ジオテキスタイルの土構造物への利用技術の現状と動向

久 楽 勝 行*
青 山 憲 明**

最近の技術

1. まえがき

最近の建設事業において、新材料などの先端技術の活用に対する関心がとみに高まってきている^{1,2)}。大量の土砂を取扱う土工においても、大型化、迅速化が進むなかで、従来にみられなかった超軟弱な地盤上に大規模な盛土を築造したり、山岳道路などで長大のり面の安定化をはかる土工事の施工事例も増えている。又、大規模土工に必要な良質の材料を容易に入手することや掘削残土の処分地を確保することが困難な場合が多くなっている。さらに、道路盛土や切土の面、河川堤防などの土構造物に要求される内容も高度化しており、耐久性や安全性、防災対策や環境保全、安全施工などについての要望も高まってきている。

このような情勢や要望に対処する1つの方法として、ジオテキスタイルを積極的に土構造物へ活用していく新しい工法が最近、注目を浴びており、欧米諸国を始めとして日本においても、ジオテキスタイルに関する調査・研究が盛んに行われるようになってきている。特に1977年の第1回のジオテキスタイル国際会議が開催されて以来、表1に示す会議やシンポジウムが開かれている。又、国内においても、土質工学会にジオテキスタイル研究委員会（福岡正巳委員長）が設置され、ジオテキスタイルに関する調査・研究が進められている。

そこで、ジオテキスタイルの土構造物への利用技術の現状と動向について、以下に述べる。

2. ジオテキスタイルの種類と特徴

ジオテキスタイルとは、大地や土地を表わす Geo と織物を表わす Textil の合成語であり、我国にお

表1 最近のジオテキスタイル関連の研究に関する主な活動状況

年 代	研 究 活 動
1977	○第1回ジオテキスタイル国際会議（パリ）
1979	○補強土工法国際会議（パリ）
1982	○第2回ジオテキスタイル国際会議（ラスベガス）
1983	○ジオテキスタイル国際学会設立（スイス）
1984	○土質工学会にジオテキスタイル研究委員会設置（日本） ○ジオグリッド国際シンポジウム（ロンドン） ○ジオメンブレン国際会議（デンバー）
1985	○第11回国際土質工学会にジオテキスタイルセッションを設置（サンフランシスコ） ○ジオテキスタイルを用いた工法の土質工学シンポジウム（東京）
1986	○第3回ジオテキスタイル国際会議（ウィーン）

いては「土安定用繊維材料」と呼ぶいい方もあるが、最近ではジオテキスタイルという用語が一般に用いられるようになってきている。ジオテキスタイルについては、米国の標準工業規格（ASTM）では、「ジオテキスタイルとは、土や岩などの土質材料とともに使用される透水性繊維材料」と定義しているが³⁾、現在では主としてポリプロピレン、ポリエステル、ポリエチレン等の合成高分子材料を原料として、織物、不織布、樹脂ネット、ポリマーグリッド、不透水性のジオメンブレンなどの材料を含めた広義の意味で用いることが多くなっている。なお、ジオメンブレンはジオテキスタイルと区別し、それらを総称してジオテキスタイルジオメンブレンという呼び方もある。

*K. Kutara, 建設省土木研究所機械施工部土質研究室長

**N. Aoyama, 同上研究員

土構造物にジオテキスタイルを活用するに当たっての特徴としては、①軽くて薄いこと、②引張りに対して強いこと、③伸びやたわみ性があること、④必要に応じた透水性や遮水性をもたせることができること、⑤腐食に対する抵抗性が強いこと、⑥現場で継ぎ合わせることができるなど加工が容易であること、などがあげられる。これらの特徴のいくつかは土にない優れた特徴性を有しているため、ジオテキスタイルを土中に敷設あるいは土を覆うことによって、土の弱い点を補い、土構造物の施工の確実性とその強化をはかることができる。

