

83076

**ISI TUTUCU MALZEMELER VE YAPILARDA
UYGULAMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Feryal KAHRAMAN

83 076

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Ocak 1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 3 Şubat 1999

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nihat TOYDEMİR

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Erol GÜRDAL

Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOĞRULAMA VE KAYIT BÖLÜMÜ

Nihat Toydemir 17.03.99
Erol Gurdal 17.03.99
Halit Yasa Ersoy 13.03.1999
Feryal Kahraman

ŞUBAT 1999

ÖNSÖZ

Tezimi hazırlarken çalışmalarımı yönlendirerek bana destek olan hocam Prof.Dr. Nihat Toydemir'e, kaynak bulmamda yardımlarını esirgemeyen İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Kütüphanesi görevlilerine, bugüne kadar gösterdikleri fedakarlık ve katkılarından dolayı aileme, özellikle kardeşim Fırat Kahraman'a, arkadaşlarım Murat Çetintaş, Hakan Karaca ve Murat Bedük'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 1999

Feryal Kahraman



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xvii
ÖZET	xviii
SUMMARY	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Tezin Kapsamı	2
1.2 Tezin Amacı ve Yöntemi	2
1.3 Sonuç	3
BÖLÜM 2 YAPI MALZEMESİ OLARAK ISI TUTUCU MALZEMELER	4
2.1 Isı Tutucu Malzeme Tanımı	4
2.2 Isı Tutucu Malzeme Gelişimi	5
2.3 Isı Tutucu Malzemelerde Aranılan Özellikler	6
2.3.1 Yeterli basınç mukavemeti	6
2.3.2 Yeterli çekme mukavemeti	7
2.3.3 Buhar difüzyon direnci	7
2.3.4 Hafiflik (Düşük yoğunlukta olması)	7
2.3.5 Yüksek ısı tutuculuk	7
2.3.6 Boyutsal kararlılık	8
2.3.7 İşlenebilirlik	8
2.3.8 Kimyasal etkenlere karşı dayanıklılık	9
2.3.9 Yanmazlık ve alev geçirmezlik	9
2.3.10 Parazitleri barındırma ve parazitlere karşı dayanıklılık	9
2.3.11 Su ve nemden etkilenmemezlik	9
2.3.12 Sıva tutuculuk	10
2.3.13 Çürümemezlik	10
2.3.14 Kokusuzluk	10

2.3.15 Uzun ömürlü olması	10
2.3.16 Ucuzluk	10
2.3.17 İnsan sağlığına ve çevreye zararlı olmaması	10
2.4 Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması	11
2.4.1 Doğada varoluşlarına göre ısı tutucu malzemeler	14
2.4.1.1 Doğada varolan malzemelerden üretilen ısı tutucu malzemeler	14
2.4.1.1.1 Bitkisel kökenli ısı tutucu malzemeler	14
2.4.1.1.2 Hayvansal kökenli ısı tutucu malzemeler	14
2.4.1.1.3 Mineral kökenli ısı tutucu malzemeler	15
2.4.1.1.3.1 Basit işlemler ile doğrudan elde edilen ısı tutucu malzemeler	15
2.4.1.1.3.2 Karmaşık işlemler sonucu elde edilen ısı tutucu malzemeler	15
2.4.1.2 Doğada varolmayan sentetik kökenli ısı tutucu malzemeler	15
2.4.2 Bünye yapılarına göre ısı tutucu malzemeler	16
2.4.2.1 Lifsel yapıda olan ısı tutucu malzemeler	16
2.4.2.1.1 Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı tutucu malzemeler	16
2.4.2.1.1.1 Mantar levha	16
2.4.2.1.1.2 Yumuşak ahşap lif levha	19
2.4.2.1.1.3 Ahşap rende talaş levha	19
2.4.2.1.1.4 Oluklu mukkava	19
2.4.2.1.1.5 Turb levhalar	20
2.4.2.1.1.6 Saz, kamış	20
2.4.2.1.1.7 Saman, çeltik kapçığı	21
2.4.2.1.1.8 Deniz yosunları (Yosun lifleri)	21
2.4.2.1.1.9 Keten, pamuk, hindistan cevizi, palmiye lifleri	21
2.4.2.1.1.10 Yün, keçi kılı, tiftik	22
2.4.2.1.2 Mineral kökenli lifsel malzemeler	22
2.4.2.1.2.1 Asbest lifi	23
2.4.2.1.2.2 Cam lifleri(cam yünü, cam pamuğu,	24

