

Ⅲ-B210

グラウティングの有限要素法解析

千葉工業大学・ケンブリッジ大学* 正会員 小宮 一仁
ケンブリッジ大学 正会員 曾我 健一

1. まえがき

薬液注入工事におけるいわゆる薬液の入り方は、地盤や薬液の材料特性および注入状況の境界条件等によって決まると考えられる。特に、透水性が低い粘性土地盤の場合は、初め薬液が注入孔付近の地盤を押し広げるようなキャビティーエクспанション（Cavity expansion）が発生し、続いて地盤に破壊が生じて地盤内に薬液の割裂脈が進行する。図1⁽¹⁾に一例を示すように、このような薬液の入り方は現在までに数多くの研究で確認されている。しかしながら、薬液注入地盤改良の設計や薬液注入効果の判定に繋がるような、薬液の入り方の合理的な評価手段がないのが現状である。本報告では、土～水連成弾塑性有限要素法を用いたグラウティングの解析法の一案を示して室内注入実験のシミュレーションを行った。

2. 解析の概要

図2は、有限要素法によるグラウティングのモデル化法の概略を示したものである。グラウティングのモデル化は、注入孔に隣接する位置に配置したグラウティング要素の全ての節点に、要素を等方的に押し広げる方向の節点力を作用させてることによって行った。注入中はグラウティング要素の剛性を充分に小さくすることでグラウティング要素の変形を自由にした。したがって、注入中の薬液の進行に相当するグラウティング要素の変形は、注入を行う地盤の材料特性や境界条件等の影響を受ける。この方法では、節点力の载荷をグラウティング要素の体積増加が規定の注入量に達する時点まで行うことで、薬液注入量を考慮することが可能である。また载荷後はグラウティング要素の剛性を固結後の注入材の剛性と同じように固くして放置することで、地盤内に発生した過剰間隙水圧の消散に伴う地盤沈下等の解析を継続して行うことができる。

図3は本報告で実施した解析のモデルを示したものである。解析モデルの境界条件は、図1に示す薬液進行が得られた室内薬液注入実験に準じている。実験では、粘土試料は直径15cmの亚克力製モールド内にあり、粘土試料の中心に位置する注入管を通じモールド底面から5cmの位置にある注入孔から薬液が注入された。そこで解析では注入孔のあ

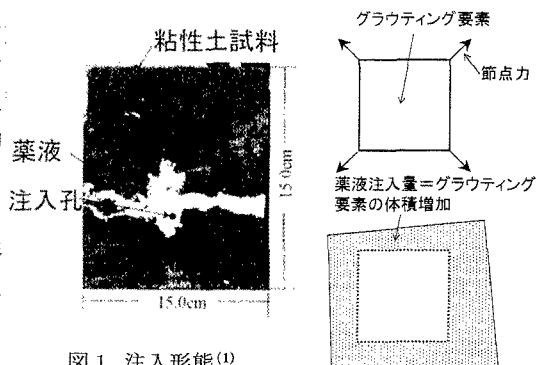


図1 注入形態⁽¹⁾

図2 薬液注入のモデル化

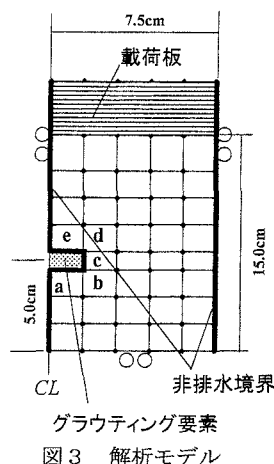


図3 解析モデル

キーワード：有限要素法、薬液注入、粘性土、有効応力、過剰間隙水圧

連絡先：〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学土木工学科 Tel.047-478-0449 Fax047-478-0474

る部分にグラウティング要素を配置し、また軸対称条件を仮定した。粘土試料下端および載荷板上端を排水境界とし、アクリル製モールドで囲まれた粘土試料側面およびグラウティング要素と粘性土試料の境界は非排水境界とした。注入前の粘土試料は K_0 正規圧密状態にある。表 1 に粘性土試料の入力パラメータを示す。なお粘土試料の構成則には Cam-clay モデル⁽²⁾を用いた。

3. 解析結果

図 4 はグラウティング要素に等方的な節点力を作用させた場合の、グラウティング要素の形状の変化状況を示したものである。解析では、グラウティング要素を等方的に押し広げるような節点力を作用させているが、境界条件等の影響を受けてグラウティング要素は横方向に延びるように変形した。解析で得られた、グラウティング要素の変形が卓越した方向は、図 1 に示した割裂脈の進行方向と一致した。

図 5 は、グラウティング要素に隣接する粘性土要素の有効応力経路を示したものである。また図 6 は、同要素の過剰間隙水圧の変化状況を示したものである。グラウティング要素周辺の abcde の要素の位置は図 3 に示すとおりである。薬液注入をモデル化した解析を行うと、グラウティング要素の直上、直下および側方では平均有効主応力が増加した。また荷重増分ステップが進み、グラウティング要素が側方に変形すると、側方には正の過剰間隙水圧が発生し、それ以外の周辺部には、負の過剰間隙水圧が発生した。このような過剰間隙水圧の発生は、薬液注入後の圧密沈下の発生に大きく影響すると思われるので、現在薬液注入後の地盤変形を含めた解析を実施している。

*本報告は、著者がケンブリッジ大学在職中に行った、欧州委員会 Brite Euram Program の研究業務において得られた成果の一部であることを付記する。

参考文献

- (1) Akagi, H., Komiya, K. (1991): Proceedings of the ninth Asian regional conference on soil mechanics and foundation engineering, Vol.1, p.303-306
- (2) Roscoe, K.H., Schofield, A.N., Thurianjah, A. (1963): Geotechnique, Vol.13, No.3, p.211-255

表 1 入力パラメータ

圧縮指数 λ	0.355
膨潤指数 κ	0.0477
限界状態パラメータ M	1.45
初期間隙比 e_i	2.00
初期圧密降伏応力 p'_i	250.0kPa
初期鉛直応力 p'_v	250.0kPa
静止土圧係数 K_0	0.50
透水係数 k	0.00001m/s

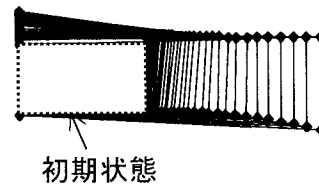


図 4 グ라우ティング要素の変形

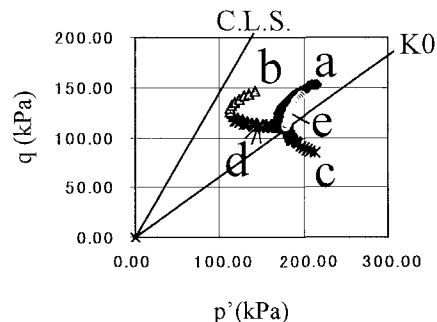


図 5 有効応力経路

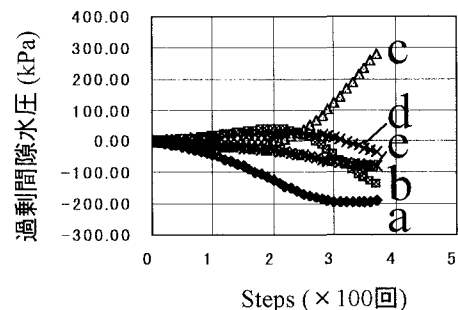


図 6 過剰間隙水圧の変化状況