3. 盛土及び切土のり面への利用

ジオテキスタイルの盛土及び切土のり面への利用方法として、表2に示すものがある。

表2 ジオテキスタイルの盛土及び切土のり面への利用法

盛土及び切土のり面への利用法	盛土及び切土のり面の補強
	盛土内の排水工
	のり面の緑化工法
	土留工法
	不同沈下や浅所陥没に対する盛土の補強

3.1 盛土の補強

一般に土構造物はコンクリートや鋼製の構造物に比べると、地震時及び豪雨時の土構造物の安定性は必ずしも高くない。過去の災害事例をみても、盛土や切土斜面で多くの崩壊が発生している。そこで、盛土内に一定の間隔で不織布やネット、ポリマーグリッドなどを敷設して地震や豪雨に対して安定性の高い盛土を築造する方法が考えられる。図1は、日本道路公団による中央自動車道路での盛土の補強にジオテキスタイルを利用した事例を示したものである。この方法は、土とジオテキスタイルの間の摩擦抵抗やジオテキスタイルの引張り強度によって、すべりを防止し盛土の強化をはかるものである。又、図2に示すようにジオテキスタイルを敷設して、盛土のり面の勾配をきつくし急勾配の盛土とすることも可能であり、それによって用地や土工量の節減をはかることもできる。

3.2 盛土内の排水材としての利用

高含水比の粘性土を用いて急速に高盛土を築造すると、盛土荷重による過剰間隙水圧の上昇によって、すべり破壊やはらみ出しが発生することがある。そ

図1 ジオテキスタイルによる盛土補強の施工例

図2 片切・片盛り個所でのジオテキスタイルによる盛土補強工法

こで、盛土の築造に伴う過剰間隙水圧の消散をはかるために、図3に示すように、透水性の高いジオテキスタイルを盛土内に敷設する方法が最近採用されるようになってきている。又、その効果をみるために、図4に示すような試験盛土を築造して、埋設計器によって盛土内の間隙水圧や盛土の沈下状況を測

図3 盛土内の水平排水材としてのジオテキスタイルの施工例

図4 ジオテキスタイルを用いた試験盛土の概要⁴⁾

定することも行われている。これまでの測定結果によると、ジオテキスタイルを敷設したことによる盛土内の間隙水圧の消散効果が認められている⁴⁾。

さらに、傾斜地盤上に腹付けした盛土などでは、地山からの浸透水や雨水の盛土内の浸透によって盛土がのりすべりを起こすこともあるので、それを防止するために、地山との境界部や盛土内にジオテキスタイルを敷設して浸透した水を排除することも行われている。

3.3 土留め工法への利用

ジオテキスタイルを用いた土留め工法としては、これまでにいくつかの工法が提案されており、多数アンカ式ファブリック擁壁やソイルセメントと併用したシートによる布製擁壁、コンクリート擁壁の背面に布性蛇籠を取付けたものなどがある⁵⁾。又、コンクリート擁壁の背面に裏込め材に代わるものとして、透水性の良いジオテキスタイルを張り付けて排水することも行われている。さらに、最近では日本道路公団の九州自動車道路で、引張強度が大きく、低伸び率のポリマーグリッドを用いて、高さ16 mの逆Y型擁壁を施工した例もある。(図5, 6)

今後、施工法も含めてさらに合理的なジオテキスタイルを用いた土留め擁壁の設計法が確立されると、狭い用地及び急峻な山岳地での土留めが容易に、

図5 ポリマーグリッドを用いた逆Y字型擁壁の施工例

図6 ポリマーグリッドの敷設

しかも迅速にできるようになり、材料や建設費の節減につながる事が期待される。

3.4 盛土の不同沈下対策としての利用

橋台やカルバートなどの構造物との接合部における盛土では、盛土と構造物との沈下挙動の違いによって不同沈下が発生し、路面に段差が生じて道路交通の障害をきたす場合がある。そこで、図7に示すようにポリマーグリッドなどのジオテキスタイルを構造物背面の埋戻し部に敷設して、接合部との段差を少なくする方法が提案されている⁶⁾。これまでの大型模型実験では、ジオテキスタイルによる段差の軽減効果が認められており、今後の実用化が望まれる。

図7 ポリマーグリッドを用いた段差防止工法

3.5 切土のり面への利用

切土のり面におけるジオテキスタイルの利用方法として、表層の崩落や浸食の防止、のり面の緑化などがあげられる。又、最近では道路の景観や環境整備の面から、切土のり面の緑化が重要視されてきており、植生の困難な岩のり面においても緑化をはかるために、ジオテキスタイルを用いた植生袋や、コンクリートL型ブロックとジオテキスタイルを組合せた緑化工法⁷⁾などが開発されている。

