

III-44

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

早稲田大学 正会員 森 麟
西松建設(株) 正会員 森 仁司
(株) 熊谷組 正会員 ○鈴木 真
早稲田大学 学生員 袁 大軍

1. はじめに

泥水式シールドの通常程度の泥水圧によって粘性土地盤に割裂発生の可能性が予想されるような場合、使用する泥水の性状によって割裂圧がどのように変化するかを知ることは、割裂による泥水ブロー防止上、大変重要と思われる。泥水の性状に変化を与えるものとしては、①泥水の濃度、粘性②泥水に使用する粘土の材料などがあるが、これらの要因の影響を明解するために別の粘性液としてCMC単味溶液、水ガラス溶液、水など泥水と性状の異なるものも取り上げ割裂圧に及ぼす液体性状の影響を比較検討することにした。また、泥水などは土表面に泥膜をつくる作用がある。この造膜能力の程度が割裂圧の大きさに影響することにも十分考えられる。この造膜能力は、泥水の性状の他に粘土の透水性の程度によってかなり異なると考えられるので、透水性の非常に小さい粘土と透水性のややある粘土の二種を使用して、造膜性が割裂圧に与える影響も調査した。

2. 実験に用いた泥水などの液体性状と粘性土地盤の透水性

実際の現場では、掘削土などの取り込みによりベントナイト泥水と泥膜性が異なる性状になるので木節粘土+CMC泥水も使用した。実験に用いた地山の配合及び透水係数を表-1に、液体の性状及び配合を表-2に示す。

表-1 供試体の種類

試料	配合 (gf)	軸圧縮強度 q_u (kgf/cm ²)	透水係数 k (cm/sec)
A	カオリン 4000 石膏 2000 ベントナイト 1000 水 4500	0.5~0.7	1.05×10^{-6}
B	カオリン 3000 石膏 2000 フィラー 2000 水 5000	0.3~0.5	2.5×10^{-5}

表-2 加圧液の配合及び粘性

配合(水重量比)	フロー値(sec)
10%ベントナイト泥水	9~9.5
13%ベントナイト泥水	10~10.5
15%ベントナイト泥水	11.5~12.5
17%ベントナイト泥水	15.5~17
20%ベントナイト泥水	40~50
0.3%CMC溶液	8.5~9
0.5%CMC溶液	9~9.5
0.7%CMC溶液	10~10.5
1.0%CMC溶液	12~13
2.0%CMC溶液	40~50
20%木節粘土+0.2%CMC溶液	8.5~9
20%木節粘土+0.4%CMC溶液	9~10
20%木節粘土+0.6%CMC溶液	10~11
20%木節粘土+0.8%CMC溶液	11~12
20%木節粘土+1.8%CMC溶液	40~50
水ガラス	16

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、円筒空洞部径1.5cmの供試体を作製した。円筒空洞部に泥水などの液体を満たして拘束圧及び円筒空洞部内圧を0.3kgf/cm²まで同時に作用させた。その後、内圧のみを徐々に増加させ割裂が発生するまで加圧し、そのときの圧力を計測した。

4. 泥水性状と割裂圧

図-3は試料Aを用いた場合の割裂圧測定値 P_t を使用液体のフロー値 F と筆者らの粘性土の割裂式¹⁾ $P_t = \sigma_3 + \alpha q_u \dots (1)$ の係数 α の関係で示したものである。この図で α の値が大きいという事は割裂圧 P_t も大きい事を示す。この図より、どの粘性液を用いた場合の α の値も水を使用した場合の α の値よりは大きいことがわかる。さらに、同程度の粘性にもかかわらず液体によって α の値が異なる。特に、ベントナイト泥水の α の増加量が木節泥水及びCMC溶

