ジオシンセティックス利用の現状

石田 正 利 ISHIDA Masatoshi
太陽工業株式会社

1. はじめに

ジオシンセティックとは、土木施設などへの使用を目的としたジオテキスタイル、ジオグリッド、ジオネット、ジオメンブレンなどの高分子材料の繊維製品やプラスチック製品の総称である。我が国におけるジオシンセティック利用の歴史は、1957年に凍上防止を目的として路床土をビニール布で包み込み地下水の上昇を防ぐ試験工事に始まり、さらに1959年に来襲した伊勢湾台風による災害復旧工事に際し、大量の織布が使用された¹⁾。現在においては多種多様の材料を用いたジオシンセティックが開発、利用されている。我が国におけるジオシンセティックに2003年における使用量は全体で79万㎡に達し、その内訳は表1に示すとおりである²⁾。

ジオシンセティックの分類はJIS L 0221によると図

表1 2003年ジオシンセティック使用量²⁾

種類	使用量	
	万㎡	%
織布	559	7.1%
不織布	4580	58.0%
編布	164	2.1%
ジオネット	176	2.2%
ジオグリッド	709	9.0%
バーチカルドレーン材	264	3.3%
ジオメンブレン	1142	14.5%
ジオコンボジット	222	2.8%
その他関連製品	84	1.1%
総計	7900	100.0%

表2 ジオシンセティックの機能・用途

機能	主な用途	主な製品
補強機能	軟弱地盤対策、補強土、舗装のクラック防止	織布、不織布、ジオグリッド
排水機能	軟弱地盤対策、盛土内排水材、暗渠排水、擁壁背面排水	不織布、板状排水材、プラスチックボードドレーン、ジオパイプ
分離機能	路盤分離材、暗渠排水、吸出し防止、水質汚濁防止、袋型根固め工	織布、不織布、ジオグリッド、汚濁防止膜
ろ過機能	暗渠排水、吸出し防止、水質汚濁防止	織布、不織布
遮水機能	ため池防止、廃棄物処分場遮水工、トンネル防水	ジオメンブレン、ジオシンセティッククレイライナー、布製型枠
保護機能	遮水シート保護マット、法面保護、護岸	不織布、布製型枠、ブロックマット

1³⁾に示すとおりであり、それぞれ異なった特徴と用途を有する。表2に示すようにジオシンセティックに要求される主な機能は、補強・排水・分離・ろ過・遮水・保護であり、土木施設に使用するにあたっては、その要求機能を満たすジオシンセティック製品が選択される。ここでは、土木施設において使用されるジオシンセティック製品について、その要求機能ごとに代表的なものを紹介する。

図1 ジオシンセティックの分類³⁾

2. 要求機能に対するジオシンセティックス製品

2.1 補強

補強機能を期待するジオシンセティックスの代表的なものとして、軟弱地盤表層処理工法のひとつである敷設材工法に用いられるジオグリッドがある。

海域の埋立地においては埋立材料の調達の上やすさ、コスト面、土取り箇所の水深の増加等から航路浚渫土砂を用いて埋め立てられる事例が多い。浚渫する土砂が沖積粘土の場合で、特にポンプ浚渫されて埋め立てられる場合等は、埋立地盤は超軟弱地盤となる。このような地盤に、良質土砂を覆土する場合は地盤がヘドロ状であるため、ブルドーザー等による施工は非常に困難となる。そこで、繊維系のジオグリッドや織布を敷設し、地盤の支持力を増加させて良質土砂の覆土を容易にするものである。図2⁴⁾に敷設材工法の支持力増加機構の概念を示す。なお、敷設材工法の場合、良質土砂と超軟弱地盤との分離効果も期待できる。写真1はジオグリッドを敷設した後、ブルドーザーおよびミニキャリーにより覆土を実施している状況である。敷設材として使用されるジオグリッドの引張り強さに代表される必要物性は、地盤条件や施工条件により決定される。実際のジオグリッドは工場にて、ある程度の大きさのパネル（例えば10m×30m）に縫製加工されたものを現場にて敷設し、写真2に示すように隣り合う同士のパネルを繊維ロープやテープにて結束する。したがって、設計に際しては縫製部や結束部を含めた引っ張り強さを用いる必要がある。表3に敷設材工法として使用されている繊維系ジオグリッドの物性の一例を示す。

