

III-352 不均一地盤における薬液注入が作用土圧に与える影響

早稲田大学 正会員 森 麟，大木建設
建設省 正会員 田村昌仁，早稲田大学 学生員 ○佐藤洋一

江本祐橘

◎ まえがき

薬液注入における注入管理では周辺土中構造物への土圧変化影響を考慮しなければならない。均一地盤における土中土圧の発生条件は既にほぼ明らかにしている。¹⁾ 本研究では不均一地盤においてどのような土圧増加の発生条件を実験土槽を用いて調査してみた。

◎ 実験方法

使用した試料、不均一タイプを表1, 2に示す。使用した薬液は、主に瞬結性薬液（ゲル化時間5～10秒）と緩結性薬液（ゲル化時間20～30分）である。注入実験装置の概要は、文献1）に示す。実験方法はまず試料を鋼性孔あき内円筒の中に自由落下させ、図1に示すような不均一層を造り土圧計を設置し水締めする。土圧計は今回、土層境界に図1のように設置している。そしてアクリル製外円筒に水を満たし試料を飽和させ、ゴム風船により試料に上載圧1.0[kgf/cm²]を与え、どの場合も薬液を注入速度5.0[L/min]、注入時間10分としたときの注入圧と土圧変化を測定する。なお測定法の詳細は、文献1）に示す。

◎ 結果及び考察

（1）砂層だけからなる不均一地盤の場合 今回、実験に使用した不均一砂層は3号砂、5号砂、7号砂の3種類から構成されている。この様な砂の均一層の場合、緩結性薬液を注入すると薬液は浸透した。そして、浸透が可能な砂層から出来ている不均一砂層地盤においても境界部には土圧変化は殆どなかった。このことは緩結性薬液を注入した場合に浸透可能な砂層（透水係数が $10^{-3} \sim 10^{-2}$ cm/secオーダー）から成る不均一地盤では境界部においても土圧変化がないことを意味する。

次に、不均一砂層地盤で瞬結性薬液を使用する場合の土圧変化と注入管距離の関係を図-2に示す。図-2からもわかるように注入管近傍で境界部に割裂注入するため土圧変化は比較的大きなものとなる。そこでは土圧増加値が、上載圧（=1[kgf/cm²]）程度にまで増加している。また遠方においても土圧変化が微小ながらみられた。このことは、瞬結性薬液が緩結性薬液より不均一砂層地盤へ境界注入を起こしやすいことに関係していると考えられる。つまり図-2のように5号砂、7号砂のような透水係数が $10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/secオーダーの砂からなる地盤においては境界注入が遠くまで発生しているため土圧変化は微小ながら見られる。また図-3のように7号砂、3号砂からなる地盤においては注入管近傍で境界注入になりやすいが、遠方に行くにしたがって3号砂のような透水係数 10^{-3} cm/secオーダーの砂の影響を受けて浸透注入になるため境界部の土圧変化はなくなる。

そして、3号砂、5号砂、7号砂から成る不均一砂層地盤に限って言えば、瞬結性薬液を注入する場合注入範囲外へ薬液が逸走するわけではない。よって遠方の周辺地盤に与える影響は殆どないと考えられる。

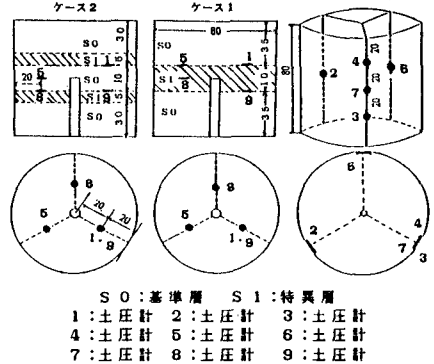


図. 1 不均一層の断面及び土圧計の設置箇所

表1 砂試料

試料	摘要	透水係数k (cm/sec)	摩擦角φ (°)
A	市販ケイ砂3号	1.1×10^{-2}	34.7
B	市販ケイ砂5号	6.2×10^{-2}	36.0
C	市販ケイ砂7号	6.3×10^{-3}	38.1
D	C:木砂=5:5	$<10^{-5}$	15.0

