

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNA TOPRAK ALTI DIŞ KABUK SİSTEMLERİNDE YER ALAN
BITÜMLÜ ÖRTÜLERİN BASINÇLI SU ETKİSİ ALTINDA
GEÇİRİMSİZLİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ İÇİN
BİR YÖNTEM**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEZ ENSTİTÜSÜ MERKEZİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Mimar Ayşe Nil ŞAHAL
(502922202)**

104244

104244

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Ocak 2001
Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Mayıs 2001**

Tez Danışmanı :

Prof.Dr. Ertan ÖZKAN

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Nihat TOYDEMİR (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Rifat ÇELEBİ (Y.T.Ü.)

Prof.Dr. Murat ERİÇ (M.S.Ü.)

Doç.Dr. Murat AYGÜN (İ.T.Ü.)

[Handwritten signatures of the thesis advisor and jury members]

MAYIS 2001

ÖNSÖZ

Yönetmelikte, doktora tez çalışmaları için, 'bilimde, teknikte ve yöntemde bilimsel kurallara dayalı bir ilerleme ya da yenilik getiren ya da var olan bilimsel ve teknik bilgilere yeni katkılarda bulunan orijinal bir çalışma olmalıdır,' koşulu aranmaktadır. Bu koşulun yanı sıra, 'doktora tez çalışmaları, yalnız jüri üyelerinin değil, bu konuda bilgilenmek isteyenlerin okuyup anlayabileceği, bilgi eksikliği olan alanları belirleyen ve bilimdeki son yenilikler ile bu alanları geliştiren, yeni araştırmalara yön gösteren ve bütün aşamaları sevilerek yapılan bir çalışma olmalıdır,' koşulu ise benim belirlediğim koşuldur. Doktora tezimi, bu koşullara bağlı olarak gerçekleştirmeye çalıştım.

Doktora tez konusu ile yönteminin belirlenmesi, tezin geliştirilmesi ve sonuçlandırılması sürecinde birlikte çalışma şansına ve onuruna eriştiğim, sabırlı, titiz ve özverili şekilde tez çalışmasını yürüten, tez çalışmasının yanı sıra akademik çalışmalarım da bana bilimsel inceleme ve araştırma yapmayı öğreterek destek veren değerli hocam Prof. Dr. Ertan ÖZKAN'a sonsuz teşekkürlerimi saygılarımla sunarım.

Tez çalışmasının önemli bir bölümünü kapsayan deney aletinin yapılmasında Araştırma Fon'u aracılığıyla maddi destek sağlayan İ.T.Ü. Rektörlüğü'ne ve İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Mine İNCEOĞLU'na, deney aletinin yer aldığı odanın temini için Prof. Dr. Erol GÜRDAL'a, deney aletinin gelişimi sırasında ilgi ve desteğini gördüğüm Y. Doç. Dr. Ahmet GÜLEÇ'e ve deneylerin yapılmasında emeği geçen İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı görevlisi İbrahim ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Deney aletinde yer alan ölçme sisteminin tasarımı ve yapımı aşamalarında değerli bilgisi ile beni yönlendiren ve çalışmalarım boyunca beni sürekli teşvik eden sevgili babam Kadir TÜRKERİ'ye, tez çalışması sırasında bana sonsuz anlayış gösteren kürsü arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Ve nihayet, tezimi vermeme sabırla bekleyen ve bu sürede benden desteğini esirgemeyen sevgili annem Nihal TÜRKERİ'ye, tezin oluşumu sürecinde zaman zaman yaşadığım yorucu ve sıkıntılı dönemlerde sabır ve anlayışla bana destek olan çok sevgili eşim Mehmet ŞAHAL'a ve çalışmalarımın bir bölümünü O'na ayırmam gereken zamanlardan çalarak yürütmeme rağmen bana hoşgörüsüyle davranan sevgili oğlum Emre ŞAHAL'a çok teşekkür ederim.

Ocak 2001

Nil ŞAHAL

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. BİNA TOPRAK ALTI DIŞ KABUK SİSTEMİ İÇİN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ	10
2.1. Dış Kabuk Sisteminin Nem Rejimi	11
2.1.1. Dış Kabuk Sisteminin Nem Rejimini Oluşturan Çevresel Etmenler	11
2.1.1.1. Yağmur ve Zemin Suları	11
2.1.1.2. Yapı Elemanı İçindeki Sular	15
2.1.1.3. Bodrum İç Ortamından Kaynaklanan Sular	16
2.1.2. Suların Dış Kabuk Sisteminin Bünyesine Nüfuz Etmesi Ve Taşınması	17
2.1.3. Dış Kabuk Sisteminde Nem Rejiminin Neden Olduğu Hasarlar	19
2.2. Dış Kabuk Sisteminin Sıcaklık Rejimi	23
2.2.1. Dış Kabuk Sisteminin Sıcaklık Rejimini Oluşturan Çevresel Etmenler	23
2.2.1.1. Zemin Sıcaklıkları	24
2.2.1.2. Bodrum İç Ortam Hava Sıcaklığı	25
2.2.2. Zemin ve Bodrum İç Ortam Hava Sıcaklıklarının Dış Kabuk Sistemine Etkisi	25

2.2.3. Dış Kabuk Sisteminde Sıcaklık Rejiminin Neden Olduğu Hasarlar	27
2.3. Dış Kabuk Sistemine Etki Eden Yükler	29
2.3.1. Binanın Statik ve Dinamik Yükleri	29
2.3.2. Zemin Yanal Basıncı	34
2.3.3. Yeraltı Suyunun Neden Olduğu Basınç Etkisi	35
2.3.4. Zeminde Don Olayının Neden Olduğu Yükler	38
2.4. Dış Kabuk Sistemi İçin Performans Gereksinimleri	39
3. TOPRAK ALTI DIŞ KABUK SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ VE PERFORMANS KRİTERLERİ	43
3.1. Dış Kabuk Sisteminin Performans Gereksinmelerine Bağlı Olarak Belirlenen Bileşenleri	44
3.1.1. Dış Kabuk Sistemine Etki Eden Yükler İçin Sistem Bileşeni	44
3.1.2. Dış Kabuk Sisteminde Isı Geçişinin Kontrol Altına Alınması İçin Sistem Bileşeni	45
3.1.3. Dış Kabuk Sistemine Kapiler Suyun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni	47
3.1.4. Dış Kabuk Sistemine Sızıntı Suyunun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni	49
3.1.5. Dış Kabuk Sistemine Buhar Difüzyonunun Kontrol Altına Alınması İçin Sistem Bileşeni	52
3.1.6. Dış Kabuk Sisteminde Hava Akımının Kontrol Altına Alınması İçin Sistem Bileşeni	53
3.1.7. Dış Kabuk Sistemine Yeraltı Suyunun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni	53
3.2. Dış Kabuk Sistem Bileşenleri İçin Performans Kriterleri	56
4. BASINÇLI SU GEÇİRİMLİLİĞİ, BİTÜMLÜ ÖRTÜLER VE YERALTI SUYU BULUNAN ZEMİNLERDE BİTÜMLÜ ÖRTÜLER İLE DIŞ KABUK SİSTEMLERİ	60
4.1. Basınçlı Su Geçirimsizliği	62
4.2. Bitümlü Örtüler	64
4.2.1. Doyurucu ve Kaplama Bitüm	64
4.2.2. Taşıyıcılar ve Yüzey Kaplamaları	71

4.2.3. Bitümlü Örtü Tipleri, Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri	72
4.3. Bitümlü Örtüler İle Dış Kabuk Sistemleri	77
4.3.1. Dış Kabuk Sisteminin Strüktürel Elemanlarının Belirlenmesi	77
4.3.1.1. Dıştan Uygulama	78
4.3.1.2. İçten Uygulama	85
5. BİTÜMLÜ ÖRTÜLERİN SU GEÇİRİMSİZLİK ÖZELLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN MEVCUT DENEY YÖNTEMLERİ	89
6. BİTÜMLÜ ÖRTÜLERİN BASINÇLI SU ETKİSİ ALTINDA GEÇİRİMSİZLİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ	95
6.1. Yöntemde Kullanılabilecek Bitümlü Örtüler	97
6.2. Dıştan Ve İçten Uygulamada Yer Alan Bitümlü Örtülere Etki Eden Çevresel Etmenler Ve Bitümlü Örtünün Performans Seviyeleri	97
6.2.1. Duvarda Yer Alan Bitümlü Örtüye Etki Eden Çevresel Etmenler	97
6.2.1.1. Zemin Sıcaklığı	98
6.2.1.2. Zemin Yanal Basıncı	101
6.2.1.3. Uygulama İşçiliği	104
6.2.2. Döşemede Yer Alan Bitümlü Örtüye Etki Eden Çevresel Etmenler	104
6.2.2.1. Bina Yüğü Nedeniyle Temel Plağı Tabanında Oluşan Basınç Gerilmeleri	104
6.2.2.2. Deprem Yüğü Ve Hava Basıncı	105
6.2.2.3. Temel Plağındaki Eğilme Momentinin Oluşturduğu Çekme Gerilmeleri	107
6.2.2.4. Taban Betonunda Meydana Gelen Çatlaklar	107
6.2.3. Bitümlü Örtünün Performans Seviyeleri	108
6.3. Deney Yöntemi	108
6.3.1. Bitümlü Örtülerde Şekil Değişiminin Simulasyonları	110
6.3.2. Deney Aleti	116
6.3.2.1. Basınçlı Su Deney Aleti	116
6.3.2.2. Ölçme Sistemi	122
6.3.2.3. Deney Aletinin Güvenirliğinin Test Edilmesi	124

6.3.2.4. Deney Aletinin Bir Bütün Olarak İşleyişi	135
6.4. Yöntemin Denenmesi Ve Değerlendirilmesi	137
6.4.1. Yöntemin Denenmesinde Kullanılan Bitümlü Örtüler	137
6.4.2. Deney Yönteminde Bitümlü Örtülerin Performans Seviyelerine Bağlı Olarak Su Geçirimsizlik Performanslarının Ölçülmesi	138
6.4.2.1. Duvarda Yer Alan Bitümlü Örtülerin Su Geçirimsizlik Performansının Ölçülmesi	138
6.4.2.2. Döşemede Yer Alan Bitümlü Örtünün Su Geçirimsizlik Performansının Ölçülmesi	149
6.4.3. Bitümlü Örtülerin Su Geçirimsizlik Performansının Değerlendirilmesi	164
7. SONUÇLAR	171
KAYNAKLAR	178
EKLER	184
ÖZGEÇMİŞ	204

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Bodrum Duvar Ve Döşemeleri İçin Zemin Hesap Sıcaklıkları.....	26
Tablo 2.2 Türkiye İçin Zemin Hesap Sıcaklıkları.....	26
Tablo 2.3 Ocak Ayında Ankara İlinde Dış Kabuk Sisteminde Yoğuşma Kontrolü İçin Gerekli Olan Zemin Ve Bodrum İç Ortam Özellikleri.....	27
Tablo 2.4 Ağustos Ayında Ankara İlinde Dış Kabuk Sisteminde Yoğuşma Kontrolü İçin Gerekli Olan Zemin Ve Bodrum İç Ortam Özellikleri.....	27
Tablo 2.5 Zemin Türlerine Göre Zemin Emniyet Gerilmeleri.....	34
Tablo 2.6 Toprak Altı Dış Kabuk Sistemi İçin Performans Gereksinimleri.....	41
Tablo 3.1 Dış Kabuk Sisteminde Yer Alan Strüktürel Bileşenler.....	44
Tablo 3.2 Dış Kabuk Sistemine Kapiler Suyun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni Ve Performans Kriteri.....	47
Tablo 3.3 Dış Kabuk Sistemine Sızıntı Suyunun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni Ve Performans Kriteri.....	50
Tablo 3.4 Toprak Altı Dış Kabuk Sistem Bileşenleri İçin Performans Kriterleri.....	58
Tablo 4.1 Metre Cinsinden Su Basıncı Veya Sıkışma Basıncı Değerlerine Göre Bitümlü Örtülerin Kat Adetlerinin Saptanması.....	86
Tablo 5.1 Mevcut Deney Yöntemleri.....	89
Tablo 6.1 Yöntemde Kullanılabilecek Bitümlü Örtü Tipleri.....	97
Tablo 6.2 Bitümlü Örtünün Performans Seviyeleri.....	109
Tablo 6.3 Bitümlü Örtüye Uygulanan Simulasyon Tipleri.....	111

Tablo 6.4	Mutlak Nem Sensörü İle Ölçülen Sinyal İşlem Devresi Ve Multimetre İle Okunan 0-10 V DC Ham Ölçüm Değerlerinin Microsoft Excel 97 Programı İle Düzenlenmesi Ve Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değerlerinin (g/m^3) Hesaplanması.....	125
Tablo 6.5	Oda Havaının Elektriksel Termohigrograf İle Ölçülen Yaş Termometre (C°, 1) Ve Kuru Termometre (C°, 2) (C°, 3) Sıcaklık Değerlerinin Microsoft Excel 97 Programı İle Düzenlenmesi Ve Ortalama Saatlik Sıcaklık Değerlerinin Hesaplanması.....	129
Tablo 6.6	Oda Havaının Ortalama Saatlik Yaş (C°, 1) Ve Kuru Termometre Sıcaklık Değerlerinden (C°, 2) Bağıl Nem Değerinin (%) Ve Bağıl Nem Değeri (%) İle Ortalama Saatlik Kuru Termometre Sıcaklık Değerlerinden (C°, 3) Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değerinin (g/m^3) Hesaplanması.....	130
Tablo 6.7	Yöntemin Denenmesinde Kullanılan Bitümlü Örtüler.....	137
Tablo 6.8	Deney Yönteminde Bitümlü Örtülere Uygulanan Performans Seviyeleri.....	139
Tablo 6.9	Bitümlü Örtülerin Performans Seviyelerine Bağlı Olarak Su Geçirimsizlik Performanslarının Ölçülmesi.....	165
Tablo 6.10	Performans Seviyelerinde Su Geçirimsizlik Performansına Bağlı Olarak Dış Kabuk Sisteminde Kullanılabilecek Bitümlü Örtüler.....	170

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	Toprak Altı Dış Kabuk Sisteminin Tasarımı İçin Bir Model.....	4
Şekil 1.2	Tezin Modeli: Kapsamı Ve Amacı.....	6
Şekil 2.1	Dış Kabuk Sistemi İçin Performans Gereksinmelerinin Belirlenmesini Gösteren Model.....	10
Şekil 2.2	Serbest Su.....	14
Şekil 2.3	Mahpus Su.....	14
Şekil 2.4	Askıda Su.....	14
Şekil 2.5	Erzurum İlinde Ocak Ve Ağustos Aylarında Derinliklere Bağlı Olarak Zemin Sıcaklıkları Ve Zemin Sıcaklık Farkları.....	29
Şekil 2.6	Merkezi Yükler Altında Sonsuz Rijit Olarak Kabul Edilen Temel Plağında Zeminde Gerilme Dağılımı Kabulü.....	32
Şekil 2.7	Eksantrik Yükler Altında Sonsuz Rijit Olarak Kabul Edilen Temel Plağında Zeminde Gerilme Dağılımı Kabulü.....	32
Şekil 2.8	Temel Plağında Temel Plağı Boyunca Zemin Gerilmelerinin Gerçek Yayılış Biçimi, Yaklaşık Hesap Yöntemindeki Kabule Göre Zemin Gerilmelerinin Düzgün Yayılış Biçimi, Kesit Hesapları İçin Ortalama Yükler, Kesme Kuvveti Diyagramı Ve Eğilme Momenti Diyagramı.....	33
Şekil 2.9	Yeraltı Suyunun Bodrum Duvar Ve Döşemesine Yaptığı Basıncın Dağılımı.....	37
Şekil 2.10	Yeraltı Suyu Bulunan Zeminlerde Bodrum Duvar Ve Döşemesine Etki Eden Basınçlar.....	37
Şekil 3.1	Dış Kabuk Sisteminin Performans Gereksinmelerine Bağlı Olarak Bileşenlerinin Ve Performans Kriterlerinin Belirlenmesini Gösteren Model.....	43
Şekil 4.1	Yeraltı Suyu Bulunan Zeminlerde Dış Kabuk Sisteminin Karşılama Gereken Performans Gereksinmeleri Sistem Bileşenleri Ve Bileşenlerin Performans Kriterleri.....	61
Şekil 4.2	Okside Bitüm İçin 20, 10 Ve -3°C'daki Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri.....	69

Şekil 4.3	Plastomerik Bitümün 0°C'daki Yük-Şekil Değişirme Eğrisi	70
Şekil 4.4	Elastomerik Bitümün -18°C'daki Gerilme-Şekil Değişirme Eğrisi.....	70
Şekil 4.5	Tek Katlı Örtülerin Ve İki Katlı Örtünün Yük-Şekil Değişirme Eğrileri.....	76
Şekil 4.6	Dıştan Uygulama.....	82
Şekil 4.7	Dıştan Uygulama.....	84
Şekil 4.8	İçten Uygulama.....	87
Şekil 5.1	Su Geçirimsizlik Deney Aleti.....	91
Şekil 5.2	Alternatif Su Geçirimsizlik Deney Aleti.....	91
Şekil 5.3	Basıncılı Su Deney Aleti.....	93
Şekil 5.4	Su Sızdırmazlık Deney Aleti.....	93
Şekil 6.1	Bitümlü Örtünün Su Geçirimsizlik Performansının Belirlenmesi İçin Geliştirilen Yöntemin Birinci Aşamasını Gösteren Model....	96
Şekil 6.2	Erzurum İlinde Dıştan Uygulama.....	99
Şekil 6.3	Zemin Yanal Basıncı Ve Su Basıncı.....	102
Şekil 6.4	Taban Betonunun Derinleştirilmesi.....	106
Şekil 6.5	Taban Betonu Altında Oluşan Hava Yastıkları.....	106
Şekil 6.6	Deney Yöntemini Gösteren Model.....	110
Şekil 6.7	Çelik Plaka No. 1, 2 Ve Bitümlü Örtü Numunesinden Oluşan Düzenek.....	112
Şekil 6.8	Bitümlü Örtüde Sıfırdan Uzamanın Simulasyonu.....	114
Şekil 6.9	Çelik Plaka No. 2.....	115
Şekil 6.10	Çelik Aralayıcı.....	115
Şekil 6.11	Basıncılı Su Deney Aletini Ve Ölçme Sisteminden Oluşan Deney Aleti.....	117
Şekil 6.12	Deney Aleti.....	118
Şekil 6.13	Basıncılı Su Deney Aletini Gösteren Model.....	120
Şekil 6.14	Mutlak Nem Sensörü Ve Elektriksel Ölçme Sistemini Gösteren Model.....	123
Şekil 6.15	Elektriksel Termohigrografi Gösteren Model.....	127

Şekil 6.16	Oda Havaasının Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değerinin Elektriksel Termohigrograf Ve Ölçme Sistemi İle Ölçülmesi.....	132
Şekil 6.17	Deney Aletinin Güveniriliğinin Test Edilmesi.....	133
Şekil 6.18	Performans Seviyesi No. 1.2. Ve 1.3.'de Okside Bitümlü Cam Tülü Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	141
Şekil 6.19	Performans Seviyesi No. 1.2. Ve 1.3.'de Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	143
Şekil 6.20	Performans Seviyesi No. 1.4.'de Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	145
Şekil 6.21	Performans Seviyesi No. 1.2. Ve 1.3.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	146
Şekil 6.22	Performans Seviyesi No. 1.4.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	148
Şekil 6.23	Performans Seviyesi No. 2.4.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	150
Şekil 6.24	Performans Seviyesi No. 3.4.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	152
Şekil 6.25	Performans Seviyesi No. 2.5.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	154
Şekil 6.26	Performans Seviyesi No. 3.5.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	156
Şekil 6.27	Performans Seviyesi No. 4.4.'de (0.5 N/mm ² -300 N/50 mm.) Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	158
Şekil 6.28	Performans Seviyesi No. 4.4.'de (0.5 N/mm ² -200 N/50 mm.) Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	160
Şekil 6.29	Performans Seviyesi No. 4.4.'de (0.5 N/mm ² -100 N/50 mm.) Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	161
Şekil 6.30	Performans Seviyesi No. 5.4.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı.....	163

Şekil 6.31	Bitümlü Örtünün Su Geçirimsizlik Performansının Değerlendirilmesi.....	167
Şekil A.1	Adana İlinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları....	184
Şekil A.2	İstanbul İlinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları..	185
Şekil A.3	Ankara İlinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları..	186
Şekil A.4	Erzurum İlinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları	187
Şekil A.5	Adana İlinde Aylık Ortalama Çiğleşme Ve Zemin Sıcaklıkları : Bodrum İç Ortam Sıcaklığı.....	188
Şekil B.1	Çelik Gövde İle Odacığın Ön Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti.....	189
Şekil B.2	Çelik Gövde İle Odacığın Ön Yüzeyinin Görünüşü.....	190
Şekil B.3	Çelik Plaka No. 3'ün Arka Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti.....	191
Şekil B.4	Çelik Plaka No. 3'ün Arka Ve Ön Yüzeylerinin Görünüşü.....	192
Şekil B.5	Çelik Plaka No. 3'ün Ön Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti.....	193
Şekil B.6	Çelik Kapağın Ön Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti.....	194
Şekil B.7	Çelik Kapağın Ön Yüzeyinin Görünüşü.....	195
Şekil B.8	Çelik Plaka No. 4'ün Ön-Arka Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti....	196
Şekil C.1	Kalsiyum Klorür Ve Polikarbonat Levha İle Oluşturulan Sensör	197
Şekil C.2	Ahşap Levha Ve Nem Ölçer İle Oluşturulan Ölçme Sistemi.....	199
Şekil C.3	Sodyum Poliakrilat Malzeme Ve Elektriksel Ölçme Sistemi İle Oluşturulan Ölçme Sistemi.....	200
Şekil C.4	Bağıl Nem Sensörü Ve Elektriksel Ölçme Sisteminden Oluşan Ölçme Sistemi.....	202

SEMBOL LİSTESİ

σ : Gerilme

γ : Birim hacim ağırlığı

γ' : Batık birim hacim ağırlığı

h : Yükseklik

k_a : Zemin basıncı katsayısı

Φ : İçsel sürtünme açısı

V : Malzemeden geçen suyun hacmi

t : Zaman

F : Alan

d : kalınlık

P : Su basıncı

k : Basıncılı su geçirimsizlik katsayısı

x : V DC cinsinden ham veri

y : Mutlak nem

BİNA TOPRAK ALTI DIŞ KABUK SİSTEMLERİNDE YER ALAN BİTÜMLÜ ÖRTÜLERİN BASINÇLI SU ETKİSİ ALTINDA GEÇİRİMSİZLİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM

ÖZET

Yapı sektöründe yer alan kişilerin başlıca amacı, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, sağlık, güven, konfor, vb. kullanıcı gereksinmelerine uygun kullanılabilir ve yaşanabilir bir iç ortam oluşturan; bu nedenle, taşıyıcılık ve dış çevresel etmen denetimi işlevlerini yerine getiren, güvenli ve sağlıklı bir toprak üstü dış kabuk sistemi tasarlamaktır. Genellikle, toprak altı dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmenler ile sistemin çevrelediği bodrum iç hacminde, sağlık ve konfor gibi kullanıcı gereksinimleri dikkate alınmamakta ve dış kabuk sisteminden sadece, taşıyıcılık işlevini yerine getirmesi beklenilmektedir. Ancak, bodrum duvar ve döşemeleri, sadece, binanın statik ve dinamik yüklerinin etkisi altında bulunmamaktadır. Bodrum duvar ve döşemeleri, binanın, toprak altı bölgesinde yer almakta; bu nedenle, kendisini çevreleyen zeminin fiziksel koşullarının da etkisi altında olmaktadır. Zemin, ıslak, nemli veya donmuş olabilmekte; ayrıca, bütün bu özelliklere, aynı zaman diliminde de sahip olabilmektedir. Zemin sıcaklıkları, yüzeye yakın bölgelerde, dış hava sıcaklığına kısmen yaklaşırken, derinlere doğru inildiğinde; kış aylarında artmakta, yaz aylarında ise azalmaktadır. Dış kabuk sistemine, zemin ikliminin yanı sıra bodrum iç ortam iklimi de etki etmektedir. Dış kabuk sistemi, binanın tüm statik ve dinamik yüklerinin yanı sıra, zemin yanal basıncı, yeraltı suyu basıncı vb. yüklerin de etkisi altında olmaktadır. Bu nedenle, toprak altı dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmenler ile dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri arasında gelişen olaylar sonunda binanın hizmet ömrünü azaltan ve kullanıcı sağlığını olumsuz yönde etkileyen bodrum hasarları meydana gelmektedir. Bodrum hasarlarından bazıları, donatı korozyonu, ısı yalıtım malzemelerinin ısı performanslarının azalması, çiçeklenme, küf ve mantar oluşumu, ıslak ve nemli duvar ve döşemeler, konfor koşulları istenilen düzeyde sağlanamayan bodrum iç ortamı olmaktadır. Bodrum iç ortamını kullanılabilir ve yaşanabilir bir iç ortam olarak değerlendiren kullanıcı ise, bodrum hasarların önlemek için çeşitli önlemler almakta; alınan tüm önlemlerin maliyeti kullanıcıya yük olmaktadır. Günümüzde, kullanıcı, bütçesiyle, ilk yatırım maliyetinin yanı sıra işletme, bakım ve onarım maliyetlerini de karşılayabildiği, sağlıklı ve konforlu binalar istemektedir.

Bu çalışmada, bina toprak altı dış kabuk sistemi ele alınmaktadır. Genel olarak amaç, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, sağlık, güven, konfor, vb. kullanıcı gereksinmelerine uygun kullanılabilir ve yaşanabilir bir iç ortam oluşturan; bu nedenle, taşıyıcılık işlevinin yanı sıra dış çevresel etmen denetimi işlevini de yerine getiren, güvenli ve sağlıklı bir toprak altı dış kabuk sistemi tasarlamaktır. Bu nedenle, dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmenler, etmenler ile dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri arasında gelişen olaylar tanımlanmakta; diğer bir anlatımla, performans analizi yapılmakta ve oluşabilecek bodrum hasarları belirlenmektedir. İstenilen fiziksel performans gösteren bir dış kabuk sisteminin tasarımı için, dış kabuk sisteminin, dış çevresel etmenlerin etkisi altında nasıl davranması gerektiği, dış kabuk sisteminin performans gereksinimleri

olarak ifade edilmektedir. Toprak altı dış kabuk sisteminin çevrelediği bodrum iç ortamının kullanıcı gereksinimleri olarak sızdırmazlık, güvenlik ve higrotermal konfor olarak seçildiğinde; dış kabuk sistemi için performans gereksinimlerinden biri, 'dış kabuk sistemi, binanın statik ve dinamik yüklerine, zemin yanal basınç etkisine, yeraltı suyunun oluşturduğu yüklere ve zeminde don olayının neden olduğu yüklere karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır' olarak belirlenmektedir. Diğer performans gereksinimleri ise, 'dış kabuk sistemi, yükleri zemine güvenli bir biçimde aktarmalı, dış kabuk sistemi, sıçrama suyunu, kapiler suyu, sızıntı suyunu ve yeraltı suyunu bünyesine almamalı, sistem, buhar difüzyonunu, hava, ve ısı akımını kontrol altına almalı ve sistem, fiziksel özelliklerini hizmet ömrü boyunca koruyabilmelidir' olarak ortaya konulmaktadır.

Dış kabuk sisteminde, her bir performans gereksinmesini karşılayan bir bileşen; diğer bir anlatımla, bir malzeme olmalıdır. Bazı durumlarda, bir bileşen, birden fazla performans gereksinmesini karşılayabilmektedir. Bir sistem bileşeninin, belirli bir performans gereksinmesini karşılayabilmesi için, fiziksel özelliğinin, belirli bir değerde olması istenmektedir. Sistem bileşeninin sahip olması beklenen fiziksel özelliği, bileşenin performans kriteri olarak ifade edilmektedir. Örnek olarak, dış kabuk sisteminde, ısı akımının kontrol altına alan sistem bileşenlerinden biri ısı yalıtım malzemesidir, bu malzemenin performans kriteri ise, ısı iletkenlik değerinin düşük olmasıdır. İstenilen fiziksel performans gösteren dış kabuk sisteminin tasarımı ise, performans kriterleri belirlenmiş sistem bileşenlerinin bir araya getirilmesi ile gerçekleştirilmektedir.

Performans kriterleri belirlenmiş sistem bileşenlerinin bir araya getirilmesi ile tasarlanmış bir dış kabuk sisteminin, gerçek hizmet şartlarında, güvenli ve sağlıklı bir fiziksel performans gösterip gösteremeyeceğini belirleyen en önemli faktör; gerçek hizmet şartlarında, sistem bileşenlerinin fiziksel özelliklerinin, performans kriterini sağlayıp sağlayamadığıdır. Gerçek hizmet şartlarında, sistem bileşeninin fiziksel özelliği, kendisi için belirlenmiş performans kriterini sağlayamadığı durumda, bodrum hasarları meydana gelmektedir. Bu nedenle, performans değerlendirme yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerin amacı, bileşenin, gerçek hizmet şartlarının simule edildiği bir ortamda, bileşenin fiziksel özelliğine ait değerin ölçülmesi ve performans kriteri ile karşılaştırılmasıdır.

Bu çalışmanın amacı, yeraltı suyunun mevcut olduğu zeminde yer alan dış kabuk sisteminde, sistemde yer alan bitümlü örtülerin, su geçirimsizlik performansının belirlenmesi için bir yöntem geliştirmektir. Yeraltı suyu bulunan zeminde, dış kabuk sisteminin karşılaması gereken performans gereksinimleri ve bunlara bağlı olarak sistem bileşenleri ve bileşenlerin performans kriterleri aşağıda verilmektedir.

- Dış kabuk sistemi, yeraltı suyunun oluşturduğu basınç etkisine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır; bu nedenle, dış kabuk sisteminin strüktürel bileşenleri, betonarme perde duvar ve radye temel plağı olmalıdır. Strüktürel elemanlar için belirlenen performans kriteri ise, elemanların, yükleri, malzeme, basınç, çekme, kesme, eğilme dayanımları ve zemin taşıma kapasitesi güvenlik sınır değerleri içinde kalacak şekilde taşıması ve aktarmasıdır.
- Dış kabuk sistemi, suyu bünyesine almamalıdır. Bu nedenle, bu çalışmada, sistem bileşeni olarak bitümlü örtüler ele alınmıştır. Bitümlü örtü için belirlenen performans kriteri ise, basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olmasıdır.

Yeraltı suyu bulunan zeminde, betonarme perde duvar, temel plağı ve bitümlü örtüler ile dış kabuk sistemi iki şekilde tasarlanmaktadır. Bunlar, dıştan ve içten uygulamadır. Dıştan ve içten uygulamada, bitümlü örtüler, yeraltı suyunun yanı sıra

bir takım çevresel etmenlerin etkisi altında bulunmaktadır. Duvara uygulanan bitümlü örtüler, zemin yanal basıncının; döşemede yer alan örtüler ise, bina toplam yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri, basınç gerilmeleri ile birlikte, hava basıncının, taban plağında oluşan çekme gerilmelerinin ve taban betonunda oluşan çekme gerilmelerinin etkisi altında olmaktadır. Söz konusu etmenler, bitümlü örtüde şekil değişimine neden olmaktadır. Kısaca, dıştan ve içten uygulamada, şekil değiştirmiş bitümlü örtüler, basınçlı suyun etkisi altında olmaktadır.

Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında olan, diğer yüzeyi betonarme perde duvar ve temel plağı ile temas eden bitümlü örtüde; örtünün bünyesine suyun nüfuz etme ve taşınma olayları aşağıda açıklandığı şekilde gerçekleşebilmektedir.

- Belirli bir basınç etkisi altında sıvı formda su, örtünün yüzeyine gelmektedir. Örtünün bünyesinde, birbiriyle ilişkili mikro, kılcal veya makro boşlukların bulunması durumunda sıvı formda su, basınç etkisi ile boşluklara nüfuz etmekte ve boşluklar suya dolduktan sonra örtünün yapı elemanı ile temas eden yüzeyine ve yapı elemanının bünyesine, sıvı formda su olarak geçmektedir. Örtünün bünyesinde, birbiriyle ilişkili mikro, kılcal veya makro boşlukların bulunmaması durumunda sıvı formda su, basınç etkisi ile boşluklara nüfuz etmemekte ve örtünün yapı elemanı ile temas eden yüzeyine geçememektedir. Örtüden, sıvı formda su geçtiği durumda, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı; aksi taktirde, su geçirimsizlik özelliğinin olduğu kabul edilmektedir.
- Belirli bir basınç etkisi altında sıvı formda su, örtünün yüzeyine gelmektedir. Örtünün moleküller arası boşluk boyutunun, su molekül çapından büyük olması durumunda, sıvı formda su, moleküller arası boşlukta, kısmi buhar basınç farkı nedeniyle buharlaşabilmekte, boşluklar buhar formda suya doyduktan sonra buhar formda su, örtünün yapı elemanı ile temas eden yüzeyine ve yapı elemanının bünyesine geçebilmektedir. Buhar formda su, yapı elemanının sıcaklığına ve bağıl nem miktarına bağlı olarak, elemanın bünyesinde yoğunlaşabilmekte veya yüzeyde terleme olayı görülebilmektedir. Örtünün moleküller arası boşluk boyutunun, su molekül çapından küçük olması durumunda, buhar formda su, örtünün bünyesine nüfuz edememekte ve diğer yüzeyine geçememektedir. Örtüden buhar formda su geçmesi durumunda, örtünün su geçirimsizlik özelliği ile ilgili mevcut bir kabul olmamakla beraber, buhar formda su geçişinin yapı elemanlarında, donatı korozyonu, bodrum iç ortam bağıl neminin artması sonucu iç ortam konfor koşullarının bozulması, küf, mantar, vb. bodrum hasarlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle, bitümlü örtüden buhar formda suyun geçmesi durumunda, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı kabul edilmektedir.

Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtülerin bir yüzeyi, en fazla 24 saat basınçlı suya maruz bırakılmakta, ve örtünün diğer yüzeyinden, sadece, sıvı formda suyun geçip geçmediği, çıplak göz ile belirlenmektedir. Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtülerin kullanılmaması, buhar formda suyun geçişinin ölçülmemesi ve deney süresinin en fazla 24 saat olması nedeniyle; bu yöntemlerin, bitümlü örtülerin gerçek hizmet şartlarında kendilerinden beklenen performans kriterini sağlayıp sağlamadıklarının belirlenmesinde yetersiz kaldıkları kabul edilmiştir.

Şekil değiştirmiş bitümlü örtülerin, basınçlı su etkisi altında, sıvı veya buhar formda su geçirip geçirmediğlerinin tespit edilmesi için; diğer bir anlatımla, gerçek hizmet şartlarında, su geçirimsizlik özelliğinin kendisi için belirlenen performans kriterini

sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi için geliştirilen yöntemin aşamaları aşağıda verilmektedir.

- Dıştan ve içten uygulamada bitümlü örtüye etki eden çevresel etmenler tanımlanmış, örtüde meydana gelen şekil değişim değerleri ile basınçlı su değerleri bir araya getirilmiş ve bitümlü örtülerin gerçek hizmet şartlarındaki performans seviyeleri belirlenmiştir.
- Bitümlü örtülerin performans seviyelerinde sıvı formda su geçirip geçirmediğini tespit etmek ve buhar formda su geçirip geçirmediğini ölçmek; diğer bir anlatımla, bitümlü örtünün su geçirimsizlik özelliğini fiziksel olarak ölçmek için bir deney yöntemi geliştirilmiştir. Deney yönteminde, performans seviyelerinde belirlenen şekil değişim değerleri, örtü numunelerinde simule edilmiştir. Basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyinde, belirli bir süre, basınçlı su etkisi simule edilmiş ve deney süresi boyunca, örtünün diğer yüzeyinden buhar formda su geçip geçmediği, ölçme sistemi ile ölçülerek belirlenmiştir.

Yöntemin, tek katlı, enine doğrultuda, okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı (50 g/m^2 , 2.4 mm.), okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı (200 g/m^2 , 2.9 mm.) ve plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı (180 g/m^2 , 3 mm.) örtü numunelerinde denenmesi ile elde edilen sonuçlar, aşağıda verilmektedir.

- Bazı performans seviyelerinde, bazı örtü tiplerinden buhar formda su geçmektedir. Geçen buhar formda su, geçtiği ortamın sıcaklık ve bağıl nem miktarına bağlı olarak yoğunlaşmakta ve sıvı formda su olarak açığa çıkmaktadır. Buhar formda suyun, yapı ve kullanıcı sağlığına olumsuz etkileri olması nedeniyle; buhar formda suyun geçtiği durumlarda, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı kabul edilmiştir. Buhar formda suyun geçtiği performans seviyeleri ve örtü tipleri aşağıda verilmektedir.
 - 0.02 N/mm^2 basınç gerilmesi altında şekil değiştirmiş okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtü – 0.05 MPa su basıncı,
 - 0.8 N/mm^2 basınç gerilmesi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtü – 0.25 MPa hava basıncı ve 0.25 MPa su basıncı,
 - 0.5 N/mm^2 basınç gerilmesi ve 300 N/50 mm. çekme gerilmesi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtü – 0.25 MPa hava basıncı ve 0.25 MPa su basıncı,
 - 0.5 N/mm^2 basınç gerilmesi ve 200 N/50 mm. çekme gerilmesi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtü – 0.25 MPa su basıncı,
 - 0.5 N/mm^2 basınç gerilmesi ve 100 N/50 mm. çekme gerilmesi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtü – 0.25 MPa su basıncı.
- Diğer performans seviyelerinde uygulanan bitümlü örtülerden buhar formda suyun yanı sıra sıvı formda da su geçmemektedir. Bu nedenle, bu performans seviyelerinde, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca, mevcut deney yöntemlerinde, örtüden sıvı formda su geçtiğinin çıplak gözle belirlendiği durumlarda, bu durumun nedeninin örtünün su geçirimsizlik

özelliğinden kaynaklanmadığı, örtünün üretim aşamasında yapılan bir hatadan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

- Yöntemin, piyasada mevcut bütün bitümlü örtü tiplerine uygulanması ile, dıştan ve içten uygulamada, performans seviyelerinde su geçirimsizlik özelliğine bağlı olarak uygulanabilecek bitümlü örtü tipleri ortaya konulmakta, örtüler arasında karşılaştırma yapılabilmekte ve örtünün kullanılması ile de performans gereksinmesini sağlayan; diğer bir anlatımla, güvenli ve sağlıklı dış kabuk tasarlanabilmektedir.

Yöntemin değerlendirilmesi ile; yöntemin, gerçek hizmet şartlarında; diğer bir anlatımla, bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında olan ve kullanıldığı ortamda maruz kaldığı çevresel etmenler nedeniyle şekil değiştirmiş bitümlü örtülerin diğer yüzeyinden, bu yüzey ile temas eden yapı elemanlarının bünyelerine sıvı formda su geçip geçmediğinin tespitinde ve geçen buhar formda suyun miktarının ölçülmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.



A METHOD FOR DETERMINING THE WATERTIGHTNESS PERFORMANCE OF BITUMINOUS MEMBRANES USED IN EXTERNAL AND INTERNAL TANKING

SUMMARY

Basement is somewhat invisible and the envelope is sometimes ignored component of the building. The primary concern of the designer and the builder is to meet the safety requirement of the user; therefore, the only function of the basement envelope is established as structural adequacy. The user requirements such as health and comfort are ignored or the environmental agents that affect the basement envelope are not fully recognized; thus, less attention is given to separate the basement indoor climate from the outdoor soil climate. On the other hand, basement envelope system is surrounded by soil that may be damp, wet or frozen. The temperature of the ground surface remains nearly in phase with that of the air, however; below surface, in summer it decreases and in winter it increases linearly with depth. Basements are exposed to dead and live loads of the building as well as the lateral soil loads and sometimes the hydrostatic pressure due to the high levels of groundwater. As the basement envelope is exposed to below-grade environmental agents, it often fails to respond to the them and its performance proves to be unacceptable. Leaky and damp basements, corrosion of the reinforcements, cracked walls, frost-heaved walls, the smell of mould and mildew were some of the leading basement problems. These problems not only damage the basement envelope materials but they also represent a real health hazard. On the other hand, the occupants of most buildings expect that the basement indoor climate will provide a prime living space. In order to achieve an effective control of indoor climate, the occupants take some precautions such as using humidifiers during the winter and dehumidifiers during the summer to maintain an acceptable indoor relative humidity, re-excavating the soil around leaky basements, using extra equipment for heating and cooling and in extreme cases, rebuilding the basement envelope. In the end, the cost of these precautions pass on to the homeowners. Therefore, the occupants increasingly demand that the basement envelope shall provide an effective environmental separation besides structural adequacy. Today's home buyers want a healthy and energy-efficient home which they can not only afford to buy but, also afford to live in.

In order to develop a better understanding of the intended role that is to be played by the basement envelope for the people designing and constructing it, the need to establish performance requirements and criteria as well as developing performance evaluating techniques for the systems and the materials have arisen.

The aim is to design and build a basement envelope system which performs satisfactorily under the effects of the environmental agents and provides livable and usable basement indoor environment that satisfies user requirements. The user requirements for basements are determined as thermal comfort, safety and tightness. The other user requirements, such as visual comfort, acoustic comfort, hygiene, etc. are excluded as they are usually treated in the context of the entire building. According to the specified user requirements, the overall function of the basement envelope system, in conjunction with above-grade, is to provide

environmental separation, strength and stability to the loads of the building and structural support to the loads that are generated from environmental agents such as groundwater. The basement envelope system can be capable of functioning as intended, if performance requirements are satisfied. Performance requirements for basement envelope systems are developed from the performance analysis of the system; where the environmental agents that affect the system are identified, they are then related to the corresponding properties of the system and the processes involved in the interaction of the system with its environment are analyzed. The performance requirements for basement envelope systems are determined as, the basement envelope systems must resist lateral loads from the soil, the loads of the above structure, user loads, the hydrostatic pressure due to the high level of groundwater. It must prevent adfreezing and control frost penetration. Besides, basement envelope systems must prevent the penetration of splash water, capillary water, seepage water and groundwater. It must control the heat, air and vapor flow and prevent condensation. Durability is a major issue in basement envelope systems. Basement envelope system must create a protective environment for its components where they will be able to preserve their properties without any degradation and perform as intended over the service life of the system.

Basement envelope system involves multiple materials or system of materials which one of them must at least satisfy one requirement of the system. After the fundamental performance requirements for basement envelope systems are determined, the performance criteria for the components of the envelope which address the requirements are established. For example, the basement envelope system must control the heat flow; therefore, thermal insulation materials are used as the component of the system. The expected physical property of the material; in other words, the performance criteria of the material is established as that the material shall have low thermal conductivity. The basement envelope as a system will achieve satisfactory performance when all the components with the established performance criteria that address the needed performance requirements are put together and that all of them work together as intended. In actual service life, the satisfactory performance of the basement envelope system is achieved if the physical property of the material under actual service life meets the performance criteria. If not, basement problems occur. In order to find out, whether or not the criteria are met by the physical property of the material under actual service life, performance evaluation techniques are developed in which the typical conditions of real use are simulated.

The aim of the study is to develop a method to determine the watertightness performance of the bituminous membranes used in external and internal tanking. Basement walls and floors of new constructed buildings are sometimes exposed to water that exerts pressure from the outside due to the existence of high level of ground water. The performance requirements, the components of the system and the performance criteria of the components are as follows:

- Basement envelope system must prevent the penetration of groundwater. Therefore, the component of the system is selected as bituminous membranes. The performance criteria of the component is established as its coefficient of permeability should be zero.
- Basement envelope system must resist the hydrostatic pressure due to the groundwater. The components of the system are structural wall and floor slab. The performance criteria of the components is determined as the structural components must resist and transfer loads such that strength of materials and soil bearing capacities are within safety limits.

To resist the effects of hydrostatic pressure, the membrane, weak in itself, must be loaded by a mass of material at one side and must be protected from damage at the other side. Therefore, the bituminous membranes are sandwiched between two layers in either an 'external tanking' arrangement where the tanking is protected by a protective layer on the excavation side with the structural wall and floor slab internally or alternatively by an 'internal tanking' arrangement where the structural wall and floor slab retains the excavation and sandwiches the membrane with the protective layer internally. In both external and internal tanking, bituminous membranes are subjected to external agents which are lateral soil pressure, compressive pressure under the floor slab, air pressure, stresses developed due to the cracking of the concrete blinding and tensile stresses of the floor slab. Concisely, the external agents strain the bituminous membranes excessively. The mechanical properties of the bituminous membranes may withstand the stresses satisfactorily but on the other hand it is not known whether or not the strained bituminous membranes will maintain its watertightness property under hydrostatic pressure.

In external and internal tanking, water penetration and transportation mechanisms that may occur through and to the other surface of the membrane is as follows:

- If the membrane has micro, capillary and macro pores, water will penetrate through the membrane and will be transmitted to the other surface of the membrane and into the body of the structural wall and floor slab under the driving force of pressure. If the membrane does not have micro, capillary and macro pores, water will not penetrate through the membrane. It has been generally accepted that when water penetrates through the membrane, the membrane does not have watertightness property. Therefore, it cannot meet the performance criteria; thus, the envelope system can not fulfill the performance requirement.
- When one of the surfaces of the membrane comes into contact with water under pressure, water molecules in liquid form may evaporate through the molecular pores in the membrane due to the vapor pressure differential. If the size of the molecular pores is larger than the size of the water molecule, the molecular pores are filled with water vapor, and it is transmitted to the other surface of the membrane. The water vapor may penetrate into the body of the structural wall and floor slab; and may condense depending on the temperature and the relative humidity of the structural components. If the size of the molecular pores is smaller than the size of the water molecule, water vapor is not transmitted to the other surface of the membrane. In the case where the membrane permits the passage of water vapor, basement problems occur; therefore, it is agreed that the membrane does not have watertightness property.

Current standards and general performance documents comprising the test methods for determining the hydrostatic pressure resistance of bituminous membranes fall short to determine the watertightness property of bituminous membranes in actual service life. In the test methods, unstrained membranes are used, the leakage of water is observed by naked eye and a method to determine and measure whether or not the membrane permits the passage of water vapor under water pressure is not involved.

A method has been developed to determine whether or not strained bituminous membranes permit the passage of water in either liquid or vapor form under water pressure. The method is as follows:

- The external agents that strain the membrane excessively in external and internal tanking are identified; the values of the strain and the water pressure are put together as the performance levels of the bituminous membranes.
- A test method is developed in order to determine and measure whether or not the strained membrane permits the passage of water in either liquid or vapor form under water pressure. In the test method, the values of the strain, given in the performance levels, is simulated on the membrane sample; water pressure is exerted on one side of the strained membrane sample in the hydrostatic testing equipment and from the other side of the membrane, either the passage of liquid water is determined or the passage of water vapor is measured by a measurement system.

Oxidized bitumen membrane with unwoven glass fabric reinforcement (50 g/m²–2.4 mm.), oxidized bitumen membrane with woven glass fabric reinforcement (200 g/m²–2.9 mm.) and APP modified bituminous membrane with polyester mat reinforcement (180 g/m²–3 mm.) are the membrane samples that are used in the testing. The results of the tests are as follows:

- It has been detected that in some performance levels, some of the membrane samples have permitted the passage of water vapor. In all tests, water vapor has condensed and has been released as water in liquid form. The performance levels in which the membrane samples have transmitted water vapor is as follows:
 - Oxidized bitumen membrane with unwoven glass fabric reinforcement – 0.02 N/mm² compressive pressure, 0.05 MPa water pressure,
 - APP modified bituminous membrane with polyester mat reinforcement - 0.8 N/mm² compressive pressure, 0.25 MPa air pressure and water pressure,
 - APP modified bituminous membrane with polyester mat reinforcement - 0.5 N/mm² compressive pressure, 300 N/ mm. tensile stress, 0.25 MPa water pressure,
 - APP modified bituminous membrane with polyester mat reinforcement - 0.5 N/mm² compressive pressure, 200 N/ mm. tensile stress, 0.25 MPa water pressure,
 - APP modified bituminous membrane with polyester mat reinforcement - 0.5 N/mm² compressive pressure, 100 N/ mm. tensile stress, 0.25 MPa water pressure.
- In the remaining performance levels, the membrane samples have not permitted the passage of water in either liquid or vapor form. This points out that the leakage that is observed by naked eye through the membrane samples in the current test methods, is due to the existence of a defect in the membrane. The leakage can not be related to the watertightness property of the membrane.

- When testing is conducted in all types of the bituminous membranes that are found commercially, the membrane types that can be used in external and internal tanking depending on their watertightness property and the performance levels can be determined.

It has been concluded that the test method can measure the amount of the water vapor that has passed through the membrane and it can also determine the passage of liquid water through the membrane. Therefore, the method can be used in predicting the watertightness performance of the bituminous membranes under actual service life, and determining whether or not the membrane meets the performance criteria and the building envelope system fulfills the performance requirement.



1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

İnsan, kendini çevreleyen atmosfer, su, toprak vb. fiziksel koşulların; diğer bir anlatımla, doğal çevresel etmenlerin etkisi altındadır. Diğer bir yandan, insanın, ayakta durabilme, sabit vücut ısısı, duyuları ile algılama gibi özellikleri vardır. Bu nedenle, insan, kendisi ve gerçekleştirmek istediği eylemleri için çevresinde belirli fiziksel koşulların var olmasını ister; bunlar, kullanıcı gereksinimleri olarak ortaya çıkar. Böylece, doğal çevresel etmenlerin yanı sıra sosyal ve kültürel etmenlerin etkisi altında, fizyolojik, psikolojik ve sosyo-kültürel vb. kullanıcı gereksinimlerini karşılayan bir yapma çevreye ihtiyaç doğar.

Yapma çevre, bina ölçeğinde ele alındığında; bina, kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak farklı işlevlere sahip alt sistemlerden oluşur. Bunlar, işlevsel yapı elemanları, taşıyıcı sistem ve servis sistemleridir. İşlevsel yapı elemanları, dış duvar, çatı ve dış ortam ile ilişkili döşeme; diğer bir tanımlamayla, dış kabuk, iç duvar, döşeme, merdiven, pencere ve kapıdır. Dış kabuk, işlevsel yapı elemanları içinde ayrı bir öneme sahiptir; değişken dış iklim koşullarından, kullanıcı gereksinimlerine uygun bir iç ortam iklimine geçişi sağlayan bölmelerdir.

Dış kabuk, kendisi için belirlenen işlevleri yerine getirebilmek için farklı katmanlardan ve malzemelerden meydana gelmektedir. Bu nedenle, 'dış kabuk sistemi' olarak tanımlanmaktadır. Dış çevre, 'toprak üstü' ve 'toprak altı' olarak ele alındığında; dış kabuk sistemi de, 'toprak üstü dış kabuk sistemi' ve 'toprak altı dış kabuk sistemi' olarak tanımlanmaktadır. Toprak üstü dış kabuk sistemi, dış duvar, çatı ve dış ortama açık döşeme; toprak altı dış kabuk sistemi ise, bodrumlu binalarda, bodrum dış duvarı ve bodrum döşemesi; bodrumsuz binalarda, zemine oturan zemin kat döşemesi veya temel duvarı ve zemine oturmayan zemin kat döşemesidir.

Bina tasarım ve yapımında yer alan kişilerin esas amacı, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, sağlık, güven, konfor, eylemlerden kaynaklanan gereksinimler gibi kullanıcı gereksinimlerine uygun kullanılabilir ve yaşanabilir bir iç ortam oluşturan ve güvenli ve sağlıklı bir fiziksel performans gösteren toprak üstü dış kabuk sistemi

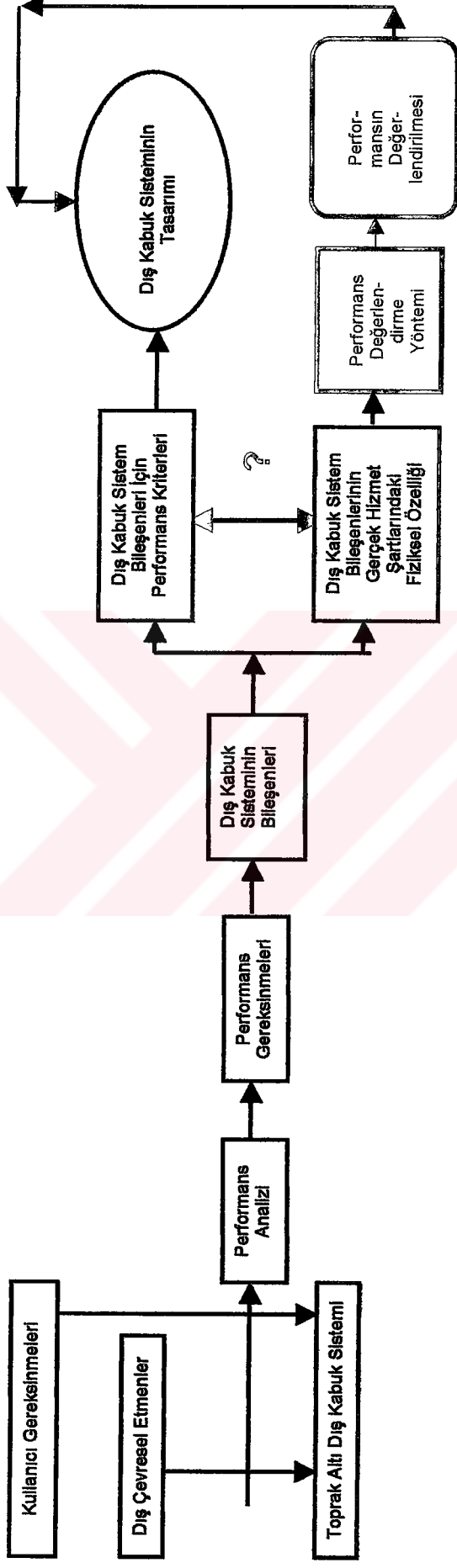
tasarlamaktır. Bu nedenle, toprak üstü dış kabuk sisteminin sahip olması gereken işlevleri, etkin dış çevresel etmen denetimi yapmak ve dış çevresel etmenlerden kaynaklanan yüklere karşı strüktürel destek sağlamak olarak belirlenmektedir. Dış kabuk sisteminin işlevlerini yerine getirebilmesi için de, araştırmacılar, sistem ve bileşenleri ile ilgili bir çok çalışma yapmaktadır. Dış duvar, çatı ve dış ortama açık döşemeye ait performans analizleri yapılmakta ve meydana gelebilecek hasarlar ortaya konulmaktadır. Böylece, dış kabuk sistemi için çeşitli performans gereksinimleri ve sistem bileşenleri için performans kriterleri belirlenmekte; performans değerlendirme teknikleri geliştirilmektedir. Sonuçta, toprak üstü dış kabuk sistemi için performans şartnameleri ve standartları hazırlanmakta ve uygulanmaktadır.

Diğer taraftan, tasarımcılar ve inşaatçılar, bodrum iç ortamında, kullanıcı gereksinimlerinden, sadece, güvenlik gereksinmesine önem vermekte; bu nedenle, toprak altı dış kabuk sisteminin işlevleri, taşıyıcılık ve dış çevresel etmenlerden kaynaklanan yüklere karşı strüktürel destek sağlamak olarak belirlenmektedir. Oysa, kullanıcı, bodrum iç ortamını da önemli bir yaşam ve çalışma alanı olarak değerlendirmektedir. Bodrum iç ortamında, sağlık, konfor vb. kullanıcı gereksinimleri ile dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmenler dikkate alınmamakta, toprak altı dış kabuk sistemi, etkin dış çevresel etmen denetim işlevini yerine getirememektedir. Diğer bir anlatımla, toprak altı dış kabuk sistemine etki eden etmenler ile dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri arasında gelişen olaylar sonucunda, binanın hizmet ömrünü azaltan ve kullanıcı sağlığını olumsuz yönde etkileyen bodrum hasarları meydana gelmektedir. Yaz aylarında nem oranı yüksek ve sıcak, kış aylarında soğuk olan bodrum iç ortam ikliminde, konfor koşulları istenilen düzeyde sağlanamamaktadır. Toprak üstü dış kabuk sisteminde ısı yalıtımı yapılmış bir binada, bina toplam ısı kayıp ve kazançların büyük bir kısmı toprak altı dış kabuk sisteminde gerçekleşmekte; bu nedenle, ısıtma ve soğutma için harcanan enerji miktarı artmaktadır. Ayrıca, dış kabuk sisteminde bazı hasarlara da rastlanılmaktadır; bunlardan bazıları, donatı korozyonu, ıslak ve nemli bodrum duvar ve döşemelerinde küf ve mantar oluşumu, bitirme malzemelerinin bozulması, bodrum duvar ve döşemelerini meydana getiren malzemelerin mekanik dayanımlarının bozulması sonucunda oluşan deformasyonlardır. Bu nedenle, kullanıcı, çeşitli önlemler almaktadır; ıslak bodrum duvarlarını çevreleyen topraklarında yeniden hafriyat yapılmakta, kışın nem verici, yazın ise nem alıcı mekanik ekipman veya kimyasal maddeler, ısıtma ve soğutma için ek ekipmanlar kullanılmakta ve en uç durumlarda da, bodrum dış kabuğu

yeniden inşa edilmektedir. Sonuçta, alınan tüm önlemlerin maliyeti, kullanıcıya yük olmaktadır. Günümüzde, kullanıcı, bütçesiyle, ilk yatırım maliyetinin yanı sıra işletme, bakım ve onarım maliyetlerini de karşılayabildiği, sağlıklı ve konforlu binalar istemektedir. Böylece, toprak üstü dış kabuk sistemi ile ilgili çalışmaların yanı sıra, yapı endüstrisine bilgi sağlayacak, toprak altı dış kabuk sistemine ilişkin çalışmaların da yapılması gereği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, toprak altı dış kabuk sistemi ele alınmakta ve toprak altı dış kabuk sistemi yerine, kısaca, dış kabuk sistemi terimi kullanılmaktadır. Genel olarak amaç, kullanıcı gereksinimlerine uygun, kullanılabilir ve yaşanabilir bir bodrum iç ortamı sağlayan güvenli ve sağlıklı bir dış kabuk oluşturmaktır. Bu nedenle, iç ortamı çevreleyen dış kabuk sistemi, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, istenilen nitelikte bir iç ortamı sağlayabilen bir fiziksel performans göstermelidir. Fiziksel performansı istenilen nitelikte olan bir toprak altı dış kabuk sisteminin tasarımı ve konstrüksiyonu için 'performans yaklaşımından' yararlanılarak bir model oluşturulmuş ve aşamaları, aşağıda, sırasıyla verilmiştir, Şekil 1.1, [1].

- Dış kabuk sisteminin çevrelediği bodrum iç ortamının, kullanıcı eylemlerine ve özelliklerine bağlı olarak sahip olması istenilen gereksinimler, diğer bir anlatımla, kullanıcı gereksinimleri belirlenmektedir.
- Dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmenler tanımlanmakta ve sınıflandırılmaktadır.
- Dış kabuk sistemini meydana getiren malzemelerin fiziksel özellikleri ile dış kabuk sistemine etki eden çevresel etmenler arasında gelişen süreç, diğer bir anlatımla, dış kabuk sisteminin fiziksel performansı analiz edilmektedir.
- Dış kabuk sisteminin, kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak şekilde, dış çevresel etmenlerin etkisi altında nasıl davranması gerektiği, 'performans gereksinimleri' olarak ifade edilmektedir.
- Dış kabuk sisteminde, belirli performans gereksinimlerini karşılayan, belirli sistem bileşenleri; diğer bir anlatımla, belirli malzemeler bulunmaktadır. Bu aşamada, dış kabuk sistemi için belirlenmiş olan performans gereksinimlerini karşılayan sistem bileşenleri belirlenmektedir.
- Bir malzemenin, belirli bir performans gereksinmesini karşılayabilmesi için, fiziksel özelliğinin, belirli bir değerde olması istenmektedir. Dış kabuk sistem



Şekil 1.1 Toprak Altı Dış Kabuk Sisteminin Tasarımı İçin Bir Model

bileşenin sahip olması istenilen belirli bir değerdeki fiziksel özelliği, bileşenin 'performans kriteri' olarak ifade edilmektedir.

- İstenilen fiziksel performansa sahip bir dış kabuk sistemi, performans kriteri belirlenmiş bileşenlerin bir araya getirilmesi ile tasarlanmaktadır. Ayrıca, sistem bileşenleri, fiziksel özelliklerini hizmet ömrü boyunca bozulmadan koruyabilmelidir.

Gerçek hizmet şartlarında, dış kabuk sisteminin istenilen fiziksel performansı gösterip gösteremeyeceğini belirleyen en önemli faktör, gerçek hizmet şartlarında, sistem bileşeninin fiziksel özelliğinin, performans kriterini sağlayıp sağlamadığıdır. Bu aşamada, performans değerlendirme yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerin esası, bileşenin gerçek kullanımdaki şartlarının simule edildiği bir ortamda, bileşenin fiziksel özelliğinin değerini ölçmektir. Yöntemin sonucunda ölçülen değer, performans kriterini sağlayıp sağlamadığı belirlenir. Söz konusu değer, performans kriterini sağladığı durumlarda, dış kabuk sistemi istenilen performansı göstermekte; aksi takdirde, bodrum hasarları meydana gelmektedir. Kısaca, dış kabuk sisteminin istenilen performansa sahip olacak şekilde tasarlanmasında ve işlev görmesinde, performans değerlendirme yöntemlerinin önemli bir rolü bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, toprak altı dış kabuk sisteminde yer alan bitümlü örtülerin basınçlı su etkisi altında geçirimsizlik performansının belirlenmesi için bir yöntem geliştirmektir, Şekil 1.2. Bu nedenle, çalışmanın kapsamında, toprak altı dış kabuk sistemi için performans gereksinimleri, dış kabuk sistem bileşenleri ve bileşenler için performans kriterleri belirlenmektedir.

Toprak altı dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmen olarak, sadece, yeraltı suyu ele alındığında, dış kabuk sisteminin karşılaması gereken performans gereksinimlerinden biri, 'suyun, bünyesine nüfuz etmesini önlemek' olarak belirlenmektedir. Dış kabuk sisteminin bünyesine suyun nüfuz etmesini önleyen sistem bileşeni olarak bitümlü örtüler ele alınmaktadır. Bitümlü örtü için belirlenen performans kriteri ise, örtünün basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olmasıdır. Yeraltı suyu bulunan zeminlerde, bitümlü örtünün yer aldığı dış kabuk sistemleri ise dıştan ve içten uygulamadır.

Basınçlı su geçirimsizliği, bitümlü örtüler, dıştan uygulama ve içten uygulama ile ilgili incelemeler yapıldığında, aşağıdaki tespitler ortaya çıkmaktadır.

- Dıştan ve içten uygulamada, bitümlü örtülerin, basınçlı suyun yanı sıra bir takım çevresel etmenlerin de etkisi altında olduğu ve bu etmenlerin, bitümlü örtünün fiziksel özelliklerine etkisi sonucunda örtünün şekil değiştirdiği belirlenmektedir.
- Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altındaki bitümlü örtünün bünyesinden, diğer yüzeyine ve bu yüzey ile temas eden duvar ve döşemenin bünyesine, sıvı formda suyun yanı sıra buhar formda suyun da geçme olasılığı bulunmaktadır. Bitümlü örtünün diğer yüzeyine sıvı formda su geçtiği durumda, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı; diğer bir anlatımla, performans kriterini sağlamadığını ve bodrum hasarlarının oluşabileceği düşünülmektedir. Oysa, örtüden, buhar formda suyun geçişi de bodrum hasarlarına neden olabilmektedir. Bu hasarlar, aşağıda açıklanmaktadır.

- Örtüden geçen buhar formdaki su, örtünün uygulandığı betonarme perde duvar ve radye temel plağının sıcaklık ve bağıl nem miktarına bağlı olarak, yapı elemanının bünyesinde yoğunlaşmakta veya iç yüzeyinde terleme olayı görülmekte; diğer bir anlatımla, sıvı formda su oluşmaktadır. Bu durumda;
- İç yüzeyde, su emme değeri yüksek bir ısı yalıtım malzemesinin bulunduğu durumda, ısı yalıtım malzemesi, suyu emmekte ve ısı iletkenlik değeri artmaktadır. Bu durumda, ısı yalıtım malzemesinin ısı performansı yetersiz olmaktadır.
- Yapı elemanının bünyesinde sıvı formda su oluşması durumunda, şartlara bağlı olarak, sıvı formda su iç ortama doğru kurumakta; bu nedenle, iç ortam havasının bağıl nem miktarı artmakta ve konfor koşulları bozulmaktadır. Bu aşamada görülebilen diğer bir hasar tipi de çiçeklenme, küf ve mantar oluşumu ile bitirme malzemelerindeki bozulmalardır.
- Yapı elemanı bünyesinde bağıl nem miktarının artması veya bünyede sıvı formda su oluşması durumunda, örtünün uygulandığı betonarme perde duvar ve radye temel plağındaki çelik donatılarda korozyon meydana gelmektedir.

Günümüzde, bitümlü örtülerin, basınçlı su etkisi altında su geçirimsizlik özelliğini belirlemekte kullanılan bazı deney yöntemleri bulunmaktadır. Mevcut deney yöntemleri incelendiğinde, bu yöntemlerin, gerçek hizmet şartları altında bitümlü örtünün, su geçirimsizlik özelliğinin, performans kriterini sağlayıp sağlayamadığının belirlenmesinde yetersiz kaldığı ortaya çıkmaktadır. Bunun nedenleri aşağıda açıklanmaktadır.

- Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtüler kullanılmakta; gerçek kullanım şartlarında, örtüde meydana gelen şekil değişimini simule eden mevcut bir yöntem bulunmamaktadır. Bu nedenle, mevcut deney yöntemleri, bitümlü örtülerin kalitesini belirlemeye yönelik olmakta, gerçek hizmet şartlarındaki su geçirimsizlik performansını ortaya koyamamaktadır.
- Bitümlü örtülerden, buhar formdaki suyun geçişini belirleyen mevcut bir yöntem bulunmamaktadır. Mevcut deney yöntemlerinde, bir yüzeyi belirli bir basınç değerindeki suyun etkisi altında olan şekil değiştirmemiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden geçebilen sıvı formda su, çıplak gözle ile belirlenmekte ve örtünün su geçirimsizlik özelliği, bu şartlar altında değerlendirilmektedir. Bu nedenle, mevcut deney yöntemleri, bitümlü örtünün, gerçek hizmet şartlarındaki su geçirimsizlik performansını ortaya koyamamaktadır.
- Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtü, en fazla 24 saat basınçlı su etkisine maruz bırakılmakta ve su geçirimsizlik özelliği bu sürenin sonunda belirlenmektedir; oysa, gerçek hizmet ömründe, bitümlü örtü, karşılaştırılmayacak kadar uzun bir süre basınçlı suyun etkisine maruz kalmaktadır.

Yukarıda açıklanan nedenlere bağlı olarak, gerçek hizmet şartlarında, bitümlü örtünün, su geçirimsizlik özelliğinin ve bu özelliğinin performans kriterini sağlayıp sağlayamadığının belirlenmesi; diğer bir anlatımla, gerçek hizmet şartlarında, bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında olan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden buhar ya da sıvı formda su geçip geçmediğinin belirlenmesi için yeni bir yöntemin geliştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Geliştirilecek yöntemin aşamaları, aşağıda, sırasıyla verilmektedir.

- Dıştan ve içten uygulamada bitümlü örtüye etki eden çevresel etmenler, bu etmenler ile bitümlü örtünün fiziksel özellikleri arasında gelişen süreç ve sonuçta bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimleri tanımlanmalıdır.

- Bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimlerin değerleri ile örtüye etki eden yeraltı suyu basınç değerleri bir araya getirilerek, bitümlü örtünün performans seviyeleri belirlenmelidir.
- Dıştan ve içten uygulamada yer alan bitümlü örtülerin performans seviyelerinde, su geçirimsizlik performansını fiziksel olarak ölçmek için bir deney yöntemi geliştirilmelidir. Deney yönteminin hedefleri, aşağıda açıklanmaktadır.
 - Bitümlü örtülerde, örtünün performans seviyelerinde belirlenen değerlerdeki şekil değişimi simule etmektir.
 - Şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyinde, belirli bir süre, örtünün performans seviyelerinde belirlenen değerlerdeki basınçlı suyun etkisinin simule edildiği basınçlı su deney aleti geliştirmektir.
 - Bir yüzeyi, mevcut deney yöntemlerindeki süreden daha uzun bir süre, basınçlı suyun etkisi altında bulunan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden geçebilecek sıvı formda suyun geçişini tespit eden ve buhar formda suyun geçişini ölçebilen bir ölçme sistemi geliştirmektir.
- Deney yönteminde elde edilen veriler, örtünün su geçirimsizlik performansının değerlendirilmesinde kullanılabilecek şekilde düzenlenebilir olmalıdır.

Yöntemin, bitümlü örtülerde denenmesi ile elde edilmesi beklenen sonuçlar aşağıda açıklanmaktadır.

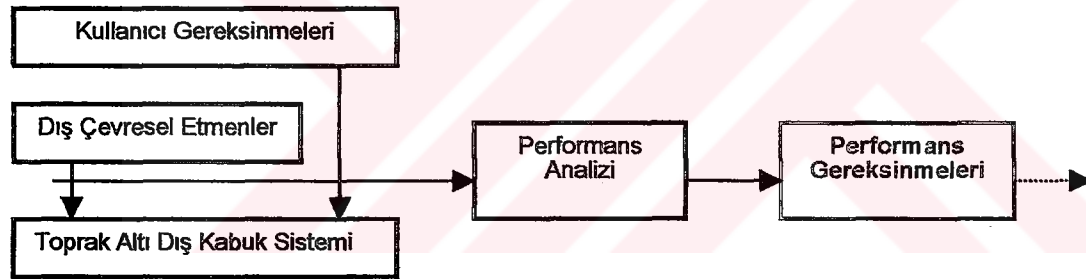
- Bir tip bitümlü örtünün, sıvı veya buhar formda su geçirmediği performans seviyeleri belirlenmelidir.
- Yukarıda açıklanan işlemin çeşitli örtü tiplerinde yapılması sonucunda, bir performans seviyesinde su geçirimsiz olması nedeniyle kullanılabilecek bitümlü örtü tipleri ortaya konulmalıdır. Sonuçta, performans seviyelerinde, kullanılabilecek bitümlü örtü tipleri ile dış kabuk sistemi tasarlanmalıdır.

Söz konusu örtü tiplerinin dış kabuk sisteminde kullanılması ile, dış kabuk sistemi, gerçek hizmet şartlarında, sağlıklı ve güvenli bir fiziksel performans gösterebilecektir.

2. BİNA TOPRAK ALTI DIŞ KABUK SİSTEMİ İÇİN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ

Dış çevresel etmenlerin etkisi altında, toprak altı dış kabuk sisteminin çevrelediği bodrum iç hacmi, kullanıcı gereksinimlerine uygun, kullanılabilir ve yaşanabilir bir ortam olmalıdır. İç ortamı çevreleyen dış kabuk sistemi, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, istenilen nitelikte bir iç ortamı sağlayabilen bir fiziksel performans göstermelidir. Bu nedenle, ilk olarak, dış kabuk sistemi için performans gereksinimleri belirlenmelidir.

Bu bölümde, dış kabuk sistemi için performans gereksinimleri belirlenmektedir. Performans gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılan model, Şekil 2.1'de verilmekte ve bu modelin aşamaları, sırasıyla açıklanmaktadır.



Şekil 2.1 Dış Kabuk Sistemi İçin Performans Gereksinimlerinin Belirlenmesini Gösteren Model

- Dış kabuk sisteminin çevrelediği bodrum iç ortamının, kullanıcı eylemlerine ve özelliklerine bağlı olarak sahip olması istenilen gereksinimler; diğer bir anlatımla, kullanıcı gereksinimleri, güvenlik, sızdırmazlık ve higrotermal konfor olarak belirlenmektedir. Yangına karşı güvenlik, kullanımdaki güvenlik, akustik konfor, görsel konfor, hijyen, vb. gereksinimler, binanın bütününde yer alan gereksinimler olarak ele alınması gerektiğinden, burada ele alınmamaktadır.
- Dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmenler, dış kabuk sisteminin nem ve sıcaklık rejimini oluşturan çevresel etmenler ve sisteme etki eden yükler olarak tanımlanmakta ve yağmur ve zemin suları, yapı elemanı içindeki sular,

zemin sıcaklıkları, binanın statik ve dinamik yükleri, vb. olarak sınıflandırılmaktadır.

- Dış kabuk sistemini meydana getiren malzemelerin fiziksel özellikleri ile dış kabuk sistemine etki eden çevresel etmenler arasında gelişen süreç, diğer bir anlatımla, dış kabuk sisteminin işlevsel ömrü aşamasındaki performansı analiz edilmekte ve oluşabilecek hasarlar tanımlanmaktadır. Örneğin, dış kabuk sisteminin nem rejiminde, suların dış kabuk sisteminin bünyesine nüfuz etmesi, taşınması tanımlanmakta ve dış kabuk sisteminde nem rejiminin neden olduğu hasarlar belirlenmektedir.
- Dış kabuk sisteminin, kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak şekilde, dış çevresel etmenlerin etkisi altında nasıl davranması gerektiği, performans gereksinimleri olarak ifade edilmektedir.

2.1. Dış Kabuk Sisteminin Nem Rejimi

Bir binanın işlevsel ömrünü azaltan, bina enerji performansını, insan sağlığı ve konforunu etkileyen en önemli faktörlerden biri dış kabuk sisteminin sahip olduğu nem rejimidir. Nem rejimi, binanın işlevsel ömrü boyunca, bir dış kabuk sistemini çevreleyen ortamlarda yer alan sıvı veya buhar formdaki su ile dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri arasındaki etkileşim sonucunda, dış kabuk sisteminin içinde suyla ilgili gelişen değişimin bütünüdür.

2.1.1. Dış Kabuk Sisteminin Nem Rejimini Oluşturan Çevresel Etmenler

Bodrum duvar ve döşemelerini çevreleyen ortam, zemin ve bodrum iç ortam iklimidir; bu nedenle, dış kabuğun nem rejimini oluşturan sular, bu ortamlarda ve dış kabuğu oluşturan malzemelerde yer alan sulardır. Bunlar, yağmur ve zemin suları, yapı elemanı içindeki sular ve bodrum iç ortamından kaynaklanan sulardır.

2.1.1.1. Yağmur Ve Zemin Suları

Yağışla karalar üzerine düşen suların bir kısmı bitkiler tarafından alıkonulmakta, diğer bir kısmı da, yeryüzündeki boşluklu ortama sahip zemin içerisine sızmakta ve geri kalanı da yüzeysel akış ile eğim yönünde drenaj oluklarına, derelere, nehirlere ve buradan göller ve denizler gibi yüzeysel sulara ulaşmaktadır, [2, s. 2]. Yağış sularının, yeryüzünden, geçirgen, homojen ve izotrop bir ortam içerisinde derinlere

doğru düşey dağılışı incelendiğinde, suyun yeraltında farklı şekillerde ve bölgelerde bulunduğu görülmekte ve bunlara 'zemin suları' adı verilmektedir. Yağışlardan sonra zemin içine sızan su, buradaki inorganik tanelerin büyüklük, biçim, tür ve dizilişlerine göre değişik oranlarda gelişen boşluk hacimlerinden geniş kaba gözeneklerden hızla, dar kaba gözeneklerden yavaş olarak yerçekimi kuvvetinin etkisi altında aşağılara doğru hareket etmektedir. Bu suya, 'sızıntı suyu' adı verilmektedir. Sızıntı suyunun uzaklaşmasından sonra zemin içerisindeki orta ve ince gözenekler su ile dolu olarak kalmaktadır. Zeminde taneciklerin etrafında, orta ve ince gözeneklerde adezyon ve kohezyon kuvvetleri ile tutulan suya, 'kapiler su' adı verilmektedir. Kapiler suyun uzaklaşmasından sonra taneciklerin etrafını birkaç molekül kalınlıkta, bir film şeklinde kaplayan suya, 'higroskopik su' adı verilmektedir. Eğer, su miktarı daha da azalırsa, su, sadece taneciklerin birbirlerine temas ettiği köşelerde tutulmakta; buradaki suya 'askıda su' adı verilmektedir. Zeminin boşluk hacimlerinde, sızıntı, kapiler, higroskopik ve askıda suyu ile birlikte hava da bulunmaktadır, [3, s.114].

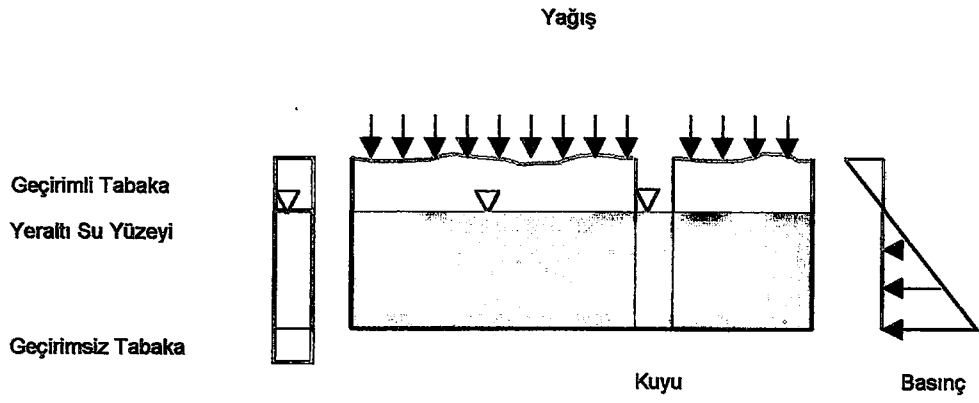
Aşağıya doğru hareketine devam etmekte olan sızıntı suyu, zeminin boşluk hacimleri boyunca derinlere kadar inmekte ve suyu geçirmeyen bir tabakaya gelince, bu tabakanın üst kısmında yer alan zeminin boşluk hacimlerinde birirmektedir. Böylece, zeminin boşluk hacimlerinde su ile dolu bir kısım oluşmaktadır. Zeminin boşluk hacimlerini dolduran su kütesine 'yeraltı suyu', yeraltı suyunun üst yüzeyine de 'yeraltı suyu yüzeyi' adı verilmektedir. Bu yüzey, geçirimsiz tabaka ile yeraltı suyu yüzeyi arasında kalan doymuş bölge ile yeraltı suyu yüzeyi ile zemin üst yüzeyi arasında kalan doymamış bölgeyi birbirinden ayırmaktadır. Yeraltı su yüzeyinin hemen üzerinde, yeraltı suyunun orta ve ince gözenekler içerisinde, yüzey gerilim kuvvetleri tarafından yükselerek tutunduğu bir bölge bulunmaktadır. Bu bölgeye, 'kapiler saçak'; bu bölgede yükselen suya da 'kapiler su' adı verilmektedir, [4, s. 30]. Ortalama kapiler su yüksekliği, zemin cinslerine bağlı olarak değişmektedir. Zemin cinsinin çakıl, kum, silt veya kil olduğu durumlarda, ortalama kapiler su yükseklikleri, sırasıyla, 0, 10-100, 100-1000 ve 1000 cm.den fazladır.

