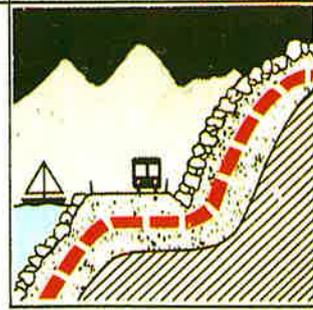
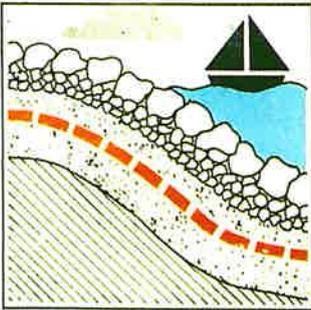
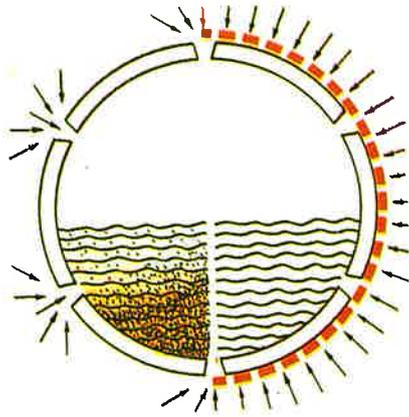
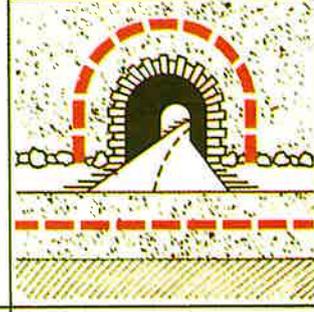
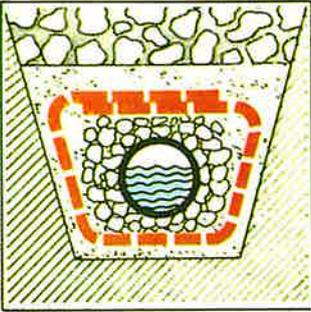


T.C.
BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI
DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TEKNİK ARAŞTIRMA ve KALİTE KONTROL DAİRESİ BAŞKANLIĞI

YAYIN NO: MLZ. 798

JEOSENTETİKLER



ANKARA - 1995

T.C.
BAYINDIRLIK ve İSKAN BAKANLIĞI
DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TEKNİK ARAŞTIRMA VE KALİTE KONTROL DAİRESİ BAŞKANLIĞI

YAYIN NO : MLZ.798

JEOSENTETİKLER

DAİRE BAŞKANI : Dr.Müh. Ergün DEMİRÖZ
BAŞKAN YARDIMCISI : İnş.Yük.Müh. Mümtaz TURFAN
ŞUBE MÜDÜRÜ : İnş.Müh. Ali ÖZTÜRK

YAZAN : Kimya Müh. Taylan ÇORUH

ANKARA - 1995

JEDESENTETİKLER

SAYFA

1	GİRİŞ	1
2	JEOTEKSTİL	2
2.1	Tanım	2
2.2	Jeotekstil yapım malzemeleri	2
2.2.1	Poliamid (P.A Naylon)	2
2.2.2	Polyester (PETP)	3
2.2.3	Polifine (Polipropilen, Polietilen) (PP.PE)	3
2.3	İplik üretimi	5
2.3.1	Filamentlerin, şeritlerin, filmlerin çekilmesi	5
2.3.2	Temel iplik biçimleri	7
2.3.2.1	Monofilamentli (Tek filamentli)	7
2.3.2.2	Çok filamentli (Yarns)	7
2.3.2.3	Şerit (Yassı bant) ve Dokuma (Weaving) film	8
2.3.2.4	Filmlerden hazırlanmış iplikler	8
2.4	Jeotekstil cinsleri	8
2.4.1	Örgülü jeotekstil ve üretimi	9
2.4.1.1	Örgülü jeotekstil cinsleri	9
2.4.2	Örgüsüz jeotekstil ve üretimi	12
2.4.2.1	Örgüsüz jeotekstil çeşitleri	13
2.5	Özelikler	13
2.5.1	Malzeme ve fiber özelikleri	14

		<u>SAYFA</u>
2.5.2	Fiziko-kimyasal dayanıklılık	16
2.5.3	Geometrik yaklaşım, boyutsal özellikler, birim kütle	18
2.5.3.1	Jeotekstilin geometriksel tanımı	18
2.5.3.2	Genişlik ve uzunluk	21
2.5.3.3	Kalınlık	21
2.5.3.4	Birim kütle	21
2.5.4	Mekanik özellikler	24
2.5.4.1	Jeotekstil ve hammaddelerin gerilme-deformasyon ilişkileri	25
2.5.4.2	Visko-elastik davranışlar	29
2.5.5	Hidrolik özellikler	36
2.5.6	Sonuç	36
2.6	Jeotekstil sınıflandırma yöntemleri	37
2.7	Jeotekstil fonksiyonları ve kullanım alanları	39
2.7.1	Ayırma (Separasyon)	44
2.7.1.1	İki granüler ortamın ayrılması	46
2.7.1.2	Granüler ortamın sıvılardan ayrılması	51
2.7.1.3	Granüler ortamın havadan ayrılması	59
2.7.1.4	Sıvıların havadan ve sıvıdan ayrılması	61
2.7.1.5	Kuvvetlerin zararlı etkilerinden korunmak için iki ortamın ayrılması	61

		<u>SAYFA</u>
2.7.1.6	Jeotekstilin barajlarda erozyon kontrol ve yamaç korumada kullanımı	61
2.7.2	Filtrasyon	
2.7.2.1	Tanım	64
2.7.2.2	Filtre malzemeleri	64
2.7.2.3	Filtre fonksiyonu için jeotekstilde aranan özellikler	66
2.7.2.4	Barajlarda filtrasyon amaçlı jeotekstil uygulamaları	67
2.7.2.5	Tasarım (Dizayn) kriterleri	71
2.7.2.6	Jeotekstil çeşitlerinin filtrasyon üzerindeki etkisi	80
2.7.3	Drenaj	81
2.7.3.1	Tanım	81
2.7.3.2	Drenaj yapım malzemeleri	81
2.7.3.3	Drenaj fonksiyonu için jeotekstilde aranan özellikler	84
2.7.3.4	Tasarım (Dizayn)	85
2.7.3.5	Drenaj uygulamaları	86
2.7.4	Takviye (Güçlendirme)	102
3.	JEOMAMBRAN	114
3.1	Tanımı, yapım malzemeleri ve üretim	114
3.2	Fonksiyon ve özellikler	116
3.3	Tasarım (Dizayn)	118
3.3.1	Genel	118

		<u>SAYFA</u>
3.3.2	Hidrolik yükler ve gaz basıncı	119
3.3.2.1	Dalga (Dinamik yükler)	119
3.3.2.2	Akıntı	120
3.3.2.3	Statik yük farklılıkları	120
3.3.2.4	Gaz basıncı	121
3.3.3	Zemin mekaniği ile ilgili yükler	121
3.3.3.1	Jeomembrana dik yükler	122
3.3.3.2	Jeomembran içindeki yükler	123
3.3.3.3	Kaplama malzemesinin membran üzerindeki hareketi	123
3.3.4	Biyolojik etkiler	123
3.3.4.1	Mikroorganizmalar	124
3.3.4.2	Bitki örtüsü	124
3.3.4.3	Yosun	124
3.3.4.4	Kemirgen hayvanlar	124
3.3.4.5	Kuşlar	125
3.3.4.6	Diğer memeliler	125
3.3.5	İklim etkileri	125
3.3.5.1	Rüzgâr	125
3.3.5.2	Güneş ışığı	125
3.3.5.3	Yağış	126
3.3.5.4	Sıcaklık	126
3.3.6	Kimyasal bozulma	
3.3.6.1	Nüfuziyet (Girişkenlik)	127
3.3.6.2	Gerilme korozyonu ve gerilme relaksasyon	129
3.4	Kullanım yerleri	130
3.4.1	Zararlı atık depolama havuzu	130

		<u>SAYFA</u>
3.4.2	Sıvı depolama rezarvuarları	131
3.4.3	Barajlar	137
3.4.4	Tüneller	140
4.	DENEYLER	148
4.1	Genel	148
4.2	Jeotekstil	151
4.2.1	Fonksiyonlar açısından gözönüne alınması gereken karakteristik- ler	151
4.2.1.1	Drenaj için gözönüne alınması gereken karakteristikler	151
4.2.1.2	Filtrasyon için gözönüne alınması gerekli karakteristik- ler	152
4.2.1.3	Ayırma işleminde gözönüne alın- ması gereken karakteristikler	153
4.2.1.4	Güçlendirme(Takviye) için gözönüne alınması gerekli karakteristikler	154
4.2.2	Deney atmosferi	155
4.2.3	Testler	155
4.2.3.1	Mekanik testler	156
4.2.3.2	Hidrolik testler	162
4.3	Jeomambran	170
4.3.1	Kalınlık	170
4.3.2	Gerilme-deformasyon ilişkileri	171
4.3.2.1	Patlama dayanımı	171
4.3.2.2	Özel takviye	173
4.3.3	Sünme ve gerilme gevşemesi	173
4.3.4	Sürtünme	173
4.3.5	Aşınma dayanıklılığı	174

4.3.6	Delinmeye karşı dayanıklılık	175
4.3.7	Yırtılma dayanımı	175
4.3.8	Elastikiyet (Genleşme)	175

JEOSENTETİKLER

1- GİRİŞ :

Polimer ürünleri günlük yaşantımızda polimer sanayindeki gelişmelere paralel olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. İnşaat işlerinde ise genel olarak jeosentetikler olarak adlandırılan polimer ürünlerinin jeotekstil, jeomambran, jeoağ(jeomat), jeoızgara(jeogrid), birleşik jeosentetikler adı altında inşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanım alanına girdiği gözlenmektedir.

Yurdumuzda yeni yeni tanınan bu malzemeler, özellikle Avrupa ve Amerikada 50'li yıllardan beri gittikçe artan bir şekilde ve başarıyla kullanılmaktadır. Her yeni malzemede olduğu gibi bu tür malzemelerinde geleneksel malzemelerin yerini alabilmesi için uzun bir süre geçmesi gerekmiştir. Geleneksel malzemelerle karşılaştırıldığında geçmişe dayalı bilgi, gözlem, deneyim eksikliği bu malzemelerin başlangıçtaki en büyük handikapı olmuştur. Ancak yıllar boyunca bu malzemeler üzerinde yapılan gözlemler ve incelemelerin bu tür malzemelere karşı duyulan tedirginliği büyük ölçüde ortadan kaldırdığını söylemek mümkündür.

Yurdumuzda da bu tür malzemeleri üreten veya pazarlayan firma sayılarındaki son yıllardaki artış bu tür malzemelerin yurdumuzda da yaygın bir kullanıma sahip olmaya başladığının bir göstergesidir. Bu kitapta, diğer jeosentetikler yanında en yaygın kullanıma sahip olan jeotekstil ve jeomambran konusu işlenecek kimi zaman ayrı bir sınıf olarak değil de jeotekstilin bir türü olarak da düşünülebilen diğer jeosentetiklere kısaca yer verilecektir.

2- JEOTEKSTİL

2.1 Tanım :

Jeotekstil; temel, zemin, kaya ve toprak malzemede kullanılan geçirgen tekstil ürünü olup sentetik yapıllı ürünlerin bütünü veya sistemidir.

2.2 Jeotekstil Yapım Malzemeleri :

Jeotekstil yapımında pekçok hammadde kullanılır. Bunların bellibaşlıları arasında alifatik poliamid (naylon); polipropilen; polietilen; polyester; vinil (polivinilklorür); cam, mineral veya karbon fiberleri; çelik çubuk; aromatik polyester veya poliamidler; kompozit malzemeleri sayabiliriz.

Bunlardan yaygın şekilde kullanılan 3 grubun özelliklerini bilmek uygun jeotekstil seçimi konusunda önemlidir.

2.2.1 Poliamid (PA, Naylon)

Aşınmaya karşı yüksek dayanıklılık gösterir. Bu nedenle döşeme endüstrisinde geniş kullanım alanına sahiptir. Düşük yanabilirlik derecesine sahip olan bu malzemelerin kimyasal inertliği yüksek olmasına karşın sulu ortamlara karşı belli bir duyarlılığı vardır. Naylon ürünler suya daldırıldıklarında, uzun süre su içinde tutulduğunda veya doyma durumuna yaklaşan çevre koşullarında mekanik özelliklerinde % 20-% 30'lara varan düşüşler olur. Diğer bir deyişle mekanik özellikleri zeminin neminden etkilenir. Jeotekstil yapımı için iki önemli poliamid cinsi kullanılır. Bunlar poliamid 6 ve poliamid 6,6'dır.

Malzeme özelliklerini istenilen düzeye çıkarabilmek veya üretim reaksiyonlarını kontrol edebilmek için çeşitli katkı maddeleri kullanılır. Bunlar; aminler, karbolik asitler gibi zincir terminatörleri (viskozite dengeleyicileri), polimeri ışık etkisi nedeniyle yaşlanmaya (eskimeye) karşı koruyan manganez 2 bileşikleri, yine polimeri arzu edilmeyen termooksidasyon etkilerine karşı koruyan bakır bileşikleri ve aro-

matik aminler ve titanyumdioksit (beyaz), karbon siyahı (siyah) gibi renk pigmentleridir.

2.2.2 Polyester (PETP)

Bükülüp eğilerek iplik yapılabilen polimer ailesinin bir üyesi olan bu lineer polyesterler tekstil endüstrisine mükemmellik sağlamıştır. Yüksek modüllere sahip olması, sürünmeye karşı (krip) dayanıklılık, 200°C'ye kadar mekanik özelliklerinde değişiklik olmaması bu malzemelerin mekanik düzeydeki ilginç özellikleridir. Önemli kimyasal özellikleri solventlere, deniz suyuna, asitlere karşı gösterdiği dayanıklılıktır. Ancak pH 11'den yüksekse bazik ürünlere karşı duyarlıdır.

Bu ürünlerde katkı malzemeleri ile desteklenir. Bunlar, polimerizasyon hızını arttırmak için kullanılan manganez 2 tuzları, antimon oksitleri gibi katalizörler, proses süresince termik düşürmeyi azaltmak için fosfat bileşikler, polyesterin ultraviyole dayanıklılığını arttırmak için özel katkılar, titanyumdioksit, karbon siyahı gibi renk pigmentleridir.

2.2.3 Polipropilen, Polietilen : (PP, PE) (Polifine)

Bu polimer ailesi poliamid grubuna benzemez. Endüstride en çok üretilen cinsleri polipropilen ve polietilendir. Bu ailenin temel karakteristiği özellikle düşük ve orta konsantrasyonlarda kimyasallara karşı gösterdiği mükemmel dayanıklılıktır. Ancak bu tip polimerlerin kripe (sürünmeye) karşı oldukça kuşkulu bir malzeme olduğu ve kolay alev aldığı unutulmamalıdır.

Polietilen (PE) oldukça yüksek derecede kristalin biçimde üretilebilir. Bu polimerlerin fiber biçimleri için son derece önemli bir karakteristiktir. Temelde 3 ayrı tip polietilen vardır. Bunlar LDPE: düşük yoğunluklu polietilen (yoğunluk 920-930 kg/m³), LLDPE: lineer düşük yoğunluklu polietilen (yoğunluk 925-945 kg/m³), HDPE: yüksek yoğunluklu polietilen (yoğunluk 940-960 kg/m³) dir.

LDPE çok yüksek basınçlarda üretilir ve bükülgenliğin önemli olduğu ve su buharına karşı bariyer olarak kullanılmasının düşünüldüğü uygulamalarda kullanılabilir. HDPE ise nispeten düşük basınç ve sıcaklıklarda üretilir. Bu nedenle fiziksel özellikleri LDPE'den farklıdır. HDPE, düşük yoğunluklu polietilen ile karşılaştırıldığında daha katı (rijid), daha kuvvetli ve serttir. Kimyasal dayanıklılığı da LDPE'den daha iyidir.

Bu malzemelere de daha iyi özelliklerin kazandırılabilmesi için belirli katkı malzemeleri ilave edilir. Bunlar termik dengeleyiciler, ultra-viyole dayanıklılık arttırıcılar sayılabilir. Polietilen uzun süre ışıktta, yüksek sıcaklıklarda, hava ve nemde kalırsa yaşlanır. Yaşlanma sonucu özellikler değişir ve malzeme kırılğan olur. Bu tür ürünler karanlık odalarda saklandığında istenilen özellikleri mükemmel bir şekilde korunabilir.

HDPE antioksidan ilavesiyle kolayca korunur. Polietilenlerin dayanıklılığı % 2 civarında karbon siyahı ilavesi ile arttırılabilir.

Polipropilen (PP) kristalin termoplastiktir. Düşük yoğunluğa (900-910 kg/m³) sahip olması en hafif plastiklerin üretimini olanaklı kılması açısından önemlidir.

Genellikle homopolimer ve kopolimer olmak üzere iki tipi vardır. Belirli katkılarla özelliklerin iyileştirilmesi olasıdır. Bunlarda da PE için kullanılan katkıları kullanılır.

Jeotekstil yapımında kullanılan bu temel malzemelerin özellikleri bölüm 2.5.1 ve tablo 2.1'de daha ayrıntılı olarak verilmiştir.

Önceki bölümde özellikleri verilen malzemeler bir dizi işlemden geçtikten sonra jeosentetiğe dönüşmektedir. Basitçe hangi tip jeosentetik üretirsek üretelim yapılması gereken ilk işlem polimerden, jeosentetiğin yapılacağı ipliği elde etmek ve bunu çeşitli dokuma, örme veya benzeri teknikler kullanarak jeosentetiğe dönüşmektedir. Üretim akış şeması

Şekil 2.1'de verilmiştir. Bundan sonraki bölümlerde yukarıda sözü edilen plastikler kısa simgeleriyle verilmiştir. Gerektiğinde bu bölüme bakılmalıdır.

2.3 İplik Üretimi :

Jeotekstil sözkonusu olduğunda, iplik (yarn) terimi günlük yaşantımızda bildiğimiz şeklinden oldukça farklı bir anlama sahiptir. İçerdiği anlamı kavrayabilmek için jeotekstil terminolojisinde çok sık kullanılan bazı terimlerin ne ifade ettiği bilinmelidir.

Fiber : Kesilmiş film şeritlerini de içeren, bükülebilirliğe, inceliğe sahip yüksek boy/kalınlık oranı ile karakterize edilen malzeme anlaşılmalıdır.

Filament : Belirli bir uzunluğa sahip fiber anlaşılmalıdır. Buna göre iplik (yarn) denilince hemen hemen belirli uzunluğa sahip, nispeten küçük kesit alanlı, bükülmüş veya bükülmemiş fiber ve/veya filamentlerin montajlanmış (jeotekstil üretimine hazır hale getirilmiş) şekli anlaşılmalıdır.

2.3.1 Filamentlerin, Şeritlerin, Filmlerin Çekilmesi :

Kalıplardan çekilerek veya ergitmeli iplik yapma işlemiyle granüler hammaddeler oksijensiz ve nemsiz ortamda kalıp çekme makinalarında (extruder) eritilir. Sonra ergimiş polimer (öngörülen miktarda polimeri ölçebilen) iplik üretim pompaları ile makinalara verilir ve çok sayıda deliklere sahip filtre ve püskürtme memesinin içine doğru preslenir. Çekilmiş iplikler yani filamentler bu işlemde sonra havada veya suda soğutulur. Şeritlerin (tapes) ve filmlerin çekilmesinde yukarıda anlatılanlara çok benzeyen işlemler uygulanır. Bu durumda polimer yarıklı yüzeylere doğru preslenir. Yassı veya profilli tabaka elde edilmek isteniyorsa, kalıplardaki yarıklar dikdörtgen veya yuvarlak şekilde değişik biçimlerde olabilir. Şeritler, filmlerden kesilerek veya bir miktar yarık içeren kalıplar yardımıyla direk olarak elde edilebilir. Bu iplik yapma ve haddeme (extrusion) işleminden sonra şeritler ve filamentler genellikle birden fazla germe ve

yine iki veya daha fazla sayıda farklı ısıt işlemlerin verildiği termal düzenleme işlemlerine tâbi tutulur. Bu germe ve düzenleme, iplik yapma ve haddelene prosesinden ayrı olarak veya bu proseslerin tamamlayıcısı olarak yapılır. Film ve şeritlerin kalıptan çekilmesi daima germe prosesiyle beraber olmaktadır. Malzemeye arzu edilen çekme dayanımını, modülleri, kopma uzaması, büzülme, sünme özelliklerini verebilmek için bu işlemler gereklidir.

2.3.2 Temel İplik Biçimleri :

2.3.2.1 Tek Filamentli (Monofilamentli)

Monofilament; tek, kalın ve genellikle çapları 0,1 mm'den birkaç milimetreye kadar değişen, yuvarlak kesitli, beraberce haddelenmiş, soğutulmuş, ısıt çekim yapılmış ve ısıt son işleme tâbi tutulmuş ipliklerdir.

2.3.2.2 Çok Filamentli (Yarns) :

Çok filamentli iplikler çok ince, belirli uzunluğa sahip iplikler yığınınından oluşur. İplikler filament olarak düşünülebilir. Bu iplikler genellikle dikey makinalarda eğrilir. Gerilip uzatıldıktan sonra ince filamentler (en çok 280) aşağı-yukarı sürekli gerdirme işlemleriyle birbirine bağlanır. Alışıl gelmiş tek fiber çapı yaklaşık 25 m'dir Etkili yüzeyin fazla olması nedeniyle çoklu filamentler çekme süresince daha homojen bir şekilde ısıt işleme tâbi tutulabilir. Bu nedenle monofilamentli ipliklerle karşılaştırıldığında çok daha etkili bir şekilde haddelenebilir ve sonuçta bu ürünler daha yüksek spesifik dayanıma ve daha yüksek modüllere sahiptir. Çok filamentli ipliklerin içindeki filamentlerin çok küçük çapa sahip olmaları nedeniyle bükülme dayanıklılığı tek filamentli yapıya göre daha iyidir. Bunun sonucunda çok daha fazla bükülebilme yeteneğine sahip jeotekstil elde edilir.

2.3.2.3 Şerit (Yassı Bant) ve Dokuma (Weaving) Film :

Şeritler yassı jeosentetiklerdir. Belirli uzunluğa sahip plastik bantların genişliği 1-15 mm arasında ve kalınlıkları ise 20-80mm arasında değişir. Bu şeritler pekçok açıklık (delik) içeren kalıpların içinden haddelenerek (çekilerek) veya filmlerden kesilerek elde edilir. Diğer işlemler madde 2.3.1'de anlatıldığı gibidir. Bu şeritlere profilli yüzeyler verilebilir. Bunlar ayrıca çekme işleminden sonra mekanik olarak lifleştirilebilir. Bazen malzeme bükülüp sarılır ve bu durumda şeritli iplik (tape-yarn) olarak adlandırılır.

Dokuma filmler (weaving film) bazen örgülü dokumada boyuna ipliklerde kullanılır. Bu durumda geniş filmler haddeleme işleminde şerit şeklinde kesilmez ve bütün olarak gerdirilir.

2.3.2.4 Filmlerden Hazırlanmış İplikler :

İplikler, geniş filmlerden kesilmiş şeritlerden elde edilir. Bu durumda iki çeşit iplik üretilebilir. Bunlar film iplikleri (film yarn) ve kesikli film iplikleridir (split-film yarn).

Film iplikleri ya bükülmüş (eğrilmiş) ya da bükülmemiş (eğrilmemiş) biçimdeki tek ipliklerdir.

Kesikli film iplikleri; fiber kalitesi mekaniksel liflendirilmeyle elde edilmiş filmdir.

Şeritlerin genişliği birkaç milimetreden birkaç santimetreye kadar değişir. Kalınlık ise 20-80mm arasındadır. Şeritler profilli yüzeylere sahip olabilir. Jeotekstil uygulamalarında malzeme genellikle mekaniksel olarak liflendirilir.

2.4 Jeotekstil Cinsleri :

Jeotekstil ürünler genel anlamda ve görünüş olarak iki temel sınıfa ayrılmıştır. Bunlar; örgülü (woven) ve örgüsüz (nonwoven) tip olarak adlandırılmıştır. Örgülü jeotekstilin karşıt anlamında kullanılan örgüsüz deyimini yerine dokunmamış demek daha uygun olabilir. Ancak bu kitapta çok yaygın kabul görmüş örgülü ve örgüsüz deyimleri kullanılacaktır.

Bölüm 2.6'da değişik kriterler kullanılarak yapılan sınıflandırmalar daha ayrıntılı olarak incelenecektir. Bölüm 2.3-de kısaca anlatılan çeşitli iplikler elde edildikten sonra, sıra değişik örme ve dokuma teknikleri kullanarak jeotekstil elde etmeye gelmiştir. Şekil 2.1'de çeşitli tip jeotekstillerin üretim şeması verilmektedir. Bundan sonraki bölümde iki ana tip jeotekstil incelenecektir.

2.4.1 Örgülü Jeotekstil ve Üretimi :

Örgülü jeotekstil en azından iki kümeli yassı yapılı üründür. İplikler genellikle doğru ve birbirine paralel olarak sıralanır. Bu tip jeotekstillerde biri üretim yönünde uzanan iplik veya şeritlerle buna dik istikamette uzanan iplik veya şeritler vardır. Şekil 2.2. Bu ürünlerin örülmesinde (dokunmasında) pekçok teknik kullanılabilir. Ürünün yapısı ise değişik işlemlerle ayarlanabilir. Örneğin jeotekstili ısıtılarak veya ısıtılmaksızın merdanelerden geçirilerek daha yoğun bir yapı elde edilebilir. Dokumanın biçimi ürünün mekanik ve fiziksel özelliklerine büyük ölçüde etkidiğinden özel uygulamalarda özel dokumalar kullanılabilir. Bunlara örnek olarak güçlendirilmiş örgülü çift yüzeyle, açık gözlü jeotekstilleri sayabiliriz. Boyuna ve enine ipliklerin belirli aralıklarla dizildiği açık gözlü jeotekstil yapısına örnek olarak Şekil 2.3'de çapraz dokumalı elek tipi jeotekstil görülmektedir.

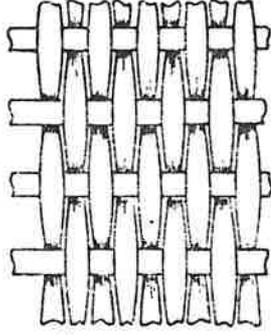
2.4.1.1 Örgülü Jeotekstil Çeşitleri :

Bu ürünler çeşitli kriterler temel alınarak sınıflandırılabilir. Ürünün yapıldığı iplik tipi temel alındığında, jeotekstil; yapıldığı ipliğin adıyla anılır. Bunlar tekfilamentli, şeritli, liflendirilmiş film iplikçiklerinden yapılmış, çok filamentli iplikçikler içeren, nadiren fiber iplikçiklerinden yapılan jeotekstillere olarak adlandırılabilir.

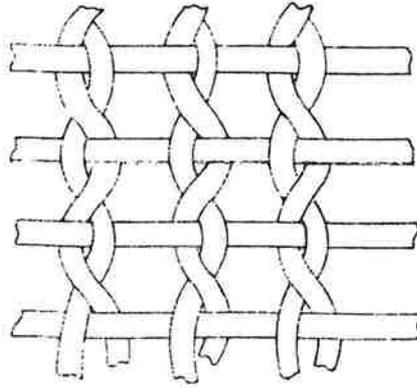
Ürünün mühendislik fonksiyonu esas alındığında filtrasyon, drenaj, ayırtman tabaka, güçlendirme ve/veya koruma amaçlı jeotekstil olarak da sınıflandırılabilir.

a) Tekfilamentli Ürünler :

Bu tip ürünler suyun içinden akışına küçük direnç gösteren tül veya elek tipi jeotekstil yapımında kullanılabilir. Bu ürünler geleneksel örgü teknikleri kullanılarak elde edilir. Genellikle filtre amacıyla kullanılmakla beraber bazen güçlendirme amacıyla da kullanılabilir. Bu ürünlerde göz açıklığı, tutulacak malzemenin boyutlarına uygun olmalıdır.



Şekil_2.2 Örgülü tip jeotekstil



Şekil_2.3 Çapraz dokumalı elek tipi jeotekstil

b) Şeritli Ürünler :

Bu ürünler, eğrilmemiş, yassı, çok uzun HDPE veya PP filmlerden çekilmiş şeritlerden yapılmıştır. Bunlar beraberce birbirine çok yakın olarak yerleştirilir. Bu nedenle bu ürünlerin göz açıklıkları sınırlandırılmıştır. Ürün kalınlığı tabaka kalınlığının iki katıdır. Ancak bu ürünlerin bükülebilirliği çifte kalınlıklı filmde önemli derecede büyüktür. 5 mm'den daha az genişliğe sahip şeritlerden örgülü jeotekstil yapıldığında malzeme suya karşı düşük geçirgenliğe sahip olur.

c) Kesikli Film Tipleri :

Bu örgülü ürünler PP ve HDPE'nin fiberleştirilmiş (liflendirilmiş) film ipliklerinden yapılır. Bu tip ürünlerin göz açıklıkları, kalınlığa ve eğrilmeyle yuvarlaklaştırılan iplikçiklerin kesit alanının şekline bağlıdır. Bu tür ürünler genellikle ağırdır.

d) Çok Filamentli Ürünler :

Bu tür ürünler sıklıkla kumaş olarak tanımlanır. Bunun nedeni kumaş görünümüne sahip olmasındandır. Bunlar, eğrilmiş ya da eğrilmemiş çok filamentli ipliklerden örülür. Yapım malzemeleri genellikle PA.6, PA 6.6 ve PETP'dir.

e) Elek Tipi Ürünler :

Elek veya tül tipi yapılar tek filamentli ürünlerle ilgilidir. Bunlar belirli amaçlarla bırakılmış değişik şekil ve boyutta açıklıkları içerir (Şekil 2.3). Tüm bu ürünlerin elde edilişleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

2.4.2 Örgüsüz Jeotekstil ve Üretimi :

Örgüsüz jeotekstillere tek filamentli, çok filamentli veya kesilmiş filamentlerin (fiberlerin) bağlanması veya karşılıklı kilitlemesi ile elde edilir. Kohezyonu temin için kimyasal, ısı, mekaniksel, solvent veya bunların kombinasyonunu içeren işlemler kullanılır. Örgüsüz jeotekstil üretiminde çok sayıda teknik kullanılabilir. Şekil 2.1'de jeotekstil üretim şemasında bu tür ürünlerin elde ediliş yön-

temleri verilmiştir.

2.4.2.1 Örgüsüz Jeotekstil Çeşitleri :

Bu ürünlerde; yapımında kullanılan fiberlerin yanısıra kohezyon sağlama yönteminde sınıflandırmada gözönüne alınır.

a) Kesilmiş Fiberlerden Yapılmış Örgüsüz Jeotekstil :

Fiber boyları yaklaşık 60 mm'dir. Ancak 20-150 mm boyunda fiberlerde kullanılabilir. Bu fiberler iğne ile delinerek mekanik olarak bağlanabilir. Bu işlemde çok sayıda tırtıllı (dikenli) iğneler kullanılır ve fiberler kuvvetli bir şekilde birbirine bağlanır. Bundan başka kimyasal bağlama, termal bağlama yönteminde kullanılabilir.

b) Filamentlerden Yapılmış Örgüsüz Jeotekstil :

Bu tür ürünlerde mekaniksel, kimyasal ve termal bağlama yöntemleri kullanılarak elde edilebilir. Örgüsüz jeotekstillere ya bütün yönlerde homojen özellikli rastgele yönlendirilmiş filamentler veya fiberlerden ya da belirli yönlerde daha iyi mekanik özellikler verecek şekilde yönlendirilmiş filament ve fiberlerden yapılabilir. Genellikle bu ürünler sınırlı dayanıma sahip olup örgülü jeotekstille benzer şekilde mühendislik fonksiyonları gözönüne alınarak sınıflandırılır.

Hem örgülü, hemde örgüsüz tip jeotekstillerin özelliklerine ait bilgiler ileriki bölümlerde verilecektir. Bu temel ikitürün dışında örgülü-örgüsüz; tül-elek yapılı ürünler, gridler ve ilmekli ürünlerde ilgili bölümlerde incelenecektir.

2.5 Özellikler :

Jeotekstilin özellikleri, yapıldığı fiberin özelliklerine ve yapım özelliklerine bağlıdır. Kısaca jeotekstilin özellikleri düşünüldüğünde bu malzemelerin yapıldığı fiberlerin hammadde özellikleri gözönüne alınmalıdır. Buna göre jeotekstilin özellikleri aşağıda verilen alt kategorilere ayrılabilir. Bunlar;

- a) Malzeme ve Fiber Özellikleri,
- b) Fiziko-Kimyasal Dayanıklılık,
- c) Geometrik Görünüş,
- d) Fiziko-Mekanik Özellikler ve
- e) Hidrolik Özelliklerdir.

2.5.1 Malzeme ve Fiber Özellikleri :

Jeotekstil yapımında kullanılan fiberler çoğunlukla lineer makro moleküllerden yapılmıştır. Bunların özellikleri; yapısında bulunan atomlar arasındaki bağ kuvvetlerine ve bu makromoleküllerin tertiplenme biçimine bağlıdır. Fiberlerin bükülmesi ve çekilmesi esnasında kıvrılmış, katlanmış lineer makromoleküler zincirler, fiberlerin özgül dayanımlarını arttıracak ve kopma uzamasını azaltacak şekilde belli bir oranda doğrusal şekil alır. Buna ilaveten moleküller düzenli bir biçimde tertiplenir. Amorf bölgelerle yer değiştiren bu bölgelere **kristalin** bölge adı verilir.

Genel olarak bir polimer hiçbir zaman tam kristal yapıda olmaz. İçinde yeryer amorf ve kristalli bölgeler bulunur. Polimer moleküllerinin birbirine göre yerleşme şekillerine bağlı olarak amorf yapı, yarı kristalli yapı, kristalli yapı, helisli(lastiksi) yapılar oluşabilmektedir. Amorf durumda polimer molekülleri gelişigüzel yerleşmişlerdir. Kristalli durumda ise zincirler paralel olarak yönlendirilmiştir ve bu durumda moleküllerin arasındaki çekim kuvvetleri artar. Bunun nedeni moleküllerin birbirine daha sıkı bir şekilde yaklaşmasıdır.

Deformasyon ve gerilme arasındaki ilişki kristalin ve amorf yapılarda farklı olarak oluşur. Sonuç olarak fiberin özelliklerinin moleküler yapının tipine bağlı olduğu söylenebilir. Polimerlerin karakteristikleri arasındaki çeşitlenme, viskolastisite olayının bir sonucudur. Yani bu malzemelere ait gerilme-deformasyon arasındaki ilişkiler zamana bağlıdır. Polimerlerde uzun süreli yüklemelerde zincirlerin birbiri üzerinde kaymaları sonucunda viskoz şekil değiştir-

meler de yer alır.

Sabit uzama altında böyle malzemelerde gerilme zamanla azalır (gevşeme). Yine sabit gerilme altındaki yüklemde deformasyon zamanla artar (sünme). Metallerde yüksek sıcaklıkta olan sünme ve gevşeme olayları polimerlerde normal sıcaklıklarda dahi kendini gösterir.

Jeosentetik yapımında kullanılan ipliklerin deformasyonu, kısmen iplik geometrisinin ve yapısının deformasyonuna, kısmende ipliğin yapımında kullanılan fiberin kendi deformasyonuna bağlı olması nedeniyle toplam deformasyonun yapısal ve malzeme uzamasından oluştuğu gözönüne alınmalıdır. Örneğin jeotekstilin takviye (güçlendirme) amaçlı kullanımlarında son derece önemli olan gevşeme ve sünme olayları bu malzemenin yapımında kullanılan polimerde bağlı olduğundan, polimer özellikleri iyi bilinmelidir.

Poliamid 6 (PA 6), Poliamid 6.6 (PA 6.6), Polyester (PETP), polipropilen (PP), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) gibi bazı temel polimerlerin özellikleri Tablo 2.1'de ve Bölüm 2.2'de verilmiştir.

Tablodanda görüleceği gibi kristalin kısım PE ve PP için oldukça yüksek (% 70- % 80); PA ve PETP için biraz daha azdır (% 30- % 50). PE ve PP'de bu durumda amorf bileşen küçüktür. Fakat normal çalışma sıcaklığı cam-lastik geçiş sıcaklığından (15°C - 100°C) oldukça uzak olduğundan bunlar lastik gibi deforme olur.

PA (Kuru durumda) ve PETP'de; normal çalışma sıcaklığı, cam-lastik geçiş sıcaklığının altına kadar uzanır (30 - 60°C - 75°C). Bu nedenle iplikler yüksek amorflik içeriğine rağmen o kadar kolay deforme olmaz. Uzun süreli yükler altında polifenoller, özellikle PE ve daha az derecede PP kristalin kısımda bile deforme olur. Bunun nedeni yalnızca zayıf vanderweals kuvvetleri ve daha ileri derecede karşılıklı bağlanma olmasına bağlı olarak nispeten kalın ve düz moleküllerinin birbirinin boyunca kayabilmesidir.

PETP ve PA'de daha kompleks moleküler yapı (c bağları) ve karşılıklı bağlanma (bipolar veya H köprüleri) nedeniyle moleküller daha küçük ölçekte kayabilir veya kayamaz. Plastik deformasyon (kristalin alan yakınında zincir kopması) yalnızca büyük yüklerde gözükür.

2.5.2 Fiziko-Kimyasal Dayanıklılık :

Jeotekstilin üretildiği polimerin kimyasal yapısı dayanıklılığın (dayanıklılığın) arzu edildiği mühendislik uygulamalarında son derece önemlidir. Sentetik polimerlerin karakteristik özelliklerinden biri, pekçok sayıda kimyasal maddelere ve çevresel etkilere karşı gösterdiği göreceli dirençtir. Pekçok nedenle bu durum, geleneksel yapı malzemelerinin üstünde bir avantaj sağlar. Ancak her plastik tasarımlamada ve uygulamada gözönüne alınması gerekli belirli sayıda zaafiyetlere sahiptir. Örneğin pekçok sentetik polimer az veya çok derecede oksidasyona duyarlıdır. Bu durumda oksidasyonun yalnızca yüksek sıcaklıklarda olup olmadığını bilmek önemlidir (polimer jeotekstile dönüşürken prosesde veya kullanımda karşılaşılabilecek çevre koşullarında olduğu gibi).

Kullanım süresince ısı/sıcaklık termo-oksidasyon nedeniyle mi, yoksa güneş ışığı (Foto-oksidasyon) nedeniyle mi oksidasyon olmaktadır. Bu fark bilinmelidir. Oksidasyonun etkisi, dayanım, elastisite ve enerji absorpsiyon kapasitesi gibi mekanik özelliklerin bozulması ile kendini gösterir ve sonuçta jeotekstil kırılabilir olur ve çatlar. Çeşitli jeotekstillerin değişik ortam ve kimyasallara gösterdiği dayanıklılık Tablo 2.2'de verilmiştir. Anti-oksidasyonlar, UV-stabilizatörleri gibi özel katkı maddeleriyle jeotekstil dayanıklılığı iyileştirilebilir.

Tablo-2.1 Bazı jeosentetik yapımların malzemelerinin temel özellikleri

Ö Z E L İ K	PA 6	PA 6.6	PETP	PP	LDPE	HDPE
1-Birim kütle (kg/m ³)	1140	1140	1380	900-910	920-930	940-960
2-Kristallik (%)	60	60	30-40	60-70	40-55	60-80
3-Cam-Lastik Dönüşüm Sıcaklığı (°C)	30-60	30-60	75	-15	-100	-100
4-Ergime Sıcaklığı (°C)	215-220	250	250-260	160-165	110-120	125-135
5-İzin verilebilir Maksimum Proses Sıcaklığı (°C)	190	200	200	130	90	100
6-İzin verilebilir Minimum Proses Sıcaklığı (°C)	-60	-60	-60	-40	-40	-40
7-Su Absorbsiyonu, 20°C'de % 65 Bağlı Nemde (%)	4	4	0,4	0	0	0
8-Su Absorbsiyonu, 20°C'de Su İçinde (%)	10	10	1	0,01	0,01	0,01
9-Elastisite Modülü Kuru(N/mm ²)	(3-4)x10 ³	(3-4)x10 ³	(12-18)x10 ³	(2-5)x10 ³	Değişken	Değişken
10-Çekme Dayanımı Kuru(N/mm ²)	700-900	700-900	800-1200	400-600	80-250	350-600
11-Kopma Uzaması Kuru(%)	18-25	15-28	8-15	10-40	20-80	10-45
12-Çekme Dayanımı-Çekme Dayanımının 20°C'deki değerinin % si olarak						
T=50°C	90	90	95	90	60	60
T=100°C	80	80	85	55	40	-
T=150°C	60	60	70	30	-	-
T=200°C	55	55	-	-	-	-
13-Çekme Dayanımı Islak(N/mm ²)	600-800	600-800	800-1200	400-600	80-250	350-600
14-Kopma Uzama Islak (%)	20-30	18-30	8-15	10-40	20-80	10-45

2.5.3 Geometrik Yaklaşım, boyutsal Özellikler, birim Kütle :

Bu özellikler, hem jeotekstil yapımında kullanılan iplikler,(yarn), hemde jeotekstilin kendi üzerinde incelenmelidir. Ancak bu özellik jeotekstilde çok daha önemli olduğundan jeotekstil üzerinde incelenecek iplikle ilgili olarak yalnızca tekstil terminolojisinde çok kullanılan lineer yoğunluğun tanımı yapılacaktır.

Lineer Yoğunluk : SI sisteminde tex olarak ifade edilir. Bu sayede iplikler sınıflandırılabilir. Tex 1000 metrelik bir ipliğin gram cinsinden kütesini ifade eder. Diğer bir deyişle 1 tex= 10^{-6} kg/m'dir.

2.5.3.1 Jeotekstilin Geometriksel Tanımı :

Jeotekstillere yapım malzemelerine bağlı olarak gruplandırılabilir. Bölüm 2.4.1.1'de örgülü jeotekstillerin yapım ipliği ve mühendislik fonksiyonları; Bölüm 2.4.2.1'de örgüsüz jeotekstillerin yapım fiberlerinin cinsine ve kohezyon sağlama yöntemine göre sınıflandırma verilmiştir. Özetlersek, jeotekstillere :

a) Örgülü (Woven) Ürünler

- Tek Filamentli
- Şerit (Bant) Esaslı
- Kesikli Film Tipi
- Çok Filamentli
- Elek Tipi

b) Örgüsüz Dokuma (Nonwoven)

- Kesilmiş Fiberler
- Sürekli Filamentler

c) Diğerleri

- İplik Yapılı Hasırlar
- Bant Yapılı Hasırlar
- Tüller
- Gridler
- İlmikli Ürünler
- Jeohücreler

- Bunların Kombinasyonu (Kompozitler) olarak sınıflandırılabilir.

Bu sınıflandırma tablosu geometrik yaklaşım ve yapım malzemeleri esas alınarak hazırlanmıştır. Bölüm 2.6'da değişik kriterler kullanılarak yapılan sınıflandırmalar daha ayrıntılı olarak incelenecektir. Yukarıda tabloda sözü edilen bazı jeosentetikler Şekil 2.4;2.5;2.6;2.7'de verilmiştir. Kompozitler (Bileşik Malzemeler) olarak adlandırılan özel ürünler için öngörülen özellikler diğer ürünlerin birleştirilmesiyle elde edilir. Geçirimli ve geçirimsiz bileşik ürünler ayrı ayrı incelenmelidir.

a) Geçirimli Ürünler :

Bileşenler seçilmeden önce su geçirir son ürünler için spesifik uygulama gereksinimleri belirlenmelidir. Önemli olan konu en iyi özelliklerin biraraya getirilmesidir.

Kombinasyon örnekleri olarak;

- Örgülü (Ağ Yapılı) veya şeritli ürünlerle (Örgülü Tip)

çok filamentli ürünlerin kombinasyonu: Bu, kesin kum geçirimsizliğinin sağlanmasında, dayanıma ve elastisiteye uniformluk verir.

- Örgülü ve Örgüsüz Jeotekstillerin Birleşimi : Bu dayanımda, elastisede ve gözenek boyutunda (Örgülüler) uniformluk, koruma ve daha yüksek kalınlık (Örgüsüz) verir.

- Örgülü ve Örgüsüz Jeotekstillerin İnşaat Hasırları ile Birleştirilmesi : Dik yamaç kaymalarını engellemekte kullanılır.

Bu bileşik ürünlerin bileşenleri; ağ yapılı ürünleri çok filamentli ürünlere dikerek, ürünleri ve kesikli fiber membranları iğneleme prosesine tâbi tutarak, çok filamentli ürünlerle filamentli membranları kimyasal veya ısı bağlı şekilde, bu tekniklerin karışımı ile beraberce tutturulabilir.

Tablo : 2.2- Çeşitli Jeotekstil Hammaddelerinin Dayanıklılıkları

P O L İ M E R	PA (6 ve 6,6)		PETP		PP		PE		Yumuşak PVC ³	
	Kısa ¹	Uzun ²	Kısa ¹	Uzun ²	Kısa ¹	Uzun ²	Kısa ¹	Uzun ²	Kısa ¹	Uzun ²
Etkileşim Süresi	+	0	++	+	++	++	++	++	+	0
Seyreltik Asitler	0	-	0	-	++	+	++	+	0	-
Derişik Asitler	++	+	++	0	++	++	++	++	++	+
Seyreltik Bazlar	0	-	0	-	++	++	++	++	+	0
Derişik Bazlar	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Tuz (Prine)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Yağ (Mineral)	++	++	++	++	++	0	+	+	+	0
Glikol	+	0	++	0	++	++	++	++	++	++
Mikroorganizma	++	+	++	++	++	++	++	++	+	0
UV Işığı	+	0	+	0	++	-	0	-	+	-
UV Işığı (Stabilize Edilmiş)	++	+	++	+	++	+	++	+	++	+
Isı Kuru (100°C'nin Üstü)	++	+	++	++	++	+	++	0	+	0
Buhar (100°C'nin Üstü)	++	+	0	-	0	-	0	-	0	-
Nem Absorbsiyonu	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+
Deterjanlar	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Kriye Yatkınlık	++	+	++	++	+	0	+	0	+	0

Not : a) Dayanıklılık Derecesi :- = Dayanıklısız 0= Orta derece + = Kabul edilebilir ++ =İyi
b) 1 :Uygulama sırasında, 2 : Kullanım süresince, 3: Yüksek rölatif rutubette yumuşatıcı tipine göre değişir.

b) Geçirimsiz Ürünler :

Sıvı veya toz biçimindeki malzemenin ince tabakasının, alt tabaka üzerine uygulanma prosesine kaplama adı verilir. Bundan amaç, geçirimsiz bir ürün elde etmektir. Örgülü veya örgüsüz jeotekstil olan alt tabaka son ürüne destek verirken kaplama onu geçirimsiz yapar. Bu prosesde çeşitli yöntemler uygulanabilir. Bu ürünler iki jeotekstil arasına film uygulamasıyla da elde edilebilir.

2.5.3.2 Genişlik ve Uzunluk :

Örgülü ve örgüsüz tipler için mevcut maksimum genişlik 5-5,5 metredir. Özel durumlarda, kaynaksız, daha geniş jeotekstil de yapılabilir. Pekçok jeotekstil için boy sınırlandırılmamıştır. Ancak pratikte taşıma olanaklarına, ağırlığa ve rulo çapına göre değişir. Birim alan kütesine bağlı olmakla beraber genelde 50-200 metre arasında değişir. Jeotekstilin genişlik ve uzunluk boyutları malzeme için gerilmemiş koşullarda oluşturulmalıdır.

