

硬質発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の提案～薬液の反応速度が及ぼす影響～

東京都市大学 学生会員 ○堤亮太 正会員 末政直晃 正会員 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

不同沈下の生じた家屋を修正する既存の工法の1つに、硬質発泡ウレタンを用いた床下沈下修正工法がある。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が存在する場合には、倉庫や家屋の再沈下の可能性が懸念される。そこで本研究では、硬質発泡ウレタンを杭状に作製する杭状地盤改良工法<sup>1)</sup>を提案する。図1に本工法の概略図を示す。本工法は、事前に地盤を掘削し、中心に芯材(単管)を挿入後に、芯材を介して硬質発泡ウレタンを注入することで、杭状地盤改良体を作製するものである。この工法の利点として、硬質発泡ウレタンが発泡時に周辺地盤を締め固める効果による周面摩擦の増加や、浮力による支持力の増加が挙げられる。この工法と床下沈下修正工法を組み合わせることにより再沈下の抑制が期待できる。これまでの既往の研究<sup>1)</sup>で実地盤において直径15cm、長さ4mの杭状地盤改良体の作製は可能であったが、いくつかの深度で直径が小さくなる傾向が見られた。この要因として薬液の注入中に発泡が始まってしまい、適切な注入圧にならない場合が考えられる。そこで本報告では、発泡速度の異なる3種類のウレタン薬液を用いて、フリー発泡による供試体の作製および針貫入試験を実施した結果について述べる。

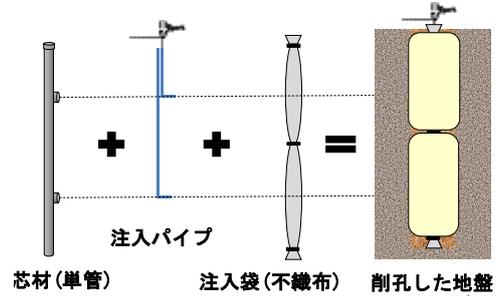


図1. 杭上地盤改良体概略図<sup>1)</sup>

表1. 各薬液の反応時間

	UC-5	UC-5L	UC-5VL
クリームタイム(s)	9	13	16
ライズタイム(s)	57	171	213
20℃時の攪拌時間(s)	15	30	40
35℃時の攪拌時間(s)	10	15	20

2. 硬質発泡ウレタン

表1に本研究で使用した薬液の諸元を示す。本研究で用いた硬質発泡ウレタンの主剤はイソシアネートとポリオールであり、その薬液を混合・攪拌させる事で二酸化炭素を発生させ、その二酸化炭素が独立した気泡となり体積を膨張させながら固化する<sup>2)</sup>。また、ポリオールには遅延剤が混入されており、この量によって発泡速度の調整が可能である。固化したウレタンは、質量が水の約1/8と軽量であり、様々な物質に対して溶解しにくく、六価クロムを含まない為、土壤汚染を引き起こしにくいといった特徴が挙げられる。

3. 針貫入試験

3-1. 試験概要

本実験は、薬液の発泡速度の違いによる発泡ウレタンの品質を把握するため、針貫入試験を実施した。薬液温度は、実際の施工時と同様である35℃程度とするケースと、冬場の注入の際に

