研 究 発 表

土木分野における スパンボンド法不織布の利用例

大 矢　　滋*

1. はじめに

最近土木工事分野では“ジオテキスタイル”という言葉がひんぱんに使われるようになって来た。

平成５年１月に書物となって出回り、広く利用されておる“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”（財団法人　土木研究センター）によればジオテキスタイルは大別して不織布、織布、編物、ジオグリッド、ジオネット、複合製品、連続長繊維、混合土、ジオメンブレンに分けられるが、ここでは多岐にわたって使われておる不織布について紹介する。

不織布の中でも良く使われているのがスパンボンド法不織布であるが、スパンボンド法不織布とは、紡糸（スパン：Spun、紡ぐ）から布を形成する（ボンド：Bond、結合）まで連続的に行う方式で製造された不織布である。従来、土木分野では排水材としてはサンドフィルターが使用されていたが、(1)良質砂の入手が困難、(2)価格が高い、(3)施工性が悪いなどの問題があり、スパンボンド法不織布が砂の代わりに使用されるようになった。又、欧米では良質の砂が無いことから、スパンボンド法不織布が日本以上に使用され、歴史も長く、各国とも独自の土木用途を開発し成功している。

ここにご紹介するタフネル土木マットＥＸ型は昭和46年に三井石油化学工業株式会社で開発されたスパンボンド法不織布であり、その原料は欧米で最も主流になっているポリプロピレンを使用しており、三井石油化学工業株式会社ではその後本格的に土木分野への用途展開を図って来た。

2. 一般土木分野での利用例

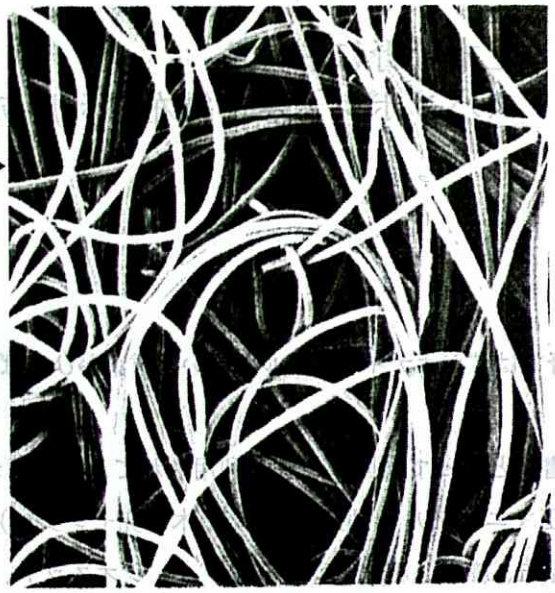
一般土木分野では、「タフネル土木マットＥＸ型」（以下タフネル）が使用されている。

タフネルは、写真－１のようにポリプロピレン連続長繊維がニードルパンチにより立体的に絡み合っているため、土木用マットとして欠くことのできない、(1)透水性能、(2)フィルター効果、(3)セパレーション効果、(4)補強効果がある。

表－１にタフネルの仕様を示した。

*栄光産業（株）

写真－1 →



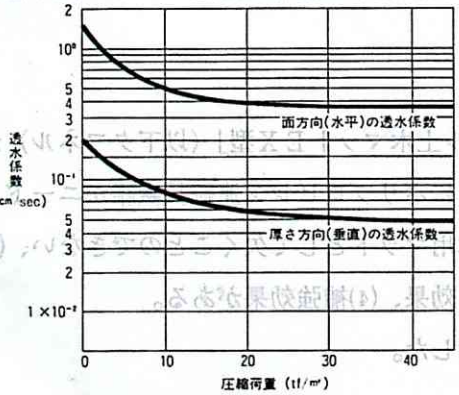
表－1
タフネルの物性

項目		単位	EX-26	EX-40	EX-60	EX-80	試験方法
目付		g/m²	140	200	300	400	JIS L 1085に準ずる
厚さ		mm	1.5	2.0	3.0	4.0	JIS L 1085に準ずる
引張強度	たて	kgf/5cm (kgf/20cm) (tf/m)	30 (120) (0.6)	50 (200) (1.0)	80 (320) (1.6)	95 (380) (1.9)	JIS L 1085 ISO 10319
	よこ	kgf/5cm (kgf/20cm) (tf/m)	30 (120) (0.6)	50 (200) (1.0)	80 (320) (1.6)	95 (380) (1.9)	
伸び	たて	%	110	100	100	100	JIS L 1085
	よこ	%	70	60	60	60	
引裂強度	たて	kgf	20	25	35	45	JIS L 1085に準ずる
	よこ	kgf	15	20	30	35	
透水係数	垂直	cm/s	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}	JIS A 1218に準ずる
	水平	cm/s	1×10^{0}	1×10^{0}	1×10^{0}	1×10^{0}	

