

人工材料を用いた液状化対策工法(スパイラルドレーン工法)について

太陽工業(株)

北島 真人

東亜建設工業(株)

三浦 仁 石倉 克真

1. はじめに

液状化現象とは、砂質土地盤が地震動により液体に似た状態になる現象を指す。液状化が起こる場合、地盤はゆるく締まった状態にあり、砂質土の間隙は水で飽和されている。地盤の液状化により構造物のみかけ重量が周囲の飽和砂の単位体積重量より軽い場合に地中構造物が浮き上る現象や地上構造物のみかけ重量が重い場合には建物が沈下する現象が過去の地震で数多く発生している。

液状化により被害が出た例として、最も有名なのは新潟地震(1964年)、宮城県沖地震(1983年)で、その他日本海中部沖地震(1983年)、昨年の釧路沖地震、北海道南西沖地震(1993年)でも知られている。これらの地震では、4階建てアパートの横転や、貯水槽、貯油槽、浄化槽やマンホールなどの浮き上りの現象が見られた。

液状化が広く認識される頃には、公共構造物や巨大な民間施設が数多く建築された後であり、これらの社会資本が液状化する可能性のある地盤上にある限り、大小の被害の差はあるものの、液状化による被害は避けられない。

これら社会資本を液状化の被害から守るため、様々な対策工法が開発されている。液状化対策工法には、大きく分類して密度増大工法、固結工法、排水工法(間隙水圧消散工法)等がある。近年、既設構造物近傍での液状化対策が施される機会が多くなり、低振動・低騒音であること、周辺地盤への影響が少ないことなどの特徴から、排水工法に対する需要が増えてきている。

ここでは、「人工材料を用いた液状化対策工法」として開発した、円形断面を持つフレキシブルなドレーン材を用いたスパイラルドレーン工法について、その開発の目的と経緯、材料特性、施工方法について紹介する。

2. 開発目的と経緯

先に述べた液状化対策工法のうち、排水工法はこれまでグラベルドレーン工法が実績において最も多く、確立された設計法と相まって、これまでのわが国の液状化対策排水工法の主流であった。

同工法は、礫材を鉛直なドレーン柱として砂地盤中に打設する工法であり、透水性の優れた礫材が入手可能な地域にあっては、今後とも施工需要の多い工法であるといえることができる。しかし、透水性の良い礫材の入手が困難な地域や、近年に見る自然環境保護の観点から、礫材が無尽蔵にあると考えることはできないことから、これに替わる同一原理の工法の必要性が高まっていたことも事実であった。

こうした背景の中、東亜建設工業(株)(工法立案)と太陽工業(株)(材料開発)は、昭和63年度より以下の5項目を開発目標として、グラベルドレーン工法に替わり得る工法の開発に着手した。

- (1) 打設機およびドレーン材の軽量化を図る。
- (2) 騒音・振動をより少なくする。
- (3) 品質管理の行き届いたドレーン材を容易にかつ大量に供給できることを可能にする。

(4) ドレーンの透水係数をより良くする。そのために中空円筒断面を有する人工ドレーン材とする。

(5) ドレーン材は連続的に打設できるものであり、かつ地盤の変形に追従できるフレキシブルな構造とする。

3. 工法の特徴

3-1. 排水工法のメカニズム

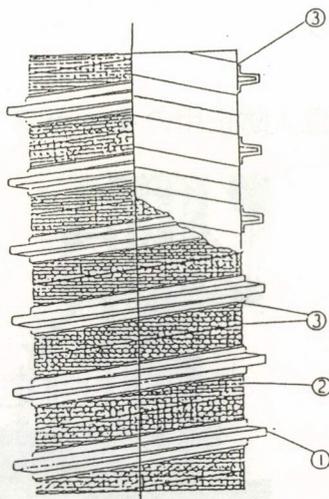
液状化の可能性がある砂地盤中にポリエチレン製円形中空ドレーン(スパイラルドレーン)を鉛直に所定の間隔で設置し、水平方向の排水距離を短くして地震時に発生する過剰間隙水圧を早期にドレーン内に流入させ、過剰間隙水圧の上昇を抑制することにより、地盤の液状化を防止するのが当該工法の改良原理である。

3-2. 材料特性

本工法で用いるドレーン材は、高密度ポリエチレン製の補強体および特殊割繊維(フィルター)からなる円形ドレーンであり、地震時に発生する過剰間隙水圧を早期に、かつ確実に消散させる構造となっている。(図-1)

