硬質発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発

東京都市大学　学生会員　○水澤　良介
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　正会員　及川里香子　非会員　松藤　展和

1. はじめに

軟弱粘土地盤上に建設された工場や倉庫などは，重量物である機械荷重や重機荷重，搬入口付近では，大型トラックの重量により集中的に荷重が作用する．この状態が長期間経過すると，圧密に伴って地盤の体積が減少し，局所的に沈下する場合がある．**図-1** に局所的な沈下の概略図を示す．この局所的な沈下により機械の不具合や作業効率の低下が生じる．このように沈下したスラブを修正する工法の一つに，硬質発泡ウレタンを用いた沈下修正工法がある．この工法は，沈下したスラブに小さな孔を開け，スラブと地盤の隙間に硬質発泡ウレタンを注入し，ウレタンの発泡圧力によって床下からスラブを持ち上げ水平の状態に戻す工法である．しかし，硬質発泡ウレタンを用いた沈下修正工法では，地盤中に腐植土や軟弱粘土地盤層が厚いと，沈下修正後に再沈下する恐れがある．そこで，本研究では，再沈下の抑止を可能とする硬質発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発を目的としている．**図-2** に杭状地盤改良工法の概略図を示す．従来の沈下修正工法と併用することで，局所的に沈下が生じた既設の工場，倉庫の沈下修正および再沈下の抑制を可能にする．本工法を実用化させるためには，杭状地盤改良体の施工方法の確立が急務となる．そこで，本発表では実地盤において杭状地盤改良体の施工を実施した結果について報告する．

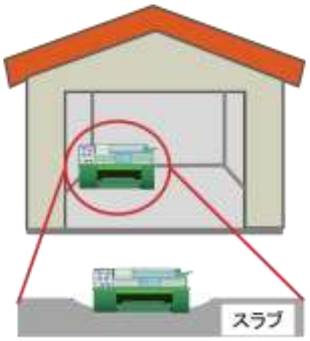

図-１　局所的な沈下の概略図

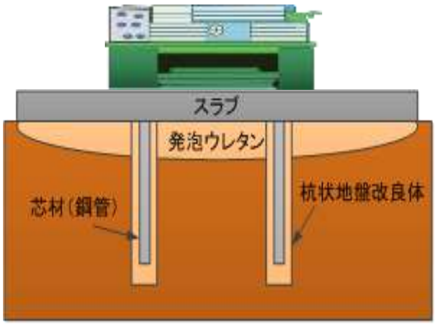

図-2　杭状地盤改良工法の概略図

2. 硬質発泡ウレタンについて

本研究で用いた硬質発泡ウレタン(**写真-1**)は，ポリオールとイソシアネートの２つの溶液を混合・撹拌させて作製する．混合・撹拌された溶液は，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体となる．また，精製された硬質発泡ウレタンは，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せず，その質量はコンクリートの約 1/20 と軽量である．

写真-1　硬質発泡ウレタン

3. 実地盤における杭状改良体の作製実験

3-1. 実験概要

実地盤における杭状地盤改良体の作製実験は，茨城県の北中部に位置する，筑西市において実施した．事前の地盤調査では，標準貫入試験および LLT を実施した．**図-3** に土質柱状図を示す．実験地の地盤構成は，GL~0.4m までが盛土層であり，0.4m~1.8m は N 値 2 のローム層，1.8m~2.8m については N 値 3 の凝灰質粘土層，

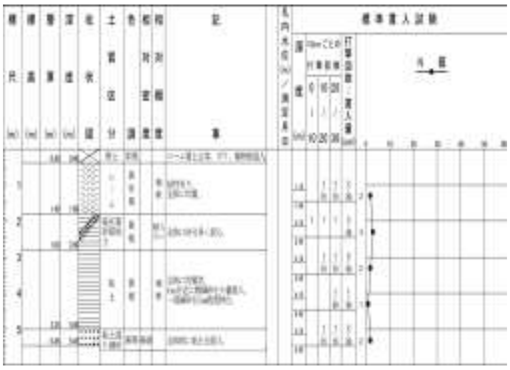

図-3 土質柱状図

硬質発泡ウレタン　地盤改良　原位置試験

2.8m~5.00m においては N 値 2~1 の粘土層であった．ボーリング調査は，深度 5m 地点まで行い，GL~5.0m 間においては，地下水位は観測されなかった．既往の研究において，硬質発泡ウレタンの発泡圧力と注入量の関係が明らかにされているため，LLT を深度 1.5m，3.5m の 2 深度で実施し，LLT から測定された地盤の降伏圧 P_y(kN/m^2)を基に硬質発泡ウレタンの注入量を決定した．

