

Ⅲ－B 289

飽和砂地盤の薬液注入における割裂現象の発生条件

早稲田大学 学生会員○野見山 真治

学生 堺 あずさ

早稲田大学 正会員 赤木 寛一

1. まえがき

砂地盤の薬液注入においても地盤の浸透性や注入圧や注入材料の粘性などの条件によっては、薬液が浸透せずに割裂現象が発生する場合がある(森他, 1987 年). 本研究では前年度に引き続いて(赤木他, 1997 年), 飽和砂にベントナイト泥水を注入した時の割裂現象の 2 次元模型実験を行い, 拘束圧や砂地盤の透水性や薬液の粘性を変え, 特に供試体の密度が割裂発生条件に及ぼす影響について調査した.

2. 実験概要

実験土槽は高さ 300(mm), 横 300(mm), 奥行き 100(mm)の直方体で, 前面は透明なアクリル板とし, 割裂の発生が直接観察できる. 底部の排水口を水槽につないで, 試料を飽和させた.

土槽には図 2.1 のように土圧計が 5 箇所(No.1~No.5), 水圧計が 5 箇所(No.6~No.10)取り付けられている.

実験は表 2.1, 2.2 に示してある透水係数の異なる 2 種類の試料と粘性の異なる 2 種類のベントナイト泥水を用いて行った. また実験の際, 締め固め方法を変えて密度の異なる 2 種類の供試体を作成した.

実験方法は, 試料を飽和させ, 上面と側面から拘束圧をかけた. その後にベントナイト泥水の注入タンクの圧力を

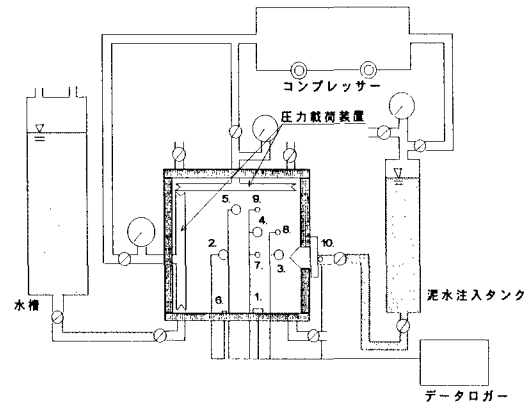


図 2.1. 2 次元割裂模型実験装置

1 分間に $0.2(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ ずつ上げて, その時の各測点の圧力変化及び泥水注入タンクの水位の変化による注入量を測定すると共に割裂発生状況を記録するためにビデオ撮影を行った. 表 2.3 は実施した 72 ケースの実験条件と割裂発生圧をとりまとめたものである. なお, ここでの割裂発生圧とは実験装置の透明アクリル板で割裂発生が認められた時あるいは泥水注入量が大幅に増加した時の注入圧(No.10)の値であり, 割裂が確認されない場合は空欄にしている.

表 2.1. 供試体試料の透水係数

試料	透水係数 (cm/sec)
ケイ砂7号	7.73×10^{-3}
ケイ砂8号	1.83×10^{-3}

表 2.2. ベントナイト泥水の粘性試験結果

比重	ファンネル粘度 (sec)	見かけ粘度 (cp)
1.05	26.45	26.5
1.1	280.5	15150

表 2.3. 各実験条件における割裂の有無及び割裂発生圧

ベントナイト泥水			比重1.05			比重1.10			
供試体		拘束圧 (kgf/cm ²)	上面圧(kgf/cm ²)						
試料	密度(g/cm ³)		1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	3.0	
7号砂	1.413	側面圧 (kgf/cm ²)	1.0	2.161	1.933	2.790	2.748	4.639	4.831
			2.0	2.582	4.016	3.585	3.772	4.722	3.818
			3.0	2.348	4.592	4.436	3.979	4.005	4.878
	1.708		1.0	2.520	2.618	3.169	2.816	3.642	3.195
			2.0	2.587	3.444	3.657	3.023	4.478	4.483
			3.0	2.572	3.455	4.464	3.616	4.494	5.252
8号砂	1.435		1.0	1.896	2.307	1.740	1.512	1.579	—
			2.0	1.481	2.764	1.912	1.008	1.907	—
			3.0	2.520	1.891	3.517	1.709	1.678	—
	1.708		1.0	1.127	1.990	2.764	—	—	—
			2.0	2.135	2.868	2.712	—	—	—
			3.0	2.348	2.603	2.197	—	—	—