試料Dは試料Cと本節粘土を5:5の重量比で混合したものである。

表. 2 不均一層タイプ

不均一層タイプ	成層状態	基準層	特異層
図2	ケース2	5号砂	7号砂
図3	ケース1	3号砂	7号砂
図4, 5	ケース2	7号砂	5:5
図6	ケース2	3号砂	5:5
図7, 8	ケース1	7号砂	5:5

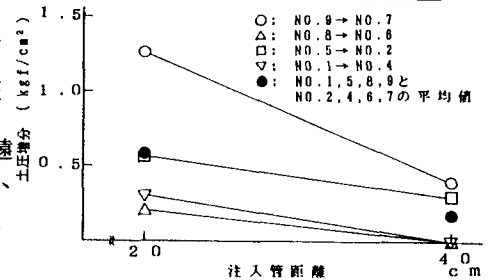


図. 2 瞬結性薬液による土圧変化と注入管距離の関係（土層は、5号+7号+5号）

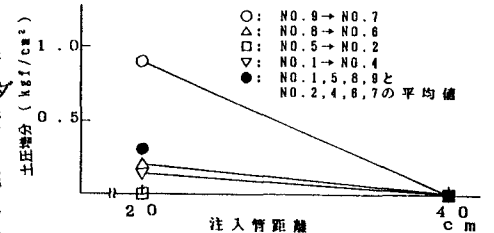


図. 3 瞬結性薬液による土圧変化と注入管距離の関係（土層は、3号+7号+3号）

（２）粘土層のある不均一地盤の場合 不均一砂層地盤においては、緩結性薬液を注入しても境界部に土圧変化はみられず、瞬結性薬液を注入する場合に限り、注入管近傍で境界注入が起こりその境界部に土圧変化が見られた。透水係数が砂層よりもはるかに小さい粘土層のある場合、不均一砂層地盤の場合とは異なり緩結性及び瞬結性薬液のどの薬液を用いても粘土層と砂層の間に土圧変化が見られた。

図-４には、注入ポイントが砂層にある場合で緩結性薬液を用いた注入に対する土圧変化を示す。土層の種類は（7号+5:5+7号+5:5+7号）であり、注入ポイントは7号砂中にある。図-４からもわかるように緩結性薬液を用いても注入管の近くでは土圧変化が見られる。しかし遠方においては見られなかった。このことは注入管近傍では砂層中に浸透するより境界部に注入されたことを意味し、注入管から離れるにしたがって砂層中に浸透注入したためと考えられる。そして図-５からもわかるように瞬結性薬液を注入した場合、土圧変化は緩結性薬液の場合よりやや大きくなった。ただし粘土層が存在する地盤で瞬結性薬液を用いる場合が、必ずしも緩結性薬液より土圧変化が大きくなるというわけではない。それは土層の差異に大きな影響を受ける。たとえば、注入ポイントの砂層が3号砂の場合の土圧変化と注入管距離の関係を図-６に示す。図-６からもわかるように、瞬結性薬液を注入してもし砂層に薬液が浸透して行くため境界注入があまり起こらず境界部の土圧変化が小さなものになっている。よって、注入ポイントが砂層にある場合の土圧変化はその砂層の透水係数に大きく依存していると考えられる。

図-７、８は注入ポイントが粘土層にある地盤に緩結性及び瞬結性薬液を用いた時の土圧変化と注入管距離の関係を示す。図-７、図-８からもわかるようにどの薬液を用いてもほとんどの薬液が粘土層を割り境界部に逸走するために境界部の土圧変化は全般的に大きなものとなった。また、どの薬液を用いても遠方の土圧変化は比較的大きく維持された。その原因は、地盤が7号砂層と5:5粘土層からなっているため遠方まで境界注入が可能となったからである。そして、図-７からもわかるように瞬結性薬液を使用した場合、注入管近傍では土圧増分が、上載圧（ $=1 \text{ kgf/cm}^2$ ）よりもかなり大きくなっているものもある。

