

早稲田大学理工学部土木工学科 正員 森 麟

同 上 同 〇 赤 木 寛 一

同 大 学 院 学 生 員 金 沢 悟

1. まえがき

軟弱粘性土地盤のシールド工事でテールボイドに対して裏込注入する場合、注入量がテールボイド量の100%をこえると地盤は隆起する。その後、時間の経過と共に土の乱れによる圧密が進行して沈下が続いて最終沈下量に到達する状況は別報¹⁾で示したとおりである。裏込注入の目的として地盤変状による地上構造物や地下埋設物などの被害を防止することに限定すると、裏込注入により地盤の最終沈下量を小さくだけ小さくすることが必要であるが、あわせて注入による地盤の隆起量も問題になる。したがって、最適裏込注入量としては最終沈下量と隆起量の両者から決することになる。

ここでは、典型的軟弱粘性土地盤のシールド工事で裏込注入した場合の地盤変形の解析例をもとに、上記のような裏込注入の最適量が注入時期の遅れによってどのように変わるか、また地盤の土質によって裏込注入時期と最適注入量の関係にどのような相違があるかという点について定量的に調査したものである。

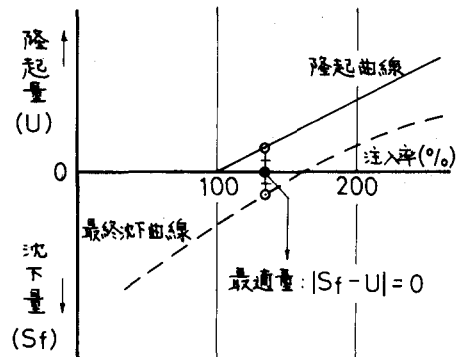
2. 最適裏込注入量の考え方について

地盤の最終沈下量と注入による隆起量の双方から決する最適裏込注入量は、両者それぞれが地上、地下構造物に与える加害度のウェイトをどう考えるかによって異なってくる。たとえば、隆起量のウェイトをゼロとする場合には、隆起量の大小とは無関係に最終沈下量がゼロまたは最小値になるような注入量が最適量となる。しかしながら、両者のウェイト比を1:1と考えると最適注入量は注入量と隆起量及び最終沈下量の関係曲線の形によって異なり、図1(a)、(b)のように決められる。

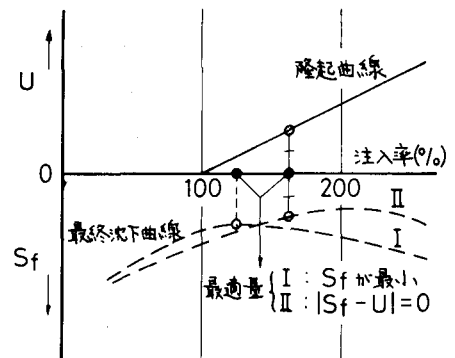
図1(a)はトンネル中心線上地表面の最終沈下量と注入量の関係曲線がピークをもたない場合であり、このような時には最終沈下量と隆起量が等しくなるような注入量が最適量となる。

図1(b)は最終沈下曲線がピークをもつ場合で、乱れによる圧密収縮が大きく発生しやすい地盤ではこのようになる。最終沈下量が最小となる注入量が100%程度の場合(I)にはこれが最適量であり、200%以上の注入量で沈下量が最小となる場合(II)にはその時の隆起量が過大になるために最終沈下量と隆起量が同等となるような注入量が最適量になる。

また、隆起量と最終沈下量のウェイト比が1:2、すなわち隆起量の2cmは最終沈下量の1cmと同じ加害度があると考えられる場合には、前記の1:1の場合の隆起曲線と隆起量を1/2にした値で曲線を描き、その隆起曲線と最終沈下曲線とから図1と同様にして最適量が求められる。その他のウェイト比の場合も同じような考え方で最適量を求めることができる。



(a) 最終沈下曲線がピークをもたない場合



(b) 最終沈下曲線がピークをもつ場合

図1 最適注入量の決め方(ウェイト比1:1の場合)

3. 表込注入時期と最適注入量の関係

表込めの最適注入量は前述のように、最終沈下量及び注入時の地盤の隆起量が地上、地下構造物に与える加害度のウェイトをどう考えるかによって異なるが、表込注入時期の遅れまた地盤の土質によっても変化する。ここでは、表込注入により発生する隆起量と最終沈下量の加害度のウェイト比を隆起量：最終沈下量 = 0 : 1, 1 : 2, 1 : 1 の3ケースにした場合について最適表込注入量を求めた。

