

超軟弱地盤の表層処理工法の計測監理手法の提案と解析例

九州大学大学院 学 ○深江 良輔 正 善 功企
同上 正 陳 光斉 正 笠間 清伸

1. はじめに

海底に堆積する粘土を用いて埋め立てられた地盤は、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、ジオテキスタイルを用いた表層処理工法がある。埋立地をはじめ広大な敷地での施工は、超軟弱地盤であるが故に土質調査の実施も難しく、またそのばらつきの影響もあり、少ない土質情報をもとに過去の経験・現場判断により設計・施工されているのが現状である。施工上の問題として、何らかの理由により局所的にジオテキスタイルに大きな張力が発生し、ジオテキスタイルの破断に起因する埋立土砂の噴出しが発生した事故も少なくない。特に広大なエリアにおける施工では、日常的な計測施工監理データが充分反映しにくい条件下にある。

そこで、まず計測監理手法のフローの提案を行う。そのフローに従って、施工に伴って発生するジオテキスタイルの変形・張力の計測データをもとに GIS を用いた空間分布予測から施工区域のもっとも危険と思われる断面の決定とその断面に対して FEM 解析を行うことで地盤定数を同定する。それを用いて施工監理を支援する手法の提案を行った一例について報告する。

2. 計測管理手法フローについて

ここでは、ある海上埋立地盤の表層処理工を対象とした。図-2 にその表層処理工の概略を示す。超軟弱地盤上にネット状シート（以下シートと呼ぶ）を敷設し、水搬施工により数層に分けて敷砂を行う。数層に分けるのは、過大な不陸の発生等によるシートの破断・陥没を防ぐためである。そこで図-1 に示すその段階(step)毎に敷砂の評価を行い、次段階の敷砂に移行できるかどうかの判断をするフローを考案した。これは、現場の測定データを GIS の空間分布理論を用いて補間を行い、広域的に現場を把握する。次に危険と思われる断面を決定し、その断面をモデル化し FEM 解析を行う。想定される敷砂がその断面に施工された場合にどのようなシートの変形・張力が発生するかを予測し、次段階への移行が可能であるか、対策を施す必要があるかの判断を行う。

以下に危険断面の抽出と地盤定数の同定について述べる。

3. 危険断面の決定について

図-3 に測定データのうち張力計のデータについて GIS を用いた空間分布予測を行った広域的なシート張力分布を示す(色の濃い方が張力が大きい)。危険断面は、最大張力が発生し、なおかつ、より多くの張力計の設置位置を通る断面とした。図-3 内の実線部の断面が、それに準じるものであったため、この断面に着目した。この部分は他地域よりも発生張力が大きく、その発生が護岸から護岸まで施工区域を縦断するように

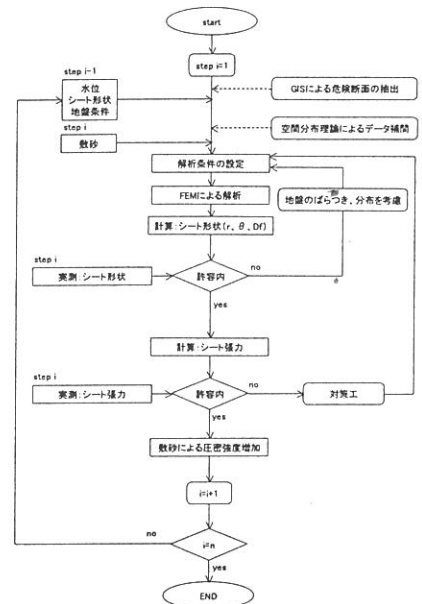


図-1 計測監理手法フロー

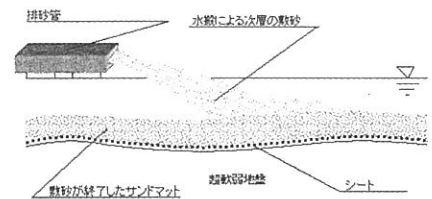


図-2 表層処理工の概略

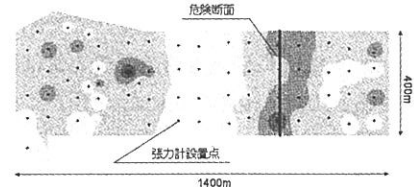


図-3 張力分布と危険断面

発生している。GIS を用いることで、広大な区域の状況を短時間・連続的に把握できる事ができる。

4. 土質定数の同定について

危険断面を決定し、断面をモデル化したが、超軟弱地盤では土質定数の把握が困難であるため少ない土質データと実施工データをもとに粘土地盤の強度を表す重要なパラメータである粘着力の同定を FEM 解析(GeoFem¹⁾)と組み合わせることで行った。

