

コンペンセショングラウチングの地盤沈下防止効果への割裂脈進展拘束の影響

千葉工業大学工学部 学生会員 ○竹下 和樹, 鈴木 健
 千葉工業大学大学院 学生会員 齋藤 一裕
 千葉工業大学工学部 正会員 小宮 一仁

1. 研究背景・目的

近年、地盤沈下防止効果を目的としたコンペンセショングラウチングが欧米で成果をあげている。コンペンセショングラウチングは地盤沈下が発生した地盤に薬液を注入し地盤を隆起させ、沈下した地盤を復元することができる。また、地盤の隆起量を制御できるため合理的な地盤沈下対策工法である。しかし、欧米とは応力履歴が異なる我が国の地盤におけるコンペンセショングラウチングの施工では、期待した効果を得られない事例がある。

従来の研究により、粘性土地盤に対して薬液を割裂注入する場合、粘性土の過圧密比(OCR)が注入後の沈下量に大きく影響していることがわかった。これは割裂注入時の地盤のせん断によるダイレタンシーによって地盤内に発生する過剰間隙水圧が異なることに起因しているためと考えられる。ここでは、砂と粘性土を混合させた模擬地盤を作成し、注入実験を行い割裂注入時の過剰間隙水圧挙動と、割裂脈の進展を拘束した場合の地盤沈下防止効果について報告する。

2. 残存率の定義

本研究では、注入後の地盤の隆起量 d_h と注入後の圧密沈下量 d_s を用いて(1)式の残存率 λ_c を定義し、薬液注入による地盤沈下防止効果を評価した。

$$\lambda_c = \frac{d_h - d_s}{d_h} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

3. 実験概要

図-1 は実験装置の概要である。実験では側面 A 点と B 点、底面 C 点の3つの間隙水圧計を配置したモールドにカオリン粘土と珪砂6号を乾燥重量比1:3の割合で混合し、スラリー状にして流し込み地盤を作製した。スラリー状の地盤に上部載荷板から圧力を段階的に加え、任意の過圧密条件になるように予備圧密を行った初期状態の地盤に薬液をポンプで注入し、注入時の載荷板の変位と過剰間隙水圧の挙動及び注入後の沈下挙動を測定した。薬液は現場で多用されている水ガラス系 LW 薬液とし、3号水ガラスと水を体積比1:1で配合した A 液と、普通ポルトランドセメントと水とベントナイトを重量比1:2.2:0.15で配合した B 液を、体積比1:1で混合したものをを用いた。注入は手動ポンプを用いたワンショット方式で行なった。

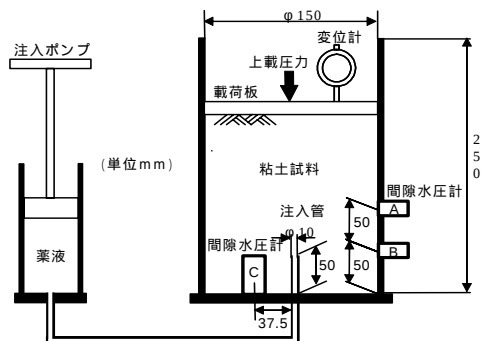
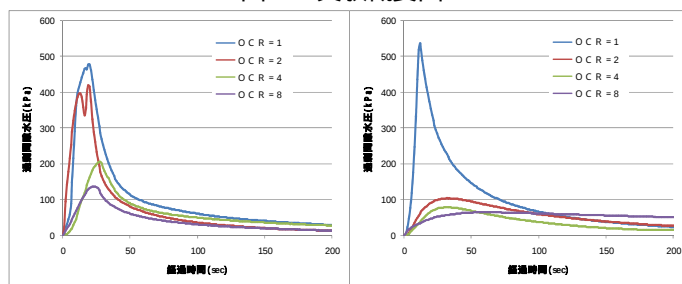


図-1 実験概要図



風船なし 風船あり
 図-2 間隙水圧計 C における過剰間隙水圧挙動

4. 過圧密比と沈下防止効果

著者らの従来の研究¹⁾²⁾³⁾において、OCR=1(正規圧密)から OCR=8 まで過圧密比を変化させて、また薬液の注入量を 100ml から 200ml まで変化させて、粘土内への室内薬液注入実験を行い、注入後の残存率の変化を測定した。これらの実験から、粘土の過圧密比が大きいほど、また注入量が多いほど残存率が高くなっていることがわかった。過圧密比によって沈下防止効果に差がでるのは、薬液の割裂注入時に粘土内に発生する過剰間隙水圧メカニズムが異なるためである。正規圧密地盤では注入時に発生する負のダイレタンシー(体積収縮)によって正の過剰間隙水圧が発生する。この過剰間隙水圧が消散する過程で粘土の体積は収縮する(=沈下が発生する)。これより、注入後に沈下量が大きくなるため、沈下防止効果が小さくなる。一方、過圧密地盤では正のダイレタンシー(体積膨張)によって負の過剰間隙水圧が発生するため、注入後の沈下が抑制される。このため過圧密地盤では、注入による沈下防止効果が大きくなる。これらの結果の一例を

キーワード：薬液注入 地盤沈下 コンペンセショングラウチング 間隙水圧 割裂脈

連絡先：〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 TEL 047(478)0531 FAX 047(478)0474

示したものが図-2 と図-3 である。図-2 は割裂注入時の過剰間隙水圧挙動、図-3 は OCR と残存率の関係を示したものである。図-2 と図-3 から粘性土地盤では OCR が高くなるにつれて、注入時の過剰間隙水圧が抑えられてきているのがわかる。また、過剰間隙水圧が抑えられることにより高い残存率が得られていることもわかる。