図2 敷設材の支持力増加機構の概念⁴⁾

写真1 ジオグリッドを用いた覆土

2.2 排水

排水機能を期待するジオシンセティックスの代表的なものとしては、軟弱粘土地盤の圧密促進工法のひとつであるバーチカルドレーン工法に使用するプラスチックボードドレーン（以下、PBD）がある。かつてはその材質からペーパードレーンと称されていたが、排水性能が低く、使用中にも排水性能が大きく低下するなどの問題点があった。これらの課題を克服するため、開発されたものが現在のPBDである。利用方法としては写真3に示すようにPBDを1.0～2.0m間隔で軟弱粘土地盤に鉛直に打ち込み、粘性土地盤内の間隔水を排水させるものである。その概念を図3に示す。粘土地盤の圧密時間は排水距離の二乗に比例することから、図3に示すようにドレーン材を地盤内に鉛直に打設することにより、排水距離が短くなり、圧密時間を大幅に短縮させることが可能となる。一般的なPBDは、幅10cm程度で間隔水を排水層へ導くための合成樹脂の芯材と土粒子がドレーン内に入るのを防止するフィルター（不織布）からなるジオコンポジットである。従来からバーチカルドレーン工法の代表的なものとしてはサンドドレーン工法があるが、これは良質な砂の調達や粒度の管理等に留意する必要がある。これに対して、PBDは工場製品であることから調達が容易であり、常に一定の品質を確保できるという利点がある。表4にPBDの物性の一例を示す。

2.3 分離

分離機能を期待するジオシンセティックスの代表的なものとして、汚濁防止膜がある。汚濁防止膜は海洋工事における埋立、浚渫、地盤改良工事等に伴って発生する

表3 繊維系ジオグリッドの物性の一例

項目		物性	試験方法
基 布		PET	
コーティング材		PVC	
重さ (g/m ²)		450	JIS L1096
引っ張り強さ (kN/m)	タテ	68以上	JIS L1096に準拠 (1本強度) × (m当り本数)
	ヨコ	68以上	
伸度 (%)	タテ	25以下	JIS L1096に準拠 1本にて測定
	ヨコ	25以下	
目合 (mm)	タテ	7 ± 2	
	ヨコ	6.5 ± 2

写真2 ジオグリッドのパネル同士の結束

写真3 プラスチックボードドレン打設状況

表4 プラスチックボードドレン物性表

素材	芯材	ポリプロピレン
	フィルター	ポリプロピレン
形状・寸法	重量	80g/m
	幅	100±5mm
	厚さ	4±0.5mm
	溝数	28±1
引っ張り強さ	乾燥時	2.55kN/幅
	湿潤時	2.55kN/幅
伸度	乾燥時	25%
	湿潤時	25%
透水係数	フィルター	$1.65 \times 10^{-2} \text{cm/s}$
	面内	$1 \times 10^0 \text{cm/s}$

図3 バッチカルドレンの効果

濁りが工事区域外に拡散するのを防止するため、工事区域内外の海域を遮断するように敷設される。写真4に使用事例を示した。一般的な汚濁防止膜は発泡スチロールやゴムチューブ製のフロートと、フロートに取付られる織布を用いたカーテンで構成される。構造形式としては大きく分けて図4に示す垂下型と自立型がある⁵⁾。垂下型、自立型は現場条件により単独もしくは、複合して使用される。汚濁防止膜を構成する各部材は気象・海象条件を考慮してその必要物性が決定される。表5に固定垂下式汚濁防止膜標準仕様の一例を示す。

2.4 ろ過

ろ過機能を期待するジオンシンセティックスの代表的なものとしては、護岸捨石マウンド等に敷設する防砂シートがある。防砂シートは図5に示すように、護岸捨石マウンド背面に敷設し、干満差や波、流れにより護岸背面の土砂が捨石の間隙から抜け出るのを防止する目的で使用される。一般的な防砂シートは不織布もしくは織布が用いられあらかじめ工場にて幅10～20m程度の大きさのパネルになるよう縫製加工されたものを現場にて敷設する。隣り合うパネル同士は50cm程度の重ね合わせを行い、所定のピッチにて繊維ロープやテープにて結束する。表6に防砂シートの最低規格値⁶⁾を示した。

