の泥水式シールドの現場のようにチャンバー圧一定のもとで掘進、或いは一時停止する場合の割裂圧を予想することを目的とした。

## 2. 実験に用いた供試体の配合および泥水などの液体性状

実験に用いた供試体の配合は一つで、表-1に示すものである。泥水などの用いた液体は7種で、その性状を表-2に示す。実際の現場での泥水は、掘削土などの取り込みによりベントナイト泥水と性状が異なることが予想されるため、有楽町粘土を水にとかした泥水および造膜性のない油も用いた。

3. 実験方法 実験装置の概要を図-1に示す。供試体は図-2に示すようにモールドの底板の中央にパイプを立ち上げ、直径18cm、高さ19cmで中央部に円筒空洞部1.3cm径を設けたものを作成し使用した。まず、円筒空洞部に泥水などの液体を満たして拘束圧および円筒空洞部内圧を  $0.3 \text{ kgf/cm}^2$  まで同時に作用させ、次に内圧のみを徐々に増加させ、割裂が発生するまで加圧した。加圧速度  $\omega$  は、 $3 \times 10^{-6} (\text{kgf/cm}^2/\text{sec}) \sim 0.05 (\text{kgf/cm}^2/\text{sec})$  の範囲で変化させ、その時の割裂圧を計測し、(1)式から  $\alpha$  を求めた。

## 4. 実験結果および考察

1) 泥水の加圧速度と割裂圧の関係 図-3は性状の異なる液体を用いた場合の内圧の加圧速度  $\omega$  と割裂圧に関する(1)式の係数  $\alpha$  の関係を示したものである。なお、この図で  $\alpha$  の値が小さくなれば割裂圧が減少することを示す。この図より、どの液体を用いた場合も加圧速度が小さくなるに従い  $\alpha$  の値は減少する。しかし、その減少量は次第に小さくなる。また、加圧速度が非常に小さくなるとファンネル粘性が大きく異なる軽油とサラダ油についての  $\alpha$  の値が同程度の値になっている。これらの原因としては、泥水の加圧速度の変化に伴う土のひずみ特性の違いが考えられる。加圧速度が大きい場合、孔壁周辺には内圧に応じた弾塑性ひずみが殆どで粘弾性クリープは僅かなので孔壁周辺の変位量は内圧の大きさだけにほぼ支配される。つまり、孔壁周辺に発生したクラック<sup>2)</sup>の目開き量も内圧の大きさだけで決まるものと考えられる。したがって、粘性が大きい液体ではクラック中に浸入し、くさび作用<sup>1)</sup>により割裂を発生させるためには大きな目開き量を必要とし、内圧が高くなるので係数  $\alpha$  の値も大きくなる。一方、加圧速度が非常に小さい場合には孔壁周辺には内圧に応じた弾塑性ひずみの他に粘弾性クリープが発生し、同一の内圧時点におけるひずみ量は増加する。つまり、加圧速度が小さくなる

| 配 合<br>(g f)          |                       | 一軸圧縮強度<br>$q_v$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 透水係数<br>$k$ (cm/sec)  |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------|
| カオリン 4000<br>石 粉 2000 | ベントナイト 1000<br>水 4500 | 0.7~0.9                                | $1.05 \times 10^{-6}$ |

| 液 体 の 種 類   | ファンネル粘性(sec) | 比重   |
|-------------|--------------|------|
| 水           | 19           | 1    |
| 軽 油         | 26           | 0.83 |
| サ ラ ダ 油     | 95           | 0.91 |
| 10%ベントナイト泥水 | 32           | 1.05 |
| 12%ベントナイト泥水 | 60           | 1.06 |
| 15%ベントナイト泥水 | 231          | 1.08 |
| 有楽町粘土泥水     | 52           | 1.26 |

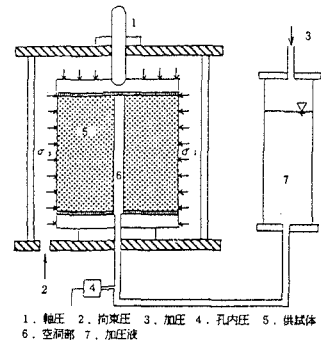
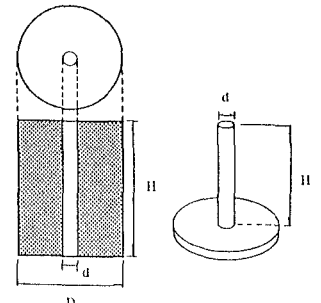