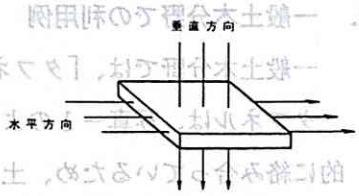
注）●上記物性値は標準値です。
●透水係数は無荷重の場合です。
●20cm幅の引張強度は、ISO（国際工業標準規格）試験法による値です。

A、特　　長

① 内部の空隙率が大きいので、良質の砂よりも10～100倍高い透水性能がある（図－1参照）

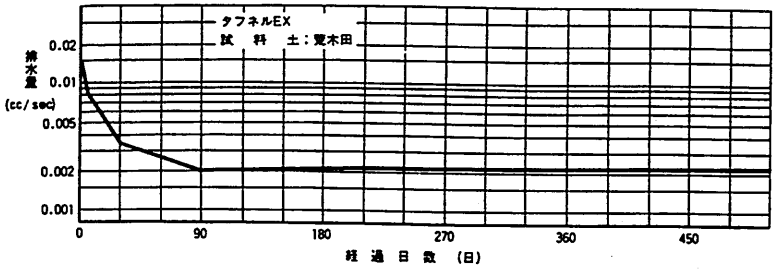


タフネルEXの圧縮荷重下での透水係数の変化

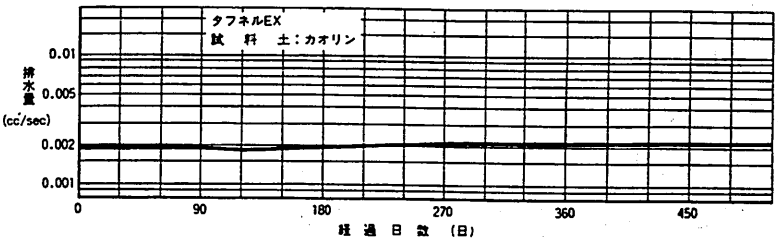


タフネルEXの厚さ（垂直）と面（水平）方向

図－1



タフネルの厚さ方向(垂直)透水試験結果



図－2

② 土粒子の侵入により目詰まりすることなく、長期間にわたり透水機能を維持し、フィルター効果がある。(図－2参照)

③ 排水層（砂、礫など）と客土又は原地盤と盛土材料など、2種類の異なる性状の土砂のセパレーション材として、排水層の目詰まり防止及び客土・盛土材料のめり込みを防止する。

④ タフネルを土中に埋設することにより、土中の間隙水の排除、土構造物に加わる応力の分散・均一化に効果を示し、土構造物自体を補強できる。

⑤ 原料がポリプロピレンの為、耐薬品性や耐真菌類に優れている。(表－2参照)

表－2　ポリマーの性質（E. W. Cannonの論文より抜粋）

性質		ポリエステル	ナイロン66	ナイロン6	ポリアミド	ポリエチレン	ポリプロピレン	テフロン	ポリ塩化ビニール	レイヨン	ジュート
物理的性質	強度（g/inch²）	7.8	8	8	5.3	4.5	8	1.4	1.8	2.2	—
	破断時の伸長率(%)	9	15	17	22	25	18	15	25	18	—
	比重	1.38	1.14	1.14	1.38	0.94	0.91	2.1	1.69	1.5	1.5
	融点（℃）	260	250	215	370	120	165	327	—	190	—
	最大作業温度（℃）	150	90	65以下	200	55	90	280	—	150以下	65以下
抵抗	真菌類	1	3	3	3	4	3	3	3	3	1
	昆虫	2	2	2	2	4	2	3	3	2	1
	害虫	2	2	2	2	4	2	3	3	3	1
	鉱酸	3	2	2	2	4	4	4	3	1	1
	アルカリ	2	3	3	3	4	4	4	3	4	1
	熱気	3	2	2	4	2	2	4	2	2	2