Yeraltı suyuna ev sahipliği yapabilen, boşluk hacmi bulunan, dolayısıyla boşluk hacmi tamamıyla su ile dolabilen, suyu bir noktadan diğerine kolaylıkla iletebilen; diğer bir anlatımla, porozitesi ve geçirgenliği yeter derecede yüksek olan geçirimsiz zemin cinsleri, çakıl, kum, kumtaşı, alüvyon, oyuklu kireçtaşı, çatlaklı mermer, kırıklı granit, parçalanmış kuvarsit ve bazalttır. Bünyesinde boşluk hacmi bulunan, suyu yavaş emebilen ve bünyesinde depolayabilen; ancak, bu suyun bitişik tabakadaki

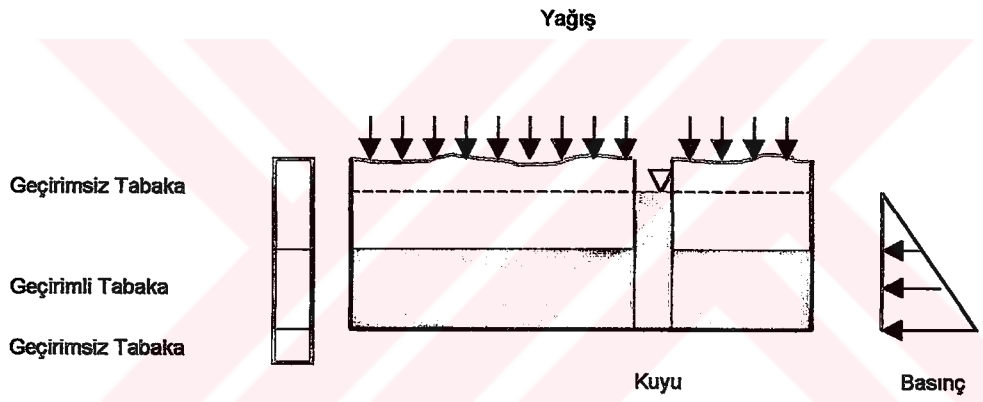
boşluk hacimlerine akışını geciktiren ama engellemeyen, nispeten geçirimsiz olarak kabul edilen zemin cinsleri ise kil ve killi şisttir. Bünyesinde boşluk hacmi olan; ancak, bunların birbirleri ile bağlantısı olmadığı için bünyesine suyu almayan ve bu nedenle, suyu iletebilme özelliğine sahip olmayan geçirimsiz zemin cinsleri ise fiziksel ve kimyasal ayrışmaya uğramamış granit, siyenit, diyorit ve gabro gibi iç püskürük taşları, pegmatit ve aplit gibi damar taşları, gnays, mikaşist, mermer ve serpantin gibi başkalaşım kayalarındır, [2, s. 9].

Doğada, bu tür zemin cinsleri farklı şekillerde bir araya gelip karmaşık yeraltı suyu alanlarını meydana getirmektedirler. Şekil 2.2'de, geçirimsiz bir tabaka üzerinde geçirimli bir tabaka yer almaktadır. Yeraltı suyu, yağışlardan dolayı oluşan infiltrasyondan beslenmektedir. Yeraltı su seviyesi, yağış miktarına ve sızma oranına bağlıdır. Yeraltı suyu yüzeyi, doymuş bölgenin üst sınırını oluşturmakta ve bu yüzey boyunca basınç, atmosfer basıncına eşit olmaktadır. Doymuş bölgedeki basınç dağılımı hidrostatiktir; diğer bir anlatımla, basınç, yeraltı su seviyesinden aşağıya doğru doğrusal olarak artmaktadır. Kapiler saçakta negatif basınç görülmekte; bu basınçların değeri, yeraltı su yüzeyinden yukarıya doğru artmaktadır. Şekil 2.3'de, iki geçirimsiz tabaka arasında geçirimli bir tabaka yer almaktadır. Bu tür bir tabakalaşma sonucunda yeraltı suyunun direkt olarak yağışlardan beslenmesi mümkün olmamaktadır. Eğer, geçirimli zemin tamamiyle suya doygun ise, bu zemin içerisindeki herhangi bir noktadaki basınç, atmosfer basıncından daha fazla olmaktadır. Atmosfer basıncın olduğu seviye, geçirimli zeminin üzerinde yer alan geçirimsiz zeminin içindeki hayali bir seviyede; bazen, yeryüzünün üzerindedir. Yeraltı su yüzeyinin üzerindeki doymamış bölgede, mercek şeklinde geçirimsiz tabaka üzerindeki geçirimli tabaka içerisinde infiltrasyon sonucu sızıntı suları toplanabilmektedir, Şekil 2.4. Yukanda anlatılan örneklerdeki geçirimsiz tabaka, kil ve killi şist gibi nispeten geçirimsiz zemin cinslerinden biri olabilir. Bu durumda, yukanda anlatılan örnekler için belirtilen özellikler geçerli olmakla beraber, aynı zamanda, geçirimli tabakadan nispeten geçirimsiz tabakaya doğru bir yeraltı suyu akış özelliği de bulunmaktadır, [2, s. 31].

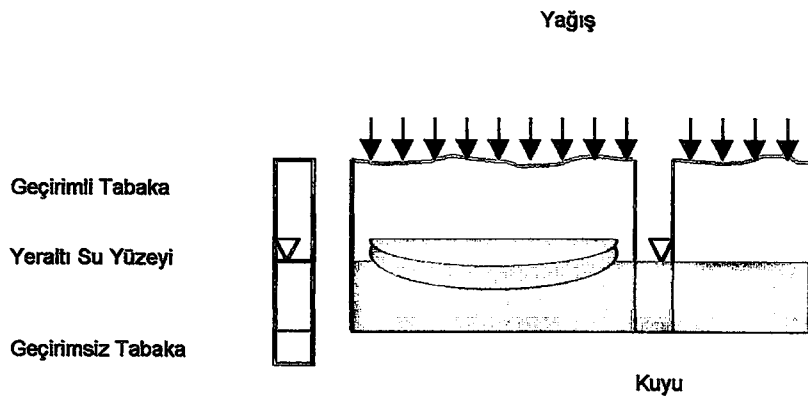
Yeraltı suyu, zeminin boşluklarında hareketsiz durumda bulunabildiği gibi, birbirine bağlı boşluklarından geçerek akış durumunda da olabilmektedir. Yeraltı suyunun akışı, yerçekiminin etkisiyle yukarıdan aşağıya doğru düşey yönde olabilmektedir. Akış, yeryüzü topografyasının şeklinden kaynaklanan hidrolik eğime bağlı olarak; diğer bir anlatımla, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru yanal veya aşağıdan yukarı doğru düşey yönde de olabilmektedir. Bu nedenle, yeryüzü



Şekil 2.2 Serbest Su



Şekil 2.3 Mahpus Su



Şekil 2.4 Askıda Su

altındaki yeraltı su yüzeyi sürekli olarak değişkenlik göstermektedir. Yeraltı su yüzeyinin değişken olmasına diğer bir sebep de düşen yağış miktarının, mevsimsel değişimlere bağlı olarak artması veya azalmasıdır. Özellikle ılıman iklimlerde, yağışların artması ile yeraltı su yüzeyi yükselmekte; azalması ile de su yüzeyi düşmektedir. Yeraltı su yüzeyi, kışın ve ilkbaharda en yüksek seviyede iken yazın en düşük seviyededir.

2.1.1.2. Yapı Elemanı İçindeki Sular

Bunlar, adsorbe su, kimyasal bileşimdeki su ve konstrüksiyon suyudur.

Adsorbe su

Yapı elemanını meydana getiren malzemelerin çoğu gözeneklidir. Bu gözenekler, suyun tutunabileceği büyük iç yüzey alanları oluşturmaktadır. Bu tür higroskopik yapı malzemelerinde tutulan suyun miktarı, yapı malzemesini çevreleyen ortamdaki havanın bağıl nemi ile ilişkili olmaktadır. Malzemelerin, belirli bir sıcaklık derecesinde, nem içerikleri ile ortam havasındaki bağıl nem miktarları arasındaki ilişki, 'sorpisyon eğrileri' adı verilen grafikler ile ifade edilmektedir. Diğer bir anlatımla; adsorbe su, bir malzemenin, malzemeyi çevreleyen ortam havasının sıcaklık ve bağıl nem koşullarına ve malzemenin higroskopik yapısına göre sürekli olarak bünyesinde barındırdığı nem miktarıdır, [5].

Kimyasal bileşimdeki su

Bir kimyasal bileşiğin oluşumu için ayrı malzemelerin belirli molekül oranlarına ihtiyaç vardır. Bileşimin oluşması için suyun gerekli olduğu durumda, su kimyasal bileşimdedir ve bu suyun hareket edebilmesi için bileşiğin belirli şartlar altında bozulması gerekmektedir. Örneğin, bir molekül Ca(OH) ile bir molekül su birleşirse, bir molekül Ca(OH)_2 oluşmaktadır. Bu moleküllerden biri olmaz ise bileşik oluşmamaktadır. Bu bileşimi oluşturacak gerekli miktarda sudan daha fazla su bulunsa dahi, bu bileşik oluşmakta; ancak, geri kalan su bileşime girmemektedir. Kimyasal bileşimdeki su, oda sıcaklığında, genel olarak, bileşimden ayrılmamaktadır. Bu su, özellikle beton ve harçlarda bulunmaktadır. Betonun kimyasal olarak kuruması sonucunda, katkı suyu çimento ile kimyasal bileşime girerek beton katılaşmaktadır. Bu süreç, normal sıcaklıkta geri dönüşümsüzdür. Arta kalan su ise, zamanla buharlaşarak beton içinde mikro boşlukların kalmasına neden olmaktadır, [6, s. 234].

Konstrüksiyon suyu

Beton, harç ve kereste gibi yapı malzemeleri, konstrüksiyonları tamamlandıktan sonra, bünyelerinde önemli miktarda su barındırmaktadırlar. Bu suyun büyük bir miktarı, ilk yıl açığa çıkmaktadır. Bu nedenle, bodrum iç ortamında, yüksek nem ve yoğuşma problemlerine rastlanılmaktadır, [7].

2.1.1.3. Bodrum İç Ortamından Kaynaklanan Sular

Bunlar, insan ve eylemleri sonucunda üretilen nem ve sular, çığleşme suyu ve malzemelerinin mevsimlik nem depolamalarından oluşan nemliliktir.

İnsan ve eylemleri ile üretilen nem ve sular

Bodrum iç ortamında ki su ve nem, çoğunlukla, insanlar ve eylemleri ile üretilmektedir. Mutfak, banyo, tuvalet vb. ıslak ortamlarda da kullanıcı eylemleri sonucunda oluşan su, dış kabuk sistem ve malzemelerine içeriden etki etmektedir, [7].

Çığleşme suyu

Bodrum duvar ve döşemelerinin yüzey sıcaklıkları, temas ettiği iç ortam havasının çığleşme sıcaklığına eşit veya daha düşük ise, hava içerisindeki su buharının belirli bir miktarı, yüzeyde yoğuşmakta; diğer bir anlatımla, su halinde açığa çıkmaktadır. Bu duruma, özellikle yaz aylarında, bodrum pencerelerinin, bodrum hacminin havalandırılması için açıldığı zaman rastlanılmaktadır. Eğer dış hava sıcak ve nemli ise, bu havanın taşıdığı su buharı, soğuk bodrum duvar ve döşemelerinin iç yüzeylerinde yoğuşmaktadır, [8].

Malzemelerinin mevsimlik nem depolamalarından oluşan nemlilik

İç ortam nemliliğini arttıran diğer bir etmen de çeşitli malzemelerin nem depolama ve bırakma özelliğidir. Yaz aylarında, bodrum iç hacimlerinin havalandırılmaları nedeniyle sıcak ve nemli hava, bodrum içindeki malzemelerin üzerinde yüksek su buharı basıncı oluşturmaktadır. Bu nedenle, yüksek miktarda nem, malzemelerde depolanmaktadır. Kış ayları geldiğinde, bodrum havasındaki nem miktarı azalmakta, malzemelerde saklı nem tekrar bodrum iç havasına verilmektedir, [7].

2.1.2. Suların Dış Kabuk Sisteminin Būnyesine Nūfuz Etmesi Ve Taşınması

Dış kabuk sistemini meydana getiren malzemeler, zemin ve bodrum iç ortam ikliminde yer alan buhar ve/veya sıvı formdaki sular nedeniyle binanın işlevsel ömrü sırasında ıslanabilmekte ya da konstrüksiyon suyu nedeniyle işlevsel ömrüne ıslak olarak başlayabilmektedir. Buhar veya sıvı formdaki suyun, bir yapı elemanın būnyesine nūfuz edebilmesi ve taşınabilmesi için üç adet koşulun var olması gerekmektedir. Bunlar, bir su kaynağı, suyun nūfuz edebileceği boşluk ve suyu boşluğa itebilecek bir kuvvettir, [6, s. 282].

Bir önceki bölümde ele alınan gerek buhar gerekse sıvı formdaki suların, dış kabuk sistemine; başka bir anlatımla, bodrum duvar ve döşemesinin būnyelerine nūfuz etmesi dört şekilde gerçekleşmektedir, [9]. Bunlar, aşağıda verilmektedir.

- Kısmi su buharı basınç farkları nedeniyle su buharı difūzyonu.
- Hava akımı nedeniyle su buharı hareketi.
- Yerçekimi kuvveti nedeniyle sıvı su akımı.
- Gözenekli yapı malzemelerinde sıvı suyun kapiler emilmesi.

Kısmi su buharı basınç farkları nedeniyle su buharı difūzyonu, zemindeki ve bodrum iç ortamındaki su buharının, bodrum duvar ve döşemelerinin būnyesine nūfuz etmesini sağlamaktadır. Diğer mekanizmalar ise, zemin havasındaki su buharının veya suyun bodrum duvar ve döşemelerinin būnyesine nūfuz etmesini sağlamaktadır, [10, s. 12].

Dış kabuk sisteminin būnyesine sıvı formda su nūfuz eder ya da būnye içindeki su buharı yoğunlaşır ve sıvı hale dönerse; sıvı formdaki su, būnye içinde iki şekilde taşınmaktadır. Bunlar, aşağıda verilmektedir.

- Yerçekimi kuvveti nedeniyle sıvı su taşınması.
- Kılcal kuvvetler nedeniyle sıvı su taşınması.

Dış kabuk sisteminin būnyesine su buharı nūfuz eder ya da būnye içindeki sıvı su buharlaşırsa, su buharı, būnye içinde iki şekilde taşınmaktadır. Bunlar, aşağıda verilmektedir, [10, s. 12].

- Kısmi su buharı basınç farkları nedeniyle su buharı difüzyonu.
- Hava akımı nedeniyle su buharı hareketi.

Bir binayı çevreleyen zeminin üst sınırı, dış kabuğa doğru meyilli olabilmektedir. Dolgu zemin, iyi sıkıştırılmadığı zaman çökmektedir. Yağışlar ile zemin üst kotunda toplanan sular, eğim nedeni ile binanın su basman bölgesine ve bodrum duvarlarına doğru yönlendirilmiş olmaktadır. Bu nedenle, dış kabuğun su basman bölgesi, atmosfer koşullarının yanı sıra, zemin yüzeyine çarparak sıçrayan yağmur suyunun, şiddetli bir yağmur sonrası veya sel nedeniyle zemin yüzeyinde toplanan suyun da etkisi altında olmaktadır. Su basman bölgesindeki gözenekli yapı malzemeleri, suyu bünyelerine, kılcal kuvvetler nedeniyle almakta ve burada, aynı kuvvetler ile taşınmaktadır. Eksik oluk ve yağmur iniş boruları da yağmur sularını bodrum duvarlarına doğru yönlendirmektedir. Uzatması olmayan bir yağmur iniş borusu, çatıda toplanan büyük hacimdeki yağmur suyunu, bodrum duvarını çevreleyen zeminde tek bir bölgeye vermekte ve buradaki su miktarını arttırmaktadır, [10, s. 14].

Zemindeki boşluklarda bulunan hava içerisindeki su buharı, zemin içinde buhar halinde; sızıntı suyu, kapiler su ve yeraltı suyu ise zemin içinde sıvı halde hareket etmektedirler, [3, s. 115]. Dış kabuk sisteminin, dış yüzeyi ile temas eden zeminin gözeneklerinde yer alan havanın belirli bir sıcaklık derecesinde sahip olduğu su buharı miktarı nedeniyle oluşan kısmi su buhar basıncı, iç ortamdaki havanın belirli bir sıcaklık derecesinde sahip olduğu su buharı miktarı nedeniyle oluşan kısmi buhar basıncından yüksek olduğu durumlarda oluşan buhar basınç farkı, yüksek basınçtan alçak basınca; diğer bir anlatımla, dış kabuk dış yüzeyinden iç yüzeyine doğru bir su buharı akımı meydana getirmektedir. Dış kabuk sisteminin dış yüzeyine nüfuz eden su buharı, sistemi oluşturan malzemelerin buhar difüzyon direnç faktörüne bağlı olarak yapı elemanının bünyesine nüfuz etmektedir. Bu akım, dış kabuğun her iki tarafındaki ortamlarda, kısmi su buhar basınçları eşitleninceye kadar devam etmektedir. İnsan ve eylemleri, vb. sonucunda üretilen su buharı nedeniyle bodrum iç hacminde yer alan havadaki kısmi buhar basıncı, zemin havasının kısmi buhar basıncından daha fazla olduğu durumlarda, iç ortamdaki su buharı dış kabuk sisteminin iç yüzeyinden sistemin bünyesine difüzyon yolu ile nüfuz etmektedir.

Zemin havasındaki su buharının, bodrum duvar ve döşemesine nüfuz etmesi ve iç ortama taşınmasının diğer bir nedeni de, 'yığılma etkisi' adı verilen olaydır. Yığılma etkisi, bodrum iç ortamındaki sıcak havanın üst katlara doğru yükselmesi sonucunda bodrumda negatif hava basıncının oluşmasıdır. Negatif basınç, zemindeki su

buharını taşıyan havayı bodrum duvar ve döşeme yüzeyindeki çatlaklardan ve birleşim yerlerinden iç ortama çekmektedir, [10, s. 37].

Zeminde yer alan kapiler suyun, bodrum duvar ve döşemesinin dış yüzeyi ile temas ettiği durumlarda, yapı elemanlarını oluşturan malzemelerin bünyelerindeki kılcal boşluklar, kılcal kuvvetler nedeniyle suyu yüzeyden hemen emerek malzemenin bünyesine almaktadır. Yapı elemanının bünyesindeki kapiler su, kılcallık kuvvetleri nedeniyle, yerçekimi kuvvetine ters doğrultuda; diğer bir anlatımla, alt seviyeden üst seviyelere doğru taşınmaktadır. Çoğu durumlarda, kapiler su, bodrum duvar ve döşeme iç yüzeyindeki havanın sıcaklık ve bağıl nemi ile hızına bağlı olarak bünyeden iç ortama doğru buharlaşmaktadır. Genellikle, bodrum duvar ve döşemelerdeki nemliliğin başlıca nedeni kapiler su olmaktadır, [10, s. 25]. Zeminde bulunan sızıntı suyu, büyük boyuttaki boşluklardan, malzemelerin bünyelerine, yerçekimi kuvveti etkisi sonucu nüfuz etmektedir. Burada, üst seviyelerden alt seviyelere doğru yerçekimi kuvveti nedeniyle taşınmaktadır. Dış kabuk sistemi, yeraltı suyu ile temas ederse, yerçekimi kuvveti nedeniyle suyun kütlesi içinde oluşan belirli bir basınç, suyun, boşluklardan, çatlak ve birleşim yerlerinden malzemelerin bünyelerine nüfuz etmesini sağlamaktadır, [6, s. 282].

2.1.3. Dış Kabuk Sisteminde Nem Rejiminin Neden Olduğu Hasarlar

Zemindeki su buharının, bodrum duvar ve döşemesine, difüzyon ve hava akımı sonucunda nüfuz etmesi ve buradan, bodrum iç hacmine taşınması, konstrüksiyon sularının buharlaşması, insan ve eylemleri sonucunda aşırı su buharı üretilmesi ve malzemelerin mevsimlik nem depolamaları sonucunda açığa fazla miktarda su buharı çıkması neticesinde havalandırmasız bodrumlarda, bodrum iç havasının bağıl nem miktarı artmakta; bu nedenle, iç ortam hava kalitesi bozulmaktadır. İnsan ve eylemleri ile malzemelerin mevsimlik nem depolamaları nedeniyle bodrum iç ortam havasındaki nem miktarının artması sonucunda, kışın, iç ortamdan zemine doğru bir su buharı akımı gerçekleşmektedir.

Su buharı, bodrum duvar ve döşemelerinin iç yüzeyinin veya bünyesinin sıcaklığına bağlı olarak, yüzeylerde terleme olayına veya bünyede yoğunlaşma olayına neden olabilmektedir. Terleme ve yoğunlaşma olayları, yapı elemanı içindeki ısı tutucu malzemenin değerini düşürmekte, metalik bileşim elemanlarını korozyona uğratmakta, ahşabın deformasyonuna sebep olmakta, akış yönünde yüzeysel çiçeklenmelere ya da kaplama malzemelerinin kabarma ve dökülmelerine neden olmaktadır, [11, s. 104].

Kapiler, sızıntı, yeraltı suyunun yapı elemanının bünyesine nüfuz etmesi, bünyede su buharının yoğunlaşması ve yapı malzemesinin bünyesindeki adsorbe su miktarının artması sonucunda yapı malzemesinin bünyesinde nem miktarı artmaktadır. Böylece, malzemenin boyutlarında önemli miktarda değişim olmaktadır. Yapı malzemelerinde 'boyutsal değişim' adı verilen bu olayda, değişimin büyüklüğü, malzemenin sıcaklık farkları nedeniyle yaptığı değişimin büyüklüğünden çok daha fazla olmaktadır. Bir malzeme suyu, bir dönem alır ve sonra bırakırsa, malzeme sürekli olarak genleşme ve büzülme hareketleri yapmakta ve bu durumun sonucunda, ya malzemenin mekanik dayanımı azalmakta ya da onu çevreleyen malzemelerden kopmaktadır, [12, s. 30-1].

Malzemelerin ısı iletkenliklerinin artması ve buna bağlı olarak, duvarın toplam ısı geçirgenlik direncinin ve malzemelerin buhar difüzyon dirençlerinin azalması ve buna bağlı olarak duvarda taşınan nem miktarının artması da, adsorbe, kapiler, sızıntı, yeraltı sularının ve bünyede su buharı yoğunlaşmasının, yapı malzemelerinde neden olduğu diğer hasar türleridir, [13].

Dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerin bünyelerinde nem miktarının artmasının neden olduğu hasarlardan biri de metallerin korozyonudur. Binalarda kullanılan metallerin büyük bir bölümünü, betonarme yapı elemanlarında ve öngörülmesi betonunda yer alan çelik donatılar oluşturmaktadır. Korozyon, metallerin bulundukları ortamın etkisi ile süreye bağlı olarak, kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu bozulması olarak tanımlanmaktadır. Beton içindeki çeliğin korozyonu elektrokimyasal süreç ile açıklanmaktadır. Çelik yüzeyinde oluşan farklı elektrokimyasal potansiyele sahip anodik ve katodik bölgelerden anodik bölgede demir iyonları, çimento hidratlarındaki tuz çözeltilerinin oluşturduğu elektrolit ile birleşmekte; açığa çıkan elektronlar ise donatı ile katodik bölgeye iletilmektedir. Beton, alkalitesi yüksek bir ortamdır ve içindeki çelik yüzeyinde kararlı, koruyucu bir oksit tabakası oluşturarak anodik akım yoğunluğunun sınırlandırılmasına yardımcı olmaktadır. Bu olaya 'alkali pasivasyon' adı verilmektedir. Ancak, betonun karbonatlaşması nedeniyle pH'ı 11'in altına düştüğü, ortamda su ve oksijen bulunduğu ve klorür iyonlarının donatıya kadar nüfuz edecek kadar betonun geçirimli olduğu durumlarda, donatı yüzeyindeki pasiv demiroksit tabakası tahrip olmakta ve korozyon süreklilik kazanmaktadır. Ortamda su ve oksijen bulunduğu durumda, elektrokimyasal reaksiyon, elektronların açığa çıktığı anodik reaksiyon ve açığa çıkan elektronların tüketildiği katodik reaksiyon ile gerçekleşmektedir. Katodik reaksiyonda, açığa çıkan elektronlar, oksijen ve su ile birleşmekte ve katotta

hidroksil açığa çıkmaktadır. Hidroksil ile anotta açığa çıkan demir iyonları birleşerek ferrohidroksite ($\text{Fe}(\text{OH})_2$), daha sonra kararlı haldeki ferrihidroksite ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) dönüşmektedir. Donatıyı kaplayan pas tabakası ferrihidroksittir. Hava ile temas eden bir betonarme elemanda, beton içindeki su ve oksijen miktarı, korozyonun oluşmasına neden olabilecek seviyededir. Dış kaynaklı bir akım nedeniyle, beton içindeki su ve oksijen miktarı artarsa, korozyon tehlikeli sınırlara ulaşmaktadır, [14].

Donatı korozyonu, betonarme yapı elemanlarında bozulmalara yol açmakta ve hizmet ömrünü azaltmaktadır. Donatı korozyonu, donatının kesit alanında azalmaya, korozyon ürünlerinin hacimsel genişmesi sonucunda çekme dayanımı çok düşük ve gevrek bir malzeme olan betonun çatlamasına, parça atmasına ve beton ile çelik arasındaki bağlayıcılığın yok olmasına neden olmaktadır, [15, s. 20-1].

Bir yapı elemanını oluşturan çoğu yapı malzemelerinin içerisinde birbiri ile ilişkili gözenekler bulunmaktadır. Bu gözenekler sıvı su ile tamamiyle dolarsa, ve yapı malzemesini çevreleyen ortamın sıcaklığı 0°C 'nin altına düşerse, buradaki sıvı formundaki su, buza dönüşmektedir. Malzeme içerisinde, buz oluşumu sırasında, suyun hacimsel genişmesini barındıracak bir boşluk yok ise, oluşan aşırı gerilmeler, malzemenin mekanik dayanımına ve suyun donma hızına bağlı olarak malzemenin deformasyonuna ya da parçalanmasına neden olmaktadır. Örneğin, donma olayı sonucunda, yoğun bir beton yapı elemanının bünyesinde parçalanmalar şeklinde bozulmalar görülmektedir. Zayıf ve daha çok gözenekli bir beton yapı elemanında rastlanılan bozulmalar ise yüzeyden parçaların kopmasıdır, [12, s. 30-3].

Bir yapı elemanının bünyesine bulunan sıvı formda su, bünye içerisinde taşınırken, yapı elemanının iç yüzeyine yakın bir yerde, iç ortam sıcaklık, bağıl nem ve hava hızına bağlı olarak buharlaşabilmektedir. Buharlaşma yapı elemanının iç yüzeyinde olursa, suyun içerisinde çözünmüş olan tuzlar, suyun buharlaşması ile yüzeyde kristalleşerek burada birikmekte ve 'çiçeklenme' adı verilen olay görülmektedir, [16, s. 2-1].

Zemindeki kapiler, sızıntı ve yeraltı suyunun, yapı elemanını oluşturan malzemenin bünyesine nüfuz etmesi ve yapı malzemesinin bünyesinin sıvı su ile doygun hale gelmesi sonucunda, yapı elemanının iç yüzeyinde ıslaklık görülmektedir. İç yüzeyde ıslaklık oluşmasının diğer bir nedeni de çiğleşme suyudur. Yüzeylerde ıslaklık nedeniyle uçuşan tozların yapışarak kirlenmeye neden olması da diğer bir hasar tipidir, [13].

Küf ve mantar oluşumu, kullanıcı sağlığına ve konforuna etki eden en önemli bodrum hasandır. Küf, ıslak ve soğuk iç duvar yüzeylerinin, bağıl nem değeri yüksek iç ortam havası ile temas etmesi sonucunda oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, belirli bir sıcaklık derecesinde bağıl nem seviyesi % 80'nin üzerinde olan yüzeylerde de küf oluşmaktadır. Küf kokusunun, insan sağlığını olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir, [17].

Sızıntı suyu, yapı elemanının iç yüzeyinden iç ortama sızarak burada birikebilmektedir. Yeraltı suyu ise, iç ortamda büyük miktarlarda suyun birikmesine neden olabilmektedir, [9].

Dış kabukta, yeraltı suyunun etkisi söz konusu olduğunda, yeraltı suyunun kirlilik derecesi de dikkate alınmalıdır. Yeraltı suyu içerisinde, özellikle, çimento bazlı yapı elemanlarına olumsuz etkileri olan kimyasal maddeler çözünabilir sülfatlardır. Sülfat içeren topraklar veya içinde çözünmüş sülfatlar bulunan yeraltı suları ile temas eden beton, harç ve sıva gibi çimento bazlı yapı malzemelerin içerisinde bulunan çimentonun belirli bileşenleri ile sülfatlar arasında kimyasal reaksiyonlar oluşmaktadır. Bu reaksiyonlar sonucunda, betonda iki tip bozulma görülmektedir. Sülfat etkisi, bu tür reaksiyonların sonucunu tarif etmekte kullanılan bir deyimdir, [18]. Birinci tip bozulma, alçının oluşumunun neden olduğu sülfat etkisinin asitik tipidir. Hidratlı çimento pastasının yenilmesine benzer bir durumun oluşarak sonuçta sadece agregalardan oluşan iskeletin açıkta kalarak betonun mekanik dayanımı yok olmaktadır. Bunun nedeni, meydana gelen alçı taşının su ile yıkanabilir olmasıdır. İkinci bozulma tipi, 'genleşme tipi' adı verilen ve etrenjitin neden olduğu kristalizasyon basınçları sonucunda oluşan genleşme ve sonuçta çatlak oluşumudur, [19].

Yukanda anlatılan bozulmalar, sülfat içeren kapiler su ve sızıntı suyu için de geçerlidir. Ancak, bir tarafı sülfat çözeltisi içeren yeraltı suyunun basınç etkisine maruz kalan ve diğer tarafında hava ile temas eden ve buharlaşmanın yer alabileceği yapı elemanlarında, sülfat etkisinin neden olduğu bozulmalar daha fazla olmaktadır. Bu durumda, çimento bazlı yapı elemanı içerisine sülfatlar, bir yanından suda çözünmüş sülfat içeren yeraltı suyunun neden olduğu basınçla yapı elemanının içerisine girmeye çalışmaktadır. Sülfat iyonlarının difüzyon hızı genel olarak yavaştır, ancak, basınçlı suyun etkisi, bunların difüzyon hızını arttırmaktadır, [20].

Beton yapı elemanının gözeneklerinin içine giren ve içinde çözünmüş sülfat bulunan su, çimento bileşenleri ile kimyasal reaksiyona girmeden, yapı elemanı içerisinde buharlaşırsa, sülfatlar kristalleşerek hacimleri artmakta ve betonun gözenekleri içerisinde iç gerilmeler oluşturarak betonda hacimsel genleşmeye ve sonuçta, çatlakların oluşumuna neden olmaktadır. Buharlaştıran sular geride sülfat tuzlarını bırakmakta ve bu da, beton içerisindeki suyun sülfat miktarını arttırmaktadır.

Buharlaştırma, yapı elemanının hava ile temas eden yüzeyinde olursa, bu yüzeyde sülfat tuzları kristalleşerek birirmektedir. İç ortam sıcaklığına ve bağıl nemine bağlı olarak, bu yüzeyde yoğunlaşma ile oluşan su, sülfat tuzlarını çözünür hale getirerek sülfat etki sürecini tekrar başlatabilmektedir, [20].

Yeraltı suyunun asitliliği de, çimento bazlı yapı malzemelerinde bozulmalara neden olan diğer bir etkidir. Belirli bir basınç altında, çimento bazlı yapı malzemelerinin bünyesine nüfuz eden asitli su, malzemedeki kalsiyum silikatlı bileşenlerden kalsiyumu çözmektedir. Bu nedenle, çimento bazlı yapı elemanlarının mukavemeti azalmaktadır, [12, s. 30-3].

2.2. Dış Kabuk Sisteminin Sıcaklık Rejimi

Dış kabuk sisteminin ısısal performansı; diğer bir anlatımla, sıcaklık rejimi, dış kabuk sistemindeki ısı kayıplarını, hacimlerdeki ısı korunumunu, bodrum iç ortamının ısısal konforunu, kullanıcı sağlığını, ısıtma-soğutma için enerji tüketimini, kullanıcı ve ülke kaynaklarının tüketimini ve hava kirliliğini etkileyen önemli bir faktördür.

2.2.1. Dış Kabuk Sisteminin Sıcaklık Rejimini Oluşturan Çevresel Etmenler

Toprak altı dış kabuk sisteminin dış ortamını, doğal zemin oluşturmaktadır. Bu nedenle, dış kabuk sistemine, alışlagelmiş dış hava sıcaklığı yerine, zemin sıcaklıkları etki etmektedir. Zeminde yeraltı suyunun var olduğu durumlarda, yeraltı suyu ile temas eden dış kabuk kısmında, yeraltı suyunun sıcaklığı etkili olmaktadır. Dış kabuk sistemini çevreleyen diğer bir ortam, bodrum iç ortam iklimidir; bu nedenle, dış kabuk sistemine bodrum iç ortam hava sıcaklığı da etki etmektedir.

2.2.1.1. Zemin Sıcaklıkları

Zemin sıcaklıklarını belirleyen faktörler, zemin özellikleri ile arazi ve meteorolojik değişkenlerdir. Bunlar, aşağıda açıklanmaktadır.

- Dış hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, rüzgar gibi meteorolojik değişkenler, zemin yüzeyi ve zemin sıcaklıklarına, atmosfer ile zemin arasındaki ısı transferi oranı bakımından etki etmektedir.
- Zemin sıcaklığına etki eden diğer önemli bir faktör de, kar örtüsüdür. Bu etki, karın bilinen ısı yalıtım özelliğinin yanı sıra erime döneminde, zemine sağladığı su miktarından da kaynaklanmaktadır.
- Kar örtüsünün sağladığı ısı yalıtım özelliğine benzer bir özelliği de bitkiler sağlamaktadır. Bitkiler, zemin ile atmosfer arasındaki büyük miktarda ısı transferini önlemektedir.
- Diğer bir arazi değişkeni olan arazinin eğim yönünün de zemin sıcaklıklarına etkisi bulunmaktadır. Genel olarak, güneye bakan eğimli arazilerin ortalama zemin sıcaklıkları, kuzeye bakan eğimli arazilerden daha fazla olmaktadır.
- Zemin yüzeyindeki sıcaklık değişimlerini belirleyen zemin özellikleri ise, zemin hacimsel ısı kapasitesi, ısı iletkenlik değeri ve su miktarıdır, [21, s. 180-2].

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce, tüm illerimizde, toprak termometreleri ile, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 ve 1.00 m. derinliklerde, ortalama toprak sıcaklıkları ölçülmektedir. Türkiye'nin dört adet derece-gün bölgelerinden birer il seçilerek, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 ve 1.00 m. derinliklerde, 1998 yılı için aylık ortalama zemin ve dış hava sıcaklıkları, Şekil A.1, A.2, A.3 ve A.4'de verilmektedir.

Adana, İstanbul, Ankara ve Erzurum illeri için, 1998 yılı, aylık ortalama dış hava ve toprak sıcaklıklarının yer aldığı grafikler incelendiğinde, aşağıdaki tespitler ortaya çıkmaktadır.

- Genel olarak, bir yıl içerisinde, en düşük hava sıcaklıklarına Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında, en yüksek hava sıcaklıklarına ise Temmuz ve Ağustos aylarında ulaşılmaktadır.
- Zemin sıcaklıkları, dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Bir yıl içerisinde, zemin sıcaklıkları, tüm derinliklerde, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart

aylarında en düşük değerlere, Temmuz ve Ağustos aylarında ise en yüksek değerlere ulaşmaktadır.

- Zemin sıcaklıkları, derinliğe bağlı olarak değişmektedir; Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında, toprak sıcaklıkları derinlere doğru inildiğinde artmakta, Temmuz ve Ağustos aylarında ise azalmakta ve Eylül-Ekim ile Mart-Nisan aylarında birbirlerine yaklaşmaktadır.

2.2.1.2. Bodrum İç Ortam Hava Sıcaklığı

Bodrum iç hacmi, ısıtma-soğutma yapılan veya yapılmayan hacim olarak tasarlanmaktadır. İnsanın, kendisini rahat hissettiği ve sağlık sorunları ile karşılaşmayacağı bir ortamın özellikleri, ısı konfor ve iç hava niteliğidir. Bunları etkileyen faktörler ise, ortamın sıcaklığı, havadaki nem miktarı, duvar iç yüzey sıcaklığı ve hava hızıdır. Bu nedenle, ısıtma-soğutma yapılan bodrum iç ortamında, konfor ortamını sağlamak için, iç ortam hava sıcaklığının 18-22 °C, bağıl neminin % 40-75, hava hızının ise 0.25 m/sn değerlerinde olması gerekmektedir. Konforlu bir mekanda, duvar iç yüzey sıcaklığı, ortam sıcaklığından en çok 3°C az olması gerekmektedir, [22]. Isıtılmayan bodrumlarda ise, bodrum iç ortam hava sıcaklığının, yıl içerisinde, bodrum iç ortamı ile diğer ısı kaynakları arasındaki ısı transferine bağlı olarak değiştiği kabul edilmektedir. Isı kaynakları, zemin kat ortam sıcaklığı, bodrumu çevreleyen zemin sıcaklığı ve bodrumda yer alan kazan ve borulardır. Genel olarak, ısıtılmayan bodrum iç ortam hava sıcaklığı, 13°C ile 19°C arasında değişmektedir, [23, s. 11].

2.2.2. Zemin ve Bodrum İç Ortam Hava Sıcaklıklarının Dış Kabuk Sistemine Etkisi

Toprak altı dış kabuk sistemindeki toplam ısı kaybı, ısıtma yapılan bodrum iç hacminde, bodrum duvarının toprak üstü kısmından dış havaya; toprak altında kalan bodrum duvarı ve döşemesinden zemine, zemin yüzeyine ve dış havaya konveksiyon yolu ile geçen ısı miktarları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır, [24]. Bodrum duvarının toprak üstü kısmından gerçekleşen ısı kaybının hesabı, toprak üstü dış kabuk sistemleri için geliştirilen çeşitli yöntemlerden biri kullanılarak hesaplanmaktadır. Toprak altında kalan bodrum duvar ve döşemesindeki ısı kaybı hesabı için de çeşitli yöntemler önerilmektedir. Bu yöntemlerden birinde, dış hava sıcaklığına bağlı olarak bodrum duvar ve döşemeleri için zemin hesap sıcaklıkları verilmektedir, Tablo 2.1, [25, s. 55].

Tablo 2.1 Bodrum Duvar Ve Döşemeleri İçin Zemin Hesap Sıcaklıkları

Dış Hava Sıcaklıkları, °C	-9, -12, -15	-18, -21, -24	-27, -30, -33
Dış duvarın arkasındaki zemin	+6	+3	0
Döşeme altındaki zemin	0	-3	-6

Bu kabule ve TS 825'de verilen dört adet derece-gün bölgelerine ait, TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları'nda ısı kaybı hesaplarında kabul edilen dış hava sıcaklık değerlerine göre, zemin hesap sıcaklıkları Tablo 2.2'de verilmektedir.

Tablo 2.2 Türkiye İçin Zemin Hesap Sıcaklıkları

Derece-Gün Bölgeleri	Dış Duvarın Arkasındaki Zemin	Döşeme Altındaki Zemin
1. Bölge (+3°C - 0°C)	+6°C	+12°C
2. Bölge (-3°C - -6°C)	+3°C	+9°C
3. Bölge (-9°C - -15°C)	0°C	+6°C
4. Bölge (-18°C - -27°C)	-3°C	+3°C

Zemin hesap sıcaklıkları kabulüne ve iç ortam ısı konfor şartlarına bağlı olarak, tüm illerimizde, kış aylarında, ısıtılan-ısıtılmayan bodrum iç hacminden, duvar ve döşeme yolu ile zemine, zemin yüzeyine ve dış havaya konveksiyon yolu ile ısı akımı olmaktadır.

Bulunduğumuz enlem nedeniyle, zeminde nem, daima vardır. Bu nedenle, zemin tanecikleri arasında yer alan boşluklarda bulunan havanın bağıl neminin %100 olduğu kabul edilmektedir. Dış kabuk sisteminde, yoğuşma kontrolü ve hesabı için kabul edilen zemin sıcaklıkları, Meteorolojik aylık ortalama zemin sıcaklıklarıdır. Bodrum iç ortamında, konfor ortamını sağlayan sıcaklık derecesi 20°C ve bağıl nem değeri %60 olarak kabul edildiğinde, bodrum duvar ve döşemesinin yüzeyinde terleme ya da bünyesinde yoğuşmayı başlatan kritik sıcaklık derecesi; diğer bir anlatımla, çiğleşme sıcaklığı 12.01°C ve kısmi buhar basınç değeri 1.41 kPa olmaktadır.

Yukarıda verilen kabullere göre, 3. Sıcaklık Bölgesinde yer alan Ankara ilinde, Ocak ve Ağustos aylarında, dış kabuk sisteminde yoğuşma kontrolü için gerekli olan zemin ve bodrum iç ortam özellikleri, sırasıyla, Tablo 2.3 ve Tablo 2.4'de verilmektedir.

Tablo 2.3 Ocak Ayında Ankara İlinde Dış Kabuk Sisteminde Yoğuşma Kontrolü İçin Gerekli Olan Zemin Ve Bodrum İç Ortam Özellikleri

Ocak Ayı							
Zemin				Bodrum İç Ortamı			
Derinlik, m	Sıcaklık, °C	Bağıl Nem, %	Buhar Basıncı, kPa	Sıcaklık, °C	Bağıl Nem, %	Buhar Basıncı, kPa	Çiğleşme Sıcaklığı, °C
0.05	1.2	100	0.66	20	60	1.41	12.01
0.10	1.9	100	0.70				
0.20	2.5	100	0.73				
0.50	4.7	100	0.85				
1.00	6.7	100	0.98				

Tablo 2.4 Ağustos Ayında Ankara İlinde Dış Kabuk Sisteminde Yoğuşma Kontrolü İçin Gerekli Olan Zemin Ve Bodrum İç Ortam Özellikleri

Ağustos Ayı							
Zemin					Bodrum İç Ortamı		
Derinlik, m	Sıcaklık, °C	Bağıl Nem, %	Buhar Basıncı, kPa	Çiğleşme Sıcaklığı, °C	Sıcaklık, °C	Bağıl Nem, %	Buhar Basıncı, kPa
0.05	26.8	100	3.52	26.8	20	60	1.41
0.10	25.6	100	3.28	25.6			
0.20	25.2	100	3.2	25.2			
0.50	24.6	100	3.09	24.6			
1.00	23.6	100	2.91	23.6			

Tablo 2.3 incelendiğinde, kış aylarında, bodrum iç ortamı ile zemindeki kısmi su buharı basınç farkları nedeniyle, bodrum iç ortamından zemine doğru, yapı elemanının bünyesinde, su buharı difüzyonu olmakta; yapı elemanı sıcaklığının, bodrum iç ortam havasının çığleşme sıcaklığına sahip olduğu noktada, su buharı yapı elemanının bünyesinde yoğuşmakta ya da yüzeyinde terleme olmaktadır. Yaz aylarında, zeminden, bodrum iç ortamına doğru yapı elemanının bünyesinde su buharı difüzyonu olmakta; su buharı, yapı elemanının yüzeyinde yoğuşmaktadır, Tablo 2.4.

2.2.3. Dış Kabuk Sisteminde Sıcaklık Rejiminin Neden Olduğu Hasarlar

Tüm illerimizde, kış aylarında, ısıtılan bodrum iç ortamından, duvar ve döşeme yolu ile zemine doğru bir ısı akımı olmaktadır. Bodrum iç ortam ısı konfor koşullarının

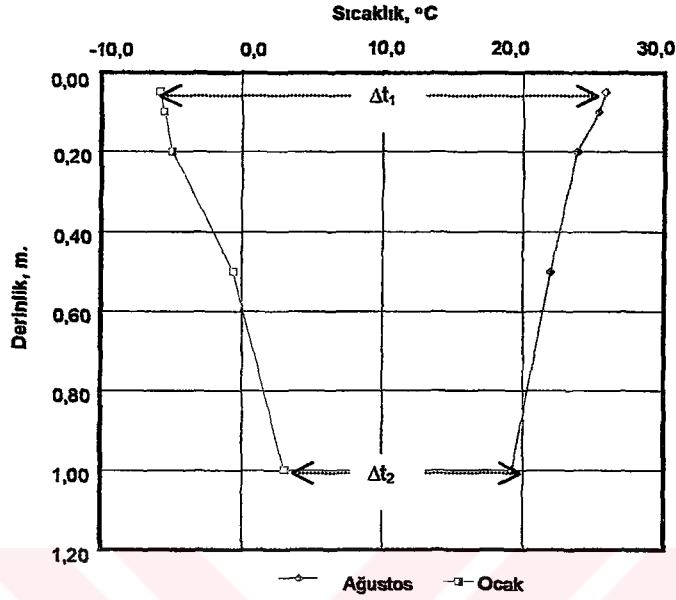
sağlanabilmesi için tüketilen enerji miktarı artmaktadır. Bu nedenle, kullanıcı ve ülke kaynaklarının tüketimi ve hava kirliliği de artmaktadır. Ayrıca, dış kabuk sisteminin iç yüzeyinin sıcaklık değeri, konfor koşullarını sağlayamamaktadır. Yaz aylarında, zeminden bodrum iç ortamına doğru bir ısı akımı olmaktadır. Bu nedenle, bodrum iç ortam sıcaklığı artmakta; bodrum iç ortam sıcaklığının konfor koşullarında tutulabilmesi için de soğutma enerjisi artmaktadır.

Adana, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinde yer alan binaların bodrum duvar ve döşemelerinde, bodrum iç ortam ısı konfor koşulları ve zemin sıcaklıklarına bağlı olarak oluşan yoğuşma olayının incelenmesi, bodrum duvar ve döşemelerinin bünyeleri içinde kalan su miktarı büyüklüğünün saptanması, yoğuşmanın, bünye içerisindeki yerinin belirlenmesi, bünye içinde kalan ve biriken suyun yıl içerisinde kuruma döneminde tekrar kuruyup kuruyamayacağının tespiti ve kuruma sonucunda bünye içerisinde kalan suyun yapı elemanı içerisinde, hasarlara yol açıp açmayacağının bilinmesi açısından önem taşımaktadır. Bodrum duvar ve döşemelerinin bünyesinde yoğuşan suyun neden olduğu hasarlar, Bölüm 2.1.3.'de ele alınmaktadır.

Adana ilinin, 0.5 ve 1.00 m.deki toprak sıcaklıkları, dış havanın aylık ortalama çiğleşme sıcaklıkları ve bodrum iç ortamında konfor koşullarını yaratan sıcaklık derecesi, Şekil A.5'de verilmektedir. Yaz aylarında, bodrum iç hava sıcaklığı, dış havanın çiğleşme sıcaklığına eşit veya daha düşüktür. Diğer bir anlatımla, yazın, bodrum iç ortamı dış hava ile havalandırıldığında, havanın taşıdığı su buharı, bodrum duvar ve döşeme yüzeylerinde terleme olayına neden olmaktadır. Bu durumun sonucunda açığa çıkan sıvı suyun neden olduğu hasarlar, Bölüm 2.1.3.'de ele alınmaktadır.

Kış ve yaz aylarında, derinliklere bağlı olarak zemin içerisindeki sıcaklık değişimleri, dış kabuk sistemini oluşturan malzemenin, derinliklere bağlı olarak farklı ısı hareket yapmasına neden olmaktadır. Kış ve yaz ayları arasındaki zemin sıcaklık farkları, zemin üst kotuna doğru artmakta; bu kısım ile temas eden dış kabukta, zemin üst kotuna yaklaştıkça ısı hareketleri de artmaktadır. Dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerin farklı zemin sıcaklıkları nedeniyle yapacakları ısı hareketleri sınırlandırıldığında, malzemede oluşan gerilmeler, bodrum duvar ve döşemelerinde çatlak, sehim vb. deformasyonlara neden olmaktadır. Erzurum ilinde, kış ve yaz aylarını temsil eden, Ağustos ve Ocak ayları için derinliklere bağlı olarak zemin sıcaklıkları ve bunların sıcaklık farkları; Şekil 2.5'de verilmektedir. Kış ve yaz ayları

arasındaki, 0.05 m. derinlikteki zemin sıcaklık farkları (31.7 °C) en fazla olan ilimiz, Erzurum'dur.



Şekil 2.5 Erzurum ilinde Ocak Ve Ağustos Aylarında Derinliklere Bağlı Olarak Zemin Sıcaklıkları Ve Zemin Sıcaklık Farkları

2.3. Dış Kabuk Sistemine Etki Eden Yükler

Bunlar, binanın statik ve dinamik yükleri, zemin yanal basıncı, yeraltı suyunun neden olduğu basınç etkisi ve zeminde don olayının neden olduğu yüklerdir.

2.3.1. Binaın Statik Ve Dinamik Yükleri

Bir binaya etki eden yükler, genellikle, yerçekiminden meydana gelen ağırlıklardır. Bazen, önemli değerler alan başka yükler de bulunmaktadır. Bir binada, taşıyıcı olan ve olmayan yapı elemanlarının ağırlıklarına; diğer bir anlatımla, binanın ağırlığına 'statik yükler' adı verilmektedir. Statik yükler, binada sürekli olarak bulunmaktadır. Döşeme, döşeme kaplaması, duvar, sıva vb. elemanların ağırlıkları, binanın statik yüklerinden bazılarıdır. Binaın taşıması gereken insan, eşya, kar, rüzgar, vb. yüklere ise 'dinamik yükler' adı verilmektedir. Rüzgar yükü, karşısına çıkan binanın yüzeyinde basınç ve arka yüzeyinde emme biçiminde yatay kuvvetler oluşturan dinamik bir yüküdür. Deprem yükü ise, binanın titreşimi sonucu ağırlığı ve depremin şiddeti ile orantılı olarak meydana gelen yatay kuvvetlerin oluşturduğu bir yüküdür, [26, s.2].

Dış kabuk sistemi, binanın üst kısmından gelen statik ve dinamik yüklerin ve kendi statik ve dinamik yüklerinin etkisi altındadır. Dış kabuk sistemi, yükleri, çatlak vb. hasarlar oluşmadan, malzeme dayanımları güvenlik limitleri içinde olacak şekilde taşınmalı ve bu yüklerin oluşturduğu, çökme, burulma, ters dönme, kayma vb. hareketlere karşı dengede olmalıdır.

Bina yüklerinin, tekil, sürekli, temel plağı vb. temeller vasıtası ile zemine aktarılması gerekmektedir. Bina yükleri, temel tabanında, genellikle, düzgün yayılı olmayan basınç gerilmeleri ile zemine iletilmektedir. Bir temelin sıfırdan başlayarak gittikçe artan bir biçimde yüklenmesi durumunda; zeminin yapacağı oturmalar da artmaktadır. Ancak zeminin son taşıma gücüne varıldığında, yük arttırılmasa da oturmalar devam ederek büyük değerlere ulaşmakta ve zemin, kayma yüzeyleri boyunca kırılarak, göçmektedir. Temel zemininde göçme olması istenmemekte ve bu olaya karşı belli bir güvenlik olması gerekmektedir. Bu nedenle, bina yükleri nedeniyle temel tabanına gelen basınç gerilmelerinin, zeminde göçme meydana gelmeden ve binaya zarar verebilecek oturmalar oluşmadan, temel zemininin güvenlikle taşıyabileceği gerilmenden; diğer bir tanımlamayla, zemin emniyet gerilmesinden daha az veya en fazla bu değere eşit olması gerekmektedir, [27, s.162].

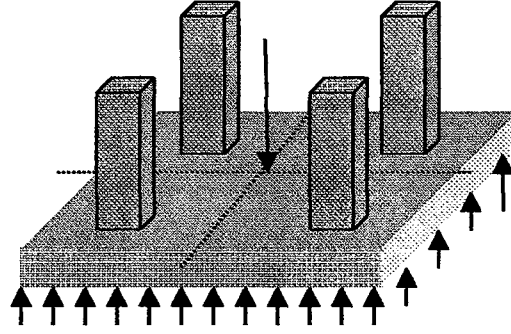
Bir temele gelen yükün, zeminde göçme meydana getirmemesi yetmemektedir. Ayrıca meydana gelebilecek oturmaların, binaya zarar vermemesi de gerekmektedir. Temeller vasıtasıyla yüklenen zeminde az veya çok bir oturma olmaktadır. Oturma, uygulanan yüklerden dolayı, su veya hava ile dolu zemin tanecikleri arasındaki boşlukların azalması; diğer bir anlatımla, kısa veya uzun sürede oluşabilen bir hacim azalması, sıkışma olayıdır. Oturma olayına, çeşitli nedenler yol açmaktadır. Bunlar, zeminin yüklenmesi, yeraltı su düzeyinin indirilmesi, taneli zeminlerde meydana gelen titreşimler, bitişik kazılar nedeniyle, mevcut temel veya temellerin altındaki zemin durumunun bozulması, yeraltı su akımlarının yol açtığı erozyon, temel elemanlarının bozulması, örneğin, sülfatlı suların betonu etkilemesi, don olayı ve zeminde meydana gelebilecek kimyasal olaylardır, [28, s. 75].

Bir binada üç tip oturma oluşabilmektedir; bunlar, üniform oturma, dönme oturması ve farklı oturmadır. Üniform ve dönme oturması, binanın strüktüründe çok büyük boyutlu hasarlara yol açmamakta; sadece, binanın tesisatlarında ciddi problemlerin oluşmasına neden olmaktadır, [29, s. 148-3]. Bodrum duvarları altında kalan tekil, sürekli veya temel plağının altındaki zeminin farklı oturmalar yapması sonucunda bodrum duvarlarında oluşan hasarlar, derzlerin genişlemesi, kapı ve pencere

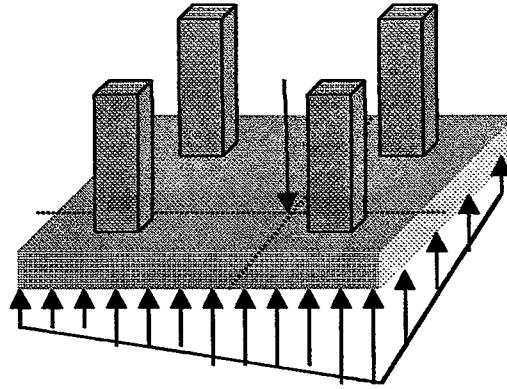
doğramalarının şekil değişimidir. Hasarların en önemlisi ise, duvarlarda çatlakların oluşmasıdır. Zemine oturan donatısız bodrum döşemelerinin altında, farklı oturmalarn nedeniyle döşemede de çatlaklar oluşabilmektedir, [30].

Temeller, bina toplam yükünü zemine, gerek tüm binanın oturmasını ve gerekse binanın herhangi bir bölümünün diğer bölümüne göre oturma farkını en az yapacak şekilde ve zeminde göçme meydana getirmeden aktarmalıdır. Bu nedenle, bina yükleri nedeniyle temele gelen basınç gerilmelerinin oluşturduğu zemin gerilme dağılımı, gerçeğe yakın olarak hesaplanmalı ve bu değer ile zeminde gerilme kontrolü yapılmalıdır. Bu değer, temel kesitinin boyutlandırılması için de kullanılmaktadır.

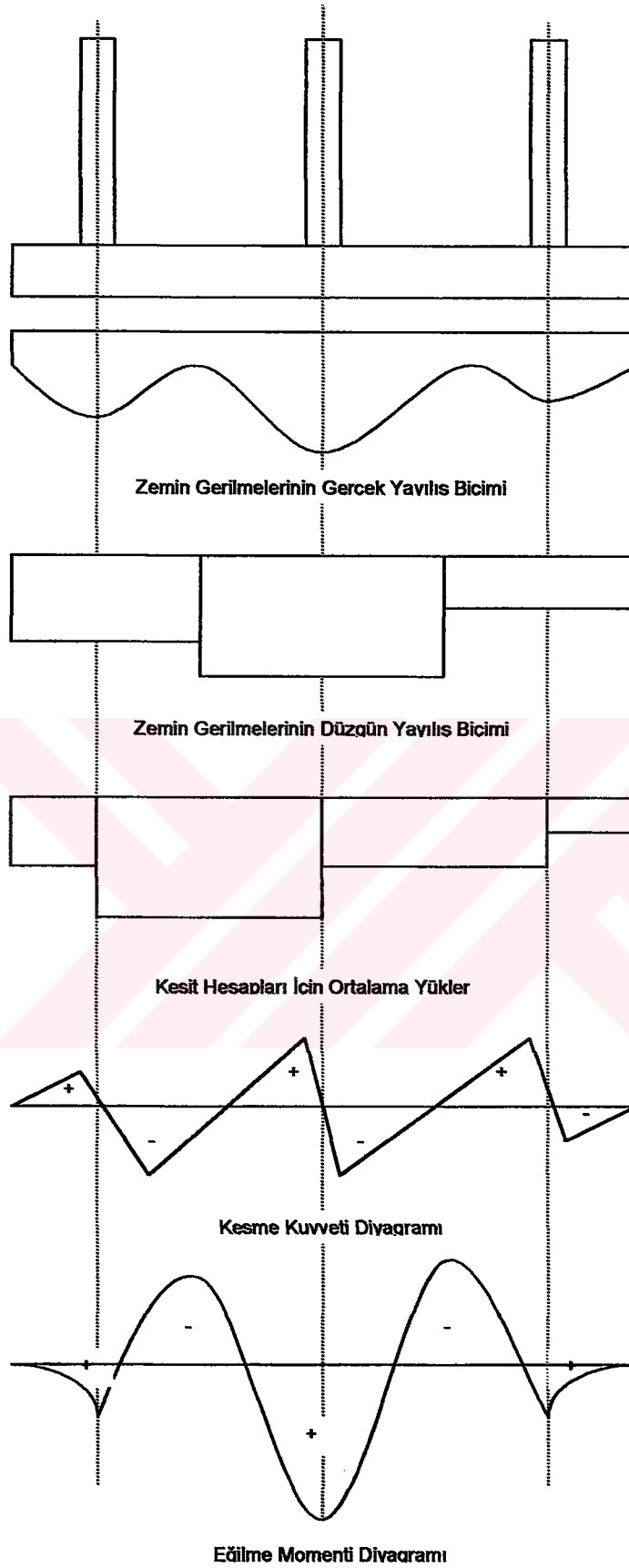
Belirli bir eğilme rijitliği olan üst yapıdan gelen bina yüklerinin temel plağı tabanında oluşturduğu basınç gerilmelerinin neden olduğu zemin gerilme dağılımının belirlenmesi için çeşitli varsayımlar kabul edilmektedir. Merkezi yükler altında, sonsuz rijit olarak kabul edilen temel plağında, zeminde gerilme dağılımının düzgün yayılı; eksantrik yükler altında ise yamuk biçiminde doğrusal yayılı olduğu kabul edilmektedir, Şekil 2.6, Şekil 2.7, [31, s. 223]. Bu varsayımlar, tam olarak doğru olmamaktadır. Kolon sayısının çok olması ve temel plağının belirli bir eğilme rijitliği olduğu durumda, temel plağı tabanı boyunca oluşan zemin gerilmelerinin belirlenmesi zor olmaktadır. Pratikte, zemin gerilmelerinin belirlenmesi için yaklaşık bir hesap yöntemi kullanılmaktadır. Bu hesap yöntemine göre, kolon eksenleri arasındaki açıklıkların ortalarından geçirilen düşey düzlemlerle her kolonun etki alanları bulunmaktadır. Kolondan gelen yük bu alana bölünerek taban yüzeyindeki gerilmelerin ortalama değeri bulunmaktadır. Bu değere, temel plağının kendi ağırlığından dolayı oluşan gerilmeler de eklenmektedir. Temel plağının, gerilmeleri düzgün yayılı taban basıncı olarak zemine aktardığı kabul edilmektedir. Her bir kolon etki alanları için elde edilen gerilme değerleri, zemin emniyet gerilmesinden küçük veya en fazla eşit olmalıdır. Zemin gerilme değerlerinden, temel plağının kesit hesaplarında kullanılacak ortalama yük değerleri hesaplanmaktadır. Bu değerlerden de temel plağında oluşan kesme kuvvetleri ve açıklık ile kolon altı noktalarındaki eğilme momenti değerleri hesaplanmaktadır, [31, s. 234]. Şekil 2.8'de, bir temel plağında, sırasıyla, temel plağı boyunca zemin gerilmelerinin gerçek yayılış biçimi, yaklaşık hesap yöntemindeki kabule göre zemin gerilmelerinin düzgün yayılış biçimi, kesit hesapları için ortalama yükler, kesme kuvveti diyagramı ve eğilme momenti diyagramı verilmektedir.



Şekil 2.6 Merkezi Yükler Altında Sonsuz Rijit Olarak Kabul Edilen Temel Plağında Zeminde Gerilme Dağılımı Kabulü



Şekil 2.7 Eksantrik Yükler Altında Sonsuz Rijit Olarak Kabul Edilen Temel Plağında Zeminde Gerilme Dağılımı Kabulü



Şekil 2.8 Temel Plağında, Temel Plağı Boyunca Zemin Gerilmelerinin Gerçek Yayılış Biçimi, Yaklaşık Hesap Yöntemindeki Kabule Göre Zemin Gerilmelerinin Düzgün Yayılış Biçimi, Kesit Hesapları için ortalama Yükler, Kesme Kuvveti Diyagramı Ve Eğilme Kuvveti Diyagramı

Zeminde gerilme kontrolü için gerekli olan, zemin türlerine göre zemin emniyet gerilmeleri Tablo 2.5'de verilmektedir, [29, s. 199].

Tablo 2.5 Zemin Türlerine Göre Zemin Emniyet Gerilmeleri

Tam Kohezyonlu Zeminlerde	Zemin Emniyet Gerilmeleri, N/mm ²
Pelte kıvamında (balçık)	0.00
Yumuşak kıvamda (kolayca yoğrulabilir)	0.04
Katı kıvamda (zor yoğrulabilir)	0.1
Yarı sert (yoğrulunca ufalanır)	0.2
Sert (yoğrulmaz)	0.4
Kohezyonsuz zeminlerde	
Gevşek kum (kuru)	0.1 - 0.2
Gevşek kum (su altında)	0.05 - 0.1
Sıkı üniform kum (kuru)	0.2 - 0.4
Sıkı üniform kum (su altında)	0.1 - 0.2
İyi dereceli gevşek kum ve çakıl (kuru)	0.2 - 0.4
İyi dereceli gevşek kum ve çakıl (su altında)	0.1 - 0.2
İyi dereceli kum ve çakıl (kuru)	0.4 - 0.6
İyi dereceli kum ve çakıl (su altında)	0.2 - 0.3
Dış etkilerle bozulmamış, az çatlaklı kayalar	1.5 - 3.0

2.3.2. Zemin Yanal Basıncı

Gerek yığma gerekse çerçeve strüktürlü binaların, bodrum duvarlarının arkasındaki zeminin veya dolgunun, kayma eğiliminden dolayı duvara uyguladığı basınca 'zemin yanal basıncı' adı verilmektedir. Zemin yanal basıncı, zeminin türüne, suya doygunluk derecesine, sıklığına vb. faktörlere bağlı olmaktadır. Zemin yanal basınç dağılımı, derinlikle doğrusal olarak artmakta ve düşey bodrum duvarının arkasına yatay olarak etki etmektedir, [26, s. 299].

Zemin yanal basıncının değerini belirlemek için çeşitli teoriler geliştirilmektedir. Bunlar içerisinde en yaygın kullanımı olan Coulomb teorisidir. Bu teoriye göre, bodrum duvarı arkasındaki zeminin, tek bir zemin cinsinden oluşması durumunda, duvara gelen zemin yanal basıncının h derinlikteki değeri (N/mm²);

$$\sigma_z = k_a \times \gamma \times h_1 \quad (2.1)$$

bağıntısı ile belirlenmektedir, [27, s.].

γ :[N/mm³] zeminin birim hacim ağırlığı

h_1 :[mm.] bodrum duvarı arkasındaki zeminin derinliği

k_a :[-] zemin basıncı katsayısı

Bodrum duvarı arka yüzeyinin düşey olduğu, duvar arka yüzü ile zeminin sürtünmesinin ihmal edildiği ve zemin yüzeyinin yatay olduğu durumlarda, k_a katsayısı aşağıdaki denklem ile belirlenmektedir.

$$k_a = \tan^2 (45 - \Phi/2) \quad (2.1a)$$

Φ :[°] içsel sürtünme açısı

Bodrum duvarı, zemin yanıl basıncının oluşturduğu etkiye karşı dayanıklı değilse, duvarda çatlaklar ve sehim oluşmaktadır. Bu nedenle, duvar, zemin yanıl basıncına karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.

2.3.3. Yeraltı Suyunun Neden Olduğu Basınç Etkisi

Bir zeminin doymuş bölgesinde. yer alan yeraltı suyu, durgun halde veya akış halinde bulunmaktadır. Bu nedenle, yeraltı suyunun dış kabuk sistemine olan etkisi bu iki halde aynı olarak incelenmektedir.

Durgun yeraltı suyunun içine inşa edilen bodrum duvar ve döşemeleri, yeraltı suyunun oluşturduğu hidrostatik basınç etkisi altındadır. Hidrostatik basınç, durgun bir su kütlesi içerisinde, herhangi bir noktada, suyun ağırlığı nedeniyle oluşan basınçtır, [32, s. 27].

Yeraltı suyunun, bodrum duvar ve döşemelerine yaptıkları basınç, bu yüzeylere diktir. Durgun suyun içerisinde, yalnız düşey yönde basınç değişimi vardır ve yatay yönde basınç değişimi sıfırdır. Düşey yöndeki basınç değişimi, suyun serbest yüzeyinden aşağıya doğru lineer olarak; yatayla 45° açı yapan doğru boyunca artmaktadır, Şekil 2.9.

Bodrum duvarının arkasında kalan yeraltı suyunun, herhangi bir noktada bodrum duvarına yaptığı basıncın değeri, o nokta ile, suyun serbest yüzeyine olan uzaklık ile suyun birim hacim ağırlığının çarpımına eşit olmakta ve aşağıdaki bağlantıda belirtilmektedir. Bu basınç değeri, o noktadan geçen her yönde aynı olmaktadır, [33, s.6].

$$\sigma_s = \gamma_s \times h_2 \quad (2.2)$$

γ_s :[N/mm³] suyun birim hacim ağırlığı

h_2 :[mm.] bodrum duvarı arkasındaki ve temel tabanındaki suyun, serbest su yüzeyine olan yüksekliği

Bodrum duvar ve döşemesinin yer aldığı zeminin tek tip olduğu ve yeraltı suyunun bulunduğu durumlarda, duvar arkasına, AB tabakası ile γ' batık birim hacim ağırlığına sahip BC tabakasından gelen yanal basınçlar ve suyun yanal basıncının toplamı etki etmektedir, Şekil 2.10. Bu değerlerin hesaplanması için gerekli olan bağıntılar, aşağıda verilmektedir. Taneli zeminlerin doğal ile doymun durumdaki içsel sürtünme açıları, pratik olarak aynı alınmaktadır, [27, s. 198].

$$\sigma_{A-A} = 0 \quad (2.1)$$

$$\sigma_{B-B} = k_a \times \gamma \times h_1 \quad (2.1)$$

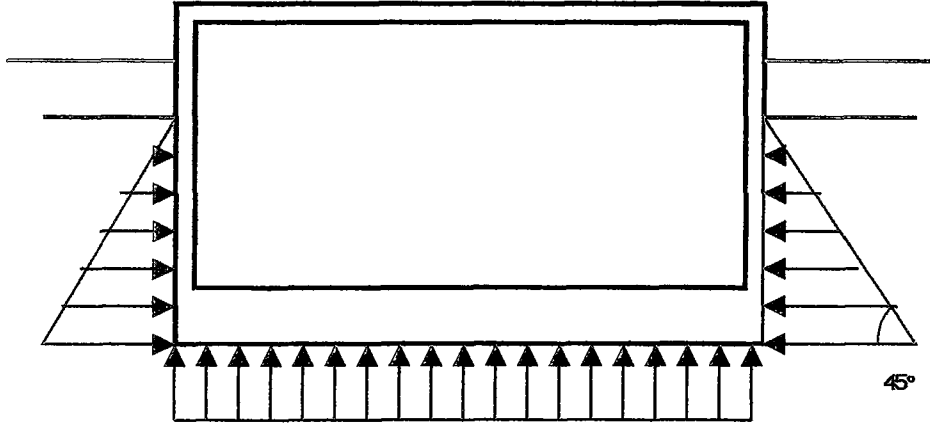
$$\sigma_{C-C} = k_a \times \gamma' \times (h' + h_2) \quad (2.3)$$

$$h' = \gamma \times h_1 / \gamma' \quad (2.4)$$

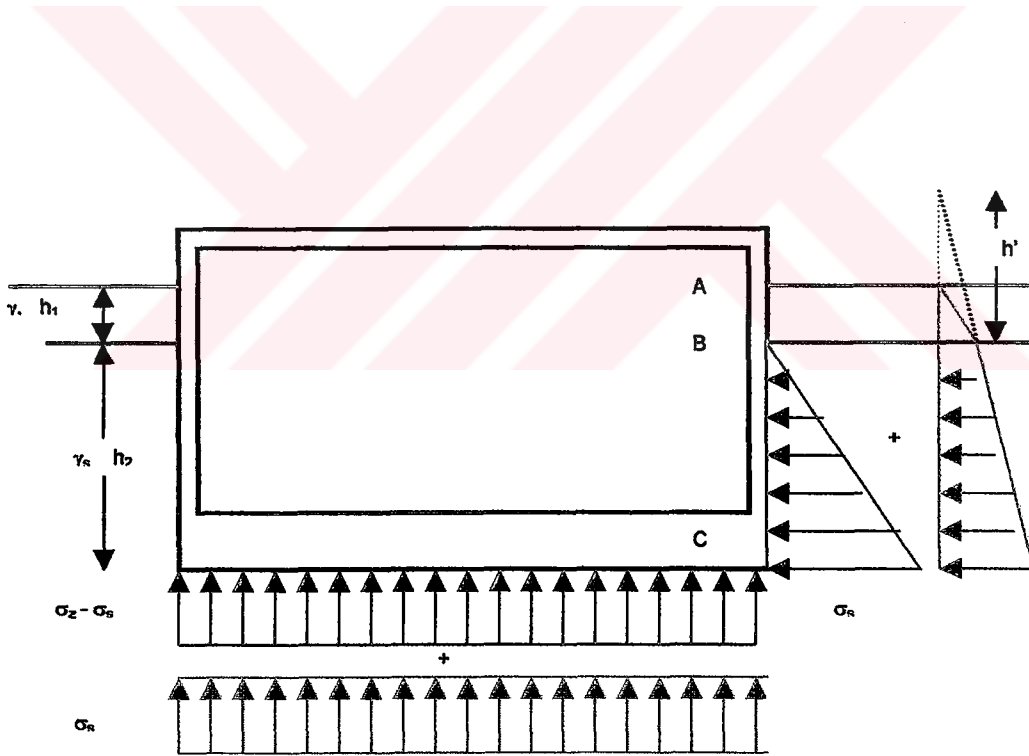
$$\gamma' = \gamma - \gamma_s \quad (2.5)$$

Bodrum duvarlarına etki eden aşırı yanal yüklerin neden olduğu hasarlar, çatlak ve sehimdir. Çatlaklar, iki şekilde oluşmaktadır, bunlar, duvarların köşelerinden başlayarak çapraz olarak yukarı doğru ilerleyen çatlaklar veya duvarın uzunluğu boyunca ilerleyen çatlaklardır, [30].

Binanın, yeraltı suyunun içinde yer aldığı durumda, suyun basıncı; diğer bir anlatımla, suyun kaldırma kuvveti, bodrum döşemelerine gelen zemin gerilimini azaltmaktadır. Bina toplam yükü nedeniyle tabana gelen gerilme, suyun basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamı ile taşınmaktadır. Bina toplam yükü nedeniyle tabana gelen gerilmenin, suyun basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamından az olduğu hallerde, bina dengesi kararsız hale gelmekte ve bina suyun içinde yüzmektedir, [34, s. 56].



Şekil 2.9 Yeraltı Suyunun Bodrum Duvar Ve Döşemesine Yaptığı Basıncın Dağılımı



Şekil 2.10 Yeraltı Suyu Bulunan Zeminlerde Bodrum Duvar Ve Döşemesine Etki Eden Basınçlar

Simetrik olmayan temellerde, suyun kaldırma kuvvetinin bileşkesi, bina yükünün bileşkesinin tesir doğrultusunda etki etmemektedir. Bu halde, bir döndürme momenti meydana gelmekte ve bu moment, tabana gelen basınç dağılımını değiştirmektedir.

Yeraltı suyu akımı iki şekilde meydana gelmektedir; bir serbest su seviyesinin, bir zemin kütlesinin her iki tarafında farklı yüksekliklerde yer alması ve bir yapı ağırlığı nedeni ile basınç uygulamasıdır. Durgun bir yeraltı suyu içerisinde inşa edilen yapı elemanları, yeraltı suyunu kabartıyorsa, bina altında bir yeraltı suyu akımı meydana gelmektedir. Eğer, mevcut bir akım varsa, bunun hızı büyümektedir. Her iki halde de, yatay yapı elemanları, bir su basıncına maruz kalmaktadır. Akış halindeki suyun uyguladığı basınç, durgun haldekine nazaran farklılık göstermektedir. Bina altında sızan su miktarı, akış durumunda suyun basıncı ve hidrolik eğim, akım ağları kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu su basıncı, artık üniform şekilde dağılmamakta ve akan yeraltı suyu, yeraltı suyunun eğimi kritik bir seviyeyi aşınca, hidrolik taban göçmesi adı verilen ve binada hasara neden olan olayı meydana gelmektedir.

Bodrum duvarları, özellikle belirlenecek olan en yüksek yeraltı suyu seviyesinin neden olduğu su basıncı ve zemin yanal basıncının oluşturduğu toplam yanal yüklere; bodrum döşemeleri ise, suyun basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamının oluşturduğu yüklere karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.

2.3.4. Zeminde Don Olayının Neden Olduğu Yükler

Zeminde don olayı, dış kabuk sisteminde hasarlara neden olan bir başka etkidir. Zeminde, sıcaklığının 0°C'nin altına düştüğü derinlik; diğer bir anlatımla, don derinliği ile zemin üst yüzeyi arasında kalan bölgeye, 'donmuş zemin bölgesi' adı verilmektedir. Donmuş zemin bölgesinde, zemin suları, sıvı halden katı hale; diğer bir anlatımla, buza dönüşmektedir. Böylece, toprak tanecikleri birbirlerine buz ile bağlanmakta ve dayanımı yüksek, katı bir kütle oluşmaktadır, [35, s. 26-1].

Don derinliğinin altında kalan bölgede; diğer bir anlatımla, donmamış zemin bölgesinde, kapiler su bulunabilmektedir. Yeraltı suyu bulunan zeminlerde, don derinliğinin, yeraltı suyu yüzeyinin üstünde kaldığı durumda, kapiler saçakta yer alan su, don yüzeyine doğru hareket etmektedir. Don yüzeyine erişen kapiler su, buradaki toprak taneciklerinin arasında hareket edebilmekte ve buz kristalleri ile birleşerek bunların büyümesine ve buz mercceklerinin oluşmasına neden olmaktadır. Buz mercceklerinin oluşması veya büyümesi sonucunda zemin genleşmekte; üst katmanlardaki zemin ve buz mercceklerine doğru bir basınç oluşmakta ve bunlar,

yukarı doğru yükselmektedir. Don yüzeyindeki buz mercceklerinin büyümesi sırasında zeminde oluşan hacim değişikliği, donmuş zemin tabakasının yukarı doğru yer değiştirmesi ile sonuçlanmaktadır. Kaldırma basıncının değeri, toprağın tipine ve nem miktarına bağlı olmaktadır. Suyu doymuş bir zemin maksimum kaldırma basıncını oluşturmaktadır; nem miktarı azaldıkça kaldırma basınç değeri de azalmaktadır. Zemin türünün de kaldırma basıncına etkisi bulunmaktadır; killi topraklar, siltli topraklara nazaran daha fazla kaldırma basıncı oluşturmaktadır. Zemin gözenek boyutu ile kaldırma basınç kuvveti de ilişkili olmaktadır; gözenek boyutu küçüldükçe, basınç kuvveti artmaktadır. Kaba kum ve temiz çakıl kaldırma kuvveti oluşturmamakta; ancak, ince kum, kil ve siltler oluşturmaktadır.

Temel taban alt kotunun, don derinliği üzerinde yer alması durumunda; dış kabuk sisteminin ağırlığı, zeminde oluşan kaldırma kuvvetinden az ise, dış kabuk sisteminde yer değiştirme hareketi oluşmaktadır. Bu hareketin önlenmesi için alınan tedbirlerden biri, temel taban alt kotunun, don derinliğinin altında inşa edilmesidir. Ancak, dona karşı hassas zeminlerde, temel taban alt kotunu, don seviyesinin altında inşa etmek; dış kabuk sistemini, sadece zemin genişmesi sonucu oluşan kaldırma kuvvetinin neden olduğu hasardan korumaktadır; yatay kuvvetin neden olduğu hasarlardan korumamaktadır. Eğer, toprak taneciklerinin etrafında ve aralarında bulunan su, aynı zamanda, bodrum duvarı ile temas ediyorsa ve su donarsa, oluşan buz merccekleri nedeni ile zemin-duvar arasında kuvvetli bir bağ oluşmaktadır. Böylece, buz mercceklerinin oluşmasından veya büyümesinden dolayı zeminde oluşan yatay kuvvetler, bodrum duvarlarına iletilmektedir. Bodrum duvarlarında oluşan gerilmeler ise, duvarın, bodrum iç ortamına doğru sehim yapmasına ve duvarda çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Söz konusu hasarların önlenmesi için, bodrum duvarlarının, zemindeki buz mercceklerinden izole edilmesi gerekmektedir, [36, 128-1].

2.4. Dış Kabuk Sistemi İçin Performans Gereksinimleri

Bodrum iç hacminin, güvenlik, higrotermal konfor ve sızdırmazlık gereksinimlerini karşılayabilen, kullanılabilir ve yaşanabilir bir ortam olması amaçlanmaktadır. Bu nedenle, bodrum iç ortamını çevreleyen dış kabuk sisteminin, dış çevresel etmenlerin etkisi altında karşılaması gereken belirli performans gereksinimleri bulunmaktadır.

Bodrum, binanın, toprak altı bölgesinde yer almaktadır; bu nedenle, bodrum iç ortamını oluşturan dış kabuk sistemi, kendisini çevreleyen zeminin fiziksel koşullarının etkisi altındadır. Zemin, ıslak, nemli veya donmuş olabilmekte; ayrıca, bütün bu özelliklere, aynı zaman diliminde de sahip olabilmektedir. Zemin sıcaklıkları, yüzeye yakın bölgelerde, dış hava sıcaklığına kısmen yaklaşırken, derinlere doğru inildiğinde; kış aylarında artmakta, yaz aylarında ise azalmaktadır. Dış kabuk sistemine, zemin ikliminin yanı sıra bodrum iç ortam iklimi de etki etmektedir. Dış kabuk sistemi, binanın tüm statik ve dinamik yüklerinin yanı sıra, zemin yanal basıncı, yeraltı suyu basıncı vb. yüklerin de etkisi altındadır. Dış kabuk sistemini meydana getiren malzemelerin fiziksel özellikleri ile dış kabuk sistemine etki eden çevresel etmenler arasında gelişen süreç, dış kabuk sisteminin fiziksel performansıdır. Dış kabuk sisteminin, fiziksel performansı sonucunda oluşabilecek bodrum hasarlarının önlenmesi için, dış kabuk sisteminin fiziksel performansı nitel veya nicel olarak ifade edilmekte; diğer bir anlatımla, dış kabuk sistemi için belirli performans gereksinimleri tanımlanmaktadır. Kullanıcı gereksinmelerine, ve dış kabuğa etki eden çevresel etmenlere bağlı olarak, dış kabuk sisteminin karşılaması gereken ve başlıca tasarım kriterlerini oluşturan performans gereksinimleri Tablo 2.6'da verilmektedir. Böylece, bir binanın toprak altı dış kabuk sistemi, kendisi için belirlenen performans gereksinmelerine bağlı olarak tasarlanmaktadır.

