

III-47 粘性土地山の割裂圧に及ぼす応力状態 (σ_3/σ_1) の影響に関する研究

早稲田大学 正会員 森 麟
建設省建研 正会員 田村 昌仁
早稲田大学 学生会員○徐 知遠
(現熊谷組)

1. まえがき

シールドを粘性地盤に推進するとき、テールボイドに裏込め材を注入するときの注入圧力や泥水式シールドを使用するときには切羽泥水圧により粘性土地盤に割裂が発生する場合がある。これまでに発表した割裂圧は三軸装置による中空円筒形の粘性土の供試体を用いて実験を行ったため供試体外周面に作用する応力分布は等分布であった。しかし、実際地盤では鉛直応力 σ_1 と側方応力 σ_3 が存在し、このような状態での割裂圧は不明確であった。そこで本研究では立方体供試体を用いて軸圧 σ_1 と側圧 σ_3 を作用させることによって、地山の応力状態(σ_3/σ_1)の違いが割裂圧に及ぼす影響を注入材の粘性、径比、供試体の強度などを変えて調査し、さらに、割裂方向に関しても明らかにすることを目的としている。

2. 実験方法および試料

実験は図-1に示すような三軸装置に一边14cmの立方体で中央部に円孔をもつ供試体をセットし、所定の拘束圧を作用させる。このとき、円孔内壁に注入材の浸透による影響を防ぐため、シリコングリスを塗る。その後、注入材を満たす。また、拘束圧による円筒空洞部の破壊を防ぐため、拘束圧 σ_3 に等しい大きさの圧を円筒空洞部に同時に加える。拘束圧=円筒空洞部の内圧に注入圧を作用させた後、軸方向力載荷装置により、軸圧 σ_1 を作用させる。本実験では、応力比(σ_3/σ_1)を1,0.66,0.5の3種で軸圧を作用させた。その後、拘束圧は一定にしたまま円筒空洞部内圧のみを5秒で0.1kgf/cm²ずつ増加させて強制的に円筒空洞部に割裂を生じさせる。また、注入材は水とベントナイト10%泥水を用いた。表-1には使用した供試体の種類を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 応力比の違いによる割裂圧との比較

従来の円筒形供試体に等方外圧 σ_3 が作用する場合の割裂圧は径比 $R=(H/r)$ が10以上の場合の割裂圧 P_f は次式の形となる。

$$P_f = \sigma_3 + \alpha q u \cdots (1)$$

注入材が水の場合 $\alpha \approx 1.0$ であった。本実験で用いた立方供試体に等方外圧 σ_3 が作用するとき注入材が水の場合 $\alpha \approx 0.7 \sim 0.8$ と低下し、割裂圧が小さくなる。また、立方体形では孔壁付近の応力状態が異なることを示すものである。この立方供試体に外周面の作用応力を σ_3 と σ_1 とすると、 σ_1 の方向のクラウン部孔壁面の σ_θ は弾性論では $(3\sigma_3 - \sigma_1)$ となり等方圧の $2\sigma_3$ より小さくなる。割裂圧は孔壁面の σ_θ の大きさに関係があるので σ_1 が存在するときは(1)式の等方圧の式からみて、割裂圧は

$$P_f = (3\sigma_3 - \sigma_1)/2 + \alpha q u \cdots (2)$$

の形になるものと考えてみた。ただし、(2)式は σ_1 が大きくなると P_f が σ_3 以下になりうる。割裂圧は σ_3 以下にはならないと考えるので、(2)式の P_f が σ_3 未満になる場合は $P_f = \sigma_3$ とする。それぞれの径比(H/r)が10, 8, 4, 4, 2.8の供試体を用いて実験した場合の水による割裂圧は図-2、3、4のようになった。これらの図は、割裂圧と応力比の関係を示したものである。実験結果を考察すると、応力比(σ_3/σ_1)が小さくなるにしたが

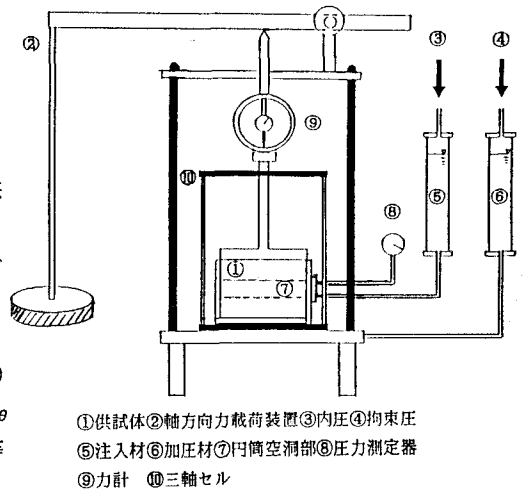


図-1 実験装置

って、割裂圧 P_f も小さくなる傾向がみられる。図-2は径比 $R > 1.0$ であるので $\alpha = 0.7$ としてプロットすると、実験値とほぼ一致している。応力比の違いによる影響はほぼ(2)式に近いことが明らかになった。また、図-3の $R = 4.4$ では $\alpha = 0.4$ 、図-4の $R = 2.8$ では $\alpha = 0.3$ となる。径比が小さくなるにしたがって、割裂圧も小さくなる。これは、従来の等方圧での場合の径比の影響とほぼ同じである。