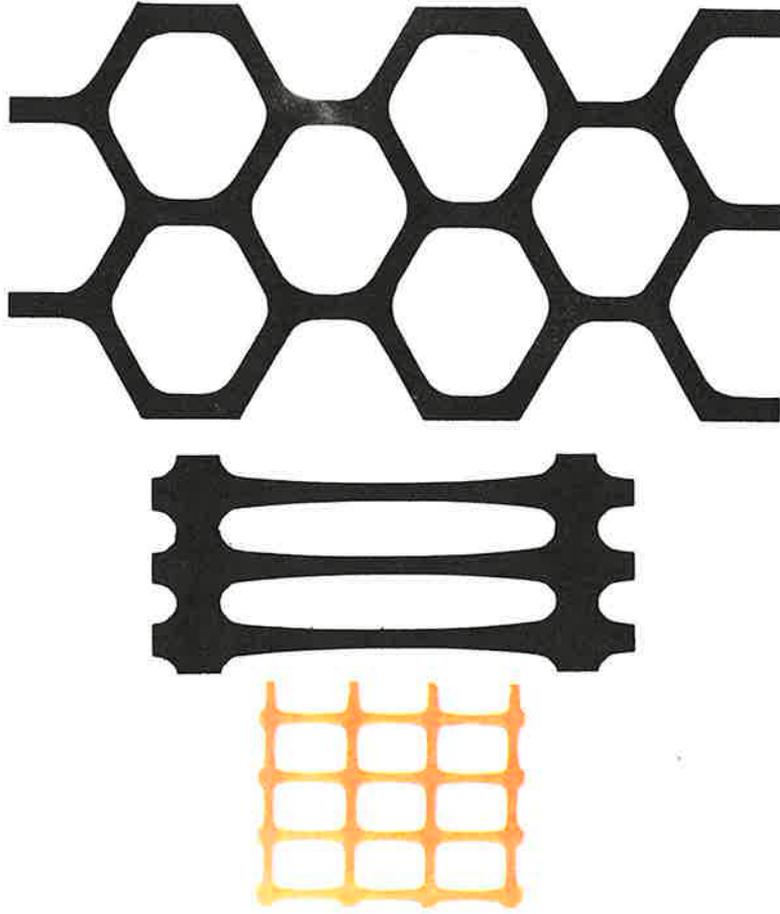
Üretim sırasında oluşan gerilmeler jeotekstil, makaradan boşaltılırken boyu ve genişliği değiştirebilir.

2.5.3.3 Kalınlık :

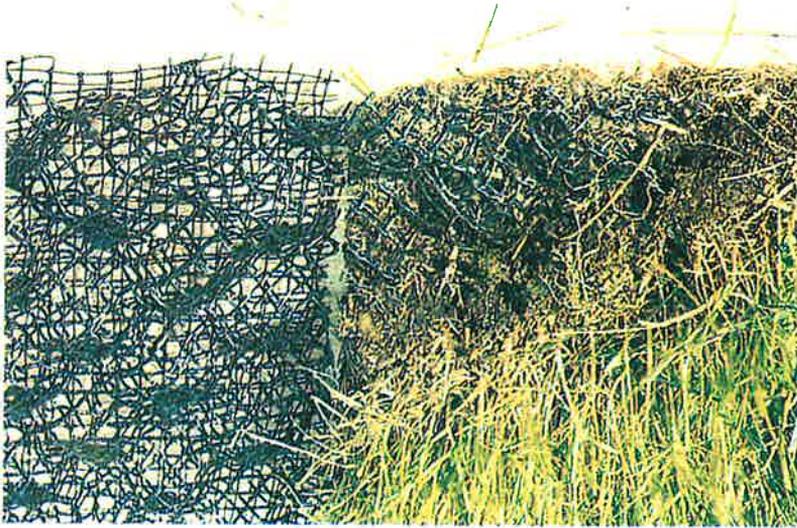
Kalınlık belirlenmiş basınç altında jeotekstilin alt ve üst yüzleri arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Sıkıştırılabilirliği belirleyebilmek için basınç değişimi altında kalınlığın ölçümü önemlidir. Kalınlık genellikle basınca bağlıdır. Çalışma alanında jeotekstili gerçek kalınlığıyla oluşturmak kolay değildir. Jeotekstil kalınlığı genelde 0,2-10 mm arasında değişir.

2.5.3.4 Birim Kütle :

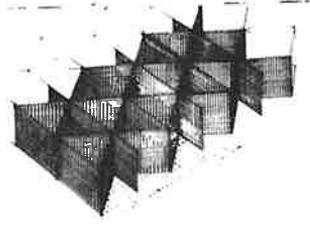
Örgüsüz jeotekstillerin kütleleri genelde 100-1000 g/m² arasında değişir. Ancak uygulamada en çok 100-300 g/m² arasındaki değerlere sahip jeotekstillere kullanılır.



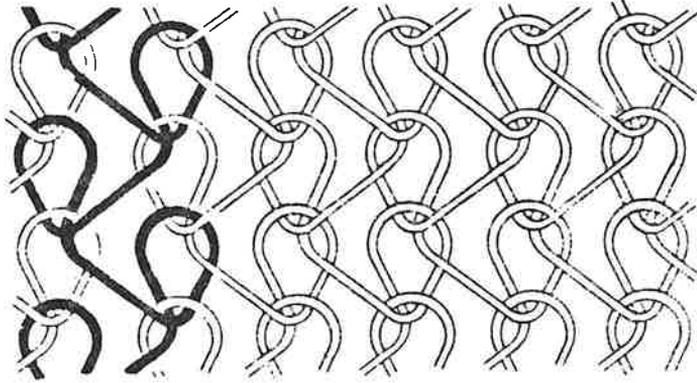
Şekil - 2.4 Çeşitli geometrik şekillere sahip jeoizgaralar (jeogridler)



Şekil - 2.5 Jeohasır - jeoağ (geomat)



Şekil - 2.6 Jeohücre (geocell)



Şekil - 2.7 Düğümlü örgü

Örgülü tipler örgüsüz tiplere göre daha ağırdır. Kütle 100-2000 g/m² arasında değişir.

Daha hafif tip jeotekstiller ayırıcı olarak kullanılır. Daha ağır olan örgülü tipler, dayanıma ihtiyaç duyulan güçlendirme işlerinde kullanılır. Filtre içinse genelde daha ağır, örgüsüz tipler kullanılır.

2.5.4 Mekanik Özellikler :

Uygulamalara bağlı olarak jeotekstil , üzerine gelen yük- lere dayanmalı veya deformasyonları karşılayacak durumda ol- malıdır. Yük, deformasyona neden olurken, deformasyon sonu- cu gerilmeye oluşabilir. Genel anlamda yük ve deformasyon arasındaki ilişkiler mekanik davranış olarak düşünülmelidir. Yükleme, jeotekstil düzleminde olabileceği gibi su ve zemin basıncı gibi etkenlerle jeotekstil düzlemine dik de olabi- lir. Jeotekstilin kendi düzlemi üzerinde sıkıştırma kuvvet- lerine dayanma yeteneği yoktur. Bunun nedeni, hem jeoteksti- lin kendisinin hemde bileşim elementlerinin (fiber ve iplik) sıkıştırma altında eğilip-bükülme eğilimi göstermesidir. Jeotekstilin düzlemine dik kuvvetler ancak, jeotekstil düz- lemi boyunca çekme kuvvetlerine neden olan şişme deforma- yonları ile etkisiz kılınır. Dış yükler alansal olarak (ze- min kütlesi, sürtünme vb.), hat boyunca (ek yerleri) veya noktasal (taşlar, çukurluklar...vb.) olarak uygulanabilir. Bu durumda önemli olan gerilmenin uniform olarak dağılıp dağıl- madığıdır. Gerilmenin uniform olarak dağılmadığı durumlarda genellikle bozulmaya yol açan gerilme yoğunlaşması olur. Ya- pının dizaynında en kritik durumlar gözönüne alınmalıdır.

Jeotekstilin mekanik özellikleri fiber malzemesinin meka- nikselsel özelliklerine ve fiber yapısına, ipliklerin yapısına (filament, şerit, film) ve jeotekstilin yapısına bağlıdır. Ayrıca yapıdaki anizotropi nedeniyle özellikler ayrıca yöne bağlıdır. Örgüsüz tipler, genellikle izotropi de gösterse, pekçok durumda anizotropi de gösterebilir. Diğer bir deyişle prensip olarak düzlem izotropisine sahip örgüsüz ürünlerde

gerilme-deformasyon ilişkileri jeotekstilin bütün yönlerinde aynıdır. Ancak, bazen üretim yöntemine bağlı olarak malzemenin boyuna ve enine yönündeki özellikleri çok farklılık gösterebilir.

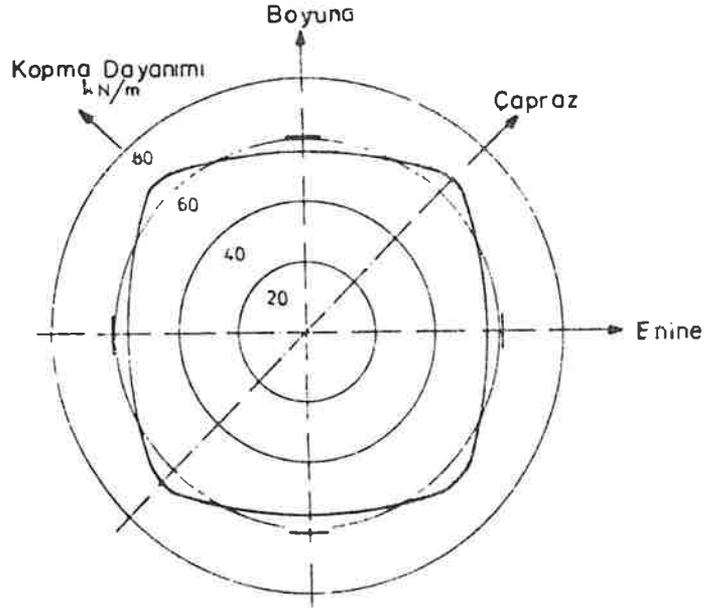
Örgülü jeotekstillerde ise, ipliğin yapıldığı polimer tipleri, kalınlıklar ve jeotekstil yapımında kullanılan iplik sayısı malzemenin boyuna ve enine yönlerinde farklı olabilir. Bu nedenle, örgülü tipler kuvvetli anizotropik malzemelerdir. Ancak boyuna ve enine yönde benzer iplik sistemleri kullanılırsa dayanım önemli derecede izotropik olabilir ve yalnızca çapraz yöndeki deformasyon, ana yöndeki deformasyondan farklı olabilir.

Anizotropik ürünlerin avantajı, yüksek dayanımın öngörül-
düğü uygulamalarda kullanılmasıdır. Gerilmeler genelde bir yönde geliştiğinden boyuna istikamet yük yönünde tutularak serilir. Bu konunun önemini vurgulamak için poliamid(PA) ve polyester (PETP) çok filamentli ipliklerden yapılmış örgülü ürünlerden, kare biçiminde kesilmiş deney örneklerinde manchet yöntemiyle yapılan çekme deney sonuçları verilecektir. Şekil-2.8, Şekil-2-9.

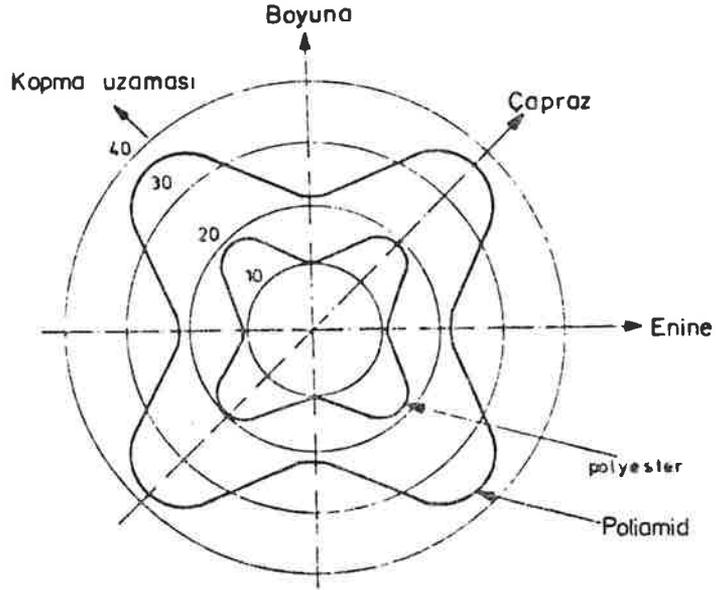
Jeotekstilin hem boyuna hemde enine iplikçikleri aynı cins ve aynı dayanıma sahip olduğundan çekme dayanımlarında fazla bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Yani çekme dayanımı yönünden izotropiktir Şekil-2,8. Kopma uzaması ise yöne bağımlı olarak oldukça değişmekte ve çapraz yönde en yüksek değere ulaşmaktadır Şekil-2.9.

2.5.4.1 Jeotekstil ve Hammaddelerin Gerilme-Deformasyon İlişkileri :

İplik özellikleri jeotekstilin gerilme-deformasyon ilişkilerini kısmen etkilerken diğer yandan iplikçiklerin jeotekstil oluşturulurken nasıl bir işlem gördüğü önemlidir. Şekil-2.10'da bazı önemli polimer ipliklerinin yük-uzama eğrileri verilmektedir.



Şekil-2.8 Kare biçiminde örgülü üründe test yönünebağlı olarak kopma dayanımınının değışimi



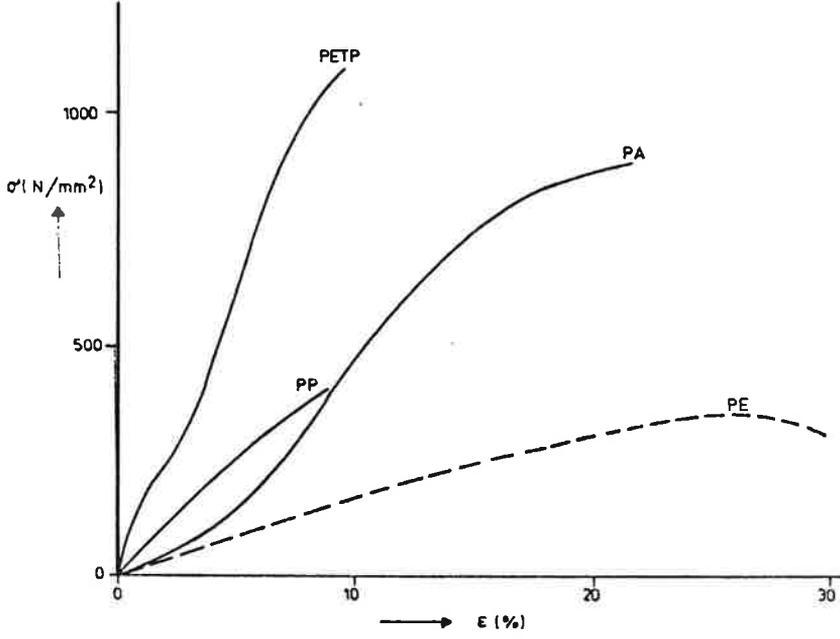
Şekil-2.9Kare biçiminde örgülü üründe test yönüne bağılı olarak kopma uzamasınının değışimi

Eğriler, polyester (PETP) ve poliamid (PA) için çok filamentli iplik, polietilen (PE) için tek filamentli iplik, propilen (PP) için kesikli film iplikçiklerinden elde edilmiştir. Aynı tip polimer kullanılmasına karşın üretim tekniği ve fiberlerin birbirine bağlanma prosesi jeotekstil özelliklerini etkiler.

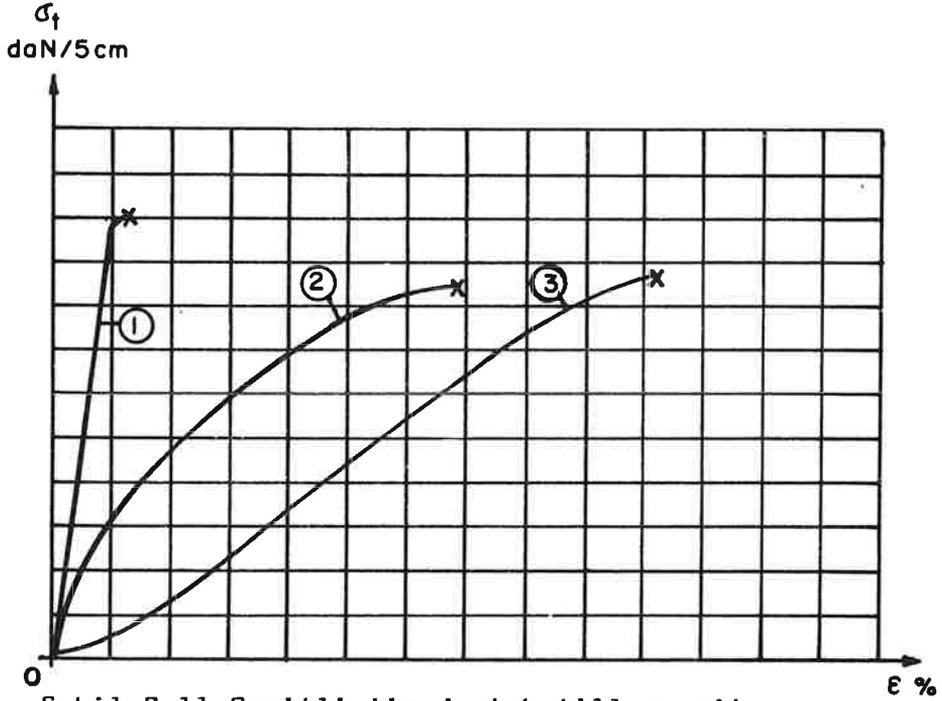
Şekil-2.11'de propilenden yapılmış örgülü, ısıllı bağıllı örgüsüz, iğneleme yoluyla bağlanmış örgüsüz jeotekstillere ait dar mesnetli çekme dayanım deneyinden elde edilen yük uzama eğrileri verilmektedir. Görüldüğü gibi örgülü tip daha yüksek çekme dayanımına ve düşük uzamaya sahipken, örgüsüz tipler bunun aksi bir davranışı sergiler. Örgüsüz tiplerde fiberleri birbirine bağlamada kullanılan yöntemeye göre değişik özelliklere sahip olabilir. Örneğin, şekildedeki görüleceği gibi aynı polimerden yapılmış olmasına karşın ısıllı bağıllı jeotekstil yüksek modüllere sahipken, iğneleme işlemiyle elde edilmiş jeotekstil daha yüksek bir uzama gösterir.

Çekme testiyle elde edilen bu eğrilere genel anlamda bakılmalıdır. Deneyde uygulanan hız, test prosedürü (sıcaklık, rutubet) gerilme-deformasyon ilişkileri üzerinde çok önemli olduğundan bu parametrelerin değişimi ile değişik eğriler elde etmek olasıdır. Bu eğriler standard deney koşullarında elde edilmiş olup, Tablo-2.1'de verilenlerle beraber yorumlanmalıdır.

Örgüsüz tip jeotekstillerde fiberler bütün yönlerde gelişigüzel olarak yerleşir. Bu yerleşme ısıllı bağıllı örgüsüz jeotekstillerden hemen hemen yassı düzlem boyunca, daha kalın iğne delikli örgüsüz ürünlerde ise üç yöne doğru olur. Örgüsüz ürünlerin yük-uzama özellikleri genel anlamda yapı, dayanım ve bağlanma noktalarındaki dayanıklılık ile belirlenir. Orijinal fiber özellikleri ikinci derecede önemlidir. Örgülü ürünlerde ise temel olarak iki yön bulunduğundan (bak 2.4.1) gerilme-deformasyon ilişkileri kuvvet-



Şekil-2.10 Çeşitli cins ipliklerin yük - uzama eğrisi



Şekil-2.11 Çeşitli tip jeotekstillere ait gerilme-deformasyon eğrileri. (dar mesnetli çekme deneyinden elde edilmiş).

- 1-Polipropilen örgülü jeotekstil.
- 2-Polipropilen örgüsüz, ısı bağlı jeotekstil.
- 3-Polipropilen örgüsüz, iğneleme işlemi ile bağlanmış jeotekstil.

li bir şekilde jeotekstil yapımında kullanılan ipliklerin bu yöndeki özelliklerine bağlıdır. Bölüm 2.5.4'de anlatıldığı gibi bu tip malzemelerde izotropi ve anizotropide son derece önemlidir ve gerilme-deformasyon ilişkilerinde yüksek derecede rol oynar.

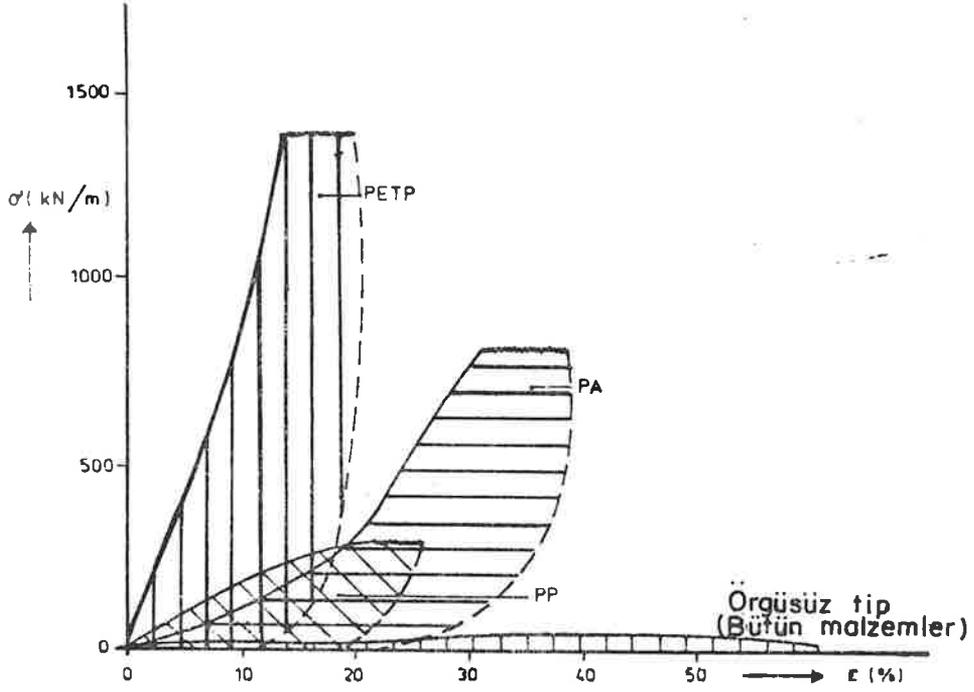
Şekil-2.12'de örgülü, Şekil-2,13'de ise örgüsüz tip ürünlerin yük-uzama eğrileri verilmiştir. Bu şekillerde örgülü ve örgüsüz tip jeotekstillerin davranışları arasındaki fark açıkça görülmektedir. Bu eğrilerden çeşitli sonuçlar çıkarmak olasıdır. Örneğin örgüsüz tip jeotekstiller dayanımın gerekli olduğu yerlerde kullanılmamalıdır. Örgülü polietilen (PE) ürünlerde bu koşullarda kullanılamaz.

Şekil-2.10'da PE ipliklerin düşük bir dayanım göstermesi de bunun kanıtıdır. Çünkü göreceli olarak bu denli düşük dayanıma sahip iplikçiklerden dayanımı yüksek bir örgülü jeotekstil yapımı beklenemez. Öyleyse dayanımın gerekli olduğu yerlerde polyester (PETP), poliamid (PA) ve polipropilen (PP) esaslı jeotekstillerin uygun olacağı sonucu çıkarılabilir Şekil-2.10 ve 2.12.

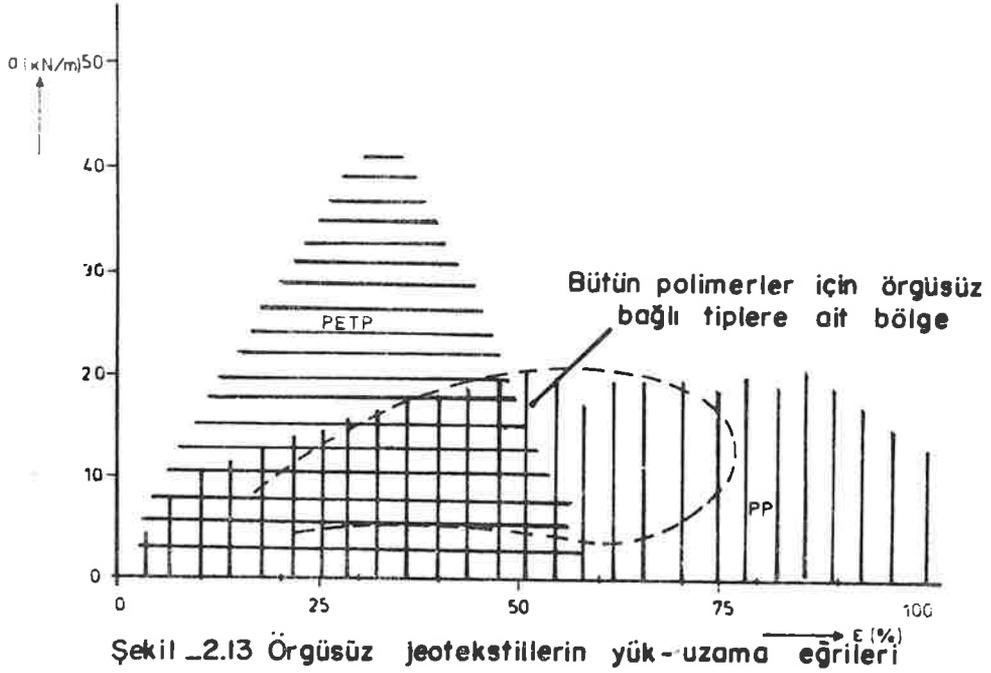
Ancak yukarıda anlatılan gerilme-deformasyon ilişkileri kısa süreli deneylerden elde edilmiştir. Uzun süreli uygulamalarda ise dayanımın, modüllerin ve uzamanın daha başka boyutlarda incelenmesi gerekir. Bu konu, visko-elastik davranışlar bölümünde daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.5.4.2 Visko-Elastik Davranışlar :

Visko elastik davranışlar polimerlerin karakteristiklerinden biridir. Yani bu malzemelere ait gerilme-deformasyon ilişkileri zamana bağlıdır. Jeotekstilin kullanımında uzun süreler söz konusu olduğundan, zamana bağımlı olaylar, özellikle de sünme çok önemlidir. Bu olaylar sünme (krip), gerilme gevşemesi (stres relaksasyon) ve bozulma süresidir.



Şekil 2.12 Örgülü jeotekstillerin yük-uzama eğrileri



Şekil 2.13 Örgüsüz jeotekstillerin yük-uzama eğrileri

a) Sünme, Gerilme Gevşemesi, Bozulma Süresi :

Standard çekme testleriyle belirlenen çekme dayanımından daha küçük bir sabit yük altında malzeme zamanla uzar ve belirli bir süre sonra da malzeme bu yük altında kopar. Bu olay sünme, bu uzun süreli kopma için geçen zamanda bozulma süresi olarak adlandırılır.

Deneylerde belirlenen standard kopma uzamasından daha küçük sabit bir uzama altında gerilmeye görülen azalma ve sonuçta sifıra gelme olayı gerilme gevşemesi olarak adlandırılır. Bu iki visko-elastik davranışın temelini aynı fiziksel olay belirler. Bu, moleküler zincirlerin kısmen amorf bölgelerde, kısmende kristalin bölgelerde (özellikle polifine'lerde) yeniden düzenlenmesidir.

Jeotekstilin sünme derecesi genellikle, malzeme, (polimer ve üretim prosesi) yapım, (örgülü, örgüsüz, örme biçimi, ızgara) yükleme derecesi, sıcaklık ve zamana bağlıdır.

b) Polimer Malzemelerinin Sünme Üzerindeki Etkisi :

Polimer malzemelerin jeotekstilin sünme davranışına etkisinin incelenmesinin en kolay ve güvenilir yolu jeotekstilin temel elementinin, yani yapım ipliklerinin incelenmesiyle olur. Şekil-2.14'de standard çekme dayanımınının % 60'ı yükte çeşitli malzemelere ait sünme eğrileri verilmiştir. Polipropilen (PP) hem iyi, hemde kötü yönde uç bir örnektir. Bunun nedeni PP'den üretilen malzemelerin tür ve tiplerinin sayısının fazla olmasıdır. Bu polimere ait gridler en kötü, iplikler ise en iyi davranışı sergiler.

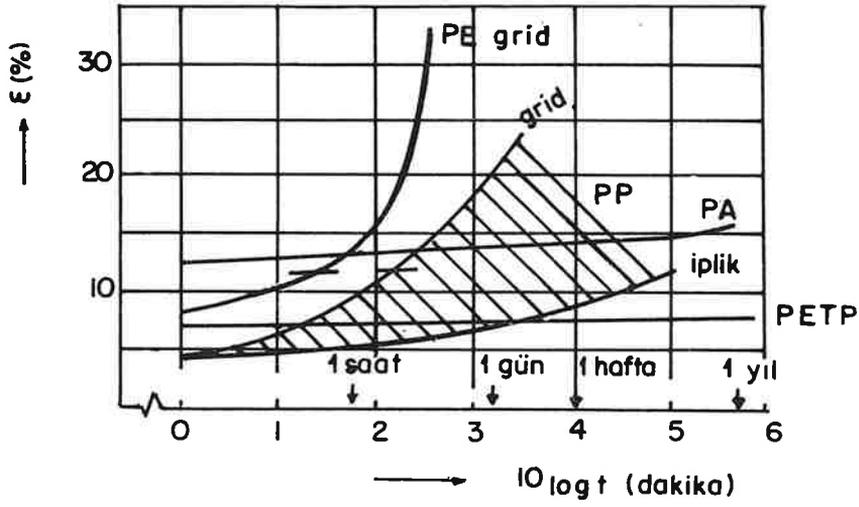
Diğer sünme eğrileri polimerlerin karakteristik örnekleridir. Polyester (PETP) için ve log t arasındaki ilişki uzun süre doğrusal olarak kalır. % 70, % 80, % 90 yükleme altında da PETP kopmadan önce doğrusal hattan çok küçük sapma gösterir. Şekilde bir yanda polietilen (PE) ve polipropilen (PP), diğer yanda poliamid (PA) polyester

(PETP) arasındaki temel farklılıklarda görülmektedir. Belirgin farklılık PE ve PP için kısa süreli çekme testinden elde edilen uzama değerlerinin (bak Şekil-2-10) bu deneyde elde edilen uzama değerinden daha düşük olduğudur. Bu hem yüksek, hemde düşük yükleme seviyeleri için doğrudur. PETP ve PA için bu olay gözlenmez. Bu kuşkusuz PA ve özellikle PETP'de ϵ -log t diyagramının PE ve PP ile karşılaştırıldığında daha geniş zaman aralığında doğrusal kalmasından ileri gelir. Bu olay jeotekstilin güçlendirme amacıyla kullanılmasında önemlidir. Güçlendirme uygulamalarında % 60 yükleme derecesi çok büyüktür. Bu nedenle daha düşük yük seviyelerindeki veya uygulamada beklenen seviyede malzeme davranışları incelenmelidir. Standard çekme dayanımlarının (KN/M, MN/tex, N/mm²) verilen yüzdelerindeki yüklerde malzemelerin bozulma zamanları Şekil-2.15'de verilmiştir.

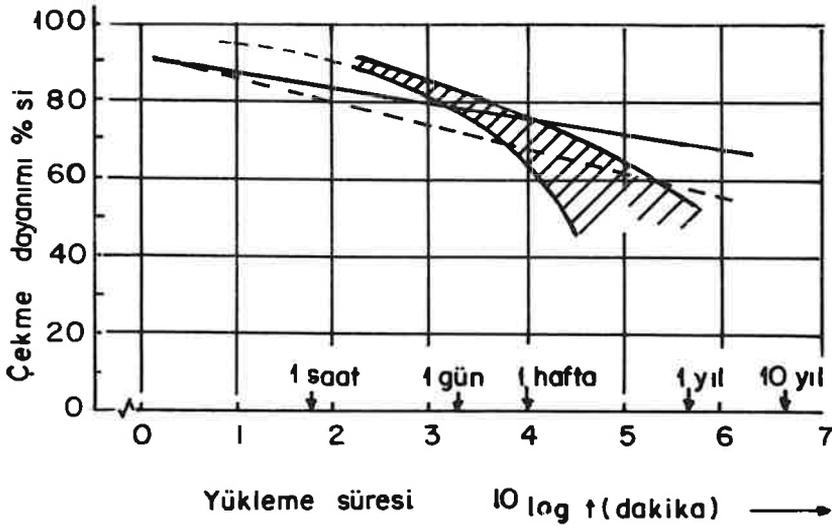
Bu eğrilerin üstündeki alanlarda-sağa doğru-(izin verilir yük ve/veya öngörülen zamanın aşırısı) sünme olayıyla malzemenin bozulma şansı yüksektir. Polietilen bu grafikte yer almamaktadır. Çünkü sünmeye karşı son derece duyarlı olması nedeniyle uzun süreli yüklemelerde uygun bir malzeme değildir (bak Şekil-2.14).

Polipropilen (PP) ve polietilen (PE) grid üreticileri uzun süreli uygulamalarda izin verilebilir yük seviyesini yalnızca % 20 olarak öngörmektedirler. Ancak bu yük seviyesinde bile sünme halâ mevcuttur ve tasarılamada gözönüne alınmalıdır. Polyester (PETP) ve poliamid (PA) için çekme dayanımının % 40 veya % 50'sine karşılık gelen yükler idealdir. Bu çeşit verilerin önemi küçümsenmemelidir. Pratikte sünme davranışı ve bozulma zamanlarındaki tahminle ilgili büyük hatalar şu nedenlere dayanır.

- Kuvvetlerin zamanla değişimi ve zemindeki ortalama kuvvetlerin derecesiyle ilgili belirsizlikler.



Şekil_2.14 % 60 Yükte sünme



Şekil_2.15 Gerilme oranı ile ilgili bozulma zamanı

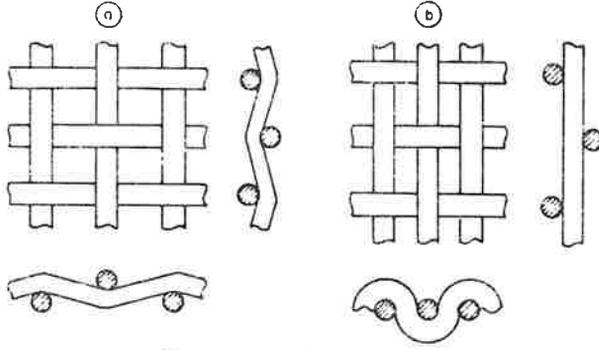
- Jeotekstili lokal olarak yüksek ve /veya düşük yüklemelere tâbi tutan kuvvetlerin zemin içinde düzensiz dağılımı.
- Sonucunda orijinal özellikleri bozabilecek, yerleştirme esnasında jeotekstilde olabilecek olası zararlar.

Sünme davranışları üzerinde polimer etkisinden şu sonuca varılabilir; polyesterin sünmeye duyarlılığı en az, polietilenin en çoktur. Duyarlılık, azdan çoka sıralandığında polimerler, polyester, poliamid, polipropilen, polietilen olarak dizilirler. 10-100 yıl gibi uzun süreli yüklemelerde polyester için izin verilen yük çekme dayanımının aşağı yukarı % 50'si, poliamid için % 40'ı, poliproilen ve polietilen için % 25'in altı öngörülmektedir.

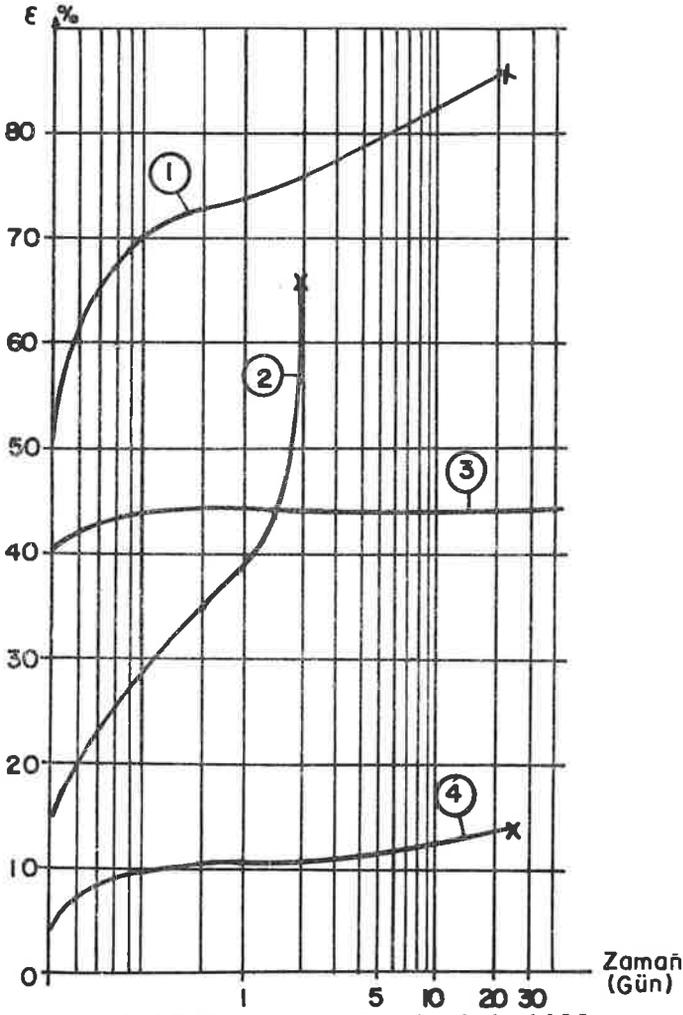
c) Jeotekstil Yapısının Sünme Davranışına Etkisi :

Jeotekstilde iplikler nadiren tam kuvvet uygulama yönündedir. Hatta, örgülü jeotekstil durumunda iplikler en az bir yönde kuvvetlice bükülür. Sonuçta, bu ürünler yükleme süresince belirgin olan yapısal uzamalarla dalgalanma (kıvrımlanma) gösterir.

Ürünün bir yöndeki yapısal uzaması daima diğer yöndeki ters etkiyle olur. Şekil-2.16(a)'da yüklenmemiş bir jeotekstil görülmektedir. Bu ürün bir yönde çekildiğinde kuvvet uygulanan yöndeki elemanlar düzelirken, buna ters yöndeki elemanlarda kıvrımlanma olmaktadır Şekil 2.16(b). Bu tip jeotekstillerde bu yanıl ters etki kısıtlandığında (çifte yükleme) enlemesine ipliklerdeki sünme ana yönde "görünür sünmeye" (geciktirilmiş yapısal uzamaya) neden olur. Yapısal sünme ve ayrıca bir anlık yapısal uzamadan kaçınmak için ipliklerin jeotekstil içinde olabildiğince düz pozisyonda yerleşmesi yararlıdır. Düz, boyuna ipliklerden yapılmış örgülü ürünler iyi performans gösterebilir. Örgüsüz jeotekstillerde bu yapısal olaydan kaçınmak olanaksızdır. İplikçikleri oluşturan elemanlar doğrusal pozisyonda değildir ve olamaz. Bağlanma noktalarının dayanıklılığı



Şekil_2.16 Örgülü ürünlerde kıvrımlanma



Şekil-2.17 Çeşitli tip jteotekstillere ait krip eğrileri (çekme yükünün % 40 değerinde)

- 1-Polipropilen iğneleme işlemi ile bağlanmış, örgüsüz.
- 2-Polipropilen örgülü jteotekstil.
- 3-Polyester, iğneleme işlemi ile bağlanmış,örgüsüz.
- 4-Polipropilen örgüsüz, ısı bağlı.

nedeniyle fiberlerin bağlanması ısı yoluyla yapılmış örgüsüz jeotekstilin yanal yönünde ters etki, iğne ile delinerek bağlanma sağlanmış örgüsüz ürünlere göre biraz daha yüksek seviyedeki yüklerde belirgin olur.

Şekil-2.17'de çeşitli tür ve değişik üretim prosesleriyle üretilmiş jeotekstiller çekme dayanımlarınının % 40'ı kadar yük uygulandığında elde edilen sünme eğrileri verilmiştir. 1,2 ve 4 nolu eğriler propilen esaslı 3 ayrı ürüne aittir. Hammadde aynı olmasına karşın üretim biçimlerindeki farklılık nedeniyle jeotekstiller farklı sünme davranışları göstermektedir.

2.5.5 Hidrolik Özellikler :

Jeotekstil inşaat mühendisliğinde çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. İleriki bölümlerde jeotekstilin fonksiyonları incelenirken bu uygulamalara daha geniş şekilde yer verilecektir. Jeotekstilin özellikle drenaj ve filtre amacıyla kullanıldığı uygulamalar başta olmak üzere pekçok uygulamada hidrolik özellikleri büyük önem taşır. Su geçirimsizliği hidrolik özelliklerin en önemlisi olup, iki anlamda düşünülmelidir. Bunlar; jeotekstil düzlemine dik geçirgenlik (permittivity) ve düzlem üzerinde geçirgenlik veya su iletme yeteneğidir (transmissivity). Bu konuda ayrıntılı bilgi bölüm 2.7.2 filtre konusunda verilmiştir.

2.5.6 Sonuç :

Malzeme özelliklerin incelenmesi sonunda şu sonuçlara varılabilir. Örgülü tipler üretim biçiminin bir sonucu olarak (bazı özel durumlar hariç. Bak Bölüm 2.5.4) oldukça anizotropik (özellikleri ölçme yönüne bağlı olarak değişen) yapıya sahiptir. Diğer bir deyişle iki tercihli yöne sahiptir. Bu malzemeler yüksek çekme dayanımına, yüksek modüllere ve kopmada düşük uzamaya sahiptir. Bu tür malzemelerin hem mekanik, hemde hidrolik özellikleri yapıldığı

fiberin (ince bant, tek filamentli iplik, çok filamentli iplik) yapısına bağlı olarak geniş çerçevede değişir.

Örgüsüz tipler örgülü tipin aksine genel olarak yüksek geçirgenliğe, yüksek uzama sayesinde konulduğu yere iyi yerleşim sağlama yeteneğine ve düşük çekme dayanımına sahiptir.

2.6 Jeotekstilin Sınıflandırma Yöntemleri

Jeotekstiller çeşitli yöntemler kullanılarak sınıflandırılabilir. Bunların başlıcaları yapım tekniği (bak 2.4.1.1 ve 2.4.2.1); polimer bileşimi (PA, PP Jeotekstil gibi); ağırlık/kalınlık; mühendislik fonksiyonları (Bak 2.4.1.1); mekanik, fiziksel ve hidrolik özelliklerdir.

Yapım tekniklerine göre sınıflandırmada genel anlamda iki ana sınıf düşünülür; örgülü ve örgüsüz ürünlerdir. Bu tiplerde kendi aralarında yapıldıkları fiberlerin veya ipliklerin cinsine göre alt gruplara ayrılabilir. Bölüm 2.5.3.1'de verilen gruplandırmada geometrik yaklaşım ve yapım malzemeleri esas alınmıştır. Halbuiki örgüsüz tiplerde fiberlerin birbirine bağlanma prosesi (bak 2.4.2.1); örgülü ürünlerde de örme teknikleri belirleyici parametrelerdir. Bu nedenle bu parametreleride içeren ve en doğru sınıflandırma sistemi olarak düşünülen CFG (Comite Français Des Geotextiles) sınıflandırma skalası Tablo 2.3'de verilmiştir.

Bu tablo Şekil-2.1 ile bir bütün olarak düşünülmelidir. Mühendislik özellikleri düşünüldüğünde ise yine genel kabul gördüğü düşünülen CFG sınıflandırma skalası verilecektir. Bu sınıflandırma sisteminde jeotekstilin 3 özeliği gözönüne alınır. Bunlar; mekanik özellikler, hidrolik özellikler ve filtrasyon özelliklerdir.

Tablo-2.3 Jeotekstilin üretimi ve bileşen malzemelerine göre sınıflandırılması

KATEGORİ	ÖRÜLMÜŞ=DOKUNMUŞ (Woven)	ÜRÜNÜN YAPILIŞ TARZI
A 1	Yuvarlak tek filamentler, Ø=100-1000 mikron.	Çeşitli üniform düzenlemelerle 2 grup ipliğin kesiktirilmesi.
A 2	Yuvarlak kesiksiz çok filamentli , Ø=10-25 mikron.	
A 3	Kesilmiş film bantları.	
A 4	Çok filamentli, liflendirilmiş bükümlü şeritler (Kordonlar)	
A 5	A1 ve A4 ün bileşimi(Uzunlamasına veya enine ipliklerde).	
	ÖRGÜSÜZ=DOKUNMASIZ (NONWOVEN) Isıl(termal)bağlı=(Thermally Bonded) Ergimeleli termoplastik bağ yardımıyla rastgele yönlendirilmiş sürekli veya süreksiz fiber taneciklerinin birbirine bağlanması	Ergime yoluyla birarada tutulmuş fiber veya filamentlerin rastgele dizilimi ile keçe veya yapağımsı ürün
B 1	Tek bileşenli, daha düşük ergime noktalı fiberlerin bağlanması ile oluşturulmuş.	
B 2	İki bileşenli daha düşük ergime noktalı fiberlerin eritilmesi ile bağlama oluşturulması.	
C 1	Reçine bağlı (Resin Bonded) Seçimli olarak iğneleme işlemi ile sıkılaştırılmış ve dağılmış reçine ile dbyurulmuş kesilmiş veya sürekli fiber taneciklerinin rastgele yönlendirilmesi.	Karıştırma ve/veya yapıştırma (Kolalama) işlemi ile birarada tutturulmuş yapağımsı malzeme.
D 1	İğne-delikli (Needle-Punched) Tırtıklı (Dikenli) iğnelerle çoklu delme işlemiyle mekanik olarak dolaştırılıp ve sıkıştırılmış, sürekli veya kesilmiş fiber tanelerinin rastgele yönlendirilmesiyle oluşmuş.	Karıştırıp birbirine dolaştırma yoluyla birarada tutturulmuş yapağımsı malzeme.
D 2	Daha yoğun yapı için ısıtarak D 1'in büzdürülmesi ile elde edilen yapı benzeri ürün.	
D 3	D1 benzeri ürünün, ilk modülleri arttırmak amacıyla çift eksenli çekilip gerdirilmiş şekli.	
	DİKİŞLİ-DÜĞÜM BAĞLI (STITCHBONDED)	Belirli durumlar için taranmış yapağı formasyonu ile beraber örme ve dikmenin kombinasyonu ile oluşturulmuş ürünler.
E 1	Yalnızca gelişigüzel yapağıdan yapılmış.	
E 2	Gelişigüzel yapağı ve boyuna ipliklerden yapılmış.	
E 3	Yapağı ile boyuna ve enine ipliklerden yapılmış.	
F 1	DÜĞÜMLÜ ÖRGÜ (KNITTED) Birbiri sıra,ürünün enine istikametinde ilmekli örgü yapılarak tek iplikten üretilen atkı örgülü malzeme.	İpliklerin birarada ilmek yapılarak elde edilen ürün.
F 2	İlmik eksenine paralel olarak sıralanan örgü ile çoklu ipliklerden elde edilmiş zincirli örgü malzeme.	
G 1	BİLEŞİK MALZEMELER (KOMPOSİTE) Örgülü veya örgüsüz alt tabaka üzerinde yapağımsı iğne delikli ürün.	Yukarıdaki yöntemlerin karışımı ve ilave teknikler kullanılarak yapılan ürün.
G 2	Yapıştırıcı laminasyon (haddelene) yoluyla, örgülü veya örgüsüz plastik elek tipi ürünün bileşimi.	
G 3	Enine veya boyuna veya her iki yönde kıvrımsız filamentli örgüsüz ürünün güçlendirilmesi (örneğin dikişli bağlama).	
G 4	Haddeden çekilmiş, plastik gömlekle kaplanmış, paralel tekstil filamentlerinden oluşmuş; dokumadan yapılmış kaba örgülü formasyon, sepet örgü benzeri.	