また、最近では地盤の大きな不陸にも追従できるよう、図6および表7に示すように、伸度を200%以上に高めたジオコンボジット（短繊維不織布＋熱収縮糸）も開発さ

れている。

2.5 遮水および保護

遮水機能を期待するものとしては廃棄物処分場の遮水工として使用される遮水シートがある。2000年6月に施行された「一般廃棄物の最終処分場および産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の一部を改正する命令」により、廃棄物処分場遮水工の基準が厳しくなった。遮水工の一部として遮水シートを用いる場合、アスファルト系以外の遮水シートについては1.5mm以上、アスファルト系遮水シートについては3.0mm以上の厚さを有するものが必要で、特に遮水工として、遮水シートのみを使用する場合については、二重遮水シートが義務づけられている。図7に海面処分場のケーソン式護岸における二重遮水シートによる遮水工の例を示す。現在陸上処分場を含めて、遮水シートの種類は図8⁷⁾に示すようなものがあるが、海面処分場においてはその施工条件から海水に沈むことが求められ、これまではPVCの使用実績が多いが、最近では海水に沈むLLDPEシートが開発されている。なお、遮水シートを敷設する地盤および遮水シート上面には遮水シートが地盤と接することによる損傷防止、廃棄物による損傷防止を目的として保護材を敷設する必要がある、かつ二重の遮水シート間にも同様に廃棄物の埋立に伴う負荷などにより、両方の遮水シートが同時に損傷することを防止する目的で保護材を敷設する必要がある。これら保護材としては、

写真4 汚濁防止膜使用例

表5 固定垂下式汚濁防止膜標準使用例

タイプ	敷設場所の条件	仕 様			
		フロート径 (mm)	フロート形式	カーテン生地 (番手)	ウェイトチェーン質量 (kg/m)
A	有義波高：1.5m以下，流速：0.5m/s以下 （自然の地形で遮蔽された防波堤外の海域）	600	連続	800～500	10～20
B	有義波高：1.0m以下，流速：0.2m/s以下 （防波堤内の広い海域，あるいは自然の地形で 遮蔽された湾奥の海域）	400	連続	500～300	5～10
C	有義波高：0.8m以下，流速：0.1m/s以下 （防波堤内の中程度の広がりをもつ海域）	300	連続	500～300	5～10
D	有義波高：0.5m以下，流速：0.05m/s以下 （湖沼，あるいは湖沼と同等に静寂な十分に 遮蔽された湾奥の海域）	300	単独	300	3～5

- ※1. 連続型は，フロート部に浮力体が連続して配置される。単独型は，浮力体が一連のものを用いる。
※2. 有義波高1.5mを超える海域については，特別仕様となる。
※3. 上記仕様を選定するに当たり，風速，水深，カーテン丈長は，代表的に下記の数値を用いた。
風速：20m/s，水深：20m，カーテン丈長：10m

図4 汚濁防止膜の構造形式

図5 防砂シート敷設概念

図6 高伸度防砂シートの概念図

表6 防砂シートの最低規格値⁶⁾

種別	厚さ	引張強さ	伸び	質量	備考
不織布	4.2mm以上	880N/5cm以上	60%以上	500g/m ² 以上	JIS L 1908
織布	0.47mm以上	4080cN/5cm以上	15%以上	***	JIS L 1908

表7 高伸度防砂シートの規格値

試験項目	ハイブリッドマット	試験方法	不織布規格 (旧運輸省)
厚さ (mm)	6.5 ^{+0.5} _{-0.5}	JIS-L-1908準拠	4.2以上
質量 (g/m ²)	1300 ⁺¹³⁰ ₋₁₃₀	JIS-L-1908準拠 (試験片: 25cm×25cm)	500以上
引張強度 (N/5cm)	タテ 1100以上 ヨコ 1450以上	JIS-L-1908準拠 (試験片幅: 10cm)	880以上
破断伸び率 (%)	タテ 200以上 ヨコ 200以上		60以上
引裂強度 (N)	タテ 500以上 ヨコ 500以上	JIS-L-1908準拠 (トラペゾイド法)	—
透水係数 (cm/秒)	4.29×10 ⁻¹ ※	JIS-A-1908準拠	—

※透水係数については測定値です。

図7 ケーソン式護岸の場合の二重遮水シートによる遮水工の例

不織布（保護マット）が使用される場合が多い。廃棄物処分場において使用される保護材の一例を表8⁸⁾に示した。実績では、陸上処分場においては目付量1000g/m²以上の短繊維不織布（反毛）が、海面処分場では500g/m²以上のスパンボンド不織布の使用事例が多い。写真5に海面処分場の護岸捨石上に敷設された保護マットを、写真6に保護マット上に敷設された遮水シートを示す。