Tablo 2.6'da; ses, aydınlatma ve yangın ile ilişkili performans gereksinmelerine yer verilmemektedir. Bunlar, binanın bütünü içinde ele alınan gereksinimlerdir; bu nedenle, toprak altı dış kabuk sisteminin tasarımı için gerekli olan performans gereksinimleri olarak ele alınmamaktadır. Dayanıklılık ile ilgili performans gereksinmesi ise, önemli bir konudur. Dış kabuk sistemi, kendinden beklenen işlevleri yerine getirirken, kendi sistem ve sistem bileşenlerinin özelliklerini istenilen düzeyde koruyabilmelidir. Örneğin, dış kabuk sisteminin, etkin dış çevresel etmen denetimi işlevini yerine getirmesi için karşılaması gereken performans gereksinmelerinden biri, ısı geçişini kontrol altına alarak, yeterli ısı direnci sağlamaktır. Dış kabuk sisteminde, yeterli ısı direnci sağlayan sistem bileşenlerinin ısı iletkenlik değerleri, nem, su gibi etmenlerin neden olduğu hasarlardan dolayı artabilmektedir; sonuç olarak, dış kabuk sistemi yeterli ısı direnç özelliğini yitirmektedir. Bu nedenle, söz konusu sistem bileşenleri, nem, su gibi etmenlerden etkilenmeyecek özellikte olmalı veya bu etmenlere karşı korunmalıdır.

Tablo 2.6 Toprak Altı Dış Kabuk Sistemi İçin Performans Gereksinimleri

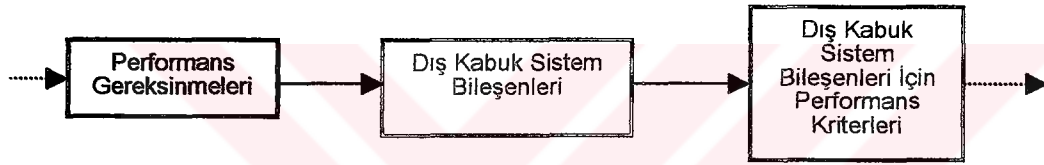
Kullanıcı Gereksinimleri	Çevresel Etkilenler			Performans Gereksinimleri	
	Ana Etkilenler	Alt Etkilenler			
Güvenlik	Yükler	Yerçekimi	Zemin yanal basıncı	Dış kabuk sistemi, zemin yanal basıncı etkisine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	
			Statik yükler	Zemin basıncı	Dış kabuk sistemi, yükleri, zemine güvenli bir biçimde aktarmalıdır.
				Bina ve kendi ağırlığı	Dış kabuk sistemi, bina ve kendi ağırlığının oluşturduğu yüklere karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.
		Dinamik yükler	Kullanıcı yükleri	Dış kabuk sistemi, kullanıcı yüklerine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	
			Yeraltı suyunun oluşturduğu basıncı kuvveti	Dış kabuk sistemi, yeraltı suyunun oluşturduğu basıncı kuvvetine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	
			Deprem	Dış kabuk sistemi, deprem sonucu oluşan yüklere karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	
			Vibrasyon	Dış kabuk sistemi, deprem sonucu oluşan yüklere karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	
	Zeminde don olayının neden olduğu yükler			Dış kabuk sistemi, zeminde don olayının neden olduğu yüklere karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	

Tablo 2.6 Toprak Altı Dış Kabuk Sistemi İçin Performans Gereksinimleri (devamı)

Kullanıcı Gereksinimleri	Çevresel Etmenler		Performans Gereksinimleri
	Ana Etmenler	Alt Etmenler	
Sızdırmazlık	Su	Sıçrama suyu	Dış kabuk sistemi, sıçrama suyunu bünyesine almamalıdır.
		Kapiler Su	Dış kabuk sistemi, kapiler suyu bünyesine almamalıdır.
		Sızıntı suyu	Dış kabuk sistemi, sızıntı suyunu bünyesine almamalıdır.
		Yeraltı suyu	Dış kabuk sistemi, yeraltı suyunu bünyesine almamalıdır.
		Su buharı	Dış kabuk sistemi, buhar difüzyonunu kontrol altına almalıdır; yüzeyel veya bünyesel yoğunlaşma olmadan buhar difüzyon dengesini sağlamalıdır.
		Su buharı	Dış kabuk sistemi, buhar difüzyonunu kontrol altına almalıdır; yüzeyel veya bünyesel yoğunlaşma olmadan buhar difüzyon dengesini sağlamalıdır.
		Duvar ve döşeme	Açığa çıkan konstrüksiyon suyu
Higrotermal konfor	Hava	Hava akımı	Dış kabuk sistemi, hava akımını kontrol altına almalıdır.
	Sıcaklık	Zemin sıcaklığı	Dış kabuk sistemi, ısı akımını kontrol altına almalıdır; ısı köprülerinin oluşumu önlenmelidir.
		İç ortam sıcaklığı	
			Dayanıklılık

3. TOPRAK ALTI DIŞ KABUK SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ VE PERFORMANS KRİTERLERİ

Bodrum iç ortamını çevreleyen dış kabuk sisteminin, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, kullanıcı gereksinimlerine uygun bir iç ortamı sağlayabilen fiziksel bir performans göstermesi için, dış kabuk sistemine ait performans gereksinimleri belirlendikten sonra performans gereksinimlerine bağlı olarak sistem bileşenleri ve sistem bileşenlerinin performans kriterleri belirlenmektedir, Şekil 3.1.



Şekil 3.1. Dış Kabuk Sisteminin Performans Gereksinimlerine Bağlı Olarak Bileşenlerinin Ve Performans Kriterlerinin Belirlenmesini Gösteren Model

Bodrumlu binalarda, istenilen performansa sahip dış kabuk sistemi tasarımı ve yapımı, inşaatçı, mal sahibi ve kullanıcıya önemli avantajlar sağlamaktadır. Bunlar, aşağıda açıklanmaktadır.

- Daha konforlu toprak üstü mekanların yaratılmaktadır.
- Yapı sağlığı korunmaktadır; donatı korozyonu, donma-çözülme, çirçekenme vb. olayların neden olduğu hasarlar önlenmektedir.
- Bodrum iç ortamında konfor koşulları sağlanmakta, küf, mantar, vb. kullanıcı sağlığını etkileyen hasarlar önlenmektedir
- Kullanıcının yakıt giderleri, enerji tüketimi ve hava kirliliği azalmakta, kullanıcı ve ülke kaynakları korunmaktadır.

3.1. Dış Kabuk Sisteminin Performans Gereksinmelerine Bağlı Olarak Belirlenen Bileşenleri

Dış kabuk sisteminin tasarımı yapılırken, söz konusu performans gereksinmelerinden hangilerinin daha önemli olduğu ve dış kabuk sistemi tarafından karşılanması gerektiği belirlenmektedir. Bu nedenle, kullanıcının bodrum iç ortamından beklentileri tarif edilmektedir. Bodrum iç ortamı, yaşanılan bir mekan olarak tasarlanacak ise, dış kabuk sistemi, yüklere bağlı olarak belirlenen performans gereksinmelerinin yanı sıra, su, hava ve sıcaklık ana etmenlerine bağlı olarak belirlenen tüm performans gereksinmelerini karşılamaktadır. Bodrum iç ortamı, otopark, sığınma, imalat, servis gibi işlevleri karşılamak için kullanılacak ise, dış kabuk sistemi, yüklere bağlı olarak belirlenen performans gereksinmelerinin yanı sıra, su etmenine bağlı olarak belirlenen tüm performans gereksinmelerini karşılamaktadır.

3.1.1. Dış Kabuk Sistemine Etki Eden Yüklere Bağlı Sistem Bileşeni

Bodrumlu binalarda, dış kabuk sistemine etki eden yüklere bağlı olarak, sistem için belirlenen performans gereksinmelerini karşılayan ve sistemde yer alan bileşen, strüktürel elemanlardır; ve taşıyıcı sisteme bağlı olarak dış kabuk sisteminde yer alan strüktürel bileşenler, genel olarak, Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3.1 Dış Kabuk Sisteminde Yer Alan Strüktürel Bileşenler

Taşıyıcı Sistem	Duvar	Döşeme	Temel
Yığma sistem	Taşıyıcı duvar	Zemine oturan döşeme	Duvar altı sömel
İskelet sistem	Kolon + taşıyıcı olmayan duvar	Zemine oturan veya oturmayan döşeme	Tekil sömel ve bağ kirişi
			Sürekli sömel (bağ kirişi) (perde ayağı)
	Betonarme perde duvar	Radye temel plağı	

Yığma sistemde, taşıyıcı duvar; betonarme iskelet sistemde, kolon ve taşıyıcı olmayan duvar ile betonarme perde duvar, zemin yanal basıncına karşı dayanıklı ve dengede olacak şekilde tasarlanmaktadır. Yığma sistemde, taşıyıcı duvar; betonarme iskelet sistemde, kolon ve betonarme perde duvar, toprak üstü strüktürel elemanlardan gelen statik ve dinamik yüklere karşı da dayanıklı ve dengede olacak

şekilde tasarlanmaktadır. Tekil, sürekli, duvar altı sömel ve radye temel plağı, yükleri, zemine güvenli bir şekilde; diğer bir anlatımla, zeminde göçme ve farklı oturma olmadan aktarmaktadır. Zemine oturan döşeme ise, döşeme üzerine gelen yükleri taşıyabilecek yeterli dayanımda olmalı ve yükleri zemine güvenli bir şekilde aktarmaktadır.

Dış kabuk sistemi, zeminde don olayının neden olduğu kaldırma ve yatay kuvvetlerin etkisi altında da kalabilmektedir. Zeminde kaya tabakasının veya dona karşı hassas olmayan zemin cinsinin bulunduğu durumlar haricinde, sömel, radye temel plağı, betonarme perde ayakları ve zemine oturan döşemeler, kaldırma kuvvetinin etkisine karşı don seviyesinin altında inşa edilmektedir. Bodrum duvarları ise, yatay kuvvetlerin neden olduğu hasarlardan, zeminden, ısı yalıtım malzemesi, veya drenaj döşem elemanları ile ayrılarak korunmaktadır. Yeraltı suyunun bulunduğu zeminlerde, betonarme perde duvar, su basıncı ve zemin yanal basıncının oluşturduğu toplam yanal yüklere; betonarme radye temel plağı ise suyun basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamının oluşturduğu yüklere karşı dayanıklı ve dengede olacak şekilde tasarlanmaktadır.

Dış kabuk sisteminde yer alan strüktürel bileşenlerin, performans gereksinimlerini karşılayabilmeleri için, bileşenleri oluşturan malzemeler için performans kriteri belirlenmektedir; strüktürel elemanlar, yükleri, malzeme basınç, çekme, eğilme, kesme dayanımları ve zemin taşıma kapasitesi emniyet sınır değerleri altında kalacak şekilde taşınmalı, aktarmalı ve sistemin özelliklerini bozmadan, sistem bileşenleri ile bütün oluşturmalıdır.

3.1.2. Dış Kabuk Sisteminde Isı Geçişinin Kontrol Altına Alınması İçin Sistem Bileşeni

Dış kabuk sistemi, zeminden, bodrum iç ortamına veya bodrum iç ortamından zemine doğru oluşabilecek ısı geçişini kontrol altına alacak şekilde tasarlanmaktadır. Aynı zamanda, sistemde oluşabilecek ısı köprüleri de önlenmelidir.

Dış kabuk sisteminin, söz konusu performans gereksinimlerini karşılayabilmesi, önemli ölçüde, sistemde, ısı yalıtım malzemesinin yer almasına bağlı olmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin, performans gereksinimlerini karşılayabilmesi için, malzeme için performans kriteri belirlenmektedir; malzemenin, ısı iletkenlik değeri düşük olmalı ve bu özelliğini, hizmet ömrü boyunca koruyabilmelidir.

Isıtılan bodrumlu binalarda, ısı yalıtım malzemesinin yerinin belirlenmesi önemli bir konudur. Isı yalıtım malzemesi; bodrum dış duvarının, dış veya iç yüzeyinde; zemine oturan döşemenin ise, üstünde veya altında yer almaktadır. Enerji korunumu açısından, her iki uygulamanın arasında önemli bir fark bulunmamaktadır; ancak, seçimde etkili olan faktörler; malzeme ve uygulama maliyeti, uygulama kolaylığı ve görünüşüdür. Isı yalıtım malzemelerinin, bodrum duvarlarının dış yüzeyinde uygulanmasının getirdiği bir takım avantajlar vardır. Dış duvarın dış yüzeyinde uygulanan ısı yalıtım malzemesi, ısı köprülerinin oluşumunu önleyerek sürekli bir ısı yalıtımı sağlamakta, nem ve su geçirimsiz malzemeleri hafriyat dolgusunun zararlı etkilerinden korumakta, duvarın sıcaklığı yükseltmekte, yoğuşma problemlerini azaltmakta, duvarda oluşabilecek donma olaylarını yok etmekte ve duvarın ısısal hareketini önlemektedir. Bodrum duvarının dış yüzeyine uygulanan ısı yalıtım malzemesi, bodrum iç hacmin alanını azaltmamaktadır. Bodrum dış duvarlarının dışında, basınç mukavemeti yüksek, suyu bünyesine almayan, buhar difüzyonu sonucunda ısı özelliklerini kaybetmeyen ve zemindeki kimyasal maddelere karşı dayanımı yüksek ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır, [37, s. 161-3]. Bu nedenle, çekme polistren ve şartlara bağlı olarak da taneli polistren ısı yalıtım levhaları tercih edilmektedir.

Bodrum dış duvarının iç yüzeyinde de ısı yalıtım malzemesi uygulanmaktadır. Bu durumda, her tip ısı yalıtım malzemesi uygulanmakta ve ısı yalıtım malzemesi maliyeti düşük olmaktadır. Dezavantajları ise, duvarın ısısal hareketi ile duvarda don olayı önlenememekte ve ısı köprüleri oluşmaktadır. Isıtılmayan bodrumlarda, her tip ısı yalıtım malzemesi, bodrum tavanında yer almaktadır. Bunlar, çekme ve taneli polistren ısı yalıtım levhaları, cam ve taş yünü ısı yalıtım malzemeleridir.

Zemine oturan döşemede ise, ısı yalıtım malzemeleri, döşeme gövdesinin altında veya üstünde yer almaktadır. Basınç mukavemeti yüksek, her tip ısı yalıtım malzemesi, döşemenin üstünde kullanılmaktadır. Döşemenin altında ise, basınç mukavemeti yüksek, sudan etkilenmeyen, buhar difüzyonu sonucunda ısı özelliklerini kaybetmeyen ve zemindeki kimyasal maddelere karşı dayanımı yüksek ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Bunlar, taneli veya çekme polistren ısı yalıtım levhalarıdır, [38].

3.1.3. Dış Kabuk Sistemine Kapiler Suyun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni

Zeminde kapiler suyun mevcut olduğu durumlarda, dış kabuk sistemi için belirlenen performans gereksinmesi, sistemin, suyu bünyesine almamasıdır. Kapiler suyun, bodrum duvar ve döşemesine nüfuz etmesi için gerekli olan şartlar, alınması gereken önlemler, sistem bileşeni ve bileşen için performans kriterleri, Tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.2 Dış Kabuk Sistemine Kapiler Suyun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni Ve Performans Kriteri

Kapiler Suyun Dış Kabuk Sistemine Nüfuz Etmesi İçin Gerekli Olan Şartlar	Kapiler Suyun Dış Kabuk Sistemine Nüfuz Etmesinin Önlenmesi	Sistem Bileşeni	Performans Kriteri
Zeminde kapiler suyun varlığı	Zeminde kapiler suyun varlığı kontrol altına alınmakta; diğer bir anlatımla, kapiler su taşıyan zeminin kılcal gözenek boyutu büyütülmektedir.	Çakıl tabakası	Drenaj kapasitesi yüksek olmalıdır.
Yapı malzemelerinde kılcal boşlukların; diğer bir anlatımla, kılcal kuvvetlerin bulunması	Gözeneklerin kapiler emme özelliği yok edilmekte ya da gözenekler kapatılmaktadır.	Nem veya su geçirimsiz malzemeler	Kapilarite katsayısı düşük olmalıdır.

Kapiler suyun, bodrum duvar ve döşemesine nüfuz etmesi için zeminde kapiler suyun, yapı malzemelerinde kılcal boşlukların; bu nedenle, kılcal kuvvetlerin bulunması gerekmektedir. Dış kabuk sisteminin, suyu bünyesine almaması için, zeminde kapiler suyun varlığı kontrol altına alınmakta; diğer bir anlatımla, kapiler su taşıyan zeminin kılcal gözenek boyutu büyütülmektedir. Ayrıca, yapı malzemelerindeki kılcal gözeneklerin kapiler emme özelliği yok edilmekte ya da gözenekler kapatılmaktadır. Bu nedenle, dış kabuk sisteminde, nem veya su geçirimsiz malzemeler yer almaktadır. Bu malzemeler için belirlenen performans kriteri ise, bu malzemelerin kapilarite katsayısının düşük olmasıdır. Nem veya su geçirimsiz malzemelerin, bodrum duvarın dış yüzeyinde ve döşeme altındaki bir tabakanın iç yüzeyinde uygulanmasıyla yüzeysel yalıtım ve/veya duvar ile döşeme bünyesinde kullanılmasıyla bünyesel yalıtım yapılmaktadır, [23, s.17].

Yüzeysel uygulanan nem geçirimsiz malzemeler, bitüm ve çimento esaslı malzemeler ile bitüm bağlayıcı harçlardır. Bitüm esaslı nem geçirimsiz malzemeler, uygulandıkları yüzeyde birkaç milimetre kalınlığında bir film tabakası oluşturmaktadır. Temiz, kuru, tesviye şaplı veya sıvalı beton veya blok yüzey üzerine bir kat astar malzeme sürülmektedir. Astar malzeme, soğuk uygulamalı asfalt solüsyonu, (TS 103) veya asfalt emülsiyonudur, (TS 113). Astar tabaka, yüzeyin gözeneklere iyice nüfuz etmekte ve üzerine gelecek katmanın yüzeye sıkıca yapışmasını sağlamaktadır. Astar malzeme üzerine, su yalıtımının ana katmanları olarak, iki kat sıcak uygulamalı asfalt çimentosu veya iki kat okside asfalt veya üç kat soğuk uygulamalı asfalt solüsyonu veya üç kat asfalt emülsiyonu sürülmektedir. Yüzeysel yalıtım, hafriyat dolgusunun zararlı etkilerinden koruyucu bir tabaka ile korunmaktadır.

Bitüm bağlayıcı harçlar, diğer bir nem geçirimsiz malzemedir. Bitüm bağlayıcı harçların taşıyıcısı mineral dolgu malzemesi ve agregadır. Bağlayıcısı ise okside asfalt veya asfalt çimentosudur. Temiz, kuru, tesviye şaplı veya sıvalı beton veya blok yüzey üzerine bir kat astar malzeme sürülmektedir. Astar malzeme üzerine bitüm bağlayıcı harç birer cm.'lik iki tabaka olarak uygulanmaktadır. Düşeyde uygulanan bitüm bağlayıcı harç, koruyucu bir katman ile korunmaktadır. Bitüm bağlayıcı harcın, yük altında ezilme nedeniyle yatayda kullanılması sakıncalı olmaktadır, [39].

Çimento esaslı nem geçirimsiz malzemeler, daha önceden karıştırılmış, kuru halde bulunmaktadır. Çimento, su itici katkı madde ve bağlayıcı madde karışımlarından oluşmaktadır. Bağlayıcı madde, malzemenin, blok veya beton yüzeylere iyice yapışmasını sağlamak ve malzeme uygulandığı yüzeyin ayrılmaz bir parçası olmaktadır, [40, s. 13].

Kapiler su taşıyan zeminin kılcal gözenek boyutunun büyütülmesi için, zemine oturan döşeme altına iri çakıl tabakası serilmektedir. Çakıl tabakasının gözenek boyutu, kapiler suyun yükselmesini önleyecek kadar büyük olmaktadır, [23, s. 17]. Bu tabaka için belirlenen performans kriteri ise, tabakanın drenaj kapasitesinin yüksek olmasıdır.

3.1.4. Dış Kabuk Sistemine Sızıntı Suyunun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni

Çatı oluklarında toplanan yağmur suları, yağmur iniş boruları ile zemin üst yüzeyine akıtılmaktadır. Bu sular, bodrum duvarlarına bitişik alanlara yöneltirirse, buradaki sızıntı suyu miktarı arttırmaktadır. Saçaksız binalarda da, yağmur suları, doğrudan bodrum duvar ve döşemelerini çevreleyen zemine nüfuz etmekte ve buradaki sızıntı suyu miktarını arttırmaktadır, [10, s. 14].

Yağış suları, zemin üst yüzeyi ile temas ettiğinde, yerçekimi doğrultusunda, zemin geçirimliliğine bağlı bir hızla, sızıntı suyu olarak aşağıya doğru hareketine devam etmektedir. Binayı çevreleyen zeminin eğimi ve geçirimlilik özelliği, sızıntı sularının miktarını ve bodrum duvar ve döşemelerine olan etkisini belirlemektedir. Arsa, eğimsiz ve zemin geçirimli ise, sızıntı suyu, bodrum duvar yüzeyi boyunca aşağı doğru akarken boşluklardan bünyesine nüfuz etmeden ve zeminde birikerek bodrum duvar ve döşemelerine geçici bir hidrostatik basınç uygulamadan yerçekimi kuvveti ile hızla sızmaktadır. Geçirimli bir tabakanın altında, az geçirimli veya geçirimsiz bir zemin tabakası yer alıyorsa, yerçekimi kuvveti ile düşey yönde hareket eden sızıntı suyunun hızı kesilerek bodrum duvarlarının önünde ve döşemelerinin altında birikmekte ve bunlara geçici bir hidrostatik basınç uygulamaktadır. Geçirimli bir zeminde, binaya doğru bir eğim söz konusu ise, eğim boyunca akan yüzeysel sular, eğim tarafındaki bodrum duvarlarının dış yüzeyine gelen sızıntı suyu miktarını arttırmakta ve su, duvar yüzeyinden aşağıya doğru akarken, yerçekimi kuvveti etkisiyle boşluklardan bünyeye nüfuz etmekte ve duvar içinde taşınmaktadır. Az geçirimli bir zemin söz konusu ise, sızıntı suyu, bodrum duvarlarının bünyelerindeki boşluklara yerçekimi kuvveti nedeniyle nüfuz etmekte, ve bünye içinde taşınmakta veya duvar önü ile döşeme altında birikerek geçici bir hidrostatik basınç uygulamaktadır, [41].

Zeminde sızıntı suyunun mevcut olduğu durumlarda, dış kabuk sistemi için belirlenen performans gereksinmesi, sistemin, suyu bünyesine almamasıdır. Sızıntı suyunun, bodrum duvar ve döşemesine nüfuz etmesi için gerekli olan şartlar, alınması gereken önlemler, sistem bileşeni ve bileşen için performans kriterleri, Tablo 3.3'de verilmektedir.

Sızıntı suyunun, bodrum duvar ve döşemelerinin bünyelerine nüfuz etmesi için üç şartın var olması gerekmektedir. Bunlar, zeminde sızıntı suyunun, sızıntı suyunun hareket etmesini sağlayan yerçekimi kuvvetinin ve bodrum duvar ve döşemelerinde

boşlukların bulunmasıdır. Bu üç durumun tamamıyla ortadan kaldırılması mümkün olmamaktadır; ancak, bunlar kontrol altına alınmaktadır. Sızıntı suyunun bodrum duvar ve döşemelerinin bünyelerine nüfuz etmesinin önlenmesi, zeminde sızıntı suyu miktarının kontrol altına alınması ile başlamaktadır. Daha sonra, yerçekimi kuvvetinin etkisi ve/veya bodrum duvarlarını ve döşemelerini oluşturan malzemelerdeki boşluklar kontrol altına alınmaktadır, [10, s. 15].

Zeminde oluşabilecek sızıntı suyu miktarının kontrol altına alınabilmesi, yağmur ve yüzey sulanının, bodrum duvarlarına bitişik zeminlere infiltrasyon oranını azaltarak zeminde oluşabilecek sızıntı suyu miktarının azaltılması ile mümkündür. Bu amaçla, yağmur iniş boruları, suyu, binadan uzağa doğru uzaklaştıracak şekilde ve çatılarda saçak olacak şekilde tasarlanmaktadır. Binayı çevreleyen zemin, binadan, ilk 3.00 m. için %5 eğim ile uzaklaşmalıdır. Dolgu zeminin, zaman içinde oturma yapması sonucunda zeminin binaya doğru eğimli hale gelmemesi için, dolgu zemin başlangıçta iyice sıkıştırılmaktadır. Dolgu zeminin yüzeye yakın bir bölümü, kil vb. geçirimsiz bir malzeme ile doldurulmakta veya binanın çevresinde yaya yolu düzenlenmektedir, [42].

Tablo 3.3 Dış Kabuk Sistemine Sızıntı Suyunun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni Ve Performans Kriteri

Sızıntı Suyunun Dış Kabuk Sistemine Nüfuz Etmesi İçin Gerekli Olan Şartlar	Sızıntı Suyunun Dış Kabuk Sistemine Nüfuz Etmesinin Önlenmesi	Sistem Bileşeni	Performans Kriteri
Zeminde sızıntı suyunun varlığı	Zeminde sızıntı suyu miktarı kontrol altına alınmalıdır.	Dolgu zeminin üst yüzeyinde geçirimsiz tabaka	Geçirimsizlik özelliği olmalıdır.
Yerçekimi kuvvetinin varlığı	Yerçekimi kuvveti kontrol altına alınmalıdır.	Çevresel ve alansal drenaj döşem elemanları	Maksimum drenaj özelliği olmalıdır.
Yapı malzemelerinde boşlukların bulunması	Gözenekler kapatılmalıdır.	Nem ve su geçirimsiz malzemeler	Kapilarite katsayısı düşük olmalıdır.

Sızıntı suyunun zemin içinde hareketini sağlayan yerçekimi kuvveti etkisinin kontrol altına alınması, suyun, bodrum duvar yüzeyi boyunca aşağı doğru akarken boşluklardan bünyesine nüfuz etmeden ve zeminde birikerek bodrum duvar ve döşemelerine geçici bir hidrostatik basınç uygulamadan hızla sızması ve uzaklaştırması ile sağlanmaktadır. Bu amaçla, bodrum duvarlarının önüne bir

Çevresel drenaj ve bodrum demelerinin altında bir alansal drenaj sistemi tasarlanmaktadır.

Çevresel drenaj sisteminde, bodrum duvarlarının önünde, drenaj tabakası ile drenaj borusu ve bina çevresinde uygun noktalarda kontrol-bakım rgarı düzenlenmektedir. Drenaj tabakası, bir sızdırma ve bir filtre tabakasından veya hem sızdırma hem de filtre görevini üstlenen karma bir tabakadan oluşmaktadır. Sızdırma tabakasının görevi, sızıntı suyunu, tüm yüzeyi boyunca bünyesine alarak, yerçekimi etkisi altında hızla sızdırmak ve drenaj borusuna iletmektir. Filtre tabakasının görevi ise, suyla sürüklenen küçük toprak tanelerinin sızdırma tabakasının bünyesine ve drenaj borusunun içerisine girmesini engelleyerek, buralarda tıkanmaların oluşmasını önlemek ve drenaj sisteminin etkin olarak çalışmasını sağlamaktır. Bu nedenlere bağlı olarak, sızdırma katmanından drenaj borusuna geçiş sağlanmakta ve filtre katmanı, tüm sızdırma katmanını ve drenaj borusunu saracak şekilde yerleştirilmektedir. Drenaj tabakası olarak kullanılan malzemelerden biri mineral malzemelerdir. Kum ve çakıl, hem karma hem de ayrı ayrı sızdırma ve filtre katmanlı drenaj tabakaları olarak kullanılmaktadır. Drenaj tabakalarında, plastik bağlayıcılı drenaj plakları ile örtüleri, imento bağlayıcılı drenaj taşları ile gözenekli drenaj plakları ve cam elyaf ısı yalıtım malzemeleri sızdırma katmanı, jeotekstil malzemeler ise filtre katmanı olarak kullanılmaktadır. Drenaj tabakası olarak üretilen malzemeler kullanıldığında, bu malzemeler, zemin st kotunun üstüne kadar uzatılmakta ve burada, bir başlık ile korunmaktadır. Drenaj borusu, drenaj tabakasından iletilen suyu toplayıp, akarsular gibi açık veya yağmur suyu kanalizasyonu gibi kapalı bir atım yerine kadar güvenli bir şekilde uzaklaştırmaktadır. Drenaj tabakasından gelen sızıntı suyunun, drenaj borusu içerisine, tüm yönlerden, hızla akabilmesi sağlanmaktadır. Drenaj borusunun vresi en az 0.20 m. kalınlığında bir çakıl tabakası ile sarılmaktadır. Drenaj borusu, oluşabilecek tüm sızıntı suyunu içerisinde toplayabilecek kesit büyüklüğünde olmalıdır. Drenaj borusunun st kotu, döşemenin alt kotunun altında kalmaktadır. Drenaj boru hattı, en az % 0.5'lik bir eğime sahip olmaktadır. Tüm drenaj boru hattının en alt kotu, atım noktasına bağlantı kotunun üzerinde kalmaktadır. Drenaj boruları, delikli veya deliksiz olmak üzere seramik, plastik veya imento esaslı malzemelerden üretilen borulardır. Kontrol ve bakım rgarları, drenaj borularında kontrol ve bakım olanağı sağlamaktadır. Drenaj borusunun yön değiştirdiği her noktada veya her 30 m.'de bir, bir rögar yerleştirilmektedir. Rgarlar, yerinde dökme betonarme ve prekast beton elemanlardır.

Alansal drenaj sistemi, tüm zemine oturan döşemelerin altında, uzaklaştırılacak suyun miktarına bağlı olarak, sadece drenaj tabakası veya hem drenaj tabakası hem de drenaj boruları ile oluşturulan bir sistemdir. Sadece drenaj tabakası ile oluşturulan alansal drenaj sisteminde, zemine oturan döşemelerin altında, en az 0.20 m. kalınlığında iri çakıl vb. bir mineral sızdırma katmanı yer almaktadır. Doğal zemin ile sızdırma katmanı arasına filtre görevini yerine getiren bir jeotekstil örtü yerleştirilmektedir. Sızdırma katmanı ile zemine oturan döşeme arasında, polietilen vb. bir ayırıcı malzeme kullanılmaktadır. Böylece, betonun, sızdırma katmanını oluşturan iri çakıl tabakası arasındaki boşluklara nüfuz etmesini önlenmekte ve bu tabakanın etkinliğini artırılmaktadır. Drenaj tabası ve drenaj boruları ile oluşturulan alansal drenaj sisteminde, tüm döşeme altında en az 0.20 m. kalınlığında bir sızdırma katmanı, bu katman ile doğal zemin arasında bir filtre katmanı ve sızdırma katmanı ile döşeme arasında bir ayırıcı malzeme yer almaktadır. Doğal zemin–drenaj borusu ile döşeme–drenaj borusu arasında en az 0.20 m. kalınlığında bir sızdırma katmanı yer almaktadır. Borular, en fazla 3.5 m. aralıklarla yerleştirilmekte ve en az % 0.5 eğimle toplama hattına yönlendirilmektedir. Toplama hattı ise çevresel drenaja bağlanmaktadır. Bu bağlantı, yapı elemanlarını deliyor ise, yapı elemanlarının taşıyıcılık özelliklerini kaybetmemelerine dikkat edilmelidir. Çevresel ve alansal drenaj sistemini oluşturan döşem elemanlarının performans gereksinmesini karşılamak için sahip olmaları gereken performans kriteri, maksimum drenaj özelliğine sahip olmalıdır, [41].

Bodrum duvarlarını ve döşemelerini oluşturan malzemelerdeki boşluklarının kontrol altına alınması ise drenaj sistemi ile birlikte duvar dış yüzeyine su ve nem geçirimsiz malzemelerin uygulanması ile sağlanmaktadır. Su ve nem geçirimsiz malzemeler için belirlenen performans kriteri ise, kapilarite katsayısının düşük olmasıdır.

3.1.5. Dış Kabuk Sisteminde Buhar Difüzyonunun Kontrol Altına Alınması İçin Sistem Bileşeni

Su buharı difüzyonu, genel olarak, kış aylarında, ısıtılan bodrum iç ortamından zemine ve yaz aylarında, zeminden bodrum iç ortamına doğru gerçekleşmektedir. Dış kabuk sistemi, buhar difüzyonunu kontrol altına alması gerekmektedir; terleme ya da yoğunlaşma olayı olmadan buhar difüzyon dengesini sağlamalıdır.

Dış kabuk sisteminde, su buharı difüzyonunun kontrol altına alınması, bodrum iç ortamındaki su buharı miktarlarının azaltılması ve/veya dış kabuk sistemini meydana

getiren malzemelerin su buharı difüzyon direncinin kontrol altına alınması; diğer bir anlatımla, buhar kesici malzemelerin kullanılması ile mümkün olmaktadır, [10, s. 42].

Dış kabuk sisteminde, zeminden bodrum iç ortamına doğru oluşan su buharı difüzyonunun kontrol altına alınması, buhar kesici malzemelerin, bodrum duvarının dış yüzeyine uygulanması ile gerçekleşmektedir. Bu malzemeler için belirlenen performans kriteri ise, buhar difüzyon direncinin yüksek olmasıdır. Su buharı difüzyon direnç faktörü yüksek olan bazı nem ve su geçirimsiz malzemeler de buhar kesici olarak kullanılmaktadır. Zemine oturan döşemelerde, döşeme altına polietilen bir tabaka serilmekte veya bazı nem veya su geçirimsiz malzemelerin buhar geçirimsizlik özelliğinden yararlanılmaktadır, [10, s. 43].

Bodrum iç ortamından, dış kabuk sistemine doğru oluşan buhar difüzyonunun kontrol altına alınması, iç ortam su buharı miktarının azaltılması ile mümkün olmakla beraber bu durum, insan sayısı ve eylemleri ile sınırlıdır. Bu nedenle, bodrum duvarının iç yüzeyine, buhar kesici bir malzeme veya bodrum duvarının dış yüzeyine ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmektedir.

3.1.6 Dış Kabuk Sisteminde Hava Akımının Kontrol Altına Alınması İçin Sistem Bileşeni

Dış kabuk sisteminde yer alan malzemelerden bir çoğu nispeten hava geçirimsizdir. Bunlar, alçı, polietilen, beton vb.dir. Ancak, dış kabuk sisteminde, hava akımının kontrol altına alınması, yapı ve hareketli derzlerinin de sızdırmaz hale getirilmesi; diğer bir anlatımla, sistemin hava sızdırmazlık özelliğinde sürekliliğin sağlanması ile mümkün olmaktadır. Diğer bir yöntem de, bodrum iç ortam hava basıncının artırılmasıdır, [10, s. 37].

3.1.7. Dış Kabuk Sistemine Yeraltı Suyunun Nüfuz Etmesinin Önlenmesi İçin Sistem Bileşeni

Zeminde yeraltı suyunun mevcut olduğu durumlarda, dış kabuk sistemi için belirlenen performans gereksinmesi, sistemin, suyu bünyesine almamasıdır. Yeraltı suyunun, bodrum duvar ve döşemesine nüfuz etmesi için, zeminde yeraltı suyunun, yapı malzemelerinde boşlukların bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, yeraltı suyuna karşı alınacak önlem, yapı malzemelerindeki boşlukların kapatılması veya tıkanmasıdır. Bu amaçla, su geçirimsiz malzemeler, betonarme perde duvarın ve radye temel plağının dış yüzeyine uygulanarak yüzeysel ve/veya bünyesinde

kullanılarak bünyesel yalıtım yapılmaktadır. Su geçirimsiz malzemelerin, dış kabuk sistemi için belirlenen performans gereksinmesini karşılaması için sağlaması gereken performans gereksinmesi, basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olmasıdır.

Yüzeysel olarak uygulanan su geçirimsiz malzemeler, örtü ve sürme tipi malzemelerdir. Örtü tipi malzemeler, bitüm veya plastik esaslıdır. Bitüm esaslı su geçirimsiz örtüler, kaplama bitümü, taşıyıcı ve yüzey kaplama malzemesinden meydana gelmektedir. Penetrasyon bitümlü örtüler, penetrasyon bitümleri ile doyurularak elde edilen pamuklu kanaviçe (TS 109), jüt kanaviçe (TS 107), keçeler (TS 110-111) ve karton (TS 114) taşıyıcılı örtülerdir. Okside bitümlü örtüler, okside bitüm ile kaplanarak elde edilen cam tülü (TS 2191), cam dokuma (TS 2988) ve metal folyo (TS 2989) taşıyıcılı örtülerdir. Polimer bitümlü örtüler ise plastomerik bitüm (APP) veya elastomerik bitüm (SBS) ile cam tülü, polyester keçe veya metal folyo taşıyıcıların kaplanması ile elde edilmekte ve TS 11758'e uygun olarak imal edilmektedirler. Bitüm esaslı su geçirimsiz örtülerin her iki yüzü, talk, ince kum veya polietilen film ile kaplıdır. Bitüm esaslı su geçirimsiz örtülerin kalınlıkları, 2, 3 veya 4 mm.dir. Bitümlü örtülerin uygulanacakları yüzey, ilk olarak bitüm emülsiyonu (TS 113) veya bitüm solüsyonu (TS 103) ile astarlanmaktadır. Okside bitümlü örtüler, astarlı yüzeye, sıcak asfalt ile, polimer bitümlü örtüler ise şalümo alevi yapıştırılmaktadır. Bitümlü örtülerin üstleri, çekme polistren ısı yalıtım levhası, blok duvar, koruma betonu vb. malzemeler ile korunmaktadır, [39].

Plastik esaslı su geçirimsiz örtüler, toz veya granül halindeki termoplastik polimerlerin plastifiye edilerek, uygun ısıda kalınlık ayarlı merdanelerde, taşıyıcılı veya taşıyıcısız olarak kalınlık verilmesi ile elde edilmektedir. Üretici firmaların geliştirdikleri formülasyonlara göre çeşitli tipleri bulunmaktadır. Bunlar, PVC , PİB, CPE, EPDM, ECB ve CSPE (Hypalon)'dur. Kalınlıkları, 0.9, 1.2, 1.5, ve 2.0 mm. dir. Uygulamada, örtülerin uygulanacağı yüzey iyi tesviye edilmekte ve örtülerin altına ve üstüne, koruyucu olarak, 150-400 gr/m³ ağırlığında bir polipropilen veya polyester keçe kullanılmaktadır. Bu örtüler, yüzeye serilerek veya sıcak hava kaynağı veya solvent bazlı yapıştırıcılar ile yapıştırılarak uygulanmaktadır.

Sürme tipi malzemeler, sıvı plastik esaslı likit malzemeler ve pastalardır. Sıvı plastik esaslı likit malzemeler, epoksi reçineleri, PVA esaslı, PU esaslı ve çimento esaslı kristalize malzemelerdir. PVA esaslı malzemeler, kopolimer akrilik dispersiyon esaslı karışımdır. Birinci katı astar olmak üzere en az 3 kat, 2 kg/m² sarfiyatla, fırça ile uygulanmaktadır. PU esaslı malzemeler, poliüretan esaslı, tek bileşimli bir likittir.

Fırça ile uygulanmakta ve kurduğunda elastik bir film tabakası oluşturmaktadır. Kullanım miktarı ve kat adedi, üretici firmaların tavsiyesine göre belirlenmektedir. Epoksi reçineler, çift bileşimlidir ve en az iki kat olarak uygulanmaktadır. Çimento esaslı kristalize malzemeler ise çimento ve kum ile birlikte kullanılan kuru veya sıvı formdaki kimyasal maddeleri içermektedir. Hazır toz karışımdan oluşan malzeme su ile karıştırılmakta ve oluşan çimento şerbeti, beton yüzeye uygulandığında, yüzey ile bağlantılı kılcal boşluklarda suda erimeyen kristaller oluşturmaktadır. Malzeme ile uygulama yapılmadan önce yüzeylere, kumlama yapılmakta, basınçlı su püskürtülmekte veya asit ile yıkanmaktadır. Daha sonra yüzeyler su ile ıslatılmaktadır. Malzeme, fırça veya püskürtme yolu ile yüzeye tek veya iki kat uygulanmakta ve kütleme yapılmaktadır. Malzeme, uygulanan beton yüzeyin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır. Bu tip yalıtım malzemesi, yüzeylerde buhar difüzyonunu engellemekte ve üzerlerinde koruyucu bir katman kullanımını gerektirmemektedir. Sürme tipi malzemelerden pastalar ise, bitüm ve çimento esaslı malzemelerdir. Bitüm esaslı malzemeler, bir veya iki bileşimli malzemelerdir. İkinci bileşen, priz hızlandırıcı ve sertleştirici olarak karışıma katılmaktadır. Beton yüzeylere, astar malzeme ile birlikte ortalama 4 mm. kalınlığında uygulanmaktadır. Çimento esaslı malzemeler, çimento ve su geçirimsiz katkı maddeleri içermektedir. Bu karışımın içerisinde bazen kum da bulunmaktadır. Su geçirimsiz katkı maddesine bağlı olarak çeşitli tipleri vardır. Bunlar, metalik, kimyasal, akrilik modifiyeli ve polimer katkılı malzemelerdir. Çimento esaslı metalik su geçirimsiz malzeme, çimento, kum ve ince derecelendirilmiş demir agrega veya dolgu karışımından meydana gelmektedir. Su ile karıştırılıp fırça veya mala ile yüzeye uygulanmakta ve yüzeyde bir kaplama meydana getirmektedir. Uygulama için su ile karıştırıldıklarında, su, demiri oksitlendirmektedir. Oksitlenme nedeniyle demir genişmekte ve harcın boşluklarını tıkamaktadır. Bu malzeme düşey yüzeylerde su geçirimsiz sıva ve yatay yüzeylerde su geçirimsiz şap olarak kullanılmaktadır. Uygulandığı yüzeyin kullanım amacına bağlı olarak ayrıca ek bir geçirimsiz tabakası ile korunabilir. Bu tür malzeme ile yapılan uygulamanın kalınlığı, yapışma, su geçirimsiz ve koruma tabakaları dahil yaklaşık 1.5 cm.dir. Çimento esaslı kimyasal katkı maddeli su yalıtım malzemesi, çimento ve kum ile birlikte kullanılan sıvı veya toz halde aktif kimyasal katkı maddelerinden meydana gelmektedir. Reaksiyon suyuna ilave edilen su geçirimsizlik katkı maddesi, kum ve çimento karışımı ile reaksiyona girmekte ve harç içerisindeki kılcal boşlukları doldurmaktadır. Beton yüzeyler, telle aşındırma, kum püskürtme vb. yollar ile pürüzlendirilmektedir. Malzeme, mala ile yüzeye uygulanmakta ve yüzeyde su geçirimsiz bir sıva veya şap tabakası meydana getirmektedir. Buhar difüzyonunu engellememektedir. Çimento

esaslı akrilik modifiyeli su yalıtım malzemesi ise, çimento ve kuma, akrilik emülsiyonların katılması ile meydana gelmektedir. Sıvı haldeki akrilik emülsiyon ile toz halindeki kum ve çimento karıştırıldığında, fırça veya mala ile sürülen bir harç oluşmaktadır. Düşey yüzeylerde su geçirimsiz sıva ve yatay yüzeylerde su geçirimsiz şap olarak kullanılmaktadır, [40, s. 16].

Polimer katkılı çimento harcı ise, normal çimento harcına, karışım sırasında, polimer adı verilen doğal veya sentetik kimyasal maddelerin katılması ile meydana gelmektedir. Harcın içindeki kılcal boşlukları polimer katkı maddesi doldurmaktadır. Polimer katkılı çimento harcı, yüzeylere fırça veya mala ile uygulanmakta ve yüzeylerde su geçirimsiz sıva ve şap tabakası oluşturmaktadır, [43].

Su geçirimsiz beton ile dökülen yapı elemanlarında bünyesel yalıtım yapılmaktadır. Bir betonun su geçirimsizliği, su/çimento oranı ve nihai kapiler poroziteye bağlıdır. Bu nedenle, bir beton karışımına, su azaltıcı, hava sürükleyici vb. beton katkı malzemesi eklenerek su oranı azalmış, boşlukları azaltılmış geçirimsiz beton elde edilmektedir. Diğer bir su geçirimsiz beton ise, polimer çimento betondur. Polimer çimento betonu, normal çimento harcına, karışım sırasında, polimer maddelerin katılması ile meydana gelmektedir. Normal çimento betonu ile aynı yöntemde dökülmektedir. Polimerlerin kimyasal bileşimleri birbirlerinden farklı olmakla beraber kullanım amaçları aynıdır, normal çimento betonlarına nazaran daha yoğun ve mukavemetleri daha yüksek olmaktadır. Bu betonlarda, hidrasyon sonucu oluşan boşlukların ve rötire sonucu oluşan çatlakların daha azdır, bu nedenle su geçirimsiz özellikleri normal betonlara nazaran daha iyidir.

3.2. Dış Kabuk Sistem Bileşenleri İçin Performans Kriterleri

Dış kabuk sistemi, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, kullanıcı gereksinmelerine uygun bir iç ortam sağlayabilmek için belirli performans gereksinmelerini karşılamalıdır. Dış kabuk sisteminde, belirli performans gereksinmelerini karşılayan, katmanlaşmış duvar-döşeme sistemleri tasarlanmaktadır. Bu sistemde, belirli performans gereksinmelerini karşılayabilecek sistem bileşenlerinin fiziksel özelliklerinin belirli değerler taşıması istenmektedir. Dış kabuk sistem bileşeninden sahip olması istenen belirli bir değerdeki fiziksel özelliği, bileşenin 'performans kriteri' olarak nitelendirilmektedir.

Genel olarak, her bir performans gereksinmesini karşılayan bir malzeme bulunmaktadır. Bazı malzemeler, birden fazla performans gereksinmesini

karşılayabilmektedir. Örneğin, buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olan su geçirimsiz malzemeler, dış kabuk sisteminin bünyesine suyun girmesini önlemekte ve zeminden, iç ortama doğru oluşabilecek buhar difüzyonunu kontrol altına almaktadır. Bodrum duvarının dış yüzeyinde yer alan cam elyaf ısı yalıtım levhası ise fiziksel özellikleri ve konumu nedeniyle üç performans gereksinmesini karşılamaktadır; düşük ısı iletkenlik değerine sahip olduğu için sistemde ısı akımını kontrol altına almakta, kapilarite katsayısı düşük olduğu için sızıntı suyunun sistemin içine girmesini engelleyerek drenaj tabakası görevi görmekte ve buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olduğu için iç ortamdan zemine doğru oluşan buhar difüzyonunu kontrol altına almaktadır.

Tablo 3.4'de, dış kabuk sistemi için performans gereksinimleri, söz konusu performans gereksinmelerini karşılayan dış kabuk sistem bileşenleri ve bileşenlerin performans kriterleri verilmektedir. Kapiler su bulunan zeminde, yaşanan bir mekan olarak kullanılacak bodrum iç ortamını çevreleyen dış kabuk sisteminin karşılaması gereken performans gereksinmesi, suyun, bünyesine nüfuz etmesinin ve iç ortama geçişinin engellenmesidir. Söz konusu performans gereksinmesinin karşılanması için kullanılan malzeme, nem ve su geçirimsiz malzemelerdir. Bu malzemeler için belirlenen performans kriteri, kapilarite katsayısının düşük olmasıdır.

Tablo 3.4 Toprak Altı Dış Kabuk Sistem Bileşenleri İçin Performans Kriterleri

Performans Gereksinimleri	Dış Kabuk Sisteminin Bileşenleri	Performans Kriterleri
Dış kabuk sistemi, zemin yanal basınç etkisine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	Dış kabuk sisteminin strüktürel elemanları	Dış kabuk sisteminin strüktürel elemanları, yükleri, malzeme basınç, çekme, eğilme, kesme dayanımları ve zemin taşıma kapasitesi güvenlik sınır değerleri altında kalacak şekilde taşınmalı ve aktarmalıdır.
Dış kabuk sistemi, yükleri, zemine güvenli bir biçimde aktarmalıdır.		
Dış kabuk sistemi, bina ve kendi ağırlığının oluşturduğu yüklerle karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.		
Dış kabuk sistemi, kullanıcı yüklerine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.		
Dış kabuk sistemi, yeraltı suyunun oluşturduğu basınç kuvvetine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.		
Dış kabuk sistemi, deprem sonucu oluşan yüklerle karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.	Nem ve su geçirimsiz malzeme	Dış kabuk sisteminin strüktürel elemanları, yükleri, malzeme basınç, çekme, eğilme, kesme, dayanımları ve zemin taşıma kapasitesi güvenlik sınır değerleri altında kalacak şekilde taşınmalı ve aktarmalıdır; drenaj kapasitesi olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, zeminde don olayının neden olduğu yüklerle karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.		
Dış kabuk sistemi, sıçrama suyunu bünyesine almamalıdır.		
Dış kabuk sistemi, kapiler suyu bünyesine almamalıdır.		
Dış kabuk sistemi, sızıntı suyunu bünyesine almamalıdır.	Nem ve su geçirimsiz malzeme	Malzemenin kapilarite katsayısı düşük olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, yeraltı suyunu bünyesine almamalıdır.	Nem ve su geçirimsiz malzeme	Malzemenin kapilarite katsayısı düşük olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, sızıntı suyunu bünyesine almamalıdır.	Nem ve su geçirimsiz malzeme	Malzemenin kapilarite katsayısı düşük olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, yeraltı suyunu bünyesine almamalıdır.	Su geçirimsiz malzeme	Malzemenin basınçlı su geçirimsizlik katsayısı düşük olmalıdır.

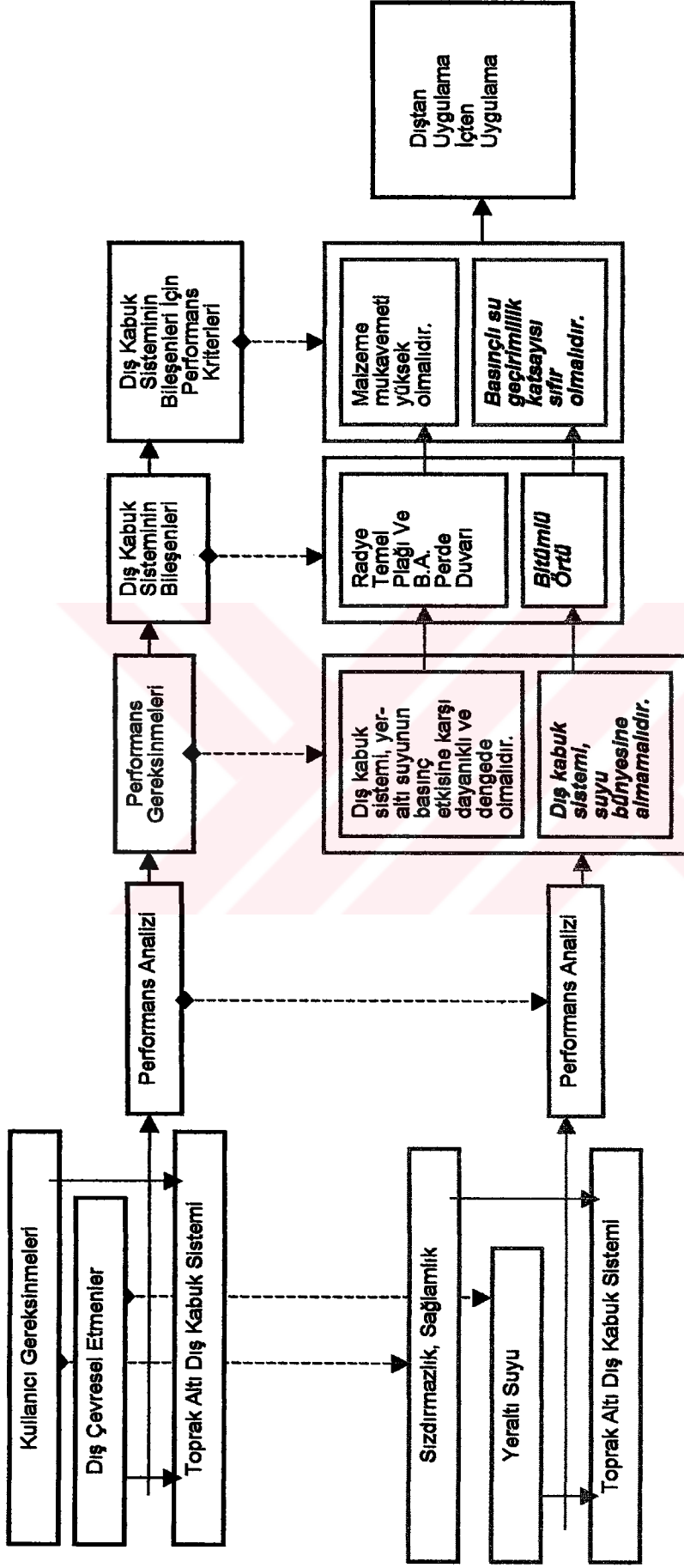
Tablo 3.4 Toprak Altı Dış Kabuk Sistem Bileşenleri İçin Performans Kriterleri (devam)

Performans Gereksinimleri	Dış Kabuk Sisteminin Bileşenleri	Performans Kriterleri
Dış kabuk sistemi, buhar difüzyonunu kontrol altına almalıdır; yüzeyel veya bünyesel yoğuşma olmadan buhar difüzyon dengesini sağlamalıdır.	Buhar kesici malzeme, nem ve su geçirimsiz malzeme	Malzemenin buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, buhar difüzyonunu kontrol altına almalıdır; yüzeyel veya bünyesel yoğuşma olmadan buhar difüzyon dengesini sağlamalıdır.	Buhar kesici malzeme, nem ve su geçirimsiz malzeme	Malzemenin buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, açığa çıkan konstrüksiyon suyunu kontrol altına almalıdır.	Buhar kesici malzeme, nem ve su geçirimsiz malzeme	Malzemenin buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, hava akımını kontrol altına almalıdır.	Hava geçirimsiz malzeme	Malzemenin, hava geçirimsizlik değeri düşük olmalıdır.
Dış kabuk sistemi, ısı akımını kontrol altına almalıdır; ısı köprülerinin oluşumu önlenmelidir.	Isı yalıtım malzemesi, duvar ve döşemeyi oluşturan malzemeler	Malzemenin, ısı iletkenlik değeri düşük olmalıdır.

4. BASINÇLI SU GEÇİRİMLİLİĞİ, BİTÜMLÜ ÖRTÜLER VE YERALTI SUYU BULUNAN ZEMİNDE BİTÜMLÜ ÖRTÜLER İLE DIŞ KABUK SİSTEMLERİ

Bölüm 2 ve 3’de, dış çevresel etmenlerin etkisi altında, kullanıcı gereksinmelerine uygun bir bodrum iç ortamını oluşturulması için dış kabuk sisteminin karşılaması gereken performans gereksinimleri, bu gereksinmelere bağlı olarak belirlenen sistem bileşenleri ve bileşenlerin performans kriterleri ele alınmaktadır. Bu çalışmada ise, dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmen olarak, sadece, yeraltı suyu ele alınmaktadır. Bölüm 2 ve 3’de, dış çevresel etmen olarak yeraltı suyu tanımlanmakta; dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri ile yeraltı suyu arasında gelişen süreç analiz edilmekte ve yeraltı suyu bulunan zeminde, dış kabuk sisteminin karşılaması gereken performans gereksinimleri belirlenmektedir. Ayrıca, dış kabuk sisteminin performans gereksinmelerine bağlı olarak sistem bileşenleri ve bileşenlerin performans kriterleri de belirlenmektedir. Yukarıda açıklanan işlemler, Şekil 4.1’de verilmektedir.

Yeraltı suyu bulunan zeminlerde, bodrum iç ortamını çevreleyen dış kabuk sisteminin karşılaması gereken performans gereksinmelerinden biri, sistemin, yeraltı suyunun oluşturduğu basınç etkisine karşı dayanıklı ve dengede olmasıdır. Bu gereksinmeye bağlı olarak belirlenen sistem bileşenleri, betonarme perde duvar ve radye temel plağıdır. Söz konusu sistem bileşeni için belirlenen performans kriteri, bileşenin, yükleri, malzeme basınç, çekme, eğilme, kesme dayanımları ve zemin taşıma kapasitesi emniyet sınır değerleri altında kalacak şekilde taşıması, aktarması ve sistemin özelliklerini bozmadan, sistem bileşenleri ile bütün oluşturmasıdır. Diğer bir performans gereksinmesi ise, sistemin bünyesine suyun nüfuz etmesinin önlenmesidir. Bu çalışmada, dış kabuk sisteminin bünyesine suyun nüfuz etmesini önleyen sistem bileşeni olarak bitümlü örtüler ele alınmaktadır. Bitümlü örtüler için belirlenen performans kriteri ise, örtünün, basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olmasıdır. Yeraltı suyu bulunan zeminlerde, bitümlü örtülerin radye temel plağı ve betonarme perde duvarı ile birlikte yer aldığı dış kabuk sistemleri, dıştan ve içten uygulamadır. Bu nedenle, bu bölümde, basınçlı su geçirimsizliği, bitümlü örtüler ve dıştan ile içten uygulama analiz edilmektedir.



Şekil 4.1 Yeraltı Suyu Bulunan Zeminlerde Dış Kabuk Sisteminin Karşılması Gereken Performans Gereksinimleri, Sistem Bileşenleri Ve Bileşenlerin Performans Kriterleri

4.1. Basıncılı Su Geçirirnililiği

Bu bölümde, belirli bir basınç altında bulunan suyun, bitümlü örtünün bünyesine nüfuz etme ve bünyede taşınma mekanizmaları ile hava ile temas eden diğer yüzeydeki durumu tanımlanmaktadır.

Sıvı formda suyun, bir malzemenin bünyesine nüfuz edebilmesi ve taşınabilmesi için üç adet koşulun var olması gerekmektedir. Bunlar, bir su kaynağı, suyun nüfuz edebileceğı boşluk ve suyu boşluğa itebilecek bir kuvvettir. Burada söz konusu olan su kaynağı, belirli bir basınç altında bulunan sıvı formda sudur. Malzemeler içinde bulunan boşluklar boyutları bakımından dört sınıfa ayrılmaktadır; bunlar, moleküller arası boşluk, boşluk boyutları 0.1 mikrondan küçük olan mikro boşluk, boşluk boyutları 0.1 mikron ile 2.5 mm. arasında değışen kılcal boşluk ve boşluk boyutları 2.5 mm.den büyük olan makro boşluktur. Sıvı formda suyun, malzemenin bünyesindeki mikro, kılcal ve makro boşluklara nüfuz etmesi ve taşınmasına neden olan kuvvet ise yerçekimi kuvveti nedeniyle oluşan hidrostatik basınçtır.

Bir malzemenin ayırdığı iki hacimden birinde belirli bir basınç altında sıvı formda su ve diğerinde, hava olduğu durumda; diğer bir anlatımla, iki yüzey arasında basınç farkı olduğu durumda, belirli bir basınç altında bulunan sıvı formdaki suyun malzemenin birbiriyle bağlantılı boşluklara nüfuz etmesi, taşınması ve hava ile temas eden diğer yüzeye sıvı formda geçmesi özelliğine, malzemenin 'basıncılı su geçirirnililiğı' adı verilmektedir. Fizikte, D'arcy Kanunu olarak bilinen basıncılı su geçirirnililik olayında, malzemedan geçen suyun hacmi (V , cm^3), belirli bir süre (t , sn), belli kesitte (F , cm^2) ve kalınlıktaki (d , cm) malzemeye etkili olan su basıncına (P , cm-su sütunu) ve malzemenin basıncılı su geçirirnililik katsayısına (k , cm/sn) bağılı olarak değışmektedir, [11, s. 82]. Bu büyüklüklerin, D'arcy kanununa göre bağıntısı, aşağıda verilmektedir.

$$V = k \times (P \times F \times t) / d \quad (4.1)$$

Bir organik malzemenin, aynı sıcaklık derecesinde, farklı bağıl nem oranı nedeniyle farklı kısmi su buhar basıncına sahip iki hacmi birbirinden ayırdığı durumda, kısmi su buhar basıncı yüksek olan hacimdeki su molekülleri; organik malzemenin moleküller arası boşluk boyutunun, su molekül çapından daha büyük olduğu durumda, kısmi buhar basınç farkı nedeniyle, organik malzemenin moleküller arası boşluğuna nüfuz etmekte ve bünyede taşınmaktadır. Su molekülleri, organik malzemenin diğer yüzeyinden, kısmi buhar basıncı düşük olan hacimdeki su

molekülleri ile havanın diğer molekülleri arasına karışmaktadır. Bu akım; diğer bir tanımlamayla, difüzyon, organik malzemenin ayırdığı her iki hacimdeki kısmi su buhar basınçları eşitleninceye kadar devam etmektedir. Organik malzemenin ayırdığı hacimlerden birinde belirli bir basınç altında sıvı formda suyun bulunduğu durumda da, difüzyon gerçekleşmektedir, [34, s. 36]. Organik malzemenin moleküller arası boşluk boyutu, su molekül çapından büyük olduğu durumda, sıvı formda su molekülleri, belirli bir basınç altında, moleküller arası boşluğa gelmekte; burada kısmi buhar basınçlarındaki fark nedeniyle buharlaşabilmekte; su molekülleri, moleküller arası boşluğu doyurduktan sonra, malzemenin hava ile temas eden diğer yüzeyindeki su molekülleri ile havanın diğer molekülleri arasına karışabilmektedir, [44]. Bu durumda da, D'arcy Kanunu geçerli olmaktadır, [34, s. 36].

Bitümlü örtünün, belirli bir basınç altında bulunan su dolu bir hacim ile, kısmi su buhar basıncına sahip hava bulunan iki hacmi birbirinden ayırdığı durumda; diğer bir anlatımla, iki yüzeyi arasında basınç farkı olduğu durumda; basınçlı suyun, örtünün bünyesine nüfuz etme ve bünyede taşınma mekanizmaları ile hava ile temas eden diğer yüzeydeki durumu dört şekilde açıklanabilmekte ve bunlar, aşağıda verilmektedir. Her dört durumda da, örtüde, delik vb. hasarların bulunmadığı ve örtünün homojen bir bünyeye sahip olduğu kabul edilmektedir.

- Belirli bir basınç altında bulunan sıvı formda su, örtünün bir yüzeyine gelmektedir. Bitümlü örtünün bünyesinde birbiriyle bağlantılı mikro, kılcal ve/veya makro boşlukların bulunması durumunda; su basınç etkisi ile boşluklara nüfuz etmekte, taşınmakta ve örtünün hava ile temas eden diğer yüzeyine, sıvı formda su olarak geçmektedir. Bu durumda, bitümlü örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı kabul edilmektedir.
- Belirli bir basınç altında bulunan sıvı formda su, örtünün bir yüzeyine gelmektedir. Bitümlü örtünün bünyesinde birbiriyle bağlantılı mikro, kılcal ve/veya makro boşlukların olmadığı veya boşlukların olup, boşlukların birbiriyle bağlantısı olmadığı durumlarda; su, örtünün diğer yüzeyine geçememektedir. Bu durumda, bitümlü örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olduğu kabul edilmektedir.
- Belirli bir basınç altında bulunan sıvı formda su, örtünün bir yüzeyine gelmektedir. Örtünün moleküller arası boşluk boyutunun, su molekül çapından büyük olması durumunda; sıvı formda su, moleküller arası boşlukta, kısmi buhar basınç farkı nedeniyle buharlaşabilmekte, boşluklar buhar formda suya

doyduktan sonra buhar formda su, örtünün diğer yüzeyine geçebilmektedir. Buhar formda su geçtiği ortamın sıcaklığına ve bağıl nem miktarına bağlı olarak, yoğuşabilmekte; diğer bir anlatımla, sıvı formda su olarak açığa çıkabilmektedir. Örtüden buhar formda su geçmesi durumunda, örtünün su geçirimsizlik özelliği ile ilgili mevcut bir kabul olmamakla beraber, buhar formda su geçişinin yapı elemanlarında, donatı korozyonu, bodrum iç ortam bağıl neminin artması sonucu iç ortam konfor koşullarının bozulması, küf, mantar, vb. bodrum hasarlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle, bitümlü örtüden buhar formda suyun geçmesi durumunda, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı kabul edilmektedir.

- Belirli bir basınç altında bulunan sıvı formda su, örtünün bir yüzeyine gelmektedir. Örtünün moleküller arası boşluk boyutunun, su molekül çapından küçük olması durumunda, buhar formda su, örtünün bünyesine nüfuz edememekte ve diğer yüzeyine geçememektedir. Bu nedenle, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olduğu kabul edilmektedir.
- Bir yüzeyi, belirli bir basınç altında bulunan suya maruz kalan bitümlü örtünün mekanik dayanımı, basınç etkisini karşılayamamakta ve örtüde yırtılma meydana gelmektedir, [44].

4.2. Bitümlü Örtüler

Su geçirimsiz malzemelerden biri de, bitümlü örtüler olmaktadır. Bitümlü örtünün kullanılmasının nedenleri, bitümün su geçirimsiz özelliğinin yanı sıra, yüzeylere yapışma özelliğinin de olması ve örtünün kolay uygulanabilmesidir. Bitümlü örtü, kompozit bir malzemedir; doyurucu ve/veya kaplama bitümü, taşıyıcı ve yüzey kaplamaları olmak üzere üç bileşenden meydana gelmektedir.

4.2.1. Doyurucu Ve Kaplama Bitüm

Bitümlü malzeme, asfalt ve kömür katranı zifti olmak üzere orijin ve elde edilış yönünden iki gruba ayrılmaktadır. Asfalt, tabiatda doğal halde bulunan veya ham petrolden elde edilen, koyu kahverengi veya siyah renkli, normal sıcaklıkta yarı katı veya katı halde bulunan, ısı ile akışkanlığı değışen, az oranda uçucu madde, parafin ve mineral madde içeren, büyük bir kısmı karbon sülfürde çözünen yüksek molekülü hidrokarbon bileşikleridir. Kömür katranı zifti ise, ham kömür katranının destilasyon kalıntısı olup, yarı katı veya katı halde bulunan, koyu kahverengi veya siyah renkli,

az oranda uçucu madde içeren bir hidrokarbon bileşiğidir. Bitüm, söz konusu hidrokarbon bileşiklerinin karbon sülfürde çözünen kısmına verilen addır.

Doğal asfaltlar, genellikle kaya ve göllerde, petrolün doğal etkenlerle yoğunlaşıp polimerleşmesi ve reçineleşmesinden meydana gelmiş ince kum, kil ve bitüm karışımı halinde bulunmaktadır. Kaya asfaltlarında % 10 bitüm, % 90 mineral; göl asfaltlarında ise % 55 bitüm, % 35 mineral ve % 10 yabancı madde vardır. Ham petrolün destilasyonu sonucunda elde edilen kalıntı malzemeye aşırı buhar üflenmesiyle asfalt çimentoları; diğer bir tanımlamayla, penetrasyon asfaltları ve kalıntı malzeme hava üflenmesiyle de okside asfalt elde edilmektedir. Asfalt çimentosu ve okside asfalt, % 99 oranında karbon sülfürde çözünmektedir; diğer bir anlatımla, söz konusu bitümlü malzemelerin bitüm içeriği % 99 oranındadır. Kömür katranı ziftinin bitüm içeriği ise % 70 oranındadır, [45].

Bitüm, hidrokarbon bileşiklerinin bir karışımıdır. Asfalt grubunda yer alan bitümün bileşenleri, çözücüler kullanılarak belirlenmektedir. Bunlar, asfalten ve malten adı verilen reçine ve yağdır. Söz konusu bileşenlerin fiziksel özellikleri birbirinden farklıdır. Asfalten ve reçinenin viskozite ve yoğunlukları yüksektir, bu nedenle, katı olarak tanımlanmaktadır. Yağın viskozite ve yoğunluğu düşüktür, bu nedenle, sıvı olarak tanımlanmaktadır. Bitüm, koloidal bir yapıya sahip olmakta; sol (Newtonian), sol-jel (viskoelastik) veya jel (non-Newtonian, elastik) halde bulunmaktadır. Sol tipi bitümde, asfaltenler, malten içerisinde çok iyi bir şekilde dağılmaktadır. Reçineler, adsorpsiyon yolu ile asfaltenler tarafından tutulmakta, bunların yüzeyinde koruyucu bir zar teşkil etmekte ve koloit halinin dengesini sağlamaktadır. Jel tipi bitümde ise, asfaltenler birbirleri ile zincir şeklinde birleşik halde bulunmaktadır; sıvı faz, katı faz içerisinde dağılmaktadır. Genel olarak bitüm, normal sıcaklıkta viskoelastik bir malzemedir.

Bitümün bileşenleri, bitüme farklı özellikler vermektedir. Örneğin; asfaltenlerin miktarı bitümün sertliğini belirlemekte; yağlar ise bitüme esneklik ve akma özelliği vermektedir. Bu nedenle, bitümün kimyasal bileşenlerinin miktarı, bitümün fiziksel özelliklerini belirlemektedir. Bitümde, asfalten miktarı, yağ miktarına nazaran yüksek ise, bitüm nispeten serttir ve esneklik ile akma özelliği düşüktür. Diğer bir anlatımla, bitümün yumuşama noktası ve viskozitesi yüksek, penetrasyon değeri düşüktür. Yağ miktarı, asfalten miktarına nazaran fazla olan bitümler nispeten daha yumuşaktır ve esneklik ile akma özelliği yüksektir. Bitümün, yumuşama noktası ve viskozitesi düşük, penetrasyon değeri yüksektir, [46].

Bitüm, yüksek sıcaklıklarda yumuşayan, düşük sıcaklıklarda kırılganlaşan, termoplastik bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bitümü, yüksek sıcaklıklarda viskoz sıvı ve düşük sıcaklıklarda elastik katı davranış gösteren viskoelastik bir malzeme olarak tanımlamak daha doğru olmaktadır. Bitüm, sıcaklıklara bağlı olarak, hem sıvı hem de katı davranış gösterdiği için bitümün söz konusu davranışlarındaki sıcaklıkları belirleyen bir dizi deney yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bunlardan en önemlileri, yumuşama noktası, soğukta kırılganlık (Fraas testi) ve penetrasyon deneyidir. Penetrasyon deneyi, bitümün, 25°C deki kıvamını belirleyen bir deneydir ve yarı-katı ile katı bitümlere uygulanmaktadır. Yumuşama noktası deneyinde, bitümün, katılığına kaybederek akışkanlığa yakın bir kıvam edindiği sıcaklık belirlenmektedir. Soğukta kırılganlık deneyinde ise, bitümün kırıldığı veya çatlamaya başladığı sıcaklık belirlenmektedir. Yumuşama noktası ve soğukta kırılma noktası arasında kalan sıcaklık aralığına ise bitümün 'servis sıcaklığı' veya 'plastiklik alanı' adı verilmektedir. Pratikte, plastiklik alanının büyük olması, bitümün, sıcaklık yükseldikçe akmaya, sıcaklık düştükçe kırılmaya daha az eğilim göstermesidir, [47].

Bitümün plastiklik alanı, içine ince öğütülmüş mineraller katılmakla büyütülmektedir. Yumuşama noktasının yukarı ve aynı zamanda soğukta kırılma noktasının aşağı çekilmesi, ilave olunan minerallerin, bitüm içindeki dağılışın homojenliği ve mineral maddelerin şekli ile ilişkili olmaktadır. Dolgu maddelerin miktarı arttıkça plastiklik alanı artmaktadır. Plastiklik alanını, arduaz tozu gibi yassı taneli malzeme, kireç tozu gibi yuvarlak taneli malzemeye nazaran daha fazla arttırmaktadır. İlave olunan mineral maddeler, bitümün su emme özelliğini de arttırmaktadır. Bu nedenle, katılacak dolgu maddesinin miktarı, mineralin türüne göre belirli limitleri aşmamalıdır, [34, s. 10].

Bitüm, viskoelastik bir malzemedir. Bitümün, belirli bir yük etkisi altında, yük-şekil değiştirme gibi mekanik özellikleri, yükün miktarına, uygulandığı süreye ve uygulandığı sıcaklığa bağlı olmaktadır, [48, s. 74-3].

Atmosfer koşullarına, güneş ışığına (UV ışını), ısıya ve havaya (oksijen), maruz kalan bitümde yaşlanmaya ilişkin iki ana süreç gerçekleşmektedir. Bunlar, oksitlenme ve uçucu bileşenlerin kaybıdır. Oksitlenme olayında, havadaki oksijen molekülleri, uzun bir süre hava ile temas eden bitümdeki reçineler ile birleşerek asfaltenleri oluşturmaktadır. Bitüm içerisinde asfalten miktarının artması nedeniyle bitüm sertleşmekte ve esneklik ile akma özelliğini kaybetmektedir. Bitümün yumuşama noktası ve viskozitesi yükselmektedir. Bitümün içerisindeki reçinelerin miktarının azalması ile bitümün koloidal yapısının dengesi bozulmakta ve bitüm

çatlamaktadır. Bitümün çatlamasının diğer bir nedeni de bitümün, kullanıldığı ortamda, maruz kaldığı ısısal ve strüktürel hareketlere karşı uyum yeteneğini kaybetmesidir. Oksitlenme oranı, sıcaklığa ve bitümün UV ışına maruz kalmasına bağlıdır; yüksek sıcaklıklarda bu oran artmaktadır. Bitüm; yüksek sıcaklıklarda, hava ile temas edince, uçucu bileşiklerini kaybetmektedir. Bu sürecin sonunda da; bitüm sertleşmekte, büzülme ve bitümde rötire çatlaklar meydana gelmektedir, [49].

Bitümün su geçirimsizlik özelliğine sahip olmasının başlıca nedeni, boşluksuz bir yapıya sahip olması ve yüzeyinin ıslanmayan özellikte olmasıdır. Bitümün su geçirimsiz bir malzeme olarak işlev görebilmesi için boşluksuz ve çatlaksız bir yapıda süreklilik gösteren bir film tabakası oluşturması gerekmektedir.

Bitümün bir yüzeye yapışması, yüzeyin durumuna ve bitümün kıvamına bağlıdır. Bitümün, bir yüzeye yapışabilmesi için yüzeyi ıslatması gerekmektedir. Sıvı haldeki bitüm, yüzeyi ıslatmakta ve bitüm yüzeye iyi bir şekilde yapışmaktadır. Aynı zamanda, yüzeyin kuru ve tozlardan temizlenmiş olması da gerekmektedir. Metal ve beton yüzeylere, bitümün daha iyi yapışmasını sağlamak için bir astar tabakanın uygulanmış olması gerekmektedir. Temiz ve kuru bir yüzeye, istenilen şekilde yapışmış bitüm ile yüzey arasına su nüfuz ederse, yapışma özelliği azalmakta veya yok olmaktadır, [50, s. 38-2].

Doyurucu ve kaplama olarak kullanılan bitümler, asfaltik bitümler ve kömür katranı ziftidir. Doyurucu bitümler, oda sıcaklığında yarı-katıdır. Bunlar, modifiye edilmiş doğal asfalt, yumuşak asfalt çimentoları, yumuşak okside asfalt ve kömür katranı ziftidir. Kapsama bitümleri, oda sıcaklığında, katı kıvamdadır. Bunlar, okside asfalt, modifiye edilmiş asfalt çimentoları ve modifiye edilmiş kömür katranı ziftidir.

Bitümlü örtüde, kaplama bitümü, yumuşama noktası (Ring and Ball), soğukta kırılabilirlik (Eğme Takozu) ve 25°C'deki penetrasyon değerleri ile tanımlanmaktadır. Bitümlü örtüde kullanılan asfalt çimentosunun, 25°C'deki penetrasyon aralıkları, 40-50, 60-70, 85-100, 120-150, 200-300'dür. En sert asfalt çimentosunun yumuşama noktası 60°C'nin altındadır. Okside asfalt ise yumuşama noktası, asfalt çimentosuna nazaran daha yüksek olan sert bitümdür. 25°C'deki penetrasyon aralığı, 25-35'dir. Yumuşama noktası, üretim esaslarına bağlı olarak 80-105°C arasında değişmektedir, [45].

Bir bitümlü malzemenin, istenilen amaçlara yönelik olarak, reolojik özelliklerinin değiştirilmesiyle hazırlanan bitümlü malzemeye, 'modifiye bitüm' adı verilmektedir. Bitümlü örtülerde, kaplama bitümü olarak, modifiye bitümler de kullanılmaktadır. Modifiye bitümler, bitümle, ataktik polipropilen (APP), stiren-butadien-stiren (SBS), stiren-butadien-kauçuk (SBR), klorlanmış polietilen (CPE), soya yağı, hindistan cevizi yağı, balina yağı, kireçtaşı veya kauçuğun karıştırılması ile elde edilmektedir. En sık kullanılan modifiye bitüm, APP ve SBS'li karışımlardır, [51].

APP, plastomerik özelliklere sahip bir polimerdir, bu nedenle, APP-bitümlü karışımlara, 'plastomerik bitüm' adı verilmektedir. Plastomerik bitüm, bitümün, %20-30 oranında APP ile karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Plastomerik bitümün, UV ışınlarına karşı dayanımını yüksektir, -18°C 'ye kadar düşük sıcaklıklarda esnekliğini korumaktadır, (Fraas testi). Yumuşama noktası $130-150^{\circ}\text{C}$ 'dir. 25°C 'deki penetrasyon aralığı, 20-30'dur.

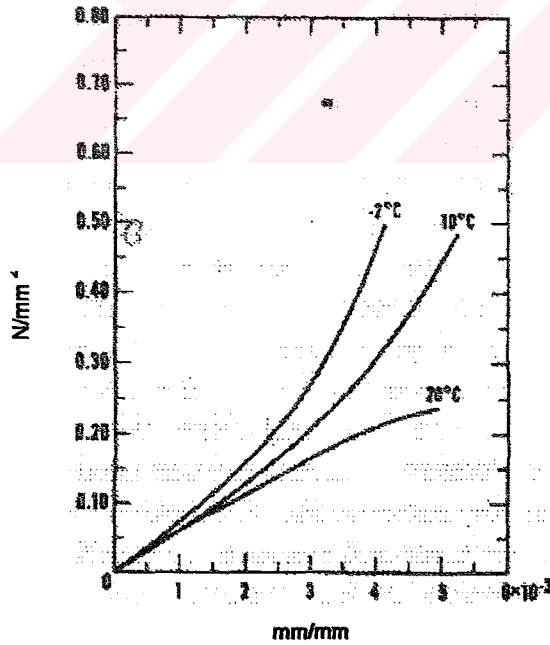
SBS, elastomerik özelliklere sahip bir polimerdir, bu nedenle, SBS-bitümlü karışımlara, 'elastomerik bitüm' adı verilmektedir. Elastomerik bitüm, bitümün, %8-12 oranında SBS ile karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Elastomerik bitüm, -30°C 'ye kadar düşük sıcaklıklarda esnekliğini korumaktadır, (Fraas testi). Yumuşama noktası, plastomerik bitümlere nazaran $20^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}$ daha düşüktür, $100^{\circ}\text{C}-120^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta yavaş bir şekilde yumuşamaktadır. UV dayanımı, plastomerik bitümlere nazaran daha azdır. 25°C 'deki penetrasyon aralığı, 40-50'dir, [52].

Dış kabuk sisteminde kullanılan bitümün fiziksel özelliklerini tanımlayan belirli standartlar vardır. Ülkemizde, çatı ile rutubet ve su yalıtımı için kullanılan kömür katranı zifti (TS 106) ve temellerde ve düşey yüzeylerde rutubet ve su yalıtımında kullanılan asfalt (TS 306) olmak üzere iki adet standart bulunmaktadır.

