

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 ○石川喜章

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

我国の平野部は河川などで運ばれた堆積物により構成される沖積平野である．そのため平野部は軟弱地盤と分類されることが多い．図-1に局所的な沈下の概略図を示す．軟弱粘土地盤上に建設された工場や倉庫などは，機械荷重や重機荷重などの大きな荷重が集中的に作用する．この状態が長期間継続されると圧密に伴い地盤の体積が減少し，局所的に沈下する恐れがある．このような局所的な沈下は作業効率の低下や機械の不具合を引き起こす原因になると想定される．そこで硬質発泡ウレタンを用いて沈下したスラブを修正する工法がある．この工法は沈下した既設の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り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く堆積している場合，再沈下する恐れがある．

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スラブの修正並びに再沈下の抑制を可能にするものである．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および，支持力特性を明確にする必要がある．本発表では，実地盤において杭状地盤改良体を施工し，鉛直裁荷実験を実施した結果と，荷重伝達法による簡易支持力計算を行った結果を述べる．

2. 硬質発泡ウレタンについて

写真-1に硬質発泡ウレタンを示す．硬質発泡ウレタンとはポリオールとイソシアネートの溶液を混合・攪拌することで発生した二酸化炭素が独立な気泡となり体積が膨張し発泡しながら固体となる．また，水や海水並びに土中に含まれる他のほとんどの物質に対して溶融せず，その質量はコンクリートの約 1/20 と軽量である．¹⁾

3. 杭状地盤改良工法の支持力計算

杭状地盤改良工法の支持力構造はパイルド・ラフト基礎に酷似している．しかし，パイルド・ラフト基礎の支持力メカニズムは複雑であり，FEM 解析などが主に用いられるが，概略設計を行う上で簡略化が望まれる．図-3に地盤・杭の支持力モデル

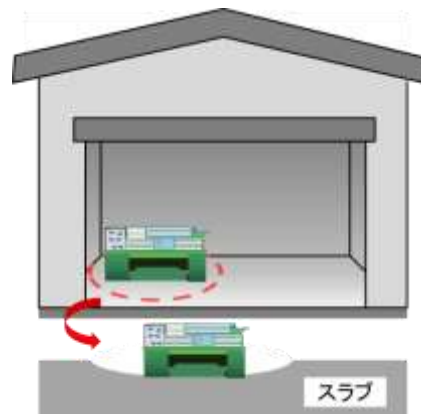


図-1 局所的な沈下の概略図

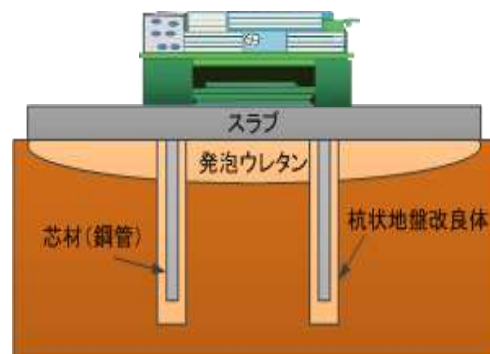


図-2 杭状地盤改良工法の概略図



写真-1 硬質発泡ウレタン

表-1 地盤定数

地盤種別	スラブ	A層	B層
層厚(H)(m)	0.2	2.8	1
ヤング係数(E)(kN/m ²)	2.0×10 ⁷	700	1400
ポアソン比(v)	0.15	0.45	
N 値		1	2

キーワード 硬質発泡ウレタン，不同沈下，地盤改良，パイルド・ラフト基礎

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-2202 E-mail:g1118012@tcu.ac.jp

の概略図を示す。簡易的に支持力を予測するため杭と地盤を独立に支持力計算したものと、杭と地盤を合わせた(パイルド・ラフト構造)モデルの支持力計算を行った。

3-1. 地盤の支持力計算

図-4 に地盤の荷重 - 沈下量の関係を示す。この支持力計算には下記の(1)式²⁾を用いた。

$$S_0 = a * P_0 \left\{ \frac{I_s(H_1, v_1)}{E_1} + \sum_{k=2}^n \frac{I_s(H_k, v_k) - (H_{k-1}, v_k)}{E_k} \right\} \quad (1)$$

ここに、 S_0 : 任意点の地表面沈下量(m), P : 荷重(kN), a : 荷重作用幅(m), P_0 : 分布荷重(kN/m²), E_k : k 層地盤のヤング係数(kN/m²), v_k : k 層地盤のポアソン比, H_k : 地表面から k 層地盤下端までの距離(m)とする。モデル地盤は、スラブ、A層、B層の3層をモデル化し、地盤定数は表-1 にまとめた値を使用した。また、スラブ部分の変形に関しては、ひび割れ等を考慮していない。