Mekanik özellikler hem jeotekstilin üretim yönünde, hemde bu yöne dik olarak ölçülür. Ölçülen özellikler çekme dayanımı (kN/m), kopma uzaması (%) ve yırtılma dayanımıdır. (kN).

Hidrolik özellikler, geçirgenliğin, daha açık bir ifadeyle yüzeye dik geçirgenliğin (permittivity) (S^{-1}) ve yüzey boyunca geçirgenliğin (transmissivity) (m^2/s) bulunmasıyla belirlenir.

Filtrasyon özeliği ise filtrasyon çapı olarak ifade edilen O_{95} (malzemenin % 95'inin geçeceği göz açıklığının mikron değeri) gözenekliliğin belirlenmesiyle bulunur. Bu yöntemle sınıflandırma Tablo-2.4'de verilmiştir.

2.7 Jeotekstilin Fonksiyonları ve Kullanım Alanları :

Jeotekstilin üstün tarafı aynı zamanda pekçok fonksiyonu üstlenmesi yanında bu malzemelerin mekanik ve kimyasal dayanıklılığa sahip olma, yerleştirme kolaylığı ve maliyet gibi avantajlara da sahip olmasıdır.

Jeotekstilin en büyük özelliği iki ayrı tip zemini ayırmakta kullanılan sürekli yüzeyidir. Jeotekstilin fiber içeren yapısı yoğunlaşmış kuvvetleri yaymayı olanaklı kılar. Ayrıca, zemin kütlesi içinde yayılmış çekme kuvvetlerine karşı koyar ve takviye elemanı olarak görev üstlenir. Jeotekstil filtre özellikleri nedeniyle kirlilik önleme amaçları için kullanılabilir. Katı parçacıkların geçişini engellerken, sıvı (su) ve gaz (hava) karşı yeteri kadar geçirimli kalır. Belirli koşullarda bu ürünler önemli miktarda suyu, yüzeyi boyunca taşıyabilir ve bu nedenle dren elemanı olarak davranış gösterir. Kısaca söylemek gerekirse jeotekstil hidrolik ve mekanik düzeyde fonksiyonlara sahiptir. Uygulamalara bakıldığında jeotekstilin çoğu kez aynı

Tablo 2.4- Fransa Jeotekstil Komitesi CFG'ye göre Sınıflandırma

JEOTEKSTİLLERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ			SINIFLAR											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Çekme Dayanımı kN/m	Üretim Yönünde	1	4	8	12	16	20	25	30	40	50	75	100	
	Üretim Yönüne Dik	2												
Maksimum Yük altında Uzama %	Üretim Yönünde	3												
	Üretim Yönüne Dik	4	8	11	15	20	25	30	40	50	60	80	100	
Yırtılma Dayanımı kN	Üretim Yönünde	5	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,7	2,3	3	4	6	
	Üretim Yönüne Dik	6												
Geçirgenlik	Yüzeye Dik Geçirgenlik Kn/e S ⁻¹	7	10 ⁻²	2.10 ⁻²	5.10 ⁻²	0,1	0,2	0,5		2	5	10	50	
	Yüzey Boyunca Geçirgenlik Kp.e m ² /s	8	10 ⁻⁸	2.10 ⁻⁸	5.10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	2.10 ⁻⁷	5.10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁶	5.10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	5.10 ⁻⁵	
Gözeneklilik		9	600	400	200	150	125	100	80	60	40	20	10	
		10	İleriki gelişmelere göre kullanılmak üzere											

zamanda birkaç fonksiyonu üstlendiği görülmektedir. Bu dört temel fonksiyon; **a) drenaj, b) filtrasyon, c) ayırma ve d) takviye** (güçlendirme) dir. Korumada bu fonksiyonlara dahil edilebilir. Bu dört temel fonksiyon birbirini bütünler ve genel bir yaklaşımla yalnız biri ana fonksiyon olarak düşünülür.

Çalışma alanlarında ulaşım yolu yapımı bunun bir örneğidir. Bu uygulamada jeotekstilin ana fonksiyonu ayırmadır ve ana malzeme (temiz agrega) tabakalarını kirletici kil parçacıklarının girişiminden (penetrasyonundan) korur. Ancak, yeraltı su seviyesi geniş bir aralıkta değişiyorsa ve zeminin yıkanarak uzaklaştırılma tehlikesinin olduğu durumlarda veya yol yapım tabakalarının kirletilme tehlikesi varsa yapının kararlılığı jeotekstilin filtrasyon yeteneği sayesinde korunur.

Trafik yükü altında, suyu uzağa taşımayı olanaklı kılan eğimin olması durumunda, jeotekstil mevcut gözenek suyunun drenajını olanaklı kılarak (**drenaj fonksiyonu**) temel zeminini sağlamlaştırır ve dayanma kapasitesini arttırır.

Jeotekstilin tipine ve kalitesine bağlı olarak bu malzemeler geniş deformasyonların olduğu yapılarda, yapının mekaniksel güçlendirilmesinde kullanıldığında yapının bozulması engellenir veya azaltılabilir. Bu uygulamada jeotekstilin ana fonksiyonu ayırma olmakla birlikte değişen koşullara göre filtrasyon, drenaj gibi ikincil bir görevide üstlenebilmektedir.

Hidrolik yapılarda genellikle **filtrasyon** ana fonksiyon iken ayırma ikincil bir fonksiyondur.

Dikey drenlerde drenaj temel fonksiyon iken,filtrasyon ikincil bir fonksiyondur.

Tünel örneğinde olduğu gibi jeotekstilin drenaj ve koruma gibi ikili birincil fonksiyona sahip olduğu uygulamalar da vardır.

Sonuç olarak jeotekstilin uygulama tipine bağlı olarak değişen birincil fonksiyonun yanında ikincil fonksiyonları da vardır ve bu durum tasarımılamada ve jeotekstil seçiminde mutlaka gözönüne alınmalıdır.

Jeotekstilin uygulama alanları ve özelliklerinin önemi Tablo-2.5'de verilmiştir. Yapı tipine göre fonksiyonların belirlenmesi "fonksiyon" sütunundaki verilere göre yapılmaktadır.

Jeotekstilin kullanım yerleri de Tablo-2.5, 1.sütunda verilmiştir. Daha spesifik yaklaşımla bu örnekler çoğaltıldığında;

- Temelin hızlı bir şekilde pekiştirilmesinde düzey filtrelerde
- Barajlarda sızma sularına karşı drenaj bölmesi olarak
- Biriken suların boruya iletilmesinde drenaj bölmesi olarak
- Depo ve kanallarda
- Erozyona karşı korumada
- Drenaj borularında filtre olarak
- Su yapılarının kıyılarını dalga ve akıntıya karşı koruyan taş kaplamaların altında filtre olarak
- Karışma eğilimi gösteren iki malzemeyi ayırmada sayılabılır.

Bu örnekleri daha çok arttırmak mümkündür ancak kitabın içeriği belirlenirken DSİ'nin ilgi alanına giren uygulamalara ağırlık verilmeye çalışılmıştır. Yukarda da belirtildiği gibi daha pekçok uygulama alanlarına göre çoklu fonksiyona sahip olabileceği bilinmektedir. Bu nedenle jeotekstilin ayırma, filtrasyon, drenaj ve güçlendirme fonksiyonları incelenirken kesin ayırımlar yapmak oldukça zordur ve her fonksiyonun diğer fonksiyonların tamamlayıcısı olduğu düşünölmelidir. Jeotekstilin ayrı ayrı bölümlerde incelenen fonksiyonlarını tam olarak anlayabilmek için bu bölümler bir bütün olarak gözönüne alınmalıdır.

Bundan sonraki bölümlerde jeotekstilin; örneğin ayırma fonksiyonu incelenirken verilen şekiller direk olarak fonksiyonu ile ilgili bile olsa Tablo 2.5'de verilen ikincil fonksiyonlar bilinmeli ve şekillere o gözle bakılmalıdır.

Örneklersek Şekil-2.3.6'da jeotekstilin drenaj amacıyla normal drenlerde kullanılması gösterilmektedir. Ancak bu uygulamalarda jeotekstilin filtrasyon ve ayırma gibi iki önemli fonksiyonu daha olduğu unutulmamalıdır. Bu şekil ayırma ve filtre ile ilgili bölümlerde de verilebilirdi. Ancak tekrardan kaçınmak amacıyla bu yol izlenmemiştir.

2.7.1 Ayırma (Separasyon) :

Ayırma kavramı açık değildir ve bu nedenle tanımı zordur. Örneğin hidrolik ayırma filtrasyon ile eşanlamlı iken mekanik ayırma yapının takviyesi ve korunması kavramını içerir.

Geometrik ayırma ise, tane boyu dağılımı, sıklık, yoğunluk vb. gibi farklı fiziksel özelliklere sahip zemin tabakalarını ayırma veya bir ara yüzey oluşturma işidir. Zeminle tamamen farklı yapıda olan jeosentetikler sürekliliği, bükülebilirliği, deformasyon yeteneği ve yüksek çekme dayanımına sahip olmanın doğal sonucu olarak zemindeki suyun serbestçe hareketine izin verirken, farklı karakteristiklere ve özelliklere sahip farklı tip zeminlerin karışmasını engeller. Elverişsiz zeminlerde yapılan yol inşaatlarında fonksiyonel malzemelerin zeminlere doğru kaybını engelleyerek çok kötü zeminlerde bile kum-çakıl tabakaların oluşturulmasını olanaklı kılar. İyi bir sıkıştırma sağlanabileceğinden dolayı da agrega tabakalarının dayanma kapasiteleri artacaktır.

Zemin özelliklerinin vasat olduğu bölgelerde gerek ekonomik gerekse ekolojik nedenlerle yolların inşaa edilme zorunluğu, jeosentetiklerin yukarıda sayılan avantajlarına önem kazandırmaktadır.

İyi kaliteli malzemeyi zayıf zeminlerden jeosentetiklerle ayırmakla inşaatın durdurulma zorunluluğunun ortaya çıkabileceği kötü hava koşullarında bile inşaaata izin verilebilir. Kalıcı yollarda jeotekstil kullanımı önemli derecede agrega tasarrufunu olanaklı kılar.

Jeotekstilin maliyetinin genel yol maliyetinin % 1'inden az olduğu düşünülürse, sağlayacağı yararlar bu harcamaya değer gibi gözükmektedir. Jeotekstil kullanılarak yapılan ayırma işi yol yapımı, demiryolu, spor alanları, toprak dolgu gibi uygulamalarda birincil fonksiyondur. Bu işlem hidrolik yapılar ve drenaj örneklerinde olduğu gibi diğer uygulamalarda ikincil bir fonksiyondur.

Bu uygulamalarda jeotekstillere genel olarak döşeme esnasında, inşaatın yapım süresi ve inşaat sonrasında çevre etkilerinden zarar görmemeli, hidrolik olarak statik ve dinamik filtre gerilmeleri altında ince parçacıkların göçüne izin vermemeli ve uzun sürede kimyasal etkilere ve çürüme-ye karşı dayanıklı olmalıdır.

Jeotekstillerde gözönüne alınması gerekli karakteristikler incelendiğinde **geçirgenlik ve filtrasyon çapı** önemlidir. Boşluk suyu basıncını arttırmaksızın, suyun yapıdan serbestçe uzaklaştırılabilmesi, jeotekstilin geçirgenlik özeliği ile ilgilidir. Filtrasyon çapı seçilirken ise hem suyun serbestçe akışı hemde zemin parçacıklarının iyice tutulması düşünölmelidir.

İşletme açısından gözönüne alınması gerekli karakteristikler iseyırtılma, delinme, çekme, uzama gibi mekaniksel dayanımlardır. Örneğin yeteri kadar uzama yapamayan bir jeotekstilin önemli bölgesel deformasyonlara dayanması beklenemez. Yine iyi bir yırtılma ve delinme dayanımına sahip olmayan jeotekstil de sivri agregaların olumsuz etkilerine karşı dayanıklılığı az olacaktır.

Ayırma işlemine, ayrılan ortamlar açısından bakıldığında karşımıza beş olasılık çıkmaktadır. Bunlar :

- a) İki granüler ortamın ayrılması
- b) Granüler malzemelerin sıvılardan ayrılması
- c) Granüler malzemenin havadan ayrılması
- d) Sıvıların havadan, sıvıların sıvılardan ayrılması
- e) Kuvvetlerin zararlı etkilerinden korunmak için iki ortamın ayrılmasıdır.

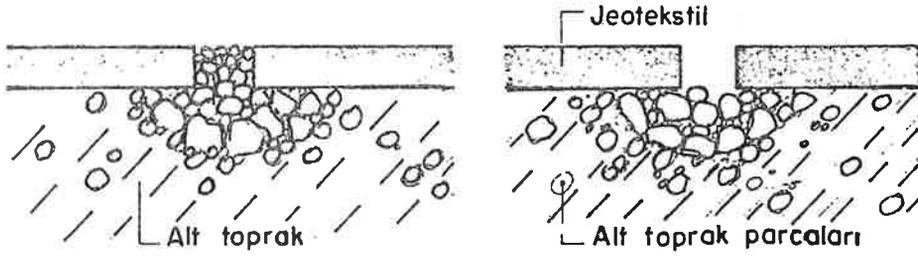
2.7.1.1 İki Granüler Ortamın Ayrılması :

Bunun için, jeotekstilin karşılaşacağı en büyük yük altındaki gözenek boyutu, üzerine gelecek tabakada bulunan büyük taneciklerin boyutundan küçük olmalıdır. Bu durumda ortamdaki daha ince tanecikler belki de ilk başlarda jeotekstilden geçecektir Şekil-2.18. Oluşan bu tanecikli iskelet yapısı geride kalan tanecikler için filtre oluşturacağı düşünöldüğünde kabul edilebilir bir durumdur. Daha ince taneciklerin kaybı sınırlı derecede oturmaya neden olur. Bu da yapının doğası gereği olarak kabul edilebilir. Tanecikli iskelet yapısının periyodik yüklemelerle bozulacağı düşünöldüğünde ve bu çeşit yüklemeler bekleniyorsa daha küçük boyutlu gözenek dağılımına sahip jeotekstil seçilmelidir.

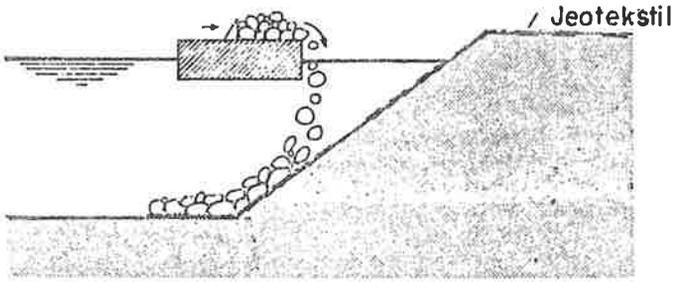
Taşların kıyı korumada kaplama tabakası oluşturması işleminde, jeotekstilin üzerine boşaltılması veya jeotekstil üzerine serilen serilen toprak veya kayanın sıkıştırılması durumunda olduğu gibi (Şekil-2.19) dinamik yükler nedeniyle oluşan kuvvetler ve/veya deformasyonlar absorbe edilmelidir Şekil-2.20. Daha ötesi, tanecikler ve jeotekstil arasındaki sürtünme yeterince büyük olmak koşuluyla, üstte bulunan taneciklerin kamalama etkisinin sonucu olarak daha aşağıda bulunan tanecikler jeotekstilin üzerine doğru hareket eder. Bu, malzeme üzerinde çekme gerilmelerine neden olur.

Jeotekstilin serildiği yataktaki düzgünlükler (dalgalanmalar, alt tabaka hazırlanmasındaki hatalar) jeotekstil tarafından köprülenmelidir Şekil-2.21. Ürünün serilme biçimi nedeniyle gerilme altında kalabileceği yukarıda belirtilmişti. Taşlar jeotekstil üzerine boşaltılırken ona etkileyecek yükler nedeniyle bu ilk gerilme artabilir. Bu gerilme durumu jeotekstilin dayanım, elastiklik ve sünme (krip) özelliklerine bağlı olarak belirli zaman periyodu içinde devam edebilir. Jeotekstili küçük bükümler ile sermek yukarıda sözü edilen problemlerin pek çoğunu engeller.

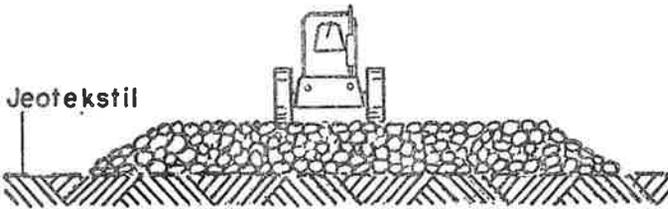
Aşırı yükleme bölgesel yırtılmalara neden olur. Öte yandan zamanla uzayabilme yeteneği sayesinde jeotekstil üzerindeki çekme yükleri azalır. Küçük alt zemin tanecikleri jeotekstille alt zemin arasındaki boşluklarda süspansiyon içine girdiği zaman değişen yükler altında ürünün desteklenmesi azalabilir veya gözeneklerde (jeotekstil ceplerinde) kolayca kaybolur Şekil-2.22. Araştırmalar, alt zemin ile jeotekstil arasında iyi temas yüzeyi sağlanarak ceplenme oluşma ihtimalinin azaltılabileceğini göstermektedir. İyi yüzey teması jeotekstil üzerine ara tabaka (örneğin çakıl tabakası) uygulanarak yapılabilir. Şekil-2.23'de riprap ile jeotekstil arasına koruyucu tabaka uygulaması görülmektedir.



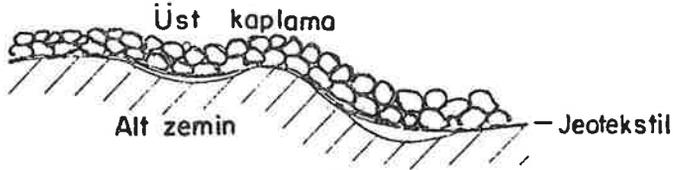
Şekil _2.18 Jeotekstil gözeneklerinin etrafında granuler iskeletin oluşumu



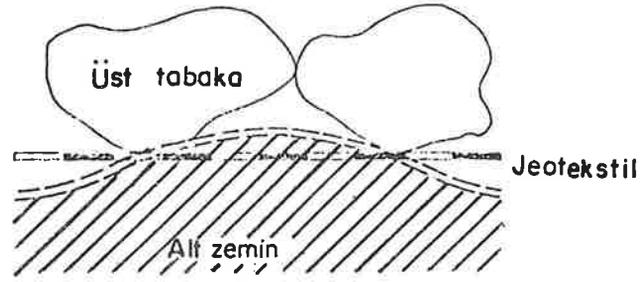
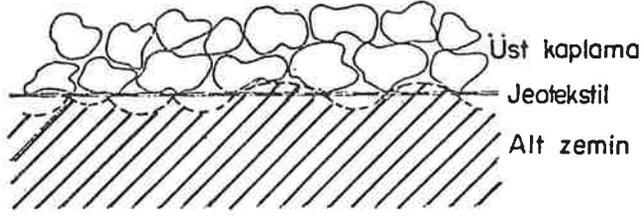
Şekil _2.19 Taşların jeotekstil üzerine serilmesi



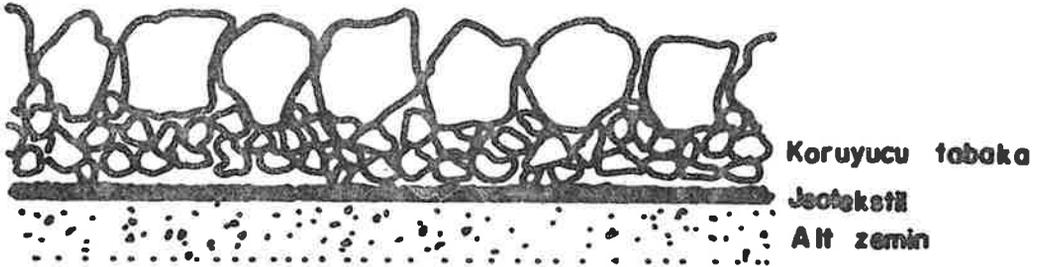
Şekil _2.20 Jeotekstil üzerine serilen taşların sıkıştırılması



Şekil_2.21 Düzensiz yatağa serilen jeotekstil

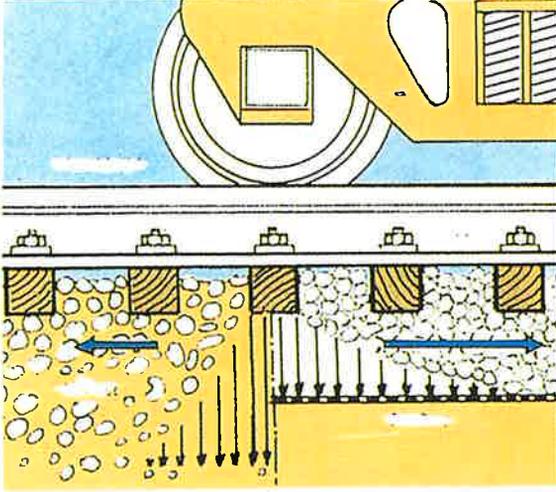


Şekil_2.22 Jeotekstil ceplenmesi

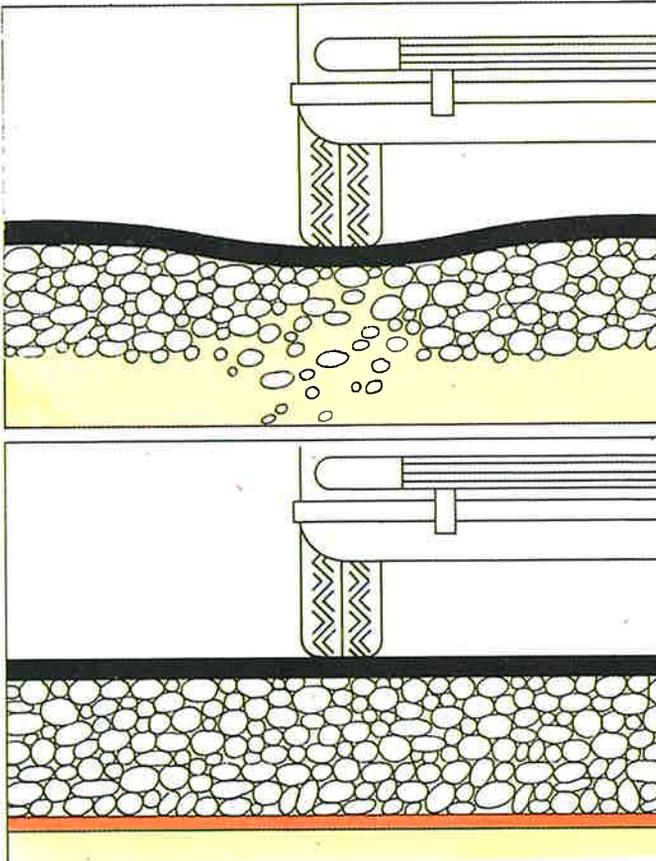


Şekil_2.23 Koruyucu tabaka uygulaması

Jeotekstil demir ve karayollarında ayırma amacıyla kullanılır. Burada da amaç granüler iki zemini ayırmak ve karışmasını engellemektir. Şekil-2.24 ve 2.25'de jeotekstilin ayırma amaçlı kullanımı görülmektedir.



Şekil - 2.24



Şekil - 2.25

Yol durumunda jeotekstil ikincil fonksiyon olarak genellikle filtrasyon, drenaj ve takviye amacıyla kullanılırken; demiryolunda ikincil fonksiyon filtrasyondur. Foto 1'de zayıf zeminlerde yol yapımı görülmektedir. "A"da jeotekstilin yüksek su içerikli zayıf zemine serilmesi, "b"de jeotekstilin birbirlerine kaynakla tutturulması, "c"de dolgu malzemesinin serilmesi, "d" de dolgu malzemesinin yayılması ve sıkıştırılması gösterilmektedir.

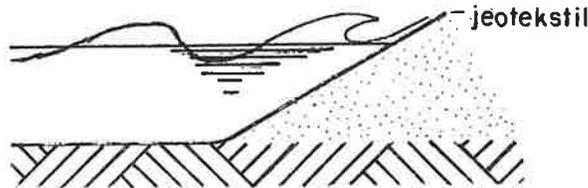
Foto 2'de yol onarım uygulaması görülmektedir. Önce çatlaklar doldurulmakta "a", sonra bitüm uygulaması yapılmaktadır "b".

Jeotekstil hazırlanmış bitüm tabakasının üzerine serilerek üzerine beton asfalt kaplama yapılmaktadır.

Jeotekstilin demiryolu yapımında kullanılması ise Foto 3'de verilmiştir. Jeotekstil zemine yerleştirildikten sonra "a", kumlu çakıl malzeme üzerine dökülür "b". Temel tabaka malzemesi serilir "c". Bu tabakanın sıkıştırılması "d" ile işlem tamamlanarak yeni bir demiryolu yapımına başlanır.

2.7.1.2 Granüler Ortamın Sıvılardan Ayrılması :

Eğer su ile (dalga ve akıntı etkisi gibi nedenlerle) uygulanan kuvvetlerin etkisi altında ve yerçekimi etkisi ile gevşek yapılı tanecikler stabil değilse, granüler malzemenin sıvıdan (ki bu genellikle sudur) ayrı tutulmasına gereksinme duyulur Şekil-2.26.



Şekil_2.26 Yamaca kaplanmış jeotekstil üzerinde dalga etkisi



Foto - 1



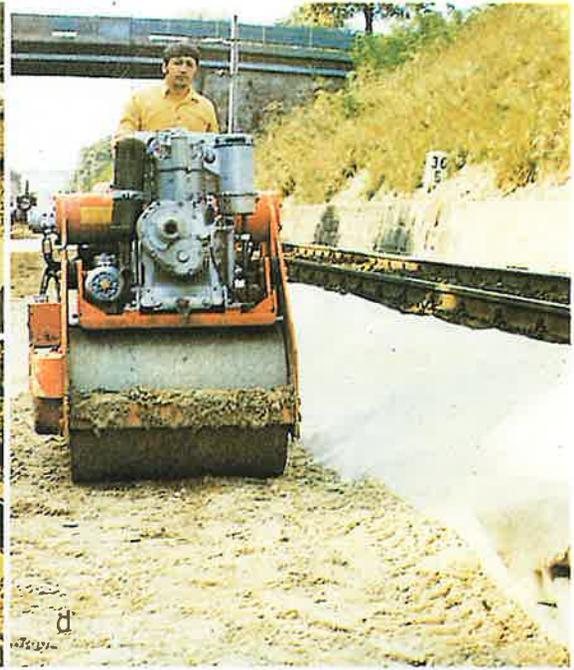
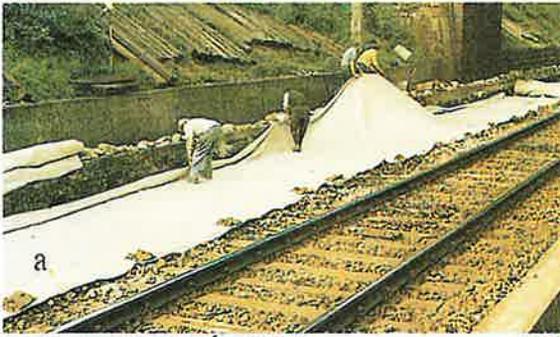


Foto - 3

Sözkonusu kuvvetler zeminde oluşan tanecikli iskelet ile tutulduktan sonra tanecikler jeotekstille bu kuvvetlere karşı korunmalı ve gerekli kaplama yapılmalıdır ve gerekli kaplama yapılmalıdır. Tanecikler sudan ayrı tutulduğu zaman hidrostatik basınç hariç jeotekstil suya bakan yüzünde daha ileri bir takviye beklenilmemelidir. Bunun anlamı; su ile doyurulmuş olsa bile alt zemindeki yük, jeotekstil ve/veya herhangi bir ilave yapı elemanları yolu ile tutulmalıdır.

Denge durumu gözönüne alındığında basitçe, su altındaki taneciklerin ağırlığı değil, su ve tanecik gerilmeleri gözönüne alınmalıdır. Yükler jeotekstil üzerinde tutulmalıdır. Tümüyle denge için jeotekstil üzerindeki kuvvetler jeotekstilin ankraji veya sürtünme ile tutulmalıdır. İki ortamı tam olarak ayırmak düşünüldüğünde bu iş için jeomambran kullanılmalıdır (Bölüm 3). Bu durumda yapı, tüm yaşamı boyunca bu fonksiyonunu yitirmemelidir. Diğer bir deyişle jeomambran kullanımı uygun bir yaklaşım olacaktır.

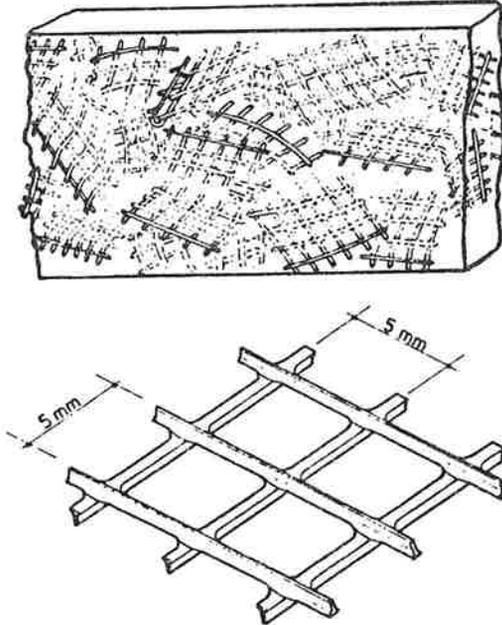
Temel zeminin jeomambrana kolayca zarar vereceği düşünülüyorsa mambran alt zeminden granüler tabakalar veya jeotekstil ile korunmalıdır. Bu konu jeomambranla ilgili bölümde ayrıntılı olarak verilecektir.

Hidrolik mühendisliği uygulamalarında jeotekstilin kullanıldığı uygulamalar Foto 4'de verilmiştir. A'da jeotekstilin elektrik santralında, "b" de kanal yapımında, "c" de kıyı korumada, "d" de nehir yapılarında kullanımı görülmektedir.

Bir taşkın kontrol kanalında jeotekstil kullanımı Foto 5'de verilmiştir. Jeotekstil kullanılmadığında ağır yağışlardan yapı büyük zarar görebilmektedir "a". Jeotekstil üzerine gabyonların kullanımı şeklindeki uygulamayla bu olası ağır hasarlardan kaçınmak mümkündür "b" ve "c". Kanalin bitmiş şekli "d" gösterilmiştir.

Granüler malzemeleri sıvılardan ayırmanın özel durumu kalın jeotekstil ağ (net) uygulanarak elde edilir. Bu yapıya sahip jeosentetikler, taneciklerin jeotekstil ağlarında tutulmalarına neden olur. Jeotekstil ağın gözenekleri, aşağı yukarı tanecik boyutlarıyla aynı boyutta olmalıdır. Taneciklerin ağdan kaçma olasılığı jeosentetiğin kalınlığı ile azaltılabilirse de, yeterli şekilde dizayn edilmiş bir tabakanın, taneciklerin geçişinden gözenekleri korumada yeterli olduğu söylenebilir. Bunun nedeni jeotekstille yakın taneciklerden oluşmuş iskelet tabakasının ayırıcı yapınının bir parçası gibi davranmasıdır.

Tanecikli iskelet yapı, ızgara veya gevşek yapıllı sentetik iplik kullanılarak gevşek tanecikli iskeletin çekme kuvvetlerine dayanması sağlanabilir Şekil 2-27.



Sekil_2.27 Jeotekstil ağın prensipi

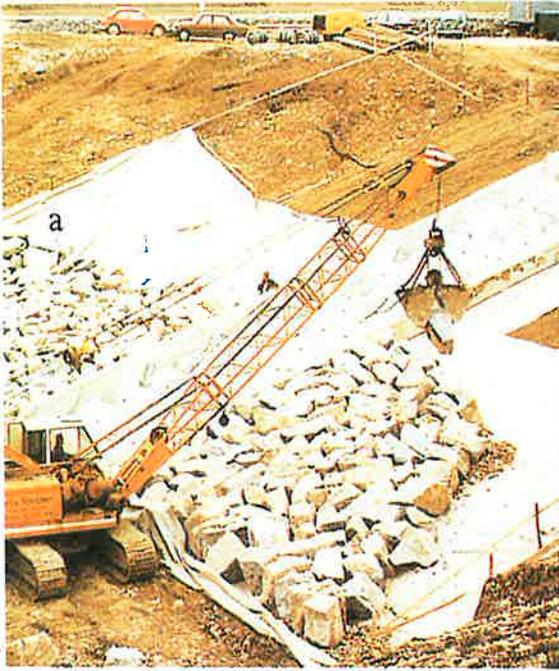


Foto - 4

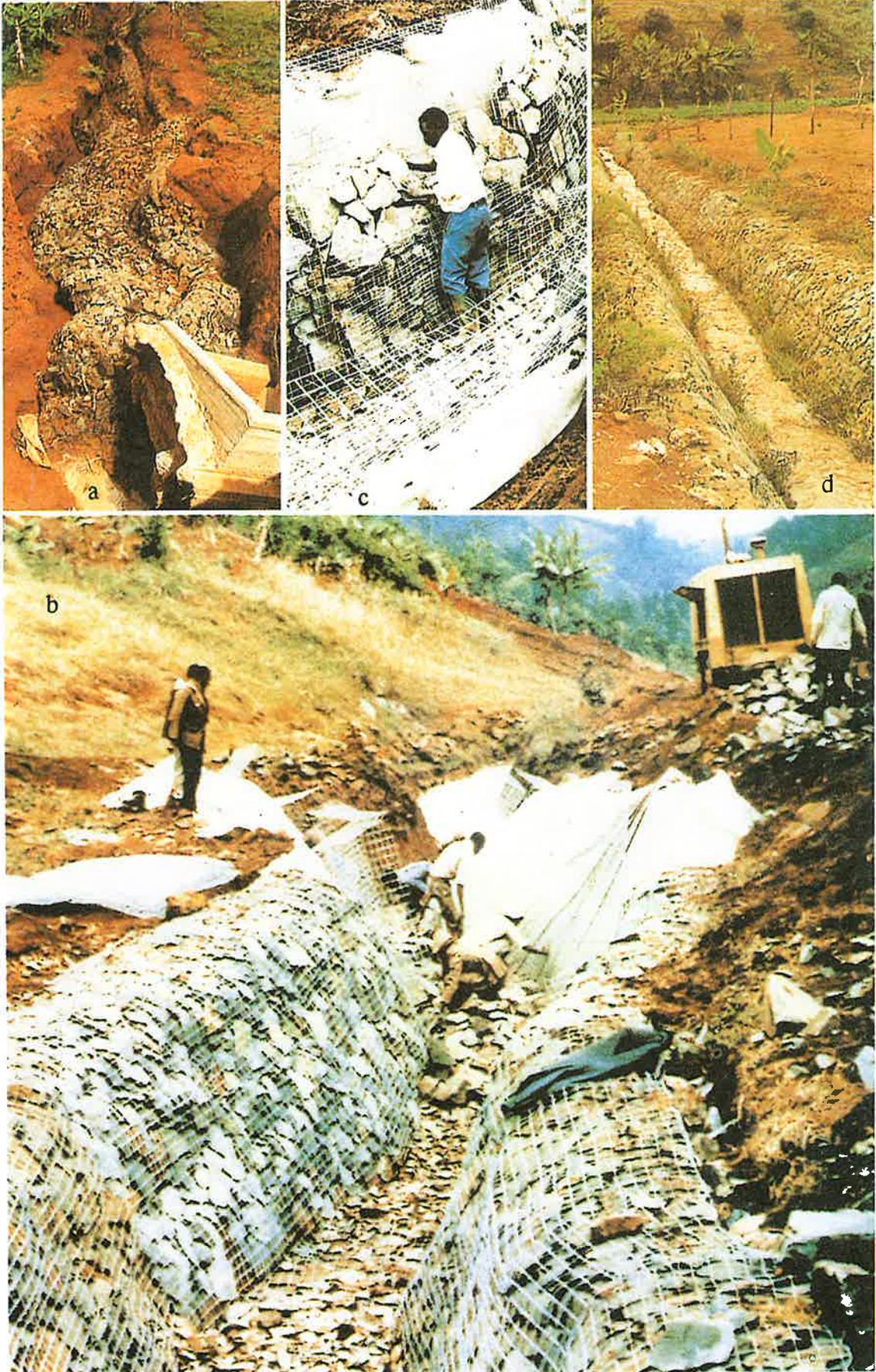
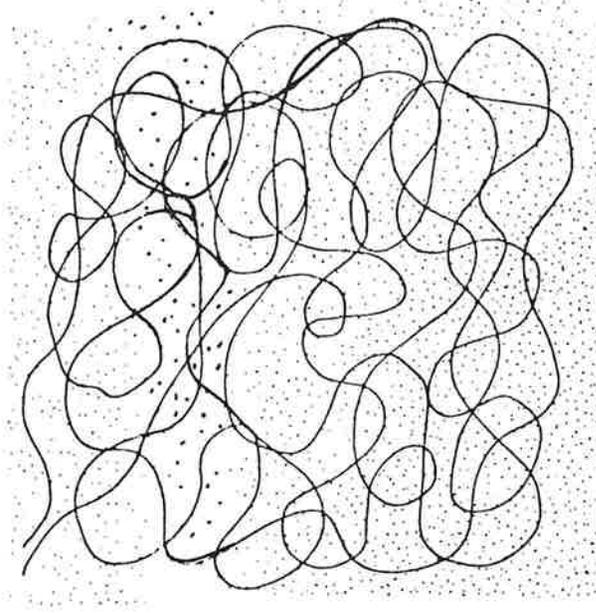


Foto - 5

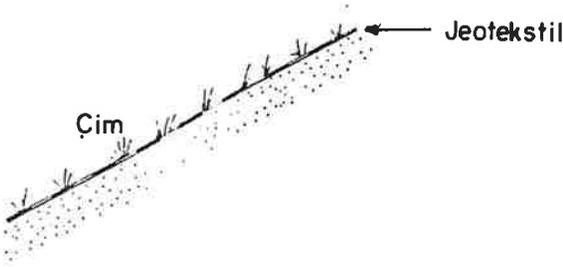
Bu yolla zemin güçlendirilmesinin uç bir uygulaması zemin kendisi ile uzun, gevşek yapılı fiberlerin karıştırılmasıdır Şekil 2-28.



Şekil_ 2.28 Zemin güçlendirmesi

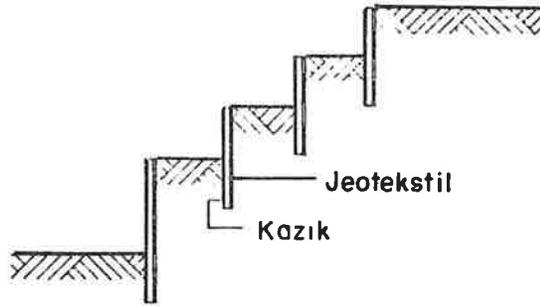
2.7.1.3 Granüler Ortamın Havadan Ayrılması :

Granüler ortamın sıvılardan ayrılmasında gözönüne alınan faktörler bu durum içinde uygulanabilir. Bu uygulamada tek fark hidrostatik basıncın yerini atmosferik basıncın almasıdır Şekil-2.29.

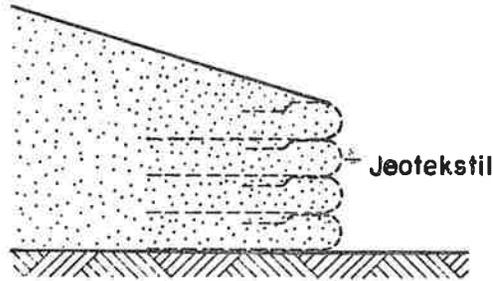


Şekil229Çimle kaplanmış jeotekstil

Jeotekstilin herhangi bir takviye olmaksızın zarf malzemesi olarak kullanılması durumunda jeotekstilde olabilecek nispeten geniş deformasyonlar genellikle kabul edilebilir. Çekme yüklerinin sonucu olarak jeotekstil gerilme altında kalacaktır. Ancak, bu deformasyonlar jeotekstilin düzlemi üzerinde azaltıldığı sürece, büyük ölçekte problem çıkmayacaktır Şekil-2.30 ve 2.31.



Şekil 2.30 Jeotekstil perdeli zemin takviye yapısı



Şekil 2.31 Jeotekstil zarflarla zemin takviye yapısı

2.7.1.4 Sıvıların Havadan ve Sıvıdan Ayrılması :

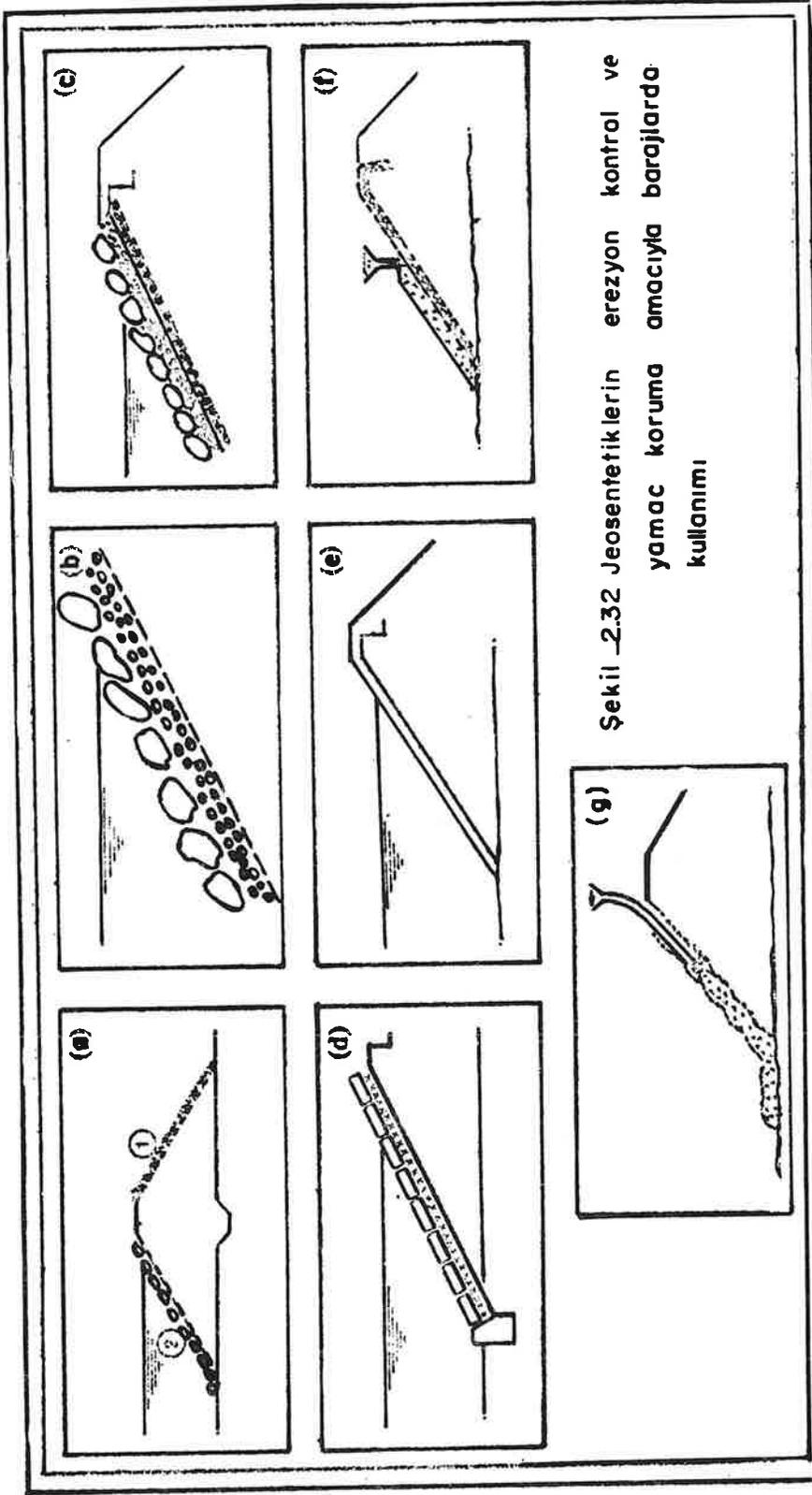
Bu anlamda jeotekstil jeomembrana takviye olarak kullanılmaktadır. Bu konu jeomembran bölümünde daha ayrıntılı incelenecektir.

2.7.1.5 Kuvvetlerin Zararlı Etkilerinden Korunmak İçin İki Ortamın Ayrılması :

Eğer, granüler malzemenin yüzeyi örneğin, su akımı nedeniyle kayma gerilmelerine maruz kalırsa, stabilitenin temini bu kuvvetleri taneciklerden uzak tutarak sağlanır. Küçük ölçekte bu iş granüler ortamın yüzeyine dik küçük perde yapıları ile sağlanır. Buna örnek olarak rüzgar perdeleri, petekli hasır kullanımı verilebilir.

2.7.1.6 Jeotekstilin Barajlarda Erozyon Kontrol ve Yamaç Korumada Kullanımı :

Barajlarda erozyon kontrolü ve yamaç korumada jeosentetikler ayırıcı katman fonksiyonunu üstlenir. Şekil-2.32'de jeosentetiklerin bu amaçla olası kullanım yerleri gösterilmektedir. Şekil-2.32(a-1) durumunda jeosentetik barajın mansap tarafında yüzey erozyonunu önlemek amacıyla kullanılmıştır. Bu uygulamada tipik olarak kullanılan jeosentetikler jeohasır (geomat) ve jeosentetik hücrelerdir, (Geocell). Mansap tarafı yamaç erozyonu tipik olarak yağmur nedeniyle oluşur. Ancak barajın üstünden suyun aşması nedeniyle oluşan belirli miktardaki akışa dayanabilen bir koruma dizaynında yapılabilir.



Şekil 2.32 Jeosentetiklerin erezyon kontrol ve yamac koruma amacıyla barajlarda kullanımı

Şekil-2.32(a-2) durumunda jeotekstil filtre, memba tarafı yamaç korumada riprap, beton blok, veya beton plakalar altında kullanılır. Büyük kayalar veya bloklar kullanıldığı zaman bu tabakalarla jeotekstil arasına jeotekstili korumak ve jeotekstil ile alt tabaka arasında uniform temas sağlamak için çakıl tabakaları düşenir (Şekil-2.32 (b)).

Şekil-2.32(c)'de barajın kretine ankrajlanmış jeogrid, çakıl tabakasını güçlendirmek ve bu tabakayı yamaç boyunca kaymadan korumak için kullanılır. Bu durumda jeogrid çakıl parçacıklarının büyük kaya ve bloklar içine göçünü engelleyerek ayrıca makro-filtre gibi davranır.