Key words : 注入, 砂, 間隙圧力, 破壊

〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部

Tel 03-5286-3405

Fax 03-5272-0695

3.飽和砂の割裂発生条件

図 3.1 は観測された割裂発生脈の発生状況の一例である。三角形頂点の注入口からやや上方に割裂脈が延びている。実験終了後に土槽を解体して、奥行き方向にも板状に割裂脈が発生していることを確認した。

図 3.2.1 及び図 3.2.2 は図 3.1 の実験結果における各測点の圧力変化状況と注入量変化状況を示したものである。No.6～No.9 の水圧計はほとんど変化はなかったが、注入口下部の No.1 にかかっていた土圧は割裂発生に伴って、初期値よりも減少した。これは割裂が斜め上方に起こるため、バントナイト泥水が砂を押し上げ、No.1 の土圧計にかかっていた圧力が減少するからだろうと思われる。

図 3.3 は供試体の密度を変化させた場合の、試料の拘束圧に相当する最小主応力と割裂発生圧の関係の一例である。7 号砂に比重 1.05 の泥水を注入した場合の高密度(1.708g/cm³)と低密度(1.413g/cm³)の供試体の結果を比較すると、かなりばらつきがあるが、最小主応力である拘束圧が大きくなるほど割裂発生圧が大きくなっている。しかし、割裂発生圧は高密度の供試体が必ずしも大きな結果とはなっていない。これは透水性と密度の相関性を無視したためであり、実際、高密度の供試体の透水性は小さいので、割裂発生圧が小さくなる場合がある。

以下に表す式は森ら(1987)による注入加圧速度、注入材量の粘性、砂の透水性、及び密度などの影響を念頭に置いて提案された割裂発生圧の予測式である。

$$P_i = m \cdot \sigma_3' + \sigma_t + R \quad (3.1)$$

ここで、 P_i :割裂発生圧、 m :定数、 σ_3' :有効拘束圧、 σ_t :引張り強度($=0$)、 R :亀裂進展抵抗とする。
今回、得られた実験結果を用いて、式(3.1)中の定数 m 、 R の値の範囲を求めた。その結果 7 号砂については m 、 R の値は $1 < m < 2$ 、 $R > 1$ の範囲にあり、森らが示した結果とほぼ一致している。しかしながら、薬液注入における砂地盤の割裂現象は応力や変形の境界条件の影響を受けることは明らかである。したがって、式(3.1)の妥当性についても、境界条件の違いを考慮した上で検討する必要がある。



図 3.1 割裂進行状況(7 号砂, 比重 1.05, 密度 1.708g/cm³)

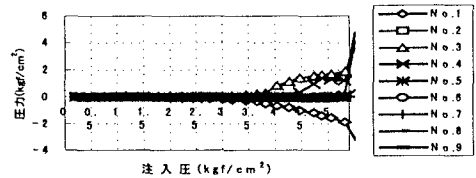


図 3.2.1 注入圧に対する各圧力の変化

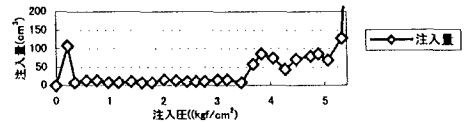


図 3.2.2 注入圧に対する注入量の変化

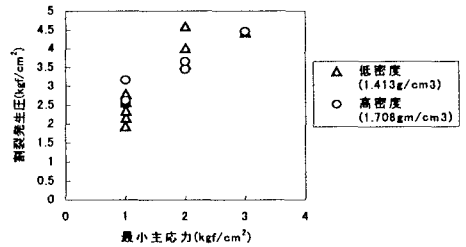


図 3.3 密度の違いによる割裂発生圧の分布 (7 号砂, 比重 1.05)

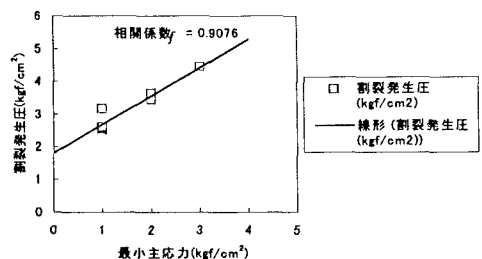


図 3.4 割裂発生圧と最小有効応力の関係 (7 号砂, 比重 1.05, 密度 1.708)

4. 参考文献

- 森, 田村, 千: 砂質土盤における割裂発生機構, 土木学会論文集 388 号 III-8, PP61~70, 1987 年
赤木, 山田, 田中: 砂地盤の薬液注入における割裂発生条件について, 第 32 回地盤工学研究発表会, 地盤工学会, 1997 年