注）抵抗性の数字は悪い…1，可…2，良…3，優…4を示す。

⑥ 広幅（最大4ｍ）で軽量の為、現場への搬入及び施工が容易である。

⑦ 市販のトーチランプなどにより、簡単に加熱融着ができ接続が容易である。

B、用　　途

① 吸出防止（護岸、排水層）

② 土砂のセパレーション

③ 盲暗渠目詰まり防止

④ 盛土（水平排水、層厚管理材）

⑤ 軟弱地盤表層処理

⑥ トンネル排水

⑦ 道路遮断排水

⑧ ヘドロ等の浚渫脱水

⑨ 歩道の安定（インターロッキングブロック用）

⑩ 各種遮水シートの背面（保護、排水、ガス抜き）

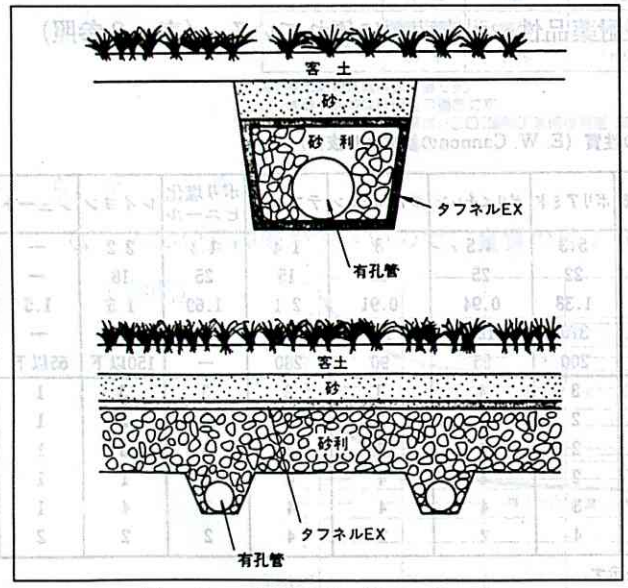
C、利　用　例

一般土木分野でのタフネルの代表的利用例を紹介する。

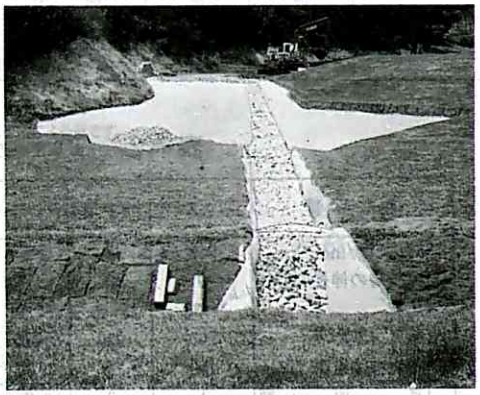
① 盲暗渠目詰まり防止

本用途は、タフネルのフィルター性能を利用したもので、ゴルフ場、グランドなどの盲暗渠のフィルター材として使用されている。

図－3及び写真－2のように、砂利、有孔管などの外周をタフネルで被覆して排水層への土砂の侵入を防止する。



図－3　土砂のセパレーション



写真－2　ゴルフ場暗渠排水

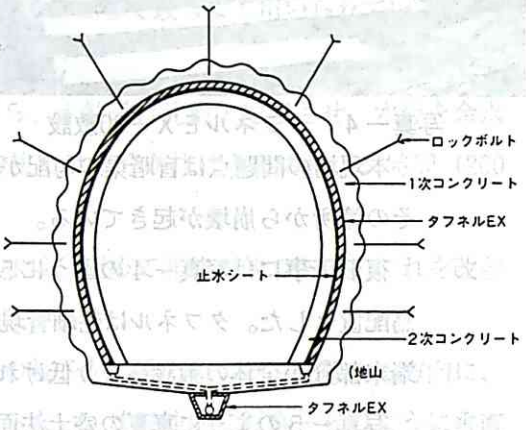
なお、盲暗渠用としてタフネルが採用され、20年以上経過した現場もあるが、集排水機能は失われず効果を発揮している。これは図－2の結果でも立証されている。

② トンネルの排水とセパレーション

オーストリアでは図－４のようにＮＡＴＭ工法トンネルの施工に当たって、スパンボンド法不織布が、１次コンクリートと、２次コンクリートの間に敷設されている。この目的は、地山からの湧水を速やかに排水し、トンネル構造物に対する水圧の発生、及びトンネル内部への水漏れを防止し、併せて２次コンクリートの収縮亀裂の発生を防止することにある。