Şekil-2.32(d)'de düşük sürtünme açısına ve yüzey adhezyonuna sahip jeotekstil (uygulama böyle gerektiriyorsa) beton plakaların, sıklıkla jeomambran olan taban tabakasına göre serbestçe hareketine izin verir. Şekil-2.32(e)'de jeogrid, yamaca yerleştirilmiş zeminin, betonun veya bitümlü betonun güçlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu çeşit pekçok sayıda uygulama barajlarda ve rezarvuarlarda gözönüne alınabilir. Jeomambran üzerine yerleştirilmiş koruyucu zemin tabakasının güçlendirilmesi, yerinde dökülen beton plakaların veya tabakanın yerleştirilmesi sürecinde güçlendirme, koruma veya geçirimsizleştirme için kullanılan bitümlü tabakanın güçlendirilmesi, bu uygulamaların bellibaşlıları arasında sayılabilir. Şekil-2.32(f)'de jeosentetik dren betonun yerleştirilmesi süresince fazla suyun betondan boşaltılması için kullanılır. Çok sulu betonlarda oluşan beton köpüğünün giderilmemesi halinde betonun üst tabakası çok boşluklu olur. Bu nedenle, betonun yerleştirilmesi süresince beton tabakasının stabilitesini bozabilecek alt basınçların gelişimi engellenmelidir. Bu özellikle beton koruma tabakasının jeomambranın üzerine dökülmesi söz konusu olduğunda yararlıdır. Betonun yerleştirilmesi esnasında küçük miktarda su açığa çıkacağından bu durumda iğne delikli jeotekstil kullanılabilir. Bu, jeotekstil beton dökülürken betonun uyguladığı kayma gerilmelerine karşı koyması için barajın kretine tutturulmalıdır.

Jeosentetiklerin beton dökümünde kullanılması da olasıdır. Beton iki kat jeosentetik tabaka arasına dökülür. Ayırıcı ipliklerle paralelliği sağlanır ve sonuçta plak benzeri matris elde edilir. Bu uygulamada betonun dökümü sürecinde oluşan çekme gerilmelerine karşı koymak için yüksek dayanımlı, örgülü jeotekstiller kullanılır.

Şekil-2.32(c) ve (e) durumlarında tipik olarak tekli jeogrid kullanılır. Eğer iki veya daha çok katlı jeogrid kullanımı gerekirse kayma yüzeylerinin oluşmasını engellemek için bu tabakalar birbiriyle temas ettirilmemelidir.

2.7.2 Filtrasyon :

2.7.2.1 Tanım :

Filtrasyon, suyun ince derecelenmiş zemin tabakasından kaba derecelenmiş, zemin tabakasına geçmesine izin verirken ince zemin parçacıklarını tutma, göçüne izin vermeme işidir. Diğer bir deyişle ana zemin parçalarının parçacıkları üzerine yüklenmiş sürüklenme kuvveti altında su ile filtre içine göçünün engellenmesidir.

2.7.2.2 Filtre Malzemeleri :

Filtre tabakası ya granüler filtre ya da fiber filtreler olabilir. Granüler malzeme olarak gevşek tanecikler, bağlanmış tanecikler ve paketlenmiş taşlar; fiber malzeme olarak sentetik ve doğal malzemeler kullanılır.

a) Granüler Filtre : Gevşek çakıl veya cüruf, bağlanmış kumlu asfalt veya filtre matris taşları (paketlenmiş taşlar) granüler filtre örnekleridir. Bu tür filtrelerin şu avantajları vardır.

- Bazı koşullarda olası hasarları kendi kendine düzeltebilir.
- Elemanlar genellikle çok dayanıklıdır.
- Aşağı ve yukarı tabakalar arasında iyi temas yüzeyi vardır.
- Tabakaların tamiri kolaydır.

Olası dezavantajlar ise

- Tabaka kalınlığında ve filtre malzemesinin bileşiminde dağılma.
- Gözenek boyutlarının bilinmemesi.
- Yapının bitiminden sonra kontrol edilememesi.

b) Fiber Filtre : Bu filtreler sentetik malzemeler (jeotekstil) veya doğal malzemeler (örneğin söğüt örgülü hasırlar) olabilir. Özellikle jeotekstil şu avantajlara sahiptir.

- Küçük yapım yüksekliği.
- Jeotekstilin kendi düzleminde çekme dayanımına sahip olması.
- Bu ürünler nispeten ucuzdur.

Olası dezavantajlar ise;

- Uzun süreli davranışlarının tahminindeki belirsizlik.
- Özellikle temel zeminle bağlantısının çok dikkatli yapılma zorunluluğu.
- Jeotekstilin kolayca zarar görebilir ve tamiri oldukça zor bir malzeme olması.
- Düzensiz oturmalara, granüler filtre kadar uyum sağlamamasıdır.

2.7.2.3 Filtre Fonksiyonu İçin Jeotekstilde Aranılan

Özellikler :

Jeotekstiller geçirimli malzemelerdir. Geçirimsizlikleri filtre edilen zemin ile uygun olmak ve zemin parçacıklarını tutabilme kapasitesine sahip olmak koşuluyla filtre olarak kullanılabilir. Jeotekstil bu iş için mekanik ve hidrolik filtre stabilitesine ve uzun süreli performans gösterecek yapıya sahip olmalıdır.

Jeotekstilin göz açıklığı ve kalınlığı **mekanik filtre** stabilitesi ile, jeotekstilin geçirgenliği **hidrolik filtre** stabilitesi ile, kimyasal etkilere ve çürümeye dayanıklılık uzun süreli **performans** ile ilgilidir.

Fonksiyonel açıdan jeotekstilde gözönüne alınması gerekli karakteristikler geçirgenlik, kalınlık, filtrasyon çapı ve bükülebilirlik gibi özelliklerdir. Yüzeyle dik geçirgenlik ve kalınlığın iyi seçilmesi yapıda yüksek geçirgenliğe neden olur. Buda küçük basınç yükü kaybına neden olur ve böylece ürün içinden geniş akım kapasitesi oluşur. Dikkatlice seçilmiş filtrasyon çapı, yüksek basınç yükü kaybı yaratmaksızın iyi bir parçacık tutma görevi sağlar. Jeotekstilin iyi bir bükülebilirliğe sahip olması da zemin ve jeotekstil arasında iyi bir ara yüzey oluşturur. Zeminin yıkanıp uzaklaştırılmasını engeller. Hareketli parçacıkların göçünü kontrol eder ve stabil hale getirir.

İşletme açısından jeotekstil delinme, yırtılma, çekme gibi iyi mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Aksi takdirde jeotekstilin sürekliliğini bozan herhangi bir değişiklik (hasar) zemin kütlelerinde iç erozyona ve kararsız alanların oluşmasına neden olur. Jeotekstilin filtrasyon işlemindeki yararlarını, iyi derecelenmiş granüler filtrelerin yerine kullanılabilmesi ve bu sebeple yüksek geçirimsizliğe sahip (çakıl, kırmataş) ucuz agregaya kullanımına izin vermesi; iyi derecelenmiş agregalara göre daha güvenli kaliteye sahip olmasını verebiliriz. Bu malzemelerin çürüme, bozulma,

küfe, zararlı hayvanlara ve kimyasallara dayanıklı olması bir diğer avantajdır.

2.7.2.4 Barajlarda Filtrasyon Amaçlı Jeotekstil

Uygulamaları :

Filtrasyon amacıyla barajlarda jeotekstil kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Jeotekstillerin dolgu barajlarda filtre olarak kullanılabileceği bölgeler Şekil-2.33'de olası uygulamalarda Tablo-2.6'da verilmiştir.

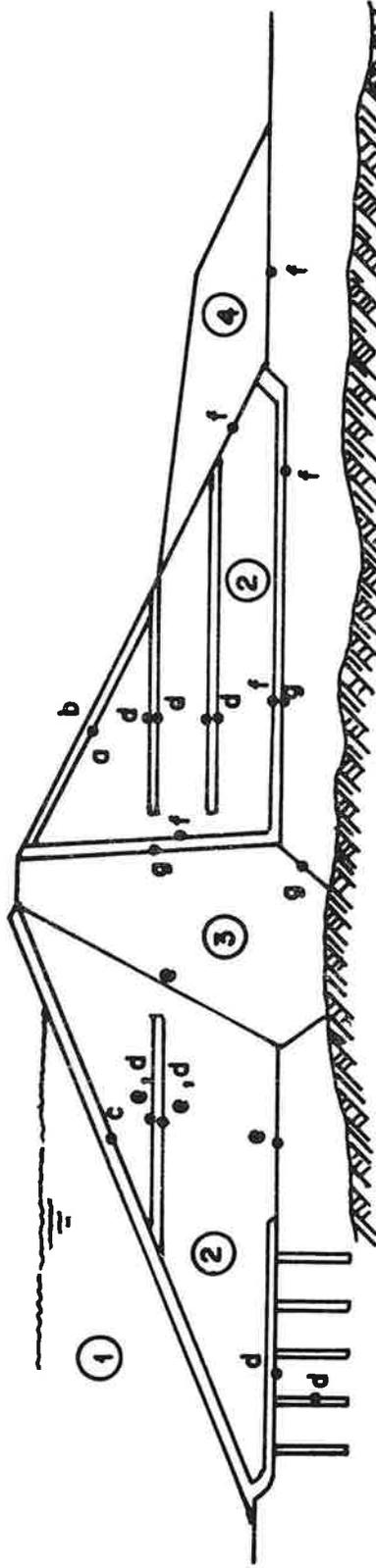
Barajlarda jeotekstillere ayırma amacıyla kullanılsa bile suyun varlığı daima gözönüne alınması gerektiğinden bunlar filtre olarak davranabilir. Bu nedenle filtrasyon ve ayırma fonksiyonları birleştirilerek geçiş (transition) olarak da adlandırılabilir.

Barajda kullanılan jeotekstil ve aranan en büyük özellik sürekliliğini ve öngörülen özelliklerini yerleştirme süresince ve bu fonksiyonlara ihtiyaç duyulduğu sürece muhafaza etmesidir. Aranılan özellikleri şöyle sıralıyabiliriz.

a) Jeotekstil yeterince ekle, zarara uğramadan veya kabul edilebilir bir zararla yerleştirilebilmelidir. Eğimli yüzeylerde çok fazla zorluk çıkarmadan yerleştirilebilmelidir. Bu özellik, çekme dayanımının, yırtılma ve delinme dayanıklılığının bir fonksiyonudur.

b) Jeotekstil sonradan yapılacak kaplamalardan gelen yüklere dayanabilmelidir. Bu nitelik de, çekme dayanımının, yırtılma ve delinmeye dayanıklılığın fonksiyonudur.

c) Kendini çevreleyen dolgu nedeniyle üzerine gelecek yüke, yırtılmadan dayanmalı veya kendi dizayn karakteristiklerinde kabul edilemez değişiklikler olmamalıdır. Böyle gerilmeler inşaat anında veya sonradan örneğin, deprem



Şekil - 2.33 Jeotekstilin Dolgu Barajlarda olası Kullanım Yerleri

- 1- Rezervuar
- 2- Dolgu
- 3- Çekirdek
- 4- Tanelli Dolgu

Tablo-2.6 Dolgu Barajlarda Jeotekstilin Filtre Olarak Kullanımı

Filtre Bölgesi	Jeotek.Fonksiyonu, Filtre Amacı	Akım veya Yüklemenin Tipi	Bağarsızlık Durumunun Önemi	Tamir Olanağı
a) Mansap tarafı yamaç koruma	Yağmur nedeniyle oluşan erozyon kontrolü	Arasıra yüzey akımı	Kritik değil	Kolay
b) Mansap tarafı yüzey drenajı	Yüzey sızma suyunun uzaklaştırılması	Sürekli lokal sızma suyu	Kritik değil. Lokal ıslak alanlar yeniden tamir edilebilir.	Kolay
c) Mamba yamaç koruma	Su seviyesi alçalması süresince dış akım veya dalga hareketiyle oluşan erozyon kontrolü	Su seviyesi alçalma süresince küçük akım. Dalga hareketi boyunca periyodik akım.	Genellikle felakete yol açmaz.	Mümkün
d) Baraj içi yatay yüzey drenajı. Düşey drenaj.	Yüksek su içerikli dolgu malzemesi kullanıldığında konsolidasyon esnasında aşırı boşluk basıncının dağıtılması	Geçici akım, sınırlı miktar. Eğer drenler tıkanmamışsa bazı ince parçaların geçişine izin verilebilir.	Felakete yol açmaz. Kötü bir durum, yapım esnasında dayanıksızlığa veya gecikmeye neden olur.	Yok Yok
e) Baraj içinde ayırıcı ve filtre tabakası olarak. Örneğin çekirdek ve baraj dolgusu ve baraj temel zemini arasında.	Su tarafı yönünde kabul edilmeyen ince parçacıkların yer değiştirmesini engellemek. Erozyon kontrolü için iki zonu ayırma.	Su seviyesi alçalma süresince geçici ve küçük akım.	Felakete yol açmaz. Eğer göç olayı geniş ve sürekli ise önemlidir.	Yok
f) Mansap tarafı iç ara yüzeyler. Baca dreni için ayırıcı veya filtre tabakası.	Sızma suyu ve yağmurla oluşan erozyona karşı koruma. İnce parçacıkların kabul edilmeyen yer değiştirmesini engellemek.	Yalnızca yağmur suyunun sızması nedeniyle akış.	Sınırlı ve felakete yol açmaz.	Emniyet için rezervuar su seviyesi düşürülerek kazı mümkün olabilir.
g) Mansap tarafı iç ara yüzey. Örneğin çekirdek sınırı veya çekirdeğe yakın temel ara yüzey. Baca dreni yerine mansap yüzey dreni.	Sızma suyunun drenajı, iç erozyona karşı koruma.	Rezervuardan sürekli akım, önemli derecede büyük ve artan.	Muhtemelen felakete yol açan cinsten ve hızlı. Mansap tarafından genel sızma, yalnızca bozulmaya neden olur.	Genellikle yok. Mansap tarafı ağırlık blokları kaldırıldığında ve emniyet için su seviyesi düşürülerek tamiri mümkün olabilir

yükü nedeniyle oluşabilir. Bu nitelik, yükleme hızı gözönüne alındığında jeotekstilin gerilme/deformasyon özellikleriyle ilgilidir.

d) Yapıldığı malzemenin yapısında varolan kararsızlığın sonucu olarak kimyasal veya hava etkilerine maruz kaldığında kabul edilemez derecede kalite kaybına uğramamalıdır. Bu, jeotekstilin bütün bileşenlerinin yapısında varolan kimyasal ve fiziksel kararlılığının fonksiyonudur.

e) Kemirici hayvan ve yabancı otlar nedeniyle oluşacak hasarlara dayanıklı olmalıdır.

Zamanla oluşacak bazı bozulmalar kaçınılmazdır ve tasarım yapılırken bunlar önceden tahmin edilebilirse sakınca oluşturmaz. Diğer önemli bir konu jeotekstilin donma veya düşük sıcaklıklara tekrar tekrar maruz kalması durumunda dayanımının ve sünekliliğin önemli derecede azalmasıdır. Öte yandan jeotekstil, donmuş su içinde bulunduğu büyük deformasyonlara direnmesi imkânsızdır. Bu nedenle jeotekstil soğuk iklimlerdeki barajların kritik lokasyonlarında kullanıldığı zaman, ya malzeme donabilecek sudan korunmalı, ya da büyük deformasyonlara maruz kalmıyacak şekilde dizayn edilmelidir. Burada karşımıza jeotekstilin durabilite (dayanıklılık) sorunu çıkmaktadır.

Barajlar önemli yapılardır. Ömürleri boyunca oluşacak olası en kötü durumlara göre dizayn edilmişlerdir ve yapımında kullanılan malzemelerin bozulmaya karşı gösterdikleri dayanıklılık oranında emniyetli olacaktır. Anahtar unsur, hangi malzeme kullanılırsa kullanılsın, yaşlanma (eskime) oranının önceden tahmin edilebilmesidir. Bütün malzemeler zamanla yaşlanır. Ancak, yaşlanma karakteristikleri önceden bilinmeli veya tahmin edilebilmelidir. Durum böyle olunca jeotekstil gibi yeni malzemelerin yaşlanıp eskiyeceği, geleneksel malzemelerin ise önemli derecede yaşlanmayacağı iddiası kabul edilemez gibi görülmektedir.

Jeosentetiklerin durabilitesi konusunda yapılması gereken şey bu konuda bilgi toplamaktır. Laboratuvar modelleri kullanılarak yapılan hızlandırılmış yaşlandırma, bu soruya tatminkâr bir cevap veremez. Yapılan bir çalışma ile 20 yıldan bu yana kullanılmış jeotekstillerden alınmış numuneler üzerinde analizler yapılmış, sonuçta bozulma prosesine dayanan hiçbir ciddi bulgu ortaya çıkmamıştır. Tipik olarak gözlenen çekme dayanımındaki % 10-20 oranındaki azalışın ise inşaat aşamasında jeotekstilde oluşan hasarın sonucu olduğu ileri sürülmektedir. Şekil-2.34'de jeotekstilin kullanıldığı bazı baraj örnekleri verilmiştir.

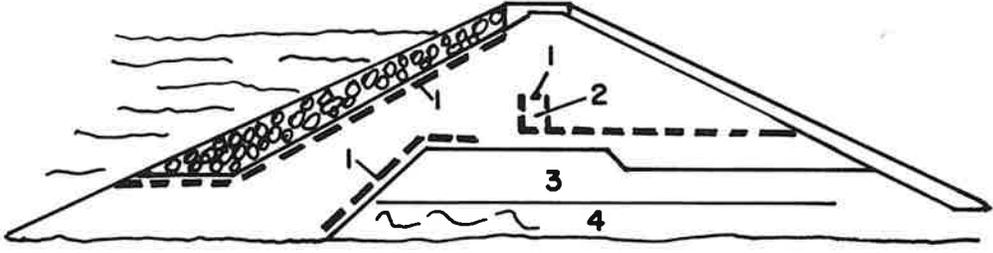
2.7.2.5 Tasarım (Dizayn) Kriterleri :

Esasen, zemin-jeotekstil ikilisinin karşılıklı etkileşimi karmaşık olduğundan, yapı mühendisliğinde olduğu gibi çok kesin tasarım parametreleri bulunmamaktadır. Ancak farklı tiplerdeki jeotekstillere ait çeşitli özelliklerin bilinmesi, göstereceği fonksiyonun anlaşılması ve 20 yıla yayılan arazi ve laboratuvar deneyimleri sonucu oluşan uygulama kriterleri uygun seçimi büyük ölçüde kolaylaştırmıştır.

Bilinen granüler filtreler aşağıdaki filtre kriterlerini karşılamalıdır. (Terzaghi).

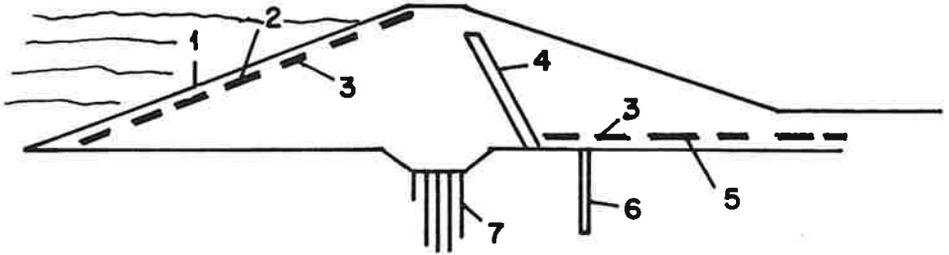
$$\frac{D_{15} \text{ filtre}}{D_{85} \text{ zemin}} < 4-5 \text{ Borulanma olayını önlemek için.}$$

$$\frac{D_{15} \text{ filtre}}{D_{15} \text{ zemin}} > 4-5 \text{ Yeterli geçirgenliği temin etmek için.}$$



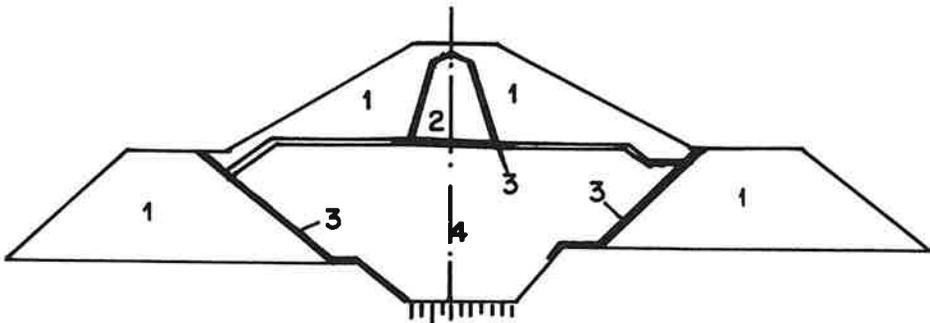
(a) - Isere Barajı-Fransa

- | | |
|---------------|------------|
| 1- Jeotekstil | 3- Alüvyon |
| 2- Dren | 4- Marn |



(b) - La Valiere Barajı-Fransa

- | | |
|---------------|-------------------------|
| 1- Riprap | 5- Çakıl dreni |
| 2- Filtre | 6- Dren |
| 3- Jeotekstil | 7- Çimentolu harç perde |
| 4- Kum Dren | |



(c) - James Bay Barajı-Kanada

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1- Kaya dolgu | 3- Jeotekstil |
| 2- Çekirdek | 4- Toprak dolgu |

Şekil-2.34 a,b,c

Ancak jeotekstilin gözeneklerinin, onun hidrolik karakteristiğini temsil etmesi nedeniyle Terzaghi'nin formülü modifiye edilmelidir. Filtre kriteri; jeotekstilin gözeneklerinin jeotekstil içinde zeminin sürekli borulanma olayına izin vermeyecek kadar küçük, fakat aynı zamanda formasyonun stabilitesi ve geçirgen filtre pastası için yeteri kadar geniş ve iyi dağılmış olmalıdır.

Bu durumda jeotekstilin nasıl filtre olarak kullanıldığını anlamak lazımdır. Yapım sonrasında, zeminden gelen su, belirli miktarda ince parçacıkları aşındırıp onları taşıyacaktır. Bu parçacıkların jeotekstilin içinden geçmesine izin verilmelidir. Böyle yapıldığında ince parçacık içermeyen zemin tabakası jeotekstilin karşısında dizimlenecektir. Bu doğal olarak sınıflanmış tabaka filtre, olarak davranarak, ince parçaların daha ileri derecede göçüne engel olacaktır. Eğer ince zemin parçacıkları jeotekstil tarafından tutulursa daha az sızdırır tabaka oluşu (blokaj etkisi) akım oranı düşer.

Sürekli borulanma olayı oluşmadan filtre olarak kullanılacak jeotekstil seçimi için pekçok kriter geliştirilmiştir. Bütün bu kriterler aşağıdaki biçimde birleştirilebilir.

$$D_{\max} < A \times D_n$$

Burada;

- D_{\max} jeotekstiline en büyük gözenek boyutu veya, jeotekstilden geçebilen en büyük zemin tanecik boyutudur. D_{\max} genellikle D_{95} 'e eşittir. D_{95} öyle bir değerdir ki bütün gözeneklerin % 95'inin boyutu o değerden daha küçüktür. Bu değer jeotekstil için çok yaygın kullanılan 3 yöntemle belirlenir. Bunlar kuru eleme (Delft), ıslak eleme (Franzius) ve hidrodinamik (Cemagref)'dir.

-A : Aşağıdaki faktörlerle değişen korelasyon faktörüdür.

Zemin için; parçacık boyut dağılımı, uniformluk C_u , kohezyon, sıkıştırma derecesi. Hidrolik koşullar için; tek yönlü veya tersine çevrilebilir akış ve gradident. Jeotekstil için; gözenek dağılımı, kalınlık, sıkıştırılabilirlik, geçirgenlik, yapı (örgülü,örgüsüz).

- D_n : Tane boyut dağılımı eğrisindeki bir nokta. Bu nokta genellikle D_{85} olarak anılır. Sabit akım koşullarında (düşük gradiyent ve kohezyonsuz zeminlerde) en yaygın olarak kullanılan kriter $0_{max} < 2 \cdot D_{85}$ 'dir. 0_{max} ıslak eleme ile bulunmalıdır. Bu kriter sürekli borulanmanın oluşmamağını garanti eder. Tıkanma riskini en aza indirmek için jeotekstil, hesap edilen 0_{max} değerinden çok daha küçük gözeneklere sahip olmamalıdır.

İnce kohezif zeminlerde $0_{95} < 0,2$ mm olarak alınabilir. Yukarıda verilen filtre kriterlerini çeşitlendirmek olasıdır. Buna bir örnek olarak Fransız jeotekstil komitesince kabul edilen filtre kriterleri verilecektir.

$0_{max} < \beta \cdot D_{85}$ Zemin

Burada α zeminin uniformluğu ($C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$) ile ilgili bir faktördür.

Eğer $C_u \geq 5$ ise $\alpha = 1,0$; $C_u < 5$ ise $\alpha = 0,8$ olarak alınır. β zeminin sıklığı ile ilgili bir faktördür, gevşek zeminlerde $\beta = 0,80$; yoğun zeminlerde $\beta = 1,25$ olarak alınır. δ hidrolik koşullarla ilgili bir faktördür "i" zemin içinde gradient olmak üzere eğer $i < 5$ ise $\delta = 1$; $i = 5-20$ ise $\delta = 0,8$, $i > 20$ ise, yani dinamik akımda $\delta = 0,6$ olarak alınır. Burada 0_{max} hidrodinamik metodla belirlenir.

Barajlarda jeotekstille ilgili filtre dizaynı için aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

1) Hidrolik koşullar ve karşılıklı yzeyleerin kritik yapısı ve Tablo-2.6'da verilen filtre fonksiyonları dikkatlice gözönüne alınmalıdır.

2) Kohezyonsuz temel zeminde tek yönlü akımlar için;

a) Jeotekstil, temel zeminin D_{85} boyutunu tutabilmelidir.

b) Eğer temel zemin iyi derecelendirilmiş ise, stabil ara yzeyleer oluşmadan önce aşırı parçacık hareketlerini engellemek üzere daha ince göz açıklıklı jeotekstil seçilmelidir.

c) Dizaynda yapılacak küçük bir hata, temel zeminin bütün taneciklerinin jeotekstilin göz açıklığından daha küçük olması ile sonuçlanacağından dikkatli olunmalıdır. İri malzemesi iyi derecelenmiş zeminde risk daha azdır.

d) Temel zeminin kesikli granülometriye sahip olduğu yerde veya genellikle alışılmamış biçimli tane dağılımında özel testler mutlaka yapılmalı ve sıkı kurallarla dizayn yapılmalıdır. Ayrıca bütün önemli uygulamalarda özel testler yapılmalıdır.

3) Kohezif olmayan temel zeminlerde değişken ve türbülanslı akım durumunda çok daha sıkı kriterlere gereksinme vardır.

4) Filtre ara yüzeyinde dispersif olmayan koşullara sahip kohezif temel zeminlerde atiaklar veya benzer kusurlar nedeniyle yoğunlaşmış sürekli akım yoksa, ince gözenekli jeotekstil kullanımı tatminkâr olabilir.

5) Eğer kohezif zeminlerde çatlak veya diğer açıklıklar nedeniyle sürekli akış oluşursa, o zaman yapının mevcut durumu kritiktir. Kum boyutundaki filtreler genellikle jeotekstillere göre iç erozyona karşı korunmada daha güvenilirdir.

Geçirgenlik bir diğer seçim kriteridir. Jeotekstilin su geçirgenliği yapı ile beraber düşünüldüğünde aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- a) Jeotekstilin kendisi
- b) Zemin alt tabakası
- c) Üst yük
- d) Hidrolik yük
- e) Jeotekstilin blokajı
- f) Jeotekstilin tıkanması
- g) Su sıcaklığı
- h) Suyun bileşimi

Bu faktörler özellikle hidrolik mühendislik çalışmalarında ile ilgiliyse de arazi drenajında ve yol yapılarında da önemlidir.

a) Jeotekstilin su geçirgenliği büyük ölçüde birim alanda sahip olduğu gözenek boyutu ve bu gözeneklerin sayısına bağlıdır. Bunun yanında ayrıca sırasıyla; üretim tekniği, temel fiberin yapısı (örneğin tek filamentli, çok filamentli), sentetik malzemenin kökenine (örneğin polipropilen, poliamid) bağlı olan jeotekstil yapısına da bağlıdır.

b) Zemin alt tabakasının kendisi su geçirimsizliğine sahip ise jeotekstilin içinden ne kadar suyun boşaltılacağı konusunda belirleyici olacaktır.

Eğer daha ince parçacıklar yıkanıp uzaklaştırılırsa zemin altı tabakasının su geçirgenliği artabilir. Eğer bu olursa, doğal olarak daha çok su jeotekstilin içinden deşarj edilecektir.

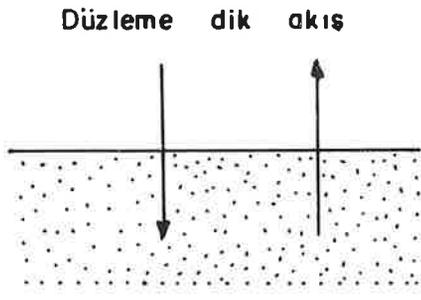
c) Genellikle üst yük, granüler malzemedan ileri gelir. Bu malzeme jeotekstili örter ve bazı gözenekleri tıkar. Bu olay birim alandan geçen suyu azaltır. Üst yük ayrıca jeotekstili sıkıştırır. Bu da jeotekstilin kalınlığını ve özellikle örgüsüz tiplerin göz açıklığı boyutunu daraltarak düşük su geçirimliliğine neden olur.

d) Jeotekstilin maruz kalacağı yükler Şekil-2.35'de gösterilmiştir. Pratikte bu yükler yeraltı suyu akımı (1 ve 2); ana su yollarında (2), gemi taşıma kanallarında suyun dönmesi (3 ve 4); dalga ötelenmesi (1); taşkın (2), gemi ve rüzgârla yaratılan dalgalar (3 ve 4) nedeniyle oluşur.

e) Blokaj zemin parçacıklarının kısmen gözeneklere girişimi prosesidir. Sonuç olarak, gözeneklerin bazıları kısmen veya tamamen kapanarak su geçirgenliğini azaltır. Jeotekstilin en büyük göz açıklığı zemin alt tabakası parçacıkları ile aşağı yukarı aynı büyüklükte olduğu zaman, blokaj etkisi uniform kumlarda çok belirgin olarak ortaya çıkar.

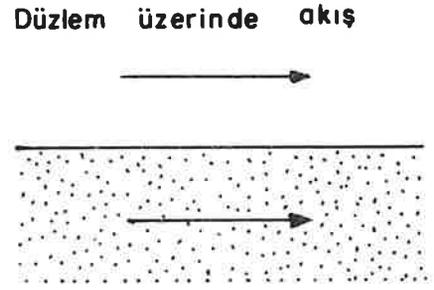
Değişken akımda, akım yönünün değişmesi nedeniyle parçacıklar gözeneklerden dışarı itilme eğilimi gösterirler. Bu nedenle blokaj yalnızca sabit akımlarda oluşur. Bu etki zamandan bağımsızdır.

f) Tıkanma, silt parçacıklarının jeotekstil içinde veya üstünde, veya jeotekstil ile alt zemin tabakası arasındaki ara yüzeylerde çökmesidir. Sonuç olarak zamana bağlı olarak su geçirgenliğinde azalma olur.

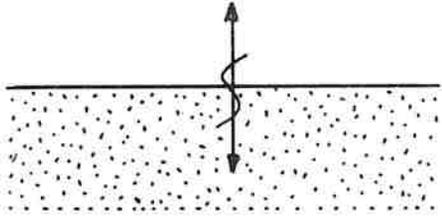


Sabit
Yükler

(a)

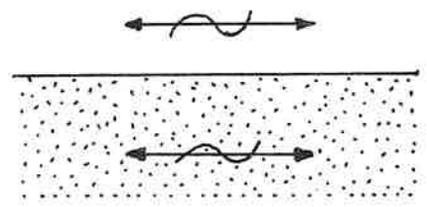


(b)



Değişken
Yükler

(c)



(d)

Şekil_ 2.35 Jeotekstil üzerinde hidrolik yükler

g) Jeotekstilin su geçirgenliği bir dereceye kadar suyun viskozitesinden etkilenir. Dolayısıyla su sıcaklığı azda olsa bir faktör olarak çıkabilir.

h) Eğer suyun içinde tıkanmaya neden olacak parçacıklar varsa suyun bileşimi jeotekstilin su geçirgenliğini etkileyebilir. Oksijenli ortamda pas oluşturan demir parçacıkları jeotekstilin içinde çökebilir. Uygulamalarda sıklıkla filtrenin ana zeminden daha geçirgen olması öngörülür. Bu sağlandığında, o ayrıca dren olarak davranır. Granüler filtrelerde, filtre geçirgenliğinin ana zeminin geçirgenliğinden 10 kez fazla olması sıklıkla öngörülür. Bunun ifadesi daha önceki bölümde de görüldüğü gibi Terzaghi tarafından filtrenin D_{15} boyutunun ana zeminin D_{15} boyutundan en az 4 kez fazla olması ile belirtilmiştir. Jeotekstil kullanıldığında durum benzer şekildedir. Ancak jeotekstil ince olduğundan öbür yana yük kaybı küçük olacaktır. Hatta onun geçirgenliği esas itibariyle zemininkinden az olsa bile bu durum gerçekleşecektir.

Jeotekstilin kullanıldığı derin yerlerde, yüksek enine geçirgenlik için gereksinimler çok önemli değildir. Ancak yamaç koruma altında olduğu gibi, jeotekstilin daha az derinlikte kullanıldığı yerlerde ve normal gerilmeler söz konusu ise geçirgenlik çok daha önemlidir. Jeotekstilin bir yanından öbür yanına akışa gösterilen direnç nedeniyle, düşük kaldırma basınçları böyle durumlarda bozulmalara neden olabilir. Su basıncının oluşmasını engellemek veya akış oranını azaltmamak için, jeotekstil geçirgenlik değeri en az filtre edilen zeminin geçirgenlik değerine eşit olmalıdır. Ürünün sıkışması ve tıkanma riskini göz önüne almak için emniyet faktörü İsveç jeotekstil komitesine göre 10 veya 100 olarak uygulanmalıdır.

Düşük gradient ve sabit akışta 10, barajlar gibi kritik koşullarda ve dinamik akışta ise 100 uygulanmalıdır. Tasarım konusunda tamamlayıcı bilgiler Bölüm 2.7.3.4'de verilmiştir.

2.7.2.6 Jeotekstil Çeşitlerinin Filtrasyon Üzerindeki Etkisi :

Çeşitli tip jeotekstillerin filtre yetenekleri ve permeabiliteleri arasındaki farklılıklar bilinmelidir. Örgümlü şeritlerden yapılmış jeotekstillere küçük miktarda düzgün boyutlandırılmış gözeneklere sahiptir (Açık alan % 20'den küçük). Bunun anlamı, az miktarda zemin parçacıklarının dahi açıklıkları tıkanmasıdır ki bunun sonunda zaten düşük olan geçirgenlik önemli derecede azalır. Örgümlü filamentlerden yapılmış jeotekstillere çok büyük gözeneklere ve büyük geçirgenliğe sahiptir. Bu nedenle bunlar ince zeminlerin filtrasyon işlerine uygun değildir. İğne delikli jeotekstillere iyi parçacık tutma ve büyük su geçirgenliğine sahiptir. Ancak uzun ve dolambaçlı yol nedeniyle parçacıklar kalın kumaşın arasını örter ve onların pek çoğu tutulur. Bu, kısmi tıkanmalara neden olur ve ürünün su geçirgenliği azalır. Ayrıca, zemin basıncının ürünün sıkışmasına neden olması da su geçirimsizliğini azaltan diğer bir etkidir.

Fiberlerin bağlanmasında ısıl işlem kullanılmış ürünler de zemin parçacıklarını iyi derecede tutar. İnce yapıları nedeniyle zemin parçacıkları muhtemelen jeotekstil içinden geçecek ve bu nedenle geçirgenlik azalmayacaktır. Bu ürünlerin sıkıştırılmamış ve zeminle temas etmediği serbest durumlarında su geçirimsizlikleri iğne delikli jeotekstillere göre yaklaşık 5 kat fazladır ki bu durumda

geçirgenliği ile uyum sağlar (kaba kumun geçirgenliğine eşittir). Zemin basıncının kalınlık üzerinde az etki yapması nedeniyle geçirgenlik bu tesirden hemen hemen etkilenmez.

2.7.3 Drenaj :

2.7.3.1 Tanım :

Drenaj sisteminin amacı, ilke olarak zemin su akışını ve hidrostatik basıncı kontrol etmek ve ona etki etmektir. Yüzeysel drenajı, drenaj hendekleri, delikli boru sarımı, yamaç drenajı, istinat duvarı ve düşey drenler uygulama alanları olarak sayılabilir.

2.7.3.2 Drenaj Yapım Malzemeleri :

Drenaj yapımı genellikle herbiri kendi spesifik fonksiyonuna sahip en az iki malzemeyi gerektirir. Bunlar filtre malzemeleri ve dren yapısıdır.

a) Filtre Malzemeleri : Çeşitli tip filtreler vardır bunlar;

- Temel olarak çeşitli filtrasyon seçenekleri elde etmek için spesifik göz açıklığına ve açıkça tanımlanan yapıya sahip örgülü malzemeler.

Filtre ürünleri bu nedenle oldukça büyük dayanıma sahiptir.

- Bağlanmaları iğneleme işlemi ile yapılmış, filament veya fiberlerden oluşmuş örgüsüz ürünlerdir. Bu örgüsüz ürünler genellikle hacimli bir yapıdadır. Kalınlık ve ağırlık değişkendir. Bu tip malzemeler yok denecek kadar az bir dayanıma sahiptir. Bunlar filtre içinde sızma hattının uzunluğu üstünde bazı etkilere sahiptir.

- Fiberlerin veya filamentlerin birbirine bağlanmaları için iğneleme işlemi yapılmış veya yapılmamış, daha kuvvetli yapı için kimyasal olarak bağlanmış örgüsüz ürünler.

Kalınlık ve ağırlık bu ürünlerde de değişebilir,

- Çok kuvvetli ve çok ince üretim iim termal olarak bağlanmış, fiber veya filamentlerden ibaret örgüsüz ürünler.

- Yukarda anlatılanların kombinasyonu.

b) Dren Yapısı : Dren yapıları, daha çok komponentli açık gözlü yapılardan inşaa edilir.

- Sıkıştırıldığında sınırlı akım kapasitesine sahip, önemli derecede hacimli (kalın) örgüsüz ürün.

- Topaksı yapıya sahip, sıkıştırıldığında sınırlı boşaltım kapasiteli halılar.

- Önemli miktardaki suyu tutabilen, sentetik köpüklerden, taneciklerden veya yumaklardan yapılmış, sıkıştırılmış yapılı ürünler.

- Çeşitli yapılarda ve kalınlıklarda çok geçirgen bir ara tabaka içeren ürünler.

Bunlar basınç altında bile kalınlıklarını korurlar. Bu nedenle önemli derecede boşaltım kapasitesini garanti eder.

- 3 boyutlu profile sahip, yüksek akım kapasiteli sentetik malzemeler. Uygulamalara ve zemin tipine bağlı olarak filtre malzemesinin seçiminde belirlenmiş gereksinmeler gözönüne alınır.

- Örgülü ürünler çok ayırıcı (selektif) filtre işlerinde kullanılır.

- İnce yapılı örgüsüz jeotekstiller çok geçirimli filtrelerde kullanılır.

- Kalın çok katlı örgüsüz ürünler hemen hemen bütün zemin-tutucu filtrelerde kullanılır.

- İnce filtreler statik hidrolik yükleme koşullarında tercih edilir.

- Isıl bağlı örgüsüz ürünler, yapım esnasında ve arka dolgu nedeniyle mekaniksel dayanıklılık için dayanıma gereksinme duyulduğunda kullanılır.

Jeotekstilin filtre kriterleri için statik filtre yüklemeleri (akım koşullarınının sabit durumu) ile dinamik filtre yükleri (türbülans alternatif akım) arasındaki farklılıklar bilinmelidir. Drenler yatay olarak yapıldığında verilen bir eğim için tatmin edici büyüklükteki alanın drenajını olanaklı kılmak amacıyla ve yeteri miktarda akım kapasitesi sağlamak için uygulanan dren tabakası kalınlığı istenilen düzeyde olmalıdır.

Taban drenlerinde çap, eğime ve boşaltılacak su miktarına bağlıdır. İnşaatlarda uygulama çapları 100 mm 150 mm arasında alınır. Minimum çap 80 mm'dir.

Kompozit (bileşik) jeotekstillere geçici olarak tutturulurken her iki yönde iç ve dış açılara ve taban drenine uygunluk göstermesi için yeteri kadar bükülgen olmalıdır. Yatay yapılarda drenaj tabakası yeterli kalınlıkta olmalıdır. Böyle olduğunda verilen bir eğim altında bulunan drenajında yeterli boşaltım kapasitesi sağlanabilir.

Drenaj sistemi yapım aşamasında geçici fonksiyonlara veya proje ve yapının ömrü süresince kalıcı fonksiyonlara sahip olabilir. Zemin taban suyu seviyesinin kontrolü, drenaj suyu boşaltımı ve toprak ıslahında amaç, yeraltı su düzeyini etkili alanlarda, dinlenme ve eğlenme alanlarında, inşaat alanlarında, depolama ve endüstriyel alanlarda azaltmak veya sabit tutmaktır. Ayrıca araziye kurutma; arazinin ve çalışma alanının, inşaat ve kazı çukurlarındaki suyun pompa kullanarak veya kullanmadan boşaltılması; işlem gören toprağın veya inşaat alanının çalışılabilirlik yeteneğini, ulaşım imkânlarını, dayanma kapasitesini iyileştirmek amaçlanabilir.

Zeminin drenajı, (örneğin yağışın zarar vermeden drenajı) projenin korunumu ve stabilizasyon için en önemli ölçütlerden biridir. Bu amaçla kırmataş, delikli boru gibi yüksek geçirgenlikli malzemeler kullanılmalıdır. Yüksek

geçirgenlik büyük boşlukları gerektirir. Bu boşluklar etkisiz bir drenajla sonuçlanacak ince taneli zeminle tıkanma olayıyla karşı karşıyadır. Bu nedenle drenaj malzemeleri ile zemin arasında filtre tabakaları oluşturulmalıdır. Bu filtre tabakaları zemini tutma yeteneği ve geçirgenlikle ilgili olarak belirli özelliklere sahip olmalıdır. Bu filtreler öngörülen filtre kriterlerini karşılamalıdır. Bu konuda ayrıntılı bilgiler filtrasyon bölümünde verilmiştir.

Çeşitli jeotekstil üreticileri ürettikleri ürünlerin filtre kriterlerini belirlemek için çok sayıda laboratuvar testlerini ve projelerden elde edilen deneyimleri gözönüne alarak bu kriterleri belirleyip kendi ürünlerinde bu değerleri kullanmaktadır. Mevcut filtre kriterleri bugün piyasada bulunan farklı jeotekstiller arasında değişmemekle beraber onların yapıları ve özellikleri arasında önemli farklar vardır. Belirli bir jeotekstil için eğer göz açıklığı, genişlik, kalınlık ve kullanılan hammaddeler aynı değilse filtre kriterleri diğer bir jeotekstili için uygulanmıyabilir.

2.7.3.3 Drenaj Fonksiyonu İçin Jeotekstilde Aranılan

Özellikler :

Jeotekstiller zeminle karşılaştırıldığında genellikle daha yüksek geçirimsizliğe sahiptir. Ancak piyasada bulunan bütün jeotekstillerin bu işlevi yerine getirdiği söylenebilir. Zeminden gelen suyun penetrasyonuna karşı koymaması için, suyu içinden geçirme yeteneği (**Permittivity**) yeteri kadar yüksek ve çevre koşullarıyla uygun olmalıdır. Aynı şekilde jeotekstilin kendi düzlemi boyunca su iletilme yeteneği (**Transmissivity**)'de yüksek olmalıdır.

Aşırı basınç altında iken yeterli kalınlığı muhafaza etmesi mekanik düzeyde aranan diğer bir özelliğdir. Jeotekstil bu işlevi üstlendiğinde düzleminde su akımını minimum basınç kaybıyla sağlanmalıdır. Uzun süreli performans düşünülduğünde jeotekstil suyun ve zeminin kimyasal özelliklerine karşı dayanıklı olmalı ve bozulmamalıdır.

2.7.3.4 Tasarım :

Stabil tane dağılımı eğrisi ve derecelenmeye sahip zeminler için belirli kriterler geçerlidir. Filtre kriterleri kohezif ve kohezif olmayan zeminlerde farklıdır. Kohezyon tek tek zemin parçacıklarının su ile ayrılmasını engeller. Bu nedenle kohezif zeminlerde filtre kriterleri daha müsamahalı olabilir. Böyle zeminlerin düşük geçirgenlikleri nedeniyle laboratuvar testleri oldukça zordur ve kriterler öncelikle pratik deneyimlere dayanır. Kohezif olmayan zeminlerde kriterler filtrasyonun ilk süreçlerinde belirli koşullar altında küçük miktarda zeminin jeotekstilin içine sıkışabileceği düşünülerek yapılır. Ancak bu zemin miktarı belli bir dereceyi aşmadığı sürece drenaja ters yönde etkimez. Kil, killi-silt gibi kohezif zeminlerde yapışkanlık ince parçaların yenilmesine engel olur. Permeabilite ve su girişi bu nedenle düşüktür. Bu tip zeminlerin geçirgenlikleri ve onunla beraber jeotekstillerin filtre kapasitesi de zeminin kimyasal yapısından etkilenir ve yüksek kohezyon ve homojen zeminlerde filtre stabilitesinin doğruluğunu araştırma işi ihmal edilebilir.

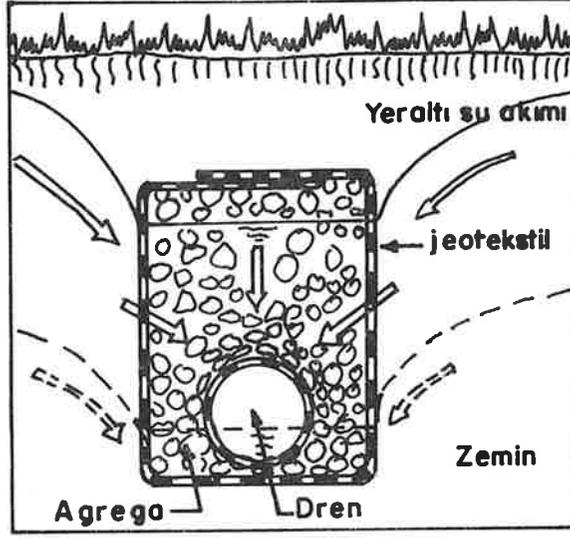
Silt, kumlu-silt, ince kum gibi kohezif olmayan zeminlerde genellikle yüksek erozyon tehlikesi vardır. Filtre dizaynı için uniform boyut dağılımına sahip zeminlere özel bir önem gösterilmelidir.

Küçük çakıllı, iri kumlu ve iri çakıllı zeminlerin kendi kendine filtre yapısını oluşturabilme yeteneğine sahip olmaları nedeniyle genellikle bu tip zeminlerde erozyon tehlikesi çok azdır. Eğer zemin ve drenaj tabakaları arasındaki filtre stabilitesi yeterliyse, ilave filtre tabakalarına gerek duyulmaz. Bu tür zeminlerdeki drenajda jeotekstil kullanımında yüksek permeabiliteli olanlar tercih edilmelidir.

