

硬質発泡ウレタン樹脂を用いた杭状地盤改良工事の開発

-硬質発泡ウレタン樹脂の力学的特性について-

アップコン株式会社 正会員 ○小菅拓朗 非会員 松藤展和 非会員 諸星勇祐

東京都市大学 正会員 末政直晃 正会員 田中剛

1. はじめに

不同沈下した構造物を修正する工法の一つに、基礎と地盤の隙間に充填材を注入し地盤内からスラブを持ち上げる硬質発泡ウレタン樹脂を用いた沈下修正工法がある。図-1 に概略図を示す。この沈下修正工法は、施工期間が短く生活環境を維持したまま施工が可能であるが、不同沈下の原因となる軟弱地盤層が厚い場合は再沈下が懸念されている。そこで再沈下の抑制を目的とした、硬質発泡ウレタン樹脂を用いた杭状地盤改良工法を開発を提案する。図-2 に杭状地盤改良体の概要図を、写真-1 に地盤内に作製した改良体をそれぞれ示す。杭状地盤改良工法は、掘削した地盤中に注入袋と注入管(芯材)を挿入し注入管を介して薬液を注入する事により、杭状に硬質発泡ウレタン(以下、杭状改良体と呼ぶ)を作製するものである。本工法を実用化させるには、杭状改良体の品質を向上させる必要がある。本報告では、硬質ウレタン樹脂の力学的特性を評価するために固化時間が異なる2種類のウレタンを使用し、定体積膨張実験および一軸圧縮試験を実施した結果について述べる。

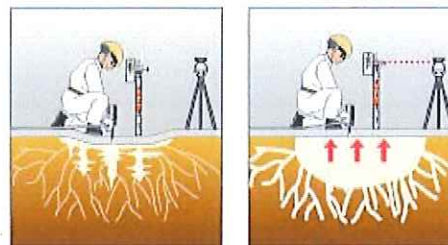


図-1 沈下修正工法

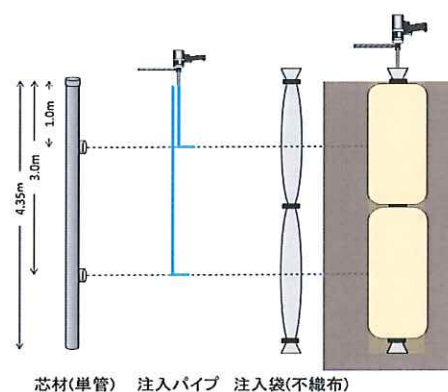


図-2 杭状地盤改良体



写真-1 地盤内に作製した改良体



写真-2 硬質発泡ウレタン

2. 硬質発泡ウレタン樹脂

写真-2 に発泡後の硬質発泡ウレタンを示す。本実験で用いた硬質発泡ウレタン樹脂は、イソシアネートとポリオールとの2種類の溶液を混合・攪拌させて作製する。混合・攪拌された溶液は二酸化炭素を発生させながら固結するが、その間に二酸化炭素が独立気泡となって体積を膨張させる。精製されたウレタンの質量は水の約 1/8 と軽量であり、大気圧下での硬質発泡ウレタン樹脂の発泡倍率は約 12 倍、圧縮強さは 1780kN/m^2 である。硬質発泡ウレタン樹脂は空気や水を通さず、水や海水および土中に含まれる他のほとんどの物質に対しても溶融しない。土中・微生物に対する耐久性に関しては、湿気と酸素の作用で木材や天然繊維のような有機材料は腐食する場合があるが、合成有機物は同じように反応することはなく、硬質発泡ウレタン樹脂は腐食することがないことから環境にも優しい。

3. 定体積膨張実験

3-1. 実験概要

本実験では、硬質発泡ウレタン樹脂の体積比(精製後のウレタンの体積/薬液体積)に対応する発泡圧力を把握するため、供試体の体積を固定して発泡圧力を測定する定体積膨張実験を実施した。写真-3 に実験に使用する注入用エア式ガン、写真-4 に膨張実験容器をそれぞれ示す。使用する容器は、鋼製で内径 10.0cm、高さ 30.0cm の円筒型であり、下端から 17.0cm の位置に注入口を設け、注入口から注入用エア式ガンによってポリオールとイソシアネートの2液の注入を行った。