なお、水漏れ防止効果を完全なものにするために、止水シートが併用されている。

日本では昭和56年国鉄福知山線第２道場トンネルで試験された結果で、２次コンクリートの亀裂発生が見られなかったと報告されており、以後ナトムシートという呼称で広く使用されるようになって来た。



図－４　トンネル排水

又、県内でもＪＲ東日本旅客鉄道㈱の小千谷新山本調整地（発電所）へ送水する送水トンネル（ＮＡＴＭトンネル）にタフネル（厚さ３㎜）が１次コンクリートと２次コンクリートの間に敷設され、収縮亀裂の発生防止に大きな力を発揮した。

③ 盛土水平排水

盛土中にタフネルを敷設する主目的は、盛土内の過剰間隙水を速やかに排水して、盛土の圧密沈下を促進するとともに、土砂のすべり破壊を防止し、併せて盛土補強材としての効果を期待したものである。盛土水平排水材としてタフネルを土中に埋設する場合の敷設間隔は、一定の理論に基づいた計算により決定している。写真－３は入広瀬村地内で起こった道路崩壊の現場であるが、盲暗渠が入っていたにもかかわらず地山からの湧水により盛土の含水比が高くなりすべったものである。

写真－３
道路崩壊

写真－4　タフネルＥＸ－80敷設

写真－5　タフネル水平排水法面

本現場の問題点は盲暗渠の勾配が盛土の圧密により一部逆勾配になった箇所があり、その箇所から崩壊が起きている。

復旧工事には写真－4のように5％の勾配でタフネルを敷設し高さピッチ2ｍの千鳥配置とした。タフネルは毛細管現象とサイフォン現象の両機能を併せ持っている為、端末部分が全体の敷設高より低ければ水は完全に排水される。

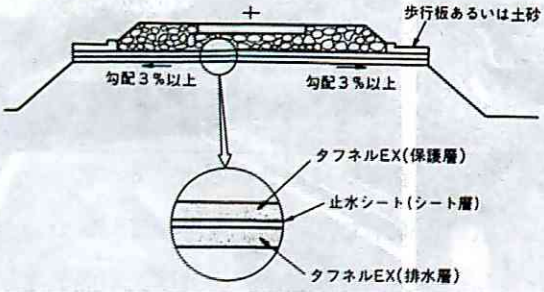
写真－5のように真夏の盛土法面が乾いている時でも一定間隔で水が排水されているのが良く分かる。

④　噴泥防止

インターロッキングブロックの施工時、サンドクッションと路盤の間にタフネルを敷設することにより、地下水位が上がった時や降雨時にサンドクッションが路盤材の中に混入したり、路床材が路盤を通過してサンドクッション内に混入することを防止する。

又、旧日本国有鉄道はジオテキスタイルの鉄道路盤への適用として路盤面被覆工法を確立した。

鉄道の路盤は、その特徴として直接道床用砕石（バラスト）に接する。その為、地表水や地下水により軟化した路盤は、列車の繰返し荷重の影響を受け泥化し、道床の間隙を上昇して表面に噴き出し路盤噴泥という現象を生ずる。噴泥が生じた区間は、道床の弾性が失われるとともに、線路に不陸を生じさせ、ガイドウェイとしてのレールの機能を低下させる。



図－5　路盤面被覆工

路盤面被覆工法は図－5のように3層構造になっており、遮水層としては合成ゴム・ポリエチレン・塩化ビニール系のシートが使用され、保護層及び透水層にタフネルが使用されている。保護層は遮

水層を列車荷重による道床用砕石の貫入から保護し、透水層は路盤中の水をスムーズに排水するのが目的である。

⑤　ヘドロ等の浚渫脱水

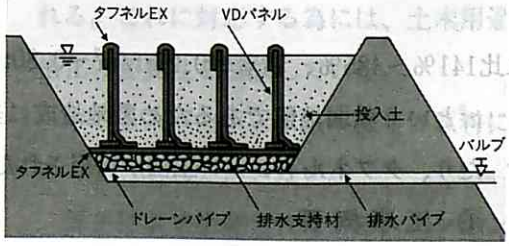
最近湖沼の浄化が全国的に取り上げられているが、一般的な手法として湖沼の浚渫が行われている。この浚渫土は多量の水を含んでいるので、揚泥したあと何らかの方法によって水を切らなければならない。この方法として最もよく用いられているのが、沈殿池による固液分離である。

これは、沈殿池に浚渫泥水を投入しながら、土粒子は沈殿・堆積させ、水分を余水吐から排水させる方法である。ただこの方法では水分が抜けきるのに、長時間（200～300日）を要する。