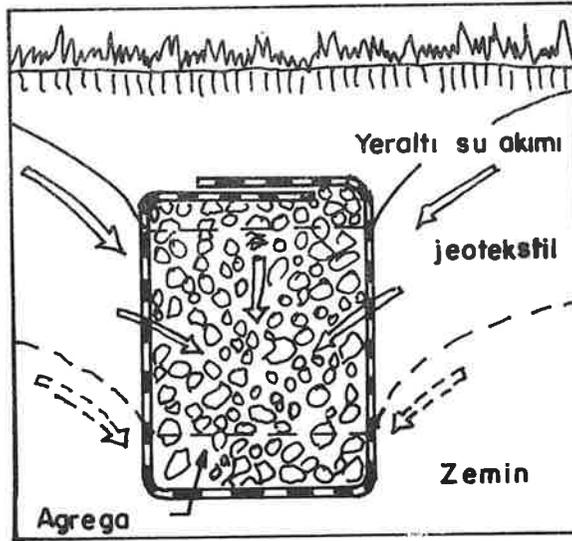
2.7.3.5 Drenaj Uygulamaları :

Jeotekstille yapılan drenaj uygulamaları Şekil-2.36-2.46'da verilmiştir. Şekil 2.36'da jeotekstilin normal drenajda, Şekil-2.37'de ise Fransız drenajında kullanılması görülmektedir. Burada jeotekstil, çevreden gelecek kirlenmeyi önlemek ve etkili bir drenaj ortamı yaratmak amacıyla kullanılmıştır. Şekil-2.38'de temel duvar drenajına ait örnekler verilmektedir. Şık(a)'da normal drenaj, (b),(c), (d)'de ise jeotekstil kullanılarak yapılan drenaj görülmektedir. Şekil-2.39'da bina temellerinin drenajı görülmektedir. Şık(a)'da bilinen çözüm (b)'de ise jeotekstil kullanılarak yapılan uygulama görülmektedir. Burada bilinen çözümde ince zeminle drenaj malzemesi arasında kum kullanılırken jeotekstil kullanımında kumun yerini jeotekstil almakta ve bu durumda açık gradasyonlu agrega kullanmak mümkün olmaktadır.

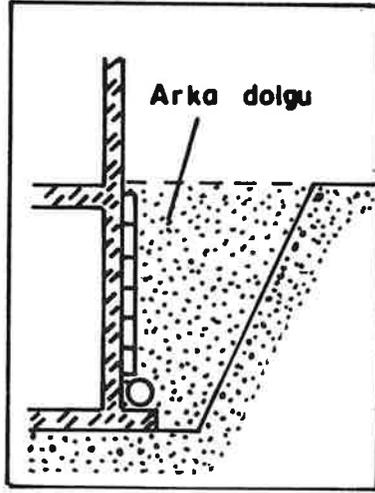
Şekil-2.40 a'da yumuşak zeminde boru ile yapılan drenajda jeotekstil boru altı malzemenin desteklenmesi, olası çökmelerin azaltılması ve iyi bir sıkıştırmanın temini amacıyla kullanılmıştır. Şekil-2.40 (b)'de ise jeotekstil, drenaj borusunun sarımında kullanılmıştır. Bundan amaç, drenaj borusunun boruyu çevreleyen zeminden gelmesi muhtemel ince parçacıklarla tıkanmasını önlemek ve böylece daha geniş drenaj yüzeyi sağlayarak drenaj etkinliğini arttırmaktır.



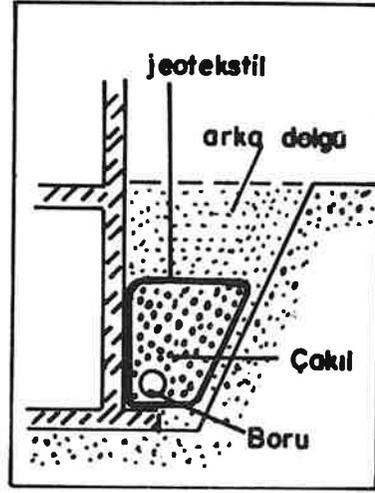
Şekil_2.36 Normal dren



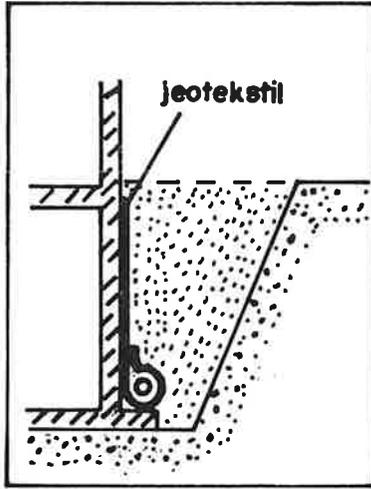
Şekil_2.37 Fransız dreni



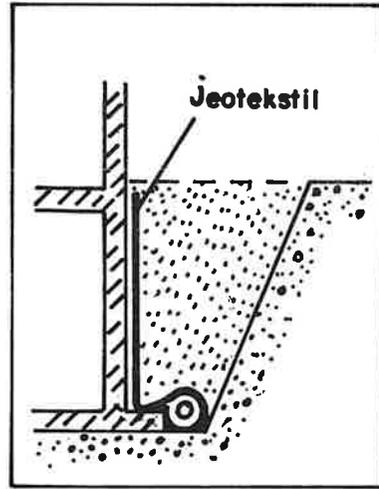
Normal (a)



(b)

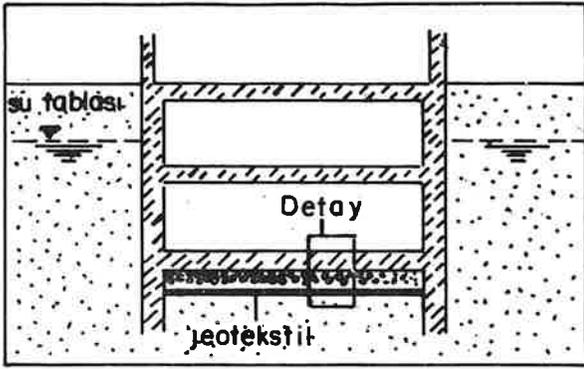


(c)

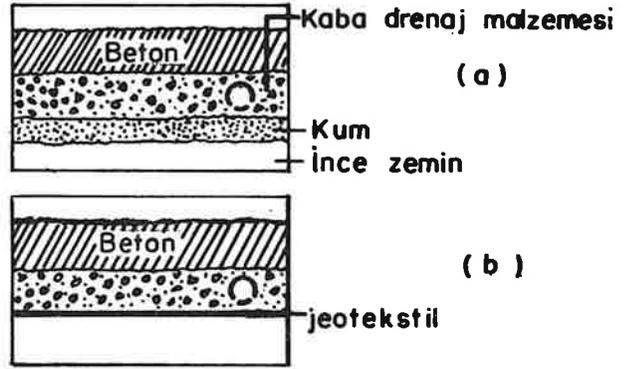


(d)

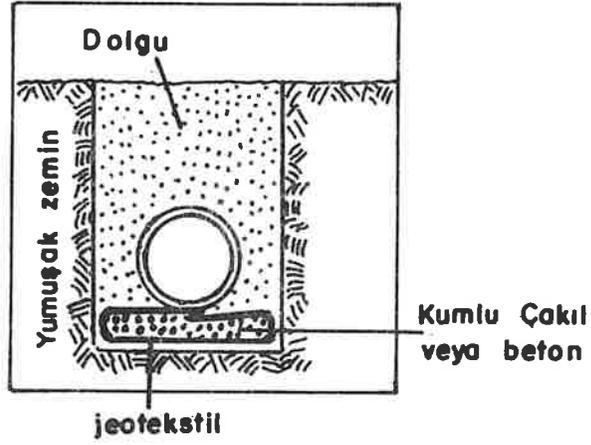
Şekil_2.38 Temel Duvar Drenajları



Bina Temel Drenajı

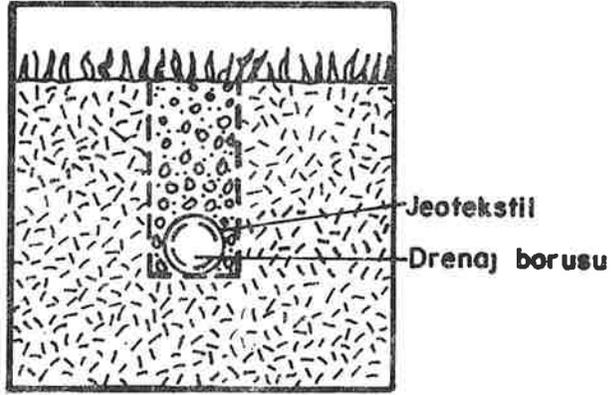


Şekil_2.39 Bina temel drenajı



(a)

Yumuşak Zeminde Boru

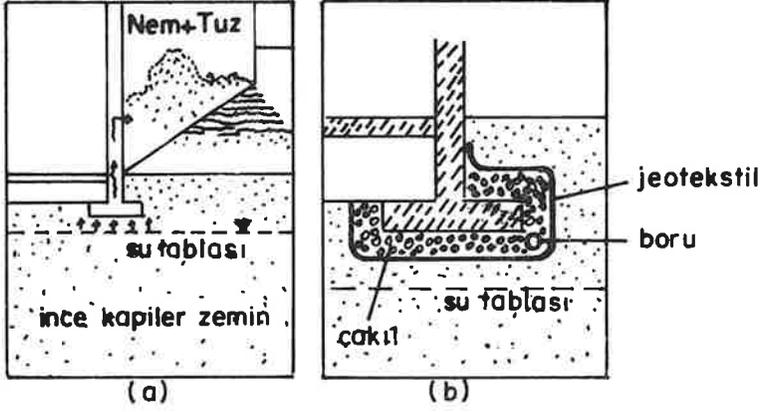


(b)

Drenaj Boru Sarımı

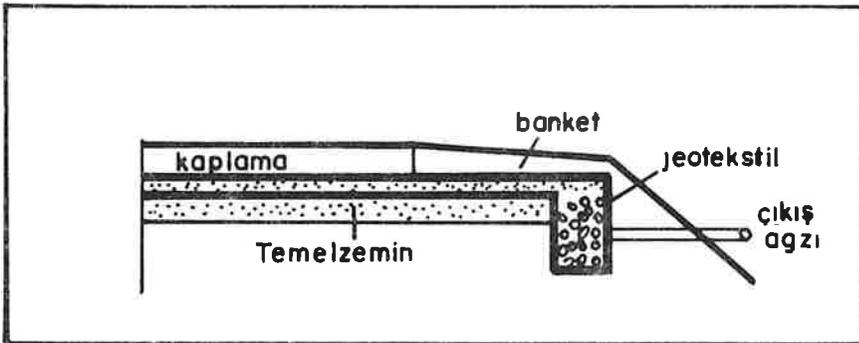
Şekil .2 .40

Şekil-2.41(a)'da görüldüğü gibi ince zeminlerde yüksek su tablası kapiler olarak yükselerek bina duvarlarını etkiler. Duvar nemi ise kaplamanın bozulmasına neden olur. Kaba çakıl tabakası kapiler yükselmeyi durdurur. Şekil-2.41(b)'de jeotekstil sözkonusu çakıl tabakasını çevreleyerek onu ince zemin tabakasıyla kirletilmekten korur, bu da etkili bir drenaj sağlar.



Şekil-2.41 Bina duvarlarında kapiler durdurucu

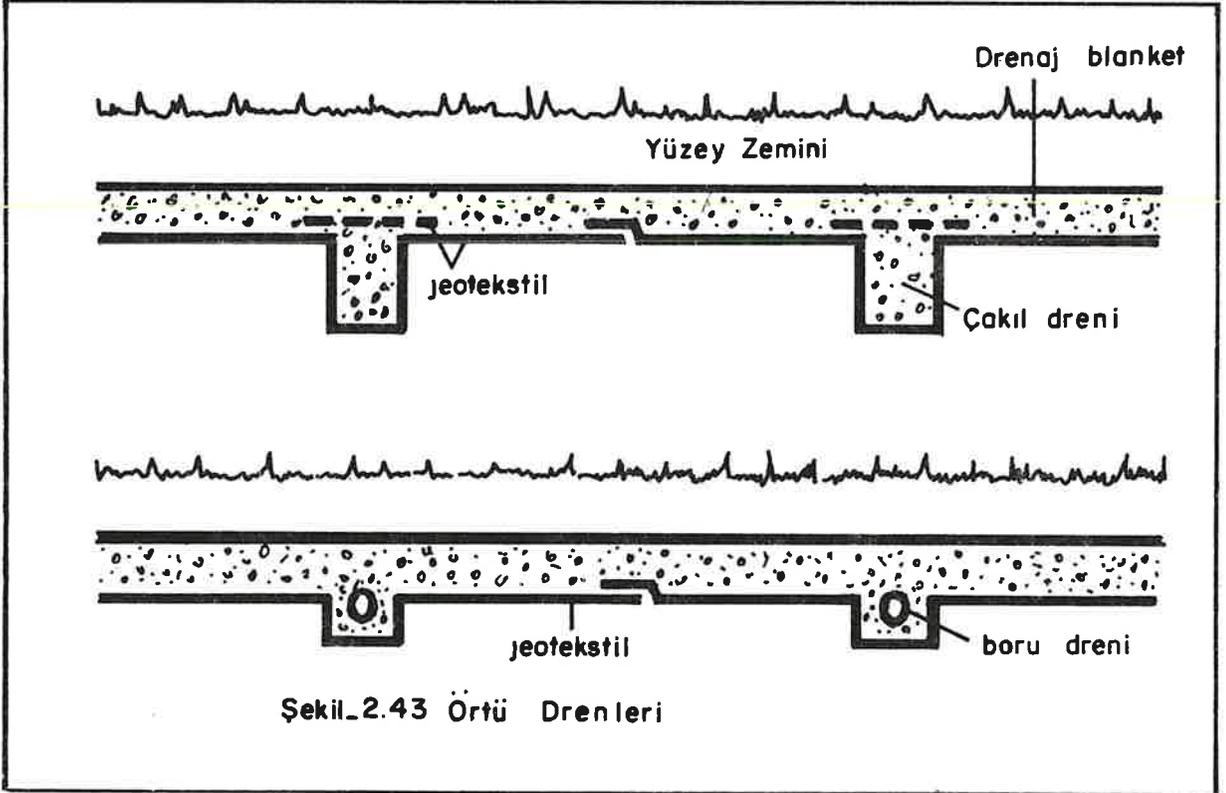
Şekil-2.42'deki uygulamada jeotekstil, yolun yeraltı blanket drenajında kullanılmıştır. Burada amaç, etkili drenaj sağlayarak temel zeminin bozulmasını engellemektir.



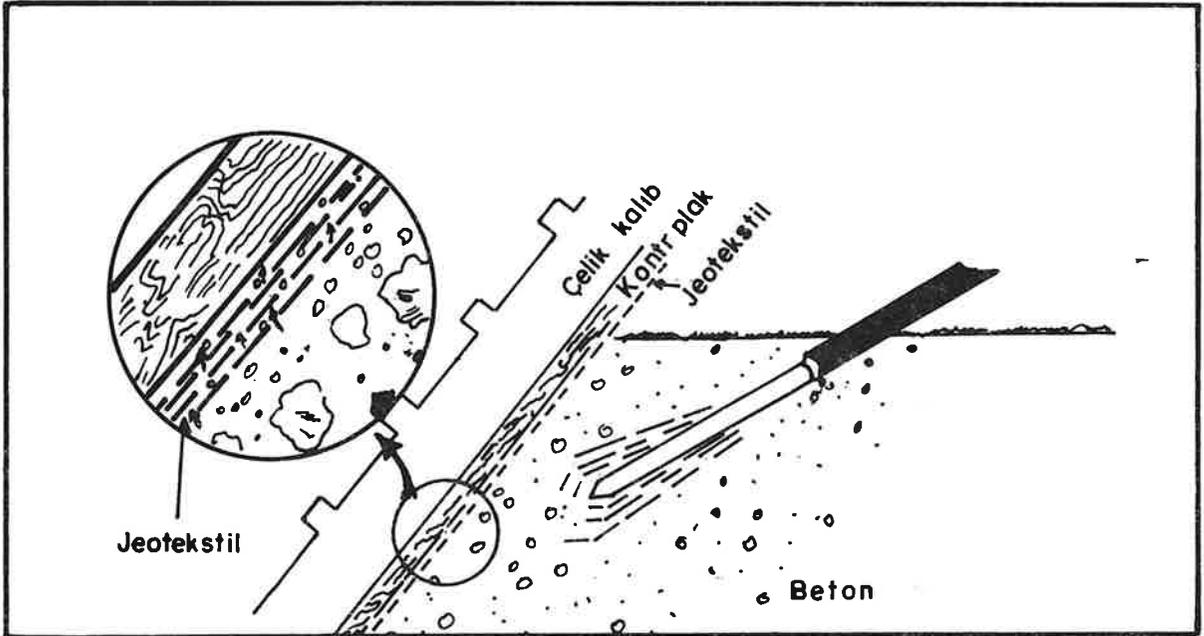
Şekil-2.42 Yeraltı yol banket drenajı

Şekil-2.43'de jeotekstilın blanket drenlerinde kullanılması görülmektedir. Yüzeý akışına izin verilmeyen, örneğin spor alanları gibi yerlerde, yüzeý zemininin altında blanket drenajı yapıldığında drenaj blanketinin iki tarafı jeotekstille kaplanabilir. Amaç, bu bölgeyi siltlenmeden (çökelti birikmesi) korumaktır.

Jeotekstil drenaj amaçlı olarak ve çok değişik şekilde Karakaya Barajında kullanılmıştır. Baraj dolu savak örneğinde olduğu gibi eğik kalıpların kullanıldığı betonun içine girmiş havanın tahliyesi betonun vibrasyon süresi uzatılsa bile kolay değildir. Beton yüzeyinde oluşan hava kabarcıkları da yüksek su hızlarında kavitasyona neden olduğundan, istenmezler. Dolusavak gibi yüzeýlerin olabildiğince düz olması için aşırı su ve havanın betondan drenajı gereklidir. Karakaya Barajında da bu amaca yönelik olarak kalıplarda jeotekstil kullanımı öngörülmüş, yapılan bir dizi laboratuvar çalışmalarından olumlu sonuç alınması üzerine de bu malzemenin kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil-2.44'de görüldüğü gibi bu uygulamada çelik kalıpların iç yüzeyine tel zimba ile zimbalanarak kontrplak üzerine tespit edilmiştir. Kalıp alındığında jeotekstil, beton yüzeyinde kalmakta ve betonun kür prosesi için örtü görevi üstlenmektedir. Jeotekstil örtü bir süre sonra beton yüzeyinden sıyrılıp alınmaktadır. Bu uygulamada jeotekstil Şekil-2.44'de büyütülmüş kesitte görüldüğü gibi hava ve suyu kendi üzerinde drene etmektedir. Jeotekstil bu amaçla köprülerde, duvarlarda, rıhtımlarda, önyapımlı elemanlarda kullanılabilir.



Şekil_ 2.44 Beton kalıbında jeotekstil kullanımı

Çeşitli drenaj uygulamaları Foto-6'da gösterilmiştir. Yamaç stabilizasyonu sed dolgusunda jeotekstil kullanımı (a) da, yüzey drenajında kullanımı (b) de , drenaj hendesinde kullanımı (c) de, yol sistemi yanıl drenajında kullanımı (d) de verilmiştir. Filtre konusu incelenirken barajlardaki drenaj bölgeleri sözkonusu edilmişti. Bu bölümde jeosentetiklerin barajlarda drenaj sistemlerinde kullanım yerleri daha ayrıntılı olarak incelenecektir.



Foto - 6

Şekil-2.45(a)'da jeosentetikler rezarvuarda seviye düşmesi sırasında oluşan gözenek suyu basıncını önlemek, bazen de inşaat süresince zemin konsolidasyonunu hızlandırmak için mansap zonunda yatay drenlerde (a-1) kullanılır. Diğer bir kullanım yeri de yapım esnasında temel konsolidasyonunu hızlandırmak ve/veya gözenek suyu basıncını düşürmek için mansap veya memba zonları altında dikey drenlerdir (a-2).

Mansap zonu içinde oluşan boşluk suyu basıncını azaltmak için baca dreni (a-3) veya mansap zonu temelindeki drende (a-4) jeosentetik kullanılabilir.

Baca drenindeki **kötü çalışma** durumunda oluşan gözenek suyu basıncını engellemek veya yapım sırasında zemin konsolidasyonunu hızlandırmak için mansap tarafındaki yatay drenlerde jeosentetikler kullanılabilir.

Şekil-2.45 (b-1)'deki drende, jeotekstil filtre geçirimsiz perdenin çatlaklarının önünde devamlı olarak engel oluşturur. Yani slurry duvar, beton duvar, bitümlü çekirdek gibi geçirimsiz perdenin arkasına, geçirimsiz perdenin sızan suyu toplamak ve galeriye iletmek için yerleştirilen drende kullanılır. Bu sayede borulanma olayı ve parçacık göçü engellenir. Sistem umulduğu gibi performans göstermez ise geçirimsiz perdenin içinden veya mansaba doğru sızıntılar olması durumunda mansap zonunda oluşacak boşluk suyu basıncını engellemek için yapılan yatay drenlerde Şekil-2.45(b-2) yine jeosentetikler kullanılabilir.

Uygulaması Şekil-2.45 (b-2)'ye, benzer durumlar taşkın engelleme yapıları gibi gözönüne alınır. Bu barajlarda rezarvuvar çoğu zaman boştur ve dolgunun çatlmasına sıklıkla rastlanır. Taşkın olduğu zaman çatlaklardaki su akışı nedeniyle oluşabilecek borulanmanın kontrol edilebilmesi için böyle barajlarda dikey dren yapılmalıdır.

Şekil-2.45 (a) ve (b)'deki drenlerde; jeotekstilli filtreye sahip drenaj jeokompozitleri ve iletken sentetik çekirdek (jeonet, jeomat veya yüksek iletkenlikli herhangi bir sentetik yapı); jeotekstil filtre içinde kum veya agrega (tipik olarak örgüsüz jeotekstil); veya bazen hem filtrasyon hem de iletkenlik performansına sahip kalın, iğne delikli örgüsüz jeotekstil kullanılır.

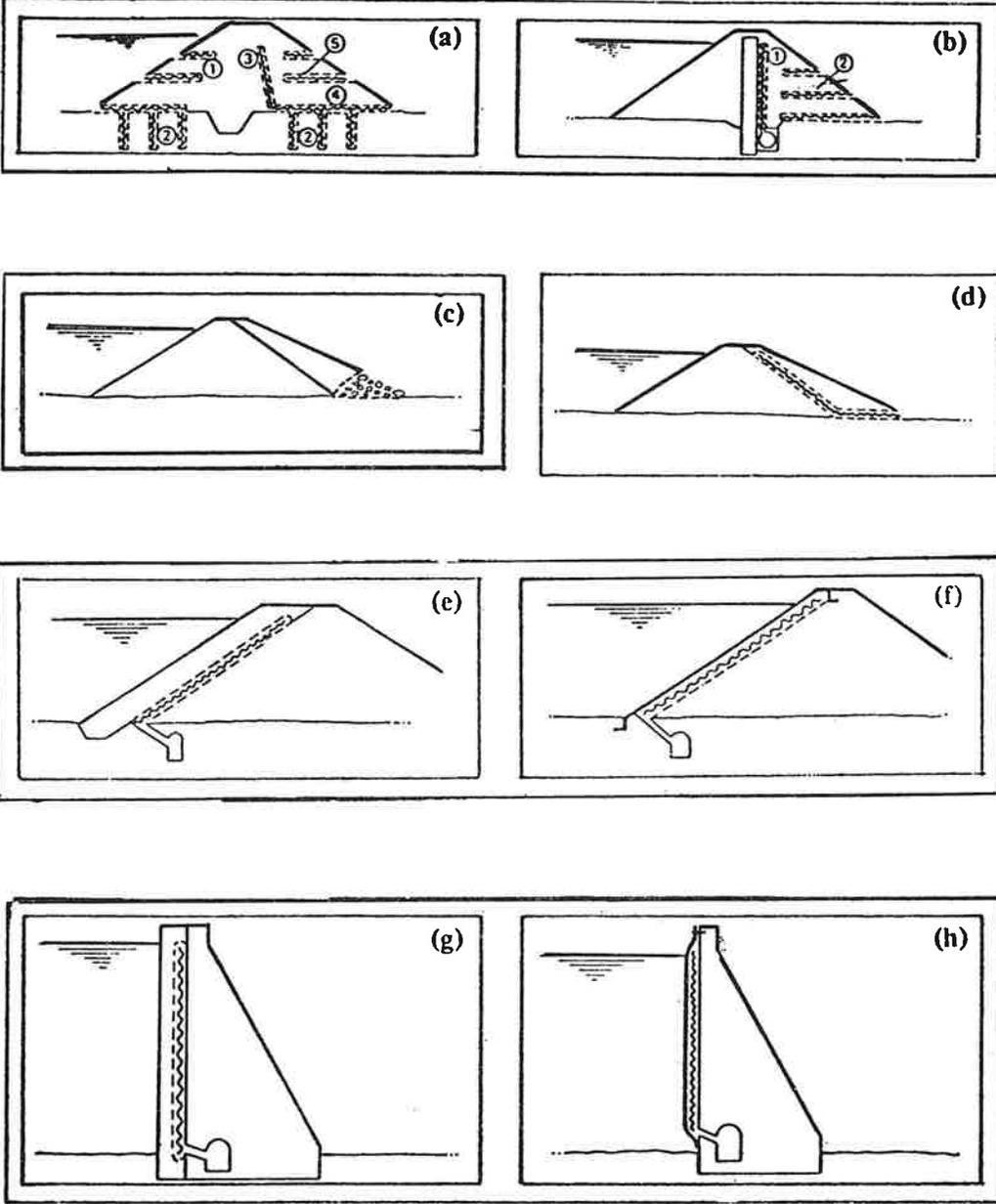
Jeosentetikler mevcut barajların tamirinde drenaj içinde kullanılır. Eğer toprak dolgu barajın mansap zonu çok fazla ıslaksa, barajın stabilitesi zayıflayıp bozulabilir. Bu durum dren yapılarak ve zemin kaması ilave edilerek iyileştirilebilir. Bu da daha az eğimle sonuçlanan ve daha stabil mansap seviyi oluşturur Şekil-2.45 (c).

Şekil-2.45 (c)'de jeotekstil filtreli çakıl topuk dreni ile, Şekil-2.45(d)'de jeokompozit veya diğer bir seçenek olarak jeotekstil filtreli çakıl dreni gösterilmektedir.

Barajların sızdırması durumunda kil, beton, bitümlü beton, metal kaplama veya jeomambran gibi düşük geçirgenlikli malzemeler barajın mansap yüzeyine ilave edilebilir. Rezarvuvarın seviyesindeki ani düşüşle oluşan alçak basınç nedeniyle düşük geçirgenlikli malzemelerin yukarı itilmesini engellemek için mevcut barajla düşük geçirgenlikli malzeme arasında drenaja gereksinme duyulabilir. Şekil-2.45 (e),(f),(g),(h) bunun tipik örnekleridir. Şekil-2.45(e)'de ve jeomambranın kullanıldığı (f)'de jeotekstil filtreli çakıl dreni ya da jeokompozit dren kullanılabilir.

Şekil-2.45(g) durumunda betonla beton arasında dikey olarak dren oluşturulmalı ve jeokompozit kullanılmalıdır. Bu durumda beton dökülürken iletken malzemenin betonla tıkanmasını engellemek için filtre gereklidir. Şekil-2.45(h) durumunda jeomambranla beton arasında filtreye ihtiyaç

yoktur ve jeonet veya kalın iğne delikli jeotekstil kullanılabilir.



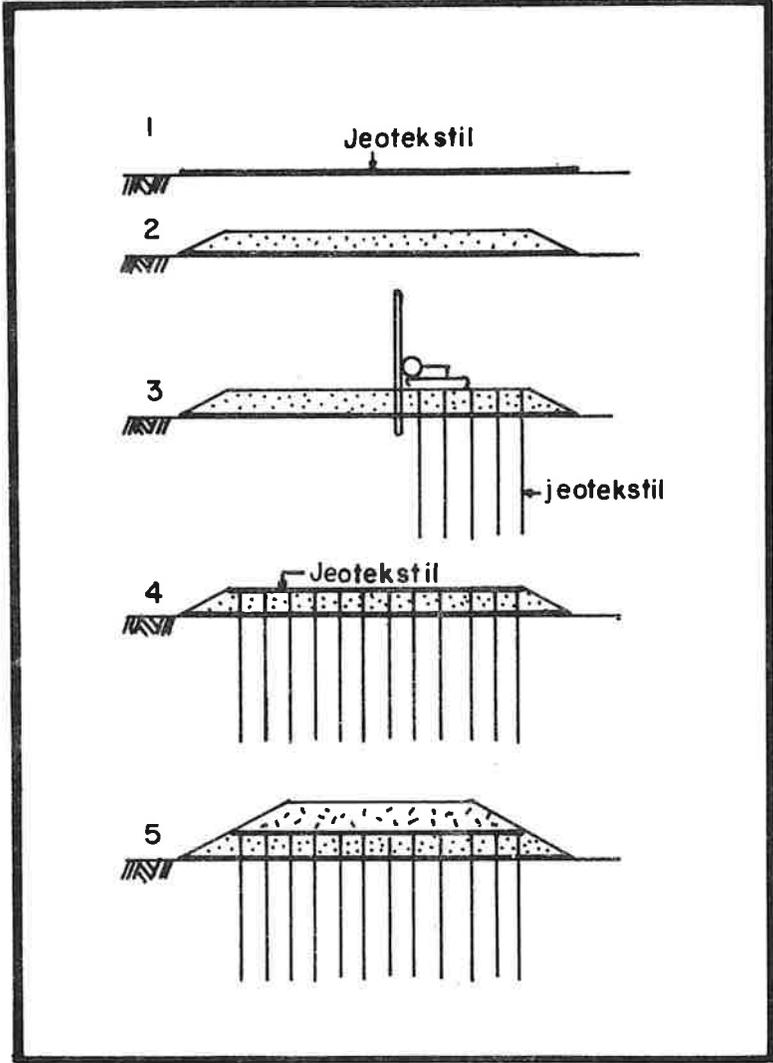
Şekil_ 2.45 Barajlarda drenaj amaçlı jeosentetik uygulamaları

Jeotekstil, dikey drenajda birinci fonksiyon olarak drenaj fonksiyonunu üstlenir.

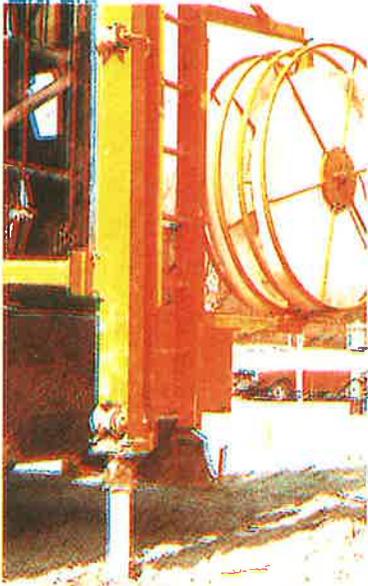
Su ile doygun zemin yalnızca su zemininin gözeneklerinden drene edilebiliyorsa oturma yapar. Nispeten geçirimsiz olan silt ve kilden oluşmuş yumuşak zeminlerde konsolidasyon prosesi özellikle kalın tabakalarda uzun zaman alır. Daha hızlı drenajı olanaklı kılmak ve daha hızlı toprak dolgu yapımı için suyun yolu kısaltılmalıdır. Bu amaç için dikey drenaj yıllardır kullanılmaktadır. Bu yöntemle akımın orijinal (dikey yönü, kural olarak yatay geçirgenliğin düşey geçirgenliğin 2-5 katı olması nedeniyle) yatay yöne çevrilir. Yatay drenaj için ince kum gibi geçirimli malzeme ara bantları (cepleri) oluşturularak zemine gömülür. Bu ara bantlara dikey drenler oluşturulması durumunda drenaj sisteminin etkinliği artar.

Şekil-2.46'daki yapıdaki dolguda dikey drenaj uygulaması görülmektedir. Önce jeotekstil ayırıcı katman olarak kullanılmaktadır(1). Bundan sonra drenaj tabakası dolgusu serilir. Suyu drene edebilmek için bu tabaka yeterli geçirgenliğe sahip olmalıdır. Dikey drenaj yerleştirme cihazının mandrelinin bu tabakaya penetrasyonunun güç olmaması için kırma malzemedan kaçınılmalıdır(2). Özel cihazlar kullanılarak dikey drenler yerleştirildikten sonra (3) bu tabaka üzerine ayırıcı olarak jeotekstil kullanılabilir (4). En son olarak dolgu tamamlanır(5). Foto-7 ve 8'de bu uygulamalarla ilgili olarak çeşitli resimler verilmiştir. Foto-7"a" ve "d" 'de bu işte kullanılan aygıtın kısmi ve genel görünümü, "b" de yerleştirilmiş drenin kesilmesi, "c" de aygıtın uç kısmının detayı verilmektedir.

Foto-8 "a" da yerleştirilmiş dren,"b" de işleme hazır dren bobinleri, "c" de ise yatay drenaj sisteminin yapılmasından önce sedde yapısının kısmi görünüşü verilmektedir.



Şekil_2.46 Dikey Drenaj



a



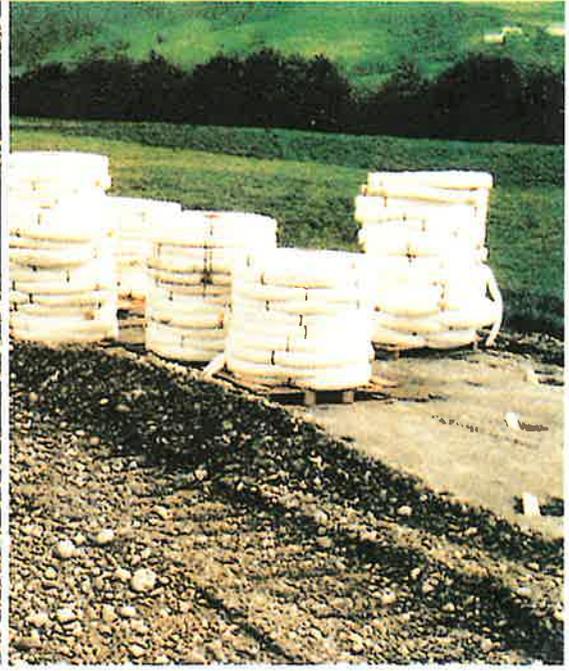
b



c



d



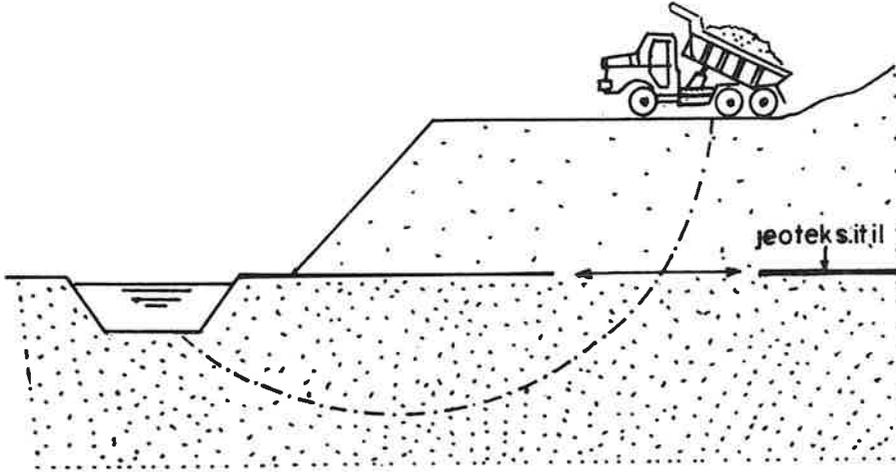
C

Foto - 8

2.7.4 Takviye (Güçlendirme) :

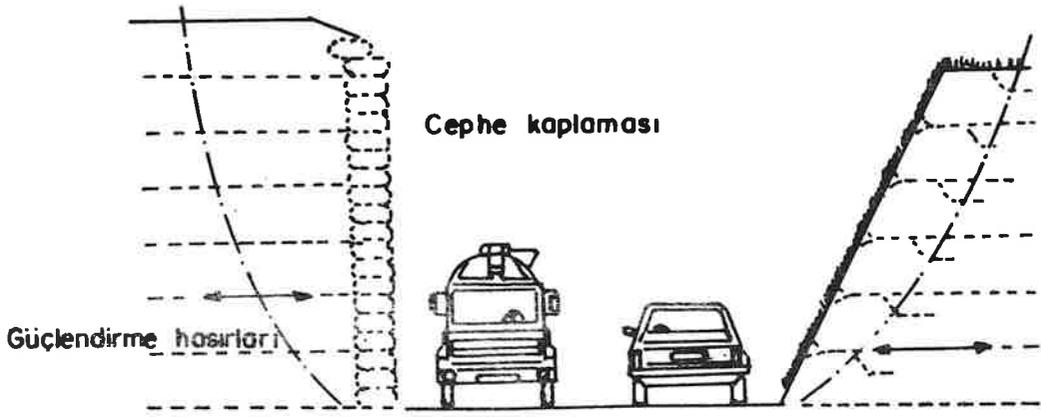
Son 10 yıldır sentetik örgülü ve örgüsüz jeotekstillere takviye (güçlendirme) tabakası olarak sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Güçlendirme tabakası dolguların veya diğer zemin işlerinin stabilizasyonunda ve zeminin kalitesinin arttırılmasında büyük katkıda bulunur. Bundan yoğunlaşmış yükleri eşit olarak dağıtmayı olanaklı kılmak, çekme gerilmelerine dayanıklılığını arttırarak zemin kütlelerini takviye etmek, jeotekstil-zemin sistemine bağlanma mekanizması sağlıyarak zeminin kayma dayanımını arttırmak anlaşılmalıdır.

Güçlendirme için temel uygulama alanları olarak (yumuşak zeminde örneğin yol ve sedde temelleri veya su kesici yapılar gibi) dolguların stabilizasyonunu; dik eğimlerde (örneğin zemin istinat duvarları gibi) arka dolguların güçlendirilmesini sayabiliriz Şekil-2.47 ve 2.48.



Şekil-2.47 Düşük dayanma kapasiteli zeminlerin üstünde toprak yığını

Sentetik güçlendiriciler geçici ve kalıcı yapılarda zeminin kayma dayanımını iyileştirmede artan bir şekilde kullanılmaktadır. Takviyeli zeminde elde edilen avantajları şöyle sayabiliriz; Jeotekstil kullanılarak dik yamaçlar oluşturulduğunda dolgu inşasında kullanılacak dolgu malzemesi azalır ve bu da ekonomi sağlar.



Şekil_2.48 Zemin tutucu yapı

Jeotekstil kullanımı kaymaya karşı emniyet faktörünü arttırır. Ayrıca zayıf zeminlerde veya uygun olmayan malzemelerle dolgu inşasını olanaklı kılar. Jeotekstiller zeminin aksine çekme dayanımına sahip olduklarından çok katlı sistemlerin kayma ve çekme kuvvetleri karşısında şekil değiştirerek bu gerilmeleri absorbe eder ve parçacıklar arasında bağlayıcı element işlevini görür. Takviye edilmiş zemin yapılarının tüm stabilitesi zemin ve takviye arasındaki karşılıklı ilişkiden çıkarılabilir. Kaplama (perde duvarı) yalnızca yamacı erozyondan korumak ve ön tabakaları

yerinde tutmak için yapılır. Kaplama malzemesi beton, gabi-on veya çimlendirilmiş tekstil ürünleri olabilir. Çeşitli dolgu tabakaları arasına yerleştirilmiş takviyeler, daha dik ve daha stabil eğimlerin inşasını olanaklı kılar. Yamaç kay-ma işinde tamirat jeotekstil kullanılarak yapılabilir.

Jeotekstil ile güçlendirilmiş duvar örnekleri Foto-9'da verilmiştir. Yerleşim biriminin önündeki teras yapısında jeotekstil kullanımı "a" da, estetik açıdan güzelleştirme sağlamak için jeotekstilin kesilerek bitki büyümesine izin verilmesi "b" 'de, jeotekstil duvara ait bir görünüm "c" de, çevresel koruma işleri yapılmadan önce tamamlanmış bir duvar görünümü "d" de verilmiştir. Foto-10'da bir istinad duvarı-nın yapım evresi görülmektedir. Önce kalıp yerleştirilmekte "a". Sonra jeotekstil bu kalıp üzerine serilmektedir "b". Bundan sonra duvar dibine dolgu yapıp jeotekstil bunun ü-zerine katlanmakta "c" ve katlanan kısım üzerine dolgu yapı-lıp "d" sıkıştırıldıktan "e" sonra kalıp alınmaktadır "f".

Son yıllarda sentetik polimerlerden yapılmış yüksek daya-nımlı güçlendirme malzemeleri sıkça yaygınlaşmıştır. Bunlar temelde polyester, poliamid, polietilen veya polipropilen'-den yapılır. Zemin takviyesinde kullanılan malzemeler genel-likle yüksek ultraviyole ışık dayanımına ve korozyon dayanık-lılığına sahiptir. Fonksiyonel olarak jeotekstilde çekme da-yanımı, modüller, deformasyon yeteneği, bükülebilirlik, sür-tünme, sünme dayanıklılığı aranır. Polimer ürünlerin uzama (Strain) davranışları genellikle gerilme, zaman ve sıcaklı-ğa bağlıdır. Yani bu ürünlerde krip (sünme) önemli olabilir.

Takviye malzemelerinin gereksinimleri yüklenme koşulları-na ve yapının ömür süresine bağlıdır. Bütün durumlarda ve uygulamalarda dizayn, öngörülen güçlendirme dayanımını ve zamanla ilgili olarak öngörülen dayanımı içermelidir. Örne-ğin geçici yol durumunda yapının ömrü boyunca bazı yıllarda güçlendirme kuvvetine yalnızca küçük bir zaman süresince

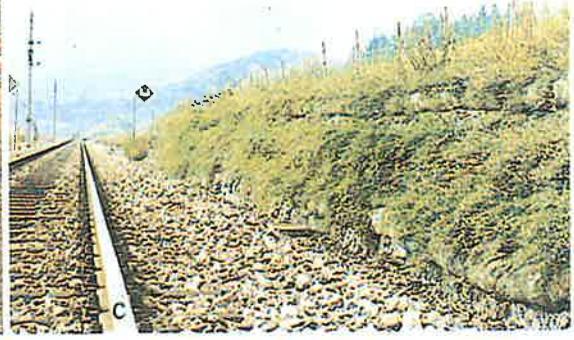
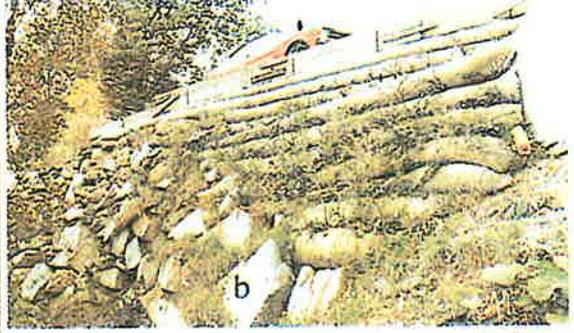
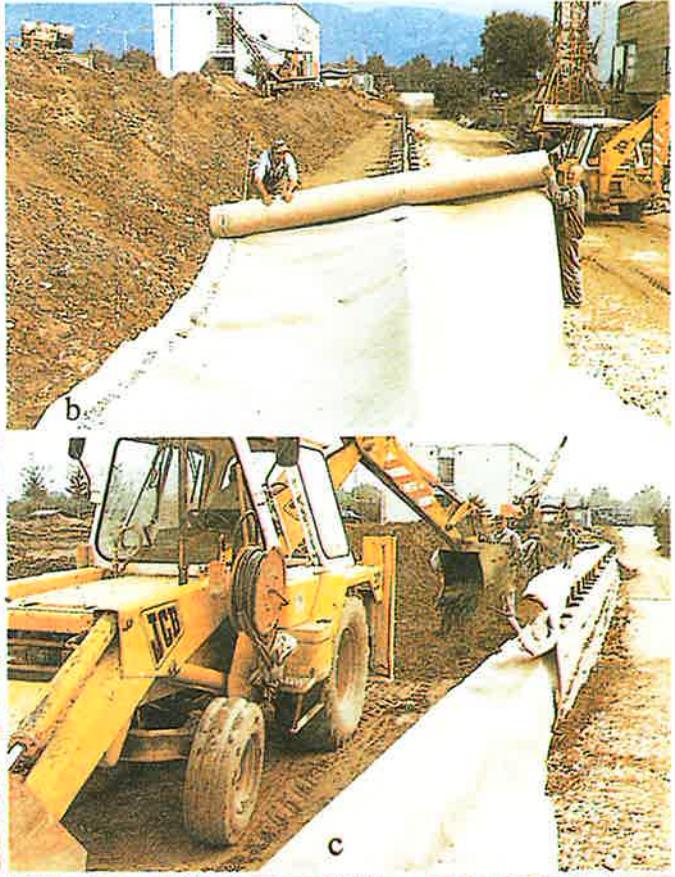


Foto - 9



a

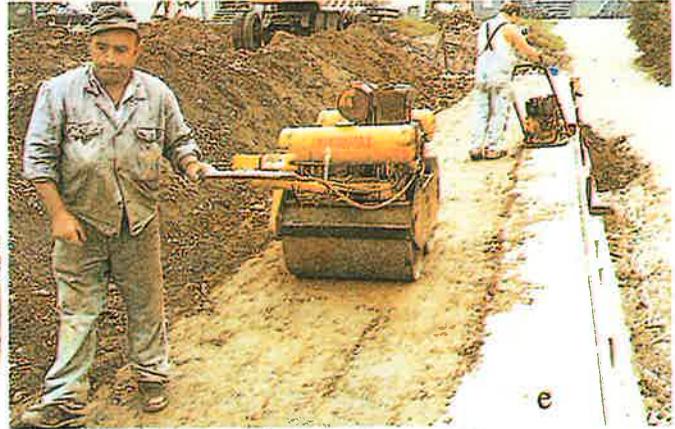


b

c



d



e



f

ihtiyaç duyulur. Jeotekstil ile takviye edilmiş dik şevlerle yapılmış toprak dolgu durumunda; öngörülen dayanım malzeme olmalı ve krip (sünme), relaksasyon (gevşeme) gibi nedenlerle yapının tüm ömrü boyunca bu dayanım azalmamalıdır.

Zemin içinde büyük hareketler nedeniyle yüksek uzama olacağından ve dolgunun bozulmasıyla sonuçlanacağından yüksek kuvvetler altında takviye hasırları düşük uzamaya ve yüksek dayanıma sahip olmalıdır. Genellikle çalışma şartları altında % 5-6 kabul edilebilir maksimum uzamadır ve dizayn dayanımı yüksek olmalıdır.

Standart takviye ürünlerinin nihai kopma dayanımları 100 kN/m-1000 kN/m arasında değişir ve normal şartlarda kabul edilebilir max uzama % 5-6 dolayındadır.

Örgülü tip jeotekstiller örgüsüz tiplerle karşılaştırıldığında genellikle daha yüksek dayanıma ve düşük uzamaya sahiptir. Bu nedenle bu iş için daha uygun oldukları söylenebilir. Şekil-2.12 ve 2.13 incelendiğinde de örgülü tip jeotekstillerin örgüsüz tiplere kıyasla daha yüksek dayanıma ve düşük uzamaya sahip oldukları görülmektedir.