cam ipeği)	
2.4.2.1.2.3 Taş yünü	26
2.4.2.1.2.4 Cüruf yünü	29
2.4.2.1.2.5 Seramik yünü	29
2.4.2.2 Köpük ya da sünger (gözenekli) yapıda olanlar	30
2.4.2.2.1 Mineral kökenli köpük ya da sünger yapıda olanlar	30
2.4.2.2.1.1 Gazbeton	30
2.4.2.2.1.2 Süngertaşı	37
2.4.2.2.1.3 Camköpüğü	38
2.4.2.2.1.4 Hafif agregalı betonlar	46
2.4.2.2.1.5 Genleştirilmiş killer	48
2.4.2.2.1.6 Kalsiyum silikat	49
2.4.2.2.1.7 Genleştirilmiş mika (Vermikülit)	49
2.4.2.2.2 Sentetik kökenli köpük ya da sünger yapıda olanlar	49
2.4.2.2.2.1 Polistren(styropor, styrofoam)	50
2.4.2.2.2.2 Poliüretan	54
2.4.2.2.2.3 Polivinil klorür köpüğü (PVC)	57
2.4.2.2.2.4 Polietilen köpük	58
2.4.2.2.2.5 Fenolformaldehit köpükler	60
2.4.2.3 Daneli yapıda olan ısı tutucu malzemeler	62
2.4.2.3.1 Genleştirilmiş mantar	62
2.4.2.3.2 Fosil silisli daneler	62
2.4.2.3.3 Perlit	62
2.4.2.3.4 Vermikülit (Genleştirilmiş mika)	66
2.4.2.4 Kompozit yapıda olan ısı tutucu malzemeler	67
2.4.2.4.1 Bağlayıcı madde aglomereleri	67
2.4.2.4.1.1 Çimento bağlayıcılı hafif agregalı kompozitler	67
2.4.2.4.1.2 Alçı bağlayıcılı hafif agregalı kompozit yapıda ısı tutucu malzemeler	72
2.4.2.4.1.3 Sinterleşmemiş kompozit yapıda olan ısı tutucu malzemeler	74

2.4.2.4.1.4 Bitüm bağlayıcılı kompozitler	76
2.4.2.4.1.5 Rijit köpük halindeki kompozit yapıdaki ısı tutucu malzemeler	76
2.4.2.4.2 Liflerle donatılı kompozit yapıda ısı tutucu malzemeler	77
2.4.2.4.2.1 Çimento bağlayıcılı kompozitler	78
2.4.2.4.2.2 Polimer bağlayıcılı kompozit yapıdaki ısı tutucu malzemeler	81
2.4.2.4.3 Lamine kompozitler	81
2.4.2.4.3.1 Sandviç kompozit yapıdaki ısı tutucu malzemeler	82
BÖLÜM 3 ISI TUTUCU MALZEMELERİN UYGULANMASI	86
3.1 Levha Isı Tutucu Malzemelerin Uygulanması	86
3.1.1 Yatay Yapı Elemanlarında Uygulama	87
3.1.1.1 Cam köpüğü levhaların uygulanması	87
3.1.1.1.1 Çatılarda cam köpüğü levhaların uygulanması	88
3.1.1.1.2 Döşemelerde cam köpüğü levhaların uygulanması	93
3.1.1.1.3 Tavanlarda cam köpüğü levhaların uygulanması	94
3.1.1.2 Ekstrude polistren köpük levha	96
3.1.1.2.1 Çatılarda ekstrude polistren köpük levha uygulanması	96
3.1.1.2.2 Döşemelerde ekstrude polistren köpük levha uygulaması	100
3.1.1.3 Taşyünü levhaların yatay yapı elemanlarında uygulanması	102
3.1.1.3.1 Çatılarda taşyünü levhaların uygulanması	102
3.1.1.4 Bir yüzü alçı kaplamalı cam yünü / taş yünü levhalar	105
3.1.1.4.1 Çatılarda alçı kaplamalı camyünü / taş yünü levhaların uygulanması	105
3.1.2 Düşey Yapı Elemanlarında Uygulama	106
3.1.2.1 Döküm malzemesine yapışanlar	107
3.1.2.2 Bir yapıştırıcı ile tesbit edilenler	107