◎ まとめ

不均一砂層地盤（砂層の透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-8} \text{ cm/sec}$ オーダー）に薬液注入する場合は、瞬結性薬液を用いる場合に限り土層境界部に土圧変化がみられる。ただし、注入範囲外での土圧変化の影響は殆どないと言える。

また、粘性土層のある不均一地盤においては瞬結性及び緩結性薬液で境界部に土圧変化がみられた。特に土圧変化が大きくなるのは注入ポイントに粘性土層が存在するときである。そのときは注入範囲外での土圧変化の影響も考慮しなければならない。

参考文献 1) 森, 原口: 薬液注入における注入圧の土圧増加に与える影響, 土木学会第43回年次学術講演集

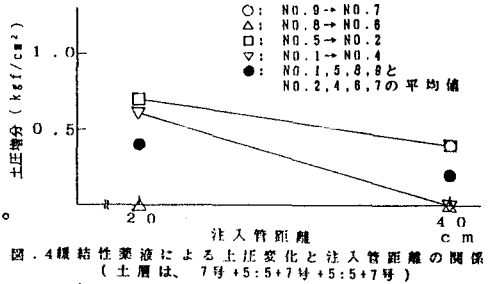


図-4 緩結性薬液による土圧変化と注入管距離の関係（土層は、7号+5:5+7号+5:5+7号）

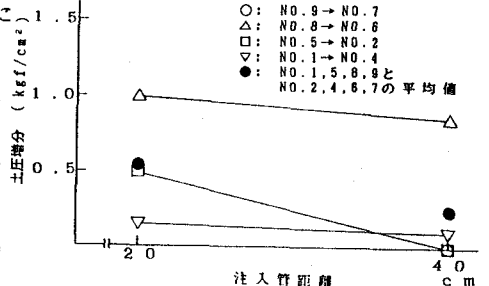


図-5 瞬結性薬液による土圧変化と注入管距離の関係（土層は、7号+5:5+7号+5:5+7号）

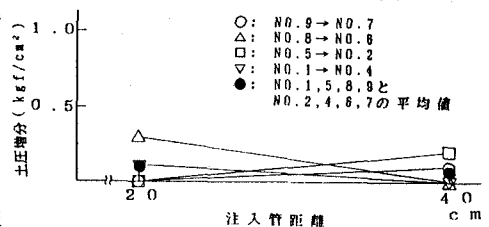


図-6 瞬結性薬液による土圧変化と注入管距離の関係（土層は、3号+5:5+3号+5:5+3号）

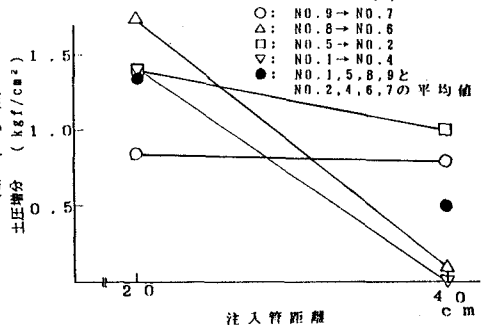


図-7 緩結性薬液による土圧変化と注入管距離の関係（土層は、7号+5:5+7号）

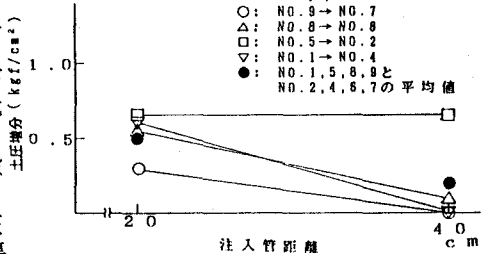


図-8 瞬結性薬液による土圧変化と注入管距離の関係（土層は、7号+5:5+7号）