3.2 注入材の粘性及び試料の強度の違いによる応力比との比較

図-5と図-6は、注入材に水とベントナイト10%泥水を用いた場合、また供試体の強度の違う場合について、応力比と割裂圧の関係を示したものである。応力比が小さくなくても、割裂圧は水よりも泥水の方が α としては0.3大きくになっている。これは、粘性の影響で(2)式の α が変わるのである。これらの図からみて、注入材の粘性、または、供試体の強度の違いは応力比の影響は殆ど関係がないと言える。

3.3 割裂方向について

割裂発生方向は図-7のように供試体の強度、径比、注入材の粘性の違いにかかわらず、応力比 (σ_3/σ_1) 0.66, 0.5の場合は σ_3 に直角な鉛直方向に割裂する。この傾向でわずかな応力差でも反応することが分かった。

4. まとめ

本実験は、正方体形の供試体を用いて地山の応力状態 (σ_3/σ_1) の違いが割裂圧に及ぼす影響を研究したものであり、主な結果は以下の通りである。

- 1) 応力比(1, 0.66, 0.5)に対する各割裂圧は、本実験で用いた(2)式にほぼ一致することが明らかになった。
- 2) 各割裂圧に影響する諸要因(供試体の径比、注入材の粘性など)は(2)式の α に影響するだけである。従って、応力比が1.0より小さい場合にも注入材の粘性や径比の違いが割裂圧へ与える影響は円筒形供試体による等方圧下の従来の研究とほぼ一致している。

表-1 供試体の種類

試料	配合(kg)	一軸圧縮強度 q_u (kgf/cm ²)	引張り強度 σ_t (kgf/cm ²)	弾性係数 E_s (kgf/cm ²)
A	カオリン2000 石膏550 七号砂2000 水2000	1.0~1.3	0.20~0.25	80~110
B	カオリン2000 石膏600 七号砂2000 水2000	1.5~1.8	0.30~0.35	130~180
C	カオリン2000 石膏700	2.0~2.6	0.42~0.47	200~270

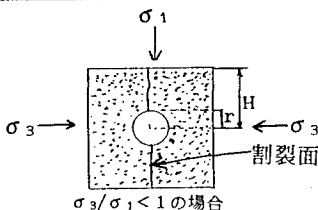


図-7 割裂発生方向

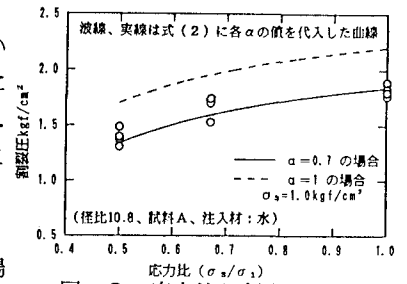


図-2 応力比と割裂圧の関係

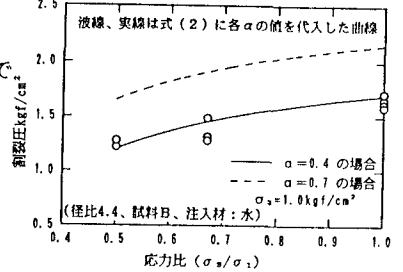


図-3 応力比と割裂圧の関係

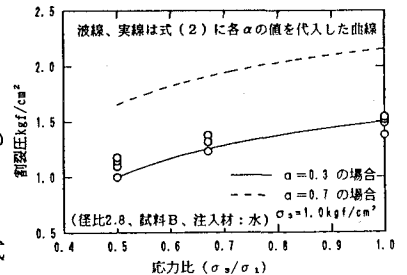


図-4 応力比と割裂圧の関係

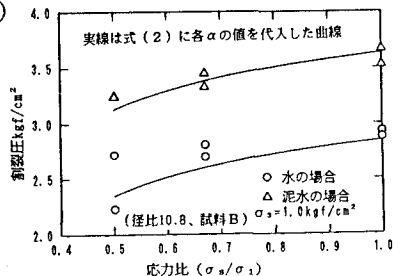


図-5 注入材と割裂圧の関係

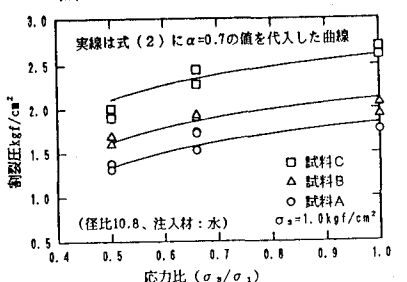


図-6 強度と割裂圧の関係