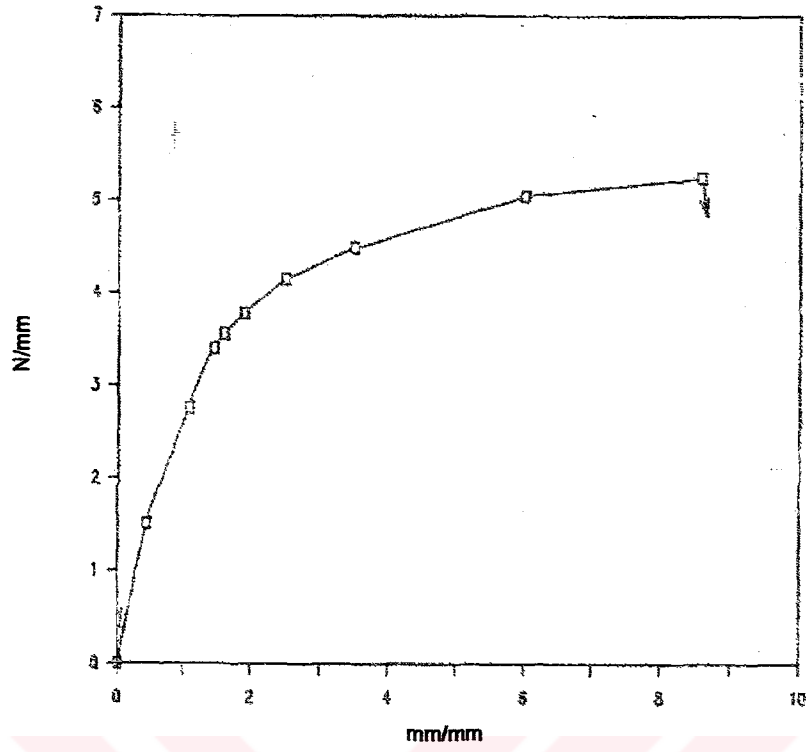
TS 106'da, çatı örtüleri ile rutubet ve su yalıtımında kullanılacak kömür katranı ziftinin fiziksel özellikleri tanımlanmaktadır. Kömür katranı zifti, en çok 52°C sıcaklığa maruz kalacağı toprak üstü yerlerde kullanıldığında A sınıfı, toprak altı yerlerde kullanıldığında B sınıfı özelliklerine sahip olmalıdır. Kömür katranı ziftinin yumuşama noktası A sınıfı için $60-68^{\circ}\text{C}$, B sınıfı için $49-60^{\circ}\text{C}$ olmalıdır, [53]. TS 306'da, temellerde ve düşey yüzeylerde, rutubet ve su yalıtımında kullanılacak olan asfaltın fiziksel özellikleri tanımlanmaktadır. Toprak altında, gerek yapım gerekse hizmet ömrü boyunca ılıman ve fazla sıcaklık değişimi göstermeyen yerlerde kullanılan asfalt A Sınıfı, toprak üstünde, en çok 50°C sıcaklığa maruz yerlerde kullanılan asfalt B Sınıfı ve toprak üstünde, direk güneş ışınları veya 50°C den yüksek

sıcaklığa maruz yerlerde kullanılan asfalt C Sınıfı olarak tanımlanmaktadır. A, B ve C sınıfı asfaltların yumuşama noktası (C°), sırasıyla, 46-63, 63-77, 82-93 ve 25°C 'deki penetrasyon değerleri, sırasıyla, 50-100, 25-50 ve 20-40' dir, [54]. ASTM D 450, "Coal-Tar Pitch Used In Roofing, Dampproofing And Waterproofing" ve ASTM D 449, "Asphalt Used In Dampproofing And Waterproofing", TS 106 ve TS 306 ile aynı fiziksel özellikleri vermektedir, [55,56].

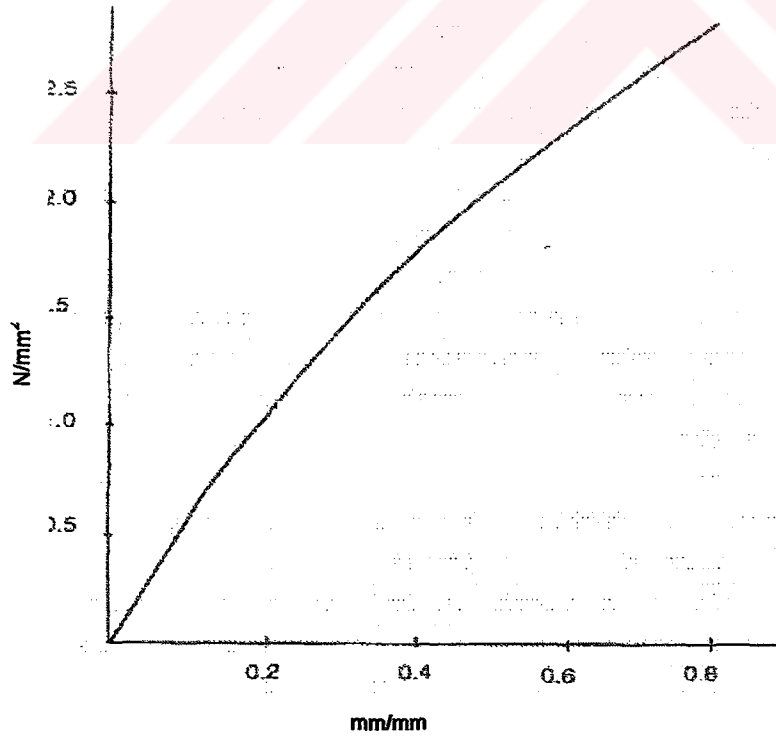
Bitümün mekanik özellikleri, büyük ölçüde, yükün miktarına, uygulandığı süreye ve uygulandığı sıcaklığa bağlıdır. Okside bitüm için 20, 10 ve -3°C 'deki gerilme-şekil değiştirme eğrileri, Şekil 4.2'de verilmektedir, [57]. Şekil 4.2, okside bitümün, söz konusu sıcaklık derecelerindeki viskoelastik davranışını göstermektedir. Plastomerik bitümün 0°C 'deki yük-şekil değiştirme eğrisi, Şekil 4.3'de verilmektedir, [58]. Elastomerik bitümün, -18°C 'deki gerilme-şekil değiştirme eğrisi ise Şekil 4.4'de verilmektedir. Şekil 4.4'de, elastomerik bitümün, düşük sıcaklıklarda nispeten elastik katı davranış gösterdiği ve belirgin bir viskoz deformasyon yapmadığı görülmektedir, [59].



Şekil 4.2 Okside Bitüm İçin 20, 10 Ve -3°C 'daki Gerilme-Şekil Değiştirme Eğrileri



Şekil 4.3 Plastomerik Bitümün 0°C'daki Yük-Şekil Değişirme Eğrisi



Şekil 4.4 Elastomerik Bitümün -18°C'daki Gerilme-Şekil Değişirme Eğrisi

4.2.2. Taşıyıcılar Ve Yüzey Kaplamaları

Bitüm tabakası, yüzeylerde, 1-2 mm. den daha fazla kalınlıkta uygulanamamaktadır. Bunun nedeni, bitümün kendisini taşıyamamasıdır. Bitümün su geçirimsizlik özelliği, bitüm film tabakasının süreklilik göstermesine bağlıdır. Binada ısısal hareket, oturma vb. nedenlerle oluşan gerilmelerde, film tabakasının kopmaması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı, bitümün mekanik dayanımını arttıran ve boyutsal stabilite sağlayan taşıyıcılardan yararlanılmaktadır, [45]. Taşıyıcı, bitümlü örtünün, çekme mukavemetini, kopma anındaki boy uzamasını ve delinme dayanımını belirlemektedir.

Taşıyıcıdan beklenen özellikler, bünyesine kolaylıkla bitüm emebilmesi, güneş, su ve mikroorganizmalardan etkilenmemesi, ısısal genleşmesinin beraberce kullanıldığı diğer malzemelerle yakın değerinde olması, sıcak bitümle yapılan uygulamalarda kavrulmaması, gerekli çekme mukavemetine sahip, hafif ve ekonomik olmasıdır, [11, s. 332].

Taşıyıcılar, organik ve anorganik olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Organik taşıyıcılar, jüt ve pamuklu dokumalar, karton taşıyıcılar ve hayvan kılından üretilen keçelerdir. Anorganik taşıyıcılar ise, cam tülü, cam dokuma, polyester keçe, polietilen gövde ve metal folyodur, [45].

Organik taşıyıcılar, higroskopik ve çürümeye müsait özelliktedirler. Anorganik taşıyıcılar ise higroskopik özellik göstermemekte ve çürümemektedir. 20°C sıcaklık ve %50 bağıl neme sahip ortamda, organik taşıyıcılardaki nem miktarı %6.5-10.1 arasında değişirken, cam tülündeki nem miktarı %1 oranındadır. Nem miktarındaki azalma ve çoğalmalar, organik taşıyıcıların çekme mukavemetini etkilerken, anorganik taşıyıcıları etkilememektedir. Anorganik taşıyıcılar, güneşin UV ışınlarından da etkilememektedir. Sıcak bitümle yapılan uygulamalarda, organik taşıyıcılar kavrulmakta ve yanmakta, anorganik taşıyıcılar ise 200°C sıcaklığa kadar dayanıklı olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, anorganik taşıyıcılar, organik taşıyıcılara tercih edilmektedir.

Bitümlü örtülerde, taşıyıcılar, birim alan kütlesi (g/m^2), çekme dayanımı(N/50 mm.) ve kopma anında boy uzaması (%) değerleri ile tanımlanmaktadır. Cam tülünün (50-60 g/m^2), çekme dayanımı (N/50 mm.), boyuna 200-300, enine 150-200; kopma anında boy uzaması (%), boyuna 2-3, enine 2-3'dür. Cam dokumanın (150-200 g/m^2), çekme dayanımı (N/50 mm.), boyuna 800-1000, enine 600-800; kopma

anında boy uzaması (%), boyuna 4, enine 4'dür. Polyester keçenin (150-350 g/m²), çekme dayanımı (N/50 mm.), boyuna 600-1100, enine 400-800; kopma anında boy uzaması (%), boyuna 30-40, enine 30-40'tır, [60].

Cam tülünün, statik ve dinamik delinmeye karşı dayanımı azdır. Cam tülünün, delinme dayanımının ve uzama yeteneğinin diğer anorganik taşıyıcılara nazaran daha düşük olması nedeniyle, fazla uzama yapmayacağı ve delinme etkilerine maruz kalmayacağı ortamlarda kullanılmaktadır, [52]. Anorganik taşıyıcılar içinde, en çok kullanılan, polyester keçedir. Bitüm ile mükemmel uyum sağlamak ve mekanik dayanımları, diğer taşıyıcılara nazaran daha yüksek olmaktadır, [61]. Bitümlü örtüler, rulo halinde iken, örtü yüzeylerinin birbirlerine yapışmasını önlemek amacıyla, her iki yüzü ince kum, polietilen film veya talk kaplaması ile kaplanmaktadır, [62].

4.2.3. Bitümlü Örtü Tipleri, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Bitümlü örtüler, toprak altı dış kabuk sistemi için belirlenmiş tip veya sınıflardaki fiziksel özelliklere sahip uygun asfalt veya kömür katranı zifti ile, standartlarca özellikleri belirlenmiş uygun taşıyıcıların doyurulması ve/veya kaplanması ile fabrikada üretilmekte olan örtülerdir. Bitümlü örtülerin bir yüzeyi, ince kum, polietilen film veya talk kaplama ve diğer yüzeyi ise, ince kum, polietilen film veya talk kaplaması ile kaplanmaktadır. Günümüzde, bitümlü örtüler, anorganik taşıyıcıların, okside bitüm veya polimer modifiyeli bitüm ile kaplanmasıyla üretilmektedir.

Bitümlü örtüler, kalınlık (mm.), en/boy (cm.), taşıyıcının birim alan kütlesi (g/m²), yumuşama noktası (Ring and Ball, C°), soğukta esneklik (Eğme Takoza, C°), 25°C'deki penetrasyon, çekme dayanımı (N/50 mm.), kopma anında boy uzaması (%), sıkışma basıncı (N/mm²), delinme ve yırtılma dayanımı özellikleri ile tanımlanmaktadır. Bitümlü örtülerde, bitümün viskozitesini etkileyen iki önemli etmenden biri sıcaklıktır. Bitüm, yüksek sıcaklıklarda viskoz sıvı davranış göstermektedir; bitüm, eğimli yerlerde, eğim yönünde akarak, bitümlü örtüde bitüm miktarı azalmaktadır. Bitüm, düşük sıcaklıklarda elastik katı davranış göstermektedir; diğer bir anlatımla, bitümlü örtü çatlamaktadır. Bu nedenlerden dolayı, bitümlü örtülerin yumuşama noktası (Ring and Ball, C°), ile soğukta esneklik (Eğme Takoza, C°) özellikleri, uygulamada, önem kazanmaktadır. Bitümün viskozitesini etkileyen diğer etmen, dışardan yük uygulanmasıdır. Bitümlü örtü, yüzeyine dik gelen yükleri iletmektedir; ancak, yüzeyine dik gelen yükler sürekli ve eşdeğer değilse, bitüm, yükün çok olduğu yerden az olan yere doğru kaçmaktadır.

Bitümlü örtüde, bitüm miktarı azalmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, bitümlü örtünün izin verilebilir basınç dayanımının (N/mm^2) bilinmesi gerekmektedir. Bitümlü örtülere paralel gelen yükler, örtüde kayma hareketine neden olmaktadır. Bu nedenle, örtünün sürtünmesinin olmadığı kabul edilmektedir, [34, s. 33]. Çekme dayanımı, örtünün, binada oluşabilecek gerilmelere karşı koyabilme yeteneği ile ilişkilidir. Taşıyıcının birim alan kütlesi (g/m^2) ve taşıyıcının cinsi ile ilişkilidir. Kopma anında boy uzaması, bitümlü örtünün, altlıkta oluşan hareketlere, kopmadan, uyum sağlayabilme yeteneğidir.

Bitümlü örtülerin mekanik mukavemet, yapışma, ısı değişikliğine karşı duyarlılığı vb. fiziksel ve mekanik özellikleri, sadece, okside, plastomerik ve elastomerik tipteki örtüler arasında değişmemekte; aynı tipteki örtüler arasında da değişmektedir. Bunun nedeni, aynı tipteki örtülerde kullanılan bitümün orijinin, polimer tipinin, miktarının ve donatıların farklı olmasıdır, [52].

Asfalt veya kömür katranı zifti ile doyurulmuş jüt kanaviçe TS 107'de, pamuk kanaviçe TS 109'da; asfalt ile doyurulmuş keçe TS 110'da, kömür katranı ile doyurulmuş keçe TS 111'de; asfalt ile doyurulmuş karton ise TS 114'de tanımlanmaktadır. Bu tip örtüler, organik taşıyıcıların yetersiz özellikleri nedeniyle, daha çok, eğimli çatılarda ek bir önlem olarak kullanılmaktadırlar.

Asfaltlı cam tülü örtü (TS 2191), TS 1908'de özellikleri verilmiş olan $50 g/m^2$ (C11 sınıfı) veya $60 g/m^2$ (C13 sınıfı) cam tülünün, doyurucu asfalt ile işlem gördükten sonra her iki yüzünün de asfalt ile kaplanması ile elde edilmektedir. Kalınlıklar, C11 sınıfı taşıyıcılı örtü için en az 2.4 mm. ve C13 sınıfı taşıyıcılı örtü için en az 2.5 mm.dir. Çekme mukavemeti; C11 sınıfı taşıyıcılı örtü için boyuna 250, enine 200 N/50 mm. ve C13 sınıfı taşıyıcılı örtü için boyuna 400, enine 200 N/50 mm.dir. Kopma anında boy uzaması; C11 ve C13 sınıfı taşıyıcılı örtüler için boyuna ve enine %2'dir. Soğukta kırılganlık (Eğme Takozu) $0^{\circ}C$ 'dir, [63]. Asfaltlı cam dokuma örtüsü (TS 2988), ortalama birim ağırlığı $200 g/m^2$ olan cam dokumanın uygun asfalt ile doyurulmasından sonra uygun asfalt ile her iki yüzeyinin kaplanmasından meydana gelmektedir. Kalınlığı, en az 3 mm.dir. Çekme mukavemeti, boyuna ve enine, en az 735 N/50 mm. ve kopma anında boy uzaması ise en az boyuna ve enine %2'dir. Soğukta kırılganlık (Eğme Takozu) $+4^{\circ}C$ olarak belirlenmektedir, [64]. Asfaltlı cam tülü ve cam dokuma örtüsü, en az $0.1 N/mm^2$ ve en fazla $0.5 N/mm^2$ sıkışma basıncına maruz kalabilmektedir, [65]. Asfaltlı metal folyo örtü (TS 2989), metal folyonun her iki yüzeyinin uygun asfalt ile kaplanmasından oluşmaktadır. Bu örtünün fiziksel özellikleri, TS 2989'da verilmektedir, [66].

TS 11758, " Polimer Bitümlü Örtüler–Eritme Kaynağıyla Birleştirilerek Kullanılan- Su Yalıtımı İçin" adlı standart, plastomerik (PB1 ve PB2) veya elastomerik bitümle (EB) kaplanmış cam tülü (50 g/m^2) veya polyester keçe taşıyıcılı (250 g/m^2 ; 180 g/m^2 ; 150 g/m^2) örtüler için fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemektedir. Plastomerik bitümlü örtüler için yumuşama noktası, penetrasyon aralığı, soğukta kırılganlık (Eğme Takozu) değerlerini, sırasıyla, 130-140, 20-30, -7°C olarak vermektedir. Elastomerik bitümlü örtüler için yumuşama noktası, penetrasyon aralığı, soğukta kırılganlık (Eğme Takozu) değerleri, sırasıyla, 115°C , 40-50 ve -15°C 'dir. Cam tülü (50 g/m^2) taşıyıcılı örtüler için boyuna ve enine doğrultuda çekme dayanımı ve kopma boy uzaması değerleri, sırasıyla, 300 N/50 mm., 200 N/50 mm., %2 ve %2' dir. Polyester keçe (180 g/m^2) taşıyıcılı örtüler için boyuna ve enine doğrultuda çekme dayanımı ve kopma boy uzaması değerleri, sırasıyla, 800 N/50 mm., 600 N/50 mm., %35 ve %35' dir, [67].

ASTM D 1668, "Glass Fabrics for Roofing and Waterproofing", cam dokumanın, asfalt (ASTM D 449) veya kömür katranı zifti (ASTM D 450) ile kaplanmasıyla elde edilen örtüler için boyuna ve enine çekme mukavemetini 655 N/50 mm. olarak belirlemektedir, [68]. ASTM D 2178, "Asphalt Glass Felt Used in Roofing and Waterproofing", cam tülünün, asfalt (ASTM D 449) ile doyurulması ve kaplanması ile elde edilen örtü için boyuna ve enine çekme mukavemetini 192.5 N/50 mm. olarak vermektedir, [69].

DIN 52130, "Bitumen Roofing Felt", cam dokuma (200 g/m^2) veya polyester keçenin (200 g/m^2) bitüm ile doyurulması üretilen örtüler için fiziksel ve mekanik özellikleri tanımlamaktadır. Cam dokuma donatılı örtü için boyuna ve enine çekme dayanımı 1000 N/50 mm. ve kopma anında boy uzaması ise boyuna ve enine %2' dir. Polyester keçe donatılı örtü için boyuna ve enine çekme dayanımı 800 N/50 mm. ve kopma anında boy uzaması ise boyuna ve enine %40' ır. Soğukta kırılganlık (Eğme Takozu) 0°C 'dir, [70]. DIN 52131, "Bitumen Sheeting for Fusion Welding", cam dokuma (200 g/m^2), cam tülünün (60 g/m^2) veya polyester keçenin (200 g/m^2) bitüm ile doyurulması ve kaplanması ile 5, 4 ve 5 mm. kalınlıkta üretilen örtülerin fiziksel ve mekanik özelliklerini tanımlamaktadır. Cam dokuma ve polyester keçe donatılı örtüler için belirlenen boyuna ve enine doğrultudaki çekme dayanımı ve kopma anında boy uzaması, DIN 52130 ile aynıdır. Cam tülü donatılı örtü için boyuna ve enine doğrultularda çekme mukavemeti, sırasıyla, 400 ve 300 N/50mm ve kopma anında boy uzaması ise boyuna ve enine doğrultularda %2'dir. Soğukta kırılganlık (Eğme Takozu) 0°C 'dir, [71]. DIN 52131'de tanımlanmakta olan, bitüm ile

doğurulmuş cam dokuma veya cam tülü taşıyıcılı örtüler, en fazla 0.8 N/mm² sıkışma basıncına maruz kalabilmektedir, [72]. DIN 52132, "Polymer Bitumen Roofing Felt" ve DIN 52133, "Polymer Bitumen Sheeting for Fusion Welding" ise cam dokuma (200 g/m²) veya polyester keçenin (200 g/m²), plastomerik veya elastomerik bitüm ile doğurulması ve kaplanması ile üretilen örtüler için fiziksel ve mekanik özellikleri vermektedir. Örtülerin, boyuna ve enine doğrultudaki çekme dayanımı ve kopma anında boy uzaması, DIN 52130 ile aynıdır. Soğukta kırılganlık (Eğme Takozu), plastomerik bitüm için -15°C ve elastomerik bitüm için -25°C'dir, [73, 74].

Polimer bitümlü örtülerin özellikleri, UEAtc M.O.A.T. No. 30, "Special Directives for the Assessment of Reinforced Waterproof Coverings in Atactic Polypropylene (APP) Polymer Bitumen" ve UEAtc M.O.A.T. No. 31, "Special Directives for the Assessment of Reinforced Homogeneous Waterproof Coverings of Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) Elastomerik Bitumen"de verilmektedir, [75, 76].

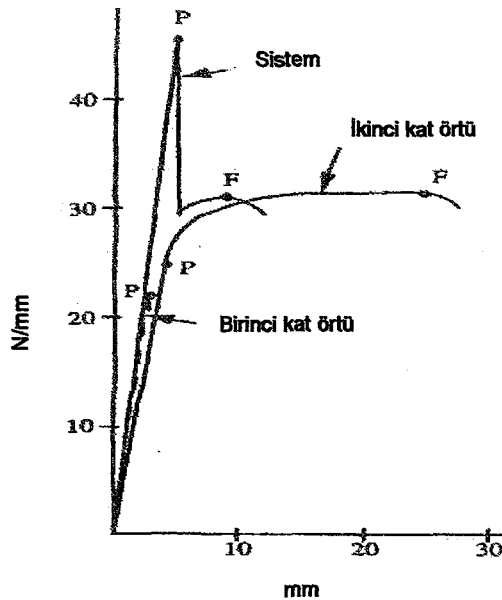
CSGB 37-GP-56M, "Standard for: Membrane, Modified, Bituminous, Prefabricated and Reinforced for Roofing", çatılarda kullanılan örtülerin boyuna ve enine doğrultuda çekme mukavemetlerini 294-785 N/50 mm. ve kopma anında boy uzamasını %4-8 olarak belirlemektedir. Soğukta kırılganlık (Eğme Takozu) -30-10°C'dir, [77].

BS 747, "Specifications for Roofing Felts", polyester keçenin (125 g/m²) okside bitüm ile doğurulmasıyla üretilen örtüler için fiziksel ve mekanik özellikleri tanımlamaktadır. Örtü için boyuna ve enine çekme mukavemeti, sırasıyla, 350 N/50 mm. ve 300 N/50 mm., kopma anında boy uzaması ise boyuna ve enine %20'dir, [78].

Bitümlü su yalıtım örtülerinin çatıdaki performansını ortaya koymayı amaçlayan bir çok araştırma yapılmıştır. Bunlardan birinde, okside ve polimer bitümlü su yalıtım örtülerinin mekanik mukavemetlerine ilişkin bir dizi deney yapılmıştır. Bu araştırmaya göre, bir yüzü talk, diğer yüzü polietilen kaplı, cam tülü taşıyıcılı (60 g/m²), 4 mm. kalınlığındaki okside bitümlü örtü için boyuna ve enine çekme mukavemeti, sırasıyla, 226.3 N/25 mm. ve 183.7 N/25 mm. olarak ölçülmüştür. Kopma anında boyuna ve enine boy uzaması ise, sırasıyla, %2.24 ve %2.22 dir. Bir yüzü talk, diğer yüzü polietilen kaplı, polyester keçe taşıyıcılı (170 g/m²), 4 mm. kalınlığındaki plastomerik bitümlü örtü için boyuna ve enine çekme mukavemeti,

sırasıyla, 485.0 N/25 mm. ve 339.3 N/25 mm.; kopma anında boyuna ve enine boy uzaması ise, sırasıyla, %46.2 ve %55.6 olarak ölçülmüştür, [79].

Bir altlığa tamamen yapıştırılmış, iki katlı yalıtım örtüsünden oluşan sistemin, çekme gerilmelerine karşı koyabilme yeteneği; diğer bir anlatımla, yük-şekil değiştirme eğrisi, her bir tek katlı bir örtünün yük-şekil değiştirme eğrisi veya her bir tek katlı örtünün yük-şekil değiştirme eğrilerinin toplamı ile aynı olmamaktadır, Şekil 4.5. Bu şekilde, elastomerik bitüm ile kaplanmış cam dokuma taşıyıcılı örtünün, elastomerik bitüm ile kaplanmış polyester keçe taşıyıcılı örtünün ve bir beton altlığa tamamen yapıştırılmış cam dokuma taşıyıcılı elastomerik bitüm kaplı ve bu örtü üzerine yapıştırılmış elastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtüden oluşan sistemin, -5°C'deki yük-şekil değiştirme eğrileri verilmektedir. Isıl genleşme vb. nedenlerle altlıkta oluşan gerilmeler, ilk olarak, altlık ile ilk kat örtü arasındaki yüzeye ve ilk kat örtüye iletilmektedir. Gerilmeler, ilk ve ikinci kat örtüler arasında eşit olarak dağılmamaktadır. İlk kat örtünün mekanik mukavemeti, gerilmeyi karşılayamadığı durumda ise, gerilme, ikinci kat örtüye iletilmektedir. Bu nedenle, ilk kat örtünün, sistemin gerilmelere karşı koyabilme yeteneğine etkisi büyüktür. Genelde, ilk kat örtü olarak, yüksek dayanımlı, düşük uzama yeteneği olan cam dokuma ve düşük uzama yeteneği olan okside bitümlü örtülerin ilk kat örtü olarak kullanılması, sistemin, gerilmeler altında göstereceği performansı olumsuz yönde etkilemektedir, [80].



Şekil 4.5 Tek Katlı Örtülerin Ve İki Katlı Örtünün Yük-Şekil Değiştirme Eğrileri

4.3. Bitümlü Örtüler İle Dış Kabuk Sistemleri

Yeraltı suyu bulunan zeminde, dış kabuk sisteminin, dış çevresel etmenlerden kaynaklanan yüklere karşı strüktürel destek sağlayabilmesi için karşılaması gereken performans gereksinmesi, strüktürel elemanların, yeraltı suyunun oluşturduğu basınç kuvvetine karşı dayanıklı ve dengede olmasıdır. Bu gereksinmeye bağlı olarak bodrum duvarının strüktürel elemanları için belirlenen performans kriteri, elemanların mekanik dayanımının, zemin ve su yanal basıncının bodrum duvarında oluşturduğu gerilme değerine, en az eşit veya bu değerden daha yüksek olmasıdır. Bodrum döşemesinin strüktürel elemanları için belirlenen performans kriteri ise, döşemedeki toplam yük nedeniyle tabana gelen gerilmenin, su basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamına, en az eşit veya daha fazla olmasıdır.

4.3.1. Dış Kabuk Sisteminin Strüktürel Elemanlarının Belirlenmesi

Bodrum duvarının arkasında yer alan yeraltı suyu, bodrum duvarına üçgen yayılı yük olarak etki etmektedir. Betonarme iskelet sistemli binalarda, bodrum duvarının strüktürel elemanları, kolon ve kiriş ile taşıyıcı olmayan dolgu duvardır. Bodrum duvarı, farklı malzemelerden meydana geldiği için farklı basınç dayanımına sahiptir. Suyun yanal basıncının etkisi altında, kolon-dolgu duvar ile kiriş-dolgu duvar arasındaki kesitlerde, kesme gerilmeleri oluşmaktadır. Bodrum duvarlarının yüzeyine uygulanmış olan bitümlü örtü, kesme gerilmelerinin etkisi altında şekil değiştirmektedir. Bu tip bir şekil değişimi, örtünün su geçirimsizlik özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, yeraltı suyu yüzeyinin yüksek olduğu durumda, dolgu duvarın basınç dayanımı, su ve zemin yanal basıncının neden olduğu gerilmeleri karşılamayabilmektedir. Sonuç olarak, bodrum duvarı, mekanik dayanımı yüksek, tek bir malzemeden oluşan betonarme perde duvarı olarak inşa edilmektedir.

Betonarme perde duvar ve zemine oturan döşeme olarak inşa edilmiş bodrum duvar ve döşemelerinde karşılaşılan iki tip problem vardır. Bunlardan biri, zemine oturan döşemedeki toplam yük nedeniyle tabana gelen gerilmenin, su basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamından daha az olmasıdır. Bu durumda, suyun kaldırma kuvveti nedeniyle döşeme yüzmektedir. Diğer problem ise, zemine oturan döşeme ile perde duvar arasındaki oturma derzlerinde meydana gelen farklı oturmaların, burada yer alan örtüde kesme gerilmelerinin oluşmasına neden olmasıdır. Kesme gerilmelerinin, örtüde neden olduğu şekil değişimi, örtünün su geçirimsizlik özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tip uygulamada alınan önlemlerden biri, betonarme perde duvarlarının veya ayaklarının arasına, suyun

kaldırma kuvvetini karşılayabilecek ağırlıkta donatısız beton kütlesi dökmektir. Bu durumda, döşeme ağırlığının suyun kaldırma kuvvetinden fazla olması nedeniyle döşemenin yüzmesini önlenmektedir; ancak, beton döşeme kütlesi ile perde duvar arasındaki oturma derzlerinin neden olduğu kesme gerilmeleri, örtüyü etkilemektedir. Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı, bodrum duvarları betonarme perde duvar ve döşemeleri ise bina toplam yükü nedeniyle tabana gelen gerilmelerin, su basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamından daha yüksek olan ve duvar-döşeme arasındaki oturma derzlerinin düzenlenmediği temel plağı olarak inşa edilmektedir.

4.3.1.1. Dıştan Uygulama

Bitümlü örtüler ile betonarme perde duvar ve temel plağına iki şekilde yalıtım yapılmaktadır. Bunlar, dış ve iç yalıttır. İç yalıtım, bitmiş bir binada, inşaat sırasında yeraltı suyuna karşı önlem alınmadığı veya önlem alındığı halde çeşitli nedenler sonucunda hasar meydana geldiği durumlarda, betonarme perde duvar ve temel plağının iç yüzeyine sonradan yapılan yalıttır. Dış yalıtım ise, yeni yapılacak binanın betonarme perde duvar ve temel plağının dış yüzeyine uygulanan bir yalıtım şeklidir. Dış yalıtım, uygulama şekline bağlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlar, dıştan ve içten uygulamadır, [65]. Dıştan ve içten uygulamada ana prensip, bitümlü örtülerin, betonarme perde duvarı ve temel plağının yeraltı suyuna bakan yüzeyinde uygulanması ve bu elemanları tamamen sararak yalıttırda sürekliliği sağlamasıdır, [5, s. 327]. Bu çalışmada, sadece, dış yalıtım ele alınmakta ve içten yalıtım, yapı hasarlarının meydana gelmesi sonucunda yapılan bir yalıtım şekli olması nedeniyle ele alınmamaktadır.

Dıştan ve içten uygulamada, inşaat sırasında var olan veya binanın hizmet ömrü boyunca oluşabilecek en yüksek yeraltı su yüzeyi belirlenmektedir. Yeraltı suyu yüzeyi, uygun yöntemler ile temel plağının alt kotunun altına düşürülmektedir. Taban betonu alanının etrafında ve gerek görülürse blokaj tabakasının arasına büzler yerleştirilmektedir. Büzler, daha düşük kottaki ve temel plağı alanının dışında bir veya birkaç kuyuda toplanmaktadır. Bu kuyulardan yapılacak pompajlar ile su seviyesi, taban betonunun alt kotunun altında tutulmaktadır.

Dıştan uygulama, ayrıntı nizamli binalarda veya bodrum dış duvarı ile zemin seviyesi arasında bir insanın çalışmasına yetecek mesafe olduğu durumlarda yapılmaktadır. İlk olarak, hafriyat çukurunda, zemin ıslah çalışmaları yapılmaktadır. Temel plağının oturma alanının her kenarından yaklaşık 0.60 m. çıkılmakta ve bu alana, sınırlayıcı

düşey kalıplar çakılmaktadır. Bu alanın içerisine blokaj serilmekte ve üzerine en az 0.10 m. kalınlığında taban betonu dökülmektedir. Taban betonu, temel plağının oturma alanı sınırları içinde yatayda düz, temel plağının oturma sınırlarının her kenarından 0.60 m. taşan kısımların dış kenarlarından, plağın oturma alanı sınırına doğru 30° eğim verilerek; diğer bir anlatımla, içe doğru şevli olarak dökülmektedir. Taban betonu, zemin cinsine bağlı olarak, donatılı veya donatısız olabilmektedir.

Bitümlü örtüler, yatayda, taban betonunun üst yüzeyine uygulanmaktadır. Taban betonunun görevi, örtülerin uygulanabileceği düzgün yüzeyli bir altlık oluşturmaktır. Örtünün, taban betonu yüzeyine çok iyi bir şekilde yapışmasını sağlamak için yüzeyin temiz, kuru ve düzgün olması gerekmektedir. Taban betonunun yüzeyinde boşluklu veya pürüzlü kısımlar olabilir. Bitümlü örtü, pürüzlü kısımlara yapıştığında zedelenmektedir; boşluklu kısımlarda ise, yüzeye yapışmamaktadır. Bu nedenle, taban betonunun oluşturulmasında mümkün olduğunca ince agregalar kullanılmakta ve taban betonu kuruduktan sonra tahta malalı sıva yapılmaktadır. İstenilen özellikleri taşıyan taban betonunun üzerine bir astar tabaka uygulanmaktadır. Astar tabaka, yalıtım örtüsünün, taban betonun yüzeyine daha iyi yapışmasını sağlamaktadır. Astar tabaka olarak, özellikleri TS 113'de verilmiş olan asfalt emülsiyonu kullanılmaktadır. Asfalt emülsiyonu, taban betonunun yüzeyine en az 0.400 kg/m² olacak şekilde uygulanmakta ve 24 saat kurumaya bırakılmaktadır. Astar tabaka kuruduktan sonra ilk katı oluşturan bitümlü örtülerin bir yüzeyi şalümo veya sıcak asfalt tekniği ile eritilerek bir yönde astar tabakanın üzerine yapıştırılmaktadır. İlk kat bitümlü örtülerde, bir yönde serilen örtülerin ek yerlerinde 0.10 cm.lik bindirmeler yapılmaktadır. İkinci kat bitümlü örtüler, ilk katı oluşturan bitümlü örtülerin üst yüzeyine; ancak, aksi yönde şalümo veya sıcak asfalt tekniği ile eritilerek yapıştırılmaktadır. İkinci kat örtülerin ek yerlerinde de 0.10 cm.lik bindirmeler yapılmaktadır. Birbirlerine dik yönde düzenlenmiş olan örtülerde, ilk ve ikinci kat örtülerin ek yerlerinin birbirleri üzerinde paralel olarak yapışması önlenmektedir. Taban betonu üzerine uygulanan bitümlü örtüler, temel plağının oturma alanı sınırları dışında yapıştırılırken kademeli olarak kesilmektedir. Örnek olarak, iki katlı örtü uygulamasında, ilk kat örtü, taban betonunun dış kenarlarından 0.20 m. içeride bitirilmektedir. İkinci kat örtü ise ilk kat örtüsünün dış kenarlarından 0.10 m. daha içeride olacak şekilde bitirilmektedir. Taban betonu üzerine ilk ve ikinci kat bitümlü örtülerin uygulaması bittikten sonra ikinci kat örtünün üzerine ayırıcı bir tabaka serilmektedir. Ayırıcı tabakanın üzerine, temel plağının oturma alanı sınırına kadar 0.10 m. kalınlığında 200-300 dozlu bir koruma betonu dökülmektedir. Ayırıcı tabaka, bitümlü örtülerin, koruma betonu içindeki agregalardan zarar görmesini

önlemektedir. Temel plağının oturma alanı sınırları dışında kademeli olarak bitirilmiş örtü filizleri geçici koruma altına alınmaktadır. Bu nedenle, ayırıcı örtü üzerinde, koruma betonu devam etmekte veya ayırıcı tabaka üzerine 150-200 dozlu ve 0.05 m. kalınlığında bir koruma betonu dökülmektedir. Koruma betonunun kurumasından sonra temel plağı ve betonarme perde duvarlar dökülmektedir. Koruma betonu, bitümlü örtüleri, temel plağı ve perde duvarı demirlerinden, bu elemanların yerleştirilmesi sırasında oluşabilecek hasarlardan korumaktadır.

Bitümlü örtüler, düşeyde, betonarme perde duvarlarının dış yüzeyine, duvarlar belirli bir yüksekliğe çıktıktan sonra uygulanmaktadır. Perde duvarının dış yüzeyi de temiz, kuru ve düzgün olmalıdır. Perde duvarının dış yüzeyine asfalt emülsiyonu (TS 113) ile astar tabaka uygulanmaktadır. Astar tabakanın kurumasından sonra ilk kat bitümlü örtünün bir yüzeyi, şalümo veya sıcak asfalt tekniği ile eritilerek astar tabaka üzerine yapıştırılmaktadır. Temel plağı oturma sınırları dışında kalan yataydaki örtü filizlerinin üzerindeki geçici koruma betonu kırılmaktadır. Düşeyde, perde duvarının dış yüzeyine yapıştırılan ilk kat örtünün uç kısmı ile yataydaki ikinci kat örtünün uç kısmı birleştirilmektedir. Düşeydeki ilk kat örtünün ek yerlerinde de 0.10 m.lik bindirmeler yapılmaktadır. Düşeyde, ikinci kat örtü, ilk kat örtünün üst yüzeyine ve aksi yönde şalümo veya sıcak asfalt tekniği ile eritilerek yapıştırılmakta ve ek yerleri bindirmeli olarak düzenlenmektedir. Düşeyde ikinci kat örtünün uç kısmı ile yataydaki ilk kat örtünün uç kısmı birleştirilmektedir. Birleştirme, düşeyden gelen örtünün uç kısmının, yataydaki örtünün uç kısmından altına sokulması şeklinde olmaktadır. Düşeyde, perde duvarlarının üzerine uygulanan örtü, su basman bölgesinde bitirilmektedir. Böylece, perde duvarı, en yüksek yeraltı su seviyesinin üstünde yer alan kapiler bölgedeki kılcal suya, sızıntı ve sıçrama suyuna karşı da korunmuş olmaktadır. Perde duvarının üzerinde örtülerin uygulanması bitirildikten sonra eğimli taban betonundaki örtülerin üzerine, basınçlı suyun kaldıramayacağı ağırlıkta, bir koruma betonu dökülmektedir. Bu betonun üzerine ve düşeydeki örtülerin önüne, koruyucu bir duvar yapılmaktadır. Koruyucu duvar oluşturan malzemeler, bitümlü örtüleri, mekanik, ısısal ve kimyasal etmenlere karşı koruyabilmelidir. Bu nedenle, malzemeler de, söz konusu etmenlere karşı dayanıklı olmalıdır. Koruyucu duvarda oluşabilecek hareketler ve şekil değişimleri, bitümlü örtülere zarar vermemelidir. Bu nedenden dolayı, koruyucu duvar rijit bir eleman olmamalıdır. Koruyucu duvar malzemesi olarak, ½ dolu tuğla, beton briket veya taneli polistren sert köpük levhalar kullanılmaktadır. Bloklar ile yapılan koruyucu duvarlarda, duvar köşelerinden 0.50 m. mesafede ve duvarda 5.00 m. aralıklarla düşey derzler düzenlenmektedir. Bloklar, köşelerde, geçmeli olarak örülmektedir.

Taneli polistren sert köpük levhalarla yapılan koruma duvarında, levhalar, sıcak asfalt ile noktasal veya yüzeysel olarak ikinci kat örtünün üzerine yapıştırılmaktadır. Koruyucu duvarın yapımı sırasında, bitümlü örtüler, zarar görmemelidir. Perde duvar, belirli bir yüksekliğe kadar çıktıktan sonra düşeyde örtüler uygulanmakta, önüne koruyucu duvar yapılmakta ve koruyucu duvar önü geçirimli zemin ile doldurulmaktadır, [65, 72, 42].

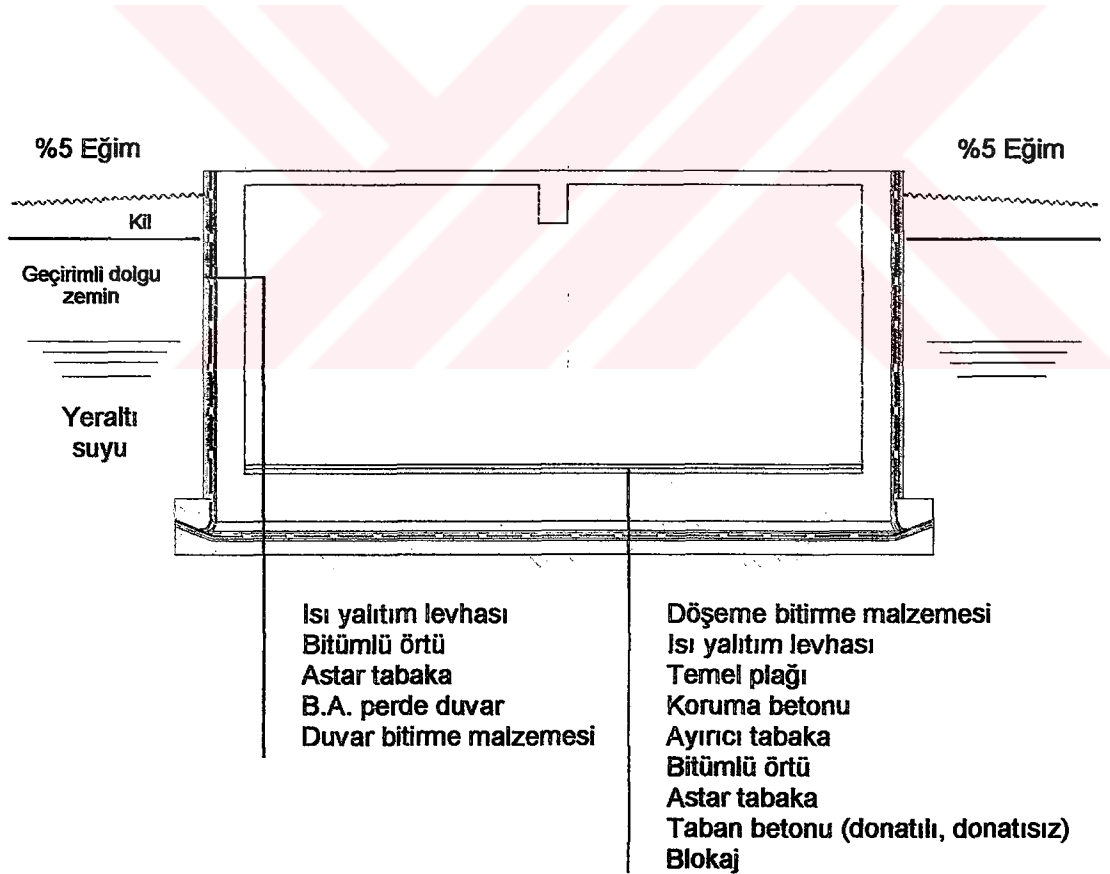
Durgun yeraltı suyunun içinde yer alan dıştan uygulamaya bir örnek, Şekil 4.6'da verilmektedir. Yağmur suyunun, yeraltı su seviyesini yükseltmesini önlemek için, yağmur sularının bodrum duvarlarına bitişik zeminlere infiltrasyon oranının azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle, binanın çatısında saçak düzenlenmekte ve yağmur iniş boruları, suyu, binadan uzağa doğru boşaltmaktadır. Binayı çevreleyen zemin, binadan, ilk 3.00 m. için %5 eğim ile uzaklaşmakta ve geçirimli dolgu zeminin yüzeye yakın bir bölümü, kil vb. geçirimsiz bir malzeme ile doldurulmaktadır.

Betonarme perde duvar, kendi ve üst yapıdan gelen statik ve dinamik yükleri ile zemin yanıl basıncı ve yeraltı suyunun oluşturduğu yükleri, malzeme mekanik dayanımları emniyet sınır değeri altında kalacak şekilde taşımakta ve temel plağına aktarmaktadır. Temel plağı, kendi ve üst yapıdan gelen statik ve dinamik yükleri güvenli bir biçimde taşımaktadır. Bina toplam yükü nedeniyle temel plağı tabanına gelen gerilme, suyun basıncı kadar azalan zemin gerilmesi ve su basıncı toplamından daha fazladır; diğeri bir anlatımla, temel plağı, yeraltı suyunun oluşturduğu kaldırma kuvvetine karşı dayanıklı ve dengededir. Temel plağı, yükleri, zemine güvenli bir biçimde aktarmaktadır.

Bodrum duvarının dış ve döşemenin iç yüzeyine uygulanan, gerekli kalınlıkta, düşük ısı iletkenlik değeri olan ısı yalıtım levhası, doymamış bölge-bodrum iç ortamı ile yeraltı suyu-bodrum iç ortamı arasında ısı geçişini engellemektedir; diğeri bir anlatımla, sistemin, yüksek ısı direnci sahip olmasını sağlamak ve ısıtma-soğutma yüklerini azaltmaktadır. Böylece, ısı yalıtım levhası, kendisinden beklenen performans gereksinmesini karşılamaktadır. Bununla beraber, ısı yalıtım levhası, yeraltı suyunun ve zemin yanıl basıncının oluşturduğu kuvvet etkisi vb. bir takım çevresel etmenlerin etkisi altındadır. Duvarın dış yüzeyinde yer alan ısı yalıtım levhası, basınç dayanımının yüksek olması nedeniyle, yeraltı suyunun ve zemin yanıl basıncının oluşturduğu kuvvet etkisi altında şekil değiştirmemektedir. Isı yalıtım levhasının su emme özelliği yok deneye kadar azdır; bu nedenle, suyu bünyesine almamaktadır. Diğeri bir anlatımla, ısı yalıtım levhası, ısı performansını kaybetmemektedir. Duvarın dış yüzeyinde yer alan ısı yalıtım levhası, bitümlü

örtüyü, geçirimli dolgu zeminin zararlı etkilerinden korumaktadır. Isı yalıtım levhası, bodrum duvarlarını, zeminde don olayının neden olduğu yatay kuvvetlerin oluşturduğu hasarlardan da korumaktadır.

Kış aylarında, ısıtma-soğutma yapılan bodrum iç ortamından, doymamış zemin bölgesine doğru buhar difüzyonu oluşabilmektedir. Buhar difüzyonu, duvarın dış yüzeyine uygulanan ısı yalıtım levhası ile kontrol altına alınmaktadır. Duvar bünyesinin sıcaklığı yüksektir; su buharı, duvarın bünyesinde yoğunlaşmakta ya da iç yüzeyde terleme olayına neden olmamaktadır. Yaz aylarında, doymamış zemin bölgesinden, bodrum iç ortamına doğru buhar difüzyonu oluşabilmektedir; bu durumda, ısı yalıtım levhasının ve bitümlü örtünün buhar difüzyon direnç faktörleri önem kazanmaktadır.



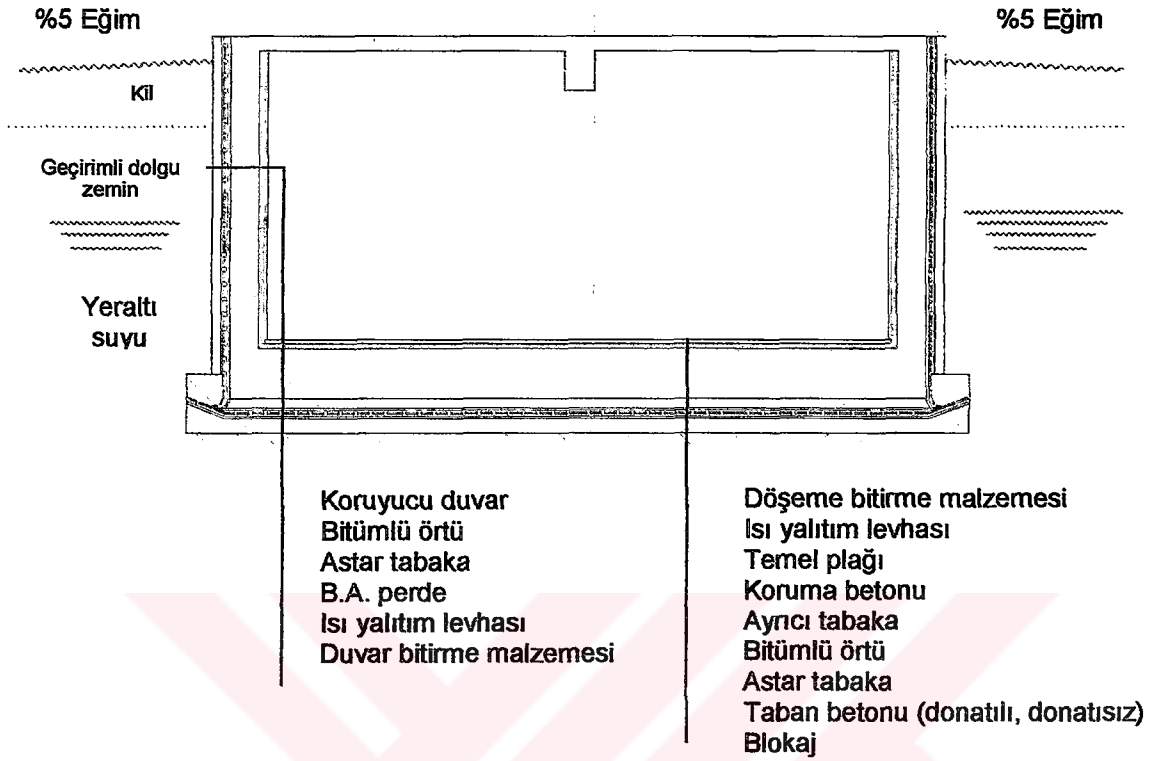
Şekil 4.6 Dıştan Uygulama

Bodrum duvarındaki konstrüksiyon suyu, zaman içerisinde, bodrum iç ortamına doğru kurumaktadır. Bu nedenle, duvar bitirme malzemelerinin buhar difüzyon dirençleri düşük olmalı veya duvar kuruduktan sonra uygulanmalıdır. Kış aylarında, temel plağındaki konstrüksiyon suyu, kılcallık kuvvetleri nedeniyle, ısı yalıtım levhasına doğru hareket edebilmektedir. Isı yalıtım levhası, suyu bünyesine almamaktadır. Yaz aylarında, temel plağındaki konstrüksiyon suyu buharlaşabilmekte; bodrum iç ortamına doğru kuruma, buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olan ısı yalıtım levhası ile engellenmektedir. Döşemedeki bitirme malzemeleri, konstrüksiyon suyunun neden olacağı hasarlardan etkilenmemektedir.

Dıştan uygulamada, hava akımının kontrol altına alınması için sistemde sürekliliğin sağlanması gerekmektedir. Dış kabuk sisteminde süreklilik, strüktürel elemanlar ile sağlandığı için ek bir önlem alınmasına gerek yoktur.

Dıştan uygulamada, basınç etkisi altındaki suyun duvar ve döşemenin bünyesine nüfuz etmesinin önlenmesi için bitümlü örtüler yer almaktadır. Bu tip bir uygulamada, bitümlü örtüler, zemin yanal basıncı, taban basıncı vb. etmenlerin etkisi altındadır. Bu etmenlerin bitümlü örtülere etkileri, dış kabuk sisteminin kendisinden beklenen performans gereksinmesini karşılayıp karşılamadığının ve bitümlü örtünün, performans kriterini sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi açısından tanımlanmalıdır.

Dıştan uygulamaya diğer bir örnek, Şekil 4.7'de verilmektedir. Bu uygulamanın, bir önceki uygulamadan farkı, duvarın dış yüzeyinde yer alan ısı yalıtım malzemesinin, duvarın iç yüzeyine uygulanmış olmasıdır. Bitümlü örtünün dış yüzeyinde, bloklar ile yapılan koruyucu duvar yer almaktadır. Duvarın ve döşemenin iç yüzeyine uygulanan ısı yalıtım malzemesi, çekme-taneli polistren ısı yalıtım levhası veya cam yünü ısı yalıtım malzemesi olabilir. Duvarın iç yüzeyine uygulanan ısı yalıtım malzemesi, sisteme yüksek ısı direnç sağlamaktadır. Doymamış bölgeden, bodrum iç ortamına doğru oluşan buhar difüzyonu, bitümlü örtünün buhar difüzyon direnç faktörüne bağlı olarak kontrol altına alınmaktadır. Bodrum iç ortamından, doymamış zemin bölgesine doğru oluşan buhar difüzyonu, nispeten yüksek buhar difüzyon direnç faktörü olan ısı yalıtım levhası ile kontrol altına alınmaktadır. Cam yünü vb. düşük buhar difüzyon direnç faktörü olan ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı durumlarda, ısı yalıtım malzemesinin iç yüzeyine polietilen vb. malzemeler kullanılmaktadır. Böylece, kış aylarında, iç ortamdaki su buharının, buhar difüzyon direnç faktörü düşük olan ısı yalıtım malzemesinin bünyesinde yoğunlaşması ya da dış duvarın soğuk iç yüzeyinde terleme olayının görülmesi önlenmektedir.



Şekil 4.7 Dıştan Uygulama

Kış aylarında, duvar ve döşemedeki sıvı formdaki konstrüksiyon suyunun, su emme değeri yüksek olan cam yünü ısı yalıtım malzemesi tarafından bünyesine alınmasının önlenmesi için konstrüksiyon suyu kuruduktan sonra ısı yalıtım malzemesi uygulanmakta veya duvar-cam yünü ısı yalıtım malzemesi ile döşeme-cam yünü ısı yalıtım malzemesi arasına su geçirimsiz malzeme uygulanmaktadır. Su emme özelliği az olan ısı yalıtım levhalarının kullanıldığı durumlarda, önlem alınmasına gerek yoktur. Yaz aylarında, duvarda ve döşemedeki konstrüksiyon suyunun, bodrum iç ortamına veya doymamış zemin bölgesine doğru kuruması, buhar difüzyon direnç faktörü nispeten yüksek olan ısı yalıtım levhası ve bitümlü örtü ile engellenmektedir. Cam yünü vb. ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı durumda, kuruma, bitümlü ve cam yünü ısı yalıtım malzemesinin iç yüzeyinde yer alan polietilen örtü ile engellenmektedir. Bu tip bir uygulamada da bitümlü örtü, zemin sıcaklığı, zemin yanal basıncı, taban basıncı, vb. etmenlerin etkisi altındadır. Bu etmenlerin de, bitümlü örtüye olan etkileri tanımlanmalıdır.

4.3.1.2. İçten Uygulama

İçten uygulama, bitişik nizamlı binalarda veya bodrum dış duvarı ile zemin şevi arasında bir insanın çalışmasına yetecek mesafe olmadığı durumlarda yapılmaktadır. Hafriyat çukurundaki zemin ıslah çalışmalarının bitirilmesinden sonra binanın oturduğu alanda, tüm binayı içine alabilecek 0.20-0.25 m. kalınlığında bir betonarme çanak yapılmaktadır. Çanağın yataydaki elemanı taban betonu, düşeydeki elemanı ise koruyucu duvardır. Bitümlü örtüler, betonarme çanağın, düşey ve yatay iç yüzeylerine uygulanmaktadır. Bu nedenle, bütün iç yüzeylerindeki kusurlar giderilmekte ve tahta mala ile sıvanmaktadır. Bütün dik köşeler yuvarlatılmaktadır. Temiz, kuru ve düzgün özellikteki yüzeylere asfalt emülsiyonu (TS113) sürülmektedir. Astar tabaka kuruduktan sonra çanak tabanına ve 1.50 m. yüksekliğe kadar duvarların iç yüzeyine, örtüler uygulanmaktadır. Duvar ile tabanın birleştiğı köşelerde, ek örtü tabakaları uygulanmaktadır. Yataydaki örtülerin üzerine 200-300 dozlu ve 0.10 m. kalınlığında bir koruma betonu dökülmektedir. Daha sonra, perde duvarındaki örtülerin uygulamalarına devam edilmektedir. Perde duvarındaki örtüler, su basman seviyesinde bitirilmektedir. Düşeydeki örtülerin uygulaması bitirildikten sonra temel plağı ve perde duvarlar yapılmaktadır, [65, 72, 42].

Gerek dıştan gerekse içten uygulamada, okside bitümlü örtüler, sıcak asfalt tekniğı ile, plastomerik bitümlü örtüler, şalımo tekniğı ile, elastomerik bitümlü örtüler ise şalımo veya sıcak asfalt tekniğı ile yapıştırılmaktadır.

TS 3647-81, binalarda yeraltı suyuna karşı, asfaltla doyurulmuş karton (TS 114), asfaltlı cam tülü yalıtım pestili (TS 2191) ve asfaltlı cam dokuma yalıtım pestili (TS 2988) ile yapılacak yalıtımlar için tasarım ve yapım kurallarını belirlemektedir, [65]. Söz konusu bitümlü örtülerin kat adetlerinin saptanması için metre cinsinden su basıncı veya sıkışma basıncı değerlerini vermektedir, Tablo 4.1.

Ülkemizde, plastomerik ve elastomerik bitümlü örtüler için benzer bir standart bulunmamaktadır. Üretici ve uygulayıcı firmaların önerilerine göre, 2.00 m. su yüksekliği veya 0.1 N/mm² sıkışma basıncına kadar 3 mm. kalınlığında, ilk katı cam tülü taşıyıcılı, ikinci katı polyester keçe taşıyıcılı, diğeri bir anlatımla, 2 kat örtü; 2.00 m.–6.00 m. su yüksekliği veya 0.1 N/mm²–0.2 N/mm² sıkışma basıncında 3 mm. kalınlığında, polyester keçe taşıyıcılı, 2 kat örtü kullanılmaktadır.

Tablo 4.1 Metre Cinsinden Su Basıncı Veya Sıkışma Basıncı Değerlerine Göre Bitümlü Örtülerin Kat Adetlerinin Saptanması

M. Cinsinden Su Basıncı	Tabaka Adedi
$h < 4.00 \text{ m.}$	3 kat D 200 veya 2 kat D 200 + 2 kat C 13
$4.00 \text{ m.} < h < 8.00 \text{ m}$	4 kat D 200 veya 3 kat D 200 + 2 kat C 13
$8.00 \text{ m.} < h < 12.00 \text{ m.}$	5 kat D 200 veya 4 kat D 200 + 2 kat C 13
Sıkışma Basıncı	Tabaka Adedi
0.1 N/mm^2	3 kat D 200 veya 2 kat D 200 + 2 kat C 13
$0.1 \text{ N/mm}^2 - 0.2 \text{ N/mm}^2$	4 kat D 200 veya 3 kat D 200 + 2 kat C 13
$0.2 \text{ N/mm}^2 - 0.5 \text{ N/mm}^2$	5 kat D 200 veya 4 kat D 200 + 2 kat C 13

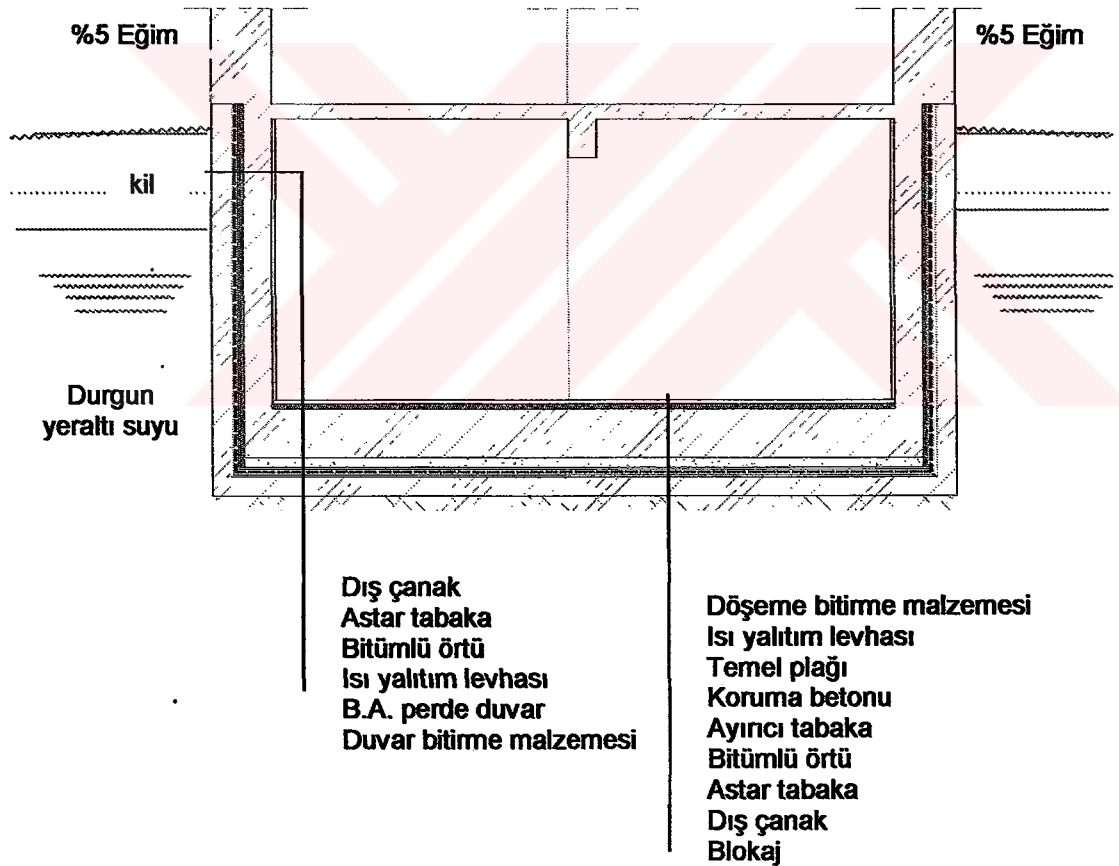
DIN 18195, DIN 52131'de tanımlanan cam dokuma, cam tülü veya polyester keçenin bitüm ile doyurulması ve kaplanması ile üretilen örtülerin, 4.00 m. su yüksekliğine kadar 2 kat ve 4.00 m.–9.00 m. su yüksekliğinde ise 3 kat olarak kullanılmasını önermektedir. Bitüm ile kaplanmış cam tülü ve cam dokuma taşıyıcılı örtülere etki eden sıkışma miktarını en fazla 0.8 N/mm^2 olarak belirlemektedir, [72]. BS 8102 ise, BS 747'de tanımlanan bitüm ile doyurulmuş ve kaplanmış polyester keçe taşıyıcılı örtülerin 2 kat olarak kullanılmasını önermektedir, [42].

Durgun yeraltı suyunun içinde yer alan içten uygulama, Şekil 4.8'de verilmektedir. Yağmur suyunun, yeraltı su yüzeyini yükseltmesini önlemek için, alınan önlemler, dıştan uygulamada alınan önlemler ile aynıdır. İçten uygulamada, strüktürel elemanlar, kendileri için belirlenen performans gereksinimlerini karşılamaktadır. Betonarme çanak, kendi ve üst yapıdan gelen statik ve dinamik yükleri ile zemin yanal basıncı ve yeraltı suyunun oluşturduğu yükleri, malzeme mekanik dayanımları emniyet sınır değerleri altında kalacak şekilde taşımakta ve zemine güvenli bir şekilde aktarmaktadır. Dış çanak, bitümlü örtüyü, geçirimli dolgu zeminin zararlı etkilerinden korumaktadır.

Bodrum duvarının dış ve döşemenin iç yüzeyine uygulanan, gerekli kalınlıkta, düşük ısı iletkenlik değerine sahip ısı yalıtım levhası, doymamış bölge-bodrum iç ortamı ile yeraltı suyu-bodrum iç ortamı arasındaki ısı geçişini engellemektedir. Kış aylarında, bodrum iç ortamından, doymamış zemin bölgesine doğru buhar difüzyonu oluşabilmektedir. Buhar difüzyonu, duvarın dış yüzeyine uygulanan ısı yalıtım levhası ile kontrol altına alınmaktadır. Yaz aylarında, doymamış zemin bölgesinden, bodrum iç ortamına doğru buhar difüzyonu oluşabilmektedir, buhar difüzyonu, ısı yalıtım levhasının ve bitümlü örtünün buhar difüzyon direnç faktörlerine bağlı olarak kontrol altına alınmaktadır. Bodrum duvarında ve temel plağında konstrüksiyon suyu

ve hava akımı ile ilgili olarak gelişen olaylar, Şekil 4.6'da gösterilmekte olan dıştan uygulamada açıklanmaktadır.

İçten uygulamada, basınç etkisi altındaki suyun duvar ve döşemenin bünyesine nüfuz etmesinin önlenmesi için bitümlü örtüler kullanılmaktadır. Bu tip bir uygulamada, bitümlü örtüler, zemin sıcaklığı, taban basıncı vb. çevresel etmenlerin etkisi altındadır. Bu etmenlerin bitümlü örtülere etkileri, dış kabuk sisteminin kendisinden beklenen performans gereksinmesini karşılayıp karşılamadığının ve bitümlü örtünün, performans kriterini sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi açısından tanımlanmalıdır.



Şekil 4.8 İçten Uygulama

Basınçlı su geçirimsizliği, bitümlü örtüler, dıştan uygulama ve içten uygulama ile ilgili analizler yapıldığında, aşağıdaki tespitler ortaya çıkmaktadır.

- **Dıştan ve içten uygulamada, bitümlü örtülerin, basınçlı suyun yanı sıra zemin yanal basıncı, taban basıncı, zemin sıcaklığı vb. çevresel etmenlerin de etkisi altında olduğu ve bu etmenlerin, bitümlü örtünün fiziksel özelliklerine etkisi sonucunda örtünün şekil değiştirdiği belirlenmektedir.**
- **Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altındaki bitümlü örtünün diğer yüzeyinden, sıvı formda suyun yanı sıra buhar formda suyun da geçme olasılığı bulunmaktadır. Bitümlü örtünün diğer yüzeyine sıvı formda su geçtiği durumda, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı; diğer bir anlatımla, performans kriterini sağlamadığını ve bodrum hasarlarının oluşabileceği düşünülmektedir. Oysa, örtüden, buhar formda suyun geçişi de bodrum hasarlarına neden olabilmektedir. Bu nedenle, örtüden buhar formda suyun geçtiği durumlarda da örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı kabul edilmektedir.**

5. BİTÜMLÜ ÖRTÜLERİN SU GEÇİRİMSİZLİK ÖZELLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN MEVCUT DENEY YÖNTEMLERİ

Bitümlü örtülerin, basınçlı su etkisi altında, su geçirimsizlik özelliğinin belirlenmesinde kullanılan deney yöntemlerini içeren bazı mevcut standartlar ve genel performans dokümanları, Tablo 5.1’de verilmektedir.

Tablo 5.1 Mevcut Deney Yöntemleri

ÜLKE	AD	TARİH	BAŞLIK
Almanya	DIN 52123	1985	Testing of Bitumen and Polymer Bitumen Sheetting and Felts
Amerika Birleşik Devleti	ASTM D 5385	1993	Standard Test Method for Hydrostatic Pressure Resistance of Waterproofing Membranes
Avrupa	UEAtc MOAT 27	1983	General Directive for the Assessment of Roof Waterproofing Systems
Danimarka	UEAtc General Guideline	1983	General Directive for the Assessment of Roof Waterproofing Systems
Fransa	UEAtc General Guideline	1983	General Directive for the Assessment of Roof Waterproofing Systems
İsveç	UEAtc General Guideline	1983	General Directive for the Assessment of Roof Waterproofing Systems
İtalya	UNI 8202/21	1981	Test Methods for Roof Membranes
Kanada	CSGB 37-GP-56M	1980	Standard for: Membrane, Modified, Bituminous, Prefabricated and Reinforced for Roofing
Türkiye	TS 11758	1995	Polimer Bitümlü Örtüler-Eritme Kaynağı ile Birleştirilerek Kullanılan-Su Yalıtımı İçin

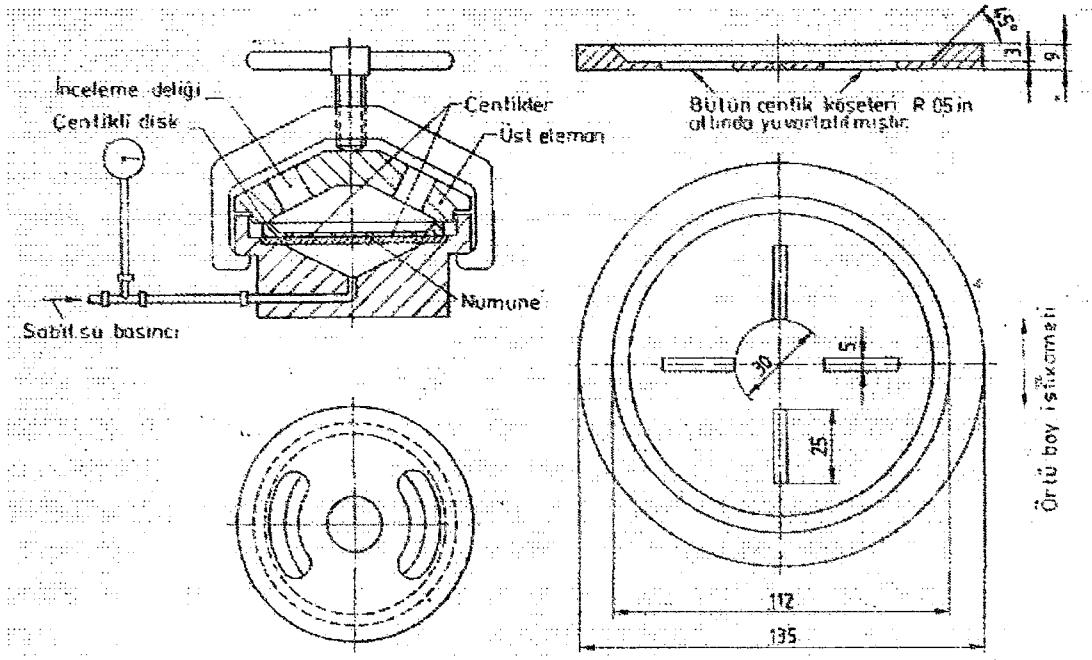
DIN 52123, TS 11758 ve UEAtc MOAT 27’de, aynı deney yöntemi ve aleti yer almaktadır. Deney yönteminde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtülerin bir yüzeyi, belirli bir süreyle, belirli bir su basıncı etkisi altında bırakılmaktadır. Deney sonucunda, örtünün, diğer yüzeyi gözle muayene edilmekte ve söz konusu su basıncı değerinde, örtünün su geçirimsizlik özelliğini koruyup korumadığını belirlenmektedir, [81, 67, 82].

DIN 52123 ve TS 11758, deneyler için numune alma işlemleri tanımlamaktadır. DIN 52123’e göre, 250 rulodan 2, 251-500 rulodan 3, 501-1000 rulodan 4 ve 1001’den fazla rulodan 5 rulo rast gele seçilmektedir. TS 11758’de, 280 rulodan 2, 281-500

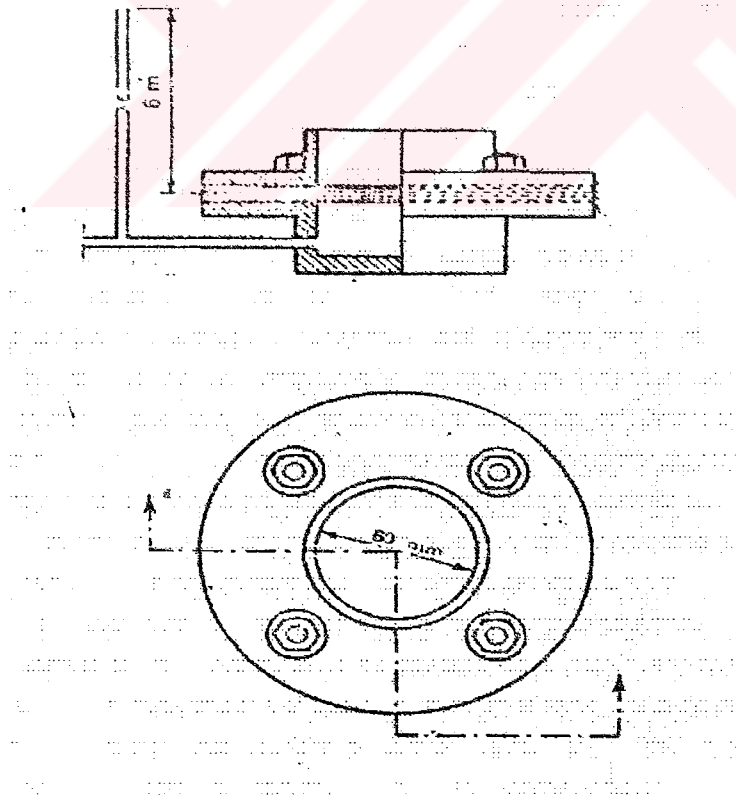
rulodan 3, 501-1200 rulodan 4 ve 1201'den fazla rulodan 5 rulo rast gele seçilmektedir. DIN 52123, TS 11758 ve UNI 8202 Kısım 21'de, rulonun her iki ucundan 1'er m.lik kısımlar atıldıktan sonra rulo eninde azaltma yapmaksızın deneylere yetecek uzunlukta zarar görmemiş kısım ayrılmaktadır. Deney numuneleri, örtünün bu kısmından alınmaktadır, [81,67].

DIN 52123, basınçlı su etkisi altında bitümlü örtülerin su geçirimsizlik özelliğinin belirlenmesi için, Su Geçirimsizlik Deney Aleti'nin kullanılmasını önermektedir, Şekil 5.1. Deney işlemlerinde, ilk olarak, rulodan alınan örtünün, enine yönde ve kenarlardan en az 100 mm. içeride olacak şekilde eşit aralıklarla, Şekil 5.1'de gösterilen çentikli diskin çapına uygun 3 adet deney numunesi kesilerek çıkarılmaktadır. Deney numunelerinin üzerine, rulonun boyuna yönü işaretlenmektedir. Her bir numunenin boyuna yönü ile çentiklerin pozisyonu Şekil 5.1'e uygun olacak tarzda çentikli diske yerleştirildikten sonra deney aletine monte edilmektedir. DIN 52130 ve DIN 52131'de tarif edilen bitümlü örtülere 1 bar'lık, DIN 52132 ve DIN 52133'de tarif edilen plastomerik ve elastomerik bitümlü örtülere 2 bar'lık su basıncı 24 saat süreyle uygulanmaktadır. Deney sonunda, deney numunesinin su ile temas etmeyen yüzeyi gözle muayene edilmekte ve örtü yüzeyinde sızdırma olup olmadığı belirlenmektedir. TS 11758'de, basınçlı su etkisi altında plastomerik ve elastomerik bitümlü örtülerin su geçirimsizlik özelliğinin belirlenmesi için önerilen deney aleti ve işlemi, DIN 52123'de önerilen ile aynıdır.

UEAtc MOAT 27, basınçlı su etkisi altında plastomerik ve elastomerik bitümlü örtülerin su geçirimsizlik özelliğinin belirlenmesi için iki adet deney aleti ve işlemi önermektedir. Bunlardan biri, DIN 52123 ve TS 11758'de önerilen deney aleti ve işlemi ile aynı olmakla beraber, uygulanan su basıncı değeri farklıdır. UEAtc MOAT 27'de, örtülere, 24 saat süreyle 6 bar'lık su basıncı uygulanmaktadır. Alternatif deney aleti ise Şekil 5.2'de verilmektedir. Deney aletinde yer alan 6 m. yüksekliğinde borunun bir ucu, su kaynağına, diğer ucu ise ortasında bir boşluk bulunan daire şeklindeki metal alt başlığa bağlıdır. Metal alt başlığın üst yüzeyine, sırasıyla, conta, deney numunesi, metal ve conta yerleştirilmektedir. Metal alt başlık ile aynı boyutlarda bir metal üst başlık, contanın üzerine yerleştirildikten sonra civatalar sıkılmaktadır. Borunun içi su ile doldurulmaktadır, metal alt başlığın ortasında yer alan boşluk su ile dolmakta ve su, borunun içinde 6 m. yükselmektedir. 24 saat sonra deney numunesinin su ile temas etmeyen yüzeyi gözle muayene edilmekte ve örtü yüzeyinde sızdırma olup olmadığı belirlenmektedir.



Şekil 5.1 Su Geçirimsizlik Deney Aleti



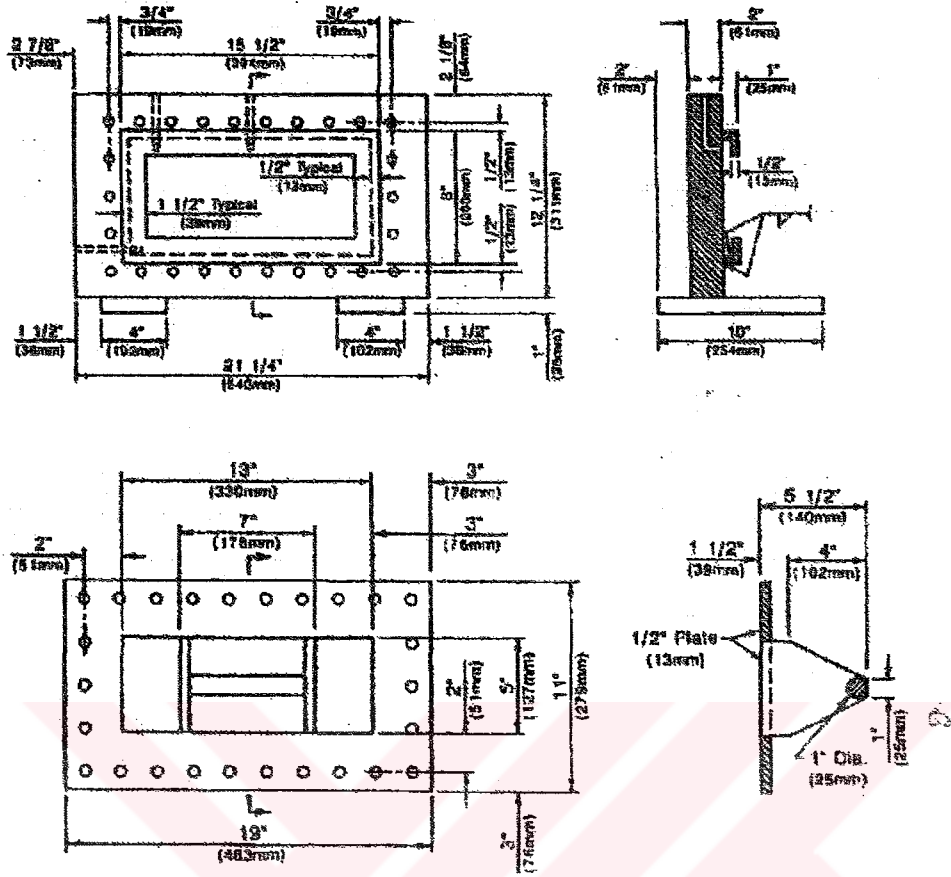
Şekil 5.2 Alternatif Su Geçirimsizlik Deney Aleti

UNI 8202-21, DIN 52123 ve TS 11758 'dekine benzer bir deney aleti ve işlemi önermektedir. Şekil değiştirmemiş bitümlü örtülere uygulanan basınçlı su değerleri ve süreleri, sırasıyla, 6 saat süreyle 50 m., 6 saat süreyle 25 m, 24 saat süreyle 6 m ve 24 saat süreyle 1 m.dir. Deney sırasında, örtü numunesinin diğer yüzeyi göz ile muayene edilmektedir. Örtüde sızdırma olduğu durumlarda, örtünün su geçirimsizlik özelliğini koruyabildiği en yüksek su basıncı değeri belirlenmektedir, [83].

