

早稲田大学理工学部 正員 森 麟
漢 陽 大 学 正員 千柄植
早稲田大学理工学部大学院 学生員 〇佐藤一朗
同 学生員 平野学

1. まえがき

薬液注入が、砂質地盤に行われる場合は、出来る限り、浸透注入形態で注入されることが望ましい。しかし実際には浸透注入とならずに、割裂注入になる場合が少なくない。適正な注入方法で行なえば浸透注入になりうる場合でも、注入方法が悪いと割裂注入になる。割裂するのには、注入圧が地盤の割裂抵抗圧以上になる為なので、地盤の割裂抵抗を知る事が割裂注入を防止し、浸透注入にしうる大きな決め手となる。本研究は、この割裂抵抗、すなわち、割裂注入圧についてまず実験しやすい固結土を用いて調査した第一段階の実験結果についてのものである。

2. 実験方法

供試体としては、木節粘土、ベントナイト及び石コウを混合固結させて粘土供試体と、豊浦標準砂を水ガラス系薬液で固結したものを使用した。特に豊浦砂供試体については、間隙水圧の割裂に与える影響を調べる為に、砂の詰め方（密詰の場合 $e \approx 0.6$ 、ゆる詰の場合 $e \approx 0.8$ ）、使用薬液（水ガラス濃度 20% と 35%）の違いにより 4 種類の供試体を作り実験した。実験装置は図 1 に示す三軸圧縮試験機を使用し、まず、上載圧 σ_v 、側圧 σ_h を載荷し、供試体中央にあけた孔内の水圧を徐々に上げた。そして確認しやすいように着色しておいた注入水が、供試体を割裂させて、表面に到達した瞬間の注入圧を、供試体の割裂圧とした。注入加圧速度は、木節粘土供試体の場合 $0.1 (\text{kg/cm}^2/\text{sec})$ 、豊浦砂供試体の場合は 2 種類の速度で注入し、急加圧が $0.3 (\text{kg/cm}^2/\text{sec})$ 、緩加圧が $0.05 (\text{kg/cm}^2/\text{min})$ とした。

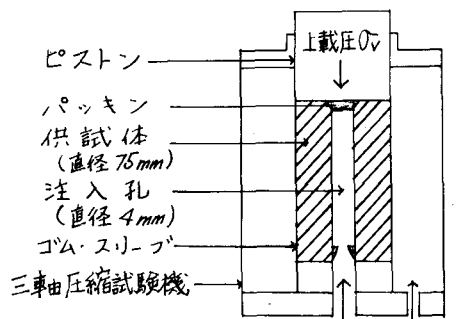


図 1 割裂実験図

注入圧 σ_i 側圧 σ_h

3. 実験結果について 割裂現象を扱う場合、その形状によって割裂を、縦割裂と水平割裂に分けて扱うことが一般的である。実験室等での割裂試験においては、供試体に与える上載圧 σ_v と側圧 σ_h とに、軸差を与えることにより、割裂の形状を変えることが可能である。

3.1 水平割裂の場合 図 2 に、 $\sigma_v > \sigma_h$ なる条件下で木節粘土供試体を水平割裂させた結果を示してある。本実験では、割裂面は殆んど供試体中央付近に発生したが、この水平割裂はくさび作用以外には発生し得ないものと考えられる。くさび作用による割裂とは、供試体内で、部分的あるいは不連続に注入水が浸透し、その部分に最も大きな水圧が働き、この水圧が最も主応力と供試体の有する引張強度の和より大きくなると時に起こるものと考えられる。本実験における水平割裂の場合は、図 3 に示すように、注入圧の増大に伴い、孔壁への注入水の不均等な浸透および、孔壁まわりの間隙水圧の不均一な分布などによるくさび作用が発生し、上方へ押し上げようとする水圧が働き、この水圧が上載圧 σ_v と、供試体の有する引張強度 σ_c を越えと時に水平割裂が起こることとなる。そして、もしこのくさび部分が存在しないような状態

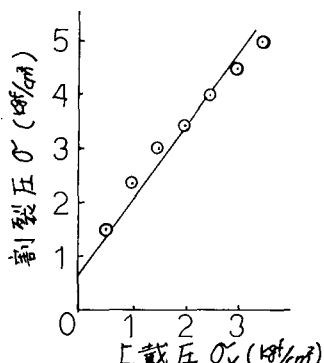


図 2 木節粘土供試体の水平割裂における $\sigma_v \sim \sigma_i$ の関係。

図3 水平割くさび図

tearing rate ϕ (1/min)	tearing pressure σ (kg/cm ²)
0.5	1.2
1.0	2.0
1.5	2.4
2.0	2.9
2.5	3.6

側圧 σ_H (kg/cm²)
 図5 本節粘土試体の縦割裂
 における $\sigma_H \sim \sigma_v$ の関係。

图4 緩割裂花

第3図の関係を示し、図8には、図6.7に示したタイプと同種で、小型の供試体を用い、拘束圧(チャンバー圧)のみを上げ時に生ずる、いわば u_0 に当る間隙水圧の測定値を示してある。第1製薬試験中に供試体内の間隙水圧を測定することは困難であるが、図6.7の結果には、

図6.7.8に —○— 20% Loose —△— 20% Dense

Figure 6.7.8 is a graph showing the relationship between the initial pressure σ_0 (kg/cm²) on the y-axis and the lateral pressure σ_M (kg/cm²) on the x-axis. The y-axis ranges from 0 to 6, and the x-axis ranges from 0 to 3. Three linear data series are plotted, all originating from the y-axis. The top series (marked with solid circles) has the steepest slope, followed by the middle series (marked with solid triangles), and the bottom series (marked with open circles) has the shallowest slope. The legend at the top right indicates: open circle for $\sigma_0 = 1.0$, solid circle for $\sigma_0 = 2.0$, and solid triangle for $\sigma_0 = 3.0$.

Lateral Pressure σ_M (kg/cm ²)	Initial Pressure $\sigma_0 = 1.0$ (kg/cm ²)	Initial Pressure $\sigma_0 = 2.0$ (kg/cm ²)	Initial Pressure $\sigma_0 = 3.0$ (kg/cm ²)
0	0	0	0
1	1.2	2.0	2.7
2	2.4	3.2	4.7
3	3.6	4.4	-

図6 急加圧注入による豊浦貯蔵試験体の $\sigma_H \sim \sigma$ の関係。

σ_H/σ_H	σ/σ_H (20% Dense)	σ/σ_H (35% Dense)
0	0.5	0.8
1	1.2	1.6
2	2.1	2.6
3	3.1	3.6

図7 無加圧注入による豊浦初供試体の σ_m - σ_c の関係

拘束圧 (kg/cm²)	間隙比 (%) - Curve 1 (○)	間隙比 (%) - Curve 2 (□)	間隙比 (%) - Curve 3 (△)	間隙比 (%) - Curve 4 (●)
0	0	0	0	0
1	0.9	0.7	0.5	0.4
2	1.8	1.4	0.8	0.7
3	2.6	2.1	1.0	0.9

図8 豊浦砂供試体の
拘束圧0%~間隙水圧40