3.1.2.2.1 Cam köpüğü levhaların uygulanması	107
3.1.2.2.1.1 Duvarlarda cam köpüğü uygulamaları	107
3.1.2.2.1.2 Bir yüzü alçı plaka kaplı camyünü / taşıyünü levhaların uygulanması	112
3.1.2.2.1.3 Çimentolu/manyezi çimentolu ahşap talaş levhaların bir yapıştırıcı ile uygulanması	113
3.1.2.3 Özel tesbit malzemeleri ile tesbit edilenler	113
3.1.2.3.1 Polistren levha	114
3.1.2.3.1.1 Duvarlarda ekstrude polistren köpük uygulamaları	114
3.1.2.3.1 Çimentolu /manyezi çimentolu ahşap talaş (heraklit) veya mantar (ksilolit) levhaların uygulanması	117
3.1.2.4 Bir ızgara sistemi ile tesbit edilenler	121
3.1.2.4.1 Camyünü levhaların bir ızgara sistemi ile tesbit edilmesi	121
3.1.2.4.2 Çimentolu ahşap talaş levhaların bir ızgara sistemiyle tesbit edilmesi	126
3.2. Şiltelerin Uygulanması	126
3.2.1 Bakalitli Cam Yünü	127
3.2.1.1 Çatılarda bakalitli camyünü şiltelerin Uygulanması	127
3.2.2 Perlitli şilte	131
3.2.2.1 Duvarlarda perlitli şiltelerin uygulanması	131
3.2.2.2 Çatılarda perlitli şiltelerin uygulanması	132
3.3. Yerinde Köpük Oluşturanların Uygulanmaları	133
3.3.1 Poliüretan (PUR)	133
3.4 Harca Katılarak Kullanılanların Uygulanmaları	138
3.4.1 Perlit betonu	139
3.4.1.1 Çatılarda perlitli beton uygulaması	139
3.4.1.2 Döşemelerde perlitli beton uygulaması	141
3.5 Dolgu (Dökme) Olarak Kullanılanların Uygulanmaları	142
3.5.1 Perlit	142
3.5.1.1 Duvarlarda perlit agregasının kullanılması	143
3.5.1.2 Döşemelerde perlit agregasının kullanılması	143
3.5.2 Vermikülit	145

3.5.3 Taşyünü / Camyünü	146
3.6 Blok Halinde Örülerek Kullanılanların Uygulanmaları	148
3.6.1 Gazbeton	148
3.6.1.1 Harçlı ve tutkallı bloklar	149
3.6.1.2 Yatay duvar elemanları	150
3.6.1.3 Taşıyıcı düşey duvar elemanları	153
3.6.1.4 Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları	158
3.7 Gazların Isı Taşınımına Engel Olacak Şekilde Hapsolunması İle Oluşturulan Isı Tutucuların Uygulanması	161
3.7.1 Isıcam	161
BÖLÜM 4. ISI TUTUCU MALZEMELERİN YURT DIŞINDA VE ÜLKEMİZDEKİ KULLANIMLARI	162
BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER	166
KAYNAKLAR	168
ÖZGEÇMİŞ	173

SEMBOL LİSTESİ

Y	: Kuru yoğunluk (kg/m^3)
λ	: Isı iletkenlik değeri ($\text{Kcal / mh } ^\circ\text{C}$)
λ_w	: Isı iltkenlik değeri (W/mk)
c	: Özgöl ısı (kJ/kgk)
μ	: Difüzyon direnç katsayısı