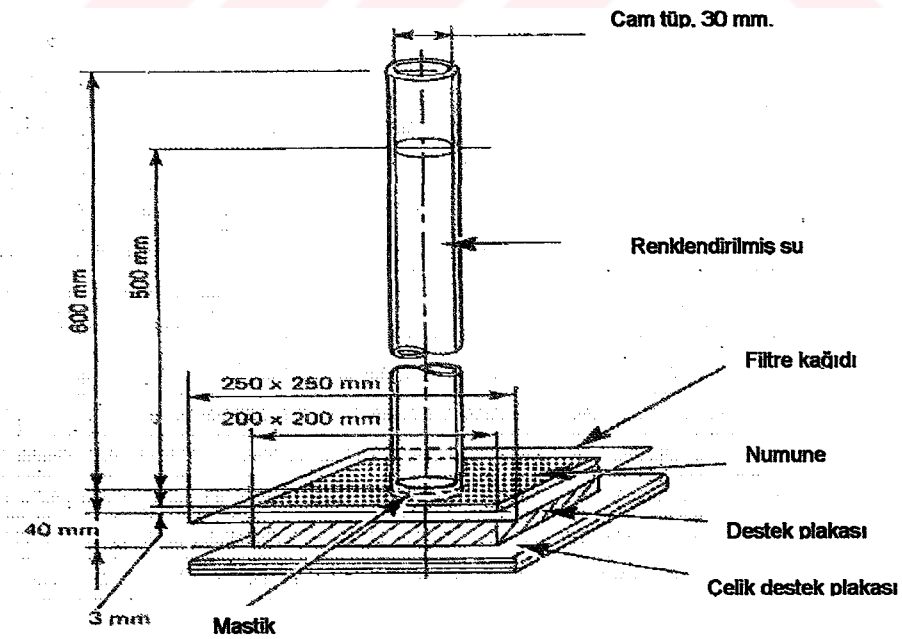
ASTM D 5385 deney yönteminde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtülerin bir yüzeyi, farklı sürelerde farklı su basınç değerlerine maruz kalmakta ve deney sonucunda diğer yüzey gözle muayene edilerek, örtünün su geçirimsizlik özelliğini koruyabildiği en yüksek su basıncı değeri; diğer bir anlatımla, örtülerin basınçlı su dayanımları belirlenmektedir, [84].

ASTM D 5385'in önerdiği Basınçlı Su Deney Aleti Şekil 5.3'de verilmektedir. Deney aleti, çelik oda, lastik conta, çelik kapak, 32 adet vida ve 64 adet somun ile puldan meydana gelmektedir. İlk olarak, 200 mm. eninde, 400 mm. boyunda ve 50 mm. kalınlıkta, ortasında yüksekliği 6 mm. olan bir boşluk bulunan hazır beton bloğun bir yüzeyine, üreticinin belirlediği bir astar malzeme uygulanmaktadır. Eni 200 mm. ve boyu 400 mm. olan deney numunesi, hazır beton bloğun astarlı yüzeyine uygulanmaktadır. Çelik odanın yüzeyine, sırasıyla, lastik conta, örtü uygulanmış olan yüzeyi lastik contaya bakacak şekilde hazır beton blok ve çelik kapak yerleştirilmektedir. Vidalar, çelik oda ve çelik kapaktaki deliklerden geçirilmekte ve somunlar sıkılmaktadır. Daha sonra, çelik oda, su ile doldurulmaktadır. Bitümlü örtüye, 1 saat süreyle, 10,3 m. su basıncı uygulanmaktadır. Örtüye uygulanan su basıncı değeri, her saat başı 10,3 m. aralıklarla arttırılmakta ve 7. saatin sonunda, 69 m. su basıncı değerinde, deney bitirilmektedir. Deney süresince, hazır beton bloğun ortasında yer alan boşluktan, örtünün su sızdırıp sızdırmadığı, gözle muayene edilmektedir. Örtünün su sızdırdığı durumda, örtünün, su geçirimsizlik özelliğini koruyabildiği en yüksek su basıncı değeri belirlenmektedir.

CSGB 37-GP-56M ve UNI 8202-21 standartlarında yer alan deney yöntemlerinde, delinme ve eğilme deneyleri sonucunda şekil değiştirmiş bitümlü örtülerin bir yüzeyi, belirli bir süreyle, belirli bir basınç altındaki suya maruz kalmaktadır. Deneylerin sonucunda, CSGB 37-GP-56M'de, örtünün diğer yüzeyinde yer alan filtre kağıdı; UNI 8202-21'de ise örtünün çıplak olan diğer yüzeyi gözle muayene edilerek, söz konusu su basıncı değerinde, örtünün su geçirimsizlik özelliğini koruyup korumadığını belirlenmektedir, [77, 83].



Şekil 5.3 Basıncı Su Deney Aleti



Şekil 5.4 Su Sızdırmazlık Deney Aleti

CSGB 37-GP-56M'de önerilen Su Sızdırmazlık Deney Aleti, Şekil 5.4'de verilmektedir. Çelik bir destek plakası üzerine, sırasıyla, bir destek plakası, filtre kağıdı ve şekil değiştirmiş bitümlü örtü yerleştirilmektedir. Bitümlü örtünün üst yüzeyine, silindir bir cam boru yerleştirilmektedir. Cam borunun, örtü ile temas ettiği yere silikon veya benzeri bir malzeme uygulanmaktadır. Silindir boru, 50 mm. yüksekliğinde su ile doldurulmaktadır. 16 saat sonra filtre kağıdı göz ile muayene edilerek, söz konusu basınçlı su etkisi altında örtünün su geçirimsizlik özelliğini koruyup korumadığını belirlenmektedir. UNI 8202-21'de ise, deney aletine silindir bir cam boru takılmaktadır. Cam boru 500 mm. yüksekliğinde su ile doldurulmakta ve 24 saat sonunda örtünün diğer yüzeyi gözle muayene edilmektedir.

Mevcut deney yöntemlerinin incelenmesi sonucunda elde edilen sonuçlar, aşağıda açıklanmaktadır.

- Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtüler kullanılmakta; gerçek kullanım şartlarında, örtüde meydana gelen şekil değişimini simule eden mevcut bir yöntem bulunmamaktadır. Bu nedenle, mevcut deney yöntemleri, bitümlü örtülerin kalitesini belirlemeye yönelik olmakta, gerçek kullanım şartlarındaki su geçirimsizlik performansını ortaya koyamamaktadır.
- Bitümlü örtülerden, buhar formdaki suyun geçişini belirleyen mevcut bir yöntem bulunmamaktadır. Mevcut deney yöntemlerinde, bir yüzeyi belirli bir basınç değerindeki suyun etkisi altında olan şekil değiştirmemiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden geçebilen sıvı formda su, çıplak gözle ile belirlenmekte ve örtünün basınçlı su geçirimsizlik özelliği, bu şartlar altında değerlendirilmektedir. Bu nedenle, mevcut deney yöntemleri, bitümlü örtünün, gerçek kullanım şartlarındaki su geçirimsizlik performansını ortaya koyamamaktadır.
- Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtü, en fazla 24 saat basınçlı su etkisine maruz bırakılmakta ve su geçirimsizlik özelliği bu sürenin sonunda belirlenmektedir; oysa, gerçek hizmet ömründe, bitümlü örtü, daha uzun bir süre basınçlı suyun etkisine maruz kalmaktadır.

6. BİTÜMLÜ ÖRTÜLERİN BASINÇLI SU ETKİSİ ALTINDA GEÇİRİMSİZLİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Yeraltı suyu bulunan zeminde yer alan dış kabuk sistemi için belirlenmiş olan performans gereksinmelerinden biri, suyu bünyesine almamasıdır. Bu nedenle, sistem bileşeni olarak bitümlü örtüler ele alınmıştır. Bitümlü örtü için belirlenmiş olan performans kriteri, basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olmasıdır. Bitümlü örtüler ile dış kabuk sistemi, dıştan ve içten uygulama olmak üzere iki şekilde tasarlanmaktadır. Gerçek hizmet şartlarında, dıştan ve içten uygulamada yer alan bitümlü örtünün, basınçlı su etkisi altında, su geçirimsizlik özelliğinin, performans kriterini sağlayıp sağlayamadığının, uygun bir performans değerlendirme yöntemi ile belirlenmesi gerekmektedir. Böylece, dış kabuk sisteminin, performans gereksinmesini karşılayıp karşılayamadığı da belirlenmektedir.

Bu bölüme kadar, basınçlı su geçirimsizliği, bitümlü örtüler, dıştan uygulama, içten uygulama ve mevcut deney yöntemleri ile ilgili olarak yapılan analizlerden elde edilmiş olan sonuçlar, aşağıda, özet olarak verilmektedir.

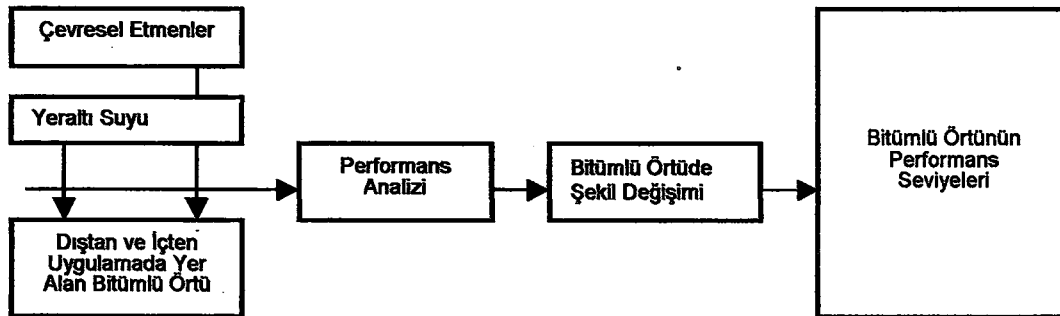
- Dıştan ve içten uygulama incelendiğinde, bitümlü örtülerin, basınçlı suyun yanı sıra bir takım çevresel etmenlerin de etkisi altında olduğu belirlenmiştir. Bu etmenler, örtünün fiziksel özelliklerine etki etmekte ve bu nedenle, örtü şekil değiştirmektedir.
- Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan bitümlü örtünün diğer yüzeyinden, sıvı formda suyun yanı sıra buhar formda suyun da geçme olasılığı bulunmaktadır. Bitümlü örtünün diğer yüzeyinden sıvı formda suyun geçtiği durumda, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı kabul edilmekle beraber, buhar formda suyun geçişi dikkate alınmamaktadır. Oysa, buhar formda su, donatı korozyonu, yapı elemanı bünyesinde yoğunlaşma veya iç yüzeyde terleme, bodrum iç ortamında konfor koşullarının bozulması gibi yapı sağlığı ile kullanıcı sağlığını olumsuz yönde etkileyen bodrum hasarlarına neden olabilmektedir.
- Mevcut deney yöntemleri incelendiğinde, bu yöntemlerin, gerçek hizmet şartları altında bitümlü örtünün, su geçirimsizlik özelliğinin, performans kriterini sağlayıp

sağlayamadığının belirlenmesinde yetersiz kaldığı ortaya çıkmıştır. Bu durumun nedenlerinden biri, bitümlü örtüden, buhar formda suyun geçişini belirleyen mevcut bir yöntemin bulunmamasıdır. Diğer ise, yöntemlerde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtü kullanılmakta; örtüde meydana gelen şekil değişimini simüle eden bir yöntem bulunmamaktadır. Ayrıca, şekil değiştirmemiş bitümlü örtü, en fazla 24 saat basınçlı su etkisine maruz bırakılmakta ve örtünün, su geçirimsizlik özelliği, bu sürenin sonunda belirlenmektedir.

Yukanda açıklanan nedenlere bağlı olarak gerçek hizmet şartlarında, bitümlü örtünün, su geçirimsizlik özelliğinin, performans kriterini sağlayıp sağlayamadığının belirlenmesi; diğer bir anlatımla, örtünün su geçirimsizlik performansının belirlenmesi için yeni bir yöntemin geliştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Dıştan ve içten uygulamada yer alan bitümlü örtünün, basınçlı su etkisi altında su geçirimsizlik performansının belirlenmesi için geliştirilen yöntemin modeli, bir bütün olarak Şekil 1.2'de, yöntemin birinci aşamasını gösteren model ise, Şekil 6.1'de verilmektedir. Yöntemin aşamaları, aşağıda, sırasıyla açıklanmaktadır.

- Dıştan ve içten uygulamada yer alan bitümlü örtüye etki eden çevresel etmenler tanımlanmakta, bu etmenler ile bitümlü örtünün fiziksel özellikleri arasında gelişen süreç; diğer bir anlatımla, performans analizi yapılmakta ve sonuçta, bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimleri sınıflandırılmaktadır.
- Bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimlerinin değerleri ile örtüye etki eden basınçlı suyun değerleri bir araya getirilerek, bitümlü örtünün, gerçek hizmet şartlarındaki, performans seviyeleri belirlenmektedir.



Şekil 6.1 Bitümlü Örtünün Su Geçirimsizlik Performansının Belirlenmesi İçin Geliştirilen Yöntemin Birinci Aşamasını Gösteren Model

6.1. Yöntemde Kullanılabilecek Bitümlü Örtüler

Su yalıtımı yapmak için geliştirilmiş ve çoklukla kullanılan bitümlü örtüler tipleri, Tablo 6.1’de verilmektedir. Söz konusu örtü tipleri, geliştirilen yöntemde, su geçirimsizlik özelliğinin belirlenebilmesi için kullanılabilmektedir.

Tablo 6.1 Yöntemde Kullanılabilecek Bitümlü Örtü Tipleri

Bitüm	Taşıyıcı, g/m ²	Kalınlık, mm.
Okside bitüm	Cam tülü, 60	2.4
Okside bitüm	Cam dokuma, 200	2.9
APP modifiye bitüm	Cam tülü, 50-60	2-3
APP modifiye bitüm	Polyester keçe, 180	3
APP modifiye bitüm	Polyester keçe, 180	4
APP modifiye bitüm	Polyester keçe, 180	5
APP modifiye bitüm	Polyester keçe, 200	3
APP modifiye bitüm	Polyester keçe, 200	4
APP modifiye bitüm	Polyester keçe, 250	4
SBS modifiye bitüm	Cam tülü, 50-60	2-3
SBS modifiye bitüm	Polyester keçe, 180	3
SBS modifiye bitüm	Polyester keçe, 180	4
SBS modifiye bitüm	Polyester keçe, 200	4

6.2. Dıştan Ve İçten Uygulamada Yer Alan Bitümlü Örtülere Etki Eden Çevresel Etmenler Ve Bitümlü Örtünün Performans Seviyeleri

Bu bölümde, dıştan ve içten uygulamada bitümlü örtüye etki eden çevresel etmenler tanımlanmakta, bu etmenler ile bitümlü örtünün fiziksel özellikleri arasında gelişen süreç anlatılmakta ve sonuçta, bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimleri sınıflandırılmaktadır.

6.2.1. Duvarı Yer Alan Bitümlü Örtüye Etki Eden Çevresel Etmenler

Bu etmenler, zemin sıcaklığı, zemin yanal basıncı ve uygulama işçiliğidir. Çevresel etmen olarak zemin sıcaklığı ele alındığında, bu etmenin, Adana, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinde yer alan binalarda tasarlanan, Şekil 4.7’de verilen dıştan

uygulama ve Şekil 4.8'de verilen içten uygulamada, bodrum duvarlarına uygulanan okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı, okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı, plastomerik bitümlü polyester keçe veya cam tülü taşıyıcılı ve elastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtülere etkileri incelenmektedir. Zemin yanal basıncı ele alındığında, bu etmenin, herhangi bir ilimizde yer alan binalarda tasarlanan, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilen dıştan uygulama ve Şekil 4.8'de verilen içten uygulamada, bodrum duvarlarına uygulanan bitümlü örtülere etkileri incelenmektedir.

6.2.1.1. Zemin Sıcaklığı

Şekil 4.7'de verilen dıştan uygulamada yer alan koruyucu tabaka ve Şekil 4.8'de verilen içten uygulamada yer alan betonarme çanak, yeterli ısı dirence sahip olmamakta; bu nedenle, duvarda yer alan bitümlü örtüler zemin sıcaklığının etkisi altında olmaktadır. Şekil 4.6'da verilen dıştan uygulamada, bitümlü örtünün dış yüzeyinde yüksek ısı dirence sahip ısı yalıtım levhasının bulunması nedeniyle, bitümlü örtü, zemin sıcaklığının etkisi altında olmamaktadır.

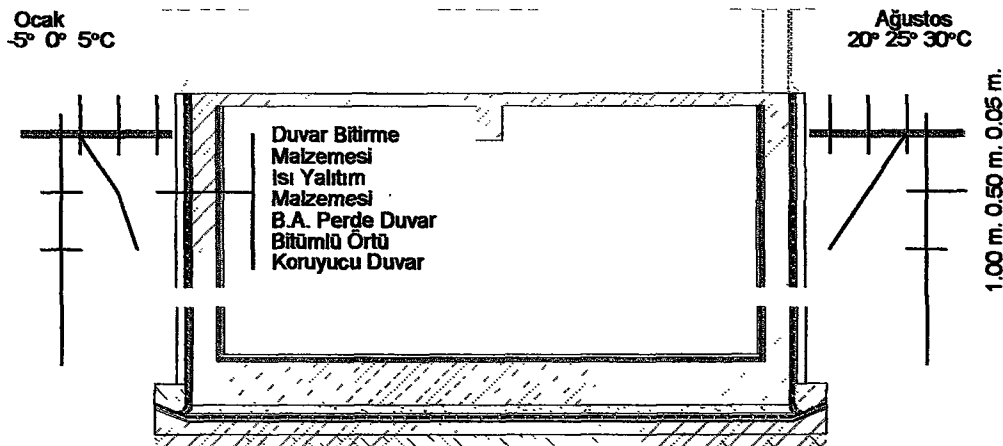
Bitümün en önemli fiziksel özelliklerinden biri viskozitesidir. Bitümün viskozitesini etkileyen etmenlerden biri de sıcaklıktır. Bu nedenle, en düşük ve en yüksek aylık ortalama zemin sıcaklıklarının, bitümlü örtünün ve örtüleri yapıştırmakta kullanılan yapıştırıcının viskozitelerine etkileri ve örtüde meydana gelebilecek şekil değişimlerinin bilinmesi gerekmektedir. En düşük ve en yüksek aylık ortalama zemin sıcaklıkları arasındaki fark nedeniyle duvarda ve bitümlü örtülerde oluşan ısı hareketlerin, duvara yapıştınarak uygulanmış bitümlü örtüde meydana getireceği gerilmeler, bunların örtünün mekanik özelliklerine etkisi ve örtüde meydana gelen şekil değişimlerinin de incelenmesi gerekmektedir.

Adana, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinin, 0.05, 0.20, 0.50 ve 1.00 m. derinliklerde aylık ortalama zemin sıcaklıkları, Bölüm 2.2.1.1.'de verilmiştir. Bir yıl içerisinde, tüm derinliklerde, zemin sıcaklıklarının Ocak ayında 0.05 m. derinlikte en düşük değere, Ağustos ayında ise 0.05 m. derinlikte en yüksek değere ulaştığı, aynı bölüm içerisinde belirtilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce, 1.00 m.den daha fazla derinliklerde zemin sıcaklıkları ölçülmediğinden, 1.00 m.ye kadar olan zemin sıcaklıkları ve bunların, örtülerin fiziksel özelliklerine etkileri göz önüne alınmaktadır. Çoğu ülkelerde, belirli bölgelerde, 5.00 m. derinliğe kadar zemin sıcaklıkları ölçülmektedir. Bu derinlikten itibaren, zemin sıcaklığının önemli ölçüde değişmediği tespit edilmektedir, [21, s. 180-2].

Ocak ayında, 0.05 m. derinlikteki en düşük aylık ortalama sıcaklık değerleri Adana, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinde, sırasıyla, 8.9, 6.0, 1.2 ve -5.8°C 'dir. Ağustos ayında, 0.05 m. derinlikteki en yüksek aylık ortalama sıcaklık değerleri Adana, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinde, sırasıyla, 38.2, 30.1, 26.8 ve 25.9°C 'dir.

Okside, plastomerik ve elastomerik bitümlü örtülerin soğukta kırılma dayanıklılık değerleri (Eğme Deneyi), sırasıyla, 0 - 5, -7, ve -20°C 'dir. Erzurum ilinde, Ocak ayında, 0.05 m. derinlikteki zemin sıcaklığının -5.8°C ve 0.50 m. derinlikteki zemin sıcaklığının -0.6°C olması nedeniyle; bu ilimizde, duvarda, okside ve plastomerik bitümlü örtülerin kullanıldığı durumlarda, bitüm tabakası kırılma dayanıklılaşmaktadır. Bitümlü örtü, uygulandığı yüzeyde, ısısal genleşme ve/veya mekanik yükler sonucu oluşan gerilmeler nedeniyle meydana gelen hareketlere uyum gösterememekte ve bitüm tabakası çatlamaktadır. Bitümlü örtünün, su geçirimsizlik özelliği yok olmaktadır. Bu nedenle, bu ilimizde, koruyucu tabakanın ısı yalıtım levhası olarak düzenlenmediği dıştan uygulama ile içten uygulamada, elastomerik bitümlü örtüler kullanılmalıdır, Şekil 6.2.

Okside, plastomerik ve elastomerik bitümlü örtülerin yumuşama noktaları, sırasıyla, 85-105, 130-150 ve $100-120^{\circ}\text{C}$ 'dir. Dört ilimizin, Ağustos ayında, 0.05 m. derinlikteki en yüksek aylık ortalama sıcaklık değerleri ile bitümlü örtülerin yumuşama noktaları karşılaştırıldığında, zemin sıcaklıklarının, bitümlü örtülerin yumuşama noktaları sınır değerleri altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 6.2 Erzurum ilinde Dıştan Uygulama

Okside ve elastomerik bitümlü örtülerin uygulanma tekniklerinden biri de sıcak asfalt tekniğidir. Sıcak asfalt tekniği ile düşey duvar yüzeylerine uygulanmakta olan örtülerde karşılaşılan en önemli hasar tipi, örtünün duvar yüzeyinden aşağı doğru kayması, alttaki örtüyü veya duvar yüzeyini açıkta bırakmasıdır. Örtülerin yapıştırılmasında kullanılan bitüm, penetrasyon bitümüdür, (penetrasyon asfaltı olarak anılmaktadır). Yapıştırıcı olarak kullanılan bitümün yumuşama noktasının, en yüksek zemin sıcaklığına eşit veya bundan daha düşük olduğu durumlarda, yapıştırıcı bitüm yumuşamaktadır. Sonuç olarak, bitümlü örtü, kendi ağırlığının etkisi altında aşağı doğru sarkmakta veya kaymaktadır. Yumuşama noktası yüksek bitümlerin yapıştırıcı olarak kullanılması ise uygulamaya ilişkin diğer bir problemi de beraberinde getirmektedir. Bu problem, bitümlü örtülerin birbirleriyle ve duvar yüzeyindeki astar tabaka ile iyice kaynaşması için bitümün yeterli derecede yüksek ısıda tutulmasının, çoğu zaman, sağlanamamasıdır. Elastomerik ve elastomerik bitümlü örtülerin, duvardaki astar tabakaya şalümo tekniği ile yapıştırılması, örtülerin düşey yüzeylerde yeterli derecede yapışmasını sağlamakta ve örtünün, düşey yüzeylerden aşağıya kaymasını önlemektedir, [85].

Bölüm 2.2.3'de, kış ve yaz aylarında, derinliklere bağlı olarak zemin içerisindeki sıcaklık değişimlerinin, dış kabuk sistemini oluşturan malzemelerde farklı ısıl hareketlere neden olduğu belirtilmiştir. Kış ve yaz aylarında, 0.05 m. derinlikteki zemin sıcaklık farkları en yüksek olan ilimizin Erzurum olduğu da belirlenmiştir. Bitümlü örtünün genleşme katsayısı ile betonarme perde duvarın genleşme katsayısı arasındaki farkın büyük olduğu durumlarda, duvar yüzeyine yapışmış örtüdeki ve duvardaki hareketler nedeniyle oluşan gerilmeler arasındaki fark da büyük olmaktadır. Örtünün çekme mukavemetinin, duvarda oluşan gerilmeleri karşılayamadığı durumda, örtü yırtılmakta ya da yerinden sıyrılmaktadır. Bu nedenle, örtünün su geçirimsizlik özelliği etkilenmektedir.

Bitümlü örtünün çekme mukavemeti, örtüde kullanılan taşıyıcının cinsine ve örtünün boyuna ve enine doğrultularında değişmektedir. Polyester keçe taşıyıcının çekme mukavemeti, cam dokuma ve cam tülü taşıyıcılara nazaran daha yüksektir. Taşıyıcıların boyuna doğrultudaki çekme mukavemetleri, enine doğrultudaki çekme mukavemetlerinden daha yüksektir. Bu nedenle, bitümlü örtünün, duvarda, ısıl hareketler nedeniyle oluşan gerilmeleri karşılayabilmesi için duvara, yüksek çekme dayanımına sahip taşıyıcılardan boyuna doğrultuda uygulanmalıdır.

Çok katlı olarak uygulanan örtülerde gerilmeler eşit olarak dağılmamakta ve duvarda oluşan gerilmeleri, ilk olarak, ilk kat örtü karşılamaktadır. Bu nedenle, çok katlı

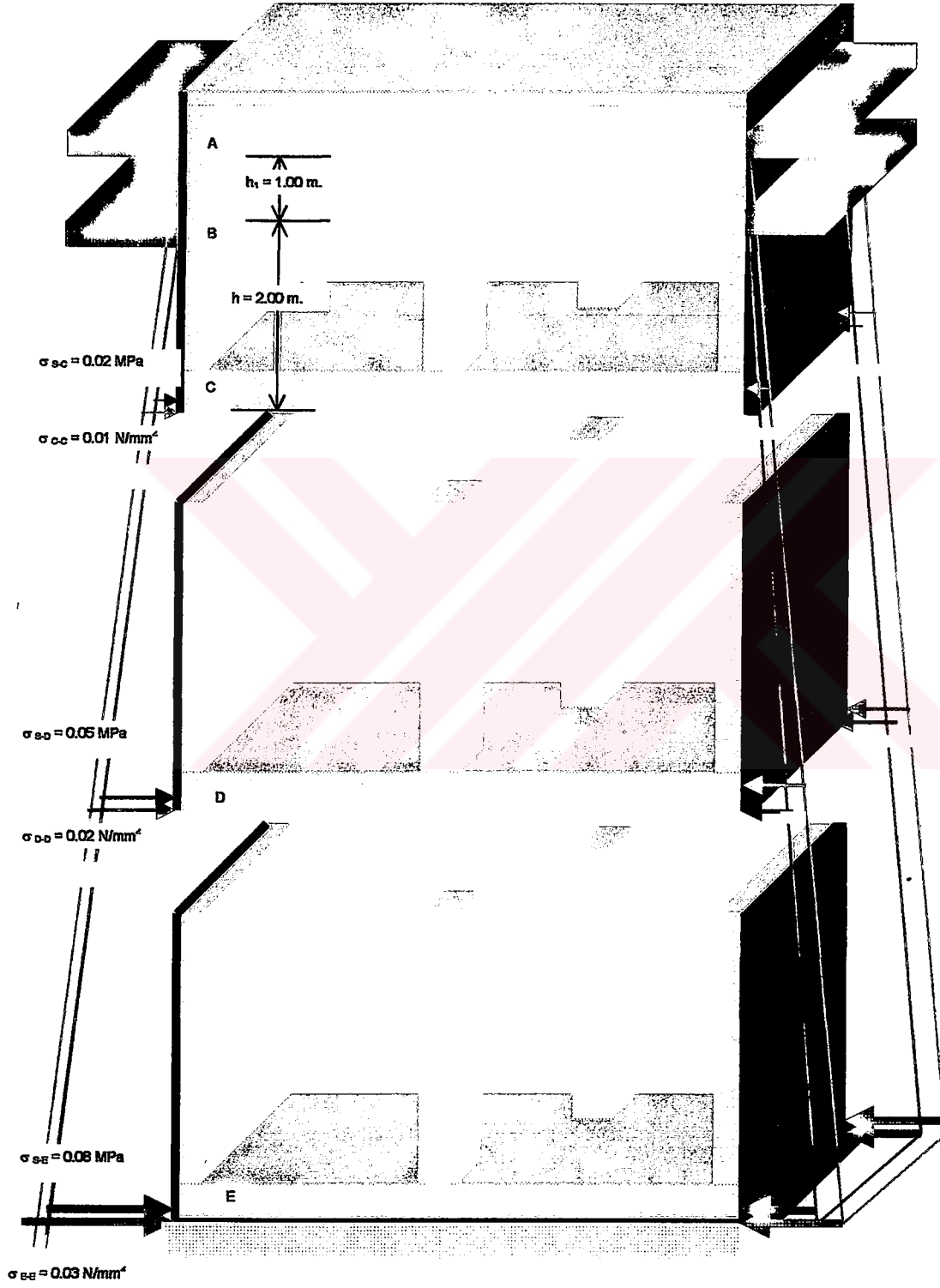
örtülerde de ilk kat bitümlü örtü olarak yüksek çekme dayanımına sahip taşıyıcılardan boyuna doğrultuda uygulanmalıdır. TS 3647, okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı ve okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtülerin birlikte kullanılmasını önermektedir; ancak, cam tülü taşıyıcılı örtünün ilk kat olarak kullanılması sakıncalıdır. Plastomerik veya elastomerik bitümlü örtülerin çok katlı uygulanmasında, ilk kat örtü olarak cam tülü taşıyıcılı örtünün ve ikinci kat olarak polyester keçe taşıyıcılı örtünün kullanılması da sakıncalıdır. Cam tülü taşıyıcının çekme dayanımı, diğer taşıyıcılara nazaran daha düşüktür ve duvarda oluşan gerilmeleri istenilen düzeyde karşılamayabilmektedir. Cam tülü taşıyıcının kopması sonucunda gerilmeler, çekme dayanımı nispeten daha yüksek olan ikinci kat örtü tarafından karşılanmaktadır. Bu durumda, bitümlü örtülerinin çok katlı uygulanmalarının anlamı kalmamaktadır.

Şekil 4.7'de verilen dıştan uygulamada, zemin sıcaklığının, duvara uygulanmış bitümlü örtülerin fiziksel özelliklerine olumsuz etkilerinin önlenmesi için, örtünün zemine bakan yüzeyinde, koruyucu tabaka olarak ısı yalıtım levhası tercih edilmeli ve ısı yalıtım malzemesi, duvarın iç yüzeyinde yer almamalıdır. Herhangi bir nedenle, söz konusu dıştan uygulama ve içten uygulama tercih edilirse, zemin sıcaklığından etkilenmeyen fiziksel özelliklere sahip bitümlü örtüler kullanılmalıdır.

6.2.1.2. Zemin Yanal Basıncı

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilen dıştan uygulamada ve Şekil 4.8'de verilen içten uygulamada, duvara uygulanan bitümlü örtüler, zemin yanal basıncının etkisi altındadır. Zemin yanal basınç dağılımının, derinlikle doğrusal olarak artması nedeniyle, bitümlü örtüye gelen basınçlar, eşdeğer olmamaktadır. Bitümün akıcılık özelliği; diğer bir anlatımla, viskozitesini etkileyen etmenlerden bir diğeri de, dışardan yük uygulanmasıdır. Bitüm, yüzeyine dik gelen yüklerin etkisi altında, yükün fazla olduğu bölgeden, yükün az olduğu bölgeye doğru kaçmakta ve birim alandaki bitüm miktarı azalmaktadır. Bu nedenle, eşdeğer olmayan zemin yanal basıncının, bitümlü örtünün mekanik özelliklerine etkisi incelenmektedir.

Durgun yeraltı suyu içinde yer alan bodrum duvarına etki eden zemin yanal basınç değerlerinin belirlenmesinde kullanılan hesap yöntemi, Bölüm 2.3.3.'de verilmiştir. Şekil 6.3'de, bir, iki ve üç bodrum katlı binanın, dıştan uygulamada, bodrum duvarlarına, zemin cinsinin tek tip olduğu ve yeraltı suyunun bulunduğu durumda etki eden zemin yanal basınç değerleri verilmektedir. Duvar arkası ile zemin arasındaki sürtünme açısı 0 olarak alınmaktadır. Zemin cinsi, nemli kum ve çakıl



Şekil 6.3 Zemin Yanal Basıncı Ve Su Basıncı

tabakasıdır, zeminin birim hacim ağırlığı (γ) 1.8×10^{-5} N/mm³'dür. İçsel sürtünme açısı (Φ) 30°'dir.

Zemin basıncı katsayısı, zeminin batık birim ağırlığı ve yüksekliği, aşağıda verilen değerler olarak hesaplanmıştır.

$$k_a = 0.33 \quad (2.1a)$$

$$\gamma' = 8 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^3 \quad (2.5)$$

$$h' = 2250 \text{ mm.} \quad (2.4)$$

Şekil 6.3'de, zemin üst kotu, 1.00 m. ve 3.00 m. derinlikteki duvar yüzeyine dik gelen aktif zemin basınç değerleri, σ_{A-A} , σ_{B-B} , σ_{C-C} , sırasıyla;

$$\sigma_{A-A} = 0 \quad (2.1)$$

$$\sigma_{B-B} = 0.006 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1)$$

$$\sigma_{C-C} = 0.01 \text{ N/mm}^2 \quad (2.3)$$

olarak hesaplanmıştır. Zemin üst kotu, 1.00 m. ve 5.00 m. derinlikteki duvar yüzeyine dik gelen aktif zemin basınç değerleri, σ_{A-A} , σ_{B-B} , σ_{D-D} , sırasıyla, 0, 0.006 ve 0.02 N/mm²; zemin üst kotu, 1.00 m. ve 8.00 m. derinlikteki duvar yüzeyine dik gelen aktif zemin basınç değerleri, σ_{A-A} , σ_{B-B} , σ_{E-E} sırasıyla, 0, 0.006 ve 0.03 N/mm² olarak hesaplanmıştır. 25.00 m. derinlikteki aktif zemin basınç değeri ise 0.07 (0.1) N/mm²'dir.

Yeraltı suyunun, bodrum duvarına yaptığı basıncın değerinin belirlenmesinde kullanılan hesap yöntemi Bölüm 2.3.3.'de verilmiştir. Buna göre, yeraltı suyu üst yüzeyi, 2.00 m., 5.00 m., 8.00 m. ve 25.00 m.'deki basınç değerleri, σ_{SB} , σ_{SC} , σ_{SD} , σ_{SE} , σ_{SF} , sırasıyla, 0, 0.02, 0.05, 0.08 (0.10) ve 0.25 MPa'dır, Şekil 6.3.

Dıştan ve içten uygulamada, eşdeğer olmayan zemin yanal basınç etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtünün, bir yüzeyi belirli su basıncı etkisi altında iken, diğer yüzeyinden, bu yüzey ile temas eden betonarme perde duvarına, sıvı veya buhar formda su geçirip geçirmediğinin belirlenmesi gerekmektedir.

6.2.1.3. Uygulama İşçiliği

Düşey duvar yüzeylerine şalümo tekniği ile uygulanmış plastomerik ve elastomerik bitümlü örtüler, üst kenarlarından duvara mekanik olarak tespit edilmediğinde, duvar yüzeylerinden aşağıya doğru kaymaktadırlar, [86]. Bu tip hasarın önlenmesi için örtülerin üst kenarlarından duvara mekanik olarak tespit edilmeleri gerekmektedir.

Örtülerin ek yerlerinin açılması, uygulama işçiliğinde yapılan hatalardan kaynaklanan diğer bir hasar tipidir. Örtülerin ek yerlerinin iyi yapıştırılmaması sonucunda ek yerleri açılarak örtülerin sürekliliği yok olmakta ve su, ek yerlerinden duvar bünyesine nüfuz etmektedir. Plastomerik ve elastomerik bitümlü örtülerin, ek yerlerinde, birbirleri ile kaynaşması için örtülerin yüzeyindeki kaplama malzemesi olan polietilen tabakanın tümü ile bir miktar bitüm şalümo tekniği ile eritilmektedir. Plastomerik bitümün yumuşama noktasının yüksektir, bitüme, şalümo tekniği ile yeterli derecede ısı verilmediği ve bitümün kaynaşmayı sağlayacak kadar eritilmediği durumlarda ek yerlerinde açılma olmaktadır. Plastomerik bitümlü örtülerin ek yerlerinde yapışmanın sağlanabilmesi için şalümo tekniği ile yüksek ısı verildiği durumlarda ise taşıyıcı ile plastomerik bitüm arasındaki bağ kaybolmakta ve örtünün bütünlüğü yok olmaktadır. Sıcak asfalt tekniği ile uygulanan elastomerik bitümlü örtülerin ek yerlerinde de açılmalara rastlanılmaktadır. Asfaltın sıcaklık derecesi, elastomerik bitüm tabakasını ve polietilen tabakayı eritecek kadar yüksek değilse, örtülerin ek yerlerindeki kaynaşma yeterli olmamaktadır, [85].

6.2.2. Döşemede Yer Alan Bitümlü Örtüye Etki Eden Çevresel Etmenler

Bunlar, bina yükü nedeniyle temel plağı tabanında oluşan basınç gerilmeleri, deprem yükü ve hava basıncı, temel plağındaki eğilme momentinin oluşturduğu çekme gerilmeleri ve taban betonunda meydana gelen çatlaklardır.

6.2.2.1. Bina Yükü Nedeniyle Temel Plağı Tabanında Oluşan Basınç Gerilmeleri

Bölüm 2.3.1.'de verilen yaklaşık hesap yöntemindeki kabule göre, bina toplam yükü nedeniyle, temel plağı tabanı boyunca oluşan basınç gerilmelerinin düzgün yayılış biçimi, Şekil 2.8'de verilmiştir. Dıştan ve içten uygulamada, temel plağı ile taban betonu arasında yer alan bitümlü örtüye, temel plağından gelen basınç gerilmeleri, her bir kolon etki alanında, birbirinden farklı değerde olmaktadır. Bitüm, yüzeyine dik gelen yüklerin etkisi altında, yükün fazla olduğu bölgeden yükün az olduğu bölgeye doğru akmakta; diğer bir anlatımla, şekil değiştirmektedir. Bu nedenle, bitüm, basınç

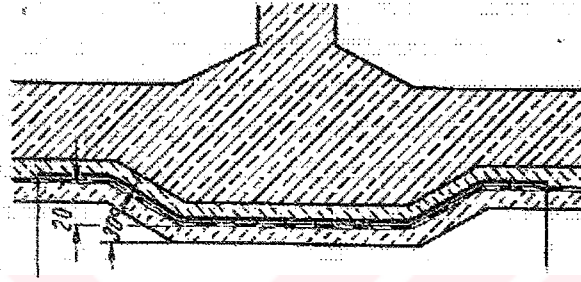
gerilmelerinin daha fazla olduğu kolon etki alanından, basınç gerilmelerinin daha az olduğu kolon etki alanına doğru akmakta ve birim alandaki bitüm miktarı azalmaktadır. Her bir kolon etki alanı için hesaplanan basınç gerilme değerlerinin, zemin emniyet gerilmesine en fazla eşit veya daha az olması gereğine göre, bitümlü örtüye etki eden basınç gerilmesi değerinin, zemin emniyet gerilmesi değerine eşit olarak alınabileceği kabul edilmektedir. Bu nedenle, bina yükü nedeniyle temel plağı tabanına gelen ve zemin emniyet gerilmesi değerine eşit olarak kabul edilen basınç gerilmeleri etkisi altında, bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimi ve şekil değiştirmiş örtünün, basınçlı su etkisi altında, su geçirimsizlik performansının belirlenmesi gerekmektedir.

6.2.2.2. Deprem Yükü Ve Hava Basıncı

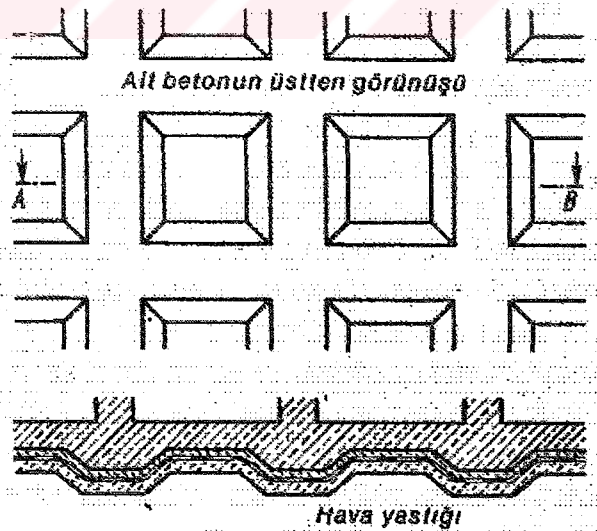
Binaya etki eden yüklerden biri de, deprem yüküdür. Deprem yükü, binaya döşemeleri düzeyinde etki eden yatay kuvvetler olarak alınmaktadır. Dıştan ve içten uygulamada, binanın strüktürü, bitümlü örtü uygulanmış taban betonu üstünde; diğer bir anlatımla, düz ve düzgün bir yüzey üstünde yer almaktadır. Deprem yükü nedeniyle oluşan ve döşemelere etki eden yatay kuvvetler, binayı, bu yüzey üzerinde kaydırabilmektedir. Bunun nedeni, bitümün sürtünmesi olmaması, sadece kendi yüzeyine dik gelen kuvvetleri iletebilmesi; diğer bir anlatımla, bitüme paralel gelen kuvvetlerin kayma hareketine yol açmasıdır, [87]. Deprem yükü nedeniyle oluşan yatay kuvvetlerin etkisi altında binanın, bitümlü taban betonunun yüzeyinde kaymasının önlenmesi için, kolon ayakları altında temel plağı kalınlaştırılmaktadır, Şekil 6.4. Bu önlem, aynı zamanda, kolon ayakları altındaki temel plağında oluşan yüksek basınç gerilmeleri etkisindeki örtüde oluşabilecek şekil değişiminin azaltılması için de alınmaktadır. Bitümün, basınç gerilmelerinin daha fazla olduğu alandan, basınç gerilmelerinin daha az olduğu alana doğru akmasının, eğik yüzeyler tarafından önlenildiği kabul edilmektedir, [34, s. 60].

Temel plağının, her bir kolonun altında kalınlaştırılması sonucunda taban betonunun alt yüzeyinde yüksek tavanlı boşluklar oluşmaktadır, Şekil 6.5. Bina inşaatının bitmesi ve su kontrolünün kaldırılması sonucunda yeraltı suyu seviyesi yükselmekte; bu sırada, zemin tanecikleri arasındaki boşlukların içerisinde yer alan havayı da önüne katmaktadır. Taban betonunun alt yüzeyindeki yüksek tavanlı boşluklar, ilk olarak, hava ile dolmakta ve buralarda hava yastıkları meydana gelmektedir. Su basıncının yüksek olduğu durumlarda, kaçacak yer bulamayan hava basıncı, döşemedeki bitümlü örtüye etki etmektedir. Bitümlü örtünün hava geçirimsizlik özelliğine sahip olmadığı kabulüne göre, belirli bir basınç etkisi altındaki hava

bitümlü örtüye nüfuz etmekte ve arkadan gelen basınçlı suyun da geçmesine imkan verecek boşluklar açmaktadır, [34, s. 60]. Bu nedenle, basınç gerilmeleri etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtüde, hava basıncı etkisi nedeniyle meydana gelen değişim sonrasında ve bir yüzeyi belirli su basıncı etkisi altında iken, diğer yüzeyinden, bu yüzey ile temas eden temel plağına, sıvı veya buhar formda su geçirip geçirmediğinin belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 6.4 Taban Betonunun Derinleştirilmesi



Şekil 6.5 Taban Betonu Altında Oluşan Hava Yastıkları

6.2.2.3. Temel Plağındaki Eğilme Momentinin Oluşturduğu Çekme Gerilmeleri

Temel plağında, kolon alt noktaları ile plak açıklıklarında oluşan eğilme momenti diyagramı, Şekil 2.8'de verilmektedir. Temel plağında oluşan eğilme momentleri, kolon alt noktalarında pozitif, plak açıklıklarında ise negatif değerdedir. Diğer bir anlatımla, kolon alt noktalarında yer alan temel plağının üst yüzeyinde basınç, alt yüzeyinde çekme gerilmeleri oluşmaktadır. Plak açıklıklarında ise, temel plağının üst yüzeyinde çekme, alt yüzeyinde ise basınç gerilmeleri oluşmaktadır. Bu nedenle, temel plağında, kolon alt noktalarında ve plak açıklıklarında çekme gerilmelerinin olduğu bölgede çekme donatıları düzenlenmektedir. Taşıma gücü hesabına göre, çekme donatısındaki uzama %1 sınır değerini aşmamalıdır, [88, s. 333].

Temel plağının, eğilme momenti nedeniyle yaptığı şekil değişimini, temel plağı altında yer alan bitümlü örtünün de yaptığı kabul edilmektedir. Bitümlü örtüye etki eden çekme gerilmeleri, bitümlü örtünün kopmasına neden olmamaktadır. Bunun nedeni, bitümlü örtülerin kopma boy uzama değerlerinin (%2-%40), çekme donatısının yapabileceği en fazla uzama değeri %1 'den yüksek olmasıdır. Bitümlü örtünün maruz kaldığı çekme gerilme değerlerinin belirlenmesi için kabul edilen yaklaşık bir hesap yöntemi bilinmemektedir. Bu nedenle, örtüler için standartlarda belirtilen çekme gerilme değerleri ele alınmaktadır. Belirli çekme gerilmelerinin etkisi altında bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimi ve şekil değiştirmiş örtünün, basınçlı su etkisi altında, su geçirimsizlik performansının belirlenmesi gerekmektedir.

6.2.2.4. Taban Betonunda Meydana Gelen Çatlaklar

Taban betonunda, çatlak oluşumuna neden olan iki etmen vardır. Bunlardan biri, içerisinde çözünebilir sülfatlar bulunan yeraltı suyunun taban betonu bünyesine nüfuz etmesiyle oluşan etrenjitin, kristalizasyon basınçları sonucunda taban betonunda meydana gelen genleşmedir. Diğer etmen ise, her bir kolon etki alanlarında, birbirinden farklı değerde olan temel plağından gelen basınç gerilmelerinin donatısız taban betonunda yaptığı farklı oturmalarıdır. Her iki durum sonucunda, taban betonunda çatlaklar meydana gelmektedir. Çatlaklar, taban betonu yüzeyinde yer alan bitümlü örtüde, 'sıfırdan uzama' adı verilen şekil değişimine yol açmaktadır. Bu nedenle, basınç gerilmeleri etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtüde, çatlaklar nedeniyle oluşan şekil değişiminin ve şekil değiştirmiş örtünün, basınçlı su etkisi altında, su geçirimsizlik performansının belirlenmesi gerekmektedir.

6.2.3. Bitümlü Örtünün Performans Seviyeleri

Bitümlü örtünün performans seviyelerinin belirlenmesinde, bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimlerin değerleri ile örtüye etki eden basınçlı su değerleri bir araya getirilmektedir, Tablo 6.2.

Bitümlü örtü, betonarme perde duvarına uygulandığında, 0.01 N/mm^2 zemin yanal basıncının etkisi altında şekil değiştirmektedir. Şekil değiştirmiş bitümlü örtü, aynı zamanda, 0.02 MPa su basıncının da etkisi altındadır. Böylece, bitümlü örtünün, gerçek hizmet şartlarındaki durumundan biri; diğer bir anlatımla, performans seviyelerinden biri belirlenmiş olmaktadır. Tablo 6.2’de, bitümlü örtünün performans seviyesi, no. 1.1. olarak kodlanmaktadır.

Bitümlü örtünün, su geçirimsizlik performansının belirlenmesi için geliştirilen yöntemin ikinci aşamasını, örtünün su geçirimsizlik performansının fiziksel olarak belirlenmesi; diğer bir tanımlamayla, ölçülmesi oluşturmaktadır. Bu nedenle, bir deney yönteminin geliştirilmesi gereği ortaya çıkmıştır.

6.3. Deney Yöntemi

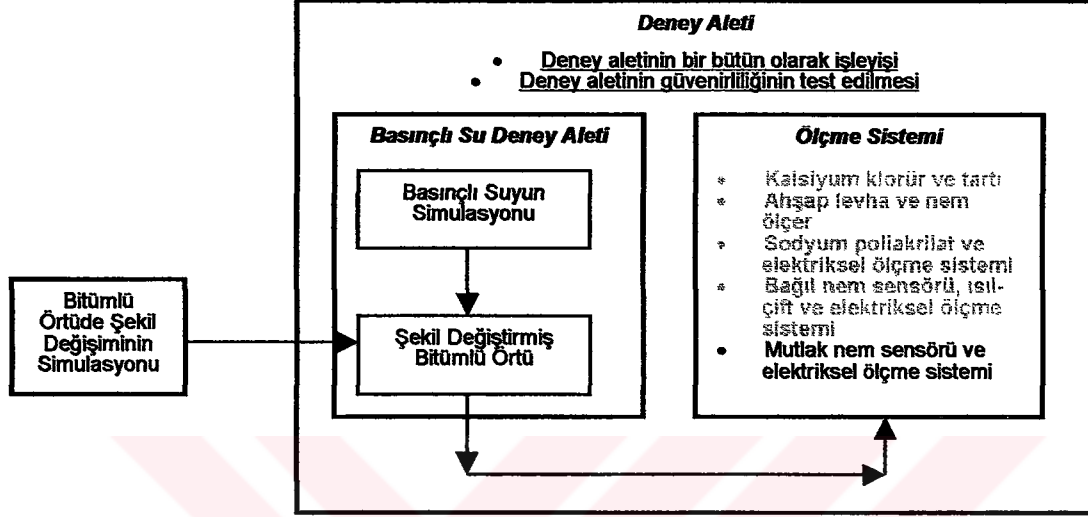
Deney yöntemleri ile elde edilen sonuçlarının geçerli olabilmesi için söz konusu yöntemlerin sahip olması gereken bir takım kriterler vardır; bunlar, aşağıda açıklanmaktadır.

- Deney yöntemi, gerçek kullanımdaki tipik fiziksel koşulları mümkün olduğunca simule etmelidir.
- Deney sonuçları, nicel olarak elde edilmelidir.
- Deney aleti ve yöntemi, ekonomik olmalıdır. Deney aletinin ve numunelerin büyüklüğü kullanılabilir boyutlarda olmalı, numunelerin sayısı fazla ve deney süresi uzun olmamalıdır.
- Deney sonuçları, sonuçlardan faydalananak kişiler tarafından anlaşılabilir bir şekilde düzenlenebilir olmalıdır, [89].

Tablo 6.2 Bitümlü Örtünün Performans Seviyeleri

Performans Seviyesi, No.	Bitümlü Örtüye Etki Eden Çevresel Etmen	Şekil Değişimi			Basing, MPa	
		Basing Gerilmesi, N/mm ²	Çekme Gerilmesi, N/50 mm.	Çatlak Boyutu, mm.	Hava	Su
Duvarda Yer Alan Örtü	Zemin yanal basıncı	0.01, (0)				0.02
		0.02, (0)				0.05
		0.03, (0)				0.10
		0.1				0.25
Döşemede Yer Alan Örtü	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basıncı gerilmeleri	0.1				0.02
		0.2				0.05
		0.3				0.10
		0.5				0.25
		0.8				0.25
	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basıncı gerilmeleri ve hava basıncı	0.1			0.02	0.02
		0.2			0.05	0.05
		0.3			0.10	0.10
		0.5			0.25	0.25
		0.8			0.25	0.25
	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basıncı gerilmeleri ve temel plağındaki eğilme momentinin oluşturduğu çekme gerilmeleri	0.1	100,200...n			0.02
		0.2	100,200...n			0.05
		0.3	100,200...n			0.10
		0.5	100,200...n			0.25
	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basıncı gerilmeleri ve taban betonunda meydana gelen çatlaklar	0.1		2		0.02
		0.2		2		0.05
		0.3		2		0.10
		0.5		2		0.25

Yukanda açıklanan kriterler dikkate alınarak, dıştan ve içten uygulamada yer alan şekil değiştirmiş bitümlü örtülerin, basınçlı su etkisi altında; diğer bir anlatımla, bitümlü örtülerin performans seviyelerinde, su geçirimsizlik performansını fiziksel olarak ölçmek için bir deney yöntemi geliştirilmiştir. Deney yöntemini gösteren model Şekil 6.6'da verilmekte ve açıklanmaktadır.



Şekil 6.6 Deney Yöntemini Gösteren Model

- Deney yönteminde, bitümlü örtüye etki eden çevresel etmenlerden dolayı örtüde meydana gelen şekil değişimi simule edilmektedir.
- Şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyi, mevcut deney yöntemlerinde verilen süreden daha uzun sürede, belirli bir basınç altında suya maruz bırakılmakta; diğer bir anlatımla, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyinde, belirli bir süre, basınçlı suyun etkisi simule edilmektedir.
- Bir yüzeyi, belirli bir süre, belirli bir basınç altında suya maruz olan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün, belirlenen süre içinde ve sonunda, diğer yüzeyinden geçebilecek buhar formdaki suyun miktarı ölçülmektedir.

6.3.1. Bitümlü Örtülerde Şekil Değişiminin Simulasyonları

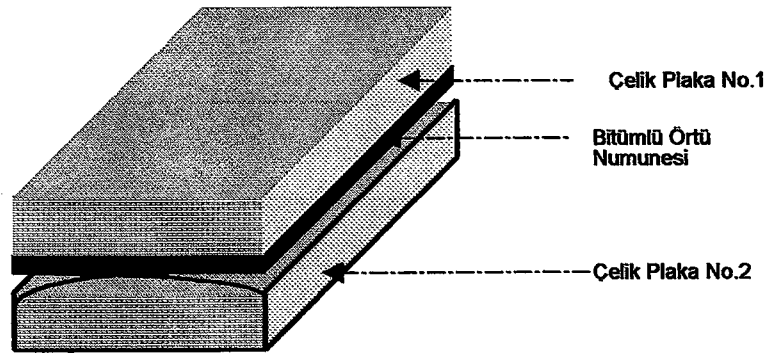
Deney yönteminde, ilk olarak, bitümlü örtü numunesinde, örtünün performans seviyelerinde verilen şekil değişimleri simule edilmektedir. Bu amaçla, 5 adet simulasyon tipi (S) belirlenmektedir. Bunlar, Tablo 6.3'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

Tablo 6.3 Bitümlü Örtüye Uygulanan Simulasyon Tipleri

Simulasyon Tip No.	Bitümlü Örtüye Etki Eden Çevresel Etkiler	Numunenin Kulodan Alınış Doğrultusu	Şekil Değişimi		Hava Basıncı, MPa
			Basınç Gerilimesi, N/mm ²	Çekme Gerilimesi, N/60 mm.	
1	Zemin yanal basıncı	Enine	0.01, (0)		
		Boyuna	0.01, (0)		
		Enine	0.02, (0)		
		Boyuna	0.02, (0)		
		Enine	0.03, (0)		
		Boyuna	0.03, (0)		
		Enine	0.1		
2	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri	Boyuna	0.1		
		Enine	0.1		
		Boyuna	0.1		
		Enine	0.2		
		Boyuna	0.2		
		Enine	0.3		
		Boyuna	0.3		
3	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve hava basıncı	Enine	0.5		0.02
		Boyuna	0.5		0.02
		Enine	0.1		0.05
		Boyuna	0.1		0.05
		Enine	0.2		0.05
		Boyuna	0.2		0.10
		Enine	0.3		0.10
4	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve temel plağındaki eğilme momentinin oluşturduğu çekme gerilmeleri	Enine	0.5		0.25
		Boyuna	0.5		0.25
		Enine	0.8		0.25
		Boyuna	0.8		0.25
		Enine	0.1	100.200...n	
		Boyuna	0.1	100.200...n	
		Enine	0.2	100.200...n	
5	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve taban betonunda meydana gelen çatıklar	Enine	0.3		
		Boyuna	0.3		
		Enine	0.5		
		Boyuna	0.5		
		Enine	0.1	100.200...n	2
		Boyuna	0.1	100.200...n	2
		Enine	0.2	100.200...n	2
5	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve taban betonunda meydana gelen çatıklar	Enine	0.3		
		Boyuna	0.3		
		Enine	0.5		
		Boyuna	0.5		
		Enine	0.1	100.200...n	2
		Boyuna	0.1	100.200...n	2
		Enine	0.2	100.200...n	2

S No.1. : Dıştan ve içten uygulamada, duvara uygulanan bitümlü örtünün bir yüzeyi, belirli bir derinlikte, eşdeğer olmayan zemin yanal basıncının etkisi altında şekil değiştirmektedir. 2.00, 5.00, 10.00 ve 25.00 m. derinliklerde, bodrum duvarında yer alan bitümlü örtüye etki eden zemin yanal basınç değerleri, sırasıyla, 0.01, 0.02 , 0.03 ve 0.07 (0.1) N/mm² olarak hesaplanmıştır.

Simulasyonda, ilk olarak, eni doğrultusunda rulodan, 200×400 mm. boyutlarında bitümlü örtü numunesi alınmaktadır. Çelik plaka no. 2'in üzerine örtü numunesi, numune üzerine de çelik plaka no. 1 yerleştirilmektedir. Arasında örtü bulunan çelik plakalar, universal basınç deney aletine yerleştirilmektedir, Şekil 6.7. Çelik plaka no. 2'nin üstünde yer alan örtünün, çelik plakanın ortasındaki bombe ile temas eden, 10×400 mm.lik şerit halindeki alanında, 0.1 N/mm² lik basınç gerilmesinin oluşturulması için, basınç aletinde, çelik plaka no. 1'nin üzerine 400 N basınç kuvveti uygulanmaktadır. Basınç kuvvetinin, örtüdeki tesir alanı, bitümün, bombe ile temas eden, 10×400 mm.lik şerit halindeki alanıdır. Bitüm, yüzeyine dik gelen basınç kuvveti etkisi altında, kuvvetin fazla olduğu, bombe ile temas eden 10×400 mm.lik şerit halindeki alandan, kuvvetin az olduğu, yan bölgelere doğru akmaktadır. Böylece, bitümün, belirli bir derinlikte, bu derinlikte, eşdeğer olmayan zemin yanal basınç etkisi altında şekil değişimi simule edilmektedir, (S. No. 1.4.E.). Simulasyon, boyuna doğrultuda rulodan, 200×400 mm. boyutlarında alınan bitümlü örtü numunesi üzerinde de tekrarlanmaktadır, (S. No. 1.4.B.).



Şekil 6.7 Çelik Plaka No. 1, 2 Ve Bitümlü Örtü Numunesinden Oluşan Düzenek

S No. 2. : Bu simulasyonda, bitümlü örtüde, bina yükü nedeniyle temel plağı tabanında oluşan basınç gerilmelerinin neden olduğu şekil değişimi simule edilmektedir. Dıştan ve içten uygulamada, temel plağı ile taban betonu arasında yer alan bitümlü örtüye, temel plağından gelen basınç gerilmeleri, her bir kolon etki alanında, birbirinden farklı değerde olmaktadır. Bitüm, yüzeyine dik gelen yüklerin etkisi altında, yükün fazla olduğu bölgeden yükün az olduğu bölgeye doğru

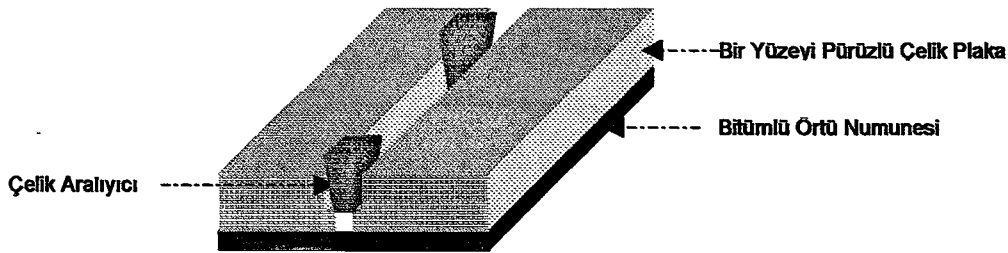
akmaktadır. Her bir kolon etki alanı için elde edilen basınç gerilme değerlerinin, zemin emniyet gerilmesine en fazla eşit veya daha az olması gereğine göre, bitümlü örtüye etki eden basınç gerilmesi değerinin, zemin emniyet gerilmesi değerine eşit olarak alınabileceği kabul edilmektedir. Bu simulasyonda, S No. 1.'deki simulasyon yöntemi uygulanmaktadır.

S No. 3. : Bu simulasyonda, bina yükü nedeniyle temel plağı tabanında oluşan basınç gerilmeleri ile şekil değiştirmiş bitümlü örtüde, hava basıncının neden olduğu değişim simule edilmektedir. Temel plağı altında yer alan hava yastıklarındaki havanın, basınç gerilmeleri etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtüde meydana getirdiği değişimin simulasyonu için, S No. 2.'de yer alan tüm bitümlü örtü numunelerinin bir yüzeyi, deney aletinde, belirli basınç etkisinde suya maruz bırakılmadan evvel, belirli basınç altında havaya maruz bırakılmaktadır. Örneğin, S No. 3.4.E.'de, 0.5 N/mm^2 basınç gerilmesi altında şekil değiştirmiş enine doğrultudaki bitümlü örtü numunesinin bir yüzeyi, basınçlı su deney aletinde, önce, 48 saat süreyle, 0.25 MPa hava basıncına, daha sonra, 0.25 MPa basınç altında suya maruz bırakılmakta; S No. 3.4.B.'de ise boyuna doğrultuda bitümlü örtü numunesi kullanılmaktadır.

S No. 4. : Bu simulasyonda, basınç gerilmeleri etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtüde, temel plağındaki eğilme momentinin oluşturduğu çekme gerilmeleri simule edilmektedir. Bu simulasyonda, ilk olarak, S No. 2.'deki simulasyon yöntemi uygulanmakta ve bitümlü örtünün, basınç gerilmeleri altındaki şekil değişimi simule edilmektedir. Daha sonra, bitümlü örtü numunesi, çelik plaka No. 2'nin ortasındaki bombe ile temas eden, $10 \times 400 \text{ mm}$.lik şerit halindeki alanını ortalayacak şekilde, $50 \times 400 \text{ mm}$.lik boyutlarda kesilmektedir. Numunenin 400 mm .lik boyu, universal çekme deney aletinin kısıkaçları arasına, kısıkaçlar arasında 200 mm . mesafe kalacak şekilde yerleştirilmektedir, [90]. Numune, 40 mm ./dakika'lık bir hızla, 100 N kuvvetinde çekilmekte ve kısıkaçlar arasından çıkarılmaktadır. Örneğin, S No. 4.4.E.'de, 0.5 N/mm^2 basınç gerilmesi altında şekil değiştirmiş, $200 \times 400 \text{ mm}$. boyutlarındaki enine doğrultudaki bitümlü örtü numunesi, boyutları, $50 \times 400 \text{ mm}$. olacak şekilde kesilmekte ve universal çekme deney aletinde, 40 mm ./dakika'lık bir hızla, 100 N kuvvetinde çekilmektedir. 0.5 N/mm^2 basınç gerilmesi altında şekil değiştirmiş, $200 \times 400 \text{ mm}$. boyutlarındaki enine doğrultudaki yeni bitümlü örtü numunesi, boyutları, $50 \times 400 \text{ mm}$. olacak şekilde kesilmekte ve universal çekme deney aletinde, 40 mm ./dakika'lık bir hızla, 200 N kuvvetinde çekilmektedir. Yeni numunelerde uygulanan çekme gerilmeleri, 100 'er N aralıklarla arttırılmakta ve en

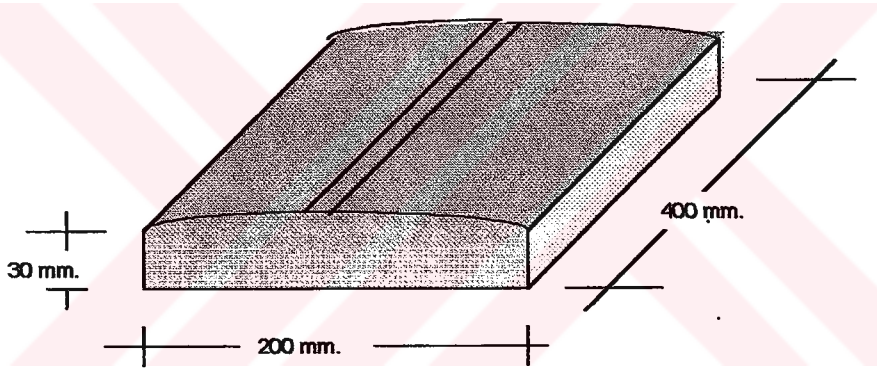
son n gerilme değeri, bitümlü örtünün standartlarda verilen en yüksek çekme dayanımı olmaktadır.

S No. 5. : Bu simülasyonda, basınç gerilmeleri etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtüde, taban betonunda meydana gelen çatlak oluşumu simule edilmektedir. Bu simülasyonda, ilk olarak, S No. 2.'deki simülasyon yöntemi uygulanmakta ve bitümlü örtünün, basınç gerilmeleri altındaki şekil değişimi simule edilmektedir. Daha sonra, hazır beton bloğun, bitümlü örtü uygulanacak düz yüzeyi üretici firmanın talimatına bağlı olarak bitüm emülsiyonu ile astarlanmakta ve astar kurumaya bırakılmaktadır. Astar tabaka kuruduktan sonra bloğun geri kalan tüm yüzeylerine sıvı kauçuk malzeme sürülmektedir. Bitümlü örtü numunesi, 200×400 mm. boyutlarında kesilmekte ve numune, şalümo tekniği uygulanarak beton bloğun astarlı yüzeyine yapıştırılmaktadır. Numunenin uygulandığı yüzey aşağıya gelecek şekilde beton blok, iki ahşap çita üzerine yerleştirilmektedir. Daha sonra, iki adet çelik aralayıcı, 3 mm. kalınlıktaki kenarları, bloğun yüksekliği 4 mm. olan boşluğunun iki ucuna gelecek şekilde yerleştirilmektedir. Bir çekiç ile çelik aralayıcılara hafifçe vurulmakta; çelik aralayıcıların 6 mm. kalınlıkları, boşluğun içine iyice girmekte; böylece, taban betonunda meydana gelebilecek 2 mm. eninde çatlak oluşumunun örtü numunesinin yüzeyinde neden olduğu 'sıfırdan uzama' adı verilen şekil değişimi simule edilmektedir. Ancak, yapılan deneyler sırasında, hazır beton bloğun çatladığı tespit edilmiştir. Sızdırmazlığın sağlanması için çatlak yerlerine vazelin sürülmüştür. Hazır beton bloğun kullanımı, gerçek hizmet şartlarında, bitümlü örtüde oluşabilecek 'sıfırdan uzama' adı verilen şekil değişiminin simule edilmesi açısından doğru olmakla beraber, deneylerde, hazır beton bloğun yerine, alternatif olarak, bir yüzeyi pürüzlü, çelik plaka kullanılması gerekli olmaktadır, Şekil 6.8.

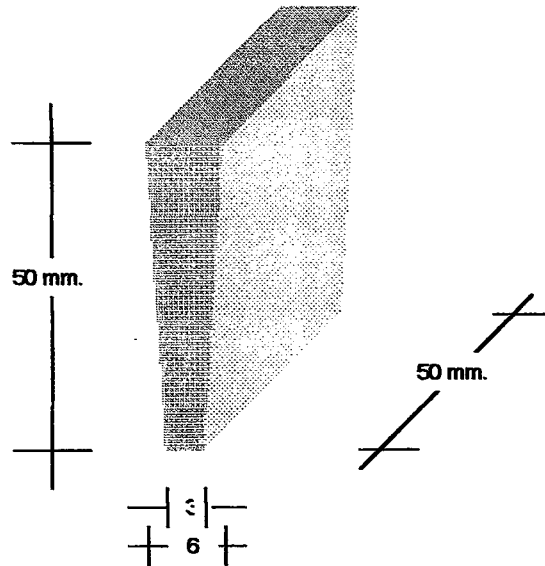


Şekil 6.8 Bitümlü Örtüde Sıfırdan Uzamanın Simülasyonu

Simulasyonlarda, bitümlü örtülere etki eden çevresel etmenler nedeniyle örtüde meydana gelebilecek şekil değişiminin simule edilmesi için, çelik plakalar ile birlikte, Prüf Und Mess – MFL Systeme marka universal basınç deney aleti ve universal çekme deney aleti kullanılmaktadır. Çelik plaka no. 1, düz bir plakadır; eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 200, 400 ve 30 mm.dir. Çelik plaka no. 2'nin boyutları, çelik plaka no. 1 ile aynı olmakla beraber, bir yüzeyi düz, diğer yüzeyi ise bombelidir. Bombe, çelik plaka yüzeyinin ortasında yer almaktadır; eni 10 mm. ve boyu 400 mm.dir, Şekil 6.9. Bitümlü örtü numunelerinde, çatlak oluşumunu simule etmek için, iki adet çelik aralayıcı kullanılmaktadır. Bir çelik aralayıcının boyutları, Şekil 6.10'da gösterilmektedir. Basınç gerilmeleri etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtüde, 'sıfırdan uzama' adı verilen şekil değişimini simule etmek için kullanılması önerilen diğer araç, bir yüzeyi pürüzlü çelik plakadır, Şekil 6.8.



Şekil 6.9 Çelik Plaka No.2



Şekil 6.10 Çelik Aralayıcı

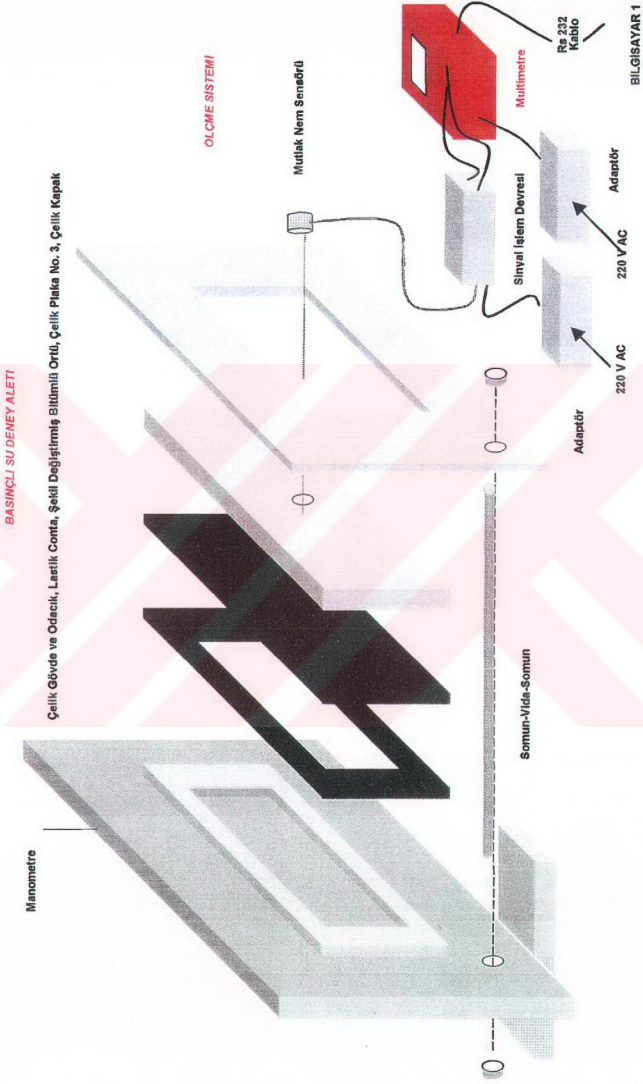
6.3.2. Deney Aleti

Söz konusu deney yönteminin uygulanması için geliştirilmiş olan deney aleti, basınçlı su deney aleti ve ölçme sistemi olmak üzere iki kısımdan meydana gelmektedir. Deney aleti, Şekil 6.11 ve Şekil 6.12’de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

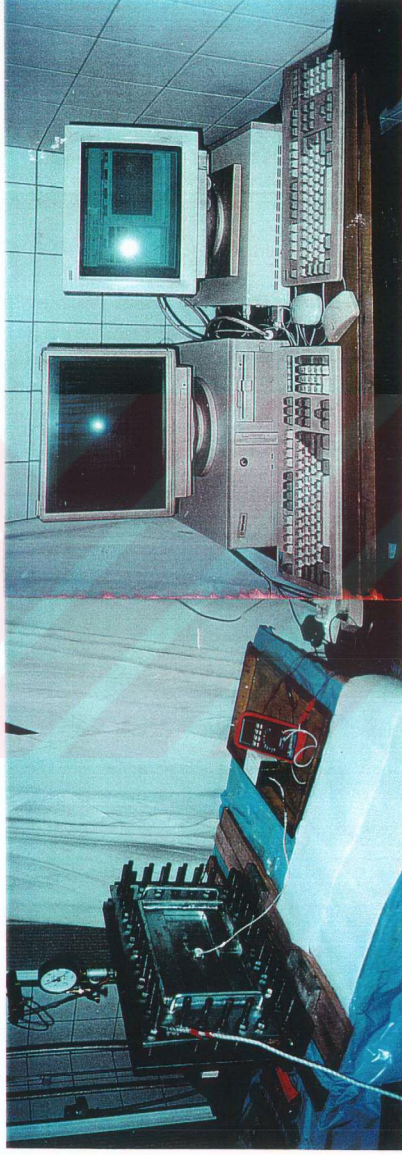
- Şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyinde basınçlı su etkisini simule edilmesi için basınçlı su deney aleti geliştirilmiştir. Bölüm 5.’de ele alınan mevcut deney aletlerinin çoğunda şekil değiştirmemiş bitümlü örtünün bir yüzeyinde basınçlı su etkisi simule edilmektedir. Mevcut deney aletleri içerisinde, sadece, ‘ASTM D 5385: Hydrostatic Pressure Resistance of Waterproofing Membranes’ adlı standartta önerilen deney aletinin, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyinde basınçlı su etkisinin simule edilmesi ve örtünün diğer yüzeyinden geçebilecek buhar formda suyun miktarının ölçülmesine uygun olarak iyileştirilmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, önerilen deney aleti, yöntemine uygun olarak, basınçlı su deney aleti olarak iyileştirilmiştir.
- Bir yüzeyi, belirli bir süre, belirli bir basınç altında suya maruz kalan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden, belirli bir süre sonra geçebilecek buhar formda suyun miktarını ölçen bir sistem; diğer bir anlatımla, bir ölçme sistemi geliştirilmiştir.
- Ölçme sistemi, basınçlı su deney aletine entegre edilerek deney aleti oluşturulmuştur.

6.3.2.1. Basınçlı Su Deney Aleti

Basınçlı su deney aleti, bitümlü örtünün bir yüzeyini, belirli bir süre, basınç altında suya maruz bırakmak; diğer bir anlatımla, bitümlü örtünün bir yüzeyinde basınçlı suyun etkisini simule etmek için kullanılmaktadır. ASTM D 5385’de önerilen deney aletini meydana getiren elemanların boyutları, şekil değiştirmemiş bitümlü örtülerin, deney düzeneğinde yer alması için uygun olmakla beraber, şekil değiştirmiş bitümlü örtüler için uygun olmamaktadır. Bu nedenle, önerilen deney aletini meydana getiren elemanların boyutları, şekil değiştirmiş bitümlü örtülere uygun olarak değiştirilmiştir.



Şekil 6.11 Basınçlı Su Deney Aleti Ve Ölçme Sisteminden Oluşan Deney Aleti



Şekil 6.12 Deney Aleti

Basıncılı su deney aletini gösteren model, Şekil 6.13'de verilmektedir. Basıncılı su deney aleti, çelik gövde ile odacık, lastik conta, çelik plaka no. 3, çelik kapak, 64 adet somun ile sıkılan 32 adet vida ve çelik gövdeye takılan manometre ile musluktan meydana gelmektedir. Basıncılı su deney aletinde yer alan çelik gövde ile odacığın görevi, basıncılı suyun yer alacağı ortamı oluşturmaktır. Çelik gövdenin eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 30, 600 ve 400 mm.dir. Çelik gövdede, gövdenin dış kenarlarından 50 mm. içeride, 16 mm. çapında, toplam 32 adet delik bulunmaktadır.

Çelik gövdenin altında, dış köşelerden 40 mm. içeride, iki adet çelik ayak yer almakta ve çelik gövdeyi taşımaktadır. Ayakların eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 140, 280 ve 25 mm.dir. Çelik gövdenin ön kısmında, gövdenin dış kenarlarından 100 mm. içeride, eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 26, 400 ve 200 mm. olan bir odacık yer almaktadır. Odacık, 13 mm. kalınlığındaki çelik L profillerin, bir ucunun çelik gövdeye kaynaklanmasıyla meydana gelmekte; bu nedenle, odacığın ön yüzeyi açık kalmaktadır. Bu açıklığın boyu 320 mm. ve yüksekliği 120 mm.dir. Çelik gövdenin üst yüzeyinin ortasında, 10 mm. çapında bir delik yer almaktadır. Bu delik, aynı çapta bir boşluk ile odaya açılmaktadır. Çelik gövdenin üst yüzeyindeki bu deliğe, bir adet $\frac{1}{2}$ " nipel ve $\frac{1}{2}$ " T elemanı bağlıdır. T elemanının bir ucuna bir adet $\frac{1}{2}$ " musluk ve diğer ucuna, en fazla 0.25 MPa su basıncını ölçebilen bir adet manometre bağlıdır. Çelik gövdenin arkasında, 10 mm. çapında bir delik bulunmakta; bu delik, aynı çapta bir boşluk ile odaya açılmaktadır. Çelik gövdenin arkasında yer alan deliğe, bir adet $\frac{1}{2}$ " nipel ve $\frac{1}{2}$ " T elemanı bağlıdır. T elemanının iki ucunda, birer adet $\frac{1}{2}$ " çek valf yer almaktadır. Her bir çek valf, birer kelepçe ile birer hortuma bağlıdır. Hortumlardan biri hava kompresörüne; diğeri ise, soğuk su ve hidrofordan gelen sıcak su sistemine bağlı bir armatüre bağlı bulunmaktadır, (detaylar için bakınız: Şekil B.1 ve Şekil B.2).

Basıncılı su deney aleti düzeneğinde, lastik conta, çelik gövdedeki odanın ön yüzeyi ile bitümlü örtünün bir yüzeyi arasında yer almaktadır, Şekil 6.11. Lastik conta, odacıktaki basıncılı suyun, odacığın yüzeyi ile bitümlü örtü yüzeyi arasından dış ortama doğru sızmasını önlemektedir. Lastik contanın eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 2, 400 ve 200 mm.dir. Lastik contanın ortasında, boyu 320 mm. ve yüksekliği 120 mm. olan bir boşluk bulunmaktadır.

Basıncılı su deney aletinin bir elemanı olan çelik plaka no. 3, deney düzeneğinde, bitümlü örtünün lastik conta ile temas etmeyen diğer yüzeyinin önünde yer almaktadır, Şekil 6.11. Çelik plaka no. 3.'ün iki görevi bulunmaktadır. Bunlardan biri,

bir yüzeyi belirli bir basınç altında suya maruz kalan bitümlü örtünün diğer yüzeyinde bir altlık oluşturmaktır. ASTM D 5385'de önerilen deney aletinde, bitümlü örtü için altlık olarak, 28 günlük küp basınç dayanımı 16 N/mm^2 olan hazır beton blok kullanılmaktadır. Basıncı su deney aleti ile yapılan pilot deneylerde, 28 günlük küp basınç dayanımı 20 N/mm^2 olan hazır beton blok kullanılmış; ancak, deney sırasında, hazır beton bloğunun çatladığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, basınçlı su deney aletinde, hazır beton bloğun yerini, basınç mukavemeti daha yüksek olan çelik plaka almıştır. Çelik plakanın diğer görevi ise, çelik plakanın içinde, bir yüzeyi belirli bir basınç altında suya maruz kalan bitümlü örtünün, belirlenen süre içinde ve sonunda, diğer yüzeyinden geçebilecek buhar formda suyun toplanabileceği; bu nedenle, geçebilecek buhar formda su miktarının ölçülebileceği, dış ortam havasından izole edilmiş bir boşluk hacmi oluşturmaktır. Çelik plakanın eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 30, 400 ve 200 mm.dir. Çelik plakanın içinde T şeklinde bir boşluk hacmi bulunmaktadır. Boşluk hacmi, çelik plakanın arka yüzünde dikdörtgen şeklinde bir delik ile dışa açılmaktadır; 400 mm. boyundaki çelik plakanın arka yüzündeki deliğin boyu 300 mm. ve yüksekliği 10 mm.dir, (detaylar için bakınız: Şekil B.3 ve Şekil B.4). Çelik plakanın ön yüzünde, T şeklindeki boşluk hacmine açılan, 26 mm. çapında yuvarlak bir delik bulunmaktadır, Şekil 6.11, (detaylar için bakınız: Şekil B.4 ve Şekil B.5).