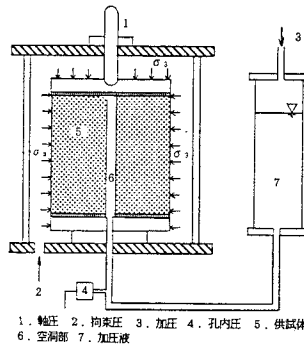


図-1 実験装置

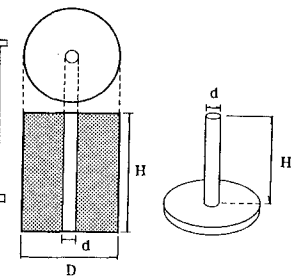


図-2 円筒空洞部の形状と底板の立ち上げパイプ

液の α の増加量よりも大きくなっているのは、ベントナイト泥水は造膜性に優れ、孔壁部に亀裂が発生したとしても亀裂を埋める補修効果がある為と考えられる。これは、実験後供試体の孔壁部周辺の観察でも確認できた。孔壁部に泥膜が形成されると、砂質地盤における場合と同様に泥膜が形成され、孔壁部周辺内部の間隙水圧の上昇による有効応力の低下を抑え²⁾、さらに泥膜を透してろ過水が亀裂中に浸入していたとしても圧力損失が大きく、亀裂中の液圧は孔内圧より小さくなる。従って、粘性土地盤の割裂の大きな要因と考えられているくさび効果¹⁾を抑える作用をする為と考えられる。なお、フロー値が20sec程度まではベントナイト泥水の α の値よりも木節泥水の α が大きい理由としては、泥水中に存在する全粒子の体積が大きい事により泥膜効果が上がった為と考えられる。

5. 地盤の透水性が割裂圧に及ぼす影響

図-4は、試料Bを用いた場合のフロー値Fと係数 α の関係を示したものである。この図より、どの液体を用いた場合もフロー値の小さい範囲で α の値が急激に増加し、それ以後ではほとんど変化していないことが分かる。また、加圧材に水ガラスを用いた場合の α の値は、同程度の粘性の液体を用いた場合の α の値よりも非常に小さい事が分かる。図-3、4を比較した場合、 α の増加にこのような違いが見られる理由としては、試料Bの透水係数が試料Aの透水係数の約25倍あるために、同じ造膜性を持った液体を使用したとしても試料Bの方が孔壁部に泥膜が形成されやすく、亀裂に対する補修効果が大きくなり、割裂圧が大きくなる為と思われる。特に、造膜性に非常に優れているベントナイト泥水を用いた場合の α は、孔壁を風船などで加圧した状態(極限空洞内圧)に近づくために極限空洞内圧理論より求めた $\alpha=2.8$ ¹⁾に近い値になっている。水ガラスを用いた場合の α の値が非常に小さいのは、水ガラスは液体中に粒子分を持たない溶液型であるので造膜性が無いためと考えられ、造膜状況が割裂圧にかなりの影響をもつことが、さらに立証された。

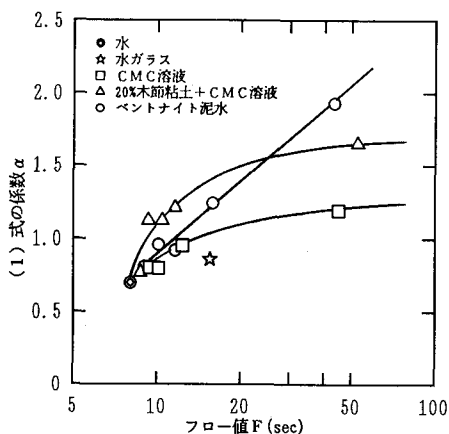


図-3 試料Aを用いた場合の α とFの関係

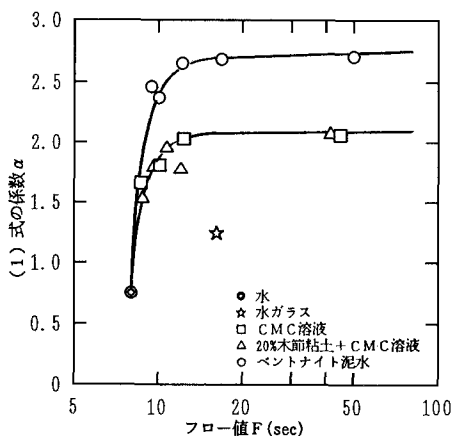


図-4 試料Bを用いた場合の α とFの関係

6. 粘性土の割裂圧に影響する重要な要因

筆者らの従来の研究¹⁾では、シールド泥水性状が粘性土の割裂圧に対する影響を粘性のみで評価してきた。しかし、やや透水性がある粘土の場合、粘性よりもシールド泥水の造膜性による亀裂補修効果などが割裂圧に大きな影響を与えることが分かった。また、この造膜性は、泥水性状だけでなく粘土の透水性などにも大きな影響を受けることも分かった。

参考文献

- 1) 森・田村他：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，vol. 31, NO. 1, pp. 222～229, 1991.
- 2) 栗原・森他：泥水式シールドのブロー現象に関する実験的研究，土木学会論文集，第397号／VI-9, pp. 95～104, 1988.