Krip, (sünme) uzun süre sabit gerilme altında yüklenmiş malzemenin boyundaki artış olarak tanımlanır. Örgülü ve örgüsüz tip jeotekstiller genel olarak karşılaştırıldığında örgülü tiplerin bu yönden de kullanıma daha uygun olduğu sonucuna varılabilir (Şekil-2.17).

Takviye malzeme zemin içine yerleştirildiğinde çeşitli biyolojik proseslere maruz kalabilir. Bu olay düşük derecede bile olsa bazen polimerin nihai dayanımında önemli azalmalar görülebilir. Nihai dayanımındaki bu azalış dizayn süresince gözönüne alınmalıdır.

Eğer malzemenin kullanılacağı alanda normal olarak zeminde mevcut olmayan kimyasallar varsa bu kimyasalların jeotekstil üzerindeki etkisi incelenmelidir. Eğer takviye hasırını 30°C'nin üzerinde sıcaklıktaki su altında kullanılacaksa polimerler üzerinde hidroliz etkisi gözönüne alınmalıdır. Genel anlamda bütün fiberli malzemeler ultraviyole ışığından etkilenebilir. Bazen dayanımdaki kayıp hızlı bazende yavaş olur. Bu kullanılan polimere ve saf polimere katılan katkılarına bağlıdır.

Dizaynın, ürünü direk gün ışığından koruyacak şekilde yapılması durumunda zemin içine yerleştirilen ürünün maruz kalacağı olumsuz koşulların süresi azsa pek fazla problem beklenmemelidir.

Dizayn yaparken jeotekstilin su ve kum geçişine karşı sıklığı her zaman gözönüne alınmalıdır. Takviye amacıyla kullanılacak jeotekstillerin genellikle su geçirimsizlikleri, göz açıklığı değerleri bilindiğinden belli bir jeotekstilin öngörülen şartları karşılayıp karşılayamayacağı kolayca tespit edilir.

Ağır trafik nedeniyle oluşan yükler, sıkıştırma ekipmanları ve yapım malzemelerinden ileri gelen yükler takviye hasırının üstüne geldiğinde zarara neden olabilir. Genellikle nihai dayanımdaki olası % 10-15 azalma dizayn yapılırken gözönüne alınmalıdır. Bu oran proje deneyimlerinden elde edilmiştir. Eğer aşırı bir yük bekleniyorsa özel testler özgül durum için oranı belirlemek amacıyla yapılmalı veya seçenek olarak örneğin, örgüsüz tip jeotekstil ile takviye hasırının üzerine koruyucu tabaka olarak serilmelidir.

Zemin ile takviye hasırı arasındaki sürtünme çok önemlidir. Çünkü ürün içinde belli bir noktada ortaya çıkan yük, sürtünme yoluyla çevredeki zemine iletilir. Eğer dolgu malzemesi (örneğin kumda olduğu gibi) kohezif değilse deneyler jeotekstil ile dolgu arasındaki sürtünmenin, dolgunun kendi sürtünme değeri ile aşağı yukarı aynı olduğunu göstermektedir. Eğer güvenilir veriler yoksa sürtünme katsayısını belirlemek için deneyler yapılmalıdır.

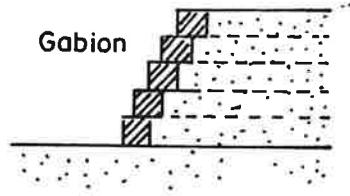
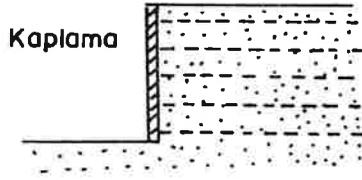
Jeotekstiller takviye amacıyla kullanılırken genellikle ayırma fonksiyonunu da üstlenir. Örneğin, istinad duvarlarında takviye birincil fonksiyon iken; yol yapımı, toprak sedde inşaatlarında takviye ayırma amacının yanında ikincil bir fonksiyondur. Şekil-2.49'da jeosentetiğin takviye amacıyla kullanıldığı değişik uygulamalar görülmektedir. Yakın ilgisi nedeniyle bu bölüm, 2.7.1'de verilen ayırma ile bir bütün olarak düşünülmelidir.

Takviye veya güçlendirme üç anlamda düşünülmelidir. Bunlar makro ve mikro takviye ile yüzey takviyesidir.

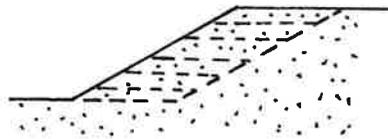
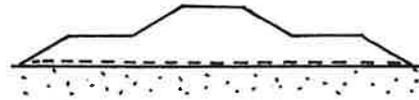
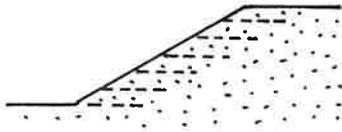
a) Makro takviyede zemin içinde veya iki zemin arasında yerleştirilmiş bir veya birkaç kat jeosentetik, gerilmelerin zemin veya zeminlerden jeosentetiğe transferi sayesinde zemin güçlendirilir. Burada birkaç durum gözönüne alınmalıdır.

- Tek veya grup olarak yakınca birleştirilmiş paralel jeosentetikler boşlukların gelişebileceği veya çökebileceği zonlar içeren uniform zayıf temellere veya aralarında değişik oturumaların oluşabileceği farklı alanlardan ibaret temellere yerleşmiş zemin yapılarını güçlendirir. .

- Yamacın kretinde tutturulmuş tek veya birkaç paralel jeosentetik yamaçtaki zemin tabakasının stabilitesini iyileştirebilir.



İstinat duvarları

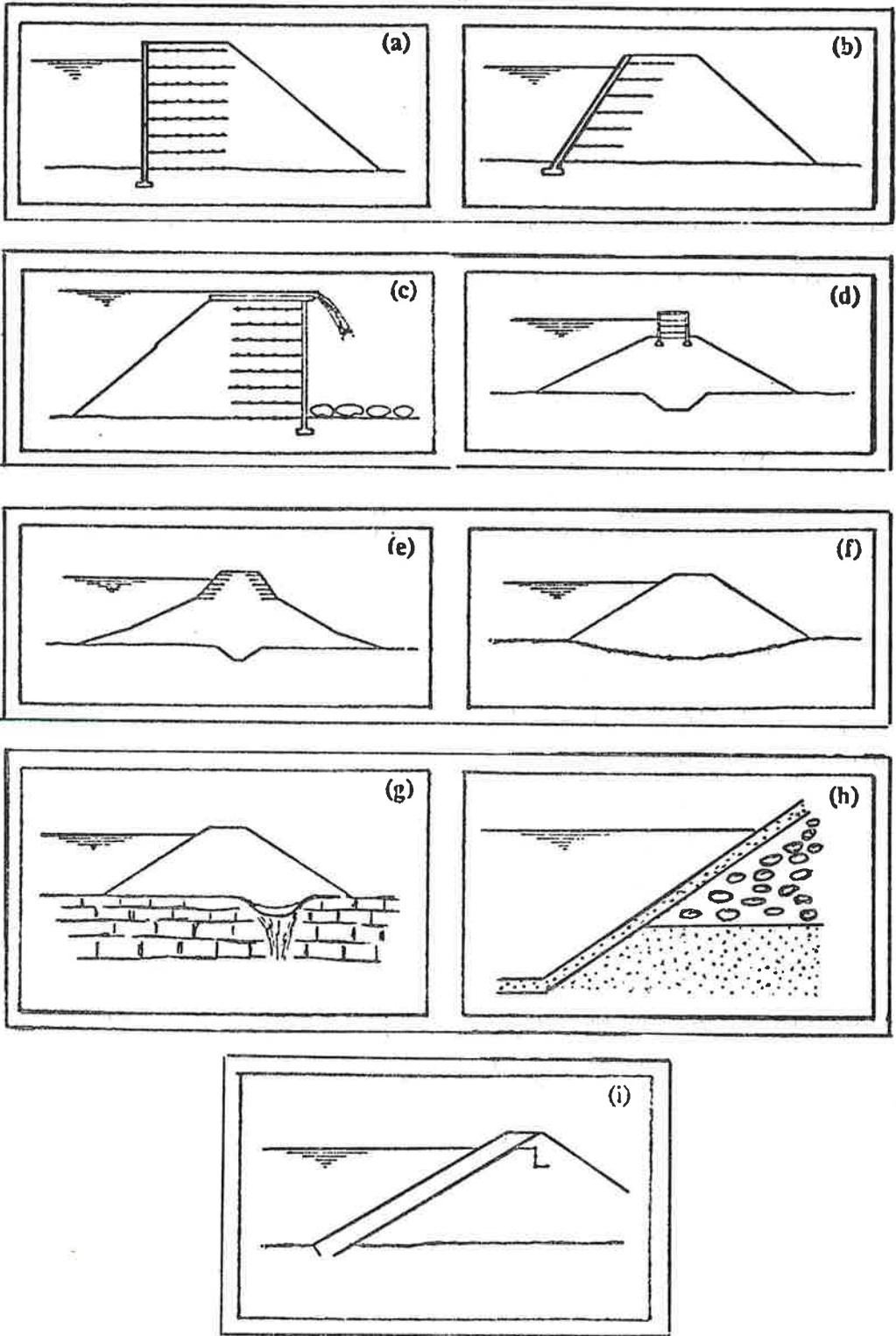


Şekil_2.49 Jeosentetiklerin takviye amacıyla kullanımı

b) Jeosentetik ve zeminlerin almaşık tabakaları güçlendirilmiş zemin kütlesi oluşturur. Mikro güçlendirmede mikro gridler gibi değişik yüzeylere sahip fiberler, yarımlar (normal olarak bükülerek biraraya getirilmiş süreksiz fiberlerden oluşmuş iplik) ve küçük elementler zeminle karıştırılarak takviye edilmiş zemin kütlesi oluşturulur.

c) Yüzey güçlendirmede zemin kütlesinin yüzeyine yerleştirilmiş ve zemin parçacıkları katmanı ile sıkı bir şekilde karşılıklı karışmış, jeomat, jeosel, jeogrid veya diğer uygun jeosentetikler yüzey erozyonunu önler. Biogradasyonun arzu edildiği yerde örneğin jeojüt gibi doğal fiberlerden yapılmış hasırlar veya gevşek gridler kullanılır. Bu konuda daha ayrıntılı bilgi bölüm 2.7.1.2 ve 2.7.1.3'de verilmiştir.

Jeosentetiklerin takviye (güçlendirme) amacıyla kullanılabilmesi baraj enkesitleri Şekil-2.50'de verilmiştir. Şık (a,b,c,d ve e) de görüldüğü gibi oldukça eğimli hatta dikey şev yapımında çok katlı takviye kullanılır. C'de dolusavak çok kısadır. Sıklıkla toplam maliyetin büyük kısmını dolusavağın oluşturduğu küçük barajlarda bu entere-sandır. Şekil-2.50(d) de mevcut barajın yükseltilmesi gerektiğinde gözönüne alınabilir. Şekil-2.50(e) de hem sür-tünmeye, hem kohezyona sahip zeminin avantajlarından yararlanılarak mevcut barajı yükseltmek veya yeni baraj yapımında ideal su yüzü eğimi (bütün tabakalarda aynı emniyet faktörüne sahip) içbükey yüzeye sahip olmalıdır. Şekil-2.50(a-e) durumlarında jeotekstil ve jeogrids çeşit-leri kullanılabilir, Ayrıca bu durumlarda çok katlı mak-ro-takviyeli zemin, en azından küçük barajlarda mikro-tak-viyeli zemin kütlesi ile yer değiştirebilir.



Şekil_2.50 Barajlarda güçlendirme amaçlı jeosentetik uygulamaları

Şekil-2.50(f,g,h) de tek başına veya grup olarak yakınca birleştirilmiş paralel jeosentetikler, barajları veya onların bazı kısımlarını desteklemek için kullanılır. Şekil-2.50(f) durumu çok yumuşak temellerde küçük barajlarda, (g) durumu lokal olarak çökebilen zeminler üzerine inşa edilmiş küçük barajlarda gözönüne alınmalıdır. Şık (h) de gösterilen güçlendirme tabakası iki zemin zonu veya farklı sıkıştırılabilir yeteneğine sahip (örneğin kısmi rezarvuar kazımında çekirdek zonu ve dolgu zonu durumunda) zemin zonları arasındaki sınır üzerinde geçirimsiz tabakada (kil, bitümlü beton gibi) çatlak oluşumunun önlenmesine yardım eder. Şık(f,g,h) durumunda genellikle yüksek dayanımlı, yüksek modüllü jeosentetikler öngörülür (tipik olarak jeogrid ve çok filamentli örgülü jeotekstil).

Eğer iki veya daha çok jeosentetik tabakası kullanılırsa kayma yüzey riskini en aza indirebilmek için bu tabakalar birbirinin üstüne yerleştirilmemelidir. Yüksek sürtünmeli zemin tabakaları (örneğin köşeli agregaya) gerilme transferini sağlayabilmeleri için daima 2 paralel güçlendirme tabakaları arasına yerleştirilmelidir. Şık(i) durumunda barajın kretinde ankrajlanmış tek veya birbirine paralel birkaç jeosentetik, küçük barajlarda su geçirmez bariyer olarak kullanılan eğri yüzeyli kil tabakasının stabilitesini iyileştirmektedir.

3. JEOMAMBRAN

3.1 Tanımı, Yapım Malzemeleri ve Üretim :

Geçirimsiz veya daha doğru şekliyle geçirimsiz olarak kabul edilen jeosentetiklere jeomambran adı verilir. Jeomambran, sentetik (termoplastik) veya bitümlü ürünlerden yapılır. Bu sentetik malzemeler arasında en çok kullanılanlar;

a) Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE),

b) Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE),

c) Polivinilklorür (PVC),

d) Etilen kopolimer bitüm (ECB),

e) Klorlu polietilen (CPE)'dir. Bundan sonraki bölümlerde bu maddeler parantez içinde verilen kısa gösterimleriyle verilecektir. (Gerektiğinde bu bölüme bakılmalıdır.)

Jeomambran üretiminde genelde üç ayrı teknik uygulanır. Güçlendirilmemiş jeomambranlar; polimerlerden çeşitli teknikler kullanılarak, haddelenerek veya kalıptan çekilerek elde edilir. Güçlendirilmiş mambranlar ise sentetik ürün veya jeomambranlar bitümlü polimer karışımları ile kaplanır veya emdirilir.

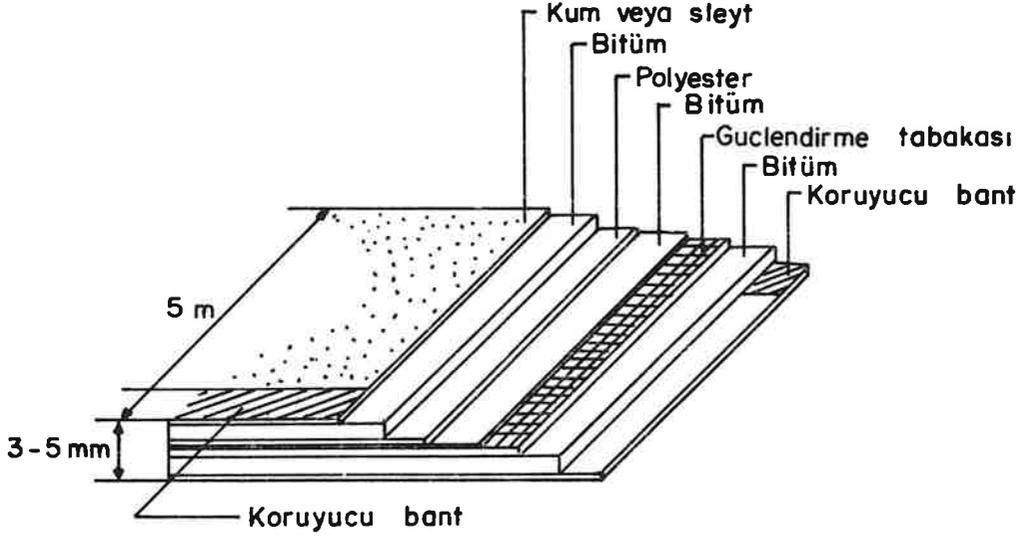
Güçlendirilmiş lamine edilmiş jeomambranlarda jeomambran, sentetik ürünlerle haddeden geçirilerek veya kaplanarak birleştirilir. Son iki grup ilginç yapıları nedeniyle daha ayrıntılı incelenmelidir.

-Güçlendirilmiş Bitümlü Mambran :

Güçlendirilmiş bitümlü mambranlar herbiri kendi özel fonksiyonuna sahip farklı elementlerden yapılır. Bu fonksiyonlar ya üretim prosesinde, ya da kullanım sırasında ortaya çıkar Şekil-3.1.

Güçlendirilmiş mambranın temeli, bitümlü karışım emdirilmiş polietilen veya polyester mambrandır.

Kullanılan üretim prosesine bağılı olarak ya alt tabaka ya da filler olarak cam mambran ve/veya polyster film bulunması da mümkündür. Polyster film ayrıca bitkilerin ve köklerin mambranın içine girişini bir bariyer olarak engeller. Pekçok yaygın güçlendirilmiş mambran uygulamalarında birkaç milimetre kalınlığındaki bitümlü karışım tabakaları güçlendirme tabakasının her iki tarafına uygulanabilir.



Şekil_ 3.1 Güçlendirilmiş bitümlü mambran

En üst tabakanın kompozisyonu uygulamanın gereklerine göre değişir. Üst tabakada yapışmayı engellemek ve pürüzlülüğün temini amacıyla kum; ultra-viole ışığına karşı koruma içinde arduvaz tanecikleri kullanılır. Örgüsüz malzeme (koruyucu tabaka) örneğin, delinmeye karşı koruma gibi mekanik dayanımı iyileştirir. Film tabaka ise kök büyümelerine karşı bariyer olarak ve kimyasal dayanıklılık için kullanılır.

-Jeotekstilin Laminasyonu ve Kaplaması :

Jeotekstil uygulamaları için sentetik veya mambran sızdırmaz film tabakası ile donatılabilir. Bu film kaplanacak alt tabakaya uygulanır. Filmi yalnızca ürünün alt tabakasına uygulamının yanında, pekçok sayıda ürün (ve/veya mambranlar) arasına film uygulanarak lamine edilebilir (tabakalandırılabilir). Film, tabakaları birarada tutar ve geçirimsiz olabilir. Eğer alt tabaka ve filmin ergime noktaları birbirine yakınsa malzemeler birarada daha iyi tutulur.

3.2. Fonksiyon ve Özellikler :

Bu malzemelerin en büyük özeliği sentetik yalıtım sağlayarak suyun zemin içine girişini engellemek ve zemini korumaktır. Bu malzemeler geleneksel kil, beton veya asfalt yalıtkanlara alternatif olarak düşünülebilir. 0,5-3 mm kalınlığındaki polimer veya kopolimer paneller birleştirilerek sıvılara karşı sürekli bariyer oluşturabilirler.

Jeomambranla jeotekstillere arasındaki temel fark jeotekstilin kumla hemen aynı geçirgenliğe sahip olmasına karşın, jeomambranlar çok düşük geçirgenliğe sahiptir. Genel anlamda jeomambranlar hem gazlara, hem de akışkanlara karşı geçirimsiz olarak gözönüne alınmalıdır. Zaten komşu zemin tabakaları veya zemin ile akışkan arasında ideal su veya gaz tutucu bariyer olma özeliği bu durumun sonucudur.

Jeomambranlar narin malzemelerdir. Eğer yeteri kadar mekaniksel koruma sağlanmamışsa özellikle ince mambranlar gerek yalıtım sisteminin yapımı süresince gerekse yapı bittikten sonra kolayca zarar görebilir. Bu nedenle mambranlarla birlikte jeotekstil kullanılarak yalıtım sisteminin zarar görmesi büyük ölçüde azaltılabilir. Olası hasarlara örnek olarak keskin köşeli kayalar nedeniyle oluşabilecek yırtılmaları, su derinliği veya aşırı basınç nedeniyle alt zemin tabakasındaki deliklerin veya çatlakların karşısında oluşacak patlama gerilmelerini ve aşınma nedeniyle eskimeyi

sayabiliriz.

Bu durumda jeomambranlar en azından aşağıdaki özellikleri taşımalıdır.

a) Yerleştirilirken çekme kuvvetlerine dayanabilmek ve inşaat süresince küçük kazalardan zarar görmemek kendini destekleyen sistemden dolayı üzerine gelen deformasyon kuvvetlerine uyum sağlamak, su basıncı altında çatlakların üzerinde köprü oluşturabilmek için yeterli miktarda çekme dayanımına sahip olmalıdır.

b) Suda veya temas sıvılarında bulunabilecek elementlere veya bileşiklere karşı kimyasal dayanıklılığa sahip olmalıdır.

c) Önceden tahmin edilebilir bir ömür süresi olmalıdır. Diğer bir deyişle öngörülen sürede dayanımdaki kayıp, oksidasyon, plastiklik kaybı gibi nedenlerle kırılğan olmamalı ve bulunduğu ortama uyum sağlamalıdır.

Jeomambran esaslı güvenilir bir kaplama aşağıdaki beklentilere de cevap vermelidir.

a) Uygulandığı yapıya sürekli olarak yerleşecek şekilde mambranın serilmesi mümkün olmalı.

b) Mümkün olabildiğince uzun ve geniş rulo kullanılarak güvenilir bir şekilde uygulama yerinde kaynak edilip birleştirilebilmeli, ayrıca basit fakat güvenilir test prosedürleriyle kaynakla birleştirilmiş ek yerleri kontrol edilebilmelidir.

c) Mambranın altında olası kaçaklar nedeniyle oluşabilecek sıvıyı uzaklaştırmak ve basıncı hafifletmek mümkün olmalıdır.

3.3 Tasarım (Dizayn)

3.3.1 Genel

Yapı için jeomambranlar tasarımılanırken pekçok limit durum gözönüne alınmalıdır. Limit durumlar yapının davranışlarını tanımlar ve yalnızca gerekli fonksiyonları yerine getirdiği zaman kabul edilebilir.

Gerek yapım aşamasında gerekse kullanım süresince jeomambran üzerine gelen yüklere dayanmalı ve fonksiyonunu yitirmemelidir. Jeomambranın seçilmesinde temel kriterlerden biri bu malzemenin üstüne gelen yükten daha fazla bir dayanıma sahip olmasıdır. Tasarım lamada emniyet payı gözönüne alınmalıdır. Tasarım hesaplarında rol oynayan temel parametreler "temel değişkenler" olarak adlandırılır. Temel değişkenler iki gruba ayrılır. Bunlar dayanım ve yüklerdir. Malzeme davranışları yetersiz görüldüğünde problemin çözümünde aşağıdaki yollardan biri kullanılabilir.

- a) Yük düzeyi azaltılabilir.
- b) Malzemenin dayanımı arttırılabilir.
- c) Bir diğer malzeme seçilir.

Yukarıda sözü edilen limit durumlar iki sınıfa ayrılabilir. Bunlar, malzeme üstündeki yüklerin jeomambran yapısında kullanılan hammaddeden bağımsız olduğu durum ile jeomambranların yapıldığı malzemeye bağlı olduğu durumdur. Örneğin jeomambran su depolama amacıyla yapılan bir yapıda kullanılıyorsa, membran dalga kırılma etki etkisine maruz kalabilir. O zaman dalga yükseklığı ve şev eğimi jeomambrana gelecek yükleri belirleyen sınır koşullarıdır. Bu örnekte yük, kullanılan hammaddeden bağımsızdır.

Eğer jeomambran çevresel tehlikeli madde depolama yapılarında kullanılıyorsa, depolama alanındaki bu maddeler mambranın kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durumda jeomambran bozulmaya karşı yeteri dayanıklılıkta olmalıdır. Bu durumda yük, depolanan maddelerin ve jeomambranın yapıldığı hammaddenin karşılıklı etkileşimine bağlıdır. Bu örnekte yük jeomambranın yapıldığı malzemeye bağlıdır. Çeşitli sınır koşullar ve kabul edilebilir yükler, hidrolik yükler ve gaz basıncı, zemin mekaniği ile ilgili yükler, biyolojik etkiler, iklimsel etkiler, kimyasal bozulma başlıkları altında incelenebilir.

3.3.2 Hidrolik Yükler ve Gaz Basıncı :

Genellikle üç çeşit hidrolik yük sözkonusudur. Bunlar dalga, akıntı ve statik yük farklılıklarıdır.

3.3.2.1 Dalga (Dinamik Yükler) :

Dalga kırılması kısa ve lokal yüklere neden olur. Yü-
kün boyutu dalga yüksekliğine ve yamaç eğimine bağlıdır.

Kaplanmamış jeomambranın üzerine yük direk olarak mambrana yakın tabakalarla iletilir. Bu, genellikle malzeme-
de çekme gerilmelerine yol açar. Bunun etki derecesi jeomambranın sağlamlığına ve mambranın altındaki zeminin elastikliğine bağlıdır.

Kaplanmış jeomambranın üzerine ise dalga kırılma kuvveti yumuşatılmış olarak iletilir. Balast tabakası olarak kullanılacak malzeme jeomambran üzerinde noktasal yüklerle neden olmamalıdır.

Eğer jeomambranın ağırlığı yetersizse veya kullanılan balast yeterli değilse dalga etkisiyle jeomambranın alt ve üst tarafları arasındaki yük farklılıkları filmin hareketine neden olur. Genel olarak membran dinamik yüklerin etkisi altında sabit kalmalıdır. Bu durum alt tabakanın stabilitesi için özel bir önem taşır. Yükteki değişimler alt tabakaya iletilirse yamaç üzerinde mikro-kararsızlığa yol açar.

3.3.2.2 Akıntı :

Eğer su katı parçacıklar içeriyorsa ve jeomambran kaplanmamışsa yani balast yoksa yüksek akım hızlarında jeomambran erozyona uğrayabilir.

Eğer kaplama tabakası kullanılmış ise jeomambran direk olarak etkilenmeyecektir.

Akıntılar ve anaförler membranın altında ve üstünde yük farklılıklarına neden olabilir. O zaman membran alt tabakadan (özellikle kenarlarda) yukarı doğru kaldırılabilir. Bu olay yeteri miktarda balast kullanılarak engellenebilir.

3.3.2.3 Statik Yük Farklılıkları :

Eğer jeomambranın altında ve üstünde farklı su seviyeleri (veya gaz basınçları) varsa statik yük farklılıkları oluşabilir. Bunun sonucu olarakta membran zeminden kalkıp ayrılabilir. Bu olayda yeteri miktarda balast kullanımıyla engellenebilir. Buna ilaveten membranı veya herhangi kaplama tabakasını kaymadan koruyabilmek için sürtünmeye karşı yeteri kadar direnimsizlik sağlanmalıdır.

3.3.2.4 Gaz Basıncı :

Pekçok nedenle jeomambran altında gaz olabilir. Buna örnek olarak turbalı zeminleri verebiliriz. Bu gazla yapıda arzu edilmeyen yüklere yol açabilir. Örneğin, jeomambranla kaplanmış depoda yapım süresince kuru çalışma ortamını olanaklı kılmak için yeraltı su seviyesi düşürüldüğünde bu olayla karşılaşılabilir.

Yapım işi bitirildiği ve yeraltı su seviyesinin tekrar yükselmesine izin verildiği zaman bu su zeminin içindeki gazları itecektir. Eğer gazlar kaçmazsa, yeraltısuyu ve jeomambran arasında basınç oluşturulacaktır. Eğer mambran üzerine yeteri miktarda balast serilmemişse bu gazlar etkiyle zeminden yukarı doğru itilecektir.

Eğer, gazlar depolama alanının yatağında geçirimsizlik (bariyer) oluşturan jeomambranın altında toplanırsa yukarıda sözü edilen problem ortaya çıkabilir. Bu nedenle eğer gerekiyorsa gazların kaçması için tasarımlamada gazlara karşı geçirimli mambran ve/veya depolama alanının orta kısmının yan taraflara doğru eğimli olmasına izin verilebilir.

Gazlar hijyenik amaçlı dolgularda örtü olarak kullanıldığı zamanda problemlere yol açabilir. Kimyasal/biyolojik prosesler gazların oluşmasına neden olur. Bu gazların mambranın altından, çok büyük boyutta basınç oluşturmasına yol açmadan kaçmasına izin verilmelidir.

3.3.3 Zemin İle İlgili Yükler :

Zeminde çeşitli mekanik etkilerdeki değişimin sonucu olarak işletmede üç ayrı durum olabilir bunlar;

- a) Jeomambrana dik yükler,
- b) Jeomambranın içindeki yükler, örneğin çekme kuvvetleri.
- c) Jeomambran düzlemi boyunca yükler, örneğin kayma kuvvetleri.

3.3.3.1 Jeomembrana Dik Yükler :

Bu yükler su toplama alanının içeriğinden ya da membranı örten balast nedeniyle jeomembran üzerine taşınabilir. Membran alt zemin tabakasıyla desteklenir. Balast olarak adlandırılan safralar  türlü olabilir.

- a) Balast sıvıdır.
- b) Balast katı malzemedir.
- c) Balast katı ve sıvı malzeme karışımıdır.

Verilen bir yükte membranın yakınına kadar uzanan malzemenin cinsi ve derecelenmesi membranın davranışlarını belirleyecektir.

Jeomembranla direk temas eden malzemeler ne kadar pürüzlü ve keskinse membranın delinme tehlikesi de o oranda artacaktır.

Yüklerin ve karşı etkilerin jeomembran içindeki davranışlarını teorik hesaplamalarla elde etmek mümkün değildir. Özel membran çeşitlerinin dayanıklılığını belirlemek için en uygun yol bunları söz konusu yükler altında bırakanak Şekilde test prosedürleri uygulamaktır. Bu amaçla çeşitli test yöntemleri geliştirilmiştir.

Ancak belirli bir jeomembran ve belirli bir derecelenmeye sahip pürüzlü malzeme durumunda, delinmeye karşı dayanıklılık jeomembranın kalınlığı arttırılarak sağlanır.

Bazı durumlarda membranın delinmeye karşı dayanıklılığı koruyucu film uygulamasıyla arttırılabilir. Ancak pekçok durumda membranın altına veya gerekirse her iki yanına ince malzeme tabakası uygulanarak daha kesin dizayn yaklaşımları düşünülebilir. Burada ince malzemedен kasıt kum veya maksimum tane boyutu 5 mm'den küçük olan malzemedir.

3.3.3.2 Jeomambran İçindeki Yükler :

Jeomambran içindeki yüklerin temel nedeni zemin alt tabakasındaki farklı oturmalarından kaynaklanır. Bunun da (mambranın zeminle temasta olduğu dşnldğnde) jeomambranda deformasyonlara neden olabileceği açıktır. Mambranın deformasyonunda sonuçta malzemede çekme gerilmelerine yol açar. Temel tabakasında oturma olduğunda jeomambran bu hareketlere karşı koyacak yeterlilikte olmalıdır.

3.3.3.3 Kaplama Malzemesinin Mambran zerinde Hareketi :

Genellikle jeomambran üzerine kaplama tabakası yerleştirilir. Bu durumda mambranın przszlyė kaplama malzemesinin hareketine yol açabilir. Diğer bir olgu olarak sürtünme kuvvetlerinin kaplama tabakasına iletilmesi büyük deformasyonların jeomambranda oluşmasına neden olabilir. Böylece yapının geometrisi değişir veya kaplama tabakası nedeniyle zarar oluşabilir. Genel olarak kaplama malzemesinin hareketi istenmiyorsa; kaplama tabakası ve jeomambran arasındaki sürtünme kuvvetleri kaplama tabakasının ağırlığından dolayı mambran boyunca uyguladığı kuvvetlerin bileşeninden büyük olacak şekilde dizayn yapılmalıdır.

3.3.4 Biyolojik Etkiler :

Jeomambran gibi bariyer tabakalar, agresif evre koşullarına ve çeşitli biçimde ortaya çıkan olumsuz tesirlere karşı dayanıklı olmalıdır. Malzemeler bu olumsuz tesirlere karşı geliştirilmiş çeşitli yöntemlerle test edilirler.

3.3.4.1 Mikroorganizmalar :

Eğer malzeme 12 aylık bir süre, biyolojik olarak aktif bir çevreden etkilenmiyorsa dayanıklı olarak varsayılabilir. Malzemeler böyle zeminlere gömülerek test edilirler. Eğer jeomambranların birbirine eklenmesinde uygulanan kaynak işleminde diğer değişik malzemeler kullanılıyorsa, kaynakta ayrıca bu koşullarda test edilmelidir.

Bu deneylerde güçlendirilmemiş jeomambranların kopma dayanımında, kopma uzamasında, elastisite modülünde ve ağırlığındaki azalmalar incelenirken; güçlendirilmiş (bitümlü) jeomambranlarda görsel olarak yüzey incelemesi, bükülebilirlikteki değişim, ağırlık, geçirimsizlik gibi membran fonksiyonlarındaki değişim incelenir.

3.3.4.2 Bitki Örtüsü :

Kamış, ağaç kökleri ve çeşitli bitkiler kök gelişimi olayı sonucu jeomambrana zarar verir. Bu olayın jeomambran üzerindeki etkileri yapılan deneylerle belirlenebilir.

İnce, takviyesiz ve düşük elastisite modülüne sahip jeomambranların kullanımında dikkatli olunmalıdır. Bitümlü tabakalar ve çift-tarafli güçlendirilmiş polyester tabakalar, kök delme olayına karşı bariyer olarak kullanılabilir.

3.3.4.3 Yosun :

Yosun etkisi konusunda çok az şey bilinmektedir. Ancak kuruma sonucunda yosun depolaması membran içinde çekme gerçekleştirilmelerine yol açabilir.

3.3.4.4 Kemirgen Hayvanlar :

Sıçanlar ve benzeri kemirgenler jeomambrana zarar verebilirler. Bu olayın etkisi de aslına benzer şekilde yapılan testlerle belirlenir.

Kemirgen hayvan etkilerine dayanıklı olmayan malzemeler 20 cm'lik kaba çakıl tabakalarıyla korunabilir.

3.3.4.5 Kuşlar :

Kuşların, jeomambranı delmesini engellemenin en etkili yolu kaplama tabakası (zemin veya ilave mambran) kullanımıdır.

3.3.4.6 Diğer Memeliler :

İnsanlar ve sığırların sulama kanalları, su depolama alanları gibi yerlerdeki zararlı etkileri jeomambranı kaplayarak etkili bir şekilde önlenabilir.

3.3.5 İklim Etkileri :

Rüzgâr, güneş ışığı, yağış ve sıcaklık olayları nedeniyle iklimsel etkiler gözükabilir.

3.3.5.1 Rüzgâr :

Rüzgâr jeomambranda yüklere neden olabilir. Rüzgârın bir diğer etkisi de taşıyabildiği kum parçacıkları nedeniyle erozyon etkisidir. Jeomambran rüzgâr etkisine karşı, kum-çakıl doldurulmuş torbalar veya araba lastikleriyle safralanarak korunabilir. Bu işlem güçlendirilmiş bitümlü mambran örneğinde olduğu gibi kalın ve ağır kaplamalar için gereksizdir.

3.3.5.2 Güneş Işığı :

Bütün polimerler genel olarak ultraviole ışığına, ısıya, suya ve oksijen ortamına karşı kuşkulu malzemeler olarak düşünülmelidir.

Malzemenin ömrü, ultraviyole-radyasyon (fotokimyasal bozunma), termal-oksidasyon veya bu iki faktörün birleşimi ile belirlenir. Numunenin yaşlanma hızı; radyasyon şiddeti, sıcaklık ve rutubeti içeren pekçok faktör yardımıyla belirlenir. Jeomambranın bu etkilere karşı davranışları çeşitli testlerle araştırılır.

Güneş ışığına dayanıklılık, genellikle jeomambran yapısında katkı maddeleri kullanılarak iyileştirilebilir. Bundan başka daha kalın malzeme kullanımı ve üst tabaka olarak diğer jeosentetikler veya toprak kullanılması diğer seçenekler olarak karşımıza çıkabilir.

3.3.5.3 Yağış :

Yağış, mambrandaki katkı malzemelerinin mambrandan yıkanmasına (özellikle PE ve PVC'de) neden olabilir. Ayrıca havayla taşınabilir kirlilik yağışla malzemeye gelip, ona olumsuz etki yapabilir.

3.3.5.4 Sıcaklık :

Kullanılan polimer tipine bağlı olarak polimerler ve bitümlü ürünler verilen sıcaklık aralığında kullanılabilirler.

Jeomambranların çeşitli özellikleri direk olarak kullanıldığı veya yerleştirildiği andaki sıcaklık değişimlerine bağlıdır.

Daha yüksek sıcaklıklar şu durumlara yol açabilir.

a) Tabakanın bükülmeye dayanımı azalır. Böyle durumlarda güçlendirilmiş mambranlarla karşılaştırıldığında, güçlendirilmemiş mambranların çekme dayanımlarında önemli düşüşler gözlenir.

b) Kimyasal maddelere karşı dayanıklılık azalır.

c) Sünme hızında artış gözükür.

d) Termo-oksidasyonun oluşacağı proses hızı artar.

Daha düşük sıcaklıklarda Şu durumlara yol açabilir.

a) Tabakanın bükölmeye dayanımı artar. Bu da özellikle inşaatın yapım sürecinde problem yaratabilir.

b) Bitüm, sıcaklık etkilerine karşı polimer malzemelerle karşılaştırıldığında daha kuşkulu malzeme özellikleri sergiler. Karışım, yapım süresince elde edilen koşullara uygun olarak ayarlanabilir.

c) YoŐunlaŐma oluşumu özellikle solventlerle veya yapıŐkanlarla kaynak yapıldığında problemlere yol açabilir.

d) Yüksek lineer genişleme katsayısı özellikle kalın ve sert polietilen mambranlarda gözönüne alınmalıdır. Bu, bükölmeye yol açabilir. Genel bir ifadeyle daha düşük sıcaklıkların jeomambranın üzerindeki etkisi çok büyük değildir.

3.3.6 Kimyasal Bozulma :

Kimyasal yüklerde rol oynayan faktörleri,

a) Etkinin çeŐidi

b) Konsantrasyon

c) Sıcaklık

d) Yükleme süresi

e) Gerilme

f) Malzeme cinsi olarak sayabiliriz.

Bozulma olayında jeomambran yapımında kullanılan termoplastiklerin ve bitümlerin yapısal özellikleri büyük rol oynar. Sıvı ve gazlar ile mambran arasında temas bu ikisi arasında karşılıklı etkileŐime yol açar. Moleküller, mambranın moleküler yapısı içine girip ona etkiyebilir. Bu durumda malzeme ŐiŐip-kabarabilir, çözülebilir veya kimyasallarla bozulabilir.

3.3.6.1 Nüfuziyet (Girişkenlik)

Nüfuziyet mambran üzerindeki konsantrasyon farklılığının sonucu olarak oluşur. Bu olayda üç durum söz konusudur.

a) Gaz veya sıvı molekülleri mambranın yüzeyinin içine girebilir.

b) Bu moleküller malzeme içinde yayılır.

c) Bunlar, sözkonusu konsantrasyonun, prosesin başladığı taraftaki konsantrasyondan daha düşük olduğu diğer yüzeyler de ortaya çıkar. Bu işleme; mambran boyunca farklılığı ne kadar büyükse, jeomambranın kalınlığı ne kadar azsa, girişken malzemelerle mambran malzemesi arasındaki yakınlık (ilgi) ne kadar büyükse, mambran malzemesinin ve/veya işleyen maddenin moleküler aktivitesi ne kadar büyükse daha kuvvetli olur.

Jeomambran yapımında kullanılan maddelerin genel karakteristiklerini kısaca açıklamak gerekirse;

a) PVC polardır ve amorf bir yapı gösterir. Genellikle sert olduğu için bükülebilir mambran yapımında kullanılacaksa % 30-50 arasında plastikleştirici madde ilave edilir.

b) CPE polar ve amorf bir yapı gösterir. Plastikleştirici içermez.

c) PE polar olmayan bir yapı gösterir, yarı kristalli yapıdadır. LDPE ve HDPE karşılaştırıldığında HDPE, LDPE'ye göre daha yüksek kristalizasyon derecesine ve yoğunluğa sahiptir.

d) ECB polar ve amorf bir yapı gösterir. Plastikleştirici içermez.

Girişkenlik amorf yapılı malzemelerde nispeten yüksektir ve kristalizasyon derecesindeki ve/veya karşılıklı-bağlanmadaki artışla azalır.

Özellikle alkol, aseton, eter gibi polar maddelere karşı yüksek moleküler polietilen zincirlerinin kimyasal dayanıklılığı iyidir. PE polar değildir. İlke olarak benzen, toluen gibi polar olmayan maddelere dayanıklılığı az olması gerekir. Ancak HDPE'nin yüksek kristalizasyon derecesi bu maddelerin girişkenliklerini güçleştirir. Diğer bir deyişle onlara karşı dayanıklıdır.

PVC ve CPE uzun lineer zincirleri nedeniyle tuzların ve bazların zararlı kimyasal etkilerine karşı orta derecede dayanıklılık gösterir. Ancak her iki maddenin polar karakterde olması aseton gibi hafif polar maddelere karşı düşük dayanıklılığa neden olur. Amorf yapının anlamının böyle maddelerin girişimine engel olamadığı unutulmamalıdır. Organik sıvıların ana etkisi son üründe biraz sertleşmeye yol açan plastikleştiriciyi özellikle, PVC sıvı ile artık temas etmediği zaman ekstre etmektir (çıkarma). PVC bundan sonra sert ve kırılabilir olabilir. Pekçok organik çözücü PVC üzerinde aynı etkiye sahiptir. Ancak aromatik ve klorlu hidrokarbonlar, alifatik ve aromatik nitro bileşikleri, ketonlar ve alifatik eterler kullanıldığında zaman plastikleştirici ekstraksiyonu PVC yumuşaması ile beraber olur ve toplam etkiyi önceden tahmin etmek güçtür.

3.3.6.2 Gerilme Korozyonu ve Gerilme Gevşemesi :

İç gerilmeler ve kimyasal çevrenin bileşik etkisinden doğan korozyon mambranda bozulmaya yol açabilir. Kimyasal etkinin sonucu olarak membranın yüzeyinde küçük çatlaklar oluşabilir. Bunun nedeninin kimyasal maddelerin malzemenin yüzey alanına penetrasyonudur. Bu nedenle mikromoleküller arasındaki çekim öyle zayıflar ki, bu gerilme (iç veya dış) bundan sonra moleküler yapının kopmasına neden olabilir. Bu tip korozyonu etkileyen faktörler; **a)** plastik tipi **b)** üretim metodu (iç gerilmelerle ilgili olarak) **c)** katkı tipi **d)** sıcaklık **e)** yükün tipi ve süresi olarak sayılabilir. Gerilme sonucu korozyon, sözü edilen tüm malzemelerde olabilir. PE bu olaya en hassas olan polimerdir. Gerilme gevşemesi, uzama aynı kalırken yükteki azalma nedeniyle gerilmedeki düşümedir. Gerilme korozyonu nedeniyle malzeme davranışları geliştirilen testlerle araştırılabilir.

3.4 Kullanım Yerleri :

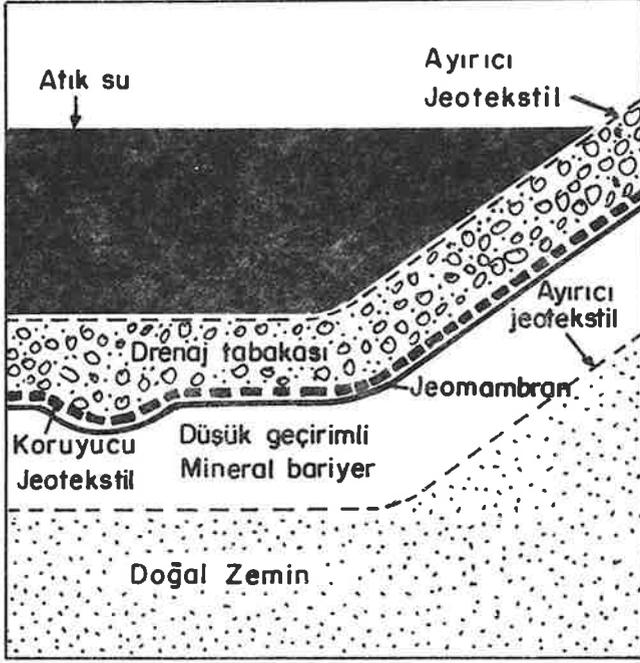
Akışkan sızıntısına karşı yalıtım malzemesi olarak kullanıldığı uygulama alanları arasında taşıma kanalları ve tekne geçitleri, rezarvuarlar ve su depoları (örneğin eğlence amaçlı havuzlar, yangın için su depolamak gibi), yeraltı su seviyesi altındaki hendeklerde, sulama kanallarında, depolama bentleri ve barajları, yeraltı su seviyesi altındaki yol kesimlerinin (viyadük, tünel) sayabiliriz. Bundan başka bu malzemeler kentsel, kimyasal veya katı katkılar, maden ziftleri, uçucu kül, jips, gübre ve kirletilmiş toprak gibi katı ürünlerin geçici veya kalıcı depolanmasında, üst kaplamada, petrol istasyonları gibi alanlarda kirletici maddelere karşı ara tabaka oluşturur. Bir başka deyişle iki ortam arasında oluşturulan bu bariyer bu ortamların birbirine karışmasını engeller.

Bu örneklerde jeomambranın, jeotekstille beraber kullanımını sıklıkla gözükür. Bu durumda jeotekstil koruma, drenaj, takviye gibi fonksiyonları üstlenmektedir.

3.4.1 Zararlı Atık Depolama Havuzu :

Jeomambranın yukarıda sayılan kullanım yerlerine örnek olarak Şekil-3.2'de görülen zararlı atık depolama havuzunu verebiliriz. Bu sistemlerde düşük geçirgenli mineral bariyerlerin üzerinde sentetik kaplama (jeomambran) kullanılabilir. Bundan amaç kirli atık alanınının tabanını yalıtmasıdır. Burada jeomambran, üstüne yerleştirilen mambran koruyucu jeosentetik (örneğin yüksek yoğunluklu örgülü jeotekstil) bu malzemeyi gerek inşa sırasında, gerekse yerleştiği yerde granüler drenaj malzemelerinin yırtılma gibi fiziksel zararlarına karşı korur. Drenaj tabakasının üstüne ve doğal zeminle düşük geçirgenlikli mineral bariyer arasına konan jeotekstil ayırıcı katman fonksiyonunu üstlenir.

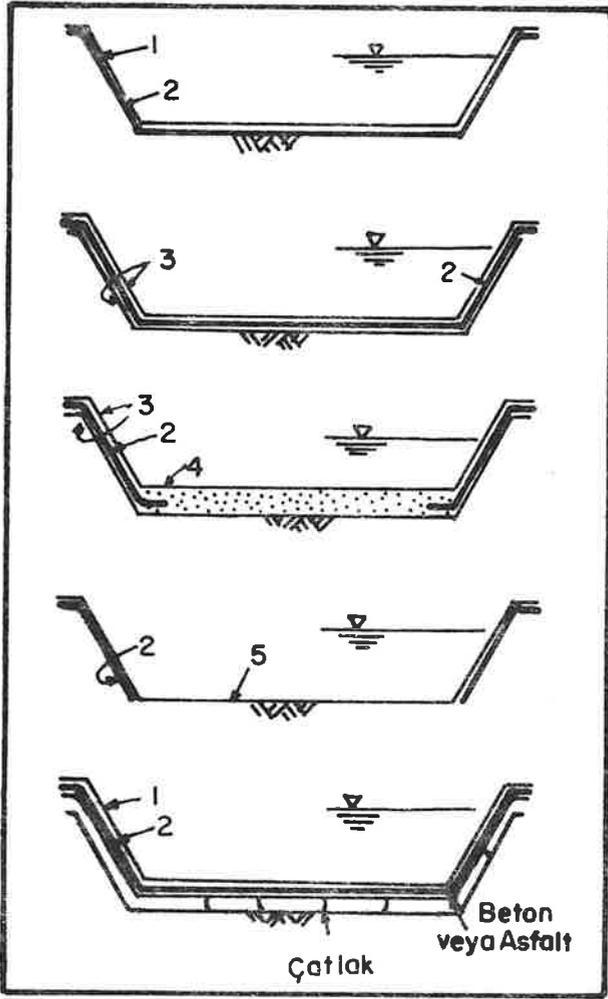
Bu sistemde jeomambranın üstünde kum yerine, jeotekstil kullanılarak hem depolama hacminde artış, hem de süratli bir inşaat yapımı olanaklı kılınır.