又、フランスではジオテキスタイルの糸を直接に切土のり面に吹付けて、その強化をはかる新しい工法が開発されている⁸⁾。この工法は、図8に示す装置によって繊維を圧送し、これを切土のり面に吹付ける。その後、図9に示すように、吹付けたジオテキスタイルの糸の上に土を置いて締め固め、切土のり面の強化をはかるものである。この工法の特徴としては、通常の敷設したものに比べ繊維と土の接

図8 ジオテキスタイルの繊維吹付け装置の概要

図9 ジオテキスタイルの切土のり面に吹付けた状態

触面が多いために、補強効果が大きい⁹⁾といえる。

3.6 軟弱地盤対策への利用

軟弱地盤へのジオテキスタイルの利用は、1960年後半から始められており¹⁰⁾、表3に示すような各種の工法が実用化されてきている。

表3 ジオテキスタイルを用いた
軟弱地盤対策工法

軟弱地盤 処理工法	表層処理工法	シート工法
		ネット工法 (敷網工法)
		ロープシート工法 あるいは ロープネット方向
	深層処理工法	竹砕ネット工法
		バックドレーン工法
		プラスチック ドレーン工法
		パイルネット工法

軟弱地盤上に土構造物を築造した場合、地盤の支持力不足によって盛土の沈下や変形、すべり破壊などが生じることがある。このため、図10に示すような軟弱地盤の上にシートやネットを敷設して盛土材料の分離をはかるとともに、ジオテキスタイルに発生する引張り力や土との摩擦抵抗によって地盤の支持力の増加をはかり、それによって施工機械のトラ

図10 軟弱地盤におけるシート工の施工例

図11 ジオテキスタイルと深層混合処理工法の組合せによる軟弱地盤対策¹¹⁾

フィカビリティを確保することが行われている。又、軟弱地盤の圧密を促進し地盤の強度増加をはかるサンドドレーンに代わって、表3に示したプラスチックドレーンや袋づめのバックドレーンが用いられるようになってきている。

さらに、軟弱地盤上に盛土をすると、盛土した部分だけでなく、周辺地盤にも沈下や変形が生じ、近接構造物に影響を与えることがある。このため、周辺地盤への影響を少なくする対策の1つの方法として、図11に示すようなジオテキスタイルと深層混合処理工法（軟弱な土にセメントや石灰を加えて攪拌・混合し、固結した改良柱体を軟弱地盤の深部まで造る方法）を組合せた新しい工法が提案されている¹¹⁾。この工法が確立されれば、上記の目的他にも、盛土の安定や枕下の問題に関して従来、全面的な地盤改良が行われてきたものに対しても、地盤改良の範囲が少なくなり、工費の節減につながるものが考えられる。さらに、超軟弱なピート地盤に深層混合処理法による改良柱体のある間隔に造成し、その上にジオテキスタイルを敷設して路床・路盤の強化をはかる工法が提案され、その試験施工が実施されている。

又、軟弱地盤における地中埋設管では、地盤の不同沈下によって管が損傷を受けることがある。このため、埋設管の不同沈下を防止するため、図12に示すようなシートを用いた基礎形式のものが用いられ

図12 軟弱地盤における埋設管の基礎への適用例

ようになってきている。今後、ジオテキスタイルと鉄筋との併用やポリマグリッドなどの剛性の高いものを管下に敷設して基礎の剛性を高めることで、地盤の不同沈下に対処することも1方法であると考えられる。

4. 堤体補強工法の開発

土砂で造られた河川堤防は、一般に流水による洗堀に対して弱く、また過度の浸透水が堤体内に入ると、のりすべりを起こすことがある。このため、長雨や洪水にも耐え得るような安全性の高い堤体を築造することが望まれており、特に既設の堤防において、堤防を補強し安全性の向上をはかることが重要になってきている。そこで、図13に示すようなジオメンブレンを用いた堤体の補強工法が提案されている¹²⁾。この工法は、川表側にジオメンブレンを全面にはり、河川水の浸透を防ぐとともに、川裏側にはジオメンブレンをかわら状に敷設して、雨水の浸透を防ぎ、さらに堤体内に入った水は外水位の低下時にすき間を通じて外部に排除されるように考慮されている。図13は、降雨実験の結果を示したもので、飽和度の変化からジオメンブレンの浸透防止の効果が認められる。