3-2. 杭状改良体の施工方法

図-4 に注入管の概略図を示す．杭状地盤改良工法の施工手順としては，削孔機により事前に削孔し，不織布で作製した注入袋と単管製の芯材および芯材内に設置した塩ビ製の注入パイプで構成された注入管を挿入する．薬液の注入は，注入パイプを介して薬液を吐出し，杭状に硬質発泡ウレタンを精製することで，杭状地盤改良体を作製する．また，杭状地盤改良体の直径および形状は注入袋の形状により，任意の杭状地盤改良体の作製が可能である．

3-3. 杭状改良体の作製実験

写真-2 に杭状改良体の全景を示す．本実験では，杭状改良体の杭長を 4.35m，注入袋の直径を 150 ㎜の杭状改良体の作製を目標とした．注入管は，硬質発泡ウレタンの品質を保つために地表面から 1.0m と 3.0m の位置に吐出口を設けており，下部から薬液を注入するため，精製された発泡ウレタンが上部の吐出口に侵入させないため，杭長の 2150mm 付近に結束バンドを用いて分断させた．**表-1** に実験ケースを示す．表中の体積比は，膨張後の改良体体積をウレタンの薬液の体積で除した値である．すなわち体積比が小さいほど，精製後の硬質発泡ウレタンの密度が高くなることを表している． NO.1 および NO.2 においては，改良体作製後に掘り起し，出来高計測を実施した．**図-5** に NO.1 および NO.2 の杭状改良体の出来高計測結果を示す．NO.1・NO.2 のどちらの杭状改良体においても，削孔径よりも改良体径が上回っているため，周辺地盤を押し広げていることが確認出来た．また，本実験では体積比の差異による改良体径の差は見受けられなかった．しかし，2800mm 以深では，N 値が 1 の地盤であるにも関わらず改良体径が平均径に比べ小さくなる傾向を示したが，これは有効拘束圧の影響を受けたものと考えられる．今回の実験条件下では，目標半径まで杭状改良体を作製することは出来なかったが，注入袋の破断および地盤中に発泡ウレタンの噴出が見られなかったことから，施工方法として実用可能であることが確認された．

4. 参考文献

1)「家の傾き」が健康障害を引き起こす　松藤　展和著

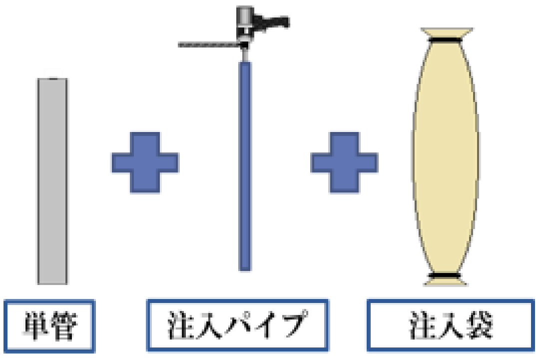

図-4 注入管の概略図

写真-2 杭状改良体の全景

表-1 実験ケース

	NO.1	NO.2
削孔径(mm)	125	
体積比	6.08	4.86

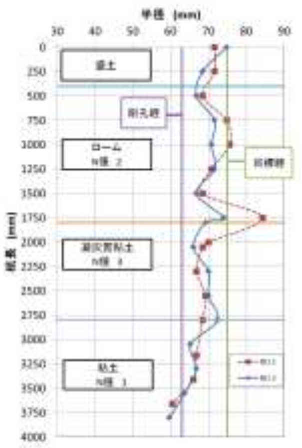

図-5 杭状改良体の出来高計測