図2(a),(b),(c)は、乱れによる圧密収縮の発生し易さの度合いが異なる4種類のタイプの土について表込注入時期（応力解放度またはテールボイド縮小率）と最適注入量の関係を示す種類のウェイト比別に示したものである。これらの図より、どのウェイト比の場合もタイプIVの土を除いて、注入時期が遅れるほどまた乱れによる圧密収縮が発生し易い土質地盤ほど最適注入量が大きくなり、その値は100%を大分上回ることがわかる。しかし、タイプIVの土では注入時期によらずほぼ100%の注入量が最適量となる。これは100%以上の注入量では土の乱れが大きくなり逆に最終沈下量が増加するためである。（図1(b)のEの最終沈下曲線に相当する。）また、沈下による加害度のウェイトを大きくしたほど最適注入量は大きくなっている。

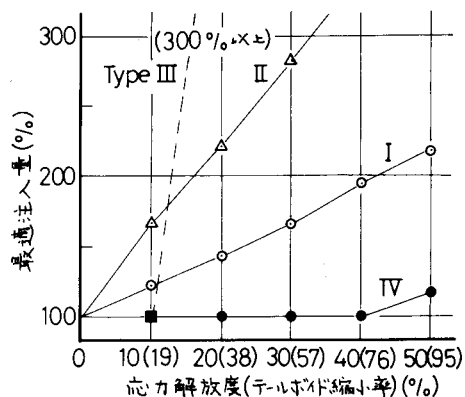
図2の中の応力解放度またはテールボイド縮小率がゼロという状態は理想的な同時注入が行われた場合に相当し、この時の最適注入量はどのウェイト比あるいはどのタイプの土であっても100%であり、地盤に即時沈下も乱れによる圧密沈下も生じないので地盤変形量はゼロということになる。実際の現場でも同時注入がほぼ理想的に行われてテールボイドの縮小が全然ないと思われる場合があるが、量的には縮小しきつとも形状がいつ化したりして乱れを生じたり、またこの解析調査では全く触れなかったが切羽掘削にもとづく三次元的な土の動きに伴う乱れによる圧密も生じうる。したがって、最適注入量を考える時には、この切羽掘削時の土の乱れによる圧密も加算されるので、この状況を表込注入時期を実際よりさらに遅らせた状態と等価なものと考えて取扱う方が現実への即応性が高いと思われる。

4. むすび

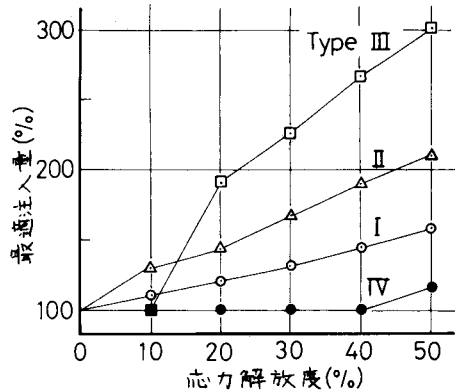
本解析調査で得られた結果は理想化された条件下のものであり、その妥当性については実際の現場での検証を必要とするが、現場の条件は複雑で表込注入のみによる地盤変動状況を正確につかみかつ土質の影響までを定量的に把握することは容易ではない。したがって、このような解析手法で表込注入による地盤挙動を検討することは有効であり、ここで得られた知見は十分役立つ基礎資料になりうるものとする。本研究の実施に当たり、東京電力(株)の御援助を得たことと付記し謝意を表する。

(参考文献)

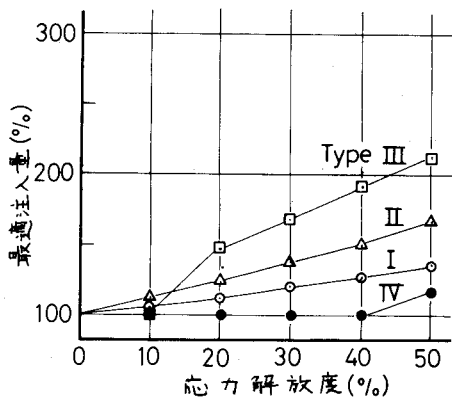
1) 森・赤木・金沢：軟弱粘性土地盤のシールド工事における表込注入量と沈下防止効果の関係，第39回土木学会年次学術講演会，1984



(a) ウェイト比，隆起：沈下 = 0 : 1 の場合



(b) ウェイト比，隆起：沈下 = 1 : 2 の場合



(c) ウェイト比，隆起：沈下 = 1 : 1 の場合

図2 表込注入時期と最適注入量の関係