その他、保護を目的としたジオシンセティックスとしては布製型枠がある。布製型枠はポリエステルやナイロ

ン製の織布を袋状の二重構造に加工したもので写真7に示すように護岸の斜面等に敷設後、モルタルやコンクリートを注入することにより、所定の厚さを有する法面保護工となる。布製型枠の主な特徴としては、モルタルやコンクリートを直接内部に注入打設することから施工が非常に早いこと、水中施工が可能なが挙げられる。また、最近では環境保全の観点から図9および写真8に示すように、下層部にモルタル、上層部に植生基盤を注入する二層構造の布製型枠が開発されている。

図8 遮水シートの種類⁷⁾

表8 廃棄物処分場に使用される保護材の一例

項目		単位	不織布			ジオコンボジット
			спанボンド不織布	短繊維不織布	反毛フェルト	
材質			合成繊維・合成樹脂製			
目付量		g/m ²	400以上	500以上	1000以上	
強度	引張強さ	N/cm	185以上	28以上	20以上	100以上
	貫入抵抗	N	500以上			
耐久性	耐候性	N	WS-A型促進暴露試験後（1000hr以上）の貫入抵抗500以上			
	遮光性	%	95以上			
安全性	溶出濃度		S48環告13号，S46総理府令35号 溶出液：蒸留水（20℃），溶出時間：6hr，測定項目：排水基準を定める省令において基準値以下

写真5 保護マット敷設状況

写真6 遮水シート敷設状況

写真7 布製型枠（遮水シートの保護材として使用）

写真8 二層構造布製型枠施工状況

図9 二層構造布製型枠（植物型）

3. おわりに

土木分野において使用されているジオシンセティックスに関して、その機能ごとに代表的な製品を紹介した。ここで紹介したものはジオシンセティックス製品の一部にすぎず、実際にはさらに多くの用途で使用されている。今後も続くといわれる公共投資の減少、少子高齢化の進展、地球規模の環境問題等、我が国は厳しい状況にある中、コスト縮減、環境負荷の低減に寄与できる材料とし

て、今後もさらにジオシンセティックスの適用は増えていくと考えられる。

参考資料

- 1) (社) 地盤工学会；土質基礎工学ライブラリー 40 ジオテキスタイル, p.6, 1994
- 2) 今泉繁良；2003年ジオシンセティックス使用量のアンケート調査結果，ジオシンセティックス技術情報，国際ジオシンセティックス学会日本支部，Vol.21, NO.2, p6, 2005
- 3) 日本規格協会；ジオシンセティック用語 JIS L0221, p8, 1994
- 4) (財) 土木研究センタージオテキスタイル補強土工法普及委員会；ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル改訂版, p.235, 2000
- 5) (財) 港湾空港建設技術サービスセンター・海洋工事汚濁防止協会；汚濁防止膜技術資料 p.2-3, 2003
- 6) (社) 日本港湾協会；港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻），pp350-351, 1999
- 7) (社) 全国都市清掃会議；廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領, p218, 2001
- 8) 同上, p.453, 2001

石田 正利（いしだ まさとし）

昭和62年，大阪工業大学工学部土木工学科修了，同年，太陽工業(株)入社。生産本部，技術本部を経て，現在，土木エンジニアリングカンパニー技術開発部環境技術課長としてジオシンセティックスの開発に従事。技術士（建設部門）

繊維産業に携わる方々は日本繊維機械学会の会員に！

日本繊維機械学会は、繊維産業（繊維製造～アパレル～流通）に携わる研究者・技術者の結集体として昭和23年創立以来、60年にわたって産学連携を基調に絶えず活動を続けております。

また、本学会内に設置された研究会（不織布研究会、テクテキスタイル研究会、繊維リサイクル技術研究会、織機研究委員会、染色加工研究会、生物資源繊維研究会、織構造プロジェクト研究会、企業心理と消費者心理研究会、コンポジテックス研究会、染織品と染織文化財研究会、テキスタイル科学研究会ほか）にもそれぞれの分野の方々に参加されています。

学会活動の活発化や会員の相互啓発は会員が多数であればあるほど、より高まり深くなります。会員各位におかれましてもお知り合いの方でまだ未入会の方がおられましたら、ぜひご入会をおすすめいたしますようお願い致します。