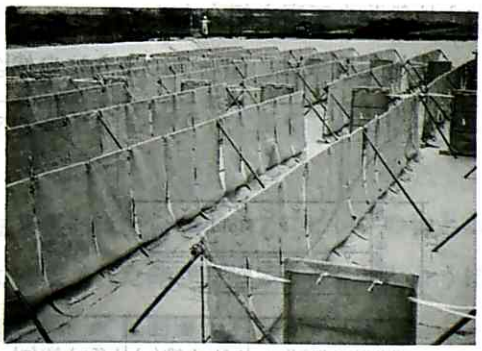
このように、沈殿池における浚渫土の脱水は、極めて非能率的である。これを改善したのが、タフネルを用いた急速底面脱水法である。

この考え方は図－6のように浚渫土の水の粒子が、重力によって沈降する方向に、水の抜け道を作ってやるということに他ならない。沈殿池内に写真－6のように垂直にタフネルをセットし、底面にもタフネルを敷設し、土木的なろ過を行う。すなわち沈殿池に投入された浚渫土の水の粒子は垂直のタフネル内を通って底面のタフネルからさらに下側の栗石を通過して排水パイプから外部へ排出される。

このタフネルによる急速底面脱水工法は新潟県内でも昭和58年に鳥屋野潟で試験施工が行われ、平成4年1月と平成4年11月にそれぞれ数万m³の数量で工事が実施されており、昭和58年、平成4年1月とも予想をはるかに上回る効果が得られた。



図－6　底面脱水工法模式図



写真－6　沈殿池にタフネルをセット

3.　垂直（バーチカル）ドレーンへの利用例

A、タフネルドレーン工法の原理

タフネルドレーン工法とは、表－3に示した仕様のタフネルドレーン材を排水材として使用し、圧入式打設機械などで軟弱地盤中に打設し、載荷圧密により地盤改良する工法である。原理はサンドドレーン工法やパックドレーン工法とまったく同様であり、地盤改良に要する圧密沈下時間は、タフネルドレーン材のピッチにより決定される。

表－3　タフネルドレーン材の仕様・性能

項目		単位	内容	試験方法
不織布の種類		—	スパンボンド法不織布	—
構成素材		—	ポリプロピレン連続長繊維（接着剤を使用していない）	—
仕様	幅	mm	102±2	JIS L 1089に準ずる
	厚さ	mm	7.5±1	JIS L 1089参考
	長さ	m/巻	200	—
性能	引張強さ	kgf/10cm	175以上	JIS L 1085参考
	透水係数	cm/sec	10^{-1}～10^{-2}	JIS A 1218参考
	耐屈曲性	—	180°折り曲げで損傷しない	三井石油化学法
	低温特性	—	－40℃で破壊しない	JIS K 7216参考
	集水面	—	全集面	—

B、特　　長

タフネルドレーン工法の材料、及び工法の特長は次のとおりである。

① ドレーン材としての透水係数が大きいので、排水効果が良好。

② フレキシブルな材料なので、地盤の変形に対して追従性がある。

③ 打設速度が速い。

④ 施工管理が容易。

⑤ ドレーン材の断面が小さいので、地盤を乱さない。

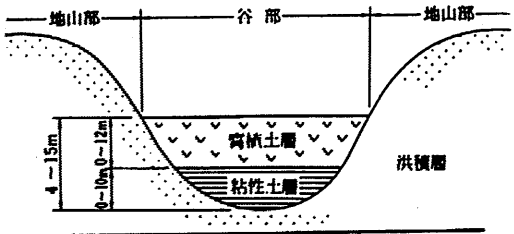
⑥ 材料の接続が容易。

⑦ 他工法と比べ材料費、施工費が安い。

C、利　用　例

昭和58年に実施した柏崎市内における田尻工業団地（総面積61.1ha）造成工事に伴う地盤改良工事を紹介する。

当施工区域は、図－7のように自然含水比141％～485％、粘着率0.25tf/m²～0.80tf/m²という軟弱地盤であるため敷地造成に当たり、タフネルドレーン工法が採用された。



土質	腐植土	粘性土
湿潤単位体積重量 γ_t	1.01～1.27t/m³	1.65～1.91t/m³
土粒子の比重 G_s	1.78～2.46	2.66～2.73
自然含水比 w_n	141～485%	32～60%
液性限界 w_L	124～494%	56～85%
粘着力 c	0.25～0.80t/m²	1.35～2.60t/m²