5. 割裂脈の進展の影響

3.と同じ実験装置・方法を用いて、割裂脈の進展を拘束した実験を行った。注入管の先端にゴム風船を設置してゴム風船内に薬液を注入し、粘性土内への割裂脈の進展を抑えた。

図-4 は、注入量 100ml の時の、ゴム風船により割裂を拘束した場合としない場合の残存率を比較したものである。図-4 よりゴム風船がない場合に比べ、ゴム風船を用いて割裂脈の進展を拘束した方が残存率が高いことがわかる。ゴム風船によって割裂脈を拘束すれば、正規圧密の場合にも、約 18%の残存率が得られた。

図-5 は、注入量 200ml の時の、ゴム風船により割裂を拘束した場合としない場合の残存率を比較したものである。図-5 より、注入量 200ml の方が注入量 100ml の時よりも残存率が大きくなるのがわかる。また、ゴム風船を用いて割裂脈の進展を拘束し注入量を 200ml とすれば、OCR=4 の地盤において 96.53%とほぼ 100%に近い、高い残存率が得られた。

6. まとめ

本研究で得られた成果をまとめると以下のとおりである。

- ・地盤の過圧密比(OCR)が高い地盤では、注入時に発生する過剰間隙水圧が小さく、注入後に発生する圧密沈下量が小さいため、高い地盤沈下防止効果が得られる。
- ・地盤の過圧密比が低い地盤では、割裂注入時に発生する過剰間隙水圧が大きく、注入後の圧密沈下量が大きい。ため、沈下防止効果は低い。
- ・地盤の過圧密比が低い場合においても、ゴム風船等を使用して割裂脈の進展を拘束すれば、割裂脈を拘束しない場合に比べ高い沈下防止効果が得られる。これは、ゴム風船を使用しない場合は、割裂脈が薄く広い範囲に進展し、地盤がせん断破壊する領域が大きくなるのに対して、ゴム風船を使用する場合は割裂脈が狭い範囲に留まり、地盤がせん断破壊する領域が小さく抑えることができるためであると考えられる。
- ・注入量を 100ml から 200ml に増やすと、沈下防止効果は高まった。これは、注入量を大きくすることで高い沈下防止効果を得ることができる可能性を示唆している。
- ・我が国に多くみられる正規圧密地盤においても、薬液注入時の割裂脈の進展を小さい領域に抑えれば、コンペンセーショングラウティングによる沈下防止効果を高めることができる。

OCR	1	2	4	8
残存率	-1765.34%	7.97%	60.64%	80.38%

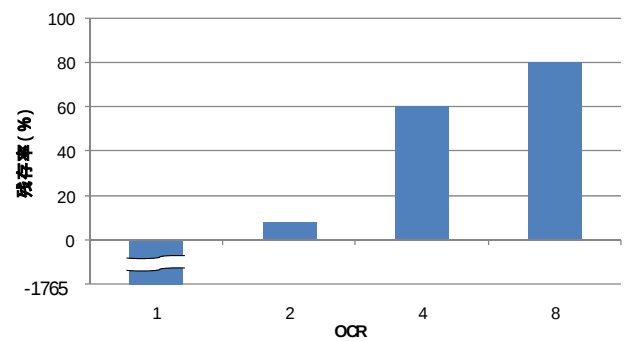


図-3 OCR と残存率 (注入量 100ml)

OCR	1	2	4	8
風船なし	-1765.34%	7.97%	60.64%	80.38%
風船あり	17.81%	31.94%	68.40%	88.86%

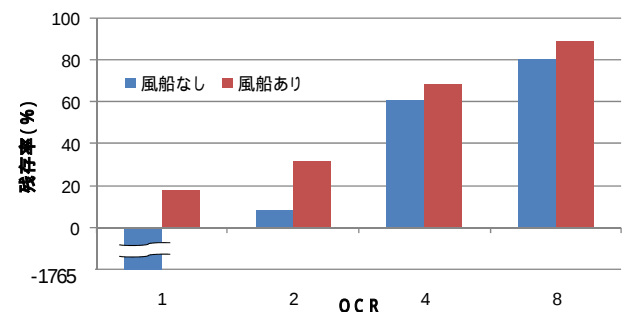


図-4 OCR と残存率 (注入量 100ml)

OCR	1	4
風船なし	-2.96%	88.33%
風船あり	45.71%	96.53%

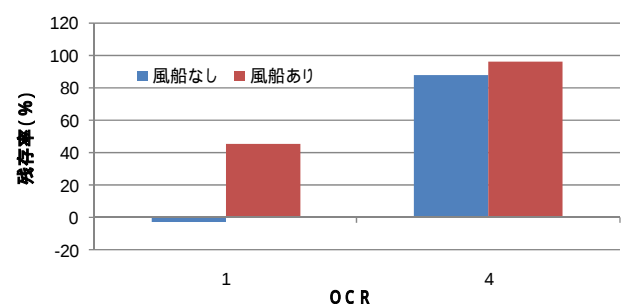


図-5 OCR と残存率 (注入量 200ml)

参考文献

- 1) K.Komiya, et.al.: Soil consolidation associated with grouting during shield tunnelling in soft clayey ground, *Geotechnique*, Vol.51, No.10, ICE, pp.835-846, 2001
- 2) K.Soga, et.al.: Development of Compensation Grouting Modelling and Control System, *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, Vol.3, ISSMGE, BALKEMA, pp.425 - 430, 1999
- 3) 齋藤, 小宮, 渡邊: 割裂薬液注入に伴う粘性土地盤の間隙水圧挙動について 第 43 回地盤工学研究発表会, CD-ROM, 2008