3-2. 杭の支持力計算

図-5 に杭の荷重-沈下量の関係を示す。杭体の支持力計算には、荷重伝達法を用い、杭の鉛直荷重-沈下曲線を推定した。計算手順を以下に示す。まず、杭を鉛直方向に30の要素に分割し、杭先端沈下量を仮定する。仮定した沈下量の関係から周面摩擦力を足し合わせたものが杭先端要素の上面における軸力 Q_n となる。次に杭先端要素の弾性圧縮量 Δn を(2)式³⁾とした。

$$\Delta n = \frac{Q_n + 3P_b}{4} \cdot \frac{L_n}{2AE} \quad (2) \quad W_n = w_b + \Delta n \quad (3)$$

ここに、 L_n : 各要素長さ, w_b : Q_n による沈下量とする。新しい杭要素の変位 W_n を(3)式とし、得られた Q_n を用いて上記と同じ計算を繰り返し行い、杭頭部まで計算を行い、杭頭荷重 Q_1 と変位 w_1 を求めた。杭体の諸元は表-2 にまとめた値を使用した。また、杭弾性係数は、芯材を入れていない硬質発泡ウレタンのみ の値を使用した。

3-3. 計算結果及びまとめ

図-6 にパイルド・ラフト構造の荷重-沈下量の関係を示す。パイルド・ラフト構造(杭+地盤)では任意の沈下量を与えるのに必要な荷重がどの程度になるかを予測することが出来た。今後は、仮定していたパラメーターを現場実験で得た実験値をもとに計算し、実験値との比較を行いその値の正当性を明確にする。

《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 2)中西啓二：パイルド・ラフト基礎の常時及び地震時の挙動と杭の最適配置設計に関する研究, 2011/01/24 p65-p799 3)不良品が多い工場の原因は地盤が9割 松藤展和 4)伊藤雅俊：発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の開発, 東京都市大学卒業論文, 2013

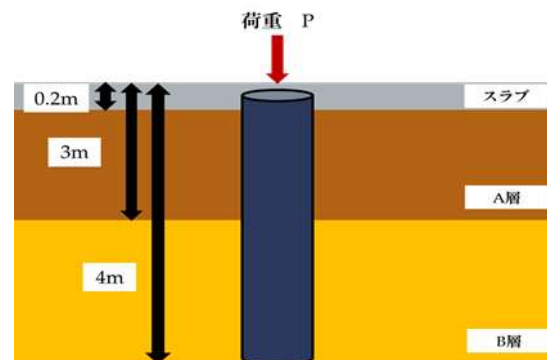


図-3 地盤・杭の支持力モデルの概略図

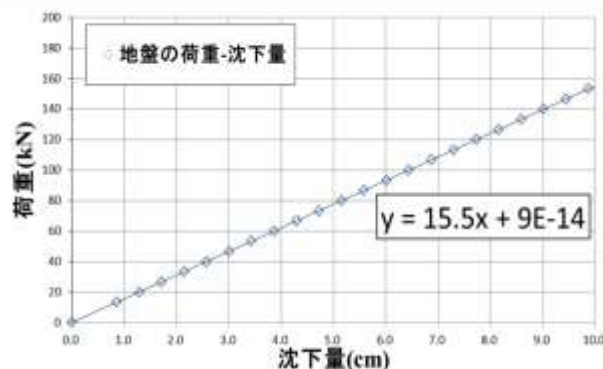


図-4 地盤の荷重-沈下量の関係

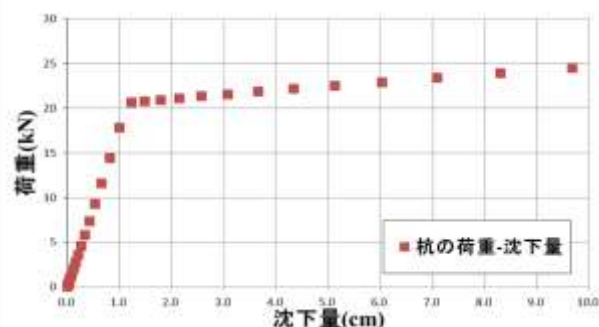


図-5 杭の荷重-沈下量の関係

表-2 杭体の緒元

杭体の緒元	
杭長L(m)	4
杭直径D(m)	0.15
杭周長φ(m)	0.471238898
杭断面積A(m ²)	0.017671459
杭弾性係数E(kN/m ²)	2.1×10 ⁶

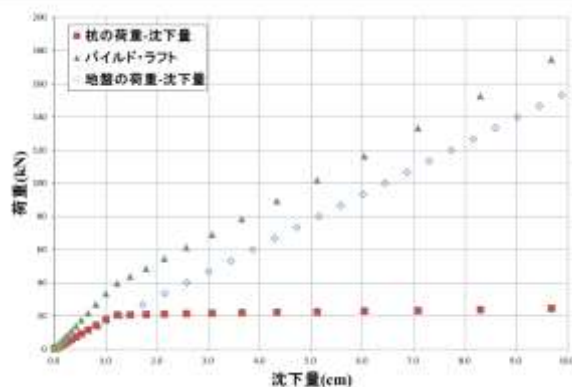


図-6 パイルド・ラフトの荷重-沈下量の関係