図-1 実験装置


図-2 円筒空洞部の形状と  
底板の立ち上げパイプ

に従いクラックの目開き量は同一内圧時点で大きくなる。したがって、加圧速度が小さい場合は、加圧速度が大きい場合の割裂圧より低い圧力でくさび作用発生に必要な目開きが得られ、割裂が生じるために係数 $\alpha$ の値は小さくなる。また、加圧速度が小さい場合は粘性が大きくとくさび中に入るのに時間的な余裕があるので、割裂圧に対する粘性の効果が小さくなり、サラダ油と軽油の $\alpha$ の値が同程度の値になったと考えられる。なお、水の場合に $\alpha$ の値がサラダ油、軽油より低くなる理由は、水は土に吸収され易いので孔壁が軟化し、強度が低下したためと考えられる。また、サラダ油よりも粘性の低い10%ベントナイト泥水の $\alpha$ の値が大きくなる理由としては泥水の造膜性によるクラック開口部の補修効果<sup>8)</sup>によるものと考えられる。

## 2) 造膜性の異なる泥水を用いた場合の加圧速度と割裂圧の関係

図-4は、造膜能力の異なる泥水を用いた場合の加圧速度 $\omega$ と係数 $\alpha$ の関係を示したものである。この図より、どの泥水を用いた場合も加圧速度の大きい範囲では加圧速度の減少にともない $\alpha$ の値も小さくなる。しかし、加圧速度が非常に小さくなると $\alpha$ の値は逆に増加の傾向を示すことが分

かる。また、造膜能力の大きいベントナイトを多く含む泥水を使用した場合ほど $\alpha$ の値は大きい値を示すことも分かる。有楽町粘土泥水は濃度が高いのでベントナイト10%泥水以上の造膜性があると思われる。加圧速度が十分に小さい場合に $\alpha$ の値が逆に増加の傾向を示す原因としては、加圧速度が小さくなるに従い加圧時間が長くなり泥膜が形成される状況になるので、クラック開口部の補修効果が大きくなるためと考えられる。

## 5. 現場における加圧状況を考慮した場合の割裂圧

シールド掘進の場合は実験によると、泥水圧によるクラックがカッタービット先端に当たる切羽隅角部に生じるが、シールド機が前進するので、その間、泥水圧がクラックに作用し続け、その目開きが変化する。しかし、スキンプレートがクラックに達した後はクラック内に泥水圧が作用せず、新たに切羽隅角部にクラックが発生する<sup>2)</sup>。つまり、スキンプレートが切羽隅角部に発生したクラックに達するまでの数分間にクラックの部分でくさび作用が発生しなければ割裂現象は生じない。一方、セグメント組立時のようにシールド機が停止する場合は、発生したクラックには1～2時間泥水圧が作用し続け、泥水圧が同一であってもクラックの目開き量が時間とともに大きくなり、くさび作用により割裂が発生する可能性が考えられる。つまり、シールド停止時にはシールド掘進時に割裂しない圧力でも割裂に発展する可能性がある。したがって、セグメント組立時およびシールド機を長時間停止させる場合は造膜能力の高い泥水を用い、さらに泥水圧を $\sigma_c$ 付近にしておくことが安全と考えられる。

## 6. 参考文献

- 1) 森麟・田村昌仁他：粘性土の割裂圧に及ぼす諸要因に関する実験的研究，土質工学会論文報告集，Vol131，NO. 1，pp222～229，Mar. 1991.
- 2) 森麟・森仁司他：軟弱粘性土海底部の泥水式シールド掘進を考慮した場合の割裂現象に関する実験的研究，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第3部門，pp134～135，1992.
- 3) 森麟・鈴木真他：シールド泥水の性状が粘性土地盤の割裂圧に及ぼす影響，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第3部門，pp130～131，1992.

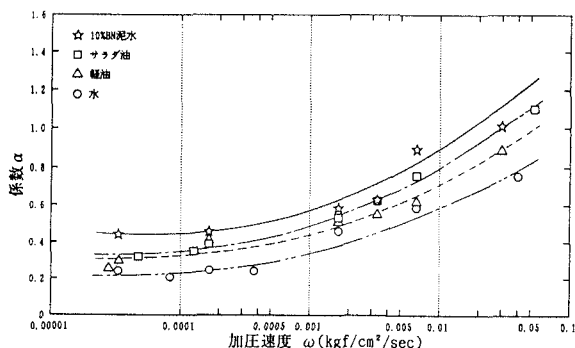


図-3 性状の異なる液体を用いた場合の $\omega$ と $\alpha$ の関係

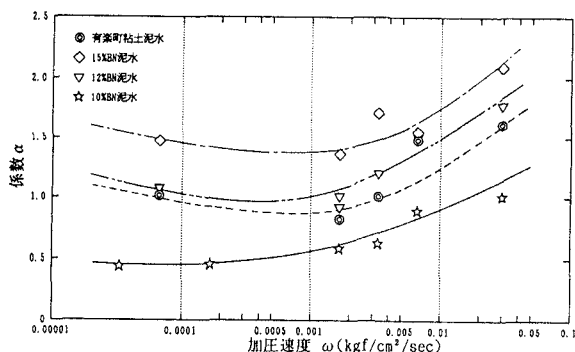


図-4 造膜能力の異なる泥水を用いた場合の $\omega$ と $\alpha$ の関係