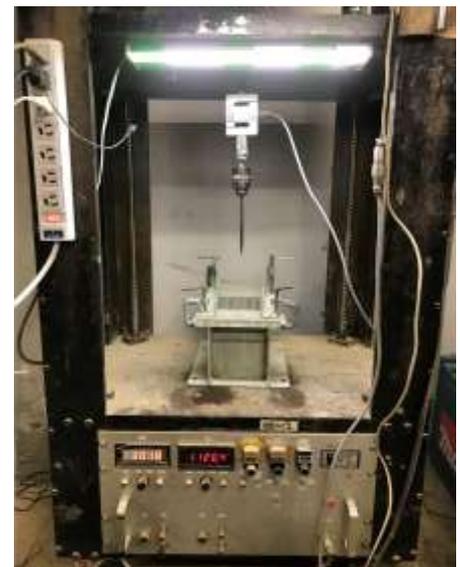


写真1. 試験装置

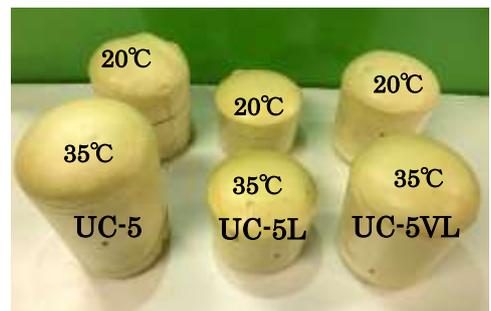


写真2. 実験供試体

キーワード：杭状改良工法，硬質発泡ウレタン，不良発泡，針貫入試験

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL：03-5707-0104

温度が低下しやすい事を想定し、20℃とするケースの2ケースを実施した。室内気温は15℃程度であり、薬液の温度は湯煎を行って調整した。発泡時間はUC-5, UC-5L, UC-5VLの順に遅くなる。写真1に試験装置を、写真2に針貫入を実施した供試体をそれぞれ示す(後列が20℃程度, 前列が35℃程度で薬液配合させ作製した供試体)。供試体は、発泡後の体積が1000 cm<sup>3</sup>となるように、比重から薬液量を算出し、ハンドミキサーで混合・攪拌させ作製した。各薬液において、2通りの温度で作製し、計6個の供試体において針貫入試験を実施した。貫入速度は0.33mm/sとし、供試体側面において高さを四等分した際の3点三か所に60mm長の針貫入を行った。以下、貫入箇所の高さに応じて上部、中部、下部とする。

**3-2. 実験結果**

図2, 3, 4にそれぞれUC-5, UC-5L, UC-5VLで作製した供試体の貫入力-貫入量の関係を示す。図2, 3, 4より、薬液の温度によるウレタン強度への影響は少ないことが確認出来る。また、図2より、温度に関係せず、上部に貫入した際、貫入量20~30mm付近において貫入力低下し、再度貫入力が高くなった。この原因としては、下部からウレタンが発泡するため、上部に膨張するにつれて密度が低下し、空隙および不良発泡が生じたものと考えられる。次に、実際に注入した薬液の体積と、作製された供試体の体積から発泡倍率を算出した。表2にそれぞれの発泡倍率を示す。表2より、UC-5で作製した供試体の発泡倍率は、他の薬液で作製したものと比較して高いが、それに伴い密度が低下するため、図2に示す通り、最大貫入力も小さいことがわかる。一方で、UC-5Lは発泡倍率が小さい分、密度が高くなるので、図3に示す通り、貫入力も最も大きくなることを確認できる。発泡速度の高いUC-5で作製した供試体は、各部位での同一貫入量における貫入力にばらつきがみられることから、均一に発泡していないのが確認出来る。一方、発泡速度の低いUC-5L, UC-5VLについては、薬液温度および貫入位置に関わらず同様の貫入力-貫入量の関係が示されており、均一に発泡していることが分かる。

**4. まとめ**

一連の実験から得られた知見を以下に示す。

- ① : 薬液の温度による不良発泡への影響は少ない。
- ② : 発泡速度の低い薬液を用いることで、均一かつ強度のあるウレタンを作製することが可能である。
- ③ : 発泡倍率が大きいウレタンは密度が小さいため、強度が低下する。

**<参考文献>**

1) 新屋敷一将ら, 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, 第45回土木学会関東支部技術研究発表会-Ⅲ49  
 2) アップコン株式会社, <http://www.upcon.co.jp/>

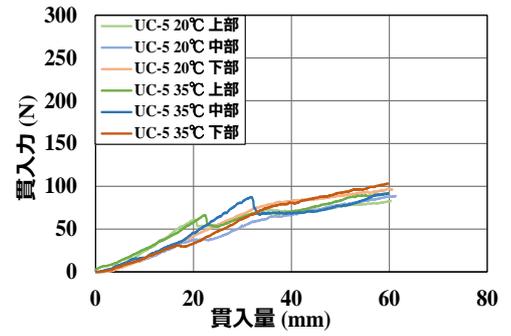


図2. UC-5 供試体の貫入力-貫入量関係

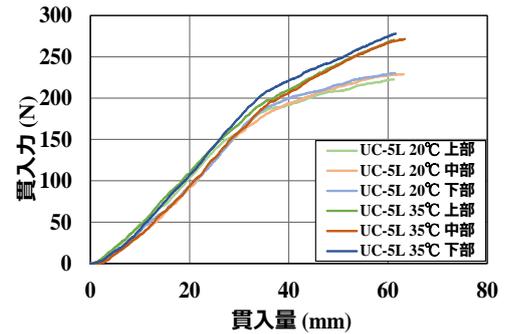


図3. UC-5L 供試体の貫入力-貫入量関係

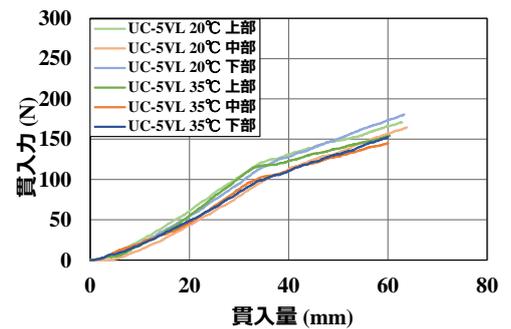


図4. UC-5VL 供試体の貫入力-貫入量関係

表2. 各供試体の発泡倍率

	20℃時	35℃時
UC-5	16.36	19.09
UC-5L	9.36	9.46
UC-5VL	13.90	14.63