Basıncı su deney aletinin diğer bir elemanı olan çelik kapak, deney düzeneğinde, çelik plaka no. 3'ün ön yüzeyinde yer almaktadır, Şekil 6.11. Çelik kapağın, eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 13, 560 ve 360 mm.dir. Çelik kapağın dış kenarlarından 30 mm. içeride, 16 mm. çapında, toplam 32 adet delik bulunmaktadır. Çelik kapağın dış kenarlarından 120 mm. içeride, 320 mm. boyunda ve 120 mm. yüksekliğinde bir boşluk yer almaktadır. Çelik kapağı, çelik gövdeye doğru sıkıştırmak için, 200 mm. uzunluğunda, 32 adet vida, 64 adet somun ve 64 adet pul kullanılmaktadır, (detaylar için bakınız: Şekil B.6 ve Şekil B.7).

Yukarıda açıklanan basınçlı su deney aleti düzeneği, S No. 1, 2, 3 ve 5'de şekil değiştirmiş bitümlü örtü numunelerinin kullanıldığı durumda oluşturulmakta; S No. 4'de şekil değiştirmiş bitümlü örtü numunelerinin kullanıldığı durumda ise lastik conta ile bitümlü örtü arasına ayrıca çelik plaka no. 4 yerleştirilmektedir, Şekil B.13. Şekil B.8'de verilen çelik plaka no. 4'ün boyutları, çelik plaka no. 3 ile aynı olmakla beraber; çelik plakanın ortasında, 300 mm. boyunda, 30 mm. eninde ve 10 mm. yüksekliğinde bir delik bulunmaktadır.

6.3.2.2. Ölçme Sistemi

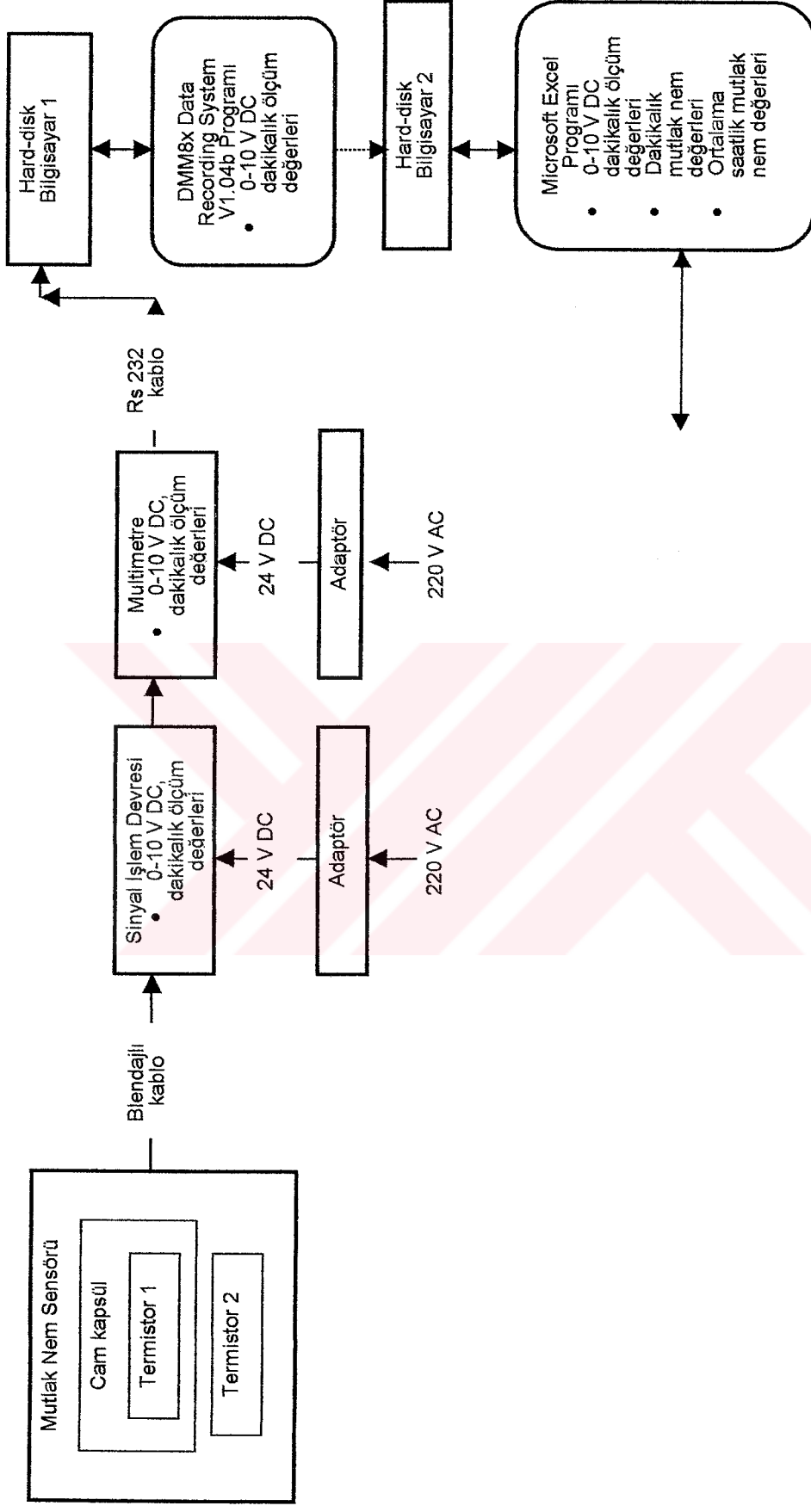
Ölçme sistemi, bir yüzeyi belirli bir basınç altında suya maruz kalan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün, belirlenen süre içinde veya sonunda, diğer yüzeyinden geçebilecek buhar formda suyun miktarını ölçmek için geliştirilmiş bir sistemdir.

Ölçme sistemindeki prensip; sistemin, boşluk havasındaki buhar veya sıvı formda su nedeniyle bir fiziksel özelliğinde, kısa sürede, değişim gösteren bir malzemeden; diğer bir tanımlamayla, bir sensörden ve malzemenin fiziksel özelliğindeki değişimi, kısa sürede ölçen ve gram cinsinden su miktarı veya buna çevrilebilen bir değer veren ve belirli bir süre boyunca değerleri kaydedebilen bir sistemden meydana gelmesidir. Ölçme sisteminde aranan özellikler, kısa yanıt süresi, yüksek doğruluk ve kolay kullanımdır. Ölçme sistemini geliştirme aşamalarında kullanılan aletler, Ek C'de detaylı olarak, aşağıda adlarıyla ve sırasıyla verilmektedir.

- Kalsiyum klorür (CaCl_2) ve tartı, Şekil C.1.
- Ahşap levha ve nem ölçer, Şekil C.2.
- Sodyum poliakrilat ve elektriksel ölçme sistemi, Şekil C.3.
- Bağıl nem sensörü, ısı-çift ve elektriksel ölçme sistemi, Şekil C.4.

Yukarıda adları verilen ölçme sistemlerinin, Ek C'de açıklanan nedenler ile, bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında olan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden geçebilecek buhar formda suyun gram cinsinden miktarının ölçülmesinde yetersiz kaldıkları belirlenmiş; bu nedenle, mutlak nem sensörü ve elektriksel ölçme sisteminden meydana gelen yeni bir ölçme sistemi geliştirilmiştir.

Mutlak nem sensörü ve elektriksel ölçme sistemi gösteren model Şekil 6.14'de verilmektedir, (ayrıca bakınız: Şekil 6.11 ve Şekil 6.12). Ölçme sistemi, basınçlı su deney aletinde yer almakta olan çelik plaka no. 3'ün içerisindeki boşlukta toplanacak buhar formda suyun gram cinsinden miktarının ölçülebilmesi için geliştirilmiştir. Mutlak nem sensörü, sıvı su ile temas ettiği durumlarda bile tekrar hassas ölçüm yapabilmektedir. Mutlak nem sensörü, iki adet ısıldirençten (termistor) meydana gelmektedir; ısıldirençlerden biri, kuru nitrojen dolu, hava geçirimsiz bir cam kapsülün içinde yer almakta, diğeri ise dış ortama açık bulunmaktadır. Isıldirençlere gerilim uygulandığında, ısı iletkenliğindeki farklar nedeniyle, cam kapsül içinde yer alan ısıldirençteki ısı dağılımı, dış ortama açık ısıldirençtekine nazaran daha büyük olmaktadır. Isıldirençler arasındaki direnç farkları, mutlak nem değeri ile direkt olarak orantılıdır. Her iki termistor, alüminyum bir prob içinde yer almakta ve prob, bir yüzeye kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Prob, blendajlı bir kablo ile sinyal işlem



Şekil 6.14 Mutlak Nem Sensörü Ve Elektriksel Ölçme Sistemini Gösteren Model

devresine bağlıdır. Sinyal işlem devresine, şehir şebekesinden gelen 220 V AC gerilimi 24 V DC çeviren bir adaptör ve multimetrenin test uçları bağlıdır. Multimetrenin arkasındaki optik okuyucudan çıkan Rs 232 kablo bağlantısı, bilgisayarın COM 1 girişine bağlıdır. Sinyal işlem devresi, ısıldirençler arasındaki direnç farklarını, 0-10 V DC arasında değişen değerler olarak vermektedir. Sinyal işlem devresinden gelen 0-10 V DC arasındaki değerler, multimetre ile okunmakta ve bir bilgisayar programı aracılığı ile bilgisayarın hard-diskine kaydedilmektedir. Multimetre ile birlikte verilen DMM8x Rs232 Data Recording System V1.04b programı, V DC cinsinden ölçüm değerlerini düzenli bir biçimde bilgisayara kaydetmek için kullanılmaktadır. Deney süresi boyunca, dakikada bir yapılan ölçümler, bu program ile hard-diske ham veri olarak kaydedilmektedir. Ham veriler, belirli zaman aralıklarında, hard-diskten kopyalanarak yüksek kapasiteli başka bir bilgisayarın hard-diskine aktarılmaktadır. 0-10 V DC arasındaki ham veriler (x , V DC), mutlak nem değerlerine (y , gr/m³), mutlak nem sensörü ile gelen bir formül ile çevrilmektedir; bu formül, aşağıda verilmektedir.

$$y = 0.1931x^3 - 1.8886x^2 + 12.281x - 1.0894 \quad (6.1.)$$

Ham veriler, Microsoft Excel 97 programı ile, yukarıdaki formül kullanılarak, dakikalık mutlak nem değerlerinde düzenlenmektedir. Daha sonra, aynı program ile, ortalama saatlik mutlak nem değerleri hesaplanmaktadır, Tablo 6.4. Ortalama saatlik mutlak nem değerleri (g/m³) ve zaman (saat), grafik şeklinde ifade edilmektedir. Böylece, bir yüzeyi belirli bir basınç altında suya maruz kalan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün, belirli bir süre sonra, diğer yüzeyinden, çelik plaka no.3 içindeki 1 m³ boşluk hacmi havasına geçebilen buhar formda suyun gram cinsinden miktarı ölçülebilmekte ve bir grafikte, zamana bağlı olarak ifade edilebilmektedir.

6.3.2.3. Deney Aletinin Güvenirliliğinin Test Edilmesi

Basınçlı su deney aleti ve ölçme sisteminden oluşan deney aletinde, deney yapılırken, çelik gövdedeki oda ile temas eden yüzeyinde, basınçlı su etkisi simüle edilmiş olan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün, diğer yüzeyinde yer alan çelik plaka no. 3'ün bünyesinde bulunan boşluk hacmi havasına, sadece, bitümlü örtünün bünyesinden geçebilen buhar formdaki suyun girişini sağlanmalıdır. Boşluk hacmi havasına, deney aletinin yer aldığı ortam havasındaki su buharının girişi veya boşluk hacmi havasındaki su buharının, ortam havasına geçişi engellenmelidir.

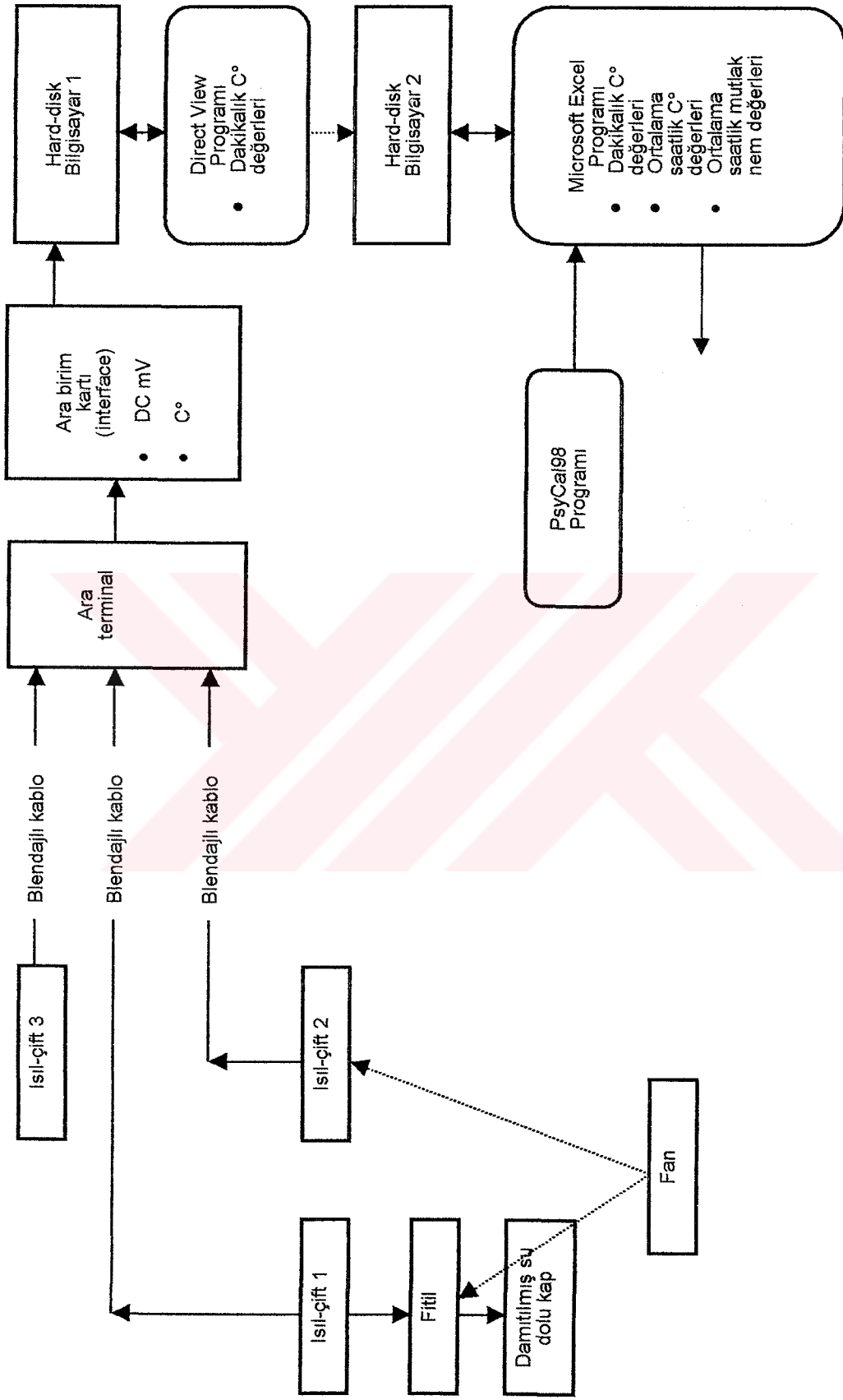
Tablo 6.4 Mutlak Nem Sensörü İle Ölçülen Sinyal İşlem Devresi Ve Multimetre İle Okunan 0-10 V DC Ham Ölçüm Değerlerinin Microsoft Excel 97 Programı İle Düzenlenmesi Ve Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değerlerinin (g/m^3) Hesaplanması

Zaman, dakika	Ham Ölçüm Değerleri, V DC		Formül	Tarih	Zaman, saat	Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değeri, g/m^3
16:00'10"	1.065	1,065	10,08	09.Eki	16:00	10,12
16:01'11"	1.065	1,065	10,08		17:00	10,16
16:02'11"	1.066	1,066	10,09		18:00	10,20
16:03'12"	1.066	1,066	10,09		19:00	10,22
16:04'13"	1.066	1,066	10,09		20:00	10,25
16:05'14"	1.066	1,066	10,09		21:00	10,27
16:06'15"	1.067	1,067	10,10		22:00	10,28
16:07'16"	1.067	1,067	10,10		23:00	10,29
16:08'17"	1.067	1,067	10,10	10.Eki	00:00	10,29
16:09'18"	1.067	1,067	10,10		01:00	10,29
16:10'19"	1.068	1,068	10,11		02:00	10,28
16:11'20"	1.067	1,067	10,10		03:00	10,28
16:12'20"	1.068	1,068	10,11		04:00	10,28
16:13'21"	1.068	1,068	10,11		05:00	10,28
16:14'22"	1.068	1,068	10,11		06:00	10,28
16:15'23"	1.068	1,068	10,11		07:00	10,28
16:16'24"	1.068	1,068	10,11		08:00	10,28
16:17'25"	1.069	1,069	10,12		09:00	10,29
16:18'26"	1.069	1,069	10,12		10:00	10,30
16:19'26"	1.069	1,069	10,12		11:00	10,33
16:20'27"	1.069	1,069	10,12		12:00	10,33
16:21'28"	1.069	1,069	10,12			
16:22'29"	1.069	1,069	10,12			
16:23'30"	1.069	1,069	10,12			
16:24'31"	1.069	1,069	10,12			
16:25'32"	1.070	1,07	10,13			
16:26'33"	1.070	1,07	10,13			
16:27'33"	1.069	1,069	10,12			
16:28'34"	1.070	1,07	10,13			
16:29'35"	1.070	1,07	10,13			
16:30'36"	1.070	1,07	10,13			
16:31'36"	1.070	1,07	10,13			
16:32'37"	1.070	1,07	10,13			
16:33'38"	1.070	1,07	10,13			
16:34'39"	1.070	1,07	10,13			
16:35'40"	1.070	1,07	10,13			
16:36'41"	1.070	1,07	10,13			
16:37'42"	1.070	1,07	10,13			
16:38'43"	1.070	1,07	10,13			
16:39'44"	1.070	1,07	10,13			
16:40'44"	1.070	1,07	10,13			
16:41'45"	1.070	1,07	10,13			
16:42'46"	1.070	1,07	10,13			
16:43'47"	1.071	1,071	10,13			
16:44'48"	1.071	1,071	10,13			
16:45'49"	1.071	1,071	10,13			

Deney aletinde, boşluk hacminin yer aldığı plakanın çelik malzemeden yapılmakta; bu nedenle, buhar difüzyon direnç faktörü ∞ olmaktadır. Çelik plakanın arka yüzeyi, şekil değiştirmiş bitümlü örtü ile temas etmekte ve basınçlı su deney aletinde, tork anahtarı ile 50 N/m kuvvet ile sıkılmaktadır. Bu nedenle, örtü ile çelik plaka yüzeyleri arakesiti sızdırmaz olmaktadır. Çelik plaka içindeki boşluk hacmi havasına, plakanın ön yüzeyinden bir delik açılmaktadır. Bu deliğe, ölçüm sisteminde yer alan mutlak nem sensörü, bir conta ile yerleştirilmekte ve sıkılmaktadır. Bu nedenle, delik de sızdırmaz olmaktadır. Alınan tüm önlemlere rağmen, ortam havasındaki su buharı ile boşluk hacmi havasındaki su buharı arasında geçişin olup olmadığının belirlenebilmesi için deney aletinin yer aldığı ortamın sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmekte ve deney aletinin güvenilirliği test edilmektedir.

Deney aleti, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda yer almaktadır. Deney aletinin bulunduğu oda duvarlarının, dış ortam ile ilişkisi yoktur. Odada pencere ve ısı kaynağı bulunmamakta ve odanın tek kapısının sürekli olarak kapalı tutulmaktadır. Odada, mevcut bir iklimlendirme sistemi bulunmamaktadır. Odada, bir termo-higrograf ile 24 saat-7gün boyunca ölçüm yapıldığında, odanın sıcaklık (C°) değeri, $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nem (%) değeri, 80 ± 5 olarak ölçülmüştür. Oda sıcaklık değerinin, deneylerin yapılabilmesi için uygun olduğu; ancak, bağıl nem değerinin yüksek olduğu kabul edilmiştir. Odada yer deney aletinin ve özellikle, mutlak nem sensörünün bağlı olduğu multimetrenin çalıştırılabilmesi için oda havasının bağıl nem değerinin düşük olması gerekmektedir. Odanın bağıl nem değerini düşük tutmak için odada bir nem alıcı alet sürekli olarak çalıştırılmaktadır.

Oda havasının sıcaklık (C°) ve bağıl nem (%) değerlerini ölçmek ve mutlak nem değerini (g/m^3) hesaplamak için bir elektriksel termohigrograf yapılmıştır, Şekil 6.15. Termohigrograf, üç adet ısı-çift (thermocouple: sıcaklık pili), bir adet fitil ve fandan oluşan bir devredir. Isıl-çift, sıcaklık ölçmek için kullanılmakta ve iki ayrı metal veya alaşımdan meydana gelmektedir. Sistem için, bakır (+) – konstantan (-) çiftinden oluşan ve simgesi T olan ısı-çift, normal sıcaklıklarda özellikleri değişmediğinden ve hata payı düşük olduğundan seçilmiştir. Isıl-çiftlerden birinin ucu, bir fitilin içinde yer almaktadır. Fitilin diğer ucu, damıtılmış su dolu bir kabın içine sarkıtılmaktadır. Isıl-çiftin ucunun içinde bulunduğu fitil, kılcal kuvvetler nedeniyle, suyu emmekte ve sürekli olarak ıslak kalmaktadır. Diğer bir ısı-çift, ucunda fitil bulunan ısı-çiftin yanında; her iki ısı-çiftin önünde de bir fan yer almaktadır. Her iki ısı-çift, fanın oluşturduğu, 2 m/sn hızında bir hava akımına maruz kalmakta ve hava akımı içinde,



Şekil 6.15 Elektriksel Termohigrografi Gösteren Model

ıslak fitildeki su, oda havasının kuruluğuna bağlı olarak buharlaşmaktadır. Buharlaşıma, ısı-çiftin çevresindeki sıcaklığın azalmasına neden olmakta; diğer bir anlatımla, ucu fitilin içinde bulunan ısı-çiftin ölçtüğü yaş termometre sıcaklık değeri ($^{\circ}\text{C}$), diğer ısı-çiftin ölçtüğü kuru termometre sıcaklık değerinden ($^{\circ}\text{C}$) düşük olmaktadır. Üçüncü ısı-çift, fanın oluşturduğu hava akımına maruz kalmayacak şekilde, diğer iki ısı-çiftin üstünde yer almakta ve odanın kuru termometre sıcaklık değerini ($^{\circ}\text{C}$) ölçmektedir. Bütün ısı-çiftlerin kabloları, blendajlıdır. Isı-çiftlerin diğer uçları, bir ara terminale bağlıdır. Ara terminal, bir bilgisayarın ana kartına takılan bir ara birim kartına (interface) bağlıdır. Arabirim kartı (interface), ısı-çiftlerden aldığı ısıdan kaynaklanan elektrik sinyallerini (DC V), sıcaklık birimi $^{\circ}\text{C}$ 'ye dönüştürerek bilgisayarın hard-diskine kaydetmek için kullanılmaktadır. Arabirim kartı (interface), 'Direct View' isimli bir bilgisayar programı ile desteklenmektedir.

Deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtü ile yapılan bir deneyin süresi boyunca, odada, elektriksel termohigrografdaki her üç ısı-çift ile dakikada bir ölçüm yapılmakta ve bunlar, bir bilgisayarın hard-diskine kaydedilmektedir. Deney süresinin sonunda, ham ölçüm değerleri, yüksek kapasiteli bir diğer bilgisayarın hard-diskine kaydedilmektedir. Bu bilgisayarda, ham ölçüm değerleri, Microsoft Excel 97 programı ile düzenlenmektedir, Tablo 6.5. İlk olarak, her üç ısı-çift ile dakikada bir yapılan ölçümler, her üç ısı-çift için ortalama saatlik sıcaklık değerleri olarak düzenlenmektedir. Daha sonra, ucu fitilin içinde bulunan ısı-çiftten gelen ortalama saatlik yaş termometre sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$) ile bu ısı-çiftin yanında bulunan ısı-çiftten gelen ortalama saatlik kuru termometre sıcaklık değerlerinden ($^{\circ}\text{C}$), PsyCal98 (Psychrometric Calculator) programı ile, ortalama saatlik bağıl nem (%) değerleri hesaplanmaktadır. Ortalama saatlik bağıl nem değerleri (%) ile üçüncü ısı-çiftten gelen ortalama saatlik kuru termometre sıcaklık değerlerinden ($^{\circ}\text{C}$), PsyCal98 (Psychrometric Calculator) programı ile, ortalama saatlik mutlak nem (g/m^3) değerleri hesaplanmaktadır, Tablo 6.6. Böylece, basınçlı su deney aleti ve ölçme sistemi ile yapılan bir deney süresi boyunca, odadaki havanın ortalama saatlik mutlak nem (g/m^3) değerleri belirlenmekte ve bir grafikte, zamana (saat) bağlı olarak ifade edilebilmektedir.

Elektriksel termohigrograf ile yapılan ölçümlerden hesaplanarak elde edilen odanın mutlak nem değerlerinin doğruluğunun belirlenebilmesi için, bu alet, ölçme sistemi ile kalibre edilmiştir. Deney aletinin yer aldığı odanın mutlak nem değeri, hem elektriksel termohigrograf hem de ölçüm sistemi ile aynı zaman diliminde

Tablo 6.5 Oda Havaşının Elektriksel Termohigrograf İle Ölçülen Yaş Termometre (C°,1) Ve Kuru Termometre (C°,2) (C°,3) Sıcaklık Değerlerinin Microsoft Excel 97 Programı İle Düzenlenmesi Ve Ortalama Saatlik Sıcaklık Değerlerinin Hesaplanması

Zaman, dakika	Ham Ölçüm Değerleri		
	C° (1)	C° (2)	C° (3)
"1:00:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:01:53 PM"	20,7	27,8	26,6
"1:02:53 PM"	20,7	28,1	26,6
"1:03:53 PM"	20,7	28,1	26,6
"1:04:53 PM"	20,7	28,1	26,6
"1:05:53 PM"	20,7	27,8	26,6
"1:06:53 PM"	20,7	28,7	26,6
"1:07:53 PM"	20,7	28,1	26,6
"1:08:53 PM"	20,7	28,1	26,6
"1:09:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:10:53 PM"	21	27,8	26,6
"1:11:53 PM"	20,7	28,1	26,6
"1:12:53 PM"	21	27,5	26,3
"1:13:53 PM"	21	27,8	26,6
"1:14:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:15:53 PM"	21	28,1	26,3
"1:16:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:17:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:18:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:19:53 PM"	21	28,1	26,3
"1:20:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:21:53 PM"	21,	28,1	26,3
"1:22:53 PM"	21,3	28,1	26,6
"1:23:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:25:53 PM"	21	28,1	26,6
"1:26:05 PM"	21,3	28,1	26,6
"1:27:05 PM"	21,3	28,1	26,9
"1:28:05 PM"	21,6	28,1	26,6
"1:29:05 PM"	21,6	28,1	26,9
"1:30:05 PM"	21,6	28,1	26,6
"1:31:05 PM"	21,6	28,1	26,9
"1:32:05 PM"	21,9	28,1	26,9
"1:33:05 PM"	21,6	28,1	26,9
"1:34:05 PM"	21,3	28,1	26,6
"1:35:05 PM"	21,3	28,1	26,3
"1:36:05 PM"	21,3	28,1	26,9
"1:37:05 PM"	21,3	28,1	26,6
"1:38:05 PM"	21,6	28,1	26,6
"1:39:05 PM"	21,6	28,1	26,3
"1:40:05 PM"	21,3	28,1	26,6
"1:41:05 PM"	21,6	28,1	26,6
"1:42:05 PM"	21,6	28,1	26,6

Tarih	Zaman, saat	Ortalama Saatlik Sıcaklık Değerleri		
		C° (1)	C° (2)	C° (3)
10.Eki	13:00	21,20	28,08	26,62
	14:00	21,16	27,94	26,61
	15:00	21,06	27,85	26,55
	16:00	21,09	27,79	26,52
	17:00	21,00	27,77	26,54
	18:00	20,97	27,76	26,48
	19:00	20,91	27,79	26,48
	20:00	20,96	27,80	26,50
	21:00	21,01	27,82	26,54
	22:00	21,00	27,81	26,52
	23:00	20,98	27,81	26,51
11.Eki	00:00	20,96	27,80	26,55
	01:00	20,93	27,78	26,49
	02:00	20,90	27,76	26,48
	03:00	20,93	27,77	26,50
	04:00	20,92	27,78	26,49
	05:00	20,90	27,79	26,53
	06:00	20,94	27,78	26,49
	07:00	20,92	27,78	26,49
	08:00	20,90	27,78	26,49
	09:00	20,93	27,80	26,48
	10:00	20,93	27,77	26,48

Tablo 6.6 Oda Havaşının Ortalama Saatlik Yaş (C°,1) Ve Kuru Termometre Sıcaklık Değerlerinden (C°,2) Bağıl Nem Değerinin (%) Ve Bağıl Nem Değeri (%) İle Ortalama Saatlik Kuru Termometre Sıcaklık Değerlerinden (C°, 3) Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değerinin (g/m³) Hesaplanması

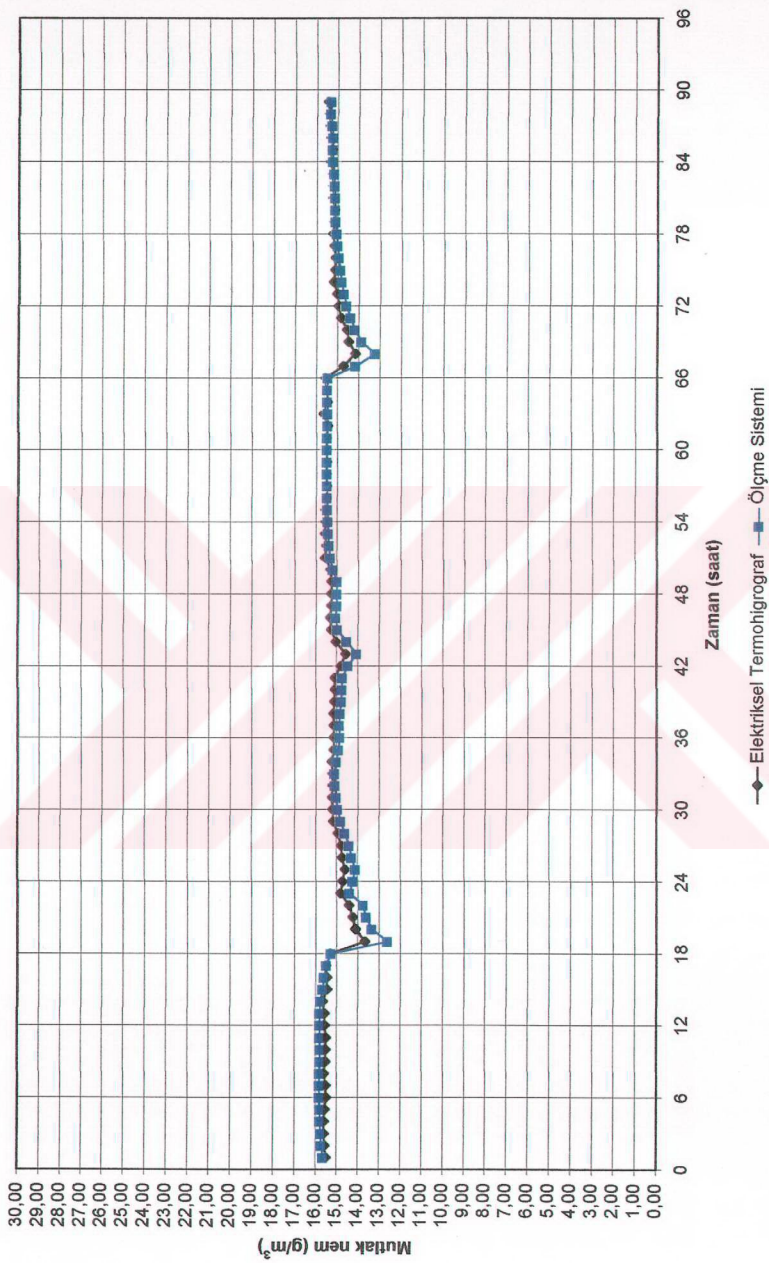
Tarih	Saat	Saat	Jıs				
			Ortalama Saatlik Sıcaklık Değerleri, C°,1	Ortalama Saatlik Sıcaklık Değerleri, C°,2	Bağıl Nem %	Ortalama Saatlik Sıcaklık Değerleri, C°,3	Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değeri (g/m ³)
05.Nis	16:00	1	17,60	23,80	54,55	22,65	7,14
	17:00	2	17,61	23,82	54,51	22,67	7,15
	18:00	3	17,56	23,81	54,24	22,60	7,08
	19:00	4	17,58	23,80	54,42	22,61	7,10
	20:00	5	17,58	23,85	54,15	22,65	7,08
	21:00	6	17,60	23,86	54,12	22,71	7,11
	22:00	7	17,61	23,88	54,13	22,72	7,12
	23:00	8	17,66	23,92	54,08	22,72	7,13
06.Nis	00:00	9	17,69	23,91	54,68	22,76	7,17
	01:00	10	17,70	23,99	54,16	22,76	7,18
	02:00	11	17,73	23,90	54,85	22,75	7,20
	03:00	12	17,71	23,94	54,50	22,78	7,21
	04:00	13	17,73	23,99	54,33	22,79	7,23
	05:00	14	17,77	23,97	54,73	22,80	7,25
	06:00	15	17,76	24,03	54,52	22,81	7,26
	07:00	16	17,83	24,01	54,73	22,80	7,28
	08:00	17	17,78	23,94	54,36	22,79	7,26
	09:00	18	17,77	23,92	54,00	22,77	7,25
	10:00	19	17,82	23,91	53,16	22,79	7,30
	11:00	20	17,83	23,92	53,59	22,78	7,31
	12:00	21	17,78	23,91	53,15	22,78	7,29
	13:00	22	17,80	23,91	53,25	22,79	7,31
	14:00	23	17,79	23,87	54,41	22,76	7,30
	15:00	24	17,97	24,45	53,12	23,14	7,42
	16:00	25	17,76	24,24	53,20	22,93	7,34
	17:00	26	17,69	24,21	52,51	22,89	7,33
	18:00	27	17,67	24,19	52,95	22,87	7,33
	19:00	28	17,83	24,18	53,87	22,91	7,38
	20:00	29	17,88	24,22	54,05	22,94	7,41
	21:00	30	17,79	24,18	53,71	22,91	7,39
	22:00	31	17,80	24,28	53,24	22,95	7,40
	23:00	32	17,81	24,25	53,47	22,98	7,41
07.Nis	00:00	33	17,82	24,29	53,22	23,01	7,43
	01:00	34	17,80	24,26	53,35	22,99	7,43
	02:00	35	17,80	24,33	52,98	23,02	7,45
	03:00	36	17,77	24,33	52,79	23,05	7,43
	04:00	37	17,72	24,34	52,42	23,00	7,42
	05:00	38	17,73	24,29	52,75	22,99	7,44

belirlenmekte ve grafik olarak Şekil 6.16'da verilmektedir. Şekilde, her iki aletin, aynı zaman diliminde, aynı mutlak nem değerlerini verdiği görülmektedir. Deney süresinin 19, 43 ve 68. saatlerindeki değişimler, deneyin yapıldığı sırada, oda kapısının açılıp, odanın içine girilmesi sonucunda oda havasındaki su buharı miktarının değişmesinden kaynaklanmaktadır. Ölçme sisteminde yer alan mutlak nem sensörü, oda kapısına, elektriksel termohigrograf'a nazaran, daha yakın olmakta; bu nedenle, oda havasındaki su buharı miktarındaki değişimden ilk olarak etkilenmektedir.

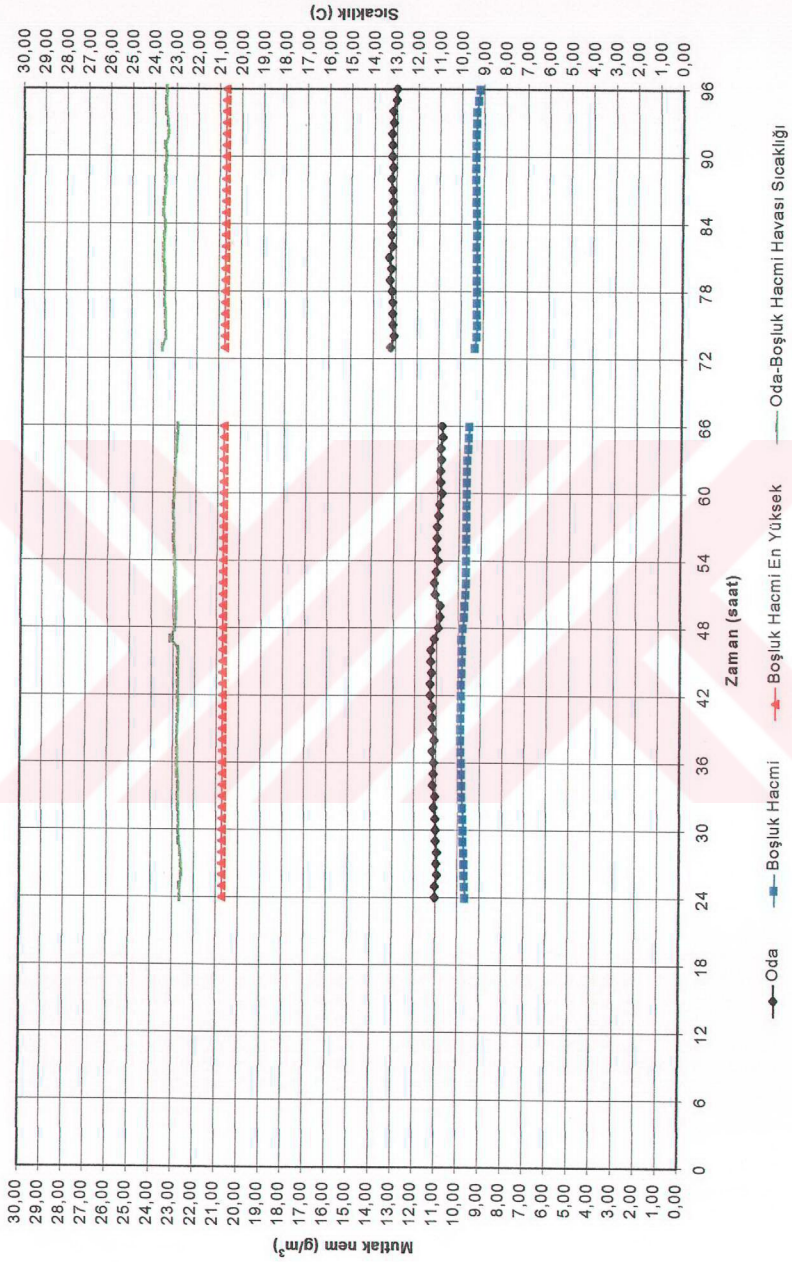
Deney aletinin güvenilirliğinin ölçülmesi için basınçlı su deney aleti ve ölçüm sistemi ile yeni bir deney düzeneği kurulmuştur. Çelik gövde ve odacığın ön yüzeyine, sırasıyla, lastik conta, çelik plaka no. 1, lastik conta, çelik plaka no. 3 ve çelik kapak yerleştirilmiş ve somun ile vidalar, tork anahtarı ile sıkılarak sistem kurulmuştur. Çelik plaka no. 1'nin görevi, çelik gövdenin ön yüzeyinde yer alan oda havasını, çelik plaka no. 3'ün bünyesinde bulunan boşluk hacmi havasından izole etmektir. Lastik contaların görevi ise, sistem, tork anahtarı ile sıkılırken, çelik plakaların birbirleri yüzeylerinde kayma yapmadan, sıkışmasını sağlamaktır. Ölçme sisteminde yer alan mutlak nem sensörü, çelik plaka no. 3'ün ön yüzeyindeki deliğe monte edilmiş ve deney düzeneği kurulmuştur. Bütün deneylerin en fazla 96 saat sürmesi planlanmış; bu nedenle, bu deneyde de, ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri ölçülmüştür.

Diğer bir yandan, deney süresi boyunca, elektriksel termohigrograf ile oda havasının mutlak nem değeri belirlenmiştir. Oda havası ile boşluk hacmi havasının sıcaklık değerlerinin ($^{\circ}\text{C}$), deney süresi boyunca, aynı olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, deney süresi boyunca, elektriksel termohigrograf'da yer alan ısı-çift ile ölçülen ortalama saatlik oda kuru termometre sıcaklık değerlerinin ($^{\circ}\text{C}$), deney süresi boyunca, boşluk hacmi havasının ortalama kuru termometre sıcaklık değeri ($^{\circ}\text{C}$) olarak belirlenmiştir.

Elektriksel termohigrograf ile belirlenen oda havasının mutlak nem değeri, ölçme sistemi ile ölçülen boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri ve oda-boşluk hacmi havasının ortalama sıcaklık değeri, Şekil 6.17'de verilmektedir. Şekil 6.17'ye bağlı olarak varılmış olan sonuçlar, aşağıda açıklanmaktadır.



Şekil 6.16 Oda Havaasının Ortalama Saatlik Mutlak Nem Değerinin Elektriksel Termohigrograf Ve Ölçme Sistemi ile Ölçülmesi



Şekil 6.17 Deney Aletinin Güvenilirliğinin Test Edilmesi

- Deney süresi boyunca, elektriksel termohigrografta yer alan ısı-çift ile ölçülen ortalama saatlik oda kuru termometre en yüksek, en düşük ve ortalama sıcaklık değerleri, sırasıyla, 23.6, 22,6 ve 23.06°C olmaktadır. Bu nedenle, deney süresi boyunca, oda-boşluk hacmi havası sıcaklığının sabit kalmakta olduğu belirlenmiştir.
- Deneyin, ilk 24 saatinde elektrik kesilmesi nedeniyle, bu zaman dilimine ait sonuçlar alınamamıştır.
- Deneyin 24. ve 66. saatleri arasında, sabit sıcaklıktaki oda havasının mutlak nem değeri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinden daha yüksek olmakta; bu nedenle, oda havasının kısmi su buharı basıncı, boşluk hacmi havasının kısmi su buharı basıncından daha yüksek olmaktadır. Boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinde bir artış olmaması nedeniyle, boşluk hacmi havasının, oda havasından izole edildiği belirlenmiştir.
- Deneyin 66. ve 73. saatleri arasında, elektrik kesilmesi nedeniyle, bu zaman dilimine ait sonuçlar alınamamıştır. Ancak, boşluk hacmi havasının, oda havasından izole edildiği sonucunun daha da kesinleşmesi için, bu zaman diliminde, odada bulunan nem alıcı aletin, nem alma kapasitesi düşürülmüş ve böylece, oda havasının mutlak nem değeri artırılmıştır.
- Deneyin 73. ve 96. saatleri arasında, sabit sıcaklıktaki oda havasının kısmi su buharı basıncının, boşluk hacmi havasının kısmi su buharı basıncından daha yüksek olmasına rağmen, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinde bir artış olmamaktadır.
- Deneyin 24.-66. ve 73.-96. saatleri arasında, boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 9.92, 9.23 ve 9.62 g/m³dür. Bu nedenle, boşluk hacmi havasında ölçülen mutlak nem değerlerindeki tolerans, yaklaşık olarak, ± 0.6 g/m³ olarak belirlenmiştir.

Yukarıdaki açıklamalara bağlı olarak, deney aletinde, sabit sıcaklıktaki oda havasındaki su buharı ile aynı sabit sıcaklıktaki boşluk hacmi havasındaki su buharı arasında geçişin olmadığı belirlenmiş; böylece, boşluk hacmi havasındaki su buharı miktarındaki değişimin, sadece, bitümlü örtüden geçebilen su buharı miktarından kaynaklanacağı sonucuna varılmıştır.

6.3.2.4. Deney Aletinin Bir Bütün Olarak İşleyişi

Basıncılı su deney aleti ve ölçme sistemi ile kurulan deney düzeneği, Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de verilmektedir. Örtü numuneleri ile bir deney düzeneğinin kurulması sırasında, deney boyunca ve deneyin sonunda yapılan işlemler, aşağıda açıklanmaktadır.

- Basıncılı su deney aletindeki çelik gövdede yer alan odacığın ön yüzeyine lastik conta yerleştirilmektedir.
- Daha sonra; S No. 1, 2, 3 ve 5'de hazırlanan şekil değiştirmiş plastomerik veya elastomerik bitümlü örtü numunelerinin her iki yüzeyine şalümo tekniği uygulanmakta ve lastik conta üzerine yerleştirilmektedir. Okside bitümlü örtünün test edildiği durumlarda, örtü numunesine herhangi bir işlem yapılmamaktadır.
- Bitümlü örtü numunesinin ön yüzeyine, arka yüzeyi bitümlü örtü ile temas edecek şekilde çelik plaka no. 3 ve bunun ön yüzeyine de çelik kapak yerleştirilmektedir.
- Bir ucunda sabit somun bulunan vida, çelik gövdedeki ve çelik kapaktaki delikten geçirilmekte ve diğer somun ile bağlanmaktadır. 32 adet vida için aynı işlem tekrarlandıktan sonra somunlar, tork anahtar ile 50 N/m kuvvet ile sıkılmaktadır.
- S No.4.'de hazırlanan şekil değiştirmiş örtü numunesinin test edildiği durumda, lastik conta ile bitümlü örtü numunesi arasına çelik plaka no. 4 yerleştirilmektedir, Şekil 6.13.
- Mutlak nem sensörü, çelik kapağın ortasındaki boşluktan geçirilmekte ve çelik plaka no. 3'ün ön yüzeyindeki, plakanın içindeki boşluk hacmine açılan deliğe tespit edilmektedir.
- Daha sonra, çelik gövdenin ön yüzeyinde yer alan odacık, armatürden gelen $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında su ile doldurulmakta ve hava kompresörü ile istenilen değerde basınç uygulanmaktadır. Basınç değeri, manometreden izlenmektedir. Sistemde herhangi bir sızıntı olup olmadığını belirlemek için 30 dakika beklenmektedir. Sistemde herhangi bir sızıntı tespit edilemez ise, deneye devam edilmekte; aksi takdirde deney düzeneği sökülmemektedir. 0.02, 0.05 ve 0.10 MPa basıncılı su uygulanan deneylerde, deney süresi, her bir su basınç değeri için 48 saat, 0.25 MPa su basıncı için 96 saat olmaktadır.

- Deney süresi boyunca, ölçme sistemi, çelik plaka no. 3 içinde yer alan boşlukta, dakikada bir ölçüm yapmaktadır. Sinyal işlem devresinden gelen ölçüm değerleri, 0–10 V DC cinsinden ham veri olarak, her dakika sonunda, multimetre ile okunmakta ve DMM8x Rs232 Data Recording System V1.04B programı ile bilgisayarın hard-diskine ham veri olarak kaydedilmektedir. Ham veriler, belirli zaman aralıklarında, hard-diskten kopyalanarak yüksek kapasiteli başka bir bilgisayarın hard-diskine aktarılmakta ve bu bilgisayarda, Microsoft Excel 97 programı ile düzenlenmektedir. Bu programda, V DC cinsinden ham veriler, mutlak nem sensörü ile birlikte gelen formül kullanılarak, dakikalık mutlak nem değerlerine çevrilmektedir. Daha sonra, aynı program ile, ortalama saatlik mutlak nem değerleri hesaplanmaktadır, Tablo 6.4.
- Diğer bir yandan, deney süresi boyunca, elektriksel termohigrograf ile oda havasının mutlak nem değeri belirlenmektedir, Tablo 6.5, Tablo 6.6. Oda havası ile boşluk hacmi havasının sıcaklık değerlerinin ($^{\circ}\text{C}$), deney süresi boyunca, aynı olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, deney süresi boyunca, elektriksel termohigrograf'da yer alan ısı-çift ile ölçülen ortalama saatlik oda kuru termometre sıcaklık değerlerinin ($^{\circ}\text{C}$) ortalaması alınmakta ve deney süresi boyunca boşluk hacmi havasının ortalama sıcaklık değeri ($^{\circ}\text{C}$) olarak belirlenmektedir. Bu sıcaklık değerinde, boşluk hacmi havasının doygunluğa eriştiği durumda (% 100 bağıl nem) sahip olduğu mutlak nem değeri (g/m^3), PsyCal98 (Psychrometric Calculator) programı ile hesaplanmaktadır. Bu değer, 1 m^3 boşluk hacmi havasına, örtüden buhar formunda su buharı geçişi olduğu durumda, geçebilen su buharı miktarının (g), söz konusu sıcaklık derecesindeki boşluk hacmi havasını doygunluğa erdirdiğinde sahip olacağı mutlak nem değeri (g/m^3) olarak belirlenmekte ve 'boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri' olarak ifade edilmektedir.
- Elektriksel termohigrograf ile hesaplanan oda havasının mutlak nem değeri (g/m^3), deney aletindeki ölçme sistemi ile ölçülen boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (g/m^3) ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri (g/m^3), bir deney süresinde geçen zamana (saat) bağlı olarak, bir grafikte, ifade edilmektedir.

6.4. Yöntemin Denenmesi Ve Değerlendirilmesi

Yöntemin denenmesi için, ilk olarak, yöntemde kullanılacak bitümlü örtü tipleri belirlenmiştir. Daha sonra, bir örtü tipi için bir performans seviyesi belirlenmiş ve deney yönteminde, örtünün söz konusu performans seviyesindeki su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür. Deney yönteminden elde edilen ölçüm değerleri ile örtünün su geçirimsizlik performansı değerlendirilmiştir.

6.4.1. Yöntemin Denenmesinde Kullanılan Bitümlü Örtüler

Yöntemin denenmesinde kullanılan bitümlü örtüler, Tablo 6.7'de verilmektedir. Örtülerin seçiminde, bitüm tipi, donatı malzemesi ve kalınlık göz önünde bulundurulmuştur.

Deney yönteminde, bu örtüler enine doğrultuda, tek katlı olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamanın nedenleri, aşağıda açıklanmaktadır.

- Deney yönteminde, tek katlı bitümlü örtü, enine doğrultuda uygulanmaktadır. Bitümlü örtünün mekanik özellikleri, enine doğrultuda, boyuna doğrultuya nazaran daha zayıf olmaktadır. Bu nedenle, örtünün, enine doğrultuda, su geçirimsizlik performansının belirlenmesi gerekmektedir.
- Bitümlü örtüler, dıştan ve içten uygulamada, iki katlı olarak uygulanmaktadır. Bu durumun nedeni, bir örtünün uygulama işçiliği, vb. nedenlerden dolayı zarar görebileceğinin ve performans gereksinmesini karşılayamayacağının düşünülmesidir. Böylece, performans gereksinmesini, diğer örtünün, tek başına karşılayabileceği beklenilmektedir. Bu nedenle, tek katlı örtünün, su geçirimsizlik performansının belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 6.7 Yöntemin Denenmesinde Kullanılan Bitümlü Örtüler

Bitüm	Taşıyıcı, g/m ²	Kalınlık, mm.
Okside bitüm	Cam tülü, 50	2.4
Okside bitüm	Cam dokuma, 200	2.9
APP modifiye bitüm	Polyester keçe, 180	3

6.4.2. Deney Yönteminde Bitümlü Örtülerin Performans Seviyelerine Bağlı Olarak Su Geçirimsizlik Performanslarının Ölçülmesi

Yöntemde kullanılacak bitümlü örtü tipi belirlendikten sonra bu örtüye etki eden çevresel etmene bağlı olarak bir performans seviyesi; diğer bir anlatımla, örtüye uygulanacak şekil değişimi değeri ve basınçlı su değeri seçilmiştir, Tablo 6.8. Bu değerler, örtünün, söz konusu çevresel etmen etkisi altında maruz kalabileceği en büyük şekil değişimi değeri ve/veya basınçlı su değeri olarak seçilmektedir. Örtünün, söz konusu performans seviyesinde su geçirimsiz olmadığı belirlenirse, bir alt performans seviyesine geçilmektedir. Bu işlem, örtünün, su geçirimsiz olduğu performans seviyesine kadar devam etmektedir.

6.4.2.1. Duvarda Yer Alan Bitümlü Örtülerin Su Geçirimsizlik Performansının Ölçülmesi

Duvarda yer alan bitümlü örtüye etki eden çevresel etmen olarak zemin yanal basıncı ele alındığında, örtü numunesi için seçilmiş olan ilk performans seviyesi, 1.2.'dir; diğer bir anlatımla, tek katlı örtünün enine doğrultusunda, zemin yanal basıncının 0.02 (0) N/mm²'lik etkisi simule edildikten (S. No. 1.2.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine 0.05 MPa su basıncı uygulanmış ve ölçme sistemi ile, 48 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür. Daha sonra, aynı örtü numunesine uygulanan su basıncı, 0.05 MPa'dan, 0.10 MPa'a çıkarılmış (1.3.) ve ölçme sistemi ile 48 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür.

Örtü için seçilen diğer performans seviyesi, 1.4.'dür; diğer bir anlatımla, tek katlı örtünün enine doğrultusunda, zemin yanal basıncının 0.1 N/mm²'lik etkisi simule edildikten (S. No. 1.4.E.) sonra deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine 0.25 MPa su basıncı uygulanmakta ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmektedir.

Bu deneyde, tek katlı, enine doğrultuda okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı, okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı ve plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtü numunelerinin su geçirimsizlik performansları ölçülmüştür.

Tablo 6.8 Deney Yönteminde Bitümlü Örtülere Uygulanan Performans Seviyeleri

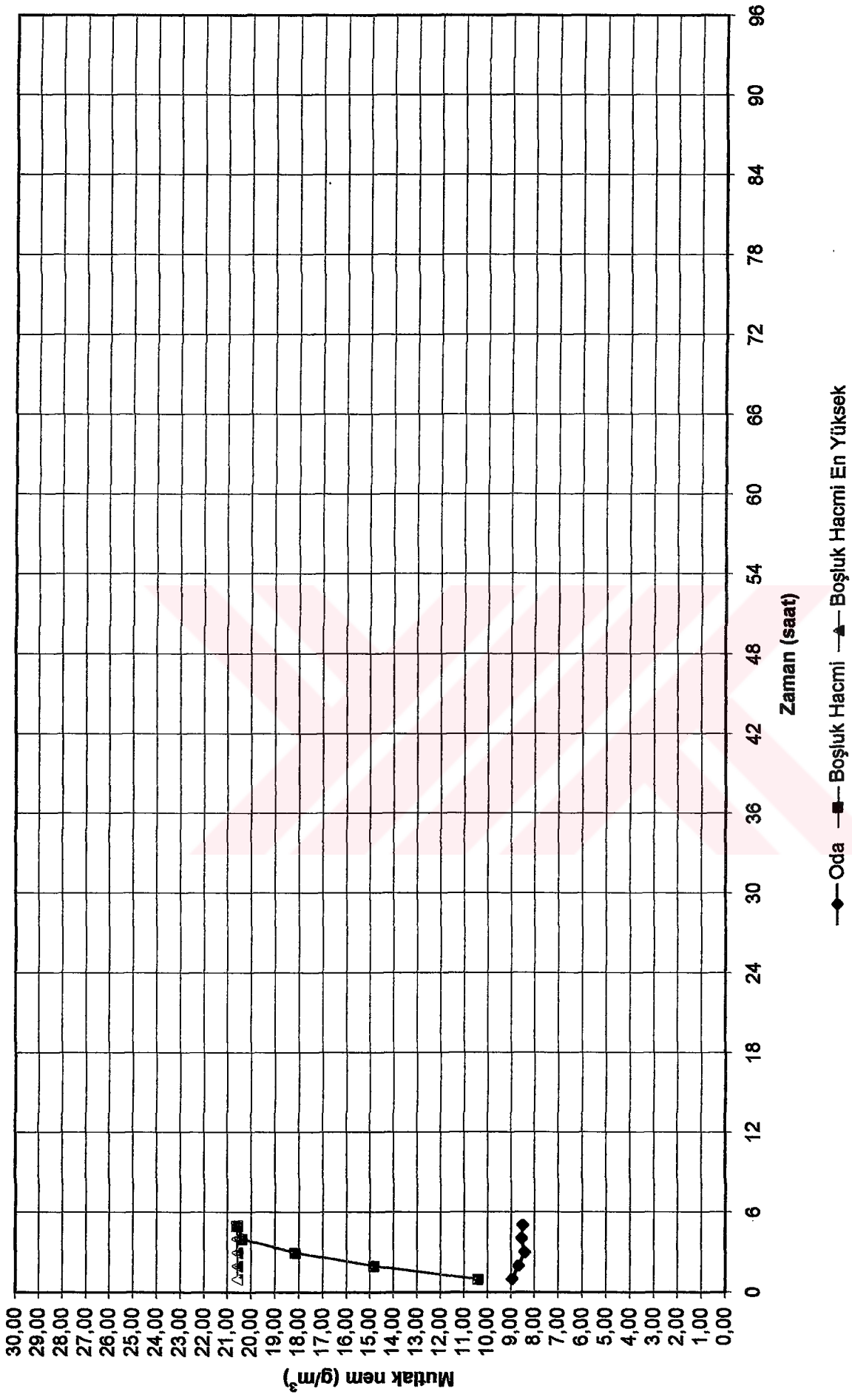
Performans Seviyesi, No.	Bitümlü Örtüye Etki Eden Çevresel Etmen	Şekil Değişimi			Basınç, MPa		Bitümlü Örtü Tipi
		Basınç Gerilimesi, N/mm ²	Çekme Gerilimesi, N/60 mm.	Çatlak Boyutu, mm.	Hava	Su	
1.1	Duvarda Yer Alan Örtü						
1.2.		0.02, (0)				0.05	Okside Bitümlü Cam Tülü Taşiyicili Örtü
1.3.		0.03, (0)				0.10	Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşiyicili Örtü, Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü
1.4.		0.1				0.25	Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşiyicili Örtü, Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü
2.1.	Döşemede Yer Alan Örtü	0.1				0.02	
2.2.		0.2				0.05	
2.3.		0.3				0.10	
2.4.		0.5				0.25	Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü
2.5.		0.8				0.25	Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü
3.1.	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri	0.1			0.02	0.02	
3.2.		0.2			0.05	0.05	
3.3.		0.3			0.10	0.10	
3.4.		0.5			0.25	0.25	Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü
3.5.		0.8			0.25	0.25	Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü
4.1.	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve temel plağındaki eğilme momentinin oluşturduğu çekme gerilmeleri	0.1	100,200, 300			0.02	
4.2.		0.2	100,200, 300			0.05	
4.3.		0.3	100,200, 300			0.10	
4.4.		0.5	100,200, 300			0.25	Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü
5.1.		0.1		2		0.02	
5.2.	Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve taban betonunda meydana gelen çatıklar	0.2		2		0.05	
5.3.		0.3		2		0.10	
5.4.		0.5		2		0.25	Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşiyicili Örtü

Okside Bitümlü Cam Tülü Taşıyıcılı Örtü

Örtünün, performans seviyeleri no. 1.2. ve 1.3.'de su geçirimsizlik performansının ölçülmesi sonucunda elektriksel termohigrograf ile hesaplanan oda havasının mutlak nem değeri (g/m^3), deney aletindeki ölçme sistemi ile ölçülen boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (g/m^3) ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerinin (g/m^3) yer aldığı grafik, Şekil 6.18'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, deney süresi boyunca ortalama sıcaklığı 22.97°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının, söz konusu sıcaklık değerinde, doygunluğa erişeceği durumdaki mutlak nem değeri; diğer bir anlatımla, boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 20.61 g/m^3 'dür, (22.97°C , %100 bağıl nem).
- Oda havasının ilk bir saat içindeki; diğer bir anlatımla, başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 8.94 g/m^3 'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 10.40 g/m^3 'dür.
- Deney süresi boyunca, oda havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmış, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinde ise artış olmuştur. Deneyin 5. saatinin sonunda, boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (20.61 g/m^3), boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerine (20.61 g/m^3) erişmiştir.
- Deneyin 5. saatinin sonunda, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerindeki artış 10.21 g/m^3 olmuştur.

0.02 (0) N/mm^2 'lik zemin yanal basıncının etkisi altında şekil değiştirmiş okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi 0.05 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formda su, örtü yüzeyine gelmiş ve örtünün diğer yüzeyine buhar formda su olarak geçmiştir. Geçen buhar formdaki su miktarı (g), örtünün diğer yüzeyinde yer alan 1 m^3 boşluk hacmi havasının sahip olduğu sıcaklık değerindeki buhar formdaki su miktarını (g) arttırmış ve 1 m^3 boşluk hacmi havası, sahip olduğu sıcaklık değerinde taşıyabileceği en fazla su buharı miktarına (g) erişmiştir. Diğer bir anlatımla, boşluk hacmi havası, sahip olduğu sıcaklık derecesinde doygun hale gelmiş, belirli bir miktar su buharı yoğunlaşmış ve boşluk hacminde sıvı formda su oluşmuştur.



Şekil 6.18 Performans Seviyesi No. 1.2. Ve 1.3.'de Okside Bitümlü Cam Tülü Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

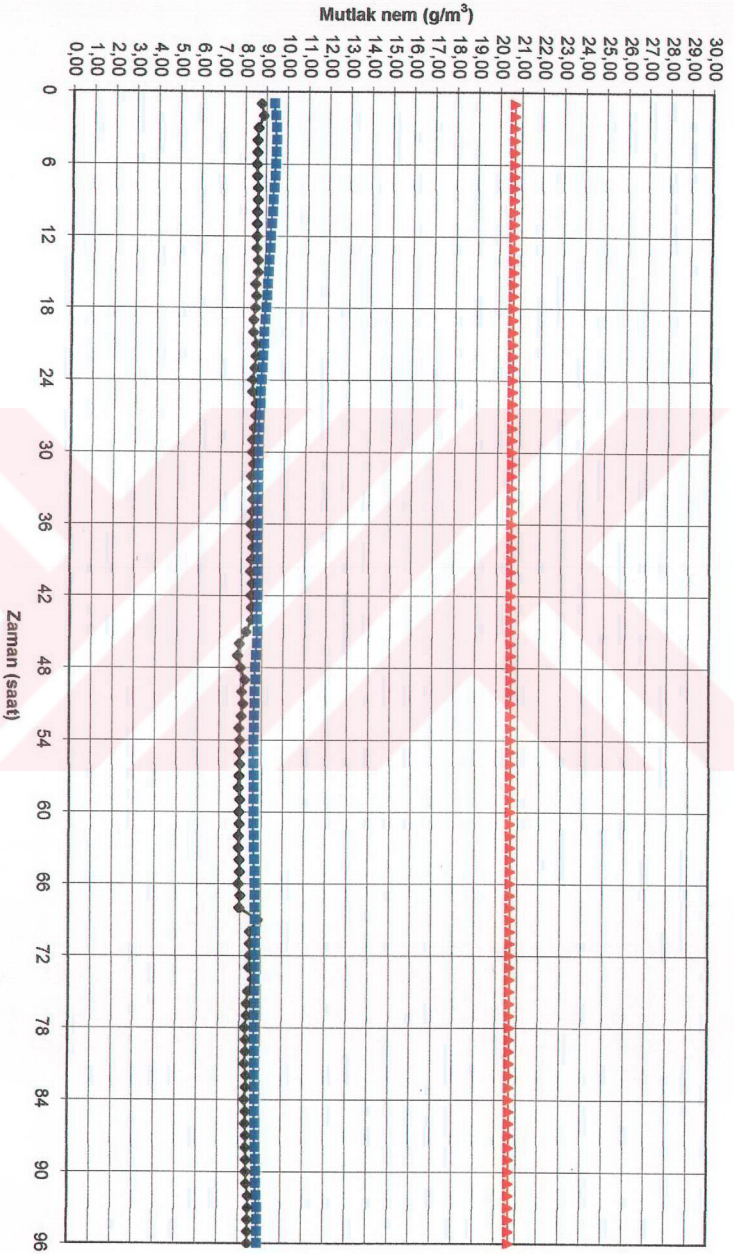
Okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtü, söz konusu performans seviyesinde, buhar formda su geçirdiği için, bu örtünün diğer performans seviyelerinde su geçirimsizlik performansı ölçülmemiştir. Diğer performans seviyelerinde, örtünün maruz kalacağı şekil değişimi ve basınçlı su değerleri, 1.2. no.lu performans seviyesinden daha yüksek olmaktadır, bu nedenle, örtünün diğer performans seviyelerindeki su geçirimsizlik performansının yetersiz olacağı kabul edilmiştir.

Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşıyıcılı Örtü

Örtünün, performans seviyeleri no. 1.2. ve 1.3.'de su geçirimsizlik performansının ölçülmesi sonucunda elektriksel termohigrograf ile hesaplanan oda havasının mutlak nem değeri (g/m^3), deney aletindeki ölçme sistemi ile ölçülen boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (g/m^3) ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerinin (g/m^3) yer aldığı grafik, Şekil 6.19'da verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, 96 saat boyunca, ortalama sıcaklığı 23.05°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının, en yüksek mutlak nem değeri 20.70 g/m^3 'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 8.76 g/m^3 'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 9.37 g/m^3 'dür.
- 96 saat boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır. 96 saat boyunca, boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 9.49, 8.63 ve 8.87 g/m^3 'dür. En düşük ve en yüksek mutlak nem değerleri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerlerinin tolerans sınırları ($\pm 0.6 \text{ g/m}^3$) içinde kalmıştır.

0.02 (0) N/mm^2 lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 48 saat boyunca, 0.05 MPa ve 48 saat boyunca 0.10 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine, sıvı ya da buhar formda su olarak geçmemiştir.



Şekil 6.19 Performans Seviyesi No. 1.2. Ve 1.3.'de Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

Örtünün, performans seviyesi no. 1.4.'de su geçirimsizlik performansının ölçülmesi sonucunda elde edilen grafik, Şekil 6.20'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

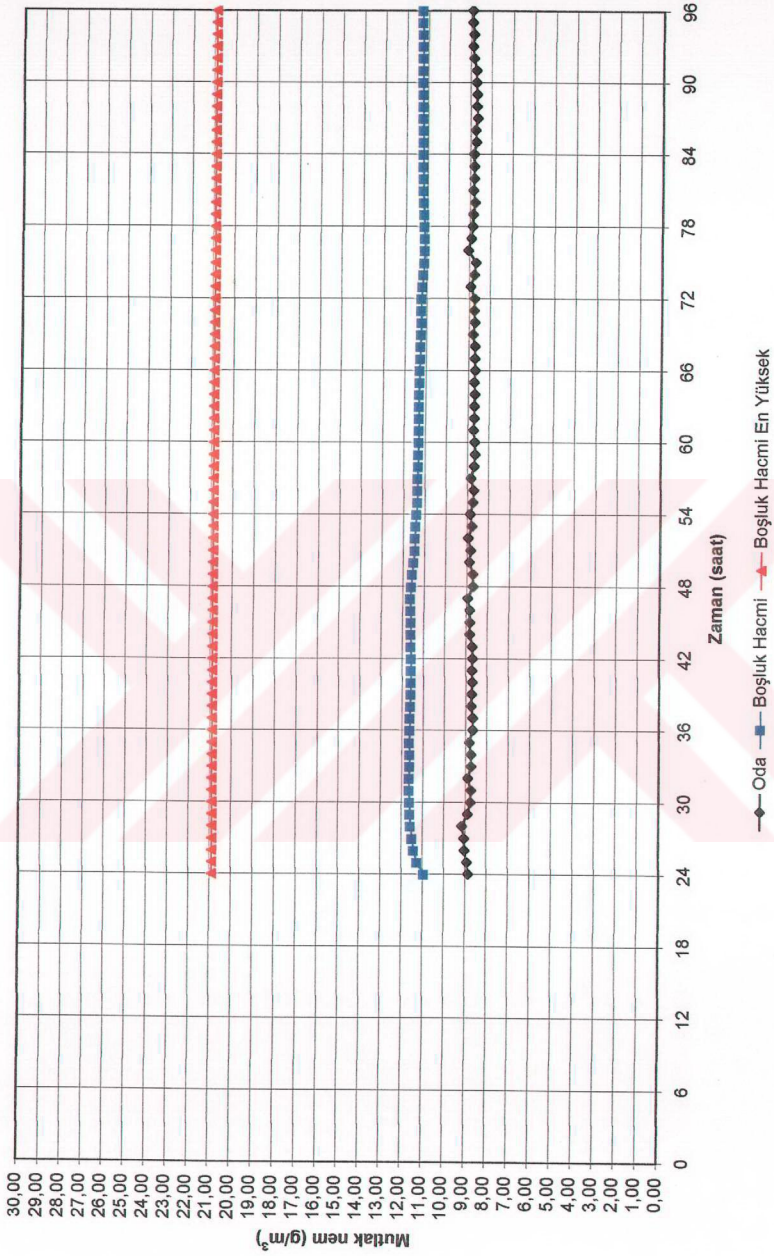
- Oda ve boşluk hacmi havasının, 96 saat boyunca, ortalama sıcaklığı 23.25°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 20.94 g/m^3 'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 10.97 g/m^3 'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 8.86 g/m^3 'dür.
- Deney süresi boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 11.68, 10.97 ve 11.40 g/m^3 'dür. En düşük ve en yüksek mutlak nem değerleri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerlerinin tolerans sınırları ($\pm 0.6 \text{ g/m}^3$) içinde kalmıştır.

0.1 N/mm^2 'lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine, sıvı ya da buhar formda su olarak geçmemiştir.

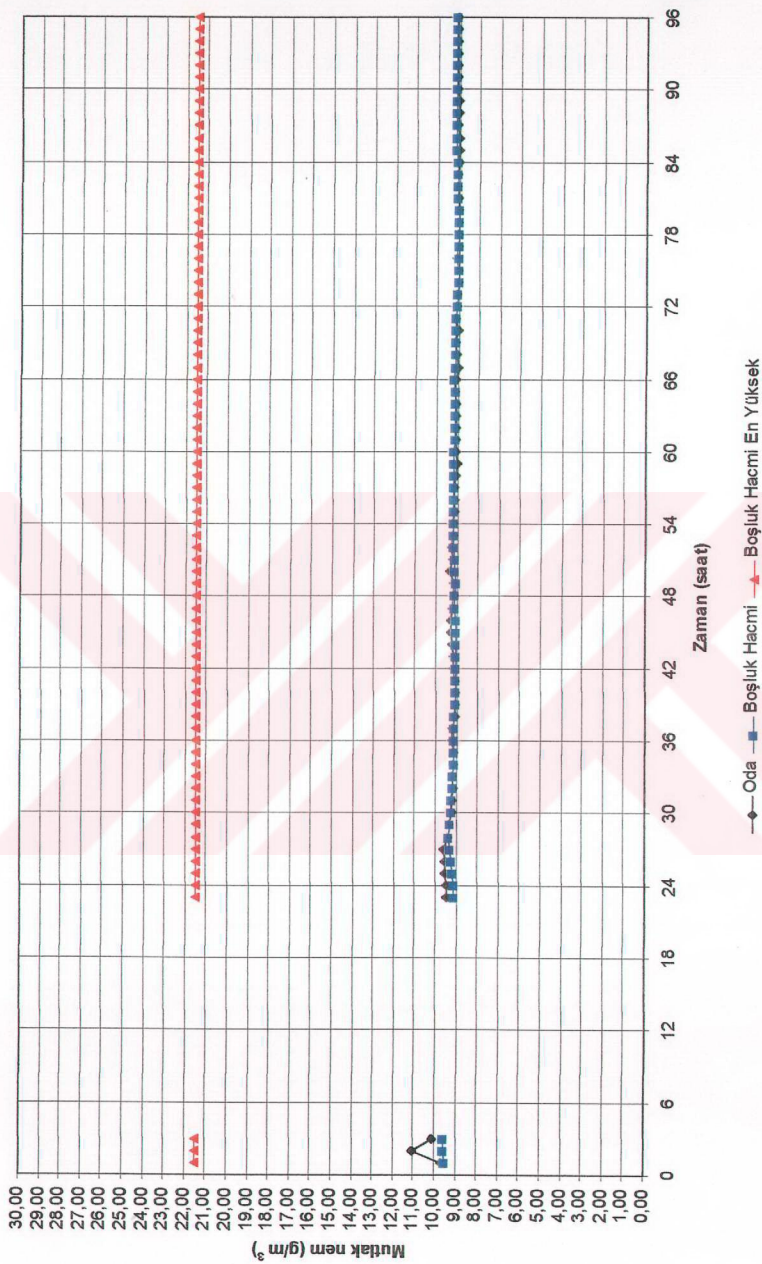
Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtü

Örtünün, performans seviyesi no. 1.2. ve 1.3.'de su geçirimsizlik performansının ölçülmesi sonucunda elde edilen grafik, Şekil 6.21'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, deney süresi boyunca, ortalama sıcaklığı 23.71°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 21.5 g/m^3 'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 9.67 g/m^3 , boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 9.15 g/m^3 olmaktadır.
- Deneyin 4. ve 22. saatleri arasında elektrik kesildiği için, ölçme sistemi ile ölçülen boşluk hacmi havasının mutlak nem değerleri belirlenememiştir.



Şekil 6.20 Performans Seviyesi No. 1.4.'de Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı



Şekil 6.21 Performans Sıvı No. 1.2. Ve 1.3.'de Plasterik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

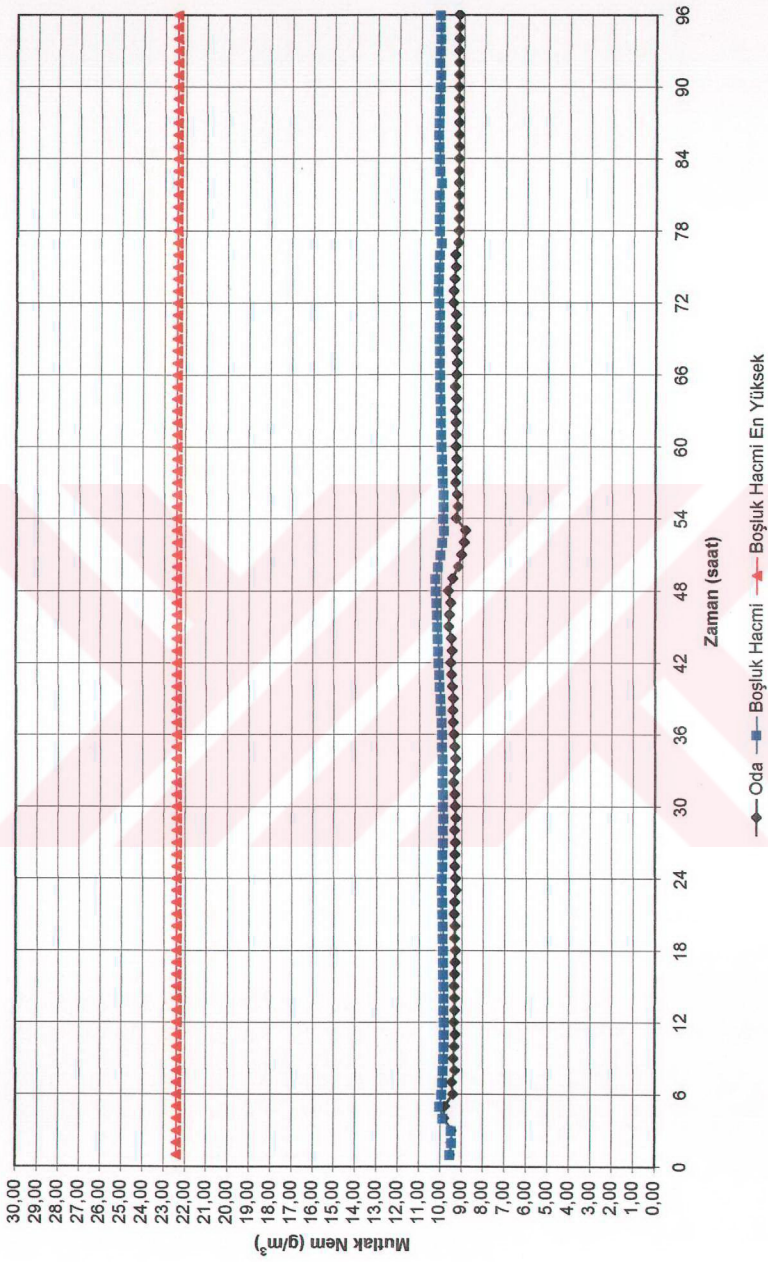
- Deney süresi boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Deney süresi boyunca, boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 9.63, 9.03 ve 9.18 g/m³dür. En düşük ve en yüksek mutlak nem değerleri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerlerinin tolerans sınırları (± 0.6 g/m³) içinde kalmıştır.

0.02 (0) N/mm²'lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 48 saat boyunca, 0.05 MPa ve 48 saat boyunca 0.10 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine sıvı veya buhar formda su olarak geçmemiştir.

Örtünün, performans seviyesi no. 1.4.'de su geçirimsizlik performansının ölçülmesi sonucunda elde edilen grafik, Şekil 6.22'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, 96 saat boyunca, ortalama sıcaklığı 24.47°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 22.44 g/m³dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 9.56 g/m³dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 9.45 g/m³dür.
- 96 saat boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır. 96 saat boyunca, boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 10.30, 9.45 ve 10.02 g/m³dür. En yüksek ve en düşük mutlak nem değerleri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinin tolerans sınırları (± 0.6 g/m³) içinde kalmıştır.

0.1 N/mm²'lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 96 saat boyunca, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine, sıvı veya buhar formda su olarak geçmemiştir.



Şekil 6.22 Performans Seviyesi No. 1.4.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

6.4.2.2. Döşemede Yer Alan Bitümlü Örtünün Su Geçirimsizlik Performansının Ölçülmesi

Bu deneyde, tek katlı, enine doğrultuda plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtü numunesinin su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür.

