

強制置換工法におけるシート及び地盤の変状の検討に対する模型実験

九州大学大学院 学生会員 ○深江 良輔 正会員 善 功企
 同上 正会員 陳 光斉 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

海底に堆積する粘土を用いて埋立てられた地盤は、含水比が非常に大きく軟弱でいわゆる超軟弱地盤である。この超軟弱地盤に対して地盤改良を行う重機等のトラフィカビリティーを確保するための工法のひとつとして、シートを用いた砂の撒き出しによる強制置換工法がある。これは、超軟弱地盤上に敷いたシート上に局所的に砂を撒き出すことによって、下部の軟弱粘土を強制的に排除し、軟弱地盤内に仮設盛土を築造するものである。しかし、この設計に際しては、従来からの設計法が利用されているが、施工事例も少なく、仮設工的性格が強いこともあり、支持力増大メカニズムや置換断面形成について未解明な部分が多い。

本文では、実際の施工事例を想定した模型地盤上にシートと仮定した膜面を設置し、膜面上に砂を撒き出す実験を行った。一連の実験からシート張力に対する置換断面形状の把握を行った。

2. 施工事例について

対象実地盤の地層は、地表面から順に平均層厚 17.5m 前後の軟弱粘土層、層厚 5m 前後の沖積層、洪積層の構成である。軟弱粘土層の表層 3m から採取された試料の試験結果より細粒分率 $F_c=80\sim100\%$ 程度、湿潤密度 $\rho_t=13\sim15\text{kN/m}^3$ 、含水比 $\omega=80\sim200\%$ 程度である。この地盤に対して置換層幅 $B=11\text{m}$ (盛土先端幅 7m) の砂の撒き出しによる強制置換が行われた。

設計断面と実際の置換断面の数例を図-1 に示す。図-1 において実線で示される長方形の設計強制置換断面に対し、破線で示される実際の施工置換断面は幅広の逆 U 型断面を有している。このように、設計断面と実際の置換断面には大きな違いがある。

3. 実験方法

実験は、実施工断面の 1/100 スケールにて行った。シート工法に対する既往の設計式である式-(1)を参考に相似則を検討した。

$$q_a = cN_c + \frac{2p \sin \theta}{B} + \frac{T}{r^2} + \gamma_r D_f N_p \quad (1)$$

ここに、 q_a : 許容支持力、 D_f , r および θ は図-2 に示されるように、敷網(ジオテキスタイル)の変形状況による定数である。上式によると、上載荷重(許容支持力)が決まるとジオテキスタイルの張力 T は D_f , r および θ により一義的に決定される。

図-3 に実験装置の概略図を示す。容器はアクリル製を用いた。シート材料は、厚さ 0.2mm のポリエチレン樹脂製のものを用いた。シート両端は、沈下に合わせてシートが送り出されるようになっており、かつ自由端とした。置換断面形状は、正面からの写真撮影による置換形状の確認と地表面から細棒を突き刺すことによるシート位置の確認を行った。

実験に用いた地盤材料は、それぞれ泥水状態の超軟弱地盤を模擬的に想定するために支持力がない極端な地盤としての水(密度 10kN/m^3)のみ(水地盤と呼ぶ)および粘土(塑性指数 90.9%、土粒子密度 26kN/m^3 、含水比 400%、湿潤密度 11kN/m^3)を用いた。

撒き出し砂は、標準砂を用い、8cm 幅に薄く均等に一定量(約 4.0N)毎に撒き出す。

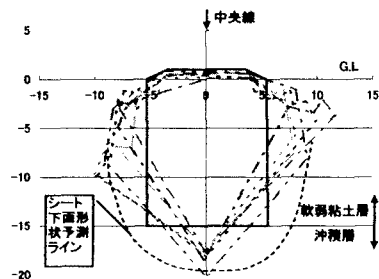


図-1 強制置換工法の置換事例

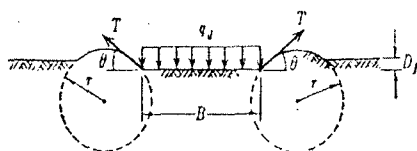


図-2 地盤変形のモデル化図¹⁾

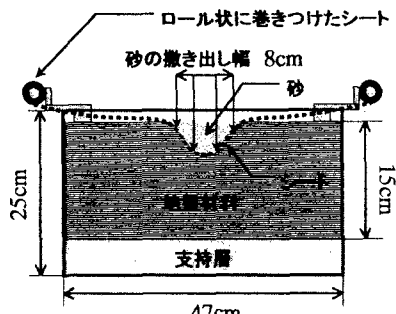


図-3 実験装置

本実験においては、シートの伸び・破断はないと仮定し、かつ不透水とし置換砂はドライな状態とした。実験は、地盤材料として水および粘土を用いた場合の置換過程・形状と張力の関係について着目し、各載荷毎の安定時の形状を測定した。各ケースをプロトタイプに換算した場合の諸元を表-1に示す。添字pは、プロトモデルを、mは実験モデルを表す。