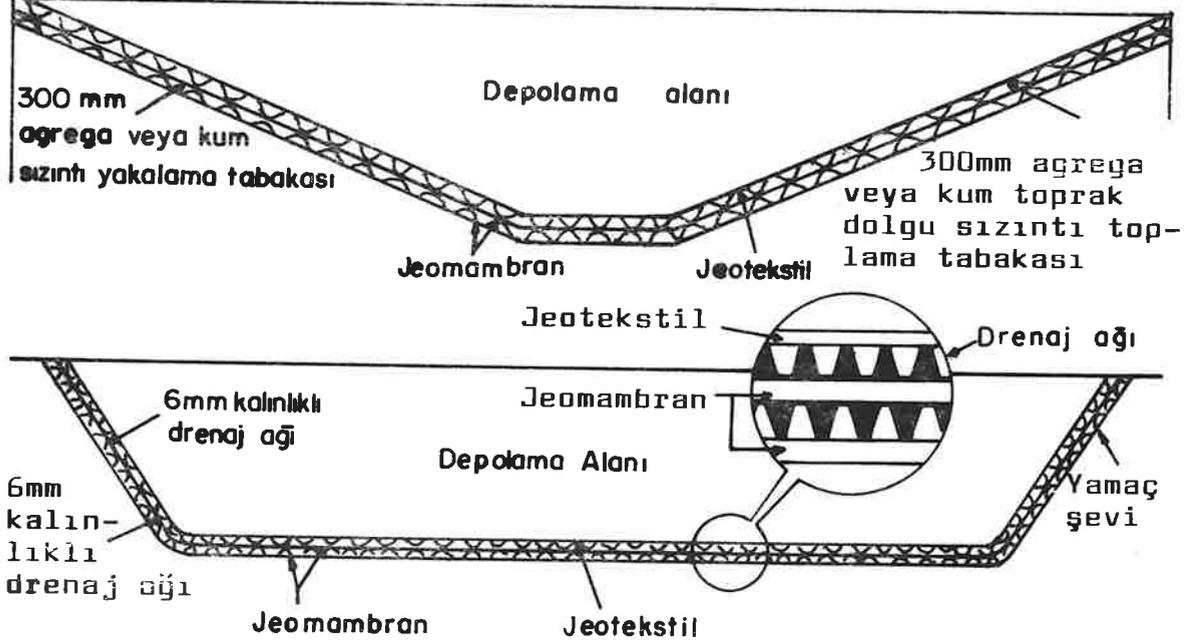
Şekil_3.2

3.4.2 Sıvı Depolama Rezarvuarları :

Şekil-3.3'de çeşitli depolama rezarvuarlarına ait dizayn örnekleri verilmektedir. Bu örneklerde jeomambran ya direk olarak atık su ile temasta olmakta ya da çifte korumalı sistemlerde hem atık su ile hem de zemin ile temas etmektedir. Çifte korumalı sistemlerin arasına konan jeotekstil birinci katmandan olabilecek sızıntıyı drene eder. Tek katlı sistemde jeomambranın altına konan jeotekstil hem jeomambran koruyucu, hemde yeraltından gelen sızıntıyı drene amacıyla kullanılır.



- (a) Depolama alanı dizayn örnekleri
- 1- Jeomambran
 - 2- Jeotekstil
 - 3- Çiftetabaka (Jeomambran)
 - 4- Agregat drenaj tabakası
 - 5- Tekli kaplama



(b)

Şekil - 3.3

Şekil 3.3(b)'de klasik uygulama ve jeosentetikler kullanılarak yapılan depolama ve drenaj uygulaması incelemeye değerdir.

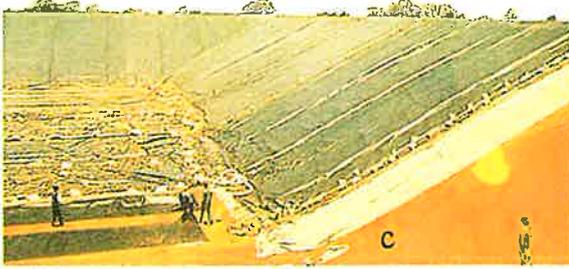
Jeosentetik uygulamalarında kullanılan ağ yapısı jeotekstil ve/veya jeomambranları içeren bileşik sistemin bir parçası olur.

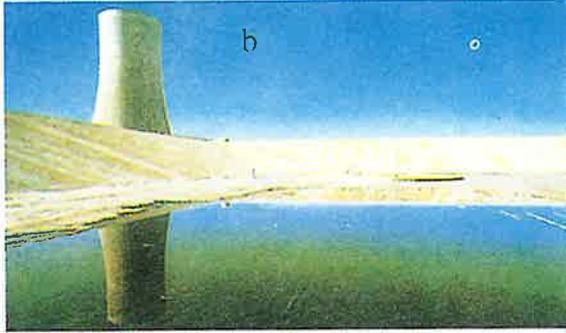
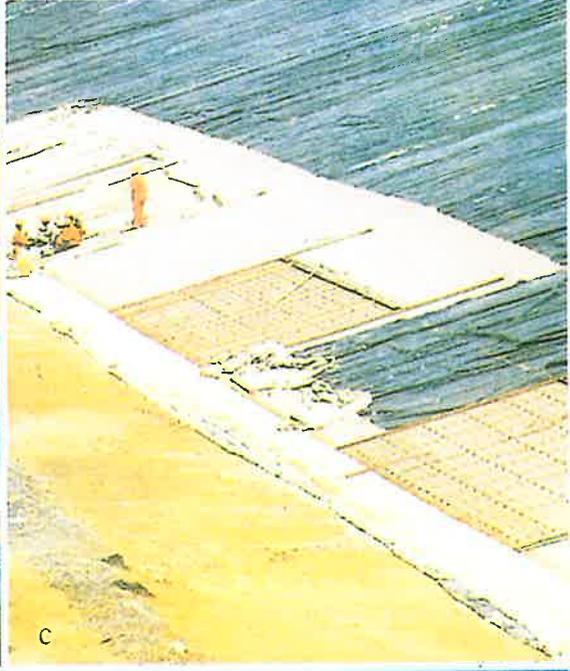
Jeotekstil ve jeomambran arasına yerleştirilmiş jeoağ, toprak dolgudan sızan suyu toplama sisteminin parçası olur. Çakıllı klasik sistemle karşılaştırıldığında, sistemin oluşturulması daha kolay ve güvenilirdir. Bu tip sistemlerin depolama kapasitesinde artışa neden olan daha dik yamaçların inşasına izin vermesi diğer önemli bir avantajdır. Sızıntı yakalama sistemi iki jeomambran arasına jeoağ yerleştirilerek oluşturulur. Ağ yapısı normal kum drenaj tabakalarına göre daha yüksek taşıma kapasitesine sahiptir.

Uygulama örnekleri Foto-11,12-13'de verilmiştir. Foto-11'de su depolama alanının inşasındaki çeşitli evreler verilmektedir. Bu alanın yalıtımı "a" da verilmektedir. Siyah tabaka jeomambran olup, jeotekstilin üzerine serilmekte ve yapıya tutturulmaktadır "b". "c" ve "d" de ise koruyucu ve drenaj tabakası fonksiyonunu üstlenen jeotekstilin serilmesi resmedilmiştir.

Foto-12 "a" ve "b" de tamamlanmış depolama alanından görüntüler; "c" ve "d" de ise jeotekstil (açık renkli) ve jeomambranın (koyu renkli) yerleştirilmesi görülmektedir.

Foto-13 "a", "b" ve "c" de jeomambran koruyucu olarak jeotekstil kullanımı ve inşaatın değişik evreleri görülmektedir.





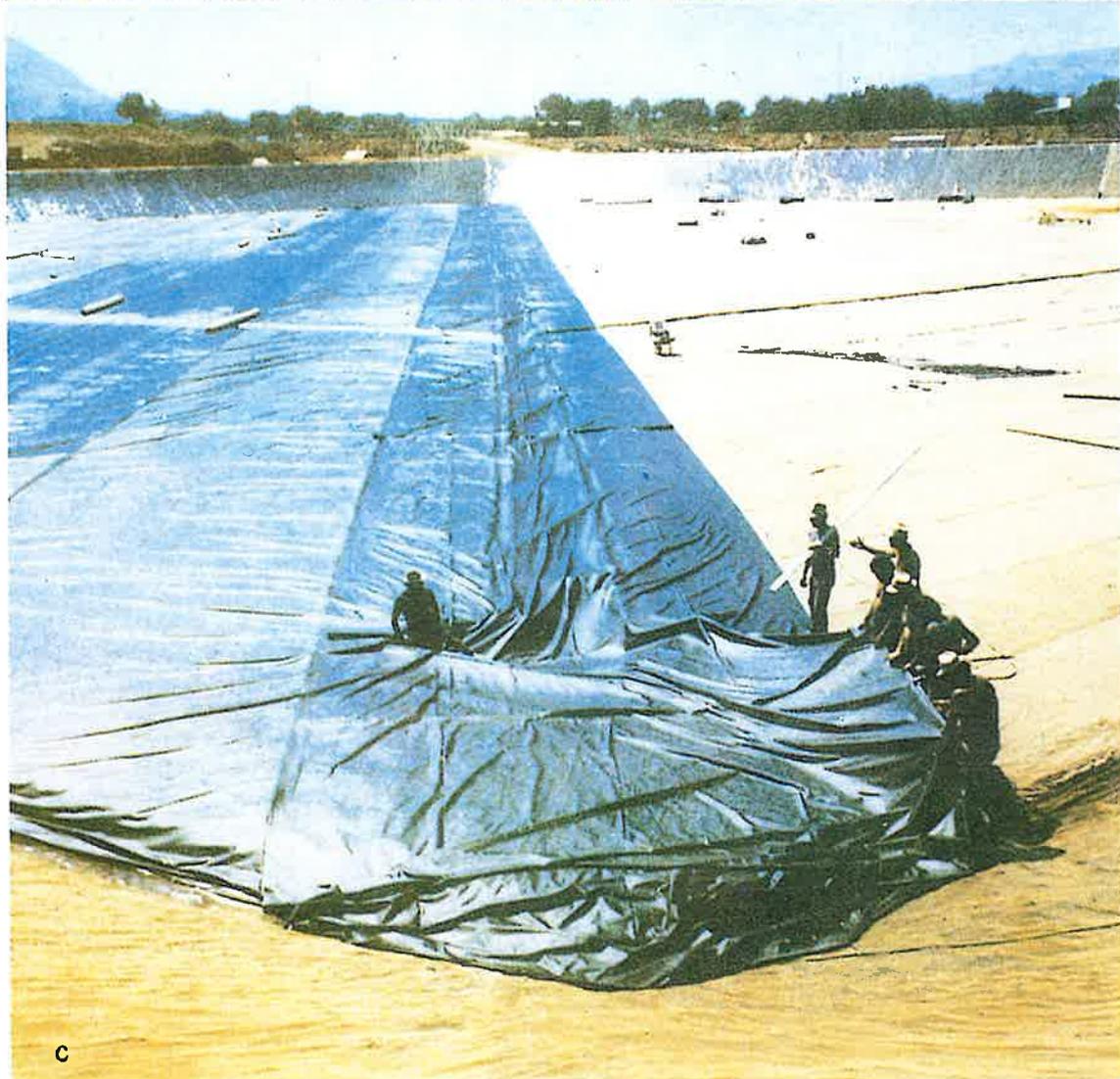
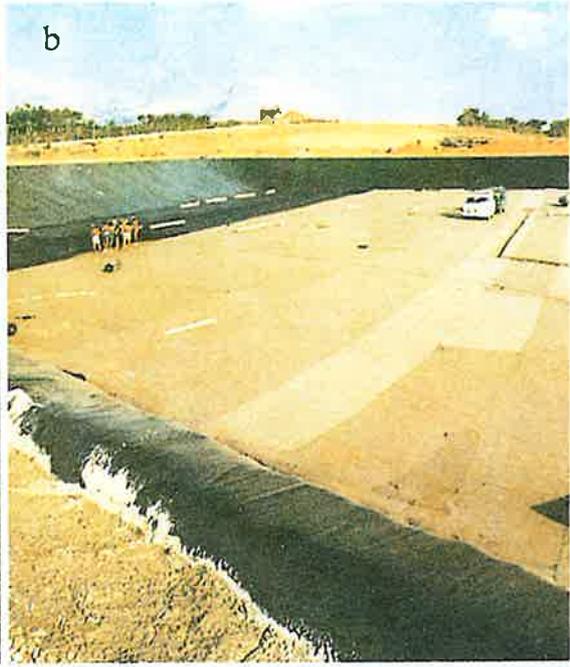
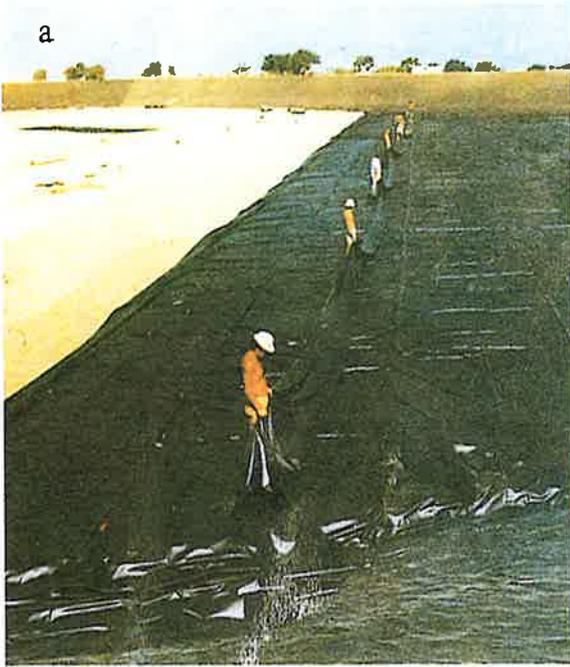
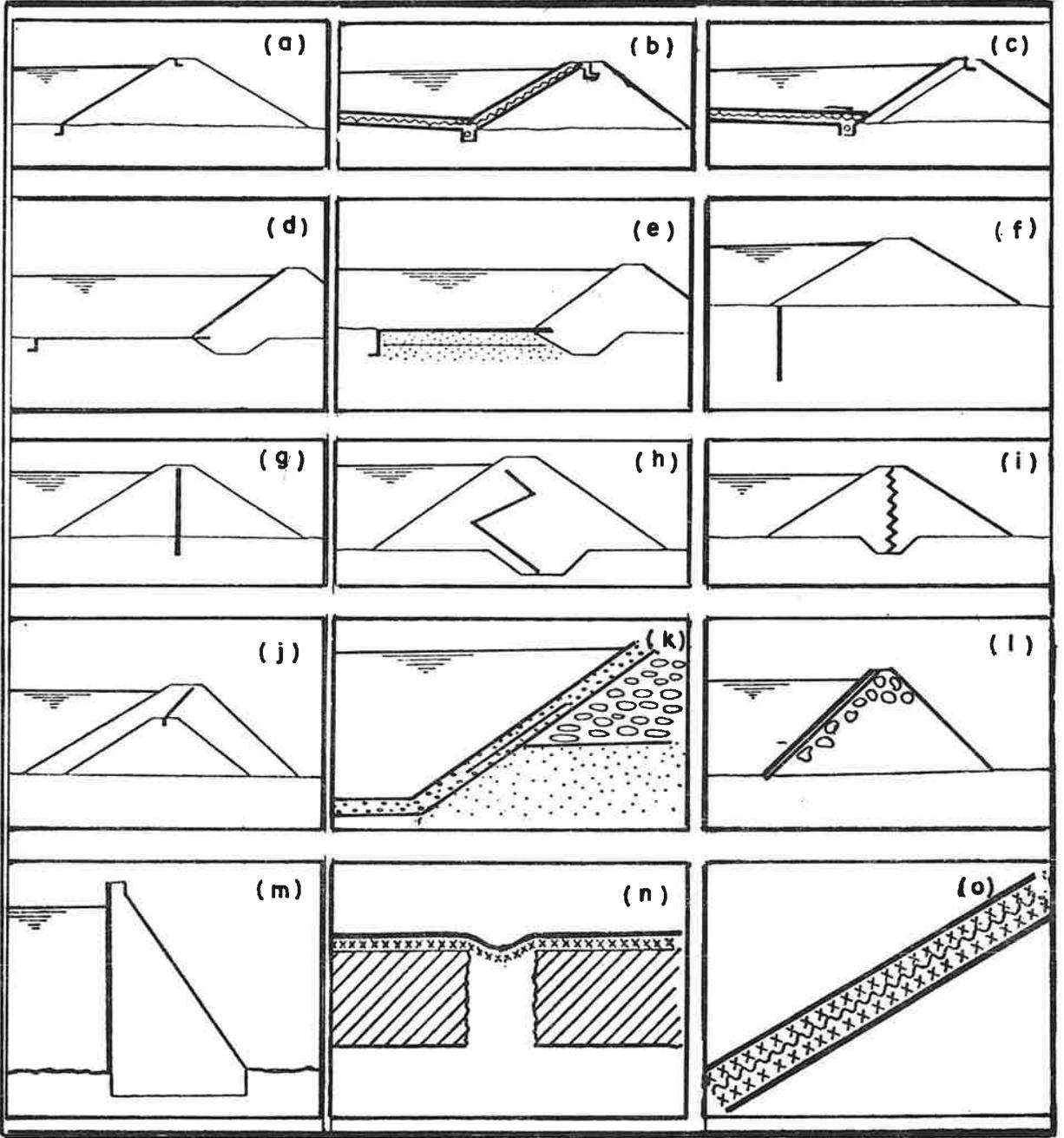


Foto - 13

3.4.3 Barajlar :

Barajların gerekli fonksiyonu su tutmak olduğu için barajlarda jeomambran kullanımı uygun olabilir. Jeomambranların barajlardaki olası kullanım yerleri Şekil-3.4'de gösterilmiştir. Şekil-3.4(a) durumundaki gibi jeomambran kullanımı halihazırda pekçok barajda uygulanmaktadır. Kaçakları enaza indirmek gerekli olduğu zaman çifte kaplama kullanılabilir Şekil-3.4(b). Bu durumda, rezarvuarda ayrıca kaplanacak veya en azından barajın komşu çevresi içinde geniş bir alan kaplanacaktır. Geçirimsiz zemin üstündeki rezarvuardan su kaçağını enaza indirmek için rezarvuara çifte kaplama ve barajın memba yüzeyine tek jeomambran uygulanarak düşük geçirgenlikli zeminin üzerine direk olarak yerleştirilebilir.Şekil-3.4.(c)'de bu durum görülmektedir. Birbiriyle temasta olan jeomambran ve düşük geçirgenlikli zemin tabakaları kompozit kaplamayı oluşturur. Eğer jeomambran üzerinde herhangi bir delik varsa, kompozit kaplamadan olası su kaçağı oranı geçirimsiz zemin üzerine yerleştirilmiş jeomambran içinden kaçan su oranından çok daha azdır. Kompozit kaplamalar atık boşaltma dolgularında sıklıkla kullanılır. Jeomambran memba örtüsü (blanketi) baraj altından oluşacak kaçakları enaza indirmek için kullanılabilir Şekil-3.4(d). Eğer blanket zayıf veya muhtemel çökme alanları (örneğin karstik formasyon) içeren zeminler üzerinde oluşturulmuşsa jeosentetik (jeogrid veya yüksek dayanımlı ve modüllü jeotekstil) ile güçlendirilmiş zemin tabakası jeomambranın altında kullanılabilir Şekil-3.4(e) . Jeosentetik dikey çekirdek hendeği (cut off) yapım (Şekil-3.4 f) ya, sondaj çamuru kullanılarak çukurlar açmayı ve ardından özel tekniklerle bağlanmış jeomambran panellerin gömülmesini, ya da rijit sentetik plaka örtülerinin genellikle koruyucu çelik mandrel kullanılarak zeminin içine dâşenmesini gerektirir. Barajlarda geçirimsiz perde ya dikey Şekil-3.4(g) olabilir ve dolgunun tamamlanmasından sonra yu-



Şekil_ 3.4 Barajlarda jeomambran uygulamaları

karıda sözü edilen cut-off yapım tekniklerinden biri kullanılarak yapılabilir, ya da dolgu yapımı ilerlerken yapılır. Sonraki durumda Şekil-3.4(h) durumu gözönüne alınmalıdır. Burada dolgu birkaç aşamada yapılır. Her aşamanın sonunda jeomambran yerleştirilir ve ardından bir önce yerleştirilene kaynaklanır. Zig-zag yüzey (Şekil-3.4.i) sayısız yapım problemlerine neden olabilir.

Jeomambranlar toprak barajları yükseltmek için geleneksel yapım teknikleriyle beraber kullanılabilir. Şekil-3.4 (j) veya, örneğin farklı sıkıştırılabilir yeteneğine sahip farklı iki zon arasındaki sınır üzerinde olduğu gibi çatlamanın olabileceği alanlarda bitümlü betonu tamamlayıcı olarak kullanılabilir Şekil-3.4(k). Her iki durumda da jeomambranın yüzey kaymasını ilerletip ilerletmediğinden emin olunmalıdır. Şekil-3.4(j) durumunda denge analizleri yapılmalıdır. Şekil-3.4(k) durumunda ise kayma testleri yapılmalıdır. Burada en iyi çözüm bitümlü mambran kullanımı gibi gözükmektedir.

Jeomambranların diğer önemli bir işlevi de barajların tamirinde kullanılabilmesidir. Örneğin jeomambranlar dolgu barajların mansap tarafı yamacında kullanılabilir Şekil-3.4(a) ve Şekil-(2.45 f). Yine jeomambranlar artan bir şekilde metal kaplama, beton veya bitümlü betonla kaplanmış, Şekil-3.4(1) veya beton barajlarda Şekil-3.4(m) tamir için kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda jeomambran ya baraj yüzeyine yapıştırılmakta, ya da metalik tutturucular kullanılarak mekanik olarak tutturulmaktadır. Jeonet, kalın iğne delikli jeotekstil gibi iletken jeosentetikler bazen barajın orijinal yüzü ile jeomambran arasında kullanılabilir Şekil-2.45(h).

Baraj tamirlerinde kullanılan teknikler ayrıca yeni barajların inşaatı içinde kullanılır. Örneğin silindirle sıkıştırılmış beton barajların (roller compacted concrete dams) yüzlerinde aynı uygulama yapılmaktadır. Şekil-3.4(m)

Barajlardaki bütün jeomambran uygulamalarında jeosentetik tabakalar arası kullanılabilir. Bunun tipik bir durumu jeotekstil perdenin kaya ve beton levhalar gibi komşu malzemelerce jeomambranı aşınma ve delinmeye karşı korumasıdır. Su basıncı uygulandığında jeomambranı çatlakların veya betonların altındaki derzlerin içine girmesini engellemek (Şekil-3.4 n) bir diğer jeomambranı koruma işlemidir.

Ve bu işlem sıklıkla jeotekstil kullanılarak yapılır. Çifte tabaka jeomambran veya jeonetler arasına yerleştirilmiş jeotekstil, jeomambran ve jeonet arasındaki kayma riskini en aza indirir. Bu durum çifte tabakalı durumlarda yararlı olabilir Şekil-3.4(o).

3.4.4. Tüneller :

Jeomambranın bir diğer kullanım alanı tünellerdir. Bu uygulamalarda geçirimsiz tabaka işlevini üstlenen jeomambranlar koruyucu jeotekstillere kullanılabilir. Uygulama alanları arasında demir ve karayolu tünelleri, içme ve pis su tünelleri, basınçlı tüneller ve mağaraları sayabiliriz.

Yeni "Avusturya Tünel İnşaa Metodu"yla (NATM) ilgili olarak koruyucu jeotekstil ve sentetik jeomambran (plastik kaplamalı) yeni su yalıtım sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem hem ileri tünel yapma tekniklerine hemde kaplamaya zarar vermeksizin çabuk bir montaj işlemine uygundur. Tam bir geçirimsizlik için tek bir tabaka içine gevşekçe yerleştirilmiş sentetik tabakanın zarardan korunmasının son derece önemli olduğu tünel-su geçirimsizlik sistemlerinde yüksek tekniklere gereksinme duyulur.

Tünelin yapım evresinde ve tünel projesinin bitiminden sonraki durumunda olduğu gibi oluşan çeşitli gerilmeler için jeotekstillerin kullanımı bir gereksinme olabilir. Bu gerilmeler mekanik, kimyasal ve hidrolik yapıdadır ve onlar arasında karşılıklı fonksiyonel ilişkiye neden olur. Bu nedenle eğer jeotekstilin asidik ve bazik ortamlara karşı kimyasal dayanıklılığı varsa verilen herhangi bir zaman aralığında jeotekstil mekanik koruma fonksiyonunu güvenle yerine getirebilir. Yani kayalardaki doğal sular ve hidrolik çimento harcının agresif kimyasal bileşikler içermesi durumunda bile jeotekstil zarar görmeyecektir.

Uzun süreli performansı garanti etmek, etkili tünel yalıtımı ve su geçirmez hale getirmek ve tamirat dolayısıyla ortaya çıkabilecek zaman kayıplarını önlemek için tünel-su geçirimsizlik sisteminin, geçirimsiz tabaka (jeomambran), tutucu ve montaj (yerleştirme) sistemi gibi jeotekstil dışında kalan komponentleri içinde teknik gereksinmeler tam bir şekilde karşılanmalıdır.

Uygulamada, jeomambran destekleyici yani jeotekstil geçirimsiz tabaka veya jeomambran ve destek sistemleri için gereksinmeler bu tip uygulamalarda bilinmesi gereken bir konudur. Sentetik geçirimsiz tabakanın yerleştirilmesi koşul olarak yeteri miktarda boyutsal stabiliteye ve kesin yapısal sürekliliğe sahip destek tabakalarını gerektirir. Jeomambranın destek sisteminde çivileri kuvvetlendirmek için en azından 4 cm kalınlığında şatkritle (shotcrete) ihtiyaç vardır. Bu durumda maksimum tane boyutu 16 mm'yi aşmamalı ve kırılmış malzemeler agrega olarak kullanılmamalıdır. Çıkıntılı köşeler ve pürüzlü kesitlerin kenarları şatkrit uygulama prosesinde düzeltilmelidir. Ayrıca bütün demir parçalar şatkrit ile kaplanmalıdır. Böylece gevşekçe yerleştirilmiş sentetik geçirimsiz jeomambran tabaka düz bir şekilde ve üzerinde herhangi bir

gerilme olmaksızın tünelin iç kavisi boyunca uzanacak ve iç beton kabuğun yapımı süresince zarar görmeyecektir.

Bölüm-3.1 de anlatılan termoplastiklerden yapılmış sentetik geçirimsiz jeomambran kaya tünel yapılarında sızıntı kontrolü sağlar ve su basıncına karşı tecrit sağlar. Bu işlevi yerine getirirken bu malzemedeki istenilenler **a)** Yapıyı sarmalı ve düz bir şekilde uzanmalı **b)** Bütün kritik yerlerde korunmalı **c)** Tünel yüzeyindeki düzensizliklere kendini kolayca uydurmalı **d)** Sınırlı miktardaki yüzeysel kuvvetleri absorblamalı **e)** Yerleştirme ve titreşim durumunda olduğu gibi sıcaklık değişimi, krip, genişleme/büzülme gibi nedenlerle yapının gelecekte karşılaşılabilecek deformasyonlar altında su geçirmezlik fonksiyonunu korumalı **f)** Yapıdaki çatlaklarda köprülenme yapabilmeli **g)** Beton veya harç çözeltilerinden veya diğer inşaat malzemelerinden kaynaklanabilecek bütün agresif ve doğal sulara karşı dayanıklı olmalı **h)** Yaşlanma ve çürümeye karşı dayanıklı olmalı **ı)** İnşaat evresinde yapısal stabiliteye sahip olmalı **i)** Emniyetle yerleştirilme ve mekanik kaynak prosesi yeterliliğine sahip olmalıdır.

Tünel yapımında, montaj sisteminde önce jeotekstil plastik plaka şeklindeki rondelalarla tünel duvarlarına ve kemer çatısına bağlanabilir. Rondelaların şatkrite bağlanmasında çivi tabancaları kullanılabilir. Bundan sonraki iş, jeomambranın jeotekstilin üzerine tutturulmasıdır. Bunun için jeomambran plastik rondelalara kaynak edilebilir. Bu rondelalar o şekilde tasarımılandırılmıştır ki jeomambran kaplama ve bu plastik rondelalar arasında hem tam ve emin bir kaynağı olanaklı kılarken, olası başarısızlık durumunda çökme noktası rondelanın içinde kalır. Yani iç tabakanın betonlanması sırasında deformasyonlar jeomambranı kaynak edildiği plakalardan ayırırsa bu ayrılma rondela içinde olur. Ancak jeomambran zarar görmeden kalır. Bu veya benzer şekilde oluşturulan bu sistemlerde jeomambran geçirimsiz tabaka işlevini görürken jeotekstil hem jeomambranı korur

hemde drenaj fonksiyonunu üstlenir.

Jeotekstil seçiminde jeotekstillerin kimyasal dayanıklılıkları iyi incelenmelidir. Örneğin polyester fiberlerin Ca(OH)_2 ortamında zayıf bir dayanıklılık göstermesi gibi nedenlerle bu incelemeler son derece önemlidir. Jeotekstilin mekanik bazda karşılaçağı gerilmeler inşa sırasında veya tünelin bitmiş durumunda olabilir. Örneğin jeotekstil montaj sırasında tutturulma işleminde veya iç yüzeyin betonlanması sırasında beton basınçlarına maruz kalabilir. Bu gerilmeler inşaat sonrasında yük değişimlerinin, sıcaklık değişimlerinin, derz ve çatlaklarda su basıncının sonucu olarak tünel kaplamasındaki deformasyonlar nedeniyle olur.

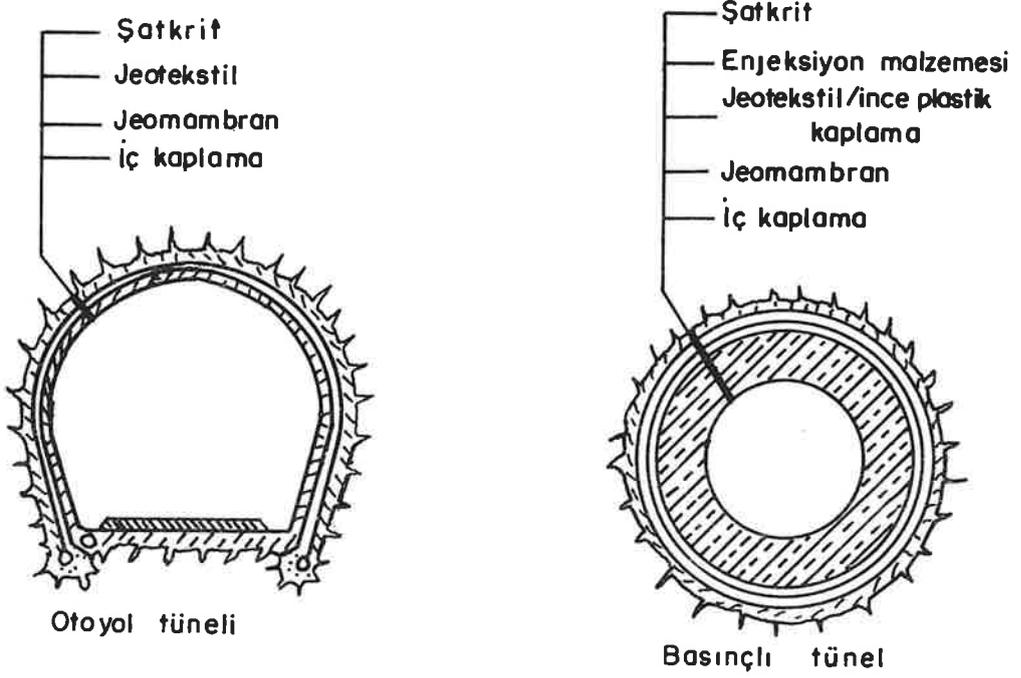
Tünel uygulamalarında jeotekstilin diğer önemli bir fonksiyonu drenajdır. Bu durumda jeotekstilin su geçirimsizlik özellikleri büyük önem kazanır. Ve gözönüne alınması gerekli bir kriterdir. Püskürtme beton kaplama yapımı süresince lokal sızıntı suları PVC drenaj borularında toplanabilir ve dipteki drene iletilir. Sızıntı ve kaçaklardan oluşan kalıntı miktardaki su yüzey dreni gibi davranan jeotekstilin düzleminde güvenli bir şekilde drene edilebilir. Bu su uzunluğuna kollektör kanatlarıyla tünel portalına taşınır.

Jeotekstil bu uygulamada tünelin içyüzüne tüm yüzeyiyle sıkışır. Bu durumda teorik olarak drenaj yalnızca jeotekstil düzlemi boyunca olmalıdır. Ancak pürüzlü yüzey yapısı ve büzülme derzi nedeniyle şatkrit yüzey ve jeotekstil arasında ilave boşlukların varlığı drenaj kapasitesini arttırır.

Şekil-3.5 a ve b'de otoyol ve basınçlı tünellerde jeomambran ve jeosentetik uygulamaları görülmektedir. Jeomambran her iki uygulamada da jeotekstil tarafından korunmaktadır.

Şekil-3.6 a'da otoyol tünellerinde dip drenajı, b'de montaj sistemi; c'de basınçlı tünel sistemi detayları verilmektedir.

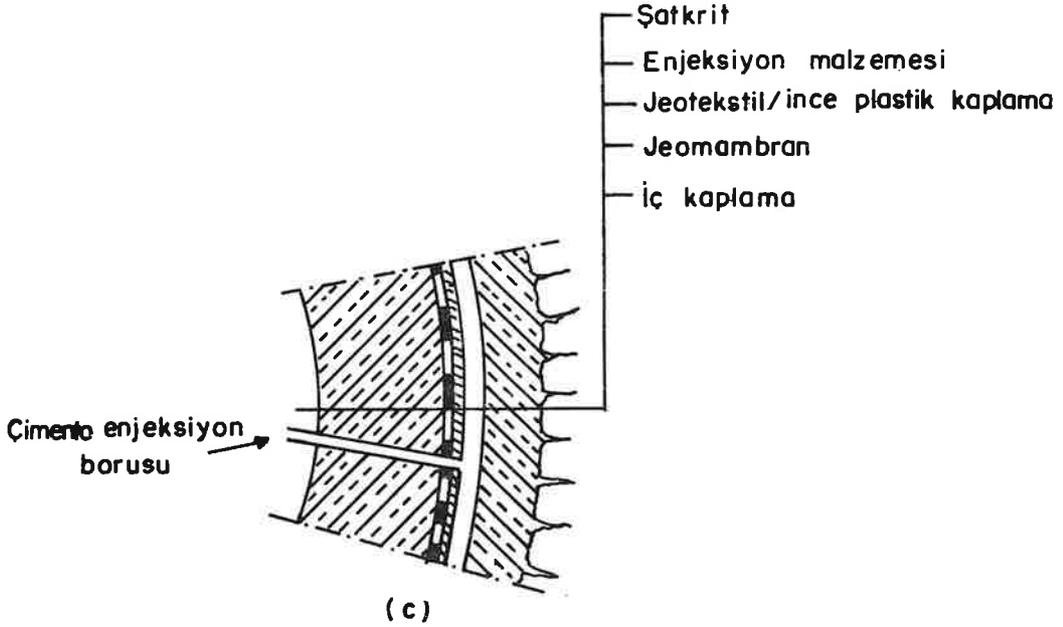
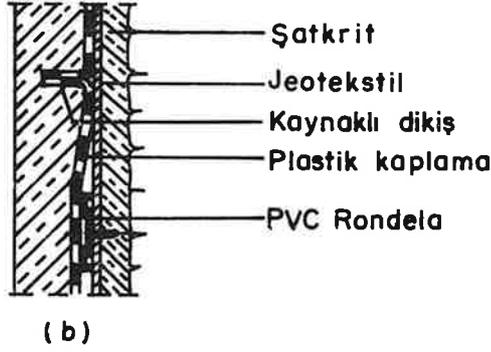
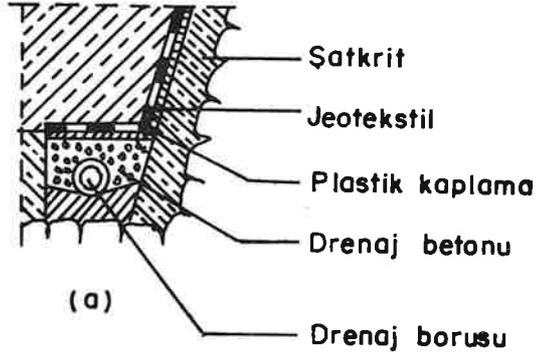
Foto-14 ve 15'de jeomambranların tünel yapımında kullanımı verilmektedir.



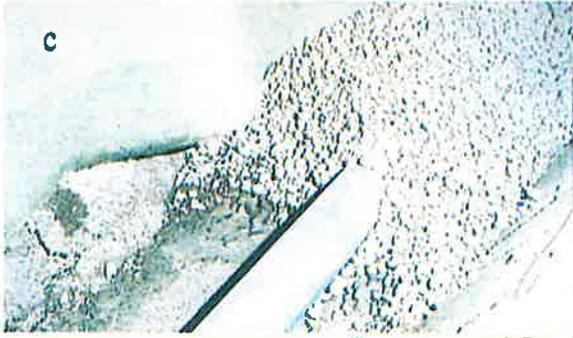
Şekil_ 3.5

Foto-14 "a" da jeotekstilin plastik tutucularla tutturulması, "b" de jeomambranın kaynaklanması, "c" de drenaj uygulaması, "d" de ise tünel yapımından genel bir görünüş verilmektedir.

Foto-15 "b" basınçlı tünel, "d" yol tüneli uygulamaları, "a" ve "c" de ise genel görünüşler resmedilmiştir.



Şekil_ 3.6





4. DENEYLER

4.1 GENEL

Jeosentetikler imalât aşamasında ve sonrasında pekçok testlere tâbi tutulur. Bu testlerin bir kısmı jeosentetiğin öngörülen kaliteye sahip olup olmadığını anlamak için yapılan kalite kontrol testleridir. Diğer bazı testler ise malzemenin dizaynında belirlenen görevleri üstlenip üstlenemeyeceğini anlamak için yapılır. İkinci tip testler, hammadde veya üretim biçiminde değişiklik olmaz ise bir kez yapılır. Belirli bir yapıya sahip jeosentetiğin kimyasal maddelere karşı dayanıklılığın belirlenmesini buna örnek olarak verebiliriz.

İlke olarak iyi bir dizayn için kullanılan malzemelerin çeşitli karakteristiklerinin iyi bilinmesi gereklidir. Bu gereklilik jeosentetikler içinde geçerlidir. En büyük sorun testlerde elde edilecek sonuçların jeosentetiklerin gerçekte karşı karşıya kalacağı koşullardaki durumlara ne ölçüde uyduğudur. Jeosentetiklerin temasta buldukları çevre ile olan ilişkileri bir hayli karışık olduğundan bu ilişkileri olabildiğince iyi temsil eden deneyler yapılmalıdır.

Diğer malzemelerin aksine jeosentetiklerde test yöntemleriyle ilgili olarak genel bir uzlaşım en azından şimdilik yoktur. Bu nedenle bu malzemelerin deneyleri ile ilgili olarak diğer malzemelerde görülmeyen biçimde çok sayıda deney standartları ve normları mevcuttur. Ancak bu konu ile ilgili olarak hiçbir Türk standardın mevcut olmayışı çok büyük eksiklik olarak görülmektedir.

Farklı standart veya normlarda öngörülen çeşitli deneylere ait sonuçlar genel ilke olarak birbiriyle karşılaştırılmaz. Bu nedenle her jeotekstil üreticisi ürün kataloglarında malzemelerinin özelliklerini verirken bu sonuçların hangi deney yöntemiyle bulunduğunu mutlaka belirtmelidir. Deneylerdeki bu çeşitlilik laboratuvarlar içinde büyük sorunlara neden olmaktadır. Laboratuvarı her türlü deneyleri yapacak şekilde donatmak oldukça güç bir iştir.

Laboratuvarlara test amacıyla numuneler yollandığında o numuneye ait yapılan deneyleri ve kullanılan deney yöntemlerini içeren ürün katalogları da mutlaka yollanmalı ve deneylerde bu yöntemlere göre yapılmalıdır.

Değişik ürünler test edilirken herhangi bir metod seçip buna göre deney yapmak ve çıkan sonuçları birbiriyle kıyaslayarak bir sonuca varmak düşüncesi yanıltıcı olabilir. Bunun nedeni ürünlerin çok farklı yapıda olmasıdır. Örneğin örgüsüz bir ürünle örgülü bir ürünü dar şeritli çekme dayanımı testleriyle kıyas edilemez.

Genelde örgüsüz malzemeler zayıf yapıda olmaları nedeniyle bu yöntemle değil çoğu kez geniş bantlı çekme dayanım deneylerine tâbi tutulur. Yine aynı bir örgülü ürün yukarıda sözü edilen çekme deneylerine tâbi tutulsa, geniş bantlı çekme dayanım deneyinde dar şeritli çekme dayanım testine göre daha yüksek uzama değerleri elde edilir.

Kullanım amacında çoğu kez önemli olabilir. Örneğin örgülü bir ürün iyi bir taşıma kapasitesi olan taşlı kaba bir zeminde ayırıcı katman olarak kullanılacaksa malzemenin her yöndeki deformasyon (örneğin diyagonal yönde) yeteneği ve yük alabilme potansiyelinin bilinmesi önemlidir. Bu durumda dar şeritli çekme dayanım testi yerine geniş bantlı çekme dayanım testi tercih edilmeli ve malzemenin enine ve boyuna istikametlerinin dışında diyagonal yönde de numune alınarak deneye tâbi tutulmalıdır. Daha önceki

bölmelerde anlatıldığı gibi örgüsüz ürünler bazı özel durumlar dışında izotropik malzemeler olduğundan yani özellikleri yöne bağlı olarak pek değişmediğinden örgülü ürünlerden farklı davranış gösterir.

4.2 Jeotekstil :

Jeotekstil yapması gereken fonksiyonlara göre özelliklere sahip olmalıdır. Jeotekstilin güçlendirme, filtre, drenaj, ayırıcı tabaka gibi pekçok fonksiyona sahip olması nedeniyle birincil fonksiyon için öngörülen özellikler önemlidir. Örneğin takviye amacıyla kullanıldığında elastik modüller, çekme dayanımı gibi mekaniksel özellikler ön plana çıkarken filtre olarak kullanıldığında su geçirgenliği, zemin geçirimsizliği gibi hidrolik özellikler ön plana çıkar. Tablo-2.5'de uygulama alanlarına göre fonksiyonların ve özelliklerin önemi, Bölüm-4.2.1'de fonksiyonlar açısından gözönüne alınması gerekli karakteristikler verilmektedir. Bunlar yardımıyla hangi uygulamalarda hangi tip özelliklerin ön plana çıktığı kolayca bulunabilir. Ancak jeotekstilin birincil fonksiyonlarının yanında ikincil fonksiyonlarının gerektirdiği özellikleri de taşıması zorunludur. Örneğin çalışma tipine bağlı olarak jeotekstilden ultraviyole ışınlarına dayanıklılık aranabileceği gibi inşaat makinalarının jeotekstil üzerinde kullanılma durumu varsa mekanik eskime ve yırtılmaya karşı dayanımda aranabilir. Yapının, dizaynı süresince jeotekstilin üstleneceği fonksiyonlara karşı uygunluğu kontrol edilmelidir. Prensip olarak biri yeterlilik diğeri kalite kontrol testi olmak üzere iki ayrı uygulamadan sağ edilebilir.

Jeotekstilin hammaddesinde veya üretim prosesinde değişiklik olmadığı sürece yeterlilik testleri bir kez yapılmalıdır. Bu testler nispeten karışıktır ve test süreleri uzun bir periyodu gerektirir. Özellikle çalışma koşullarında malzemenin öngörülen özelliklerle ilgisi araştırıldığında testin nitelikli bir seviyede olması şarttır. Jeotekstilin sürekli kaliteye sahip olduğundan emin olmak için jeotekstil düzenli olarak kalite kontrol testlerine tâbi tutulmalıdır. Bazen yeterlilik testleri kalite kontrol amacıyla kullanılırsa çok pahalı ve epeyce zaman gerektirir. Halbuki kalite kontrol testlerini üretim süresince çabucak, etkili ve düzenli olarak yapmak mümkündür.

Bu testleri yapmak kısa zaman alır. Yapılması basittir ve yeterlilik testleriyle açık bir ilişkiye sahiptir. Bu testlerle ilgili bir diğer konu bunların jeotekstilin elementlerinin veya jeotekstilin kendisini tanımlıyabilmesidir.

Özetle, yeterlilik testleri dizayn amaçları için kalite kontrol testleri ürünün düzenli kalitede üretilip üretilmediğini anlamak için yapılır.

4.2.1 Fonksiyonlar Açısından Gözönüne Alınması Gerekli Karakteristikler :

4.2.1.1 Drenaj İçin Gözönüne Alınması Gerekli Karakteristikler :

a) Fonksiyonel Açından

- Jeotekstilin geçirgenliği
- Kalınlık, sıkıştırılabilirlik yeteneği
- Filtrasyon çapı

Geçirgenlik (permeability) iki anlamda düşünölmelidir. Bunlar, düzleme dik geçirgenlik (permittivity) ve düzlem boyunca geçirgenlik (transmissivity)'dir. Zemin kütleli

içinde boşluk suyu basıncını çabucak dağıtmak için düzlemsel geçirgenlik, jeotekstilin içine suyun girişimine karşı düşük direnimde düzleme dik geçirgenlikle ilgilidir. Sıkışmaya karşı direnim ve iyi filtre özellikleri için filtrasyon çapıda önemlidir.

b) İşletme Açısından

- Çekme dayanımı
- Yırtılma
- Sınırlı deformasyon yeteneği

Bu özellikler yerleştirme süresince jeotekstilin karşılaştığı gerilmelere dayanabilmesi ve çevre ortamla uyum sağlayabilmesi için gereklidir.

4.2.1.2 Filtrasyon İçin Gözönüne Alınması Gerekli Karakteristikler :

a) Fonksiyonel Açısından

- Jeotekstilin yüzeye dik geçirgenliği
- Kalınlık
- Filtrasyon çapı
- Bükülebilirlik

Yüksek yüzeye dik geçirgenlik küçük basınç yükü kaybına neden olduğundan istenir. Bu sayede jeotekstil içinden geniş akış kapasitesi oluşur. Bunlar, jeotekstilin geçirgenliği ve kalınlığı ile ilgilidir. İyi seçilmiş filtrasyon çapı yüksek basınç yükü kaybı yaratmaksızın iyi bir parçacık tutma işi sağlar.