図13 ジオメンブレンによる堤防補強工法

5. 試験法の開発

ジオテキスタイルを実際に利用するに当たっては、その設計・施工法を確立するとともに、ジオテキスタイルの材料特性並びに工学的特性を把握して、現地の状況にあったジオテキスタイルを選定することが必要である。しかし、ジオテキスタイルの物性を求める試験法については、米国のASTMのように基準化されるものはなく、従来の一般繊維や織物製品のJISの規定などが準用されている。しかし、ジオテキスタイルを土構造物へ利用する場合の用途、機能は一般繊維とは異なるので、それぞれの利用状況に合った合理的な試験法の確立が今後望まれる。さらに、土とジオテキスタイルとが一体となった複合体としての工学的特性を定量的に把握し、それらを合理的な設計、施工に結び付けていくことが重要である。図14は、試験項目と成果の応用としての対象構造物との関連を示していたもので、いずれの試験項目においても、土とジオテキスタイルの複合体としての特性を調べるための新しい試験機の開発と、試験方法の確立が今後必要である。

図15は、複合体としてのせん断特性並びに土中でのジオテキスタイルの挙動を調べるために行った大型3軸圧縮試験の一例を示したものである¹³⁾。試験は、直径358 mm、高さ800 mmの砂の供試体内に、3層にわたってジオテキスタイルを敷設したものについて行った。そして、供試体の応力、変形を測定するとともに、ひずみゲージによってジオテキスタイルの変形挙動も調べた。図16は実験終了後に供試体内から取出したジオテキスタイルの状況を示したもので、剪断によるジオテキスタイルの破断が明確に現れている。

又、ジオメンブレンと不織布とを組合せた新し

図14 試験項目とその成果の活用

図15 ジオテキスタイルを敷設した大型3軸圧縮試験機

い遮水技術の効果を、図17に示す直径1mの大型透水試験によって調べることも行われている¹⁴⁾。

ジオテキスタイルを広く利用するに当たって、上記のようなそれぞれの目的に応じた新しい試験法の開発並びに基準等を、今後まとめていくことが重要である。

図16 試験後のジオテキスタイルの破断状況

(a) 断面図

(b) 平面図

図17 ジオメンブレン等の遮水効果を調べる大型透水試験機の概要¹⁴⁾

6. まとめ

ジオテキスタイルの土構造物への利用技術の現状と動向について述べてきたが、今後ジオテキスタイルを積極的にいろいろの土構造物に広く適用していくことを考えると、従来のそれぞれの現場で多少便利であるとか、安定性や耐久性に多少不安であるので使用するか、あるいは他の個所で用いた事例があるので使用するかといったことではなく、合理的な設計、施工法や適切な試験法に基づいて、ジオテキスタイルを広く利用できるようにしていくことが重要であると思われる。

参考文献

- 1) 福岡正巳; 脚光を浴びるジオテキスタイル, 基礎工, Vol. 12, No. 6, pp. 1, 1984. 6
- 2) 成田信之; 新素材と土木技術, 建設月報 No. 432, pp. 69~73, 1985. 6
- 3) Giroud, J. P.; Geotextiles Production, Geotechnical Fabrics Report, pp. 12~15, summer, 1983

- 4) 久楽勝行, 三木博史, 関 一雄, 工藤浩一郎, 木下 昇, 川端信勝: ジオテキスタイルによる盛土の圧密促進に関する現場試験施工, 土木学会第14回年次学術講演会概要, 1986
- 5) 福岡正巳: 繊維資材の土工への応用, 繊維の機能と用途発展に関する講演会, 日本繊維機械学会, pp. 1~5, 1983
- 6) 久楽勝行, 護摩堂満, 竹内辰典: ジオテキスタイルを用いた段差防止効果に関する大型模型実験, 土木技術資料, Vol. 27, No. 9, pp. 9~14, 1985. 9
- 7) 篠原千尋: コンクリート吹付けのり面の緑化について (中央道大月~勝沼間), 日本道路公団・技術情報, 第40号, pp. 74~87, 1977. 1
- 8) E. Leflaive, M. Khay, J-C. Blivet "Un nouveau materiau le texsol" Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées N 125 mai-juin, 1983
- 9) 坂口昌彦, E. ルフレーブ: 連続した糸で補強された砂の三軸圧縮試験の結果について, 土木学会第41回年次学術