張力Sの与え方としては、式-(2)を用いた。

$$S = c_s \cdot L \quad (\text{kN/m}) \quad \dots (2)$$

c_s : 地盤表面の粘着力、 L : シートの地表面敷設長である。

本実験では、 $c_s=0.2\text{kN/m}^2$ 、敷設長 $L=0, 10, 20\text{m}$ を想定した張力 S_m をシートに与えたモデル実験を行った。

4. 実験結果

図-4に各実験における載荷重と中心部の沈下量を示す。図-4から水地盤では荷重-沈下曲線がスムーズな形となっている。また、シート張力の違いにより沈下量に違いが見られる。粘土地盤においては、荷重-沈下曲線が等方性的性格のスムーズなものとはならず、シート張力の違いによる荷重-沈下曲線への影響はあまり見られなかった。

図-5, 6に実験の最終的な置換形状を示す。図-5は、地盤材料として水を用いた際の極限および最終置換形状とそのときの載荷重を示す。ここでいう極限状態は、次の載荷によって陥没するように沈下した場合の直前の載荷をいう。図-6は、含水比400%の粘土を用いた場合のものである。図-5より水を用いた場合は、張力の大きさにより置換形状及び極限支持力に大きな違いが見られた。しかし、図-6の粘土を用いた場合は、張力の大きさにより置換形状及び極限支持力には大きな違いが見られなかった。この主な原因としては、浮力の影響が大きいことが考えられる。しかし、あまりに水地盤の結果に対して違いが大きいため、それ以外に粘性土の粘着力等による効果があると考えられる。

5. 結論

本研究により得られた結果をまとめると以下の通りである。

- ① 本実験により強制置換工法をシミュレートすることができ、逆Ω型に近い置換断面を得ることができた。
- ② 強制置換における荷重-沈下曲線と最終置換形状に対するシート張力の影響は、主に沈下量に現れた。特に水地盤においては、顕著であった。
- ③ 粘土地盤では、置換形状に対して浮力・張力以外の影響が考えられる。これについては、今後の検討課題にしたい。

(参考文献)

- 1) 山内豊聡・後藤恵之助: 敷網工の実用支持力公式の一提案、九大工学集報、第52巻、第3号、pp. 201-207、1979。
- 2) 今西 肇: ジオネットを利用した強制置換工法におけるネットの変形と応力に関する研究、九州大学学位論文、pp. 56、1999

表-1 実験相似則

置換幅 (m)	$B_p = 100B_m$
内径 (m)	$r_p = 100r_m$
置換深さ (m)	$D_{fp} = 100D_{fm}$
シート張力 (kN/m)	$T_p = 10000T_m$
地盤強度 (kN/m ²)	$c_p = 100c_m$
シート傾斜角 (°)	$\theta_p = \theta_m$

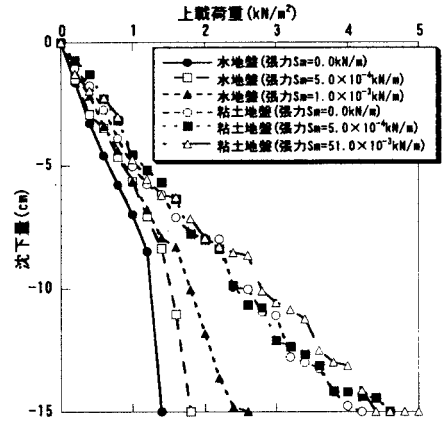


図-4 荷重-沈下曲線

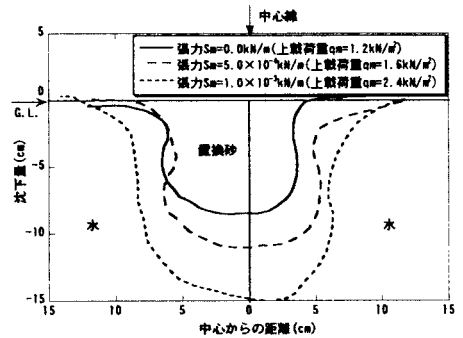


図-5 水を用いた実験結果

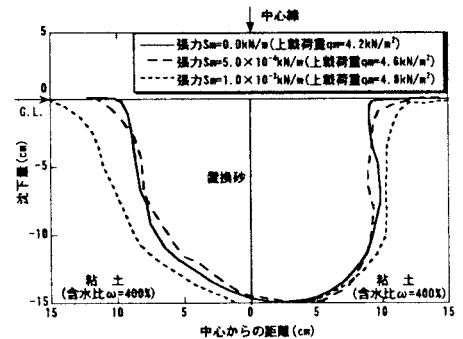


図-6 粘土を用いた実験結果