

III-206

懸濁液型注入薬液の注入圧と注入状況

早稲田大学 正会員 森 麟
建設省建築研究所 ○正会員 田村昌仁
早稲田大学 学生会員 出光 恵

1. まえがき

懸濁液型薬液は、高強度・高耐久性が期待できるので大深度を対称として有望と考えられるが、透水性の大きい砂地盤を除けば懸濁粒子の目詰まりのため、浸透注入が困難で割裂注入になりやすい。そして、この薬液の浸透限界はグラウタビリティーGR（土の15%粒径に対する懸濁粒子の85%粒径の比）の大きさに論じられる場合が多い。しかし、グラウタビリティーと注入圧、注入状況の関係については、不明な点が多く、浸透が困難な場合に注入圧の大きさがどの程度になるのか明らかでない。本報告は、懸濁液型薬液による注入圧と注入状況の関係をグラウタビリティーに注目して実験的に調査研究したものである。

2. 実験方法及び試料

図-1には、三軸注入装置の概要を示す¹⁾。供試体の直径は45cm程度であり、供試体の外周にドレーン材を設けて拘束圧を加えたまま、注入量に等しい間隙水を排水できる仕組みになっている。注入速度はすべて約10（ $\text{cm}^3/\text{分}$ ）とした。表-1、図-2には、試料土の種類及び粒度分布曲線を示す。注入材は、普通セメントと超微粒子セメントの2種類とし、表-2には85%粒径及びブレン比表面積を示す。なお、注入実験に先立ち、2種類の注入材（水セメント比 800%）の浸透限界グラウタビリティーGRC（土の15%粒径に対する懸濁粒子の85%粒径の比）を一次元の浸透実験²⁾により求めており、両者ともGRCは約13であった。

3. 実験結果

図-3、図-4には、注入材a（普通セメント）を用いた場合の注入圧と注入時間の関係を示す。試料土は、それぞれケイ砂3号（試料A）及びケイ砂5号（試料B）であり、GRは38及び11である。図中には、注入材として懸濁液のかわりに水を使用した場合の注入圧の値も同時に示す。この注入材の浸透限界GRCは13なので、GRがこれより大きい図-3においては浸透注入、GRがGRCより小さい図-4では割裂注入が予想され、供試体を取り出して調べた注入状況とも一致した。注入圧については、浸透注入となった図-3では注入材の注入圧の大きさは水による注入圧の約3倍で、これは注入材と水との粘性の比（約3倍）にほぼ等しい。割裂注入となった図-4では、注入材による注入圧の最大値が水の注入圧に比較して著しく大きくなっている。

図-5、図-6には、粒径が注入材aよりかなり小さい注入材b（超微粒子セメント）を使用した結果を示している。試料土は、それぞれケイ砂5号（試料B）及びケイ砂7号（試料C）とケイ砂5号との混合土であり、GRは53及び15である。注入状況は、GRがGRCよりかなり大きい図-5で浸透注入であった。GRとGRCの関係からみると、図-6でも浸透注入が予測されるが、実際の注入ではやや割裂的な注入となった。粒径の大きい注入材aでは、GR=16の場合は図-3のGR=38の場合と同様浸透注入であったが、超微粒子セメントのように粒径の小さい注入材bの場合には、GRがGRCより大きく目詰まりによる割裂が生じない場合でも割裂しやすいことがわかった。この理由としては、超微粒子注入材では浸透限界付近に当たる地盤での透水性が小さいため、浸