図-4 に解析 MESH を示す。これは上記の危険断面の未敷砂時をモデル化したものである。表-1 に解析パラメータを示す。埋立層の変形係数は、既往のデータ γ をもとに粘着力に係数を乗じたものとし、表層部を $E=25c$ で、埋立層最下部を $E=210c$ とし、その間の層については深度方向にその係数を線形的に漸増させた。

粘着力を同定するにあたって、表層部の粘着力 $C_{surface}$ を 0.05kPa とし、深度方向に線形的に漸増させ埋立層最下部の粘着力 C_{bottom} を $0.05, 1.0, 1.5, 2.5, 4.0, 10.0$ および 100.0kPa と変化させた。敷砂開始 2 日後, 11 日後, 16 日後, 23 日後の実施工データを用い、その日における危険断面の敷砂層厚に相当する荷重を与え、未敷砂時からのシートの変位量について実施工データ FEM 解析結果との比較を行い、対象地盤の粘着力分布の同定を行った。

図-5 に施工開始 23 日後のシート変位量の解析結果から実施工データを差し引いたものを dz とし、そのヒストグラムを示す。手前が $C_{bottom}=100.0\text{kPa}$ で一番奥が $C_{bottom}=0.05\text{kPa}$ のヒストグラムである。この dz が 0 であることは、解析が実施工を十分にモデル化できていることを表す。図-5 より dz は正規分布を有し、 C_{bottom} が $2.5, 4.0$ および 10.0kPa のときにそのほとんどが $\pm 0.15\text{m}$ の範囲にある。

図-6 に dz の変動係数 V を C_{bottom} 毎に示す。図-6 より施工開始 2 日後を除いて、施工が進む(平均敷砂層厚が大きくなる)毎に各 C_{bottom} のいずれも変動係数 V は小さくなっている。これは、平均敷砂層厚が大きくなり、その敷砂層厚の不陸が小さくなっているためだと考えられる。

また図-6 より C_{bottom} が $2.5 \sim 10.0\text{kPa}$ の幅の部分が他の C_{bottom} に比べて変動係数 V が小さくなっており、危険断面の深度方向の粘着力分布は $2.5 \sim 10.0\text{kPa}$ と同定できる。

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 超軟弱地盤の表層処理工法の計測監視フローを示した。
- ② 広大な施工区域において表層処理工法を適用する場合の計測監視に GIS が有効である。
- ③ 実施工データと FEM 解析を組み合わせることで、土質定数を同定する方法を示した。これをもとに信頼性の高い地盤等の挙動を解析する解析ができる。

参考文献 1) 財団法人沿岸技術研究センター：GeoFem マニュアル, 財団法人沿岸技術研究センター, 1997

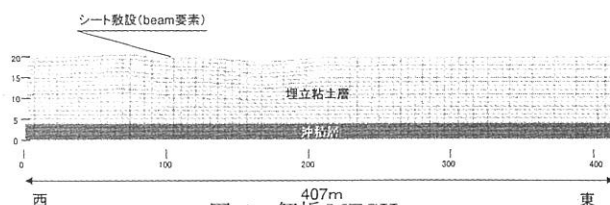


図-4 解析 MESH

表-1 解析パラメータ

埋立粘土層	ポアソン比 ν	0.49
	単位体積重量 γ'	3.80 kN/m^3
沖積層	ポアソン比 ν	0.49
	単位体積重量 γ'	5.00 kN/m^3
	粘着力 c	18.50 kPa
	変形係数 E	$3.89 \times 10^3 \text{ kPa}$
敷砂	水中重量 γ_t	10.00 kN/m^3

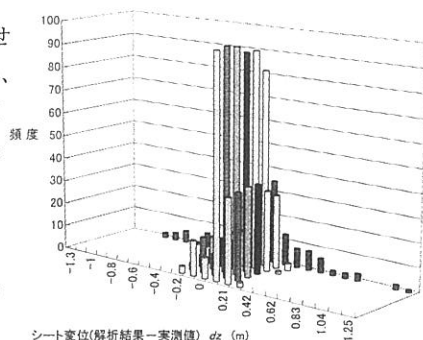


図-5 シート変位の dz のヒストグラム

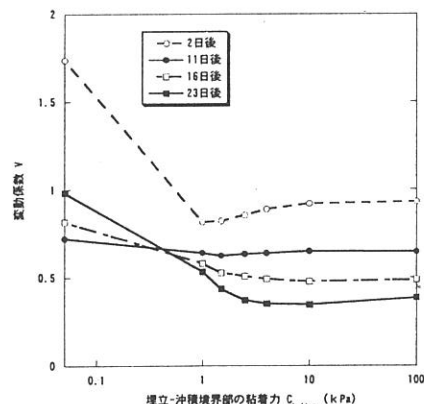


図-6 粘着力の分布と変動係数の関係