このドレーン材の特徴は次のとおりである。

- (1) 特殊割繊維(フィルター)の吸水孔が0.2mm前後と適度な大きさであるため、遮水層を形成せず、目詰まりが起こりにくい。
- (2) 単位面積あたりの集水孔面積が22%前後と非常に大きく、吸水能力が高い。
- (3) スパイラル構造のフレキシブルなパイプであるため、荷重が等分布して耐外圧力を発揮する。また、専用の継手を用いることにより連続打設が可能である。
- (4) 構成材料全てがポリエチレン製のため腐食せず、ドレーン材1m当たり350gf/mと非常に軽く、運搬や打設作業が容易である。



記号	名称	材質	処理・加工
①	補強体	高密度PE	黒色
②	ワリフネット	高密度PE	白色
③	バインダー	EVA	黒色

図-1 ドレーン材の形状

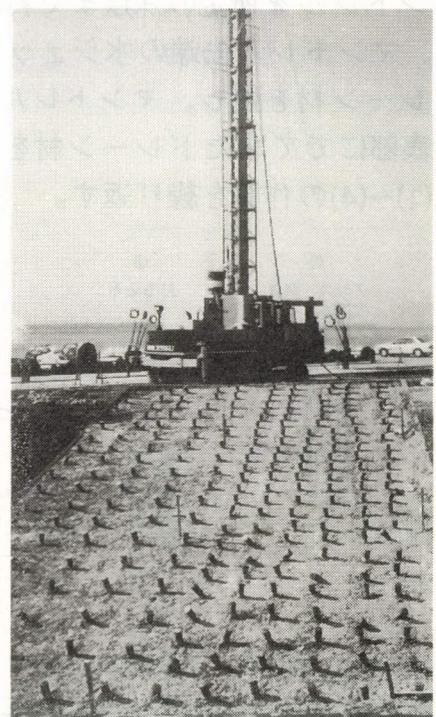


図-2 打設後全景

表-1,表-2に、ドレーン材およびフィルター材の材料特性を示す。

表-1 ドレーン材物性表

材 質	補強体 : 高密度ポリエチレン製
外 径	91 mm ± 2%
内 径	75 mm ± 2%
重 量	350 gf/m
圧縮強度	70 gf/30 cm 以上 (20% 偏平時)
開孔率	22%前後(ドレーン材全体に対して)

表-2 フィルター材物性表

材 質	高密度ポリエチレン製特殊割繊維
重 量	100 gf/m ² (2枚重ね)
開孔率	35%
引張強度	65 gf/cm 以上 (2枚重ね)

4-3. 工法の特徴

(1) 環境への影響

マンドレルの貫入はフリクションローラーによる圧入方式をとっており、振動はまったく生じない。また、騒音についてもベースマシンのエンジン音のみであり、いわゆる貫入にともなって地盤とマンドレルの間に生じる騒音はない。

(2) 材料の構造特性

ドレーン材はフレキシブルであり、地盤の変形に追従可能である。ゆえに、座屈などの心配がなく常に安定した通水断面を確保することができる。また、断面は中空円形であり、ウエルレジスタンスの影響が殆どない。

(3) ハンドリング特性

工場生産のドレーン材はロール状に巻くことができ、かつ軽量であることから、運搬が容易で、材料搬入のための重機類を必要としない。

5. 施工方法

5-1. 施工手順

以下に、ドレーン材の打設手順を示す。(図-3)

- (1) マンドレル下端のドレーン材にアンカープレートを装着し、打設位置に固定する。
- (2) マンドレルを所定の深度まで打設する。もし、障害物等から打設に支障を来たした場合には、マンドレル先端の水ジェット装置を併用して行う。
- (3) ドレーン材を残し、マンドレルを引き抜く。
- (4) 地表部にできたドレーン材を切断し、頂部に土砂混入防止用のキャップを取り付ける。(1)~(4)の作業を繰り返す。