図－7　地盤概要模式図と土質特性

① 工事概要

施工場所：新潟県柏崎市大字田尻地区

工　　期：昭和58年8月～11月

改良深度：6m～15m（平均9.6m）

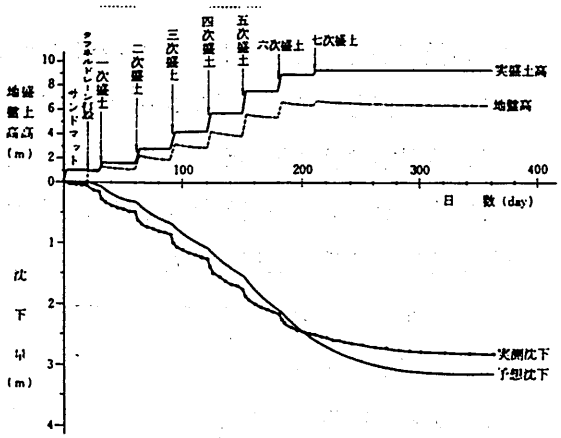
打設延長：1,152,700m

打設本数：120,500本

当地においては、軟弱地盤の構成が非常に変化に富んでおり、土層の構成及び層厚は、各地域によって異なっている。よって、設計用土質条件として、当造成地の代表

区　　域		調整池部	造　成　部	市道柏崎線部
層　厚	腐植土層	8.5m	6.0m	8.5m
	粘性土層	3.0m	6.5m	10.0m
計画地盤高		現GL+5.5m	現GL+5.5m	現GL+4.9m
実盛土高		10.5m	9.3m	10.7m
圧密沈下量		5.0m	3.2m	5.2m
沈下後の撤去量		0 m	0.6m	0.6m
段階盛土回数		7 回	7 回	7 回
タフネルドレーン配置		0.7m×0.7m正方形配置		

表－4　検討結果



図－8　沈下曲線図

的な3ヶ所について検討を行い、これに基づいて地盤改良を計画、実施した。その時の代表的な3ヶ所の検討結果を表－4に示す。

② 結　　果

図－8に沈下板観測データにより得た実測沈下量を示す。図－8からわかるように実測沈下量と予想沈下量に30cm程度の差はあるものの全体の沈下量からすれば10%程度の差であり、全体的な沈下傾向としては予想（設計）沈下曲線とほぼ一致しているものと考えられる。

4. おわりに

以上、スパンボンド法不織布の代表的利用例を紹介した。今後、スパンボンド法不織布は、ジオテキスタイルの主力製品として、土木分野でますます利用されていくものと思われる。これに対応する為には、土木用途に合った工法の確立、使い方のマニュアル化、規格化の必要性を痛感している。

中でもスパンボンド法不織布の原料について最近学会等でも大きく取り上げられているので少しふれておきたい。

現在日本で生産されているスパンボンド法不織布は原料がポリプロピレンの物とポリエステルの物に大別されるが、実際土木分野で利用された時、表－2に示されたようにポリエステルは真菌類やアルカリに弱い為、使用に際しては問題がある。

このことは平成2年3月に開催された社団法人土質工学会の“ジオテキスタイルの適用性に関するシンポジウム”の設計法分科会で水利構造物グループが“ジオテキスタイルを適用した水利構造物の設計方法”の論文の中でハッキリと「ジオテキスタイルが、排水材としての機能を果たすためには、②土やコンクリートに接することから、酸やアルカリに冒されにくい耐久性に優れた材料であること。……酸やアルカリにより、溶解あるいは

物性の低下が生じやすいレーヨンやポリエステル製品の使用は避けるべきである。」と述べている。極力ポリプロピレンを原料としたスパンボンド法不織布を使用して行きたい。

尚、新潟県は軟弱地盤が多い事や降雨量の多い事からタフネルが全国でも最も多く使われている。その量は平成５年度１年間で土木マット（厚1.5㎜～４㎜）が約45万㎡、ドレーン材が約16万５千ｍ使用された。

タフネルドレーンに関しては昭和55年に初めて新潟県内で打設して以来、約2,630,000ｍの施工実績となった。

これからもいろいろな分野でスパンボンド法不織布“タフネル”の新しい利用方法を研究して行きたい。

「あるがままの現実に何故と問うより、まだ見ぬ理想にいつか必ずと誓おう」