

地盤改良材としての硬質発泡ウレタンの力学特性について

東京都市大学 学生会員○新屋敷一将

東京都市大学 正会員 末政直晃, 田中剛

アップコン株式会社 非会員 松藤展和 非会員 諸星勇祐

1. はじめに

不同沈下の生じたスラブを修正する工法の1つに、硬質発泡ウレタンを用いた床下沈下修正工法¹⁾がある。図-1に床下沈下修正工法の概略図を示す。しかし、この工法は地盤改良と併用しないため、腐植土や厚い軟弱地盤層が存在する地盤の場合には再沈下する可能性がある。そこで本研究では、床下沈下修正工法と併用する再沈下の抑制を目的とした、硬質発泡ウレタンを杭状に作製する杭状地盤改良工法²⁾を提案する。図-2に杭状地盤改良体の概略図を、写真-1に地盤内に作製した改良体をそれぞれ示す。本工法は沈下の生じた構造物の床下に注入管を挿入し、その後、薬液を注入することによって、杭状地盤改良体(以下、改良体と示す)を作製する。本工法では、改良体作製時にウレタンの発泡圧力によって周囲地盤の締めめや、改良体の浮力による支持力の増加が期待できる。しかしながら、本工法を実用化させるには、改良体の品質を向上させる必要がある。本報告では、ウレタン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。

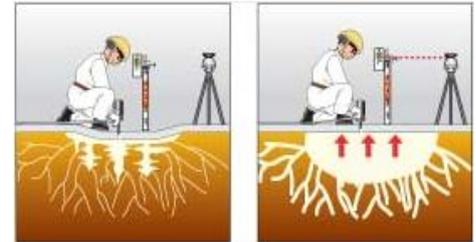


図-1 床下沈下修正工法

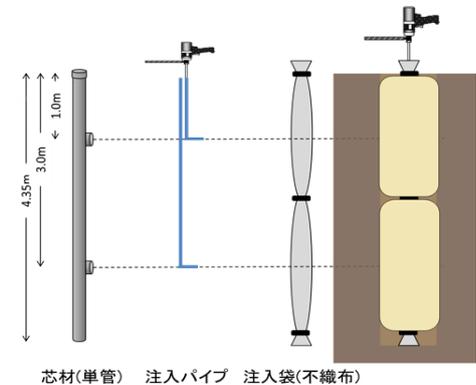


図-2 杭状地盤改良体

2. 硬質発泡ウレタン

写真-1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は、イソシアネートとポリオールを混合・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、大気圧下でのウレタンの発泡倍率は約12倍、圧縮強さは 1780kN/m^2 である。ウレタン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可能性があるが、合成有機物は同じように反応することはない。ウレタンは腐食することがない。



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

3. 定体積膨張実験

3-1. 実験概要

本実験では、ウレタンの体積比(容器容量/薬液容量)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器を、写真-4に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、注入口から注入器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。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(V₀)から体積比(V/V₀)を算出し, 発泡圧力との関係を調査した。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 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。図-3 より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。図-4 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

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。また, 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。変形係数と体積比の関係を図-5 に示す。図-5 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することが確認できた。
- ③ 一軸圧縮試験より算出した変形係数と体積比の関係から体積比が小さくなるにつれて変形係数が大きくなる。

《参考文献》

- 1)アップコン株式会社:<http://www.upcon.co.jp/index.html> , 2017/05/03
- 2)及川理香子ら:硬質発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の支持力評価



写真-3 注入用エアースティック



写真-4 膨張実験容器

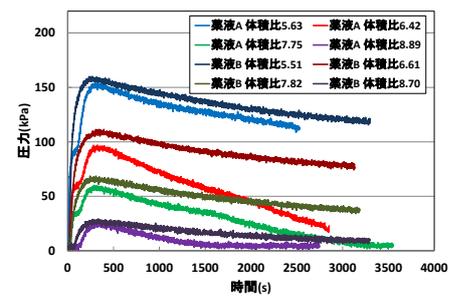


図-3 発泡圧力 (kPa) - 時間 (s)

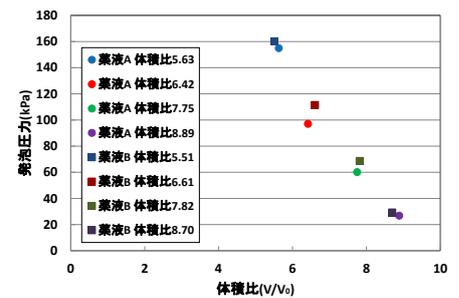


図-4 発泡圧力 (kPa) - 体積比 (V/V₀)

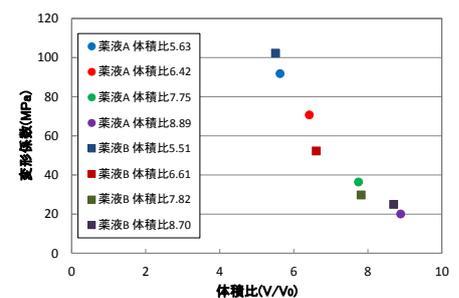


図-5 変形係数 (MPa) - 体積比 (V/V₀)