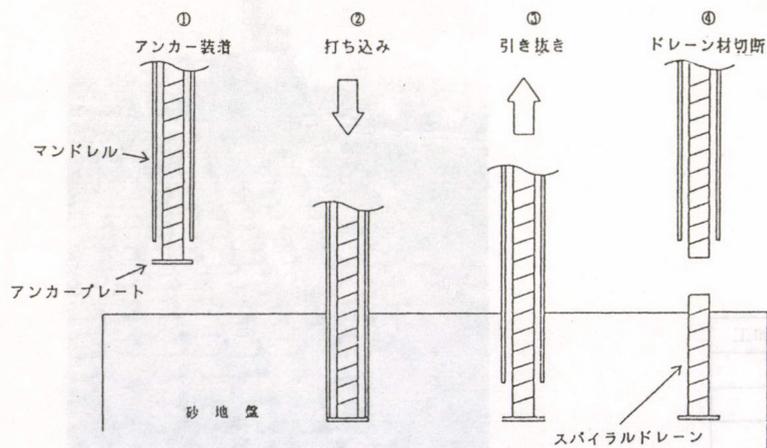


図-3 スパイラルドレーン打設手順

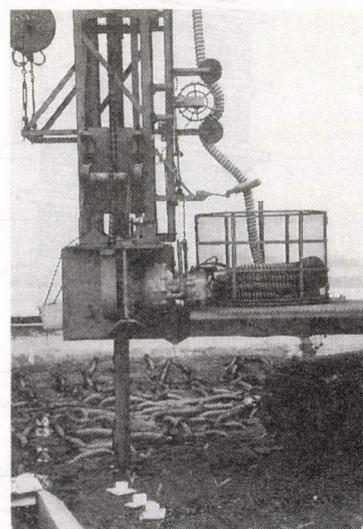


図-4 スパイラルドレーン打設風景

表-3 スパイラルドレーン工法 工事実績表 (平成6年度6月現在)

年度	施主	件名	対象 構造物	対象 地盤	改良 深度 (m)	改良 面積 (m ²)	改良ピッチ
平成 2年	運輸省 第二港湾建設局	平成元年度千葉港 千葉中央地区岸壁 (-12m)改良試験工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	-10.0	118	@0.60ピッチ 90本 @0.85ピッチ 143本 正方形
平成 2年	運輸省 第二港湾建設局	平成2年度千葉港 船橋西部地区岸壁 (-10m)改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	+0.3 ～ -12.1	2008	@0.60ピッチ 5,221本 正方形
平成 2年	運輸省 第二港湾建設局	平成2年度千葉港 船橋西部地区岸壁 (-10m)改良工事(その2)	控え式 岸壁	砂質 地盤	+0.3 ～ -20.1	724	@0.60ピッチ 1,854本 正方形
平成 3年	運輸省 第二港湾建設局	平成3年度千葉港 船橋西部地区岸壁 (-10m)改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	+0.3 ～ -20.1	1803	@0.60ピッチ 796本 @0.85ピッチ 2,212本 正方形
平成 3年	運輸省 第二港湾建設局	平成3年度千葉港 千葉中央地区岸壁 (-12m)改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	-8.1	706	@0.75ピッチ 1,635本 正方形
平成 3年	運輸省 第二港湾建設局	平成3年度千葉港 木更津南部地区岸壁 (-12m)改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	-16.5	1620	@0.90ピッチ 1,999本 正方形
平成 3年	運輸省 第二港湾建設局	平成3年度千葉港 船橋西部地区岸壁 (-10m)改良工事(その2)	控え式 岸壁	砂質 地盤	+0.3 ～ -15.1	1801	@0.80ピッチ 2,601本 正方形
平成 4年	運輸省 第二港湾建設局	平成4年度千葉港 木更津南部地区岸壁 (-12m)地盤改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	-13.0 ～ -16.5	1136	@0.90ピッチ 1,326本 正方形
平成 5年	運輸省 第二港湾建設局	平成5年度千葉港 千葉中央地区岸壁 (-10m)改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	-7.7	2,093	@0.75ピッチ 3,580本 正方形
平成 5年	千葉県水道局	木下取水場 場内連絡管強化工事	取水場 施設	砂質 地盤	-10.2	1,219	@0.55ピッチ 3,904本 正方形
平成 6年	北海道開発局	室蘭港(-14m) 岸壁地盤改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	-9.2～ -10.5	6,206	@1.00ピッチ 6,042本 正方形
平成 6年	運輸省 第二港湾建設局	平成6年度千葉港 船橋西部地区岸壁 (-10m)改良工事	控え式 岸壁	砂質 地盤	-6.8 ～ -7.6	3,061	@0.75ピッチ 5,295本 正方形

6. あとがき

以上述べたように、スパイラルドレーン工法は、耐圧・集水性に優れたフレキシブルな円形ドレーンを、連続的に、確実に打設できるという特徴を備えており、また打設時の振動・騒音も少なく、既設構造物周辺の液状化対策として有効に活用できるものである。

しかしながら、実用化されてから日の浅い工法であるため、施工・設計面での課題も現状ではまだ若干残されている。

当社としては今後とも各方面の御指導・御協力を仰ぎながら実績を積み重ね、より一層安全性・施工性・経済性に優れた工法となるよう努力していきたい。

最後に、工法紹介のページで、当工法の紹介をさせていただいた国際ジオテキスタイル学会日本支部の編集委員会に感謝申し上げます。

(参考文献)

- 1) 吉見吉昭(1980): 砂地盤の液状化、技報堂
- 2) 土質工学会編(1983): 土質調査法
- 3) 島、三浦他(1991): フレキシブルな円形ドレーンによる液状化対策工法、
地盤の液状化対策に関するシンポジウム; 土質工学会
- 4) 土質工学会編(1993): 液状化対策の調査・設計から施工まで
- 5) 石倉克真(1993): 人工材料を用いた排水工法、最新の施工技術・8; 土木学会