表-1 試料土の種類

種類	間隙比	透水係数 k (cm/s)
試料A	1.09	1.1×10^4
試料B	0.88	6.2×10^4
試料C	0.95	5.3×10^4

表-2 注入材の種類

種類	85%粒径 (μm)	ブレン比表面積 (cm^2/g)
注入材a	29.8	3200
注入材b	7.3	9300

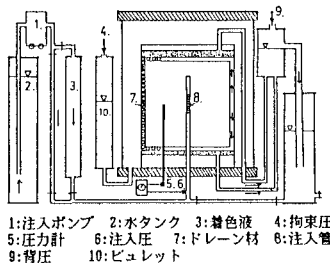


図-1 三軸注入装置（供試体直径450mm）

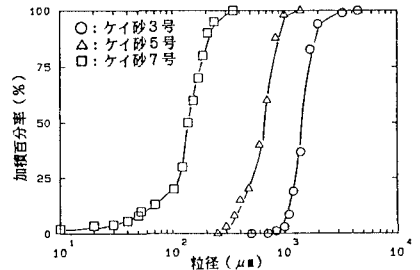


図-2 試料土の粒度分布曲線

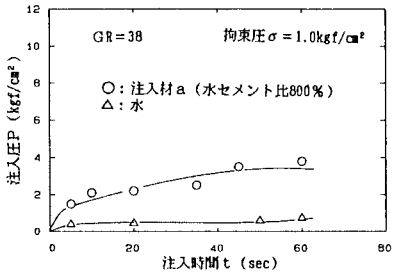


図-3 注入材aによる注入圧と注入時間

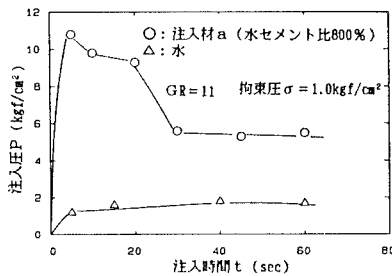


図-4 注入材aによる注入圧と注入時間

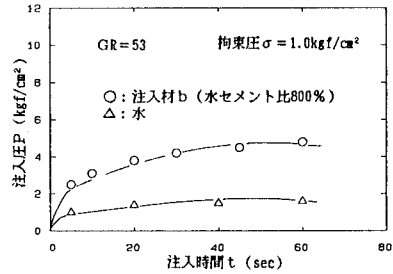


図-5 注入材bによる注入圧と注入時間

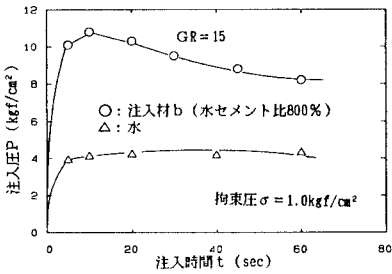


図-6 注入材bによる注入圧と注入時間

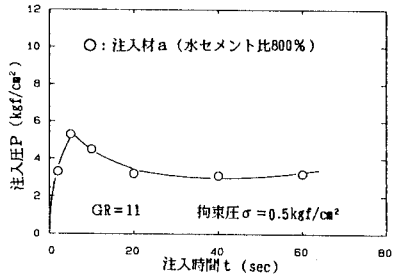


図-7 注入材aによる注入圧と注入時間

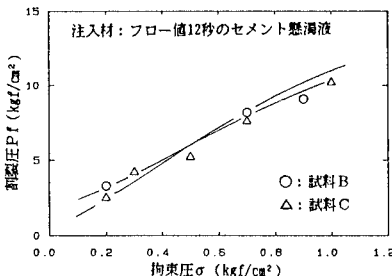


図-9 試験土の割裂圧

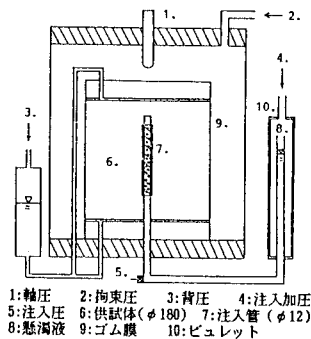


図-8 割裂試験装置

メントでは浸透限界GRCを境にして注入形態が急激に変化し、GRがGRCより大きい場合には浸透注入、小さい場合には幅数cmの極めて細い割裂脈が形成されることがわかった。一方超微粒子注入材の場合には注入状況はGRCを境に急激に変化せず、GRがGRCより大きい場合でも割裂的な注入となるものや、GRがGRCより小さくとも浸透的な注入になる場合もあった。

注入状況に大きく係わっている割裂現象に関して、筆者らは既に砂質地盤における割裂圧の大きさを明らかにしており、この割裂圧の大きさと今回の実験における注入圧の関係を比較することにした。図-8には、割裂試験装置の概要を示す³⁾。この装置による割裂圧とは、所定の拘束圧において中空円筒状の供試体の内圧を徐々に増加させた場合に注入材が供試体内に急激に貫入する際の注入圧である。図-9には、この装置を用いて求めた割裂圧の大きさを示す。

割裂圧の大きさは、同一の拘束圧のもとでは図-4、図-6、図-7に示した最大注入圧と一致している。したがって、懸濁液型注入材を使用した場合で割裂注入となる際の最大注入圧は割裂圧と一致することがわかった。

参考文献

- 1) 森崎ほか, "ゲル化時間の長い緩結性薬液の注入形態とその支配条件", 土木学会論文集, No.388, 1987
- 2) 森崎ほか, "超微粒子セメント注入材の浸透限界に関する実験的研究", 第25回土質工学研究発表会, 1990
- 3) 栗原和夫ほか, "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, No.397, 1988

透するための注入圧が地盤の割裂圧より大きくなって割裂が生じることが考えられる。したがって、超微粒子注入材の注入状況を考えるうえでは、グラウタビリティはもちろん高い注入圧による割裂の可能性に注意すべきであろう。

以上は拘束圧が全て1 kgf/cm²の場合であったが、注入状況は拘束圧にも左右されるので拘束圧を0.5 kgf/cm²とした際の注入圧と注入時間の関係を図-7に示す。注入材は注入材aであり、GRは図-4と同様11とした。注入圧は、図-4と同様に注入直後に急激に増加しており、注入状況は割裂注入であった。注入圧の最大値は、拘束圧が1 kgf/cm²の場合のほぼ半分であり、最大値の大きさは拘束圧に依存していることがわかる。

このような一連の注入実験から注入状況とGRの関係をみると、粒径の大きい普通セ