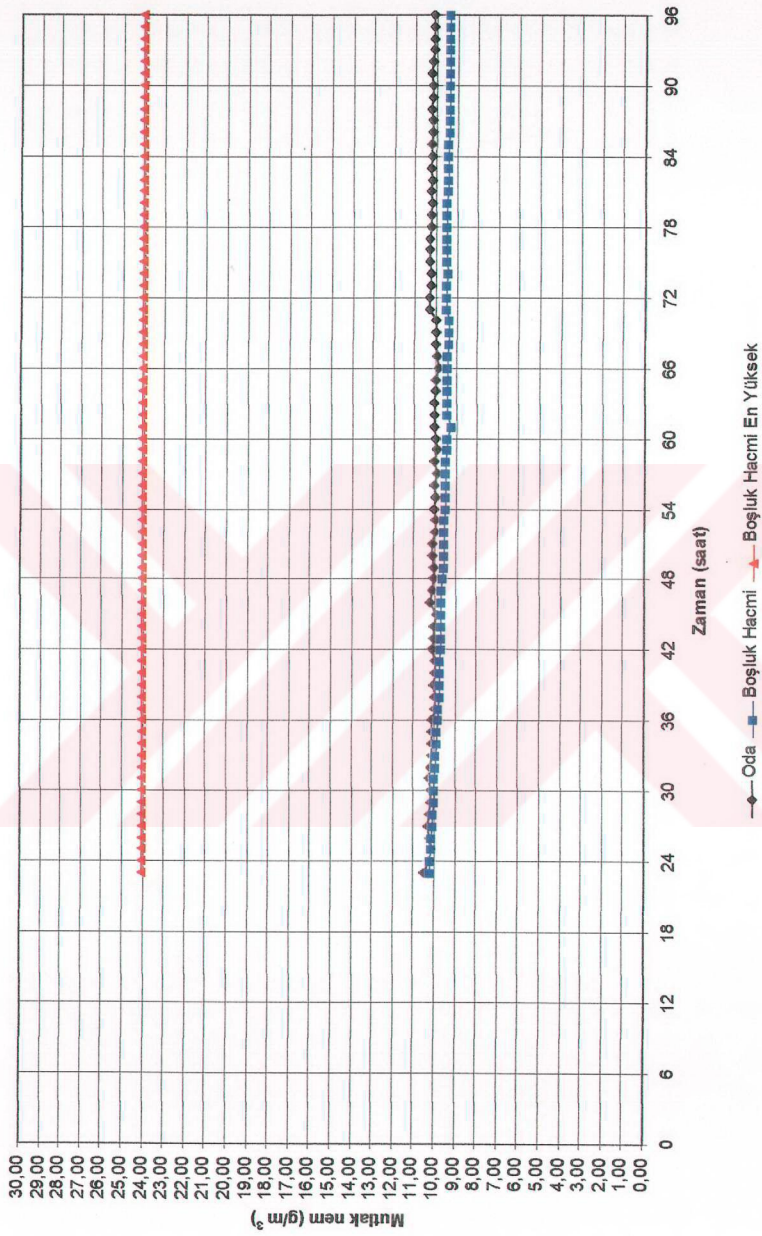
Performans Seviyesi 2.4.

Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri, bitümlü örtüye etki eden çevresel etmen olarak ele alındığında, örtü için seçilmiş olan ilk performans seviyesi, 2.4.'dür; diğer bir anlatımla, tek katlı örtü numunesinin enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.5 N/mm^2 'lik etkisi simule edildikten (S. No. 2.4.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine 0.25 MPa su basıncı uygulanmış ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür.

Oda havasının, boşluk hacmi havasının ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerinin (g/m^3) yer aldığı grafik, Şekil 6.23'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, deney süresi boyunca, ortalama sıcaklığı 25.74°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 24.11 g/m^3 olmaktadır.
- Deneyin 1. ve 22. saatleri arasında elektrik kesildiği için, bu saatler arasında, ölçme sistemi ile ölçülen boşluk hacmi havasının mutlak nem değerleri belirlenememiştir; bu nedenle, oda ve boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri verilememiştir.
- Deney süresi boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Deney süresi boyunca, boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 10.25, 9.32 ve 9.65 g/m^3 'dür. En düşük ve en yüksek mutlak nem değerleri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerlerindeki tolerans sınırları ($\pm 0.6 \text{ g/m}^3$) içinde kalmıştır.

Söz konusu performans seviyesinde, örtüden sıvı veya buhar formda suyun geçmediği belirlenmiştir.



Şekil 6.23 Performans Seviyesi No. 2.4.'de Plasterlik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

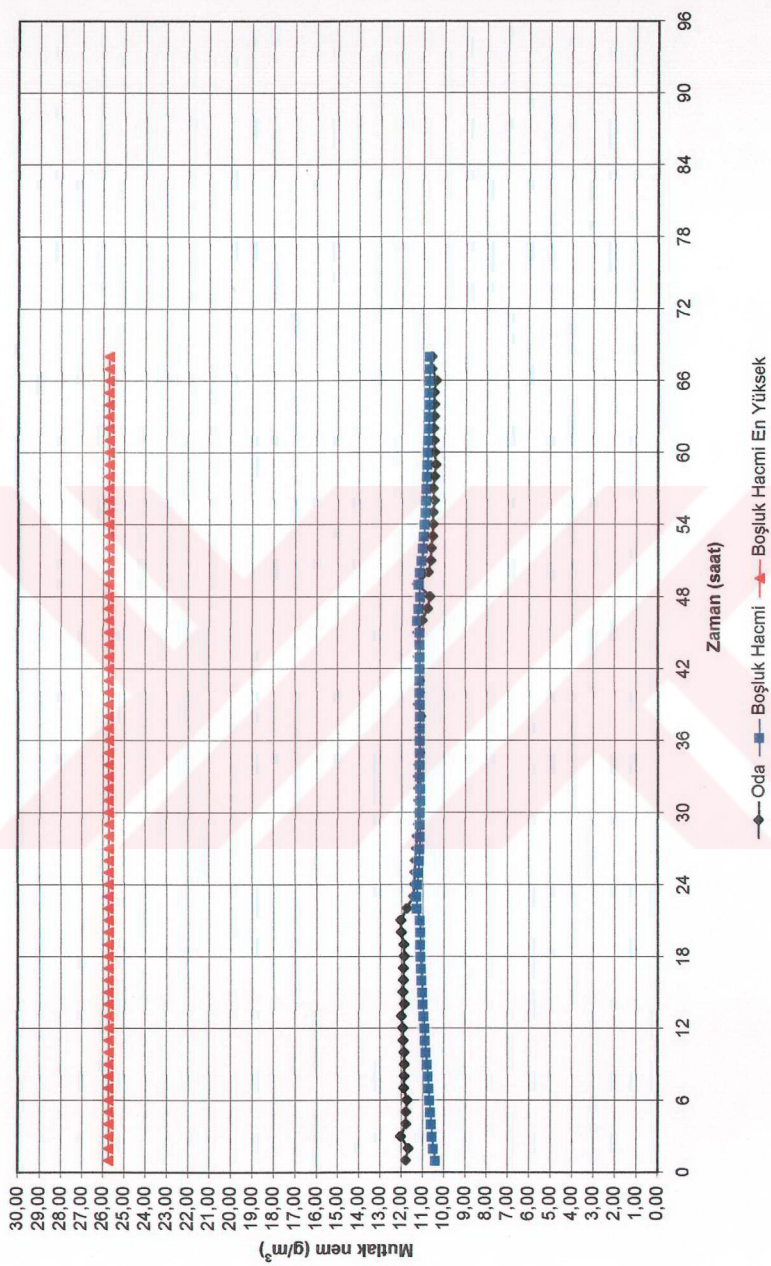
Performans Seviyesi 3.4.

Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve hava basıncı, bitümlü örtüye etki eden çevresel etmen olarak ele alındığında, örtü için seçilen ilk performans seviyesi, 3.4.'dür. Tek katlı örtü numunesinin enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.5 N/mm²'lik etkisi simule edildikten (S. No. 3.4.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine, önce, 48 saat boyunca, 0.25 MPa hava basıncı, daha sonra, 96 saat boyunca 0.25 MPa su basıncı uygulanmakta ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür.

Oda havasının, boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (g/m³) ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerinin (g/m³) yer aldığı grafik, Şekil 6.24'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, deney süresi boyunca, ortalama sıcaklığı 26.93°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 25.76 g/m³'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 11.37 g/m³'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 10.42 g/m³'dür.
- Deneyin 69. ve 96. saatleri arasında elektrik kesildiği için, bu saatler arasında boşluk hacmi havasının mutlak nem değerleri verilememiştir.
- Deney süresi boyunca, oda ve boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Deney süresi boyunca, boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 11.32, 10.42 ve 11.00 g/m³'dür. En düşük ve en yüksek mutlak nem değerleri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerlerinin tolerans sınırları (± 0.6 g/m³) içinde kalmıştır.

0.5 N/mm²'lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 48 saat boyunca, 0.25 MPa hava basıncı ve 96 saat boyunca su basıncı etkisi altında kaldığında, örtüden sıvı veya buhar formda su geçmemiştir.



Şekil 6.24 Performans Seviyesi No. 3.4.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

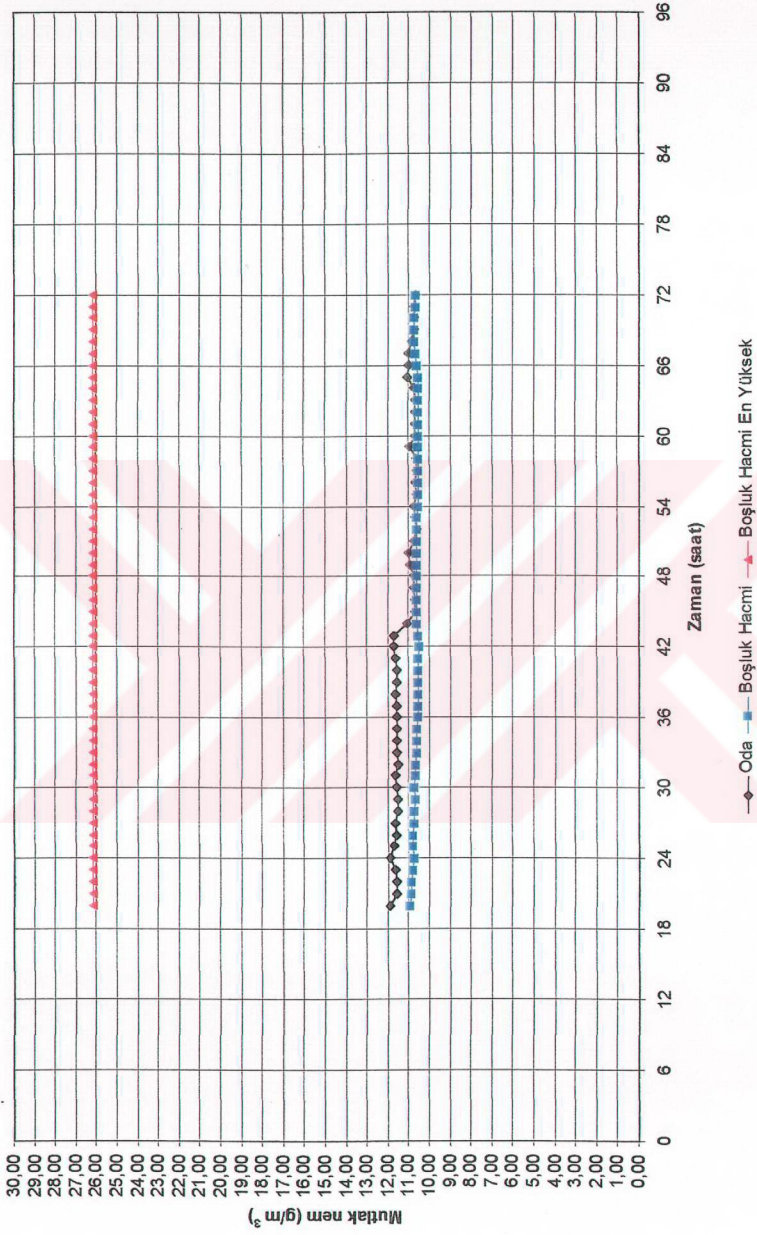
Performans Seviyesi 2.5.

Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri, bitümlü örtüye etki eden çevresel etmen olarak ele alındığında, örtü için seçilmiş olan ikinci performans seviyesi, 2.5.'dir. Örtünün enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.8 N/mm^2 'lik etkisi simule edildikten (S. No. 2.5.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine 0.25 MPa su basıncı uygulanmış ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür.

Oda havasının, boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (g/m^3) ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerinin (g/m^3) yer aldığı grafik, Şekil 6.25'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, deney süresi boyunca, ortalama sıcaklığı 27.24°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 26.20 g/m^3 'dür.
- Deneyin 1. ve 19. saatleri arasında elektrik kesilmiş; bu nedenle, bu saatler arasındaki boşluk hacmi havasının mutlak nem değerleri belirlenememiş, oda ve boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri verilememiştir. Ayrıca, deneyin 73. ve 96. saatleri arasında elektrik kesildiği için, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerleri de verilememiştir.
- Deney süresi boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Deney süresi boyunca, boşluk hacmi havasında ölçülen en yüksek, en düşük ve ortalama mutlak nem değerleri, sırasıyla, 10.95, 10.54 ve 10.66 g/m^3 'dür. En düşük ve en yüksek mutlak nem değerleri, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerlerindeki tolerans sınırları ($\pm 0.6 \text{ g/m}^3$) içinde kalmıştır.

0.8 N/mm^2 'lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, örtüden sıvı ya da buhar formda su geçmemiştir.



Şekil 6.25 Performans Seviyesi No. 2.5.'de Plastomerik Bitümlü Polyeşter Keçe Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

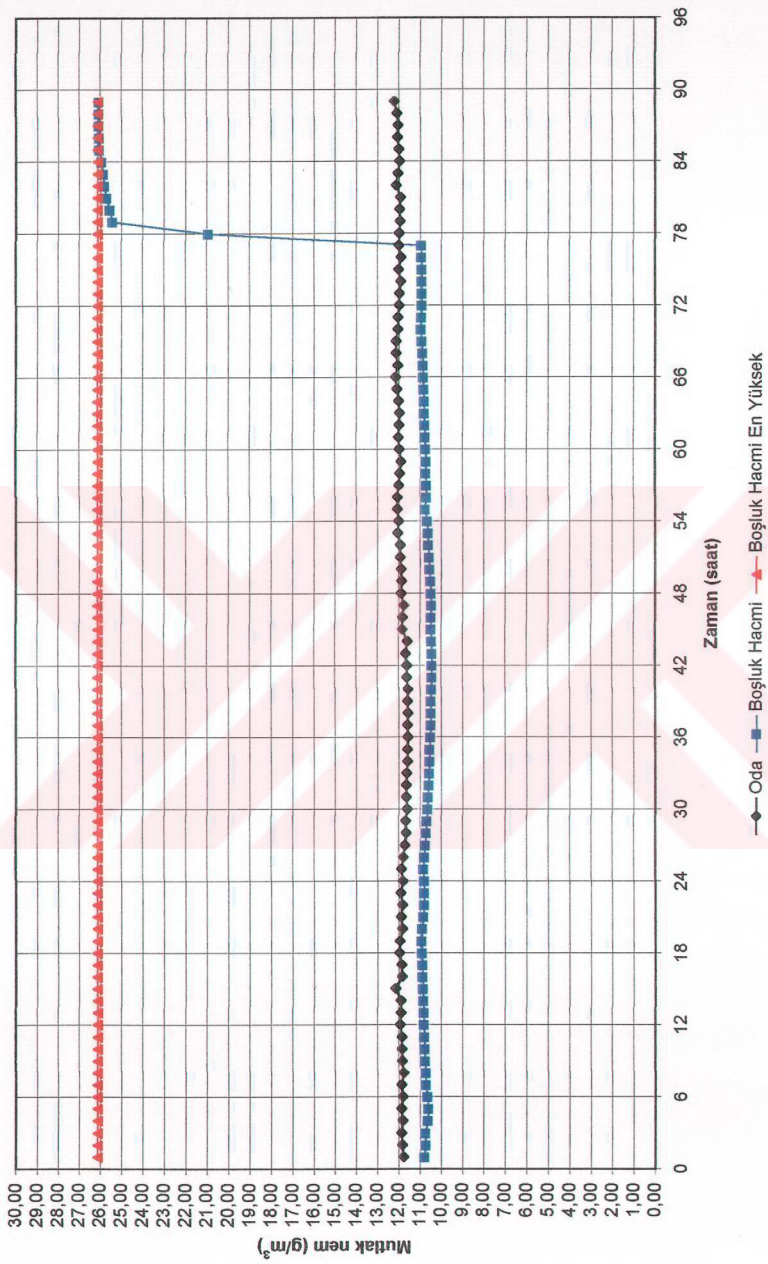
Performans Seviyesi 3.5.

Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve hava basıncı, bitümlü örtüye etki eden çevresel etmen olarak ele alındığında, örtü için seçilen ikinci performans seviyesi, 3.5'dir. Örtünün enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.8 N/mm^2 'lik etkisi simule edildikten (S. No. 3.5.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine, önce, 48 saat boyunca, 0.25 MPa hava basıncı, daha sonra, 96 saat boyunca 0.25 MPa su basıncı uygulanmış ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür.

Oda havasının, boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (g/m^3) ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerinin (g/m^3) yer aldığı grafik, Şekil 6.26'da verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, 96 saat boyunca, ortalama sıcaklığı 27.22°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 26.17 g/m^3 'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 11.77 g/m^3 'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 10.82 g/m^3 'dür.
- 77 saat boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır.
- 78. saat sonunda, boşluk hacmi havasında 15.2 g/m^3 'lük artış olmuş ve boşluk hacmi havası en yüksek mutlak nem değerine erişmiştir.

0.8 N/mm^2 'lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, örtüden sıvı ya da buhar formda su geçmemiştir. Ancak, 0.8 N/mm^2 'lik basınç etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 48 saat boyunca, 0.25 MPa hava basıncı ve 89 saat boyunca su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine buhar formda su olarak geçmiş, burada yoğunlaşmış ve sıvı formda su oluşmuştur.



Şekil 6.26 Performans Seviyesi No. 3.5.'de Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

Performans Seviyesi 4.4.

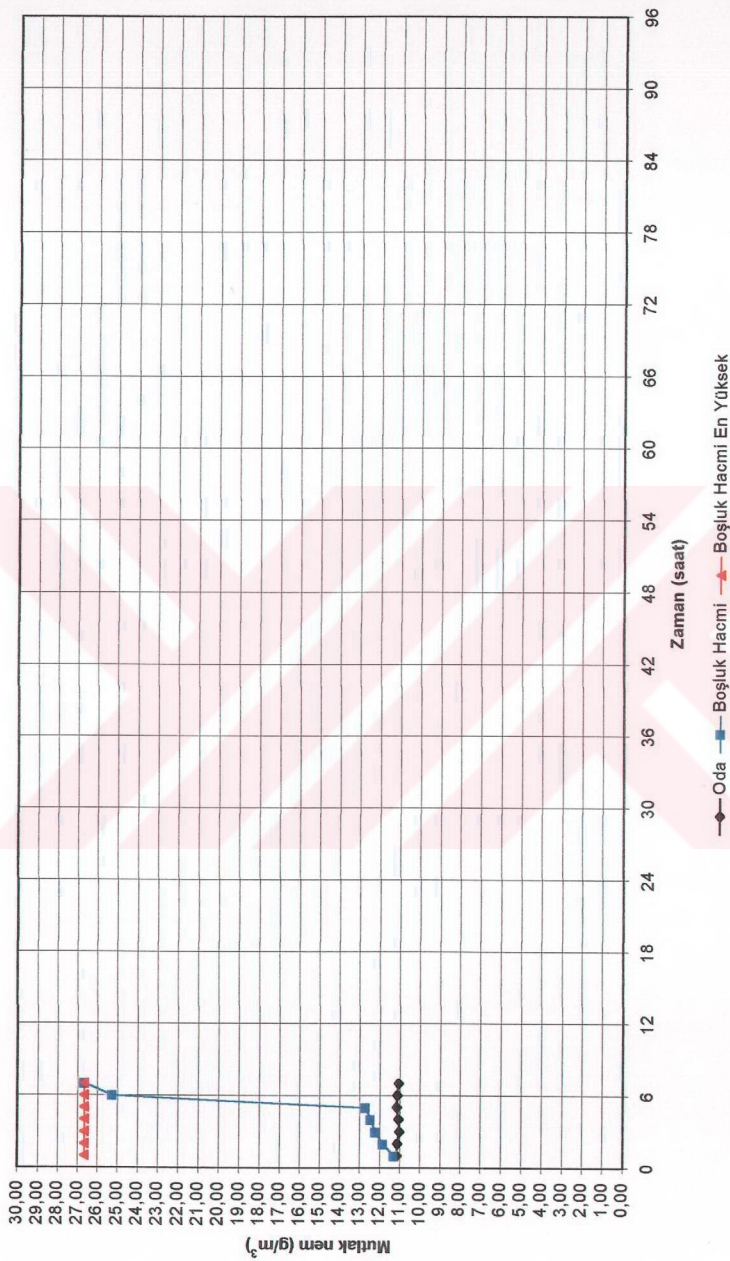
Bitümlü örtüye etki eden çevresel etmen olarak, bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve temel plağındaki eğilme momentlerinin oluşturduğu çekme gerilmeleri ele alındığında, örtü için seçilen ilk performans seviyesi, 4.4.'dür. Tek katlı örtü numunesinin enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.5 N/mm²'lik ve daha sonra 300 N/50 mm.lik çekme gerilmeleri etkileri simule edildikten (S. No. 4.4.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine, 96 saat boyunca 0.25 MPa su basıncı uygulanmış ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür.

Örtünün, söz konusu performans seviyesindeki su geçirimsizlik performansının yer aldığı grafik, Şekil 6.27'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, 6 saat boyunca, ortalama sıcaklığı 27.59°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 26.71 g/m³'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 11.16 g/m³'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 11.31 g/m³'dür.
- 7 saat boyunca, oda havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır.
- 1. saatten sonra, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinde 15.4 g/m³'lük artış olmuş ve boşluk hacmi havası en yüksek mutlak nem değerine erişmiştir.

0.5 N/mm²'lik basınç ve 300 N/50 mm. çekme gerilmesi etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 6 saat boyunca, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine buhar formda su olarak geçmiş, burada yoğunlaşmış ve sıvı formda su olarak açığa çıkmıştır.

Bir sonraki deneyde, yeni, tek katlı örtü numunesinin enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.5 N/mm²'lik ve daha sonra 200 N/50 mm.lik çekme gerilmeleri etkileri simule edildikten (S. No. 4.4.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine, 96 saat boyunca 0.25 MPa su basıncı uygulanmıştır.



Şekil 6.27 Performans Seviyesi 4.4'de (0.5 N/mm²-300 N/mm²-300 N/mm²-300 N/mm² Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı)

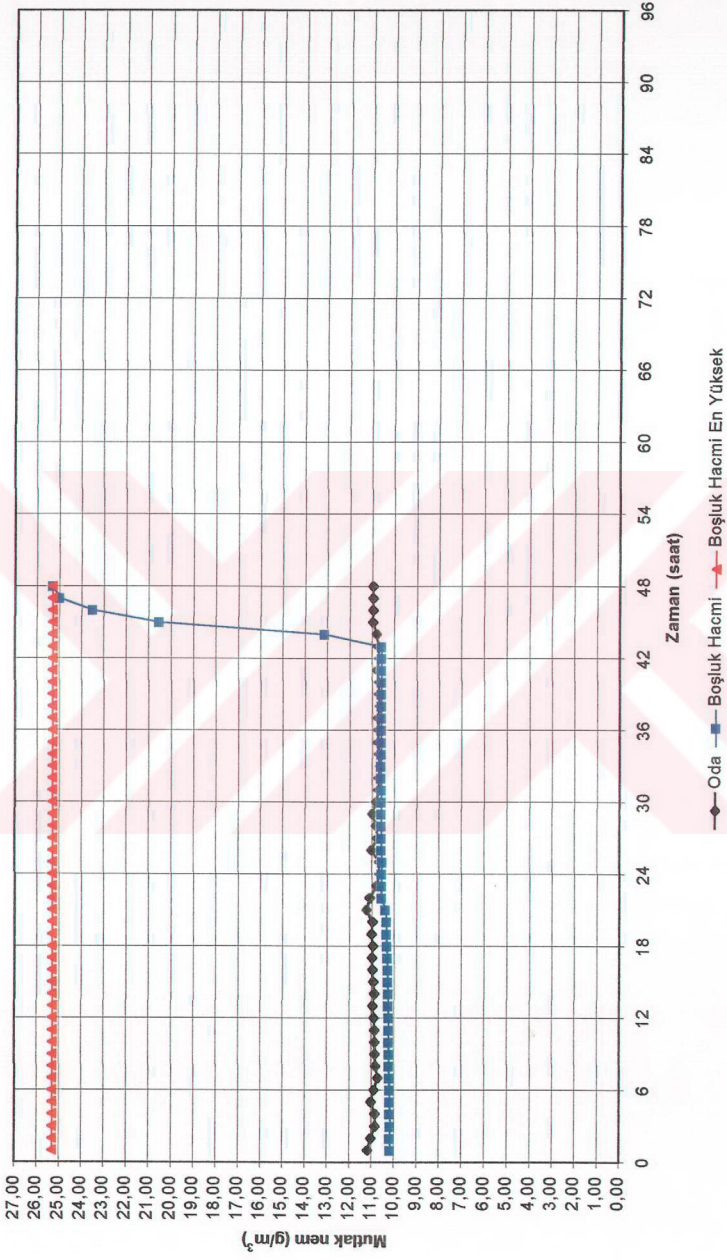
Oda havasının, boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri (g/m^3) ve boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değerinin (g/m^3) yer aldığı grafik, Şekil 6.28'de verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, 48 saat boyunca, ortalama sıcaklığı 26.62°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 25.32 g/m^3 'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 11.18 g/m^3 'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 10.20 g/m^3 'dür.
- 43 saat boyunca, oda ve boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır.
- 43. saatten itibaren, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinde 14.68 g/m^3 'lük artış olmuş ve boşluk hacmi havası en yüksek mutlak nem değerine erişmiştir.

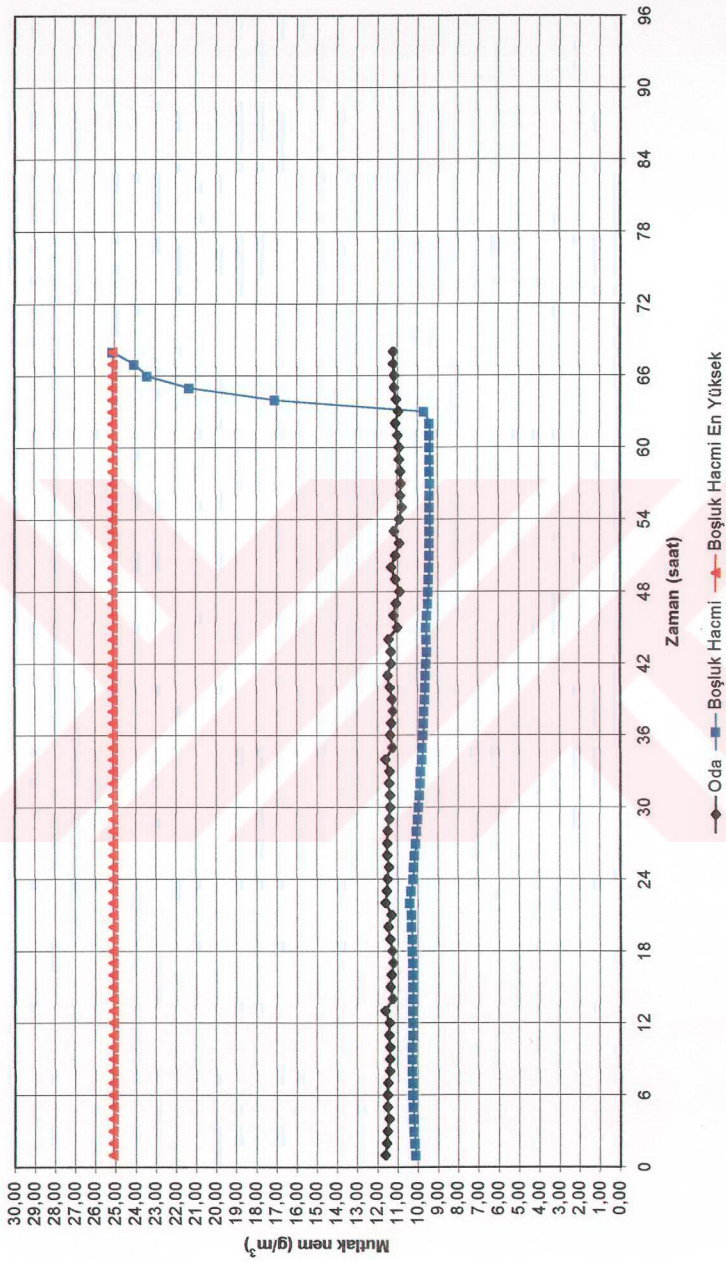
0.5 N/mm^2 'lik basınç ve 200 N/50 mm . çekme gerilmesi etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 48 saat boyunca, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine buhar formda su olarak geçmiştir.

Bir sonraki deneyde, yeni örtü numunesinin enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.5 N/mm^2 'lik ve daha sonra 100 N/50 mm .lik çekme gerilmeleri etkileri simule edildikten (S. No. 4.4.E.) sonra deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine, 96 saat boyunca 0.25 MPa su basıncı uygulanmış ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür. Örtünün su geçirimsizlik performansının ölçülmesi sonucunda elde edilen grafik, Şekil 6.29'da verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, 68 saat boyunca, ortalama sıcaklığı 26.50°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 25.15 g/m^3 'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 11.61 g/m^3 'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 10.12 g/m^3 'dür.



Şekil 6.28 Performans Seviyesi 4.4.'de (0.5 N/mm²-200 N/50mm.) Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı



Şekil 6.29 Performans Seviyesi 4.4.'de (0.5 N/mm²-100 N/50 mm.) Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

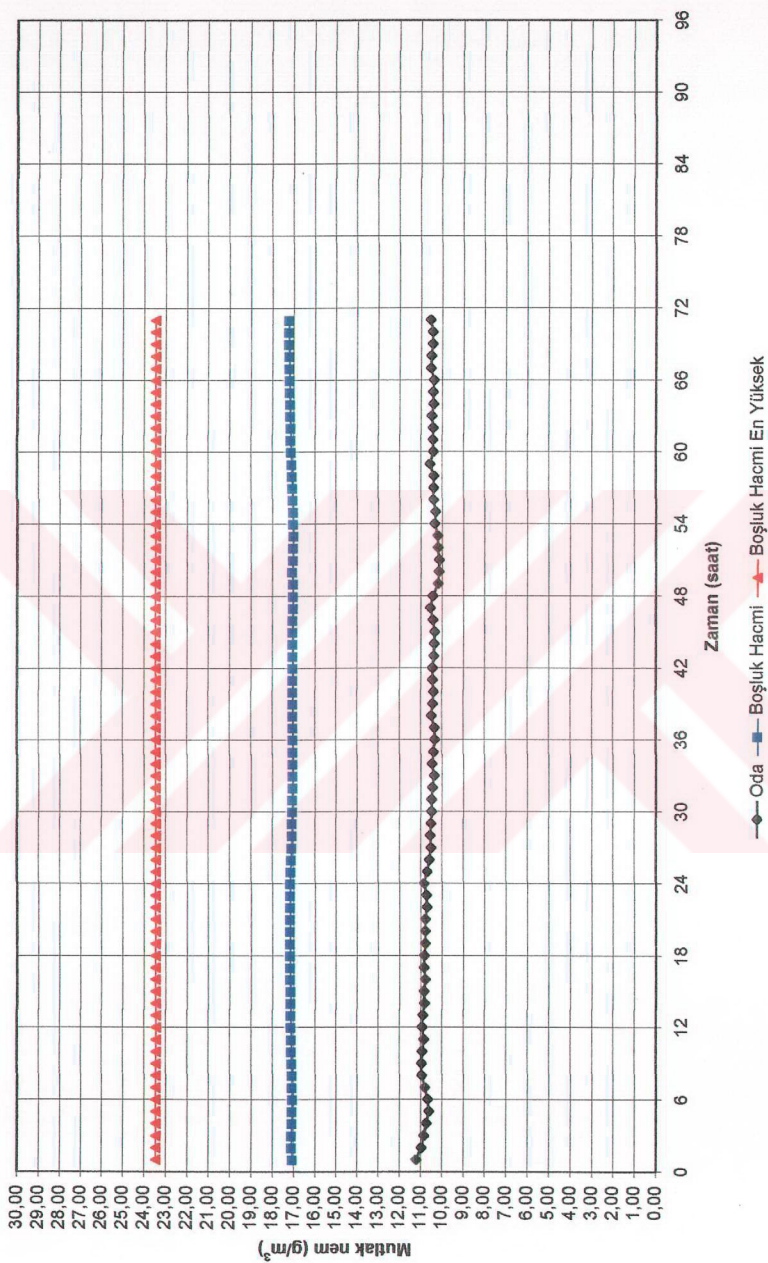
- 63 saat boyunca, oda ve boşluk hacmi havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır.
- 63. saatten itibaren, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerinde 15.46 g/m³'lük artış olmuş ve boşluk hacmi havası en yüksek mutlak nem değerine erişmiştir.

0.5 N/mm²'lik basınç ve 100 N/50 mm. çekme gerilmesi etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 68 saat boyunca, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine buhar formda su olarak geçmiştir.

Performans Seviyesi 5.4.

Bina yükü nedeniyle temel plağında oluşan basınç gerilmeleri ve taban betonunda meydana gelen çatlaklar, bitümlü örtüye etki eden çevresel etmen olarak ele alındığında, örtü için seçilen ilk performans seviyesi, 5.4.'dür. Tek katlı örtü numunesinin enine doğrultusunda, basınç gerilmelerinin 0.5 N/mm²'lik etkisi ve 2 mm. genişliğinde çatlakın neden olduğu şekil değişimi simule edildikten (S. No. 5.4.E.) sonra basınçlı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyine, 96 saat boyunca 0.25 MPa su basıncı uygulanmış ve ölçme sistemi ile, 96 saat boyunca, örtünün su geçirimsizlik performansı ölçülmüştür. Örtünün su geçirimsizlik performansının yer aldığı grafik, Şekil 6.30'da verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

- Oda ve boşluk hacmi havasının, deney süresi boyunca, ortalama sıcaklığı 25.27°C olarak hesaplanmıştır. Boşluk hacmi havasının en yüksek mutlak nem değeri 23.48 g/m³'dür.
- Oda havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 11.21 g/m³'dür. Boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, 17.07 g/m³'dür.
- Deneyin 72. ve 96. saatleri arasında elektrik kesildiği için, bu saatler arasında, boşluk hacmi havasının mutlak nem değerleri verilememiştir.
- 71 saat boyunca, oda ve boşluk havasının mutlak nem değeri, yaklaşık olarak sabit kalmıştır.



Şekil 6.30 Performans Seviyesi 5.4.'de Plastomerik Bütümlü Polyester Keçe Taşıyıcı Örtünün Su Geçirimsizlik Performansı

0.5 N/mm²lik basınç ve 2 mm. genişliğindeki çatlak etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, bir yüzeyi, 71 saat boyunca, 0.25 MPa su basıncı etkisi altında kaldığında, söz konusu basınç etkisiyle sıvı formdaki su, örtünün diğer yüzeyine sıvı veya buhar formda su olarak geçmemiştir.

6.4.3. Bitümlü Örtünün Su Geçirimsizlik Performansının Değerlendirilmesi

Deney yönteminde, bitümlü örtülerin performans seviyelerine bağlı olarak su geçirimsizlik performanslarının ölçülmesi sonucunda elde edilen değerler, Tablo 6.9'da verilmekte ve varılan sonuçlar, aşağıda açıklanmaktadır.

- Deney yöntemi, performans seviyelerinde belirlenen değerlerde şekil değiştiren ve bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan bitümlü örtünün diğer yüzeyinden buhar formda suyun geçtiğini belirleyebilmekte ve geçen buhar formda suyun miktarını ölçebilmektedir. Geçen buhar formdaki su, boşluk hacmi havasını, deney sırasındaki sıcaklık derecesinde doygunluğa ulaştırmış ve boşluk hacmi içinde sıvı formda su olarak açığa çıkmıştır.
- Boşluk hacmi havasına, sadece, diğer yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan şekil değiştirmiş bitümlü örtüden geçebilen buhar formda su geçmiş; boşluk hacmi havası dış ortam havasından izole edildiği belirlenmiştir. Bu nedenle, deney yönteminde, bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden geçen buhar formda suyun miktarı ölçülebilmektedir.
- Deney yöntemi, performans seviyelerinde belirlenen değerlerde şekil değiştiren ve bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan bitümlü örtünün diğer yüzeyinden sıvı formda su geçmediğini belirleyebilmektedir.
- Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bünyesinden diğer yüzeyine, deney süresi sonunda geçen buhar formda su bitümlü örtünün su geçirimsizlik performansının değerlendirilmesinde kullanılacak önemli bir değer olmaktadır.

Tablo 6.9 Bitümlü Örtülerin Performans Seviyelerine Bağlı Olarak Su Geçirimsizlik Performanslarının Ölçülmesi

Performans Seviyesi						Boşluk Hacmi Havası						
No.	Şekli Değişimi				Süre, saat	Bitümlü Örtü Tipi	Sıcaklık, °C	Başlangıç Mutlak Nem, g/m³	Deney Süresi Sonunda Okunan Nem, g/m³	En Yüksek Mutlak Nem, g/m³	Deney Süresi Sonunda (saat) Geçen Buhar Formda Su Miktarı, g/m³	
	Basıncı, N/mm²	Çekme, N/50 mm.	Çatlak, mm.	Hava							Su	saat
1.2.	0.02 (0)				48	O. B. C. T. T.	23	10.40	20.61	20.61	5	10.21
1.3.	0.03 (0)				48	O. B. C. D. T.	23	9.37	8.90	20.70	96	0
1.4.	0.1				96	P. B. P. K. T.	23.71	9.55	9.16	21.5	96	0
						O. B. C. D. T.	23.25	(10.97)	11.30	20.94	96	0
						P. B. P. K. T.	24.47	9.55	10.13	22.44	96	0
2.4.	0.5				96	P. B. P. K. T.	25.74	(10.25)	9.40	24.11	96	0
2.5.	0.8				96	P. B. P. K. T.	27.24	(10.95)	(10.72)	26.20	96	0
3.4.	0.5			0.25	96	P. B. P. K. T.	26.93	10.42	10.73	25.76	96	0
3.5.	0.8			0.25	96	P. B. P. K. T.	27.22	10.82	26.17	26.17	89	15.00
4.4.	0.5	300			96	P. B. P. K. T.	27.59	11.31	26.71	26.71	6	15.00
4.4.	0.5	200			96	P. B. P. K. T.	26.62	10.20	25.32	25.32	48	15.00
4.4.	0.5	100			96	P. B. P. K. T.	26.50	10.12	25.15	25.15	68	15.00
5.4.	0.5		2		96	P. B. P. K. T.	25.27	17.07	17.24	23.48	96	0

O. B. C. T. : Okside Bitümlü Cam Tülü Taşyıcılı Örtü, O. B. C. D. T. : Okside Bitümlü Cam Dokuma Taşyıcılı Örtü, P. B. P. K. T. : Plastomerik Bitümlü Polyeşter Keçe Taşyıcılı Örtü,

Örtüden sıvı formda su geçmediği durumda örtünün su geçirimsiz olduğu, sıvı formda su geçtiği durumda da su geçirimsiz olmadığı kabul edilmektedir. Örtüden buhar formda su geçtiği ve buhar formda suyun sıvı formda su olarak açığa çıktığı durumda da örtünün su geçirimsiz olmadığı kabul edilmekte ve bu kabulün nedenleri, aşağıda verilen bir örnek ile açıklanmaktadır.

Bitümlü örtünün su geçirimsizlik performansının belirlenmesinde kullanılan yöntem, örtünün gerçek hizmet şartlarındaki su geçirimsizlik performansını simule etmektedir, Şekil 6.31. Yöntem, daha önceki bölümlerde açıklanmıştır. Örtünün, gerçek hizmet şartlarındaki durumu ise dört şekilde ele alınmakta; A, B, C ve D olarak kodlanmakta ve aşağıda açıklanmaktadır.

A: Dıştan uygulamada, bitümlü örtü, betonarme perde duvarının dış yüzeyine uygulanmakta, zemin ile örtü arasında ısı yalıtım levhası yer almaktadır.

B: Dıştan uygulamada, bitümlü örtü, betonarme perde duvarının dış yüzeyine uygulanmakta, zemin ile örtü arasında koruyucu bir tabaka, ısı yalıtım malzemesi de duvarın iç yüzeyinde yer almaktadır.

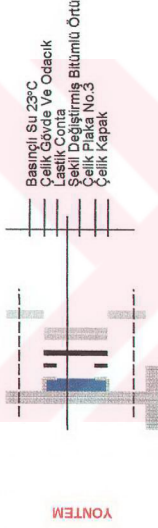
C: İçten uygulamada, bitümlü örtü koruma duvarının iç yüzeyine uygulanmakta, ısı yalıtım levhası, örtü ile betonarme perde duvarın arasında yer almaktadır.

D: Dıştan ve içten uygulamada, bitümlü örtü, taban betonu ile koruma betonu arasında, ısı yalıtım malzemesi ise radye temel plağının iç yüzeyinde yer almaktadır.

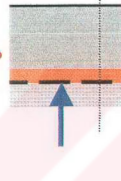
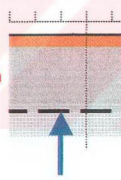
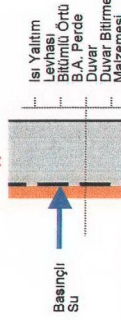
Deney yönteminde, bitümlü örtüye etki eden basınçlı suyun sıcaklığı, $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ olmaktadır, bu nedenle, dıştan ve içten uygulamada yer alan bitümlü örtüye etki eden basınçlı suyun sıcaklığı da aynı değerde kabul edilmiştir. Gerçek hizmet şartlarında, örtüye etki eden yeraltı suyu sıcaklık değerinin ölçülebildiği durumlarda, deney yönteminde, örtüde aynı sıcaklık ve basınç değerindeki su etkisinin simule edilebilme olanağı bulunmaktadır.

Dıştan ve içten uygulamada yer alan bitümlü örtü, gerçek hizmet şartlarında, bir takım çevresel etmenlerin etkisi altında şekil değiştirmektedir. Deney yönteminde, söz konusu şekil değişimleri, bitümlü örtüde simule edilmiştir.

Dıştan ve içten uygulamada, bitümlü örtü, betonarme perde duvarın ve radye temel plağın dışında yer almaktadır. Deney aletinde ise bitümlü örtü, çelik plaka no. 3'ün dış yüzeyinde yer almaktadır. Böylece, içinde boşluk hacminin yer aldığı çelik plaka no. 3, betonarme perde duvar ve radye temel plağı olarak kabul edilmiştir.



GERÇEK HİZMET SATLARI



P. S.	Bitümlü Örtü	Yöntemde Geçen Buhar Formda Su g/m ²	Hasar Tipi
1.2.	O.B.C.T.T.	10 > (7)	1
1.3.	O.B.C.D.T.	0	-
1.4.	P.B.P.K.T.	0	-
	P.B.P.K.T.	0	-

P. S.	Bitümlü Örtü	Yöntemde Geçen Buhar Formda Su g/m ²	Hasar Tipi
1.2.	O.B.C.T.T.	10 > (7)	2
1.3.	O.B.C.D.T.	0	-
1.4.	P.B.P.K.T.	0	-
	P.B.P.K.T.	0	-

P. S.	Bitümlü Örtü	Yöntemde Geçen Buhar Formda Su g/m ²	Hasar Tipi
1.2.	O.B.C.T.T.	10 > (7)	3
1.3.	O.B.C.D.T.	0	-
1.4.	P.B.P.K.T.	0	-
	P.B.P.K.T.	0	-

P. S.	Bitümlü Örtü	Yöntemde Geçen Buhar Formda Su g/m ²	Hasar Tipi
2.4.	P.B.P.K.T.	0	-
2.5.	P.B.P.K.T.	0	-
3.4.	P.B.P.K.T.	0	-
3.5.	P.B.P.K.T.	15 > (7)	2
4.4.	P.B.P.K.T.	15 > (7)	2
4.4.	P.B.P.K.T.	15 > (7)	2
5.4.	P.B.P.K.T.	0	-

P.S.: Performans Seviyesi, O.B.C.T.T.: Okside Bitüm Cam Tülü Taşıyıcılı Örtü, O.B.C.D.T.: Okside Bitüm Cam Dokuma Taşıyıcılı Örtü, P.B.P.K.T.: Plastomerik Bitümlü Polyester Keçe Taşıyıcılı Örtü.

Hasar Tipi		Hasar Tipi
1	2	3
- Sıvı formda su oluşmaktadır. - Donatı korozyonu - İçeri doğru kuruma olma ve iç ortam bağı nem miktarı artarak, iç ortam konfor koşulları bozulmaktadır. - Çökeltme - Kül ve mantar oluşumu	- Sıvı formda su - Donatı korozyonu - Isı yalıtım malzemesi, suyu emebilen bir malzeme ise ısı ilekenlik değerinde azalma olmaktadır.	- Isı yalıtım levhasının buhar difüzyon direnç faktörü düşük ise - Hasar Tipi 1

Şekil 6.31 Bitümlü Örtünün Su Geçirimsizlik Performansının Değerlendirilmesi

Plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün 5.4. performans seviyesindeki deneyi haricindeki tüm deneylerde, boşluk hacmi havasının başlangıç ortalama saatlik mutlak nem değeri, $10.3 \text{ g/m}^3 \pm 1 \text{ g/m}^3$ ’dür. 20°C sıcaklıkta, %59.6 bağıl neme sahip olan havanın mutlak nem değeri de 10.3 g/m^3 olmaktadır. İçinde boşluk hacminin yer aldığı çelik plaka no. 3’ün, betonarme perde duvar ve radye temel plağı olarak kabul edilmesine bağlı olarak, betonarme perde duvarın ve radye temel plağın başlangıç sıcaklık, bağıl nem ve mutlak nem değeri, sırasıyla, 20°C , %59.6 ve 10.31 g/m^3 olarak kabul edilmiştir. Betonarme perde duvar ve radye temel plağın başlangıç mutlak nem değerinin farklı bir değerde olması istenildiği durumda; deney yönteminde, boşluk hacmi havasının başlangıç mutlak nem değeri de istenilen değerde ayarlanabilmektedir.

Betonarme perde duvarın ve radye temel plağın başlangıç sıcaklık, bağıl nem ve mutlak nem değeri, sırasıyla, 20°C , %59.6 ve 10.31 g/m^3 olarak kabul edilmiştir. Betonarme perde duvarın ve radye temel plağın 20°C sıcaklıkta doyumluğa eriştiği durumdaki mutlak nem değeri; diğer bir anlatımla, 20°C sıcaklık ve % 100 bağıl nemdeki mutlak nem değeri 17.36 g/m^3 olmaktadır. Böylece, bir performans seviyesinde, şekil değiştirmiş bitümü örtünün bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kaldığında, örtünün diğer yüzeyinden, betonarme perde duvarı ve radye temel plağına geçen buhar formda su miktarı 7 g/m^3 ’den daha fazla ise, betonarme perde duvarı ve radye temel plağındaki buhar formda su, sıvı formda su olarak açığa çıkmaktadır.

Şekil 6.31’de, her bir performans seviyesinde, bitümlü örtüden, yaklaşık olarak geçen buhar formda su miktarının, betonarme perde duvarı, radye temel plağı ile ısı yalıtım levhasına geçen buhar formda su miktarının, bu elemanlarda sıvı formda su oluşturup oluşturmadığını ve geçebilen buhar formda suyun neden olabileceği hasar tiplerinin kodlarını vermektedir. Hasar tipleri, verilen kodlara bağlı olarak, açıklanmaktadır.

Örtünün gerçek hizmet şartlarından birini veren A durumunda, tek katlı okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtü enine doğrultuda, betonarme perde duvarının dış yüzeyine uygulandığında, bir yüzeyi 0.05 MPa basınçlı su etkisi altında kalan, zemin yanal basıncı (0.02 N/mm^2) nedeniyle şekil değiştirmiş örtünün (performans seviyesi No. 1.2.), diğer yüzeyinden betonarme perde duvarına buhar formda su geçmektedir. Geçen buhar formda su, örtünün bünyesinde, sabit bir rejim oluşturmaktadır. Geçen buhar formda su, 20°C sıcaklıkta %60 bağıl neme sahip

duvarın, aynı sıcaklıktaki bağıl nem miktarını arttırmakta ve belirli bir süre sonra duvarda sıvı formda su oluşmaktadır. Sıvı formda su, betonarme perde duvarındaki çelik donatılarda korozyona neden olabilmektedir. Duvara sürekli gelen buhar veya sıvı formda su, şartlara bağlı olarak, duvardan iç ortama doğru kuruyabilmekte; bu durumda, havalandırmasız bodrum iç ortam havasında bağıl nem miktarı artmakta ve iç ortam konfor koşulları ile hava kalitesi bozulmaktadır. Çiçeklenme de, bu aşamada görülebilen diğer bir hasar tipi olmaktadır. Okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı örtü ile plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtüden ise sıvı veya buhar formda su geçmemektedir.

Örtünün gerçek hizmet şartlarından bir değerini veren B durumunda, okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtü enine doğrultuda, betonarme perde duvarının dış yüzeyine uygulandığında, bir yüzeyi 0.05 MPa basınçlı su etkisi altında kalan, zemin yanal basıncı (0.02 N/mm^2) nedeniyle şekil değiştirmiş örtünün, diğer yüzeyinden betonarme perde duvarına buhar formda su geçmektedir. Geçen buhar formda su, 20°C sıcaklıkta %60 bağıl neme sahip duvarın, aynı sıcaklıktaki bağıl nem miktarını arttırmakta ve sonuçta duvarda sıvı formda su oluşmaktadır. Sıvı formda su, betonarme perde duvarındaki çelik donatılarda korozyona neden olabilmektedir. Isı yalıtım malzemesi, suyu emebilen bir malzeme ise ısı iletkenlik değeri azalabilmektedir. Okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı örtü ile plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtüden ise sıvı veya buhar formda su geçmemektedir.

Örtünün gerçek hizmet şartlarından bir değerini veren C durumunda, okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtü enine doğrultuda, koruma betonunun iç yüzeyine uygulandığında, bir yüzeyi 0.05 MPa basınçlı su etkisi altında kalan, zemin yanal basıncı (0.02 N/mm^2) nedeniyle şekil değiştirmiş örtünün, diğer yüzeyinden ısı yalıtım malzemesine buhar formda su geçmektedir. Isı yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direnç faktörünün düşük olduğu durumda, örtüden geçen buhar formda su, ısı yalıtım malzemesinin bünyesinden, betonarme perde duvarına da geçebilmektedir.

Örtünün gerçek hizmet şartlarından bir değerini veren D durumunda ise, 3.5. ve 4.4. performans seviyelerinde, plastomerik bitümlü örtüden radye temel plağının bünyesine buhar formda su geçmektedir. Geçen buhar formda su, 20°C sıcaklıkta %60 bağıl neme sahip duvarın, aynı sıcaklıktaki bağıl nem miktarını arttırmakta ve sonuçta duvarda sıvı formda su oluşmaktadır. Sıvı formda su, betonarme perde duvarındaki çelik donatılarda korozyona neden olabilmektedir. Isı yalıtım malzemesi, suyu emebilen bir malzeme ise ısı iletkenlik değeri azalabilmektedir.

Yukarıda yapılan açıklamalara bağlı olarak, örtüden buhar formda su geçtiği ve buhar formda suyun yoğunlaşarak sıvı formda su halinde açığa çıktığı durumda da örtünün su geçirimsizlik performansının yetersiz olduğu kabul edilmektedir. Bu kabule bağlı olarak, performans seviyelerinde, buhar veya sıvı formda su geçirimsizlik performansına bağlı olarak dış kabuk sisteminde kullanılabilir, yöntemde denenilen bitümlü örtüler, Tablo 6.10'da verilmektedir. 0.02 N/mm² basınç etkisi altında şekil değiştirmiş okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtüye 0.05 MPa su basıncı uygulandığında, örtünün bünyesinden buhar formda su geçtiği ve sıvı formda su olarak açığa çıktığı belirlenmiştir. Böylece, okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtünün, dıştan ve içten uygulamada, duvarda ve döşemede kullanılmaması gerekmektedir.

Tablo 6.10 Performans Seviyelerinde Su Geçirimsizlik Performansına Bağlı Olarak Dış Kabuk Sisteminde Kullanılabilir Bitümlü Örtüler

Performans Seviyesi						Sıvı-Buhar Formda Su Geçirimsizlik Performansı	Dış Kabuk Sisteminde Kullanılabilir Bitümlü Örtü
No.	Şekil Değişimi			Basınç, MPa			
	Basınç N/mm	Çekme, N/50 mm.	Çatlak mm.	Hava	Su		
Duvar da yer alan örtü	1.1.	0.01			0.02	Geçirimsiz olarak kabul edildi	O.B.C.D.T.O.
						Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	1.2.	0.02			0.05	Sıvı-buhar formda su geçirmedi	O.B.C.D.T.O.
						Sıvı-buhar formda su geçirmedi	P.B.P.K.T.O.
	1.3.	0.03			0.10	Sıvı-buhar formda su geçirmedi	O.B.C.D.T.O.
						Sıvı-buhar formda su geçirmedi	P.B.P.K.T.O.
	1.4.	0.1			0.25	Sıvı-buhar formda su geçirmedi	O.B.C.D.T.O.
						Sıvı-buhar formda su geçirmedi	P.B.P.K.T.O.
	2.1.	0.1			0.02	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	2.2.	0.2			0.05	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	2.3.	0.3			0.10	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	2.4.	0.5			0.25	Sıvı-buhar formda su geçirmedi	P.B.P.K.T.O.
Döşemede yer alan örtü	2.5.	0.8			0.25	Sıvı-buhar formda su geçirmedi	P.B.P.K.T.O.
	3.1.	0.1		0.02	0.02	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	3.2.	0.2		0.05	0.05	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	3.3.	0.3		0.10	0.10	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	3.4.	0.5		0.25	0.25	Sıvı-buhar formda su geçirmedi	P.B.P.K.T.O.
	3.5.	0.8		0.25	0.25	Buhar formda su geçti, sıvı formda su olarak açığa çıktı.	
	4.1.	0.1	100,200..n		0.02	Denenmedi	
	4.2.	0.2	100,200..n		0.05	Denenmedi	
	4.3.	0.3	100,200..n		0.10	Denenmedi	
	4.4.	0.5	100,200,300		0.25	Buhar formda su geçti, sıvı formda su olarak açığa çıktı.	
	5.1.	0.1		2	0.02	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	5.2.	0.2		2	0.05	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	5.3.	0.3		2	0.10	Geçirimsiz olarak kabul edildi	P.B.P.K.T.O.
	5.4.	0.5		2	0.25	Sıvı-buhar formda su geçirmedi	P.B.P.K.T.O.

O.B.C.D.T.Ö.: Okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı örtü, P.B.P.K.T.Ö.: Plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtü.

7. SONUÇLAR

Dış çevresel etmenlerin etkisi altında, kullanıcı gereksinmelerine uygun bir bodrum iç ortamı oluşturmak için, güvenli, sağlıklı vb. nitelikleri sağlayacak şekilde bir fiziksel performans gösteren toprak altı dış kabuk sistemi tasarlanmalıdır. Bu nedenle, dış kabuk sistemine etki eden dış çevresel etmenler ile bodrum iç ortamı için kullanıcı gereksinimleri tanımlanarak, sınıflandırılmıştır. Dış kabuk sisteminin performans analizi yapılmış ve sistem için performans gereksinimleri belirlenmiştir, Tablo 2.6. Performans gereksinmelerini karşılayan sistem bileşenleri ve bileşenler için performans kriterleri belirlenmiştir, Tablo 3.4. Dış kabuk sisteminin, istenilen niteliklerde bir fiziksel performans göstermesi ise, performans kriterleri belirlenmiş sistem bileşenlerin bir araya getirilmesiyle gerçekleşmektedir. Ancak, sistem bileşenlerinin fiziksel özelliklerinin, gerçek hizmet şartlarında, performans kriterlerini sağlayıp sağlamadığının bir performans değerlendirme yöntemi ile belirlenmesi gerekmektedir. Gerçek hizmet şartlarında, bileşenin fiziksel özelliğinin, performans kriterini sağlamadığı durumda, bodrum hasarları meydana gelmektedir.

Yeraltı suyu bulunan zeminde yer alan dış kabuk sistemi için belirlenmiş olan performans gereksinimleri aşağıda verilmektedir.

- Dış kabuk sisteminde, belirli bir basınç altındaki suyun, sistemin bünyesine nüfuz etmesi önlenmelidir.
- Dış kabuk sistemi, yeraltı suyunun oluşturduğu basınç etkisine karşı dayanıklı ve dengede olmalıdır.

Dış kabuk sisteminin performans gereksinmelerini karşılayan sistem bileşenleri ve bileşenlerin performans kriterleri belirlenmiştir. Bunlar, aşağıda verilmektedir.

- Dış kabuk sisteminde, belirli bir basınç altındaki suyun, sistemin bünyesine nüfuz etmesi önlenmesi için; bu çalışmada, bitümlü örtüler ele alınmıştır. Bitümlü örtüler için belirlenmiş olan performans kriteri ise örtünün basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olmasıdır.

- Dış kabuk sisteminin, yeraltı suyunun oluşturduğu basınç etkisine karşı dayanıklı ve dengede olması için belirlenen sistem bileşenleri, betonarme perde duvar ve radye temel plağıdır. Sistem bileşenleri için belirlenmiş olan performans gereksinimleri ise, strüktürel elemanların yükleri, malzeme basınç, çekme, eğilme, kesme dayanımları ve zemin taşıma kapasitesi güvenlik sınır değerleri altında kalacak şekilde taşıması ve aktarmasıdır.

Yeraltı suyu bulunan zeminde, betonarme perde duvarı, temel plağı ve bitümlü örtüler ile dış kabuk sistemi iki şekilde tasarlanmaktadır. Bunlardan biri, dıştan uygulama; diğeri ise, içten uygulamadır. Dıştan ve içten uygulamanın incelenmesi ile elde edilmiş olan sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Dıştan ve içten uygulamada, duvara uygulanan bitümlü örtüler, eşdeğer olmayan zemin yanal basıncının etkisi altında olmaktadır. Bitümlü örtü, eşdeğer olmayan zemin yanal basıncının etkisi altında şekil değiştirmektedir.
- Dıştan ve içten uygulamada, döşemeye uygulanan bitümlü örtüler, bina toplam yükü nedeniyle temel plağı tabanında oluşan basınç gerilmelerinin, söz konusu basınç gerilmeleri ile birlikte hava basıncının, temel plağında oluşan çekme gerilmelerinin ve taban betonunda oluşan çatlakların etkisi altında olmaktadır. Bitümlü örtü, söz konusu etkiler altında şekil değiştirmektedir.
- Dıştan ve içten uygulamada yer alan bitümlü örtü, kullanıldığı ortamda, yukarıda açıklanan şekil değişimlerini yapmakta; aynı zamanda, yeraltı suyunun neden olduğu belirli bir basınç altında suyun etkisi altında da olmaktadır.

Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında olan, diğeri yüzeyi betonarme perde duvarı ve temel plağı ile temas eden; diğeri bir anlatımla, iki yüzeyi arasında basınç farkı bulunan bitümlü örtüde; sıvı formda suyun örtünün bünyesine nüfuz etme, bünyede taşınma ve diğeri yüzeyine geçme olayları, aşağıda açıklandığı şekilde gerçekleşebilmektedir.

- Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan bitümlü örtüde, sıvı formda su, basınç etkisiyle, örtünün yüzeyine gelmektedir. Örtünün bünyesinde birbiriyle ilişkili mikro, kılcal veya makro boşlukların bulunması durumunda; sıvı formda su, söz konusu boşluklara nüfuz edebilmekte, boşluklar sıvı formda suya doyduktan sonra örtünün diğeri yüzeyine ve bu yüzey ile temas eden yapı elemanının bünyesine sıvı formda su olarak geçebilmektedir. Örtünün bünyesinde birbiriyle ilişkili mikro, kılcal veya makro boşlukların bulunmadığı durumda; sıvı formda su,

örtünün bünyesine nüfuz edememekte ve örtünün diğer yüzeyine ve bu yüzey ile temas eden yapı elemanlarının bünyesine sıvı formda su olarak geçememektedir.

- Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan bitümlü örtüde, sıvı formda su, basınç etkisiyle, örtünün yüzeyine gelmektedir. Sıvı formda su, örtünün moleküller arası boşluklarında, kısmi buhar basınç farkı nedeniyle, buharlaşabilmektedir. Bu durumda, aşağıda verilen iki olaydan biri gerçekleşmektedir.
 - Örtünün moleküller arası boşluk boyutu, su molekül çapından büyüktür; bu nedenle, buhar formda su moleküller arası boşluklara nüfuz edebilmekte, boşluklar buhar formda suya doyunca, örtünün diğer yüzeyine ve bu yüzey ile temas eden yapı elemanının bünyesine buhar formda su olarak geçebilmektedir. Buhar formda su, yapı elemanının sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak bünye içinde yoğuşabilmekte veya yüzeyde terleme olayı gerçekleşmekte ve sonuçta sıvı formda su olarak açığa çıkabilmektedir.
 - Örtünün moleküller arası boşluk boyutu, su molekül çapından küçüktür; bu nedenle, buhar formda su moleküller arası boşluklara nüfuz edememekte ve örtünün diğer yüzeyine geçememektedir.

Kısaca, bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında olan bitümlü örtünün diğer yüzeyine ve bu yüzey ile temas eden yapı elemanının bünyesine sıvı veya buhar formda su geçme veya geçmeme olasılıkları bulunmaktadır. Bu olasılıklara bağlı olarak, örtünün su geçirimsizliği ile ilgili yapılan kabuller, aşağıda açıklanmaktadır.

- Örtüden sıvı formda su geçmediği durumda, örtünün basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olduğu; bu nedenle, örtünün, kendisi için belirlenen performans kriterini sağladığı ve dış kabuk sisteminin performans gereksinmesini karşıladığı kabul edilmektedir.
- Örtüden sıvı formda su geçtiği durumda, örtünün basınçlı su geçirimsizlik katsayısının sıfır olmadığı; bu nedenle, örtünün, kendisi için belirlenen performans kriterini sağlamadığı ve bodrum hasarlarının oluşacağı kabul edilmektedir.
- Örtüden buhar formda su geçmesi durumunda, örtünün su geçirimsizliği ile ilgili yapılan mevcut bir kabul bulunmamaktadır. Ancak, örtünün bünyesinden, yapı

elemanı ile temas eden yüzeyine ve yapı elemanının bünyesine buhar formda su geçişi olduğu durumda da donatı korozyonu, bodrum iç ortam bağıl neminin artması sonucu iç ortam konfor koşullarının bozulması, küf ve mantar oluşumu, vb. bodrum hasarları oluşabilmektedir. Bu nedenle, örtünün bünyesinden buhar formda su geçişinin olduğu durumda da, örtünün su geçirimsizlik özelliğinin olmadığı kabul edilmiştir.

Bitümlü örtünün, basınçlı su etkisi altında, sıvı formda su geçirip geçirmediğini belirlemekte kullanılan mevcut deney yöntemleri incelenmiştir. Söz konusu yöntemlerin incelenmesi ile elde edilmiş olan sonuçlar, aşağıda açıklanmaktadır.

- Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtüler kullanılmakta; gerçek kullanım şartlarında, örtüde meydana gelen şekil değişimini simüle eden mevcut bir yöntem bulunmamaktadır.
- Bitümlü örtülerden, buhar formdaki suyun geçişini belirleyen mevcut bir yöntem bulunmamaktadır. Mevcut deney yöntemlerinde, bir yüzeyi belirli bir basınç değerindeki suyun etkisi altında olan şekil değiştirmemiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden geçebilen sıvı formda su, çıplak gözle ile belirlenmektedir.
- Mevcut deney yöntemlerinde, şekil değiştirmemiş bitümlü örtü, en fazla 24 saat basınçlı su etkisine maruz bırakılmaktadır. Oysa, bitümlü örtü, gerçek hizmet şartlarında, daha uzun bir süre basınçlı suyun etkisi altında kalmaktadır.

Bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında kalan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün, diğer yüzeyinden sıvı ve buhar formda su geçirip geçirmediğini tespit etmek; diğer bir anlatımla; gerçek hizmet şartlarında, fiziksel özelliğinin, kendisi için belirlenen performans kriterini sağlayıp sağlamadığını belirleyen bir performans değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemin aşamaları, aşağıda açıklanmaktadır.

- Dıştan ve içten uygulamada bitümlü örtüye etki eden çevresel etmenler nedeniyle bitümlü örtüde meydana gelen şekil değişimleri tanımlanmış; örtüde meydana gelen şekil değişimlerin değerleri ile örtüye etki eden yeraltı suyu basınç değerleri bir araya getirilmiş ve bitümlü örtünün performans seviyeleri belirlenmiştir, Tablo 6.2.
- Bitümlü örtülerin performans seviyelerinde, sıvı formda su geçirip geçirmediğini tespit etmek ve buhar formda su geçirip geçirmediğini hassas bir biçimde ölçmek için bir deney yöntemi geliştirilmiştir. Deney yönteminde, performans

seviyelerinde belirlenen değerlerdeki şekil değişim değerleri, örtü numunelerinde simule edilmiştir. Basıncı su deney aletinde, şekil değiştirmiş bitümlü örtünün bir yüzeyinde, belirli bir süre, örtünün performans seviyelerinde belirlenen değerlerdeki basınçlı suyun etkisi simule edilmiştir. Bir yüzeyi, mevcut deney yöntemlerindeki süreden daha uzun bir süre, basınçlı suyun etkisi altında bulunan şekil değiştirmiş bitümlü örtünün diğer yüzeyinden sıvı ve buhar formda suyun geçip geçmediği, ölçme sistemi ile ölçülerek belirlenmiştir.

Yöntemin, tek katlı, enine doğrultuda, okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı (50 g/m², 2.4 mm.), okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı (200 g/m², 2.9 mm.) ve plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı (180 g/m², 3 mm.) örtü numunelerinde denenmesi ile elde edilen sonuçlar, aşağıda verilmektedir.

- Duvara uygulanan bitümlü örtüler, eşdeğer olmayan zemin yanal basıncının etkisi altında şekil değiştirmektedir. Örneğin, iki bodrum katlı binada, 0.02 N/mm² zemin yanal basınç etkisi altında şekil değiştirmiş bitümlü örtü, aynı zamanda, 0.05 MPa değerinde basınçlı su etkisi altında kalmaktadır. Duvara uygulanan bitümlü örtüler için belirlenen diğer performans seviyeleri, 0.03 N/mm²–0.10 MPa ve 0.1 N/mm²–0.25 MPa olmaktadır. 0.02 N/mm² basınç etkisi altında şekil değiştirmiş okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtüye 0.05 MPa su basıncı uygulandığında, örtünün bünyesinden buhar formda su geçtiği belirlenmiştir, Şekil 6.18. Geçen buhar formda su miktarı ölçme sistemi ile hassas bir biçimde ölçülmüştür. Buhar formda su geçişinin, geçtiği ortam havasının sahip olduğu sıcaklık derecesinde doygunluğa eriştirinceye kadar devam ettiği; böylece, geçen buhar formda suyun, sıvı formda su olarak açığa çıktığı belirlenmiştir. Geçen buhar formda suyun ölçülen miktarı, 20°C sıcaklıkta ve %60 bağıl neme sahip bir betonarme perde duvarının bünyesinde yoğunlaşarak sıvı formda su olarak açığa çıkabilmekte ve bu nedenle, bazı bodrum hasarlarına neden olabilmektedir. Böylece, okside bitümlü cam tülü taşıyıcılı örtünün, dıştan ve içten uygulamada, duvarda kullanılmaması gerektiği ortaya konulmuştur. Döşemede yer alan bitümlü örtülerde meydana gelen şekil değişim değerlerinin 0.02 N/mm² 'den daha büyük olması nedeniyle, söz konusu örtünün döşemede kullanıldığı durumda da geçirimsizlik özelliğinin olmayacağı ve örtünün, dıştan ve içten uygulamada kullanılmaması gerektiği kabul edilmiştir. Duvarda yer alan bitümlü örtüler için belirlenen performans seviyelerine bağlı olarak okside bitümlü cam dokuma taşıyıcılı ve plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtülerin geçirimsizlik performanslarının ölçülmesi sonucunda, her iki örtünün, bütün

performans seviyelerinde, sıvı veya buhar formda su geçirmediği tespit edilmiştir, (örnek olarak bakınız Şekil 6.22). Söz konusu örtülerin, dıştan ve içten uygulamada, duvarda kullanılabilecekleri ortaya konulmuştur.

- Döşemede yer alan ve bu nedenle basınç etkisi altında şekil değiştirmiş plastomerik bitümlü polyester keçe taşıyıcılı örtünün, buhar ve sıvı formda su geçirmediği; ancak, basınç etkisi altında şekil değiştirmiş söz konusu örtünün hava basıncı (performans seviyesi 3.5.) ve çekme gerilmelerinin etkisi altında (performans seviyeleri 4.4.) buhar formda su geçirdiği ve buhar formda suyun, sıvı formda su olarak açığa çıktığı, yöntem ile hassas ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Örneğin, performans seviyesi 0.5 N/mm²–0.25 MPa'da örtü, buhar ve sıvı formda su geçirmemiş; ancak, 0.5 N/mm² basınç gerilmesi ve 300 N/50 mm çekme gerilmesi etkisi altında şekil değiştirmiş örtünün, 0.25 Mpa su basıncı etkisi altında kaldığında 6 saat, 0.5 N/mm², 200 N/50 mm-0.25 MPa'da 48 saat ve 0.5 N/mm², 100 N/50 mm-0.25 MPa'da 68 saat sonra, sonradan sıvı formda su olarak açığa çıkan buhar formda su geçirdiği, yöntem ile belirlenmiştir, Şekil 6.23, Şekil 6.27, Şekil 6.28, Şekil 6.29. Ayrıca örtü, performans seviyesi 0.8 N/mm²–0.25 MPa'da buhar ve sıvı formda su geçirmemiş; ancak, 0.8 N/mm² basınç etkisi altında şekil değiştirmiş örtünün, 0.25 MPa hava basıncı ve 0.25 MPa su basıncı etkisi altında sonradan sıvı formda su olarak açığa çıkan buhar formda su geçirdiği, yöntem ile belirlenmiştir, Şekil 6.25, Şekil 6.26.
- Duvar ve döşemede yer alan bitümlü örtünün performans seviyelerinde, buhar ve sıvı formda su geçirimsiz olan ve bu nedenle dış kabuk sisteminde kullanılabilecek bitümlü örtü tipleri, Tablo 6.10'da verilmektedir. Yöntemin, piyasada mevcut bütün bitümlü örtü tiplerine uygulanması ile, dıştan ve içten uygulamada, performans seviyelerinde buhar ve sıvı formda su geçirimsizlik özelliğine bağlı olarak uygulanabilecek bitümlü örtü tipleri ortaya konulmakta, örtüler arasında karşılaştırma yapılabilmekte ve geçirimsizlik özelliği olan örtünün kullanılması ile de performans gereksinmesini sağlayan; diğer bir anlatımla, güvenli ve sağlıklı dış kabuk tasarlanabilmektedir.
- Bitümlü örtünün, bazı performans seviyelerinde buhar formda su geçirdiği ve buhar formda suyun, sıvı formda su olarak açığa çıktığı, yöntem ile hassas bir biçimde ölçülerek belirlenmiştir. Ayrıca, yöntemde kullanılan bitümlü örtüden, sıvı formda su geçişi olmadığı da yöntem ile belirlenmiştir. Böylece, mevcut deney yöntemlerinde, örtüden sıvı formda su geçtiğinin çıplak gözle belirlendiği durumlarda, bu durumun nedeninin örtünün sıvı formda su geçirmesinden

kaynaklanmadığı, örtünün üretim aşamasında yapılan bir hatadan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

- Bitümlü örtünün sıvı ve buhar formda su geçirdiğinde, geçirimsizlik özelliğinin olmadığı; sıvı ve buhar formda su geçirmediğinde, geçirimsizlik özelliğinin olduğu belirlenmiştir.

Yöntemin değerlendirilmesi ile; yöntemin, gerçek hizmet şartlarında; diğer bir anlatımla, bir yüzeyi basınçlı su etkisi altında olan ve kullanıldığı ortamda maruz kaldığı çevresel etmenler nedeniyle şekil değiştirmiş bitümlü örtülerin diğer yüzeyinden, bu yüzey ile temas eden yapı elemanlarının bünyelerine sıvı formda su geçip geçmediğinin tespitinde ve geçen buhar formda suyun miktarının hassas bir biçimde ölçülmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Söz konusu yöntem, plastik örtülerin sıvı veya buhar formda su geçirimsizlik performansını belirlemek için uygun olmaktadır. Ayrıca, yöntem, 'su geçirimsiz' olarak nitelendirilen bir çok malzemenin de sıvı veya buhar formda su geçirimsizlik performansını belirlemek için geliştirilmeye uygun bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Özkan, E., 1975. Yapım sistemlerinin seçimi için bir yöntem, *Doktora Tezi*, K.T.Ü., Trabzon.
- [2] Şen, Z., 1995. Applied Hydrogeology for Scientists and Engineers, CRC Press, Florida.
- [3] Çepel, N., 1996. Toprak İlmî, İ.Ü. Basımevi, İstanbul.
- [4] Erguvanlı K., ve Yüzer, E., 1987. Yeraltı Suları Jeolojisi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- [5] Hansen, K.K., 1989. Sorption isotherms : a catalog and a database, in *Water Vapor Transmission Through Building Materials and Systems*, ASTM STP 1039, pp. 28-32, Eds. Trechsel, H.R. and Bomberg, M., American Society for Testing and Materials, Baltimore.
- [6] Addleson, L. and Rice, C., 1991. Performance of Materials in Buildings, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford.
- [7] Quirouette, R.L., 1983. Moisture sources in houses, in *Humidity, Condensation and Ventilation in Houses*, Building Science Insight, National Research Council Canada, Ottawa.
- [8] Rousseau, M.Z., 1983. Control of surface and concealed condensation, in *Humidity, Condensation and Ventilation in Houses*, Building Science Insight, National Research Council Canada, Ottawa.
- [9] Day, R.W., 1992. Moisture migration through basement walls, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 8, 82-86.
- [10] Lstiburek, J. and Carmody, J. 1993. Moisture Control Handbook, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- [11] Eriç, M., 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- [12] Latta, J.K., 1982. *Water and Building Materials*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [13] Altun, M.C., 1997. Buhar difüzyonunun dış duvarın nem ile ilgili ve ısı performansına etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Yüzer, N., 1999. Su geçirimsizliğinin donatı korozyonuna etkisi, *Yapıda Yalıtım Konferansı*, İstanbul, 11-12 Şubat, s. 107-119.
- [15] Sereda, P.J., 1961. *Corrosion in Buildings*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.

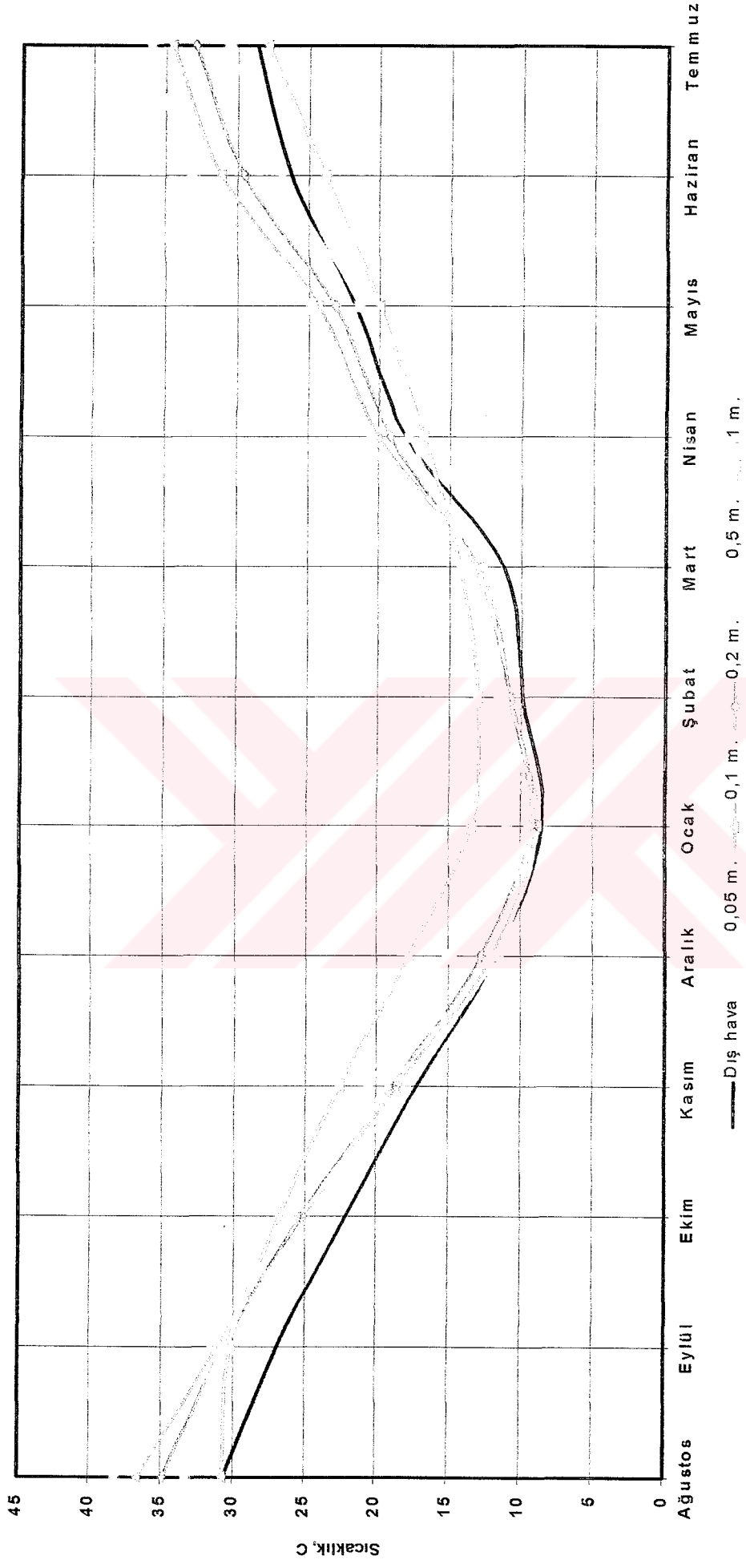
- [16] Ritchie, T.J., 1960. *Efflorescence*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [17] Garrat, J. and Nowak, F., 1991. Tackling condensation, Building Research Establishment Report, Garston, U.K.
- [18] TS-3440, 1982. Zararlı kimyasal maddeleri olan su, zemin ve gazların etkisinde kalacak betonlar için yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [19] Clifton, J.R. Stutzman, P.E. and Garboczi, E.J., 1997. Mechanisms of Degradation of Portland Cement-Based Systems by Sulfate Attack, E & FN Spon., London.
- [20] Berra, M. and Baronio, G., 1987. Deterioration mechanisms in mortars made with aggregates containing sulfates and preventive measures, *Proceedings of the 4th International Conference of Durability of Building Materials and Components*, Singapore, pp. 718-726.
- [21] Williams, G.P. and Gold, L.W., 1976. *Ground Temperatures*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [22] Ilgaz, T., 1979. Yapı düzeyi dış kabuklarının ısı etkilerinden korunması, KTÜ Döner Sermayesi, Trabzon.
- [23] Carmody, J., Christian, J. and Labs, K., 1991. Builders Foundation Handbook, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- [24] Latta, J.K. and Boileau, G.G., 1969. *Heat losses from house basements*, Canadian Building, Vol. XIX, No. 10, pp. 39-42.
- [25] Erten, E., 1984. Hıgro-termik davranışlar açısından zeminle sınırlı duvar, *Doktora Tezi*, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [26] Aka, İ., Keskinel, F. ve Arda, T.S., 1977. Betonarme Yapı Elemanları, Arpaz Matbaacılık, İstanbul.
- [27] Uzuner, B.A., 1990. Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Trabzon.
- [28] Köseoğlu, S., 1987. Temeller I, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- [29] Crawford, C.B., 1972. *Foundation Movements*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [30] Diaz, C.F., Hadipriono, F.C. and Pasternack, S., 1994. Failures of residential building basements in Ohio, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 8, 65-80.
- [31] Köseoğlu, S., 1987. Temeller II, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- [32] Topkaya, H., 1963. Hidrostatik, DSI Matbaası, Ankara.
- [33] Streck, O., 1964. Pratik Problemlerle Temel ve Su İnşaatı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

- [34] Lufsky, K., 1980. Yapılarda Su İzolasyonu, Seyaş Yayınları, İstanbul.
- [35] Penner, E., 1962. *Ground Freezing and Frost Heaving*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [36] Penner, E. and Burn K.N., 1970. *Adfreezing and Frost Heaving of Foundations*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [37] Crocker, C.R., 1962. *Moisture and Thermal Considerations in Basement Walls*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [38] Kurtay, C., 1998. Beton zemin kat döşemelerinin ısı yalıtımı konusunda BRE'nin uyarı ve tavsiyeleri, *Yalıtım, Isı-Ses-Su Yalıtım Teknolojileri Dergisi*, 10, 36-42.
- [39] Şahal, N., 1992. Temellerde Su Yalıtımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [40] Kubal, M.T., 1993. *Waterproofing the Building Envelope*, McGraw-Hill, New York.
- [41] Altun, M.C., Tavil, A., Şahal, N., 1994. Drenaj: toprak altındaki yapı elemanlarının zemin suyu etkisine karşı korunması için bir önlem, *Yapı Dergisi*, 148, 46-51.
- [42] BS 8102, 1990. Protection of structures against water from the ground, *British Standards Institution*, U.K.
- [43] Doğu, E., 1993. Polimer katkılı çimento betonları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] Gürdal, E., 2000. Kişisel görüşme.
- [45] Ürünay, N., 1974. Bitüm ve bitümlü yalıtım örtüleri, 1. *Su Geçirimsizliği Sempozyumu*, İstanbul, 22-24 Kasım, s. 15-42.
- [46] Jia-Ji, Y., 1988. The relationship between bituminous chemical structures and physical properties, in *Roofs and Roofing*, pp. 369-377, Ed. May, J.O., John Wiley & Sons, Great Britain.
- [47] Wuhan, X. Z., 1985. Rheological property of roofing materials under different temperatures, *Proceedings of the 1985 International Symposium on Roofing Technology*, Chicago, USA, 1985, 74-76.
- [48] Jones, P.M. and Garden, G.K., 1962. *Properties of Bituminous Membranes*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [49] Oba, K. and Partl, M.N., 1996. Durability of polymer-modified bituminous roofing membranes, *Proceedings of the 7th International Conference on Durability of Building Materials and Components*, Stockholm, Sweden, May 19-23, 627-636.