キーワード 硬質発泡ウレタン樹脂 軟弱地盤 地盤沈下

供試体の寸法は高さ 20.0cm, 直径 10.0cm となるように作製した。本実験では, 供試体の体積を制御するためにロッド上部に拘束板を設置し, ロッド先端に取り付けたロードセルによって発泡圧力を計測する。実験によって得られる膨張量(V)と注入量(V_0)から体積比(V/V_0)を算出し, 発泡圧力との関係を検証した。また本実験では固化時間の短い薬液 A と固化時間の長い薬液 B を用いて比較を行った。

3-2. 実験結果・考察

図-3, 図-4 に定体積膨張実験によって得られた発泡圧力と測定時間の関係を示す。本実験では外気温が発泡圧力に与える影響を確かめるために図-3 のケースでは, 容器温度を 15℃に, 図-4 のケースは容器温度を 30℃に保ちながら実験を実施した。いずれのケースにおいても体積比が小さくなるにつれ発泡圧力の値が大きくなっていることが確認できた。また, 固化時間の短い薬液 A では二段階に渡り圧力上昇が確認されたのに対し, 固化時間の長い薬液 B ではそのような現象は見られなかった。この理由として, 薬液 B は注入が終了してから発泡するのにに対し薬液 A は注入中にゲル化が始まるため二段階に圧力が上昇したと考えられる。さらに, 容器の温度を 30℃にした場合, 全てのケースにおいて 15℃の場合よりも発泡圧力が高くなったことから, 発泡圧力は外部の温度影響を受けることが確認出来た。図-5 に最大発泡圧力と体積比の関係を示す。最大発泡圧力と体積比の関係は双曲線で表すことができることからボイル・シャルルの法則が成立していることが確認できた。

4. 一軸圧縮試験

4-1. 実験概要

硬質発泡ウレタン樹脂を地盤改良材として利用するためには, 体積比と杭状地盤改良体の変形係数の関係性を明らかにしなければならない。本試験では, 定体積膨張実験にて作製した供試体を圧縮速度 1.0mm/min で一軸圧縮試験を実施した。なお, 一軸圧縮試験で求められた応力とひずみの関係から変形係数を算出し, 体積比との関係を以下に考察する。

4-2. 実験結果・考察

変形係数と体積比関係を図-6 に示す。一軸圧縮試験より得られた応力-ひずみ曲線から変形係数を算出した。供試体の不陸などによって載荷初期には低い剛性が得られるため, これを除いた領域の初期勾配から変形係数を算出した。図-6 より変形係数-体積比は双曲線的な関係になっており, 体積比が小さいほど変形係数が大きくなる傾向を示した。

5. まとめ

固化時間が異なる 2 種類の溶液を用いて硬質発泡ウレタンの定体積膨張実験および一軸圧縮試験を実施し以下の知見が得られた。

- ① 固化時間の違いにより, 最大発泡圧力および強度発現状況が異なる
- ② 最大発泡圧力と体積比の関係はボイル・シャルルの法則が成立つことが確認できた。

《参考文献》1) アップコン株式会社: <http://www.upcon.co.jp/index.html>



写真-3 注入用エア式ガン



写真-4 膨張実験容器

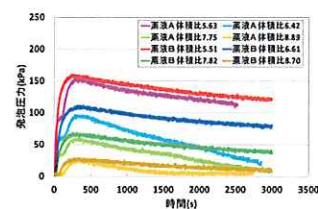


図-3 発泡圧力 (kPa) - 時間 (s)
(容器温度 15℃)

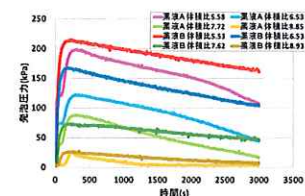


図-4 発泡圧力 (kPa) - 時間 (s)
(容器温度 30℃)

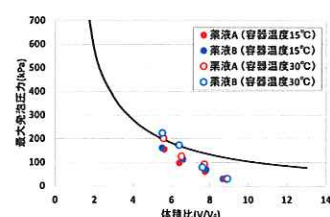


図-5 発泡圧力 (kPa) - 体積比 (V/V_0)

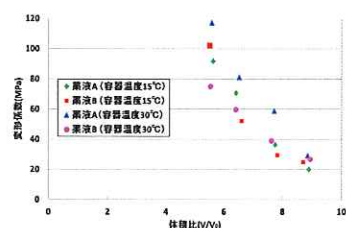


図-6 変形係数 (MPa) - 体積比 (V/V_0)