Bükülebilir esnek jeotekstil zeminle jeotekstil arasında iyi bir ara yüzey oluşturur. Zemin parçacıklarının yıkanıp uzaklaştırılmasını engeller. Hareketli parçacıkların göçünü kontrol eder ve stabil hale getirir.

b) İşletme Açısından

- Yırtılma, delinme gibi mekaniksel dayanıklılık

Jeotekstilin sürekliliğinde herhangi bir değişiklik zemin kütlelerinde iç erozyon ile kararsız alanların oluşmasına neden olur.

4.2.1.3 Ayırma İşleminde Gözönüne Alınması Gereken

Karakteristikler :

Ayırma işlemi, kirlilik önleme tabakası olarak düşünüldüğünde (geometrik ayırma).

a) Fonksiyonel Açısından

- Geçirgenlik
- Filtrasyon çapı

Boşluk suyu basıncını arttırmaksızın su yapıdan serbestçe alınmalıdır. Bu nedenle geçirgenlik, daha spesifik yaklaşımla jeotekstil düzlemine dik geçirgenlik önemlidir. Hem suyun serbestçe akışı, hemde zemin parçacıklarının iyice tutulması istendiğinden filtrasyon çapı önemlidir.

b) İşletme Açısından

- Mekaniksel dayanım

Statik ve dinamik yükler altında yırtılma, bölgesel deformasyonlara karşı delinme, çekme gibi mekaniksel özellikler önemlidir.

- Ayırma işlemi, mekanik ayırma olarak düşünüldüğünde;

a) Fonksiyonel Açısından

- Çekme dayanımı, modüller
- Delinme
- Sürtünme, ankraj

Rijit yapıların çatlak bölgeleri gibi yoğunlaşmış kuvvetlerin olduğu yerde dayanıklılık kapasitesi aranır. Bu malzemenin çekme dayanımı ve modülleri ile ilgilidir.

Delinme olayı; patlama, noktasal delinme ve bölgesel delinme olarak düşünölmelidir. Kötü derecelenmiş veya kötü sıkıştırılmış yüzey örneklerinde olduğu gibi lokalize olmuş, kuvvetlere karşı (kaya, taş, buldozer vb.) dayanma kapasitesi bu özelliklerle ilgilidir. Geniş alanda lokalize olmuş gerilmeleri yayma ya da dağıtma kapasitesi jeotekstilin sürtünme özeliğiyle ilgilidir.

b) İşletme Açısından

- Yırtılma
- Delinme

Yukarıda söylenenlere benzer nedenlerle jeotekstillerde yırtılma ve delinmeye dayanıklılık aranır.

4.2.1.4 Güçlendirme (Takviye) İçin Gözönüne Alınması

Gerekli Karakteristikler :

a) Fonksiyonel Açından

- Çekme dayanımı, modüller, deformasyon yeteneği
- Bükülebilirlik
- Sürtünme
- Sünme, bozulma

Güçlendirme cinsine bağlı olarak çekme gerilmelerinin bir kısmının jeotekstil tarafından üstlenmesi istenir. Bu nedenle, jeotekstil gerekli çekme dayanımı, modüllere ve deformasyon yeteneğine (maksimum yükte yeterli uzama-ya) sahip olmalıdır. Jeotekstilin çekme gerilmelerini üstlenebilmesi için zemin içine ankrajlanmalıdır (bağlanmalıdır). Aksi takdirde kayarak, yapıda bozulmalara neden olabilir. Bunu engellemek malzemenin iyi bir bükülebilme ve sürtünme yeteneği ile olasıdır. Eğer jeotekstil sürekli ya da tekrarlanan yüklere maruz kalacaksa yapının doğru bir şekilde dizaynı için bu malzemeler sünmeye ve fonksiyon yitimi olarak tanımlanabilecek bozulmaya karşı dayanıklı olmalıdır.

b) İşletme Açısından

- Yırtılma

Jeotekstil yerleştirilirken yırtılma olasılığına karşı gerekli nitelikleri taşımmalıdır.

4.2.2 Deney Atmosferi :

Jeotekstilin yapım malzemelerinin ve ürünün kendisinin özellikle fiziko-mekanik özellikleri malzeme sıcaklığına ve nem içeriğine bağlıdır. Bu nedenle çeşitli test metod standartları bu değerleri sabitlemiş ve malzemenin öngörülen sürede belirli sıcaklık ve nem içeriğindeki havada kondisyonlanmasını öngörmüştür. Genelde ISO (Uluslararası Standartlar Birliği) ve diğer ulusal standartlarda sıcaklık $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, bağıl nem $65 \pm 2\%$ olarak alınır.

Ancak nem özel bir öneme sahiptir. Polipropilen, polyester, alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen özellikleri nemden oldukça etkilendiğinden bulunacak test sonuçları tatminkâr olmayabilir.

Fiberler neme karşı hassas ise standart atmosferde yapılan testlere ilaveten tam doygun koşullarda da testler yapılmalıdır. Örneğin poliamidde nemin etkisi gözardı edilemez.

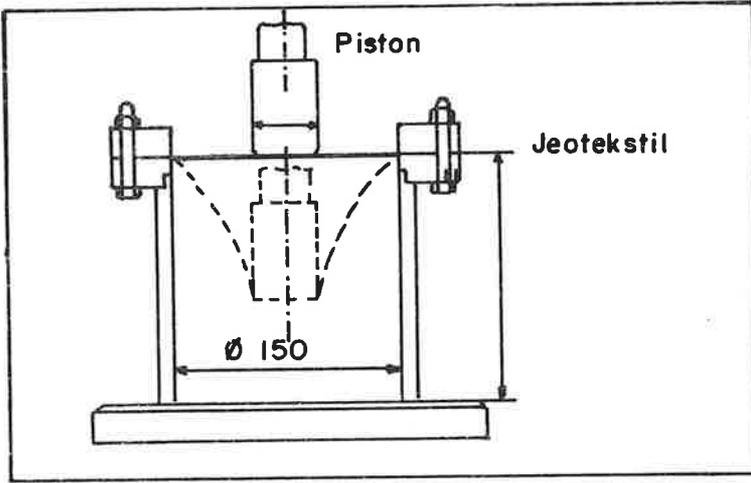
4.2.3 Testler :

Daha evvelki bölümlerde belirtilen çeşitli özellikler mekanik testler, hidrolik testler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilere karşı testler olarak 3 ana grupta toplanan testlerle belirlenir. Test metodları konusunda genel bir uzlaşımın olmaması çeşitli test metodlarınının doğmasına neden olmuştur. Bu nedenle jeotekstil deneyleri mutlaka öngörülen deney metodlarıyla yapılmalıdır. Bu testler dışında kalınlık ve ağırlık muayenesi de yapılarak jeotekstilin geometriksel uygunluğu araştırılmalıdır.

4.2.3.1 Mekanik Testler :

a) Delinme dayanımı;

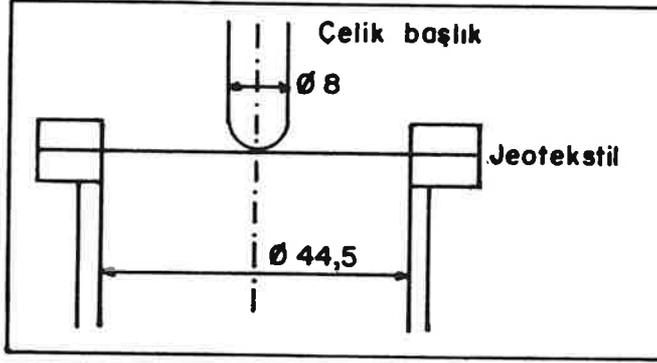
Bu deney yol yapımında dolgunun sıkıştırılması örneğinde olduğu gibi jeotekstilin yoğunlaşmış yükleri absorplama yeteneğini gösterir. Jeotekstil yuvarlak halkaların arasına sıkıştırılarak jeotekstilin delinmesine kadar bir piston veya çubuk yardımıyla yük uygulanır. Şekil-4.1 ve 4.2'de bu deney için DIN (Alman) ve ASTM (Amerikan) normlarında kullanılan cihazlar verilmektedir.



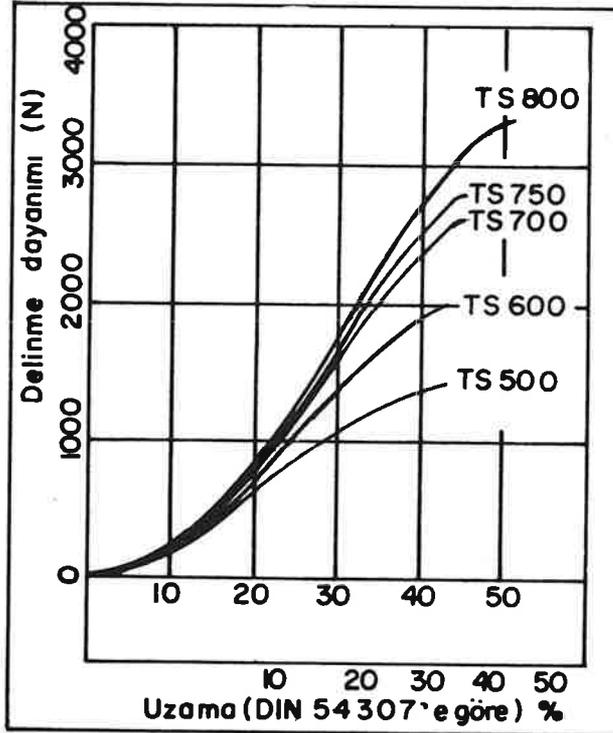
Şekil_ 4.1 Yırtılma dayanım testi(DIN 54307)

Bu testte zemin gözönüne alınmadığından sonuçlar dolaylı yoldan kullanılabilir DIN 54307'e göre örgüsüz bir jeotekstilden bu deneyde elde edilen yük/uzama eğrisi Şekil-4.3'de verilmiştir.(1)

Burada TS ürünün tanıtıcı simgesi olup; 500,600,700,750,800 sırasıyla 140,200,280,350,400 g/m²'lik jeotekstili simgelemektedir.



Şekil - 4.2 Delinme dayanımı testi (ATSM D 751'e göre)



Şekil_ 4.3 DIN 54307'e göre yük_uzama eğrisi

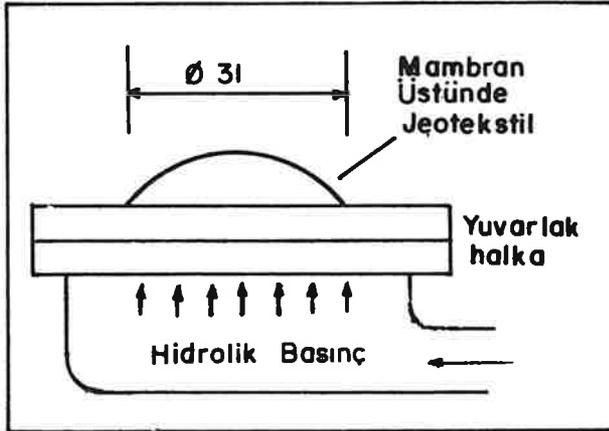
b) Hidrostatik patlatma deneyi;

Bu jeotekstilin doygun ince taneli zemin ile kaba malzemelerin gözenekleri içine doğru zorlanması durumuna benzer koşullarda yapılan testtir. Bu testte jeotekstil yuvarlak, halka biçiminde çerçeveler arasına yerleştirilerek oldukça elastik mambranlarla kuvvet uygulanır.

Patlama basıncı tutucu halkanın iç çapına bağlıdır. Bu çap azaldıkça yırtılma dayanımı artar. Bu deney için genellikle DIN 53861, NFG 07-112, ASTM D 3768 standartları kullanılır. Herbirinde temelde aynı prosedür kullanılmakla beraber kullanılan aletin boyutları ve test hızları birbirinden farklıdır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar birbiriyle kıyaslanmamalıdır. Örnek olarak Şekil-4.4'de ASTM D 3786'da öngörülen cihazlar verilmektedir.

c) Dar şeritli çekme dayanımı (strip tensile test)

Bu test muhtemelen jeotekstil için kullanılan en yaygın test yöntemidir. Bu deneyde çoklukla DIN 5385 ve NFG 07-001 normları kullanılır. Bu test tekstil endüstrisinde indeks veya kalite kontrol testi olarak anılır. Bu test yalnızca kopma dayanımını ve kopma uzamasını değil, ayrıca tüm yük/uzama eğrisini gözönüne alır.

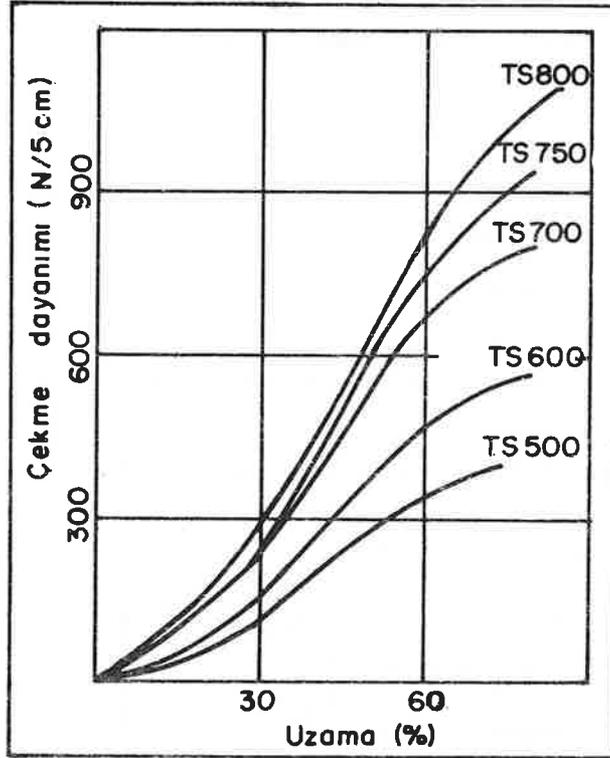


Şekil - 4.4 Patlama test cihazı (ASTM D 3786)

Küçük fakat gittikçe artan ilk modüller jeotekstillerin düzensiz yüzeylere dahi iyi uyum sağlamasına yol açar,

Yapım sırasında dolgu malzemelerinde bulunan kayaların zorlaması ile oluşan deformasyonlar jeotekstil zarar görmekten absorbe edilmelidir. Bu test yukarıda sözü edilen norm ve standartlar dışında ASTM 1682, ASTMD 4595-86 NFG 38-014 SN 640550'ye göre yapılabilir. Bunların herbiri deney numunesi boyutları ve test prosedürü ile birbirinden farklıdır ve bunlardan elde edilen sonuçlarla direk karşılaştırma yapmak mümkün değildir.

DIN 5387/2'ye göre örgüsüz jeotekstille yapılmış deneyde elde edilen yük-uzama eğrisi Şekil-4.5'de verilmiştir.(2)



Şekil- 4.5 Yük - uzama eğrisi (DIN 5387/2'ye göre)

d) Geniş bantlı çekme dayanımı (Grab tensile test)

Bu deneyde numunelere çekme gerilmesi genişliği numune genişliğinden küçük olan sıkıştırma çeneleri ile uygulanır. Bu deneyde kullanılan başlıca standart ve normlar DIN 53858, NFG 07-120 ve ASTM D 1682'dir. Bunların tümünde numune boyutları aynı olmakla beraber test hızları farklıdır.

Test sonuçları yalnızca malzemenin dayanımına değil, ayrıca onun sıklığına da (stiffeness) bağlıdır. Sıkı malzemeler çenelere uygulanan yükleri test numunesinin daha geniş bir alanına yaydıklarından nispeten yüksek dayanım değerleri elde edilir. Yüksek çekme dayanımının gerçek kopma dayanımına eşit olması gerekmez. Kopma tam çenenin dibinde olur ve numunenin tüm genişliğine yayılmayabilir. Malzeme kısmen zarara uğrasa bile zarara uğramamış malzeme her iki çene etrafında sonradan gelen yükleri halâ absorbe edebilir. Bu uzamada büyük artışa neden olur. Bu nedenle bazı standartlarda bu uzama değerleri kabul edilmez.

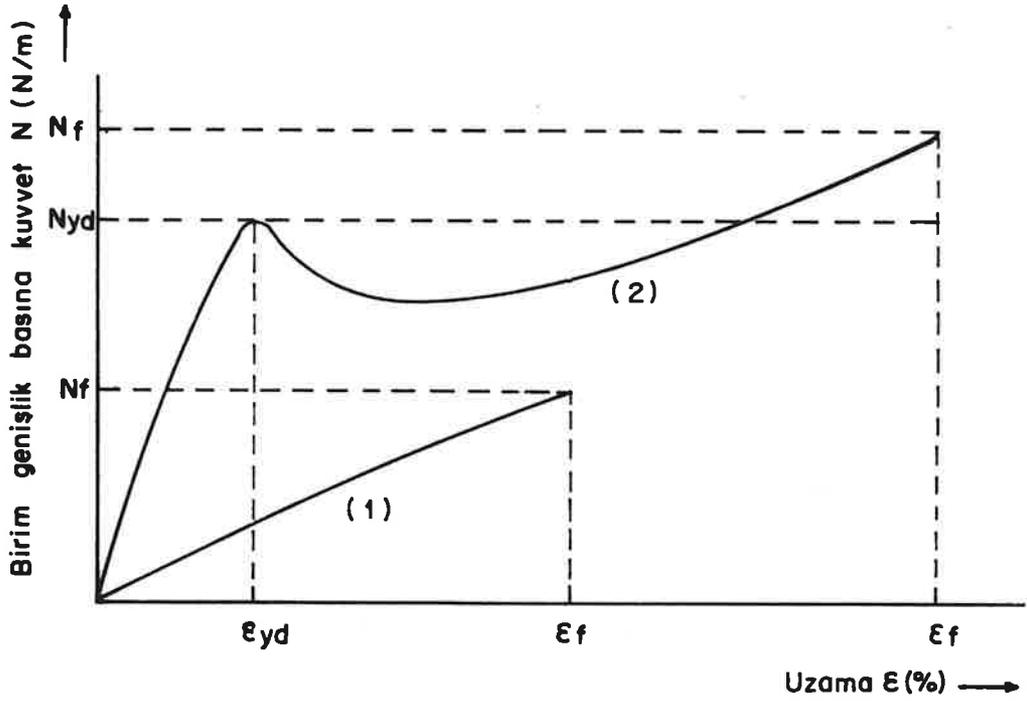
e) Yırtılma dayanım testi :

Jeotekstil hasar görürse, malzemenin yırtılmaya devam edip etmeyeceği önemlidir. Örneğin yırtılması durumunda filtre fonksiyonunun bozulacağı aşikârdır. Trapezoidal yırtılma dayanımı testinde başlıca DIN 53363, ASTM D 1117 ve NFG 38015 standart ve normları kullanılır. Bunlarda test numunelerinin boyutları ve test hızıyla farklı deney prosedürüne sahiptir. Genel olarak malzeme belli bir boyda yarırlır ve bu yarıktan malzemeyi yırtacak şekilde gerilme uygulanır.

f) Penetrasyon testi :

Bu deney NT Build 243'e göre yapılır. Bu test kayaların jeotekstil üzerine düşmesinde oluşan gerilmelere benzer gerilmeler yaratılarak yapılır. Jeotekstil numune yuvarlak halkalara bağlanır ve su yüzeyi ile temastadır. Sivri uçlu konik kütle numune üzerine düşürülerek oluşan deliğin çapı ölçülür. Bu amaçla kullanılan cihaz Şekil-4.6'da verilmiştir.

Buna benzer bir test yöntemide Almanya'da geliştirilen Rommer test (BAW) yöntemidir.



- 1- Akma göstermeyen
- 2- Akma gösteren

Şekil_4.6 Akma gösteren veya göstermeyen malzemelerde gerilme - deformaşyon ilişkisi

Bu testler jeotekstil deneylerinde kullanılan genellikle kabul görmüş testlerdir. Jeotekstil deneylerinde kullanılan test yöntemlerinde en büyük kaygı bu deneylerin jeotekstilin gerçekte karşılayacağı durumları ne ölçüde temsil ettiği sorusuna kesin bir yanıt vermemesinden kaynaklanmaktadır. Zaten diğer malzemelerde pek görülmeyen deneylerdeki ve ilgili standartlardaki bu çeşitlilik, bu durumdan ileri gelmektedir.

Malzemelerin kısa süreli yükler altında davranışlarını belirlemek amacıyla yapılan çekme deneyleri dışında (bak. c,d) jeotekstilin gerçekte karşılaçağı durumlara daha iyi yaklaşım sağlıyacağı düşünceyle geliştirilmiş testlerde mevcuttur. Bunlara örnek olarak Manchet çekme testi, düzlemsel gerinim (The plane-strain) testi, geniş enli çekme testi (The wide width tensile test), çift eksenli çekme testlerini sayabiliriz.

Kısa süreli çekme deneyleri malzemelerin yük altında kısa süreli davranışları hakkında bilgi verir. Önceki bölümlerde belirtildiğı gibi bu malzemelerin yük altında uzun süreli davranışları dahada önemli olabilir. Malzemelerin sünme, gevşemeden dolayı gerilme düşmesi ve kopma zamanları gibi viskoelastik davranışları da çekme deneyleriyle incelenebilir. Bu konuda ASTM D 2990'dan yararlanmak mümkündür.

Bu malzemelerde ayrıca aşınma dayanıklılığı (ASTM D 1175), sürtünme katsayısı, ısıl büzülme gibi özel amaçlı testlerde yapılabilir.

4.2.3.2 Hidrolik Testler :

a) Göz açıklığının belirlenmesi (Zemin geçirimsizliği :

Zemin geçirimsizliğinin belirlenmesinde çeşitli kuruluşlarca geliştirilen pekçok yöntem kullanılabilir. Bunlar temelde hidrolik yükleri temel alanlar ve eleme testini temel alanlar olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

CFGG (Comite Français des Geotextiles et des Geomembranes) ve BAW (Bundes Anstolt für wasserbau) hidrolik yükleri esas alırken; ASTM (American Society for Testing and Materials), DHL (Delft Hydraulics Laboratory), FIH (Franziskus Institut Hannover) eleme testini temel alır. Bu yöntemler kısaca Şöyle tanımlanabilir,

- Etkili göz açıklığının belirlenmesi (FIH) :

FRG olarakda adlandırılan bu yöntemde jeotekstilin göz açıklığı kompozisyonu bilinen kuvarz kumunun ıslak e-lenmesiyle bulunur. Deney yöntemi örgülü ve örgüsüz jeotekstillerde aynı olmakla beraber kullanılan kumun ağırlılığı jeotekstilin cinsine göre değişir,

- Jeotekstilin filtrasyon göz açıklığının belirlenmesi (Fransız standardı) :

Jeotekstilin filtrasyon göz açıklığı, dibine jeotekstil takılıp kumla doldurulmuş kovaların belli sayı ve periyodlarda suya daldırılıp çıkarılma iŐlemlerinden sonra jeotekstilden geçen kumun D_{95} değeri olarak belirlenir.

- Jeotekstil içinde filtre proses niteliğinin belirlenmesi (BAW) :

Yukarıdakine benzer yöntemle yapılır. Değişik tane boyut dağılımına sahip numuneler hazırlanır, belli süre ve zamanda su içine batırılır ve jeotekstilden belli srelerde geçen madde miktarı belirlenir.

- Jeotekstilin ASTM yöntemiyle görünür göz açıklığının belirlenmesi (AOS) :

Görünür göz açıklığı jeotekstilden boyutları bilinen küresel cam paracıklarınını eleyerek bulunur. D_{95} olarak adlandırılan bu değer cam paracıklarınının jeotekstilden geçen miktarınının % 5 veya daha az olduğu standart elek açıklığı olarak tanımlanır.

- Jeotekstilin DHL yöntemiyle hidrolik karakteristiğinin belirlenmesi :

Karakteristik açıklık boyutu O_{90} ve O_{98} standart eleğe takılmış jeotekstilin üzerinde tane boyut dağılımı belli kumun elenmesiyle yapılır.

b) Jeotekstilin Geçirgenliğinin Belirlenmesi :

Jeotekstilin su geçirgenliğinin belirlenmesi konusunda çeşitli kuruluşlarca çok sayıda deney geliştirilmiştir. Bunların bellibaşlıcalarının adları ve kullanılan metodlar;

1-a- FRG veya FIH (Franzivs Institut Hannover), yüzeye dik akış

1-b- FRG veya FIH (Franzivs Institut Hannover), yüzey-sel akış

2-a- ASTM (The American Society for Testing and Materials), sabit seviyeli

2-b- ASTM (The American Society for Testing and Materials), düşen seviyeli

3- Fransa jeotekstil ve jeomambran komitesi-NFG 38-016

4- Delft hidrolik laboratuvarı (DHL)

5- Devlet su yapıları birliği (BAW) dır.

-1a- Jeotekstil düzleme dik su geçirimliliğinin belirlenmesi (FIH)(FRG) :

Bu metotta jeotekstilin su geçirimliliği Darcy kanununa göre permeabilite katsayısı "Kn" ile karakterize edilir. Deney düzeneği suyun jeotekstil düzleminden dik geçmesini hidrolik gradiyentin yaklaşık $i=2$ olmasını ve farklı yük seviyelerinde deney yapmayı olanaklı kılacak şekilde tasarımılandırılmıştır. Kn değeri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$K_n = \frac{q \cdot T_g}{A \cdot \Delta h} \cdot \frac{\eta}{\eta_{20}}$$

A = Akış alanı (m²)

K_n = Yüzeğe dik permeabilite katsayısı (20⁰C)(m/sn)

q = Boşaltım (m³/sn)

T_g = Uygulanan yüke bağlı olarak değişen numune kalınlığı (m)

Δh = Hidrolik yük farkı (m)

$\frac{\eta_r}{\eta_{20}}$ = Test sıcaklığı ve standart sıcaklığa (20⁰C) bağlı olarak dinamik viskozitelerdeki değişimle ilgili sıcaklık düzeltme faktörü

-1b Jeotekstilin düzlemsel su geçirimliliğinin belirlenmesi (FIH)(FRG) :

Jeotekstilin düzlemsel su geçirgenliği laminer akışta Darcy kanununa göre permeabilite katsayısı k_p ile karakterize edilir.

Deney düzeneği çok sayıdaki numune katmanlarında boşaltım ve gerekli hidrolik yük farklılıklarını ölçecek ve laminer akımı sağlayacak şekilde tasarımlanır. Test 2-200 kN/m² arasında değişen mekanik yük seviyelerinde yapılır. k_p değeri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$k_p = \frac{q}{T_g n \cdot B} \cdot \frac{L}{A h} \cdot \frac{\eta_t}{\eta_{20}}$$

k_p = Jeotekstilin düzlemsel permeabilite katsayısı (20⁰C)(m/s)

q = Boşaltım oranı (m³/s)

Δh = Hidrolik yük farkı (m)

L = Numune uzunluğu (m)

T_gn = Uygulanan yüke bağlı olarak değişen numune kalınlığı (m)

B = Numune genişliği

$\frac{\eta_t}{\eta_{20}}$ = Test sıcaklığı ve standart sıcaklığa (20⁰C) bağlı olarak dinamik viskozitelerdeki değişimle ilgili sıcaklık düzeltme faktörü

Arazi drenajında kullanılan iletim yeteneği (Transmissivity)

Ψ ; kp değeri kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$\Psi = kp \cdot Tg$ (m^2/s)

Tg= Tek bir jeotekstilin kalınlığı (m)

-2a Jeotekstilin sabit seviyeli metod kullanılarak su geirirli- ęinin belirlenmesi (ASTM D-4491) :

Bu metod hem permeabilite katsayısı "k" nın hemde düzleme dik geirirli-
rimliliğin (permittivity) " Ψ " nin belirlenmesinde kullanılır. Ancak
gerek jeotekstilin kalınlığı ile ilgili olması, gerekse jeotekstil ka-
lınlığının jeotekstilden jeotekstile geniş çerçevede değişmesi nede-
niyle permittivity tercih edilmelidir.

Permittivity hidrolik gradiyent başına filtre hızı olarak tanımla-
nır. Deneyde, numunede sabit hidrolik yük farkı için su sıcaklığı ve
numuneden geçen su miktarı ölçülür.

Permittivity " Ψ " aşağıdaki formülle bulunur.

$$\Psi = \frac{q}{Ah \cdot A} \cdot \frac{\eta_t}{\eta_{20}} (S^{-1})$$

q = Jeotekstilin içinden birim zamanda geçen su miktarı (m^3/s)

Ah= Hidrolik yük farkı (m)

A = Numunede akış alanı (m^2)

η_t = Test sıcaklığında kinematik viskozite, $t^\circ C$ (m^2/s)

η_{20} = Kinematik viskozite, $20^\circ C$ (m^2/s)

Permeabilite katsayısı "k" permittivity yardımıyla bulunur.

$$k = Tg\Psi$$

k = Permeabilite katsayısı (m/s)

Tg = Jeotekstilin anma kalınlığı (m)

Ψ = Permittivity (S^{-1})

-2b Jeotekstilin düşen seviyeli metod kullanılarak su geçirimsizliğinin belirlenmesi (ASTM D-4991) :

Bu yöntemde jeotekstili içinden akan belirli miktarda su için zaman ölçülür.

Permittivity laminer akım için aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$\Psi = \frac{a}{A.T} \ln \frac{\Delta h_0}{\Delta h_1} \frac{\eta t}{\eta_{20}} \text{ (S}^{-1}\text{)}$$

a = Silindirik rezarvuarın kesit alanı (m^2)

A = Numunede akış alanı (m^2)

T = Zaman (30 mm' düşme için) (s)

Δh_0 = Test başında hidrolik yük farkı (m)

Δh_1 = Test sonunda " " " (m)

η = Test sıcaklığında kinematik viskozite, $^{\circ}\text{C}$ (m^2/s)

η_{20} = Kinematik viskozite, 20°C (m^2/s)

**3. Jeotekstilin düzleme dik geçirgenliğinin belirlenmesi :
CFGG (NFG 38-016)**

Bu metotta permeabilite sabit hidrolik yük farkı altında filtre hızı ölçülerek belirlenen permittivity ile karakterize edilir.

Bu deneyde jeotekstilin içinden akış laminer veya yaklaşık laminer olarak kabul edilir. Test süresince filtre hızı 35 mm/s ile sınırlandırılmıştır. Permittivity aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\Psi = \frac{q}{A.\Delta h} \frac{\eta t}{\eta_{20}}$$

Ψ = Permittivity (S^{-1})

q = Boşaltım oranı (m^3/s)

A = Akım alanı (m^2)

Δh = Hidrolik yük farkı (m)

4. Delft hidrolik laboratuvar metodu kullanılarak su geçirgenliğinin (DHL) belirlenmesi :

Bu metotta su geçirimliliği filtre hızı 10 mm/s alınarak hidrolik yük farkı " Δh " ve hidrolik gradiyent " i " ile karakterize edilir.

Bu yöntemde jeotekstilde hidrolik yük farkı ve boşaltım oranı ölçülür, sıcaklık belirlenir.

$$\Delta h = a \cdot V^n$$

Δh = Jeotekstilde yük farkı (m)

V = Filtre hızı (m/s)

a = Direnim faktörü (S^n/m^{n-1})

n = Akım tipi ile ilgili üst

Filtre hızı (v) ve hidrolik yük farkından (Δh) ölçülen hidrolik gradiyent (i) arasındaki ilişki;

$$i = b \cdot V^n \text{ olur}$$

$$b = \frac{a}{T_g} \text{ (direnim faktörü } (S^n/m^n))$$

Δh ve i sonuçlardan elde edilen grafikler yardımıyla bulunur.

Özetle, diğer metodlardan farklı olarak DHL'de karakteristik filtre hızı için jeotekstilde hidrolik yük farkı veya hidrolik gradiyent belirlenir.

5. Su geçirimliliğinin "BAW" (The Bundesanstalt für wasserbau) metodu ile belirlenmesi :

Bu metotta, akımın laminer olduğu varsayılır. Su geçirimliliği Darcy kanunu kullanılarak su geçirimlilik faktörü k ile karakterize edilir. Bu metotta sabit miktarda suyun jeotekstil numuneden geçiş süresi ölçülür " k " şu formülle bulunur.

$$k = \frac{a \cdot T_g}{A t} \cdot \ln \frac{\Delta h_0}{\Delta h_1}$$

a = Deneyde kullanılan pleksiglas tüpün kesit alanı (mm^2)

A = Jeotekstil numunenin alanı

Δh_0 = Test başında hidrolik yük (mm)

Δh_1 = Test sonunda " " (mm)

T_g = Jeotekstilin kalınlığı (m)

t = Jeotekstil kullanıldığında ve kullanılmadığında akış zaman farkı (s)

4.2.3.3 Diğerleri :

Bu testler dışında malzemelerin termo-oksidanlara, foto-oksidanlara, kimyasallara karşı davranışlarını araştıran çok sayıda test mevcuttur. Sentetik malzemelerin uzun süreli termo-oksidasyona karşı dayanıklılıkları genellikle fırın testleriyle belirlenir. Diğer bir deyişle bu testler sıcak havada yapılır. Oksidasyon prosesini hızlandırmak için test daha yüksek sıcaklıklarda yapılır. Kriter olarak genellikle mekanik özelliklerdeki (çekme dayanımı, yırtılma dayanımı vb) azalma alınır. Kullanılan çeşitli deney yöntemleri DIN 53383, 150/DIS 4577, ASTM-D 3012 gibi standartlarda verilmiştir.

Güneş ışınları nedeniyle oluşan foto-oksidatif bozulmalara karşı jeosentetiklerin davranışlarını inceleyen çeşitli deney metodları vardır. Bunlar arasında DIN 53387 ve ASTM G-26-70 sayılabilir.

Jeotekstillerin yakın çevre içindeki kimyasalların etkilerine dayanıklılığı etkinin tipine bağlıdır. Bu etkiler **a)** Fiziksel **b)** Kimyasal etkilerdir. Fiziksel etki polimeri etkilememekle beraber şişme veya zayıflama ile sonuçlanabilir. Bu etkiler dönüşümlüdür yani ortadan kaldırılabılır.

Kimyasal etkiler polimer üzerinde etkindir ve malzeme üzerinde jeotekstillerin özelliklerinde dönüşü olmayan değişikliklere yol açar.

Bu konuda kullanılabilecek standartlar 1 SOR 62, 1 SOR 175, ASTM.D 543, ASTM.D 1693, 1 SOR 846, ASTM.G 21, ASTM.G 22 olarak sayılabilir.

4.3 Jeomambran :

Jeotekstillere benzer şekilde jeomambranlarda da çok sayıda özellik değişik standartlar ve normlar kullanılarak belirlenebilir. Bu bölümde Bölüm -3'de sözü edilen spesifik deneylerin dışında kalan muayene ve değerlerden kısaca söz edilebilir.

4.3.1 Kalınlık :

Jeomambranın kalınlığı aşağıdaki nedenlerle önemlidir.

- a) Sıvı ve gazlara karşı yeterince geçirimsizliğin temini için,
- b) Özellikle inşaat süresince mekaniksel kuvvetlere karşı yeterli dayanıklılık için,
- c) Mambranların birbirine kaynağında güvenilir tekniklerin sağlanması için,
- d) Mambran ve zemin arasında sürtünmenin artması nedeniyle jeomambranın şişme olasılığına izin vermek için.

Jeomambranın kalınlığı genellikle uniform olarak düşünülürse de üretim işleminin sonucu olarak membran düzleminde daha ince veya daha kalın bölgeler olabilir. Bu nedenle, belirli tolerans (\pm % 10) uygulaması gereklidir. Daha ötesi inşaat alanında yerleştirirken ve taşıma esnasında zarar görülebilir.

Kalınlıktaki değişimler gerilme-deformasyon arası ilişkilerde son derece önemlidir. Örneğin kalınlığı kazınarak % 25 azalmış HDPE membranın akma noktası % 25 azalır. Bu nedenle kopma uzaması % 700'den % 14'e kadar azalabilir (Giroud 1984). Mambranın kaynak bölgeleri gibi yerlerde kalınlığındaki artış ayrıca gerilme konsantrasyonuna yol açar. Güçlendirilmiş jeomambranlarda bu artışlar pek fazla problem yaratmaz. Kalınlık sürekli olarak veya seçme yapılarak üretim işlemi boyunca ölçülür. Ortalama olarak ve kalınlığın dağılımı belirlenerek membranın uniformluğu hakkında bilgi elde edilebilir.

Kalınlık Alman NEN 3056 veya DIN 53123'e göre belirlenebilir. Arazi-de serilen jeomambran kalınlığı ultrasonik yöntemlerle ölçülebilir.

4.3.2 Gerilme-Deformasyon İlişkileri :

Takviyesiz (Güçlendirilmemiş) mambranlarda çekme testinde, çekme kuvveti belirlenir. Standartlaştırılmış test sonuçları kuvvetin birim genişliğe bölünmesiyle, uzamada numuneuzunluğunun uzunluktaki artışa bölünmesiyle elde edilir. Birim genişlik için kuvvet (N/m)/uzama (%) eğrileri takviyesiz jeomambranlar için iki türdür. Bunlar, yumuşak çelik örneğinde olduğu gibi belirli akma noktasına sahip olan eğriler (HDPE jeomambran) ve akma noktası göstermeyen eğrilerdir. Şekil-4.6

Uniform kalınlığa sahip takviyesiz jeomambran örneklerinde standart test sonuçları birim genişliğe düşen kuvvetin, ilk kalınlığa bölünmesiyle de verilebilir. Birim genişlik başına kuvvet/uzama eğrileri belirli kalınlık ve polimerik bileşimi içeren yalnız tek bir tip jeomambran için geçerliken, bu şekilde ifade, verilen polimerik bileşim için kalınlık ne olursa olsun bu polimerik bileşimden yapılmış herhangi bir jeomambran için geçerlidir.

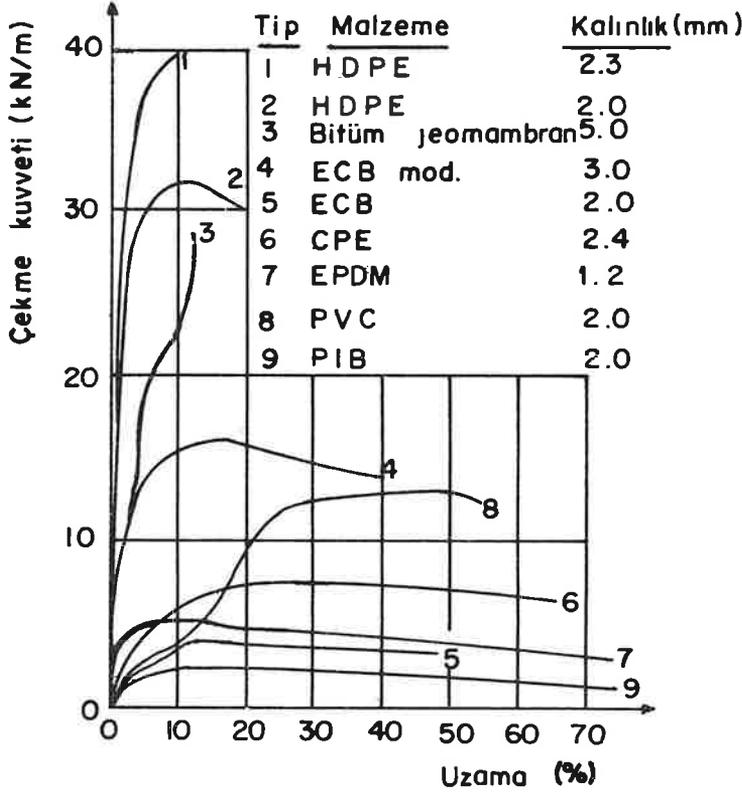
Güçlendirilmiş jeomambranlarda gerilme-deformasyon davranışları kalınlıkla orantılı değildir. Gerilme, birim genişlik başına kuvvetle gösterilmelidir.

Pekçok laboratuvar araştırmalarında iki eksenli gerilme/deformasyon ilişkileri belirlenmektedir. 2 boyutlu gerilme-deformasyon ilişkisi veren 3 eksenli testlerin sonuçları, jeomambranın pratikte karşılaacağı en iyi şekilde gösterir.

4.3.2.1 Patlama Dayanımı :

Patlama testi için numunenin 2 halka arasında çalıştırılabildiği ve numuneye kuvvetin uygulanabildiği aygıtlar kullanılır. Halka çapları en az 500 mm'dir. Numune, her iki dakikada su veya hava kullanılarak sağlanan 0,2 barlık basınç kademelerinde şişirilir ve basınç düzenli olarak ölçülür. Bu yolla gerilme-deformasyon ilişkileri daha karmaşık test metodları kullanılarak da elde edilebilir. Basınç hücresinin ortasına sıkıştırılarak yerleştirilen jeomambrana basınç, üst taraftan uygulanır. Deformasyon üste yerleştirilmiş ölçü aletleriyle okunur.

Çeşitli yük kademelerinde, deformasyonlar belirlenerek patlamaya kadar deneylere devam edilir. Bu şekilde elde edilmiş gerilme-deformasyon ilişkisi Şekil-4.7'de verilmiştir.



Şekil-4.7 3eksenli koşullarda gerilme deformasyon ilişkileri

Bu teste bulunan 2 farklı HDPE; bir PVC, bir EPDM, bir normal ECB, bir modifiye edilmiş ECB, bir PIB ve polyester filmle takviye edilmiş bitümlü jeomambran malzemelerine ait gerilme-deformasyon eğrileri incelendiğinde HDPE malzemeleri sırasıyla % 9 ve % 15 uzamada koptuğu görülmektedir. Bu muhtemel uzama tek eksenli teste ölçülen uzamanın, % 1'i ve akma noktasındaki uzamanın % 50'si kadardır. Kopma uzamasındaki bu çok büyük fark pratikte bazı jeomambranlarda neden beklenmedik yırtılmalar olduğu sorusuna cevap oluşturur. Buradan çıkarılacak diğer bir sonuç ister tek eksenli, ister üç eksenli test yapalım özellikle düşük kopma dayanımlı malzemelerde kopma yükü her iki deneyde de fazla fark etmez.

4.3.2.2 Özel Takviye :

Jeomambranlar tek veya çift taraflı olarak kaplama tabakasına sahip olabilir. Bu tip ürünlerin deneyinde başlangıçtan kopmaya kadar yük-uzama (gerilme-deformasyon) eğrisi altında kalan alan ölçülür. Bu alan, numunenin gerilmelerin absorplanması için sahip olduğu toplam kapasiteyi temsil eder. Güçlendirilmiş jeomambranın gerilme absorblama kapasitesi hem kopma dayanımının, hemde uzamanın fonksiyonudur. Yük-uzama eğrisinin altındaki alan ölçülerek işletme koşulları için uzama ve dayanım arasındaki ilişkiyi dengelemek mümkündür.

Güçlendirilmiş jeomambranlarla yapı dizaynı yapılırken malzemenin kopmada uzama noktasına gelindiğinde bir bütün olarak bozulmuş olacağı gözönüne alınmalıdır. Eğer malzeme aniden patlarsa jeomambran yırtılacak ve geçirimsiz özeliği yitirilecektir.

Güçlendirilmemiş membranlarda kopma uzaması sıcaklık artışı ile büyürken, çekme dayanımı azalır. Bu durum güçlendirilmiş membranlarda daha düşük derecede olur.

4.3.3 Sünme ve Gerilme Gevşemesi :

Sünme (sürünme, krip) olayları sabit yük altında deformasyonun artışı; gerilme gevşemesi deformasyonun sabit tutulabilmesi için gereken gerilmedeki azalıştır.

4.3.4 Sürtünme :

Pratikte jeoteknik mühendisliğinde hem homojen hem heterojen zemin kütlelerinde yamaç stabilizasyon analizleri oldukça iyi bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak jeomambranlar (ve jeotekstilller) yamaç yüzeyine gerilme altında yerleştirildikleri zaman stabilizasyon analizleri henüz çok gelişmiş değildir.

Jeomambranın sürtünme özellikleriyle ilgili pekçok araştırma membran ve zemin arasında sürtünmenin olduğunu gösteriyorsa da, HDPE örneğinde olduğu gibi pürüzsüz filmler kullanıldığında sürtünmenin 0'a yakın olduğu gözardı edilemez. Jeomambranın üzerine yerleştirilmiş zeminin stabilitesi yamacın üstüne sıkıca bastırılmış jeotekstil hasırlar kullanılarak, film yüzeyini pürüzlendirerek, üst kaplama püskürtülerek veya filmi kabartarak veya yamacın dibinde tutucu yapı ile zemin kütlesini destekleyerek sağlanabilir.

Zeminlerle, çeşitli kombinasyonlarda jeomambranlar ve jeotekstillere arasındaki sürtünme değerini hesap edebilmek için modifiye edilmiş, direk kayma aparatı kullanılabilir. Bu tip kayma kutusu Martin (1984) tarafından geliştirilmiştir. Bundan başka sürtünme değerinin hesaplanmasında buna benzer yöntemler geliştirilmiştir.

Sürtünme, zemin ve membran arasında jeotekstil kullanılarak iyileştirilebilir. Bunun için ilk önce membran ve jeotekstil birbirine sıkıca tutturulmalıdır. Genellikle sivri köşeli veya çok gradasyonlu agregalardan oluşmuş zeminler düşük rijitliğe sahip jeomambranlar üzerinde iyi bir sürtünme sağlar. Tersine bir olgu ise rijit, sert ve pürüzsüz HDPE'de gözlenir. Bunun sonucunda dik yamaçların yapımında bu tür malzemeler üzerine jeotekstil yerleştirme ve ankrajlama gereklidir.

4.3.5 Aşınma Dayanıklılığı :

Kanal, nehir gibi yerlerde kumların veya çakılların hareketleri nedeniyle oluşan etkiler jeomambran üzerinde önemli rol oynar ve bu tür uygulamalarda jeomambranın aşınma dayanıklılığı önem kazanır. Bu çeşit aşındırıcı yüklere dayanıklılık aşınma dayanımı olarak ifade edilir. Bu konuda pekçok standart mevcuttur. Malzemenin kuru durumunda kullanılacak bazı standartlar ASTM-D 1044, D 1242, D 2228, D 658, D 958 ve DIN 53516'dır. Ancak jeomambranın hidrolik mühendisliğinde kullanıldığı düşünüldüğünde malzemenin sulu ortamda aşınmaya karşı dayanıklılığı incelenmek istenirse ASTM D 1044'den yararlanılabilir.

4.3.6 Delinmeye Karşı Dayanıklılık :

Bu deney istendiğinde DIN 54307'de belirtildiği şekilde yapılabilir.

4.3.7 Yırtılma Dayanımı :

Herbir-spesifik uygulama için jeomambranın yırtılma dayanımı belirlenmelidir. En yaygın kullanılan metod, DIN 53363'de belirtilen trapezoidal metoddur. Güçlendirilmemiş filmler için NEN 3056'da kullanılabilir. Değişik test metodlarıyla elde edilen değerler birbiriyle kıyaslanmamalıdır.

4.3.8 Elastikiyet (Genleşme) :

Bu özellikte istendiğinde NEN 3056'ya göre bulunabilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1- (1),(2) Polyfelt TS Design and practice-copyright 1986 Chemie Linz AG, A-4021 Linz Printed in Austria
- 2- Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering. Edited by R. Veldhuijzen Van Zanten. A.A.Balkema/Rotterdam/Boston/1986
- 3- Geotextiles Conceiving and designing engineering structures. By Olivier Gicot and Jacques Perfetti.July 1982
- 4- The Geotextiles and Their Functions in The Construction Industry
- 5- Functions and Applications of Geosynthetics in Dams /Water power-Dam Construction June 1990
- 6- Çeşitli firma katalogları