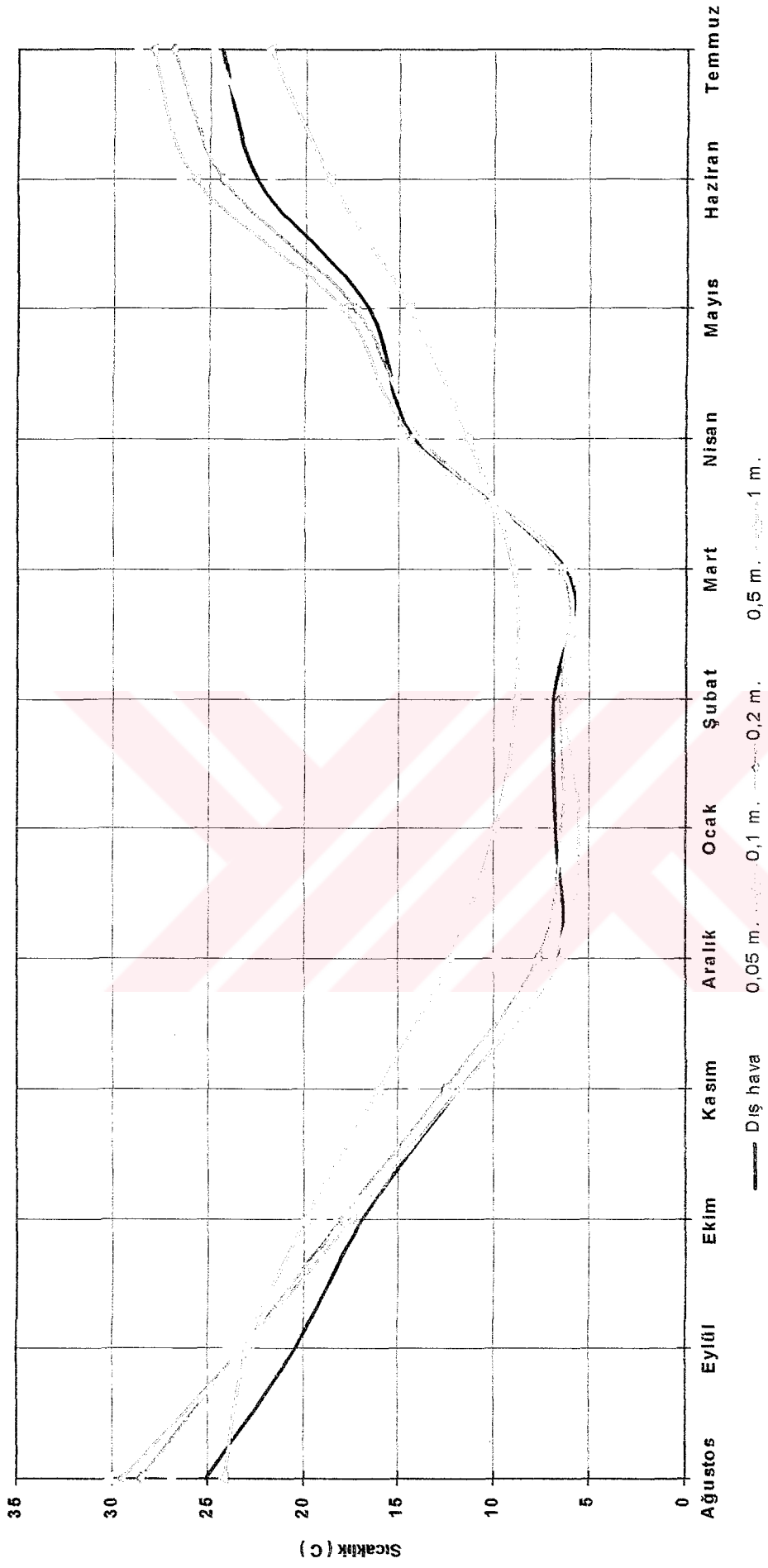
- [50] Jones, P.M., 1962. *Bituminous Materials*, Canadian Building Digests, National Research Council Canada, Ottawa.
- [51] Johnson, R., 1987. History and development of modified bitumen, *Proceedings of the 8th Conference on Roofing Technology*, Gaithersburg, Maryland, April 16-17, 81-84.
- [52] Pasetto, G., 1986. Composition and characteristics of prefabricated polymer-bitumen sheets, *6th International Congress on Roofing and Waterproofing*, London, UK, April 30- May 2, 1-8.
- [53] TS-106, 1978. Çatı örtüleri ile rutubet ve su yalıtımı için kömür katranı zifti, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [54] TS-306, 1978. Temellerde ve düşey yüzeylerde rutubet ve su yalıtımında kullanılan asfalt, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [55] ASTM D-450, 1978. Coal-tar pitch used in roofing, dampproofing, and waterproofing, *American Society for Testing and Materials*, USA.
- [56] ASTM D-449, 1979. Asphalt used in dampproofing and waterproofing, *American Society for Testing and Materials*, USA.
- [57] Pommersheim, J.M., Mathey, R.G. and Clifton, J.R., 1983. Mechanical performance model for roofing membranes, *Journal of Structural Engineering*, **109**, 1431-1449.
- [58] Burnett, E.F.P. and Howson, C., Performance testing of fully adhered polymer-modified bituminous roofing membranes, *Roofing Research and Standards Development*, ASTM STP 959, pp. 100-109, Ed., Critchell, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [59] Brodland, G.W. and Burnett, E.F.P., 1991. Mechanics and failure of multilayer reinforced membranes, *Journal of Materials in Civil Engineering*, **5**, 293-307.
- [60] Bonfil, J., 1994. Cam tülü ve cam dokumadan üretilen su yalıtım örtüleri, *Isı ve Su Yalıtımında Yenilikler Sempozyumu*, İstanbul, Ocak 20.
- [61] Ruzek, I., 1986. Polyester reinforcing felts for bituminous roofing membranes, *6th International Congress on Roofing and Waterproofing*, London, UK, April 30- May 2, 1-6.
- [62] Duchesne, C., 1986. Reinforcements in waterproofing membranes their performance and adjustment to the finality and durability of the work, *6th International Congress on Roofing and Waterproofing*, London, UK, April 30- May 2, 1-13.
- [63] TS-2191, 1976. Asfaltlı cam tülü yalıtım pestili, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [64] TS-2988, 1978. Asfaltlı cam dokuma yalıtım pestili, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [65] TS-3647, 1981. Binalarda yeraltı suyu karşı yapılacak yalıtımlarda tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- [66] **TS-2989**, 1978. Asfaltlı metal folyo yalıtım pestili, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [67] **TS-11758**, 1995. Polimer bitümlü örtüler- eritme kaynağı ile birleştirilerek kullanılan- su yalıtımı için, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [68] **ASTM D-1668**, 1986. Glass fabrics for roofing and waterproofing, *American Society for Testing and Materials*, USA.
- [69] **ASTM D-2178**, 1986. Asphalt glass felt used in roofing and waterproofing, *American Society for Testing and Materials*, USA.
- [70] **DIN 52130**, 1985. Bitumen roofing felt, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.
- [71] **DIN 52131**, 1985. Bitumen sheeting for fusion welding, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.
- [72] **DIN 18195**, 1983. Waterproofing of buildings and structures, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.
- [73] **DIN 52132**, 1985. Polymer bitumen roofing felt, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.
- [74] **DIN 52133**, 1985. Polymer bitumen sheeting for fusion welding, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.
- [75] **M.O.A.T. 30**, 1984. Special directives for the assessment of reinforced waterproof coverings in Atactic Polypropylene (APP) polymer bitumen, *European Union of Agreement*, UK..
- [76] **M.O.A.T. 31**, 1984. Special directives for the assessment of reinforced homogeneous waterproof coverings of Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) elastomerik bitumen, *European Union of Agreement*, UK..
- [77] **CGSB 37-GP-56M**, 1980. Standard for membrane modified bituminous prefabricated and reinforced for roofing, *Canadian General Standards Board*, Canada.
- [78] **BS 747**, 1977. Roofing felts, *British Standards Institution*, U.K.
- [79] **Özkan, E.**, 1992. Investigation of roofing and roofing insulation materials in the hot-dry climate of Saudi Arabia, *King Abdul Aziz City for Science and Technology Final Report*, Saudi Arabia.
- [80] **Dell, M.J.**, 1991. In-plane testing of fully-adhered modified bitumen roof membranes, *Proceedings of the International Symposium on Roofing Technology*, USA, 445-452.
- [81] **DIN 52123**, 1985. Testing of bitumen and polymer bitumen sheeting and felts, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.
- [82] **M.O.A.T. 27**, 1983. General directive for the assessment of roof waterproofing systems, *European Union of Agreement*, UK..

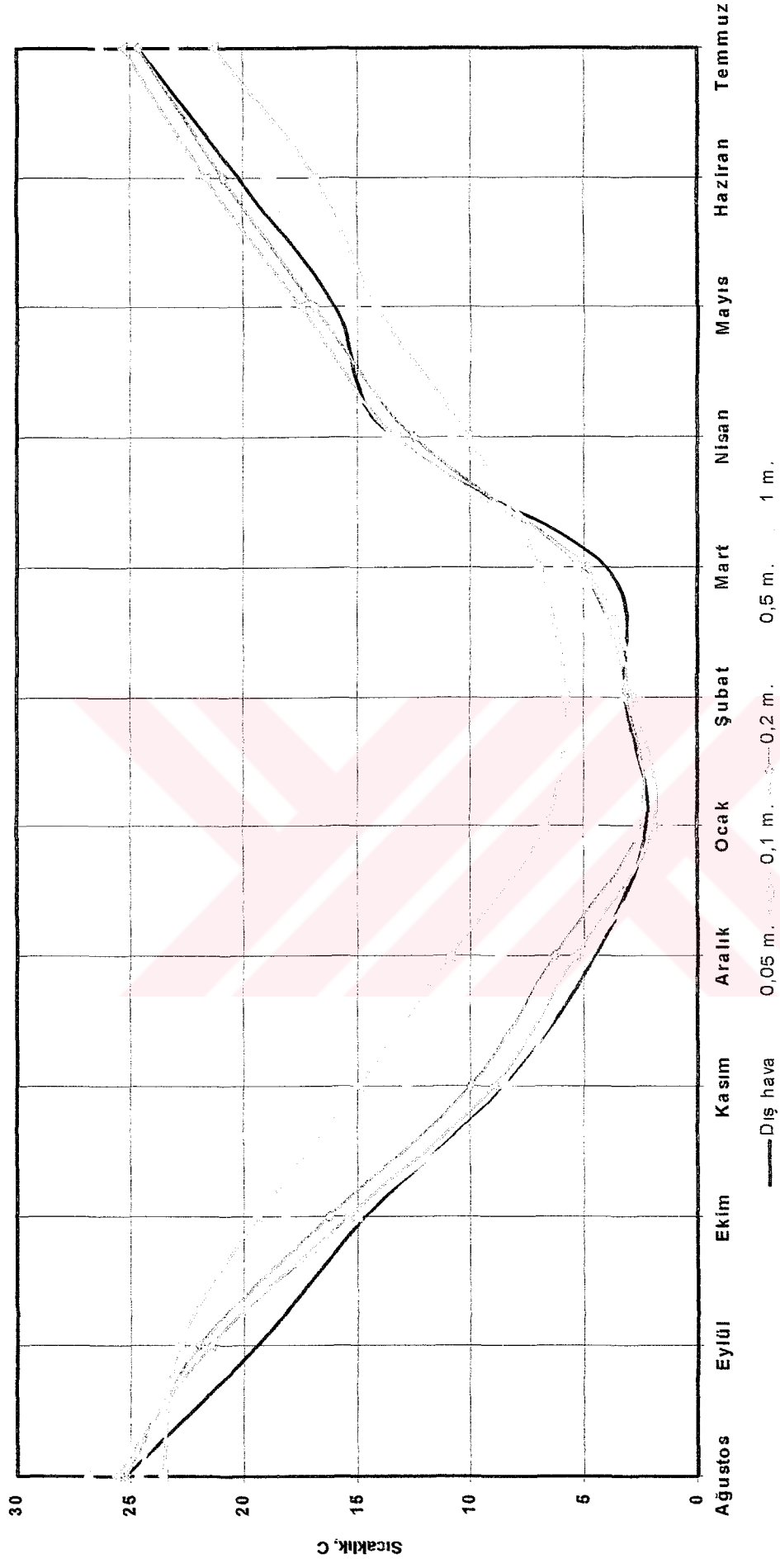
- [83] **UNI 8202**, 1981. Membrane per impermeabilizzazione, *Ente Nazionale Italiano di Unificazione*, Milano.
- [84] **ASTM D-5385**, 1993. Hydrostatic pressure resistance of waterproofing membranes, *American Society for Testing and Materials*, USA.
- [85] **Baxter, P. R.**, 1987. Field performance of polymer-modified bituminous roofing membranes, *Proceedings of the 8th Conference on Roofing Technology*, Gaithersburg, Maryland, April 16-17, 85-90.
- [86] **Morris, L.B. and Blake, F.**, 1987. Application considerations and product development of modified bitumen, *Proceedings of the 8th Conference on Roofing Technology*, Gaithersburg, Maryland, April 16-17, 99-102.
- [87] **Chesi, C. and Ugolini, A.**, 1986. Seismic response of a building with foundations waterproofed with a modified bitumen membrane, *6th International Congress on Roofing and Waterproofing*, London, UK, April 30- May 2, 1-10.
- [88] **Aka, İ., Keskinel, F. ve Arda, T.F.**, 1981. Betonarmeye Giriş, Birsen Kitabevi, İstanbul.
- [89] **Reznikoff, S.C.**, 1979. *Quality control: performance evaluation of materials* in Specifications for Commercial Interiors, pp. 26-50, Watson-Guptill Publications, New-York.
- [90] **TS-1908**, 1989. Çatı ve yalıtım örtülerinde kullanılan cam tülü, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.



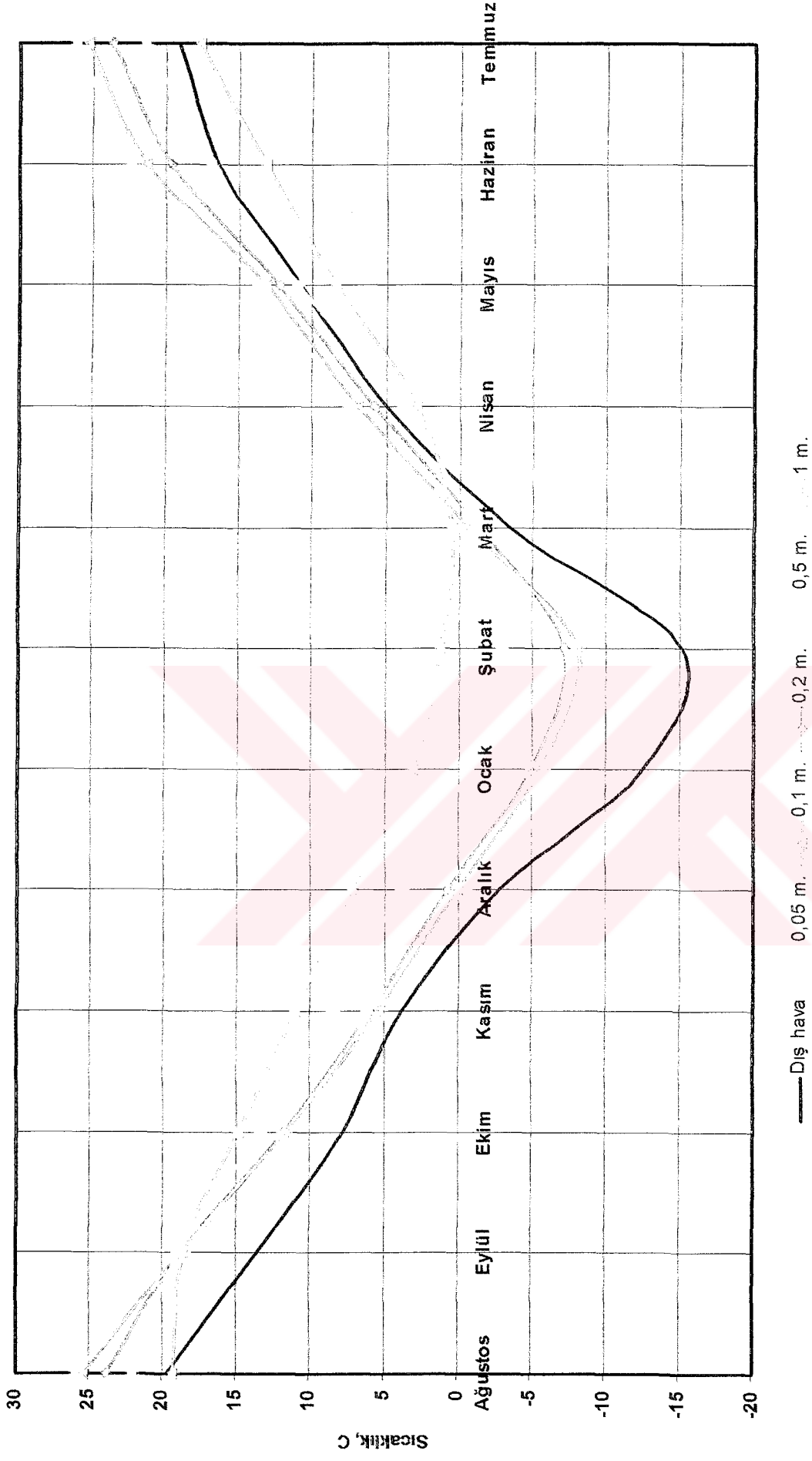
Şekil A.1 Adana İlinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları



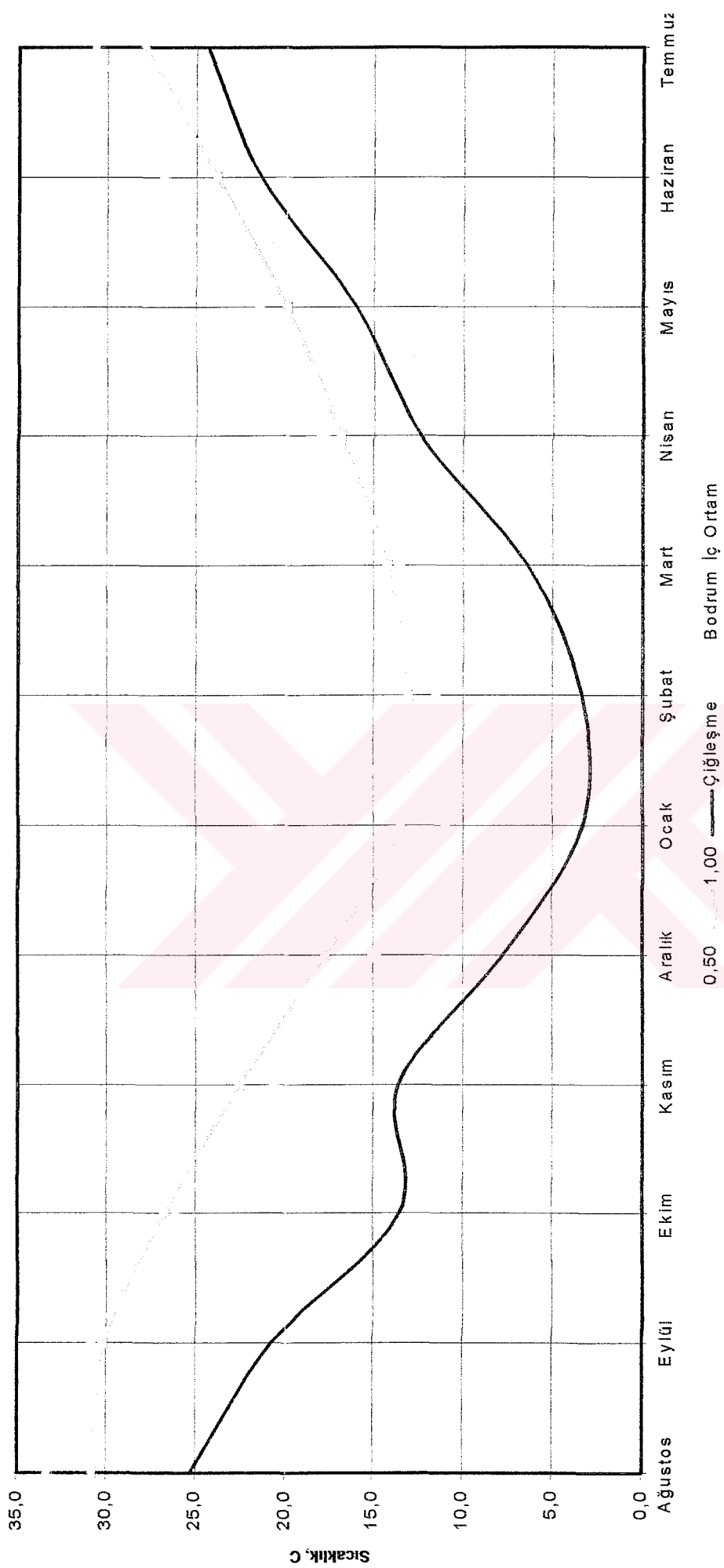
Şekil A.2. İstanbul ilinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları



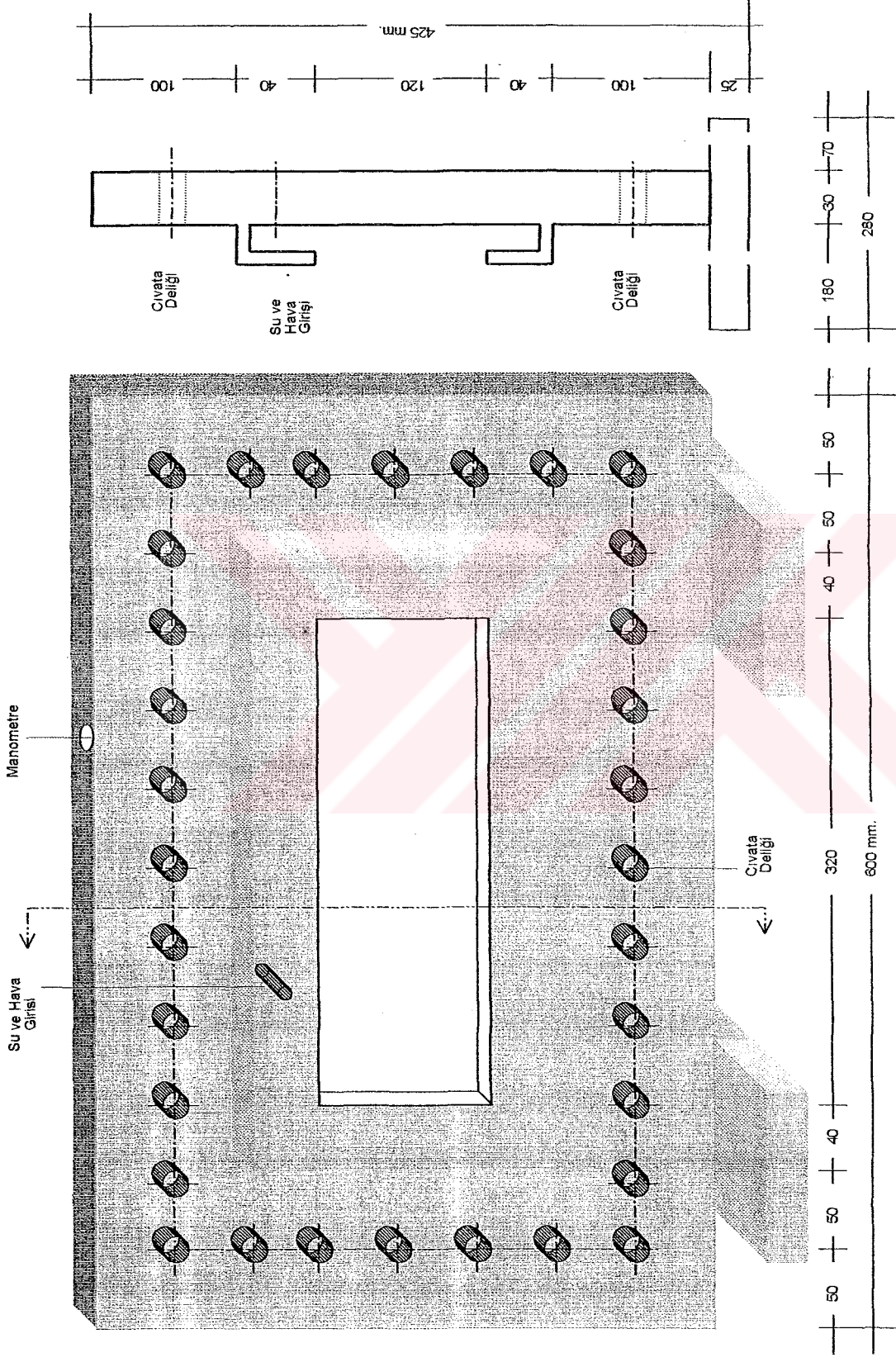
Şekil A.3 Ankara İlinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları



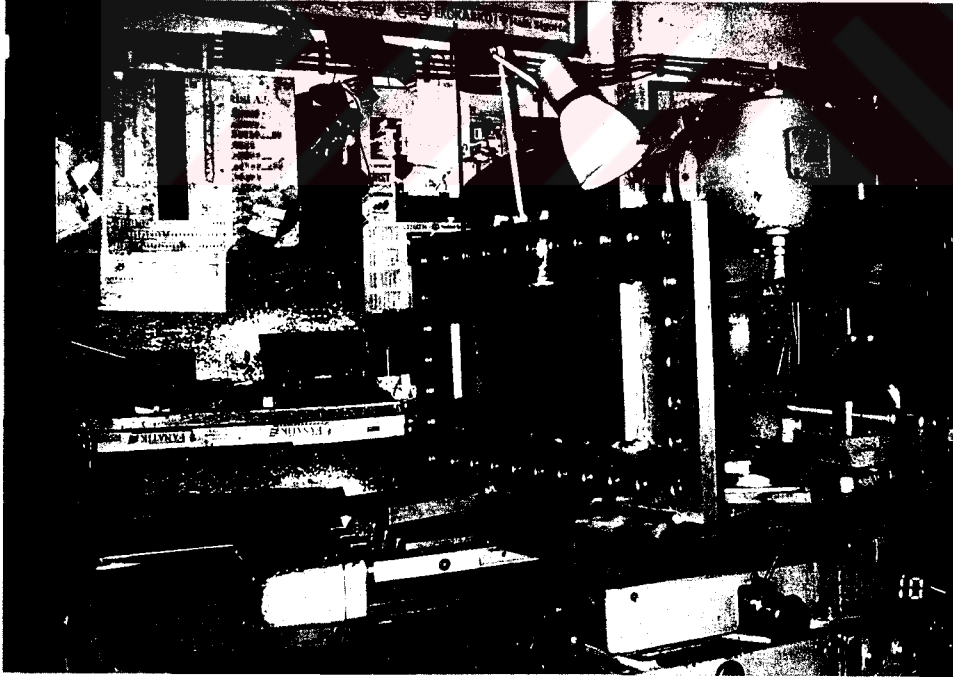
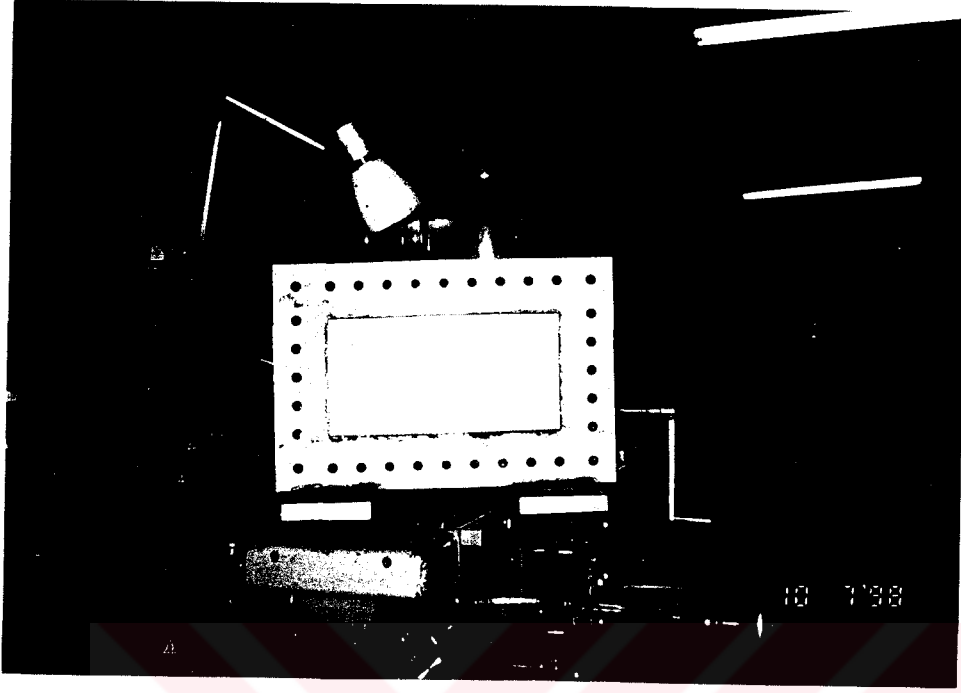
Şekil A.4 Erzurum İlinde Aylık Ortalama Dış Hava Ve Zemin Sıcaklıkları



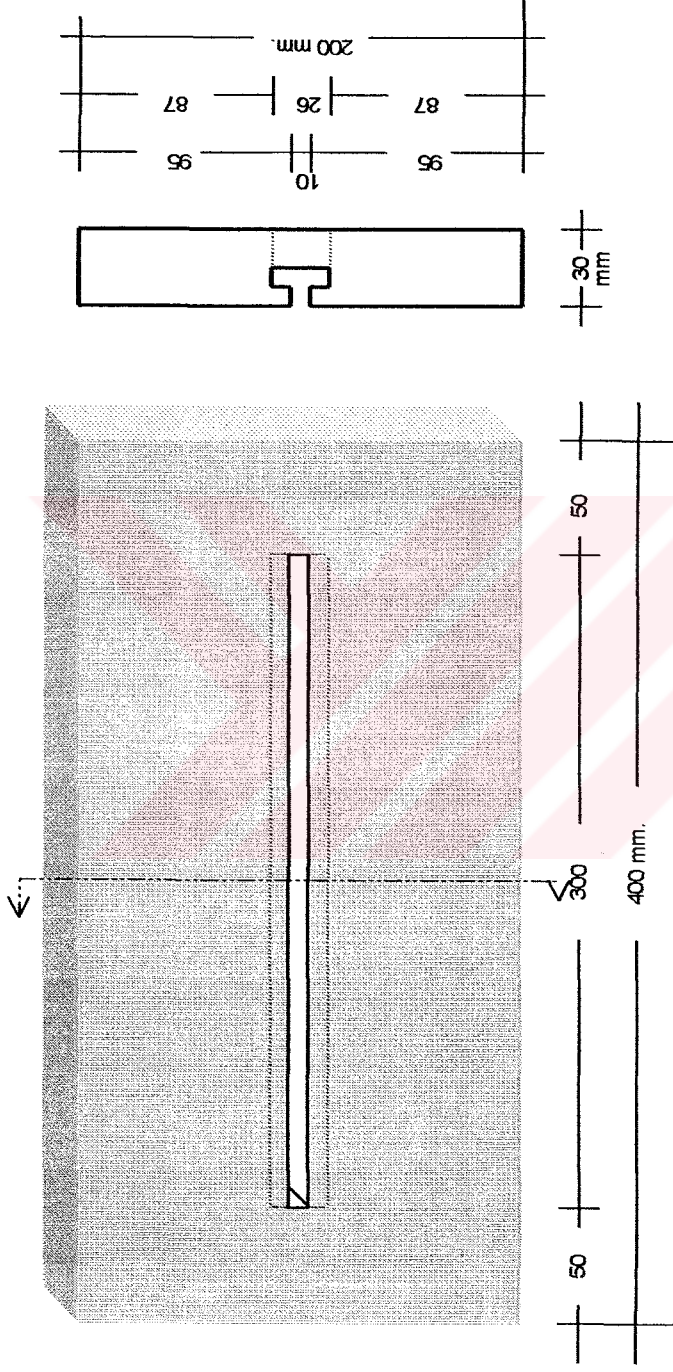
Şekil A.5 Adana İlinde Aylık Ortalama Çiğleşme Ve Zemin Sıcaklıkları İle Bodrum İç Ortam Sıcaklığı



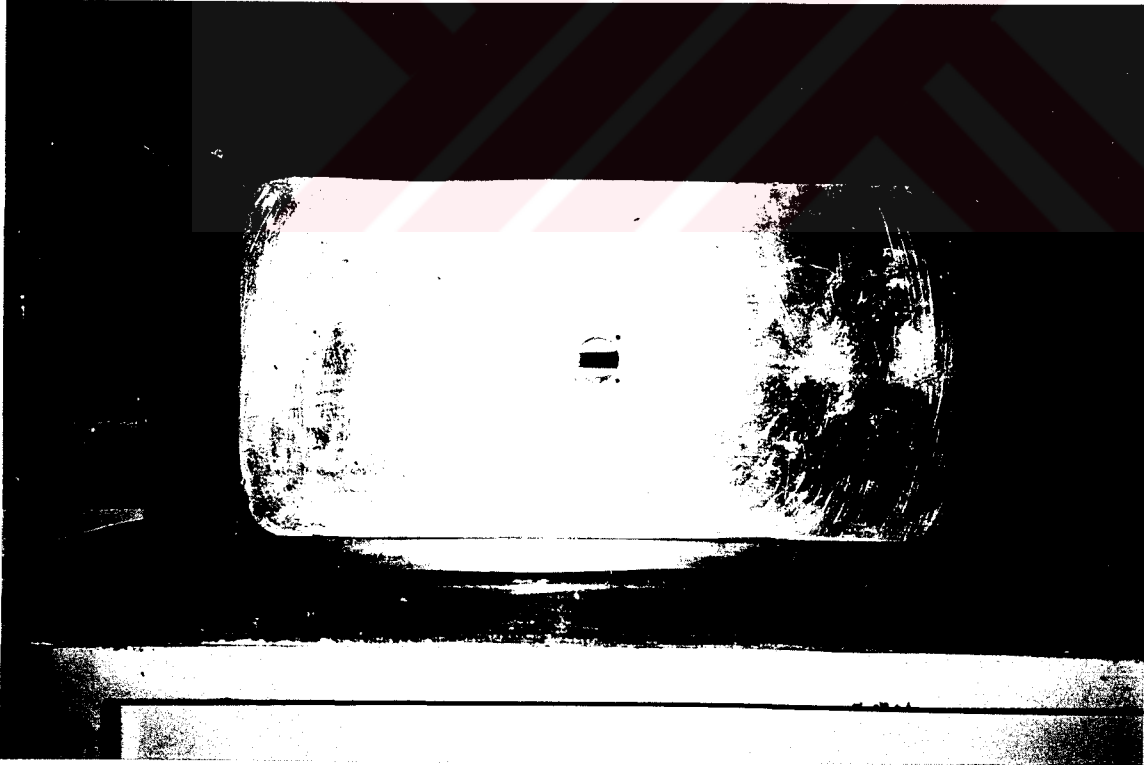
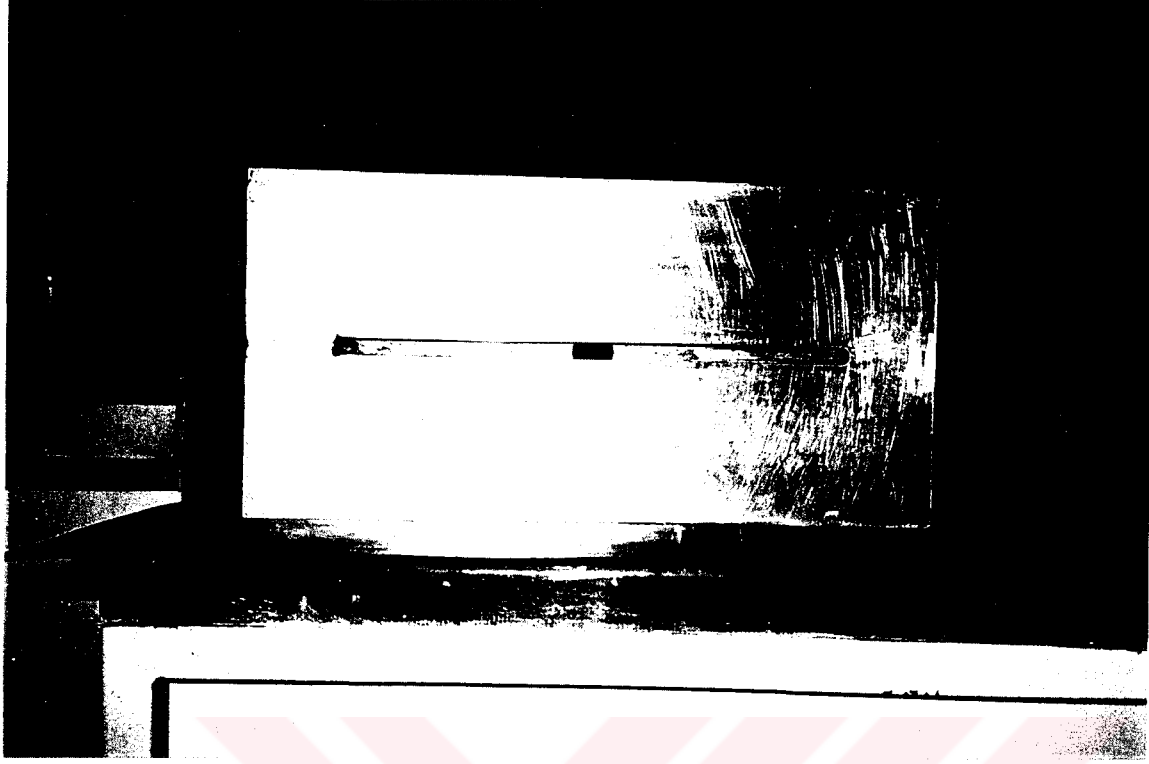
Şekil B.1 Çelik Gövde İle Odacığın Ön Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti



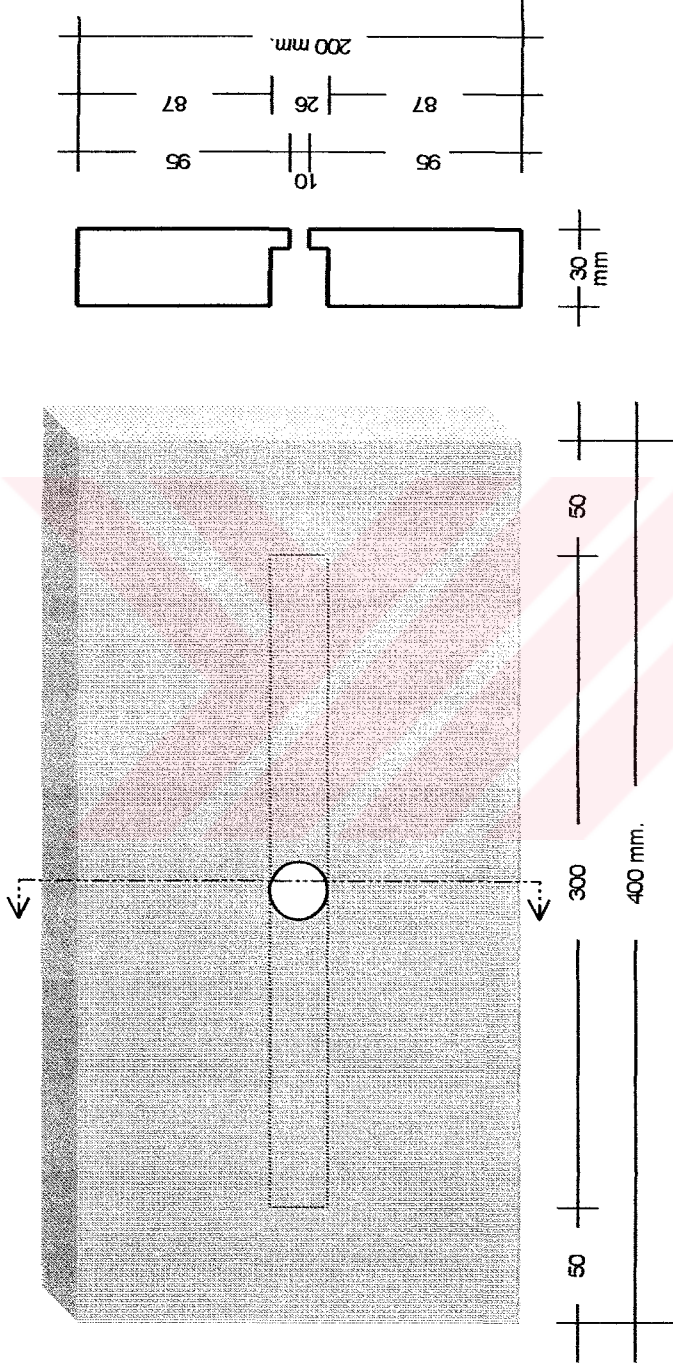
Şekil B.2 Çelik Gövde İle Odacığın Ön Yüzeyinin Görünüşü



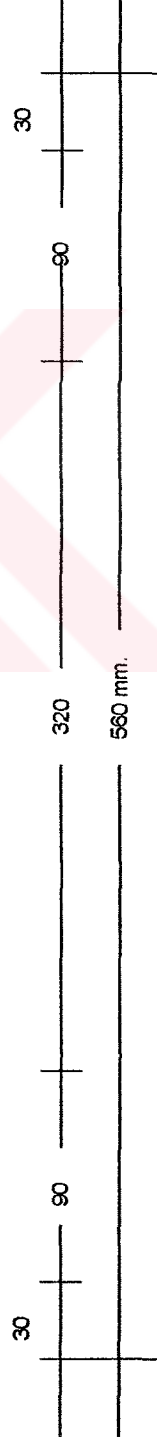
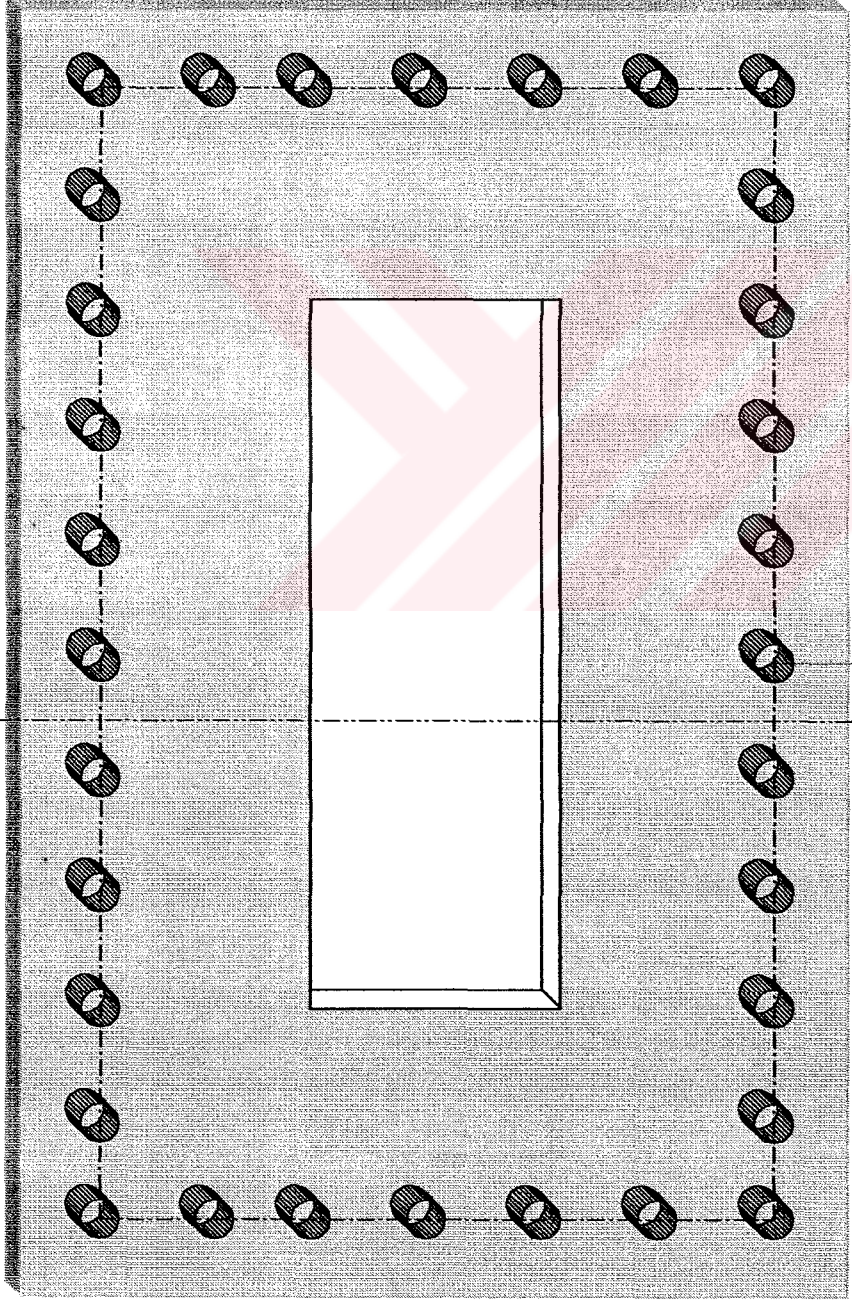
Şekil B.3 Çelik Plaka No. 3'ün Arka Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti



Şekil B.4 Çelik Plaka No.3'ün Arka Ve Ön Yüzeylerinin Görünüşü

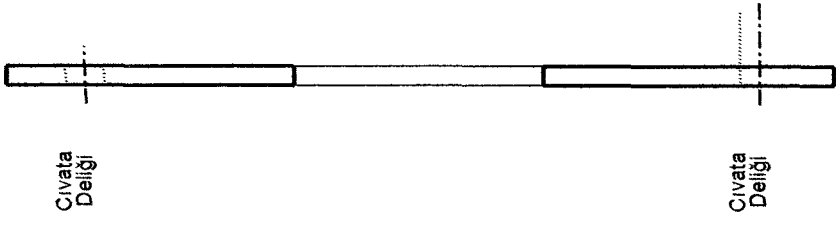
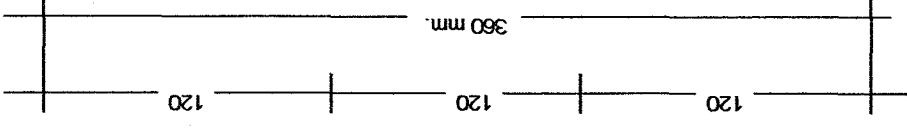


Şekil B.5 Çelik Plaka No. 3'ün Ön Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti



Cıvata
Deliği

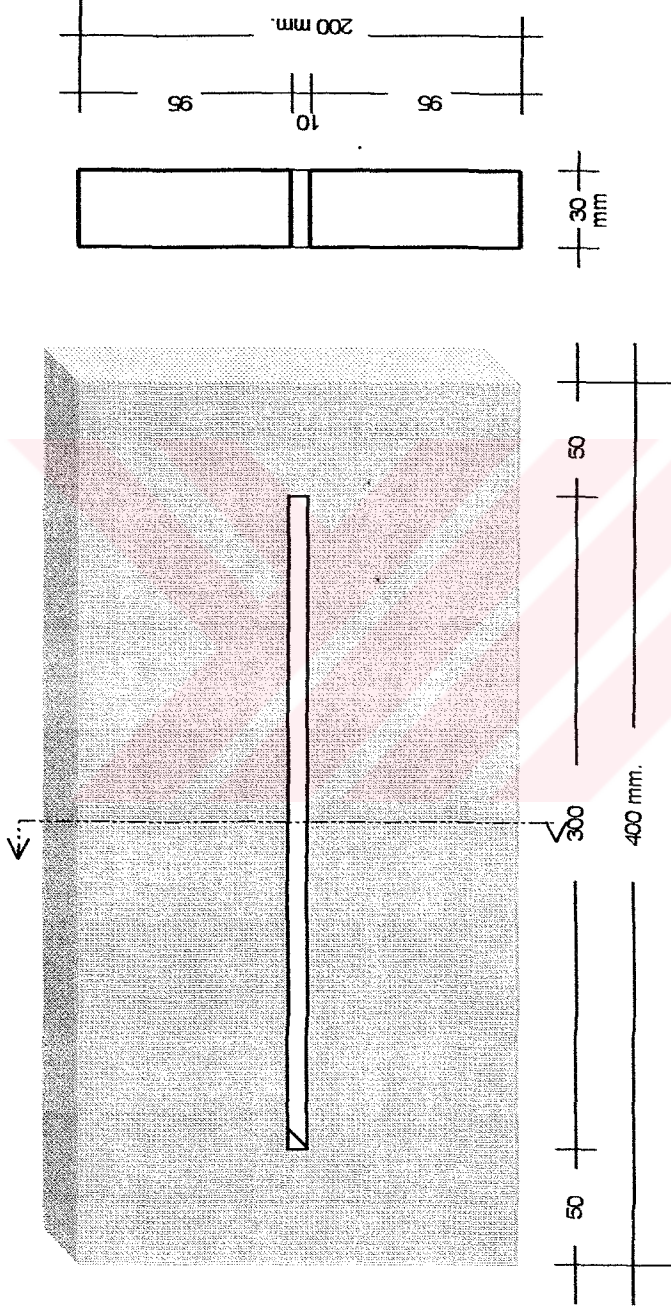
13 mm.



Şekil B.6 Çelik Kapağın Ön Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti



Şekil B.7 Çelik Kapağın Ön Yüzeyinin Görünüşü



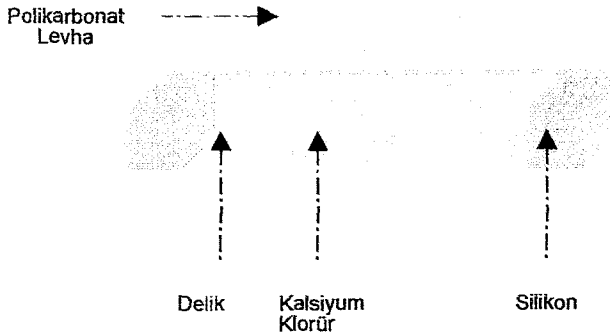
Şekil B.8 Çelik Plaka No. 4'ün Ön-Arka Yüzeyinin Görünüşü Ve Kesiti

EK C

Kalsiyum Klorür (CaCl_2) Ve Tartı

ASTM D 5385'de önerilen deney aletinde, bitümlü örtüye altlık oluşturan malzeme hazır beton bloktur. Bu nedenle, çalışmaların başında, boşluk, hazır beton bloğun içinde yer almaktadır. Hazır beton bloğun 28 günlük küp basınç dayanımı 20 N/mm^2 olmaktadır. Hazır beton blok, eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 50, 400 ve 98 mm. olan iki parçadan meydana gelmektedir. Beton blokların arasında, eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 50, 50 ve 4 mm. olan iki adet ahşap takoz yer almaktadır. Beton bloklar ve ahşap takozlar arasında, eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 50, 300 ve 4 mm. olan boşluk bulunmaktadır. Boşluk havasının, betondaki su ve nemden izole edilebilmesi; diğer bir anlatımla, hazır beton bloğun, nem ve su geçirimsiz hale getirilmesi için bloğun, bitümlü örtü uygulanacak yüzeyi hariç tüm yüzeylerine silikon malzemesi uygulanmaktadır. Ayrıca, ahşap takozların tüm yüzeylerinde de silikon malzemesi bulunmaktadır. Betonun silikonsuz yüzeyinde, sırasıyla, bir astar tabaka (TS 113) ve şalümo tekniği ile astar tabakaya yapıştırılmış bitümlü örtü yer almaktadır.

Ölçme sisteminde sensör olarak, kalsiyum klorür (CaCl_2) kullanılmaktadır. Boşluktaki buhar veya sıvı fazdaki suyu nedeniyle, kalsiyum klorürün değişen fiziksel özelliği, nem içeriği olmaktadır. Kalsiyum klorürün nem içeriğindeki değişim, gram cinsinden ağırlık değerlerinin okunduğu Vibra marka hassas tartı ile ölçülmektedir. Kalsiyum klorür, granül bir malzemedir; bu nedenle, malzemenin boşluğa yerleştirilmesi için plastik ve metal kutulara ihtiyaç olmaktadır. İlk olarak, boşluk boyutlarında, galvanize saç kutu yapılmaktadır. Ancak, galvanize saç kutunun boş ağırlığı 140 gr., tartının ölçebileceği en yüksek ağırlık değeri ise 160 gr.dır; bu nedenle, galvanize saç kutu kullanılmamaktadır. Diğer bir metal malzeme olarak alüminyum düşünülmekte; ancak, alüminyum malzemeden, boşluk boyutlarına uygun bir kutu imal etmenin zor olduğu belirlenmektedir. Sonuç olarak, kutu malzemesi olarak plastik seçilmekte ve polikarbonat levhadan, boşluk boyutuna uygun bir kutu yapılmakta ve belirli bir miktar kalsiyum klorür, kutunun içine yerleştirilmektedir; Şekil C.1.



Şekil C.1 Kalsiyum Klorür Ve Polikarbonat Levha İle Oluşturulan Sensör

Pilot deneylerde, çelik gövdedeki odanın ön yüzeyine, sırasıyla, lastik conta, bitümlü örtü yüzeyi lastik contaya bakacak şekilde hazır beton blok, lastik conta ve çelik kapak yerleştirilmekte; çelik kapak, cıvata-somunlar ile çelik gövdeye bağlanmakta ve ingiliz anahtarları ile sıkılmaktadır. Bu aşamada, beton bloklar köşelerden çatlamaktadır. Kalsiyum klorür dolu polikarbonat levha tartılmakta ve mevcut ağırlığı, başlangıç değeri olarak kaydedilmektedir. Polikarbonat levha, boşluğa yerleştirilmekte sonra levhanın, çelik kapağa bakan yüzeyine, boşluk havasının, dış ortamdaki su ve nemden izole edilmesi için, strech film kaplanmaktadır. Bitümlü örtünün bir yüzeyi, beş saat boyunca 0.05 MPa su basıncına maruz bırakılmakta ve her saat başı, levha boşluktan çıkarılmakta, tartı ile ağırlığı tartılmakta, okunan değerler kaydedilmekte ve levha, tekrar boşluğa yerleştirilmektedir.

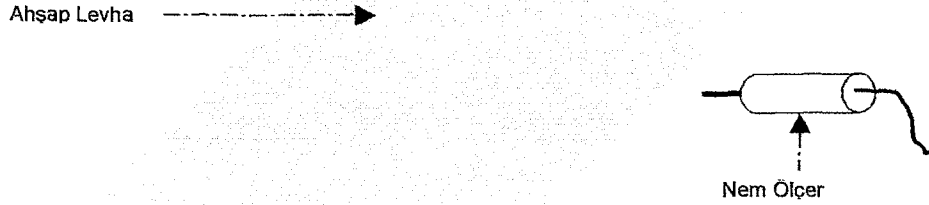
Pilot deneyler sonucunda, söz konusu ölçme sisteminin, boşluk havasındaki sıvı ve buhar fazdaki suyun gram cinsinden miktarının ölçülmesinde yetersiz kaldığı belirlenmektedir. Hazır beton elemanda çatlaklar oluşmaktadır. Silikon malzeme, çatlakları örtememekte; bu nedenle, boşluk havasının, beton ve dış ortam havasındaki nemden izole edilemediği kabul edilmektedir. Hazır beton bloğun, nem ve su geçirimsiz hale getirilmesi için başka bir malzemenin kullanılması gereği ortaya çıkmaktadır. Kalsiyum klorür, belirli bir miktara kadar nemi, kısa sürede, bünyesine alan bir malzemedir; ancak, belirli bir miktardan sonra granül yapısı bozulmakta, malzeme çözülmemekte ve nem içeriğindeki değişim tartılamamaktadır. Bu nedenle, söz konusu malzemenin, sensör olarak performansının yetersiz kaldığı görülmekte ve başka bir malzemenin kullanılması gereği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, her saat başı, polikarbonat levhanın boşluktan çıkarılması, tartıya götürülmesi, tartılması ve tekrar boşluğa yerleştirilmesinin pratik ve doğru sonuç veren bir işlem olmadığı belirlenmektedir. Polikarbonat levha, boşluktan çıkarıldıktan hemen sonra, boşluğa dış ortamdan hava girişi olmaktadır. Bundan başka, levha, tartıya götürülürken, levhanın içindeki kalsiyum klorür, dış ortam havasındaki nemden izole edilememektedir. Her iki durum sonucunda, kalsiyum klorürün nem içeriğindeki değişimin, sadece, bir yüzeyi belirli bir basınç altında suya maruz olan bitümlü örtünün diğer yüzeyinden geçebilecek su miktarından kaynaklanmadığı ve dış ortam havasındaki nemden etkilenmiş olabileceği kabul edilmektedir. Böylece, sensörün fiziksel özelliğindeki değişimi boşluk içinde ölçebilen bir sistemin geliştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Ahşap Levha Ve Nem Ölçer

Bu çalışmada da, bir evvelki çalışmada tanımlanan bir yüzeyine bitümlü örtü uygulanmış hazır beton blok kullanılmaktadır. Hazır beton bloğun, nem ve su geçirimsiz hale getirilmesi için uygulanan malzeme, sıvı kauçuktur. Ayrıca, beton bloklar arasına ahşap takozlar yerine kauçuk takozlar yerleştirilmektedir. Ölçme sisteminde, sensör olarak, eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla 50, 300 ve 4 mm. olan ahşap levha kullanılmaktadır. Ahşap levhanın, boşluk havasındaki buhar veya sıvı fazdaki su nedeniyle nem içeriği değişmektedir. Ahşap levhanın nem içeriğindeki değişimi ölçen cihaz ise KPA marka nem ölçerdir, Şekil C.2. Nem ölçerin, ölçme aralığı % 0-100 bağıl nem, sıcaklık aralığı -35°C - 70°C ve ölçülen değerlerdeki hata payı ± 2 bağıl nemdir. Nem ölçerin, ölçme yapan ucunda, aralarında 15 mm. boşluk bulunan, 12 mm. uzunluğunda iki adet elektrot bulunmaktadır.

Pilot deneylerde, deney düzeneği kurulduktan sonra, hazır beton bloklar, köşelerden çatlamaktadır. Ahşap levhanın nem içeriğine, nem ölçer ile bakılmakta ve başlangıç değeri olarak kaydedilmektedir. Ahşap levhanın, boşluğa yerleştirildikten sonra levhanın, çelik kapağa bakan yüzeyine, boşluk havasının dış ortam havasındaki nemden izole edilmesi için, strech film kaplanmaktadır. Bitümlü örtünün bir yüzeyi,

beş saat boyunca 0.05 MPa su basıncına maruz bırakılmakta ve her saat başı, nem ölçer ile ahşap levhanın nem içeriği, bağıl nem (%) cinsinden ölçülmektedir.



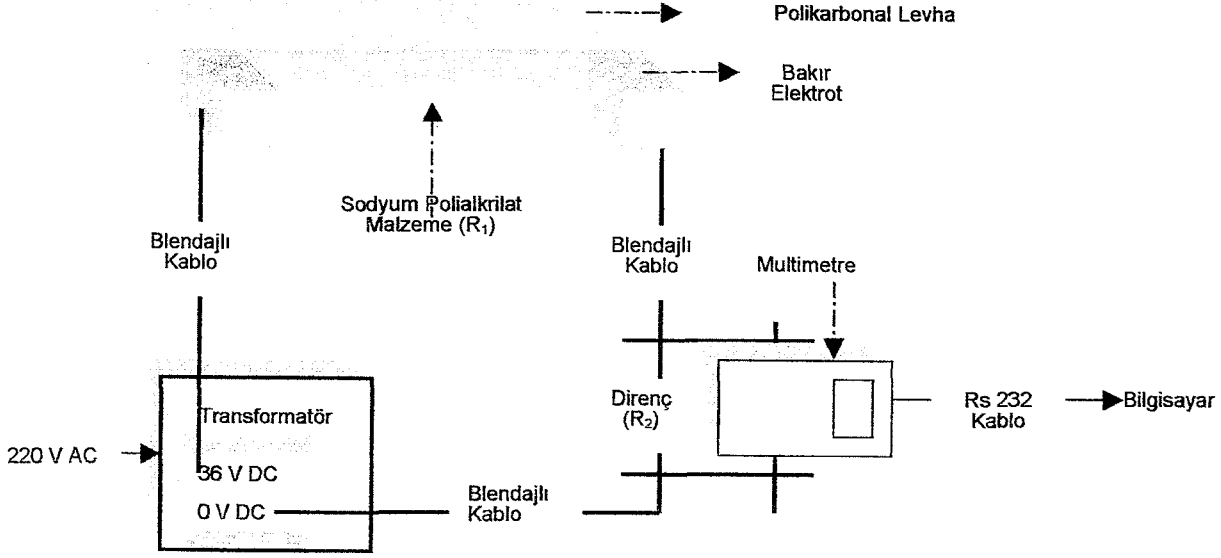
Şekil C.2 Ahşap Levha Ve Nem Ölçer İle Oluşturulan Ölçme Sistemi

Pilot deneyler sonucunda, söz konusu ölçme sistemiyle, boşluk havasındaki buhar veya sıvı fazda suyun gram cinsinden miktarının ölçülemeyeceği belirlenmektedir. Hazır beton elemanda çatlaklar oluşmakta; sıvı kauçuk malzeme, çatlakları örtmekte yetersiz kalmakta ve boşluk havasının, beton ve dış ortam havasındaki nemden izole edilemediği kabul edilmektedir. Ahşap, bünyesine aldığı buhar veya sıvı fazdaki suyu, bünyesinde 24 saat sonra eşit ve dengeli olarak dağıtmaktadır. Deney düzeneğinde, eni 50 mm. olan ahşap levhanın, 4 mm. yüksekliğinde ve 300 mm. boyunda olan ön yüzeyi, bitümlü örtü ile temas etmektedir. Levhanın nem içeriğindeki değişim, levhanın 4 mm. yüksekliğinde ve 300 mm. boyunda olan arka yüzeyine, nem ölçerin, 15 mm. uzunluğundaki elektrotlarının sokulması ile ölçülmektedir. Ahşap levha, örtü ile temas eden yüzeyinden, bünyesine suyu aldığı anda, nem içeriğindeki değişim, levhanın ölçüm yapılan diğer yüzeyinden 24 saat sonra ölçülebilmektedir. Bu durum, deney süresinin uzamasına neden olmaktadır. Nem ölçer ile elde edilen bağıl nem değerleri, gram cinsinden su miktarına çevrilememektedir.

Sodyum Poliakrilat Ve Elektriksel Ölçme Sistemi

Bu çalışmada da, bir yüzeyine bitümlü örtü uygulanmış hazır beton blok kullanılmaktadır. Boşluk havasındaki buhar veya sıvı fazdaki suyun ölçülebilmesi için geliştirilen ölçme sistemi, Şekil C.3'de verilmektedir.

Polikarbonat levhanın ön bölmesinin her iki yanı ve ön yüzeyi açıktır. Levhanın ön bölmesinin her iki yanında U şeklinde bakır elektrotlar; ön yüzeyinde, yüzeyi tamimiyle kapatan, su ve nem geçiren alüminyum oksit malzemeden üretilen gözenekli bir bant ve ön bölmenin içinde ise granül halde sodyum poliakrilat malzeme yer almaktadır. Bakır elektrotlardan biri, blendajlı kablo ile, şehir şebekesinden gelen 220 V AC gerilimi 36 V AC düşüren transformatörün 36 V çıkış ucuna bağlıdır. Diğer bakır elektrot, blendajlı kablo ile, sabit bir reaktansa ve trafonun 0 V dönüş ucuna bağlıdır. Sabit reaktansın her iki ucunda, multimetrenin iki adet test uçları yer almaktadır. Multimetrenin arkasındaki optik okuyucudan çıkan Rs 232 kablo bağlantısı, bir bilgisayarın COM 1 girişine bağlıdır. İletkenlerin radyo frekans enerjisine maruz kalmalarına engel olmak; diğer bir anlatımla, ölçülen voltaj değerlerinin çok düşük olması ve çevredeki radyo frekans enerjiden kolaylıkla etkilenmeleri nedeniyle levha haricindeki tüm elektriksel ölçme sistemi, bir Faraday kafesi içine yerleştirilmektedir.



Şekil C.3 Sodyum Poliakrilat Malzeme Ve Elektriksel Ölçme Sistemi İle Oluşturulan Ölçme Sistemi

Ölçme sisteminde sensör olarak, sodyum poliakrilat malzeme kullanılmaktadır. Sodyum poliakrilat, granül bir malzemedir. Buhar veya sıvı fazdaki suyu, kısa sürede emebilen ve jel haline dönüşerek, suyu bünyesinde tutabilen bir polimerdir. Polimerin elektrik geçirgenlik özelliği (dielektrik özelliği), bünyesinde barındırdığı buhar veya sıvı fazdaki su miktarına bağlıdır; polimerin, nem içeriği değiştikçe, elektriksel direnci de değişmektedir. Ölçme sisteminde, transformatörün 36 V AC çıkış ucundan, başlangıçta çıkan sabit bir akım, önce kuru halde bulunan R_1 reaktanslı polimerden ve sonra, R_2 sabit değerli reaktanstan geçerek devresini tamamlamaktadır. Boşluk havasındaki gerek buhar gerekse sıvı fazdaki suyu bünyesine alan polimerin reaktansı azalmaktadır. Bu durumda, transformatörün 36 V AC çıkış ucundan, başlangıçta çıkan sabit akım, R_1 reaktansındaki değişim nedeniyle, değişir ve R_2 reaktansın iki ucu arasında oluşan voltajın değişmesine neden olmakta; böylece, R_2 reaktansın iki ucu arasında oluşan voltaj değişikliği, multimetre ile ölçülmektedir. Multimetre ile ölçülen V AC cinsinden değerler, multimetre ile birlikte verilen DMM8x Rs232 Data Recording System V1.04B programı aracılığı ile bilgisayarın hard-diskine kaydedilmektedir.

Pilot deneylerde, deney düzeneği kurulduktan sonra, hazır beton blok, köşelerden çatlamaktadır. İlk olarak, polikarbonat levha, etüve konulmakta ve sodyum poliakrilat malzemenin kuruması için belirli bir süre beklenilmektedir. Daha sonra, levha, hazır beton blok içindeki boşluğa yerleştirilmektedir. Polikarbonat levhanın, çelik kapağa bakan yüzeyine, boşluk havasının, dış ortam havasındaki nemden izole edilmesi için, stretch film kaplanmaktadır. Bitümlü örtü, beş saat boyunca 0.05 MPa su basıncına maruz bırakılmaktadır. Multimetre ile ölçülen V AC cinsinden değerler, her dakikada bir, DMM8x Rs232 Data Recording System V1.04B programı aracılığı ile bilgisayarın hard-diskine kaydedilmektedir. Deney süresinin sonunda, dakikada bir ölçülen değerler, yüksek kapasiteli başka bir bilgisayarın hard-diskine aktarılmaktadır. Bu bilgisayarda, Microsoft Excel 97 programı ile, dakikada bir kaydedilen değerler, ortalama saatlik değerler olarak düzenlenmekte ve bunlar, doyurulmuş tuz çözeltileri ile bağıl nem (%) cinsinden değerlere dönüştürülmektedir.

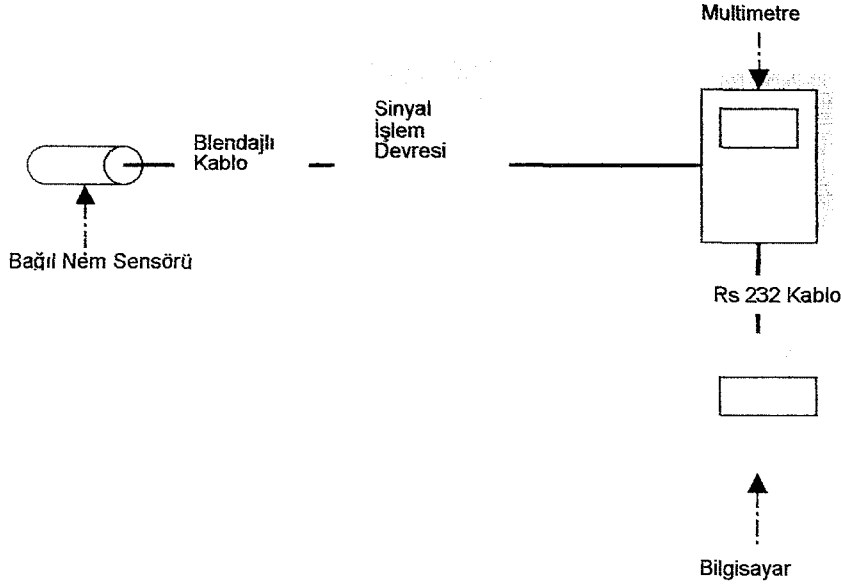
Böylece, her bir saat için, ortalama saatlik bağıl nem (%) değerleri elde edilmekte ve grafik şeklinde ifade edilmektedir.

Söz konusu ölçme sisteminin kullanılmasının getirdiği bir takım zorluklar bulunmaktadır. Polimer, mikron derecesinde ince taneli bir malzemedir; polimerin, daha evvelce belirlenen bir miktarda, polikarbonat levhanın içine konulması zorunluluğu vardır. Bunun nedeni ise, daha evvelce belirlenen bir miktardaki polimer, levhanın içine konulduğunda, ince tanelerin birbirleriyle temas eder hale gelmesidir; böylece, transformatörün 36 V AC çıkış ucundan çıkan sabit akım, birbirleriyle temas eden taneler arasından geçmekte ve devresini tamamlamaktadır. Aksi durumda, akım, ince taneler arasında kalan boşluklardan geçememekte ve ölçme yapılamamaktadır. Ancak, her bir pilot deney için, eşit miktarda, mikron derecesinde granül malzeme olan polimerin, poliakrilat levha içine konulması mümkün olamamakta; böylece, işlemin pratik olmadığı kabul edilmektedir. Ayrıca, polimer, lisanslı olarak üretilen bir malzemedir; bu nedenle, temin edilmesi zor olmaktadır. Deney sonunda elde edilen ortalama saatlik bağıl nem değerlerinin, g/m^3 cinsinden mutlak nem değerine dönüştürülmesi için polimerin, ayrıca, deney sırasındaki sıcaklığının da ölçülmesi gerekli olmaktadır. Ancak, sıcaklık ölçen bir sensörün, söz konusu ölçme sistemine entegre edilmesi mümkün olamamaktadır. Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı, söz konusu ölçme sistemi yerine, yeni bir ölçme sisteminin geliştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Hazır beton elemanda çatlakların oluşması nedeniyle boşluk havasının, beton ve dış ortam havasındaki nemden izole edilemediği kabul edilmektedir. Bu nedenle, bir sonraki çalışmada, hazır beton blok yerine çelik plaka kullanılmaktadır.

Bağıl Nem Sensörü, Isıl-Çift Ve Elektriksel Ölçme Sistemi

Bu çalışmada, hazır beton bloklar yerine, basınç dayanımı ve buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olan çelik plaka kullanılmaktadır. Çelik plakanın eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 30, 400 ve 200 mm.dir. Çelik plakanın bitümlü örtünün uygulanacağı arka yüzeyinde, eni, boyu ve yüksekliği, sırasıyla, 10, 300 ve 10 mm. olan bir boşluk bulunmaktadır. Çelik plakanın ön yüzeyinde ise, boşluğa açılan iki adet delik bulunmaktadır. Ölçme sistemi, Şekil C.4'de gösterilmektedir.

Ölçme sistemi, birbirinden bağımsız ölçme yapabilen iki kısımdan meydana gelmektedir; bunlardan biri bağıl nem sensörü ve elektriksel ölçme sistemi, diğeri ise ısıl-çifttir. Bağıl nem sensörü, dielektrik sabitini, boşluktaki bağıl nem değerine lineer orantılı olarak değiştiren ince-film polimer kondansatörden meydana gelmekte ve paslanmaz çelik bir prob içinde yer almaktadır. Prob, blendajlı bir kablo ile sinyal işlem devresine bağlıdır. Sinyal işlem devresi, çok uçlu bir erkek fiş muhafazası içinde yer almaktadır. Şehir şebekesinden gelen 220 V AC gerilimi 9 V DC çeviren bir adaptör ile multimetrenin test uçları, çok uçlu bir dişi fiş muhafazası içinde yer almakta ve bu fiş, sinyal işleme devresinin fişine bağlı olmaktadır. Multimetrenin arkasındaki optik okuyucudan çıkan Rs 232 kablo bağlantısı, bilgisayarın COM 1 girişine bağlıdır. Sinyal işlem devresi, ince-film polimer kondansatörün değişen dielektrik sabitini, % 0-100 bağıl nem değerlerine lineer orantılı olan 0-1 V DC değerleri olarak vermektedir. Sinyal işlem devresinden gelen 0-1 V DC arasındaki değerler, multimetre ile okunmakta ve DMM8x Rs232 Data Recording System V1.04B programı aracılığı ile bilgisayarın hard-diskine kaydedilmektedir.



Şekil C.4 Bağıl Nem Sensörü Ve Elektriksel Ölçme Sisteminden Oluşan Ölçme Sistemi

Sıcaklık ölçmek için, termoelektrik devreler kullanılmaktadır. Bu devrelerde, bir ucu açık, diğer ucu ise bir ara terminale doğrudan bağlanan ısı-çiftler (thermocouple: sıcaklık pili) yer almaktadır. Isıl-çift, iki ayrı metal veya alaşımdan oluşan bir araçtır. Termoelektrik devreler için bakır (+) – konstantan (-) çiftinden oluşan ve simgesi T olan metal çifti seçilmektedir. T ısı-çift, nemli ortamlarda, paslanmaya karşı direnç göstermektedir. Ölçmelerde kullanılan, çapı 0.81 mm. olan bir T ısı-çiftin sıcaklık ölçme limitleri -200 ve $+250^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu aralardaki ölçme hata payı 0.8°C geçmemektedir. Isıl-çiftin kablosu blendajlıdır. Ara terminal, bilgisayarın ana kartına yerleştirilen bir arabirime (interface) bağlıdır. Arabirim (interface) kartı, ısı-çiftlerden aldığı ısıdan kaynaklanan elektrik sinyallerini, sıcaklık birimi $^{\circ}\text{C}$ 'ye dönüştürerek bilgisayarın hard-diskine kaydetmek için kullanılmaktadır.

Pilot deneylerde, basınçlı su deney aleti ve söz konusu ölçme sistemi ile kurulan deney düzeneğinde, çelik gövdedeki odanın ön yüzüne, sırasıyla, lastik conta, bitümlü örtü ve çelik plaka; çelik plakanın ön yüzüne ise çelik kapak yerleştirilmektedir. 32 adet vida, çelik gövde ve kapaktaki deliklerden geçirilmekte ve somunlar tork anahtarı ile 50 N/m kuvvetinde sıkılmaktadır. Çelik plakanın ön yüzündeki deliklerden birine bağıl nem sensörünün probu, diğerine ise ısı-çift yerleştirilmektedir. Bitümlü örtü, 24 saat boyunca 0.05 MPa su basıncına maruz bırakılmakta ve çelik plakada yer alan boşluk havasındaki nem miktarındaki değişim, V DC cinsinden değerler olarak multimetre ile okunmaktadır. Bu değerler, DMM8x Rs232 Data Recording System V1.04B programı aracılığı ile bilgisayarın hard-diskine, dakikada bir, kaydedilmektedir. Isıl-çift ile çelik plakada yer alan boşluk havasının $^{\circ}\text{C}$ cinsinden sıcaklık değerleri, Direct View programı aracılığı ile, dakikada bir, diğer bir bilgisayarın hard-diskine kaydedilmekte ve deney süresinin sonunda, ham veriler, yüksek kapasiteli bir bilgisayarın hard-diskine aktarılmaktadır. Microsoft Excel 97 programı ile, dakikada bir kaydedilen gerek bağıl nem (%) gerekse sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerleri, ortalamaları saatlik bağıl nem ve ortalama saatlik sıcaklık değerleri olarak düzenlenmektedir. Her bir saat için, ortalama saatlik bağıl nem ve ortalama saatlik sıcaklık değerlerinden, PsyCal98 (Psychrometric Calculator) programı ile, ortalama saatlik mutlak nem (g/m^3) değerleri hesaplanmaktadır.

Pilot deneyler sırasında, ısı-çiftin ve bağıl nem probunun, çelik plakanın ön yüzüne tespit edilmesi ve ara kesitlerinin sızdırmaz hale getirilmesinin zor olduğu tespit edilmektedir. Bağıl nem sensörü, %100 bağıl nem değerinden sonra hassasiyetini kaybetmekte; diğer bir anlatımla, boşlukta sıvı fazda su bulunduğu durumda, bağıl nem ölçer, bu değeri 1 V AC değerinde ölçtükten sonra tekrar kullanılamamaktadır. Yeni bir bağıl nem ölçer ve sinyal işlem devresinin satın alınması gerekmekte ve deney aleti ekonomik olmaktan çıkmaktadır. Bu nedenle, söz konusu ölçme sistemine benzer nitelikte, ancak, sıvı fazda su ile karşılaşınca bozulmayan ve çelik plakaya monte edilebilen bir sistem daha geliştirilmektedir.



ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Nil Şahal

Doğum Yeri ve Yılı : İstanbul, 20.12.1965

Medeni Hali : Evli, bir çocuklu

Yabancı Dil : İngilizce

İlk Öğrenim : Atina, Yunanistan, Ursiline School, 1976.

Orta Öğrenim : Ankara, TED Ankara Koleji, 1976-1979,
İstanbul, Kadıköy Kız Koleji, 1979-1982.

Yüksek Öğrenim : İstanbul, İ.T.Ü, Mimarlık Fakültesi, 1982-1987

Yüksek Lisans : "Temellerde Su Yalıtımı", İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1992.

Mesleki Faaliyet : Eczacıbaşı, İntema A.Ş.'de mimar olarak görev alma,
İstanbul, 1987-1989.
İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı'nda
Araştırma Görevlisi olarak görev alma, İstanbul, 1991.