講演会講演概要, 1986

- 10) 山内豊聡: 日本におけるジオテキスタイルの発達, 土と基礎, Vol. 33, No. 5, pp. 3~8, 1985. 5
- 11) 嶋津晃臣, 塚田幸広, 岩瀬信二: 深層混合処理工法の改良形式に関する模型実験, 第19回日本道路会議一般論文集, pp. 53~54, 日本道路協会, 1985
- 12) 久楽勝行, 吉岡 淳, 細谷政和, 佐藤正博: ジオテキスタイルを敷設した堤防の補強効果に関する実験, 第19回土質工学研究発表会講演集, pp. 1323~1324, 土質工学会, 1984
- 13) 久楽勝行, 青山憲明, 竹内辰典, 泉 秀俊: 大型三軸圧縮試験におけるジオテキスタイルの破壊と剪断特性, 土木学会第41回年次学術講演会講演概要, 1986
- 14) 福岡正巳, 今村芳徳, 山中宏之, 西村 淳, 長谷川一宏: ジオメンブレンを遮水材として使う場合に組合せて用いる不織布の研究, 第21回土質工学研究発表会講演集, pp. 1671~1672, 土質工学会, 1986

< 投稿歓迎!! >

繊維工学編集委員会では, 下記のような種類の手稿の投稿を歓迎いたします。学問的, 技術的知見, 経験などで, 公開できるものはできるだけ多く「繊維工学」誌上にご発表いただき, 会員の相互啓発, ひいては我国の学界, 産業界の発展に寄与されることを希望します。

- 総 説:** 提案, 意見, 批評等の論説
- 展 望:** 研究, 技術, 経済などの総合的な記事
- 技術報告:** 工業的に役立ち, 技術的に価値を有する実際的な試験, 研究, 調査等
- 最近の技術:** 繊維工業分野に直接あるいは間接に関係する最新の内外の技術, 重要トピックス等の平易な解説記事
- 研究解説:** 研究論文の平易な解説記事
- 技術解説:** 工業技術の解説記事で工夫, 考案, 改良等を含む
- 講 義:** 系統的でまとまった知識を与える記事
- 資 料:** 調査, 解説等の技術的に価値ある資料で, 他のどの種類にも該当しないもの
- 製品紹介:** 技術的に優れた製品の紹介
- 見 学 記:** 学校, 研究所, 会社等の見学記録
- 座 談 会:** 対談, てい談, 座談会の記事

- 委 員 会 報 告:**
- 研 究 会 報 告:** 委員会, 研究会等に関する報告記事
- 委 員 会 だ よ り:** よび記録
- 会 員 の 広 場:**
- Q & A, シグマ, 書評等

◎投稿後の原稿の取扱い

1. 原稿の採否, 分類等については繊維工学編集委員会で決定します (依頼あるいは投稿された原稿は専門分野の査読委員が査読し訂正を求めることがあります)。
2. 掲載された原稿については, 規定の原稿料をお支払いします。
3. 校正は原則として初校ケラにて1回お願いします。
4. 抜刷は30部に限り進呈いたします。
5. 投稿にあたっては本会「投稿規定」をご参照の上, 所定の原稿用紙 (希望により送付) をご使用下さい。
6. 版權は本会に属します。

「会員の広場」欄への投稿案内

会員各位の関心を反映し, 知識, 経験を紹介するため「繊維工学」誌上に「会員の広場」欄を開設しています。本欄は次の2項目により構成されていますが, 形式は問いませんので各位積極的に原稿をお寄せ下さい。なお, 掲載の可否は編集委員会にご一任下さい。

Q & A: 「繊維工学」誌上に掲載の記事に対する質問やご意見, アドバイス等, 又, 日常の研究, 工場やビジネスの中で疑問を感じたりされたことをお寄せ下さい。回答とともに無記名で掲載します。ただし, 原稿には氏名, 勤務先等を明記して下さい。

シグマ: 情報, 提案, 随想等を幅広く紹介します。800字程度でご自由にお寄せ下さい。

繊維工学編集委員会