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Mantar levha	18
Şekil 2.2 Palmiye liflerinin tel örgüye dikilmesi işlemi	22
Şekil 2.3 Taşyünü	27
Şekil 2.4 Gazbeton üretim akım şeması	33
Şekil 2.5 Gazbeton	34
Şekil 2.6 Basınç mukavemeti deneyi	34
Şekil 2.7 Basınç mukavemeti-kuru birim hacim ağırlığı ilişkisi	35
Şekil 2.8 Malzemenin eğilme-çekme mukavemeti deneyi	35
Şekil 2.9 Farklı şekillerdeki cam köpüğü levhalar	38
Şekil 2.10 Camköpüğü üretim akım şeması	40
Şekil 2.11 Cam köpüğü üretim fırını	40
Şekil 2.12 Fırından çıkan erimiş cam	40
Şekil 2.13 Cam köpüğünün su geçirmezlik deneyi	41
Şekil 2.14 Cam köpüğünün buhar geçirmezlik deneyi	42
Şekil 2.15 Cam köpüğünün rijitlik ve basınç dayanımı deneyi	42
Şekil 2.16 Cam köpüğünün boyutsal kararlılık göstermesi	43
Şekil 2.17 Cam köpüğünün yanmazlık deneyi	43
Şekil 2.18 Cam köpüğünün haşaratlardan etkilenmemesi	44
Şekil 2.19 Cam köpüğünün kimyasal maddelere karşı dayanıklılık deneyi	44
Şekil 2.20 Cam köpüğünün kolay işlenebilmesi	45

Şekil 2.21 Değişik hafif agregalı betonlar	46
Şekil 2.22 Isı tutucu malzeme olarak kullanılan levha halindeki plastik köpükler	50
Şekil 2.23 Ekstrude polistren köpüğün kapalı hücreli yapısı	51
Şekil 2.24 Poliüretanın köpük hali	55
Şekil 2.25 Değişik formlarda polietilen köpük ısı tutucular	60
Şekil 2.26 Ham perlit	63
Şekil 2.27 Genleştirilmiş vermikülit	67
Şekil 2.28 Ekspanse kil agregalı beton	68
Şekil 2.29 Perlitli tuğla	74
Şekil 2.30 Stroporlu tuğla	75
Şekil 2.31 Çimentolu ahşap talaş levha	79
Şekil 2.32 Değişik lif kalınlıklarında üretilmiş manyezi çimentolu ahşap talaş levhalar	80
Şekil 2.33 İki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha kaplı ortası ekstrude rijit polistren köpük levha	82
Şekil 2.34 İki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha kaplı, ortası rijit poliüretan köpük levha	83
Şekil 2.35 İki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha kaplı ortası taşıyıcı levha	84
Şekil 2.36 Isıcam	85
Şekil 3.1 Cam köpüğü ile kompakt çatı sisteminin uygulanması	89
Şekil 3.2 Cam köpüğü levhaların sıcak bitüme batırılması	89
Şekil 3.3 Cam köpüğü levhaların yapıştırılması	90
Şekil 3.4 Ahşap kaplama üzerine bitümlü keçe çakılması	90
Şekil 3.5 Sıcak bitüm dökülerek çatı membranının ilk katının serilmesi	91
Şekil 3.6 Çatı membranının ikinci katının serilmesi	91

Şekil 3.7 Kendinden eğimli özel cam köpüğü çatı levhaları	92
Şekil 3.8 Eğimli çatılarda cam köpüğü uygulanması	93
Şekil 3.9 İnce çakıl tabakası üzerine cam köpüğü uygulanması	94
Şekil 3.10 Cam köpüğü levhaların sıcak bitümle döşemelerde uygulanması	94
Şekil 3.11 Mevcut betonarme tavanlarda cam köpüğü uygulanması	95
Şekil 3.12 Cam köpüğü levha uygulanmış tavanlarda alçı levha kaplamasının uygulanması	95
Şekil 3.13 Beton ile cam köpüğünü bağlayan özel ankraj elemanı	96
Şekil 3.14 Yeni dökülecek betonarme döşeme ile birlikte cam köpüğü uygulaması	96
Şekil 3.15 Teras çatılarda ekstrude polistren köpük levha uygulanması	97
Şekil 3.16 Teras çatılarda ekstrude polistren köpük uygulama kesiti	98
Şekil 3.17 Ekstrude polistren köpük levhaların eğimli çatılarda uygulanması	99
Şekil 3.18 Eğimli çatılarda polistren köpük levha uygulama kesiti	99
Şekil 3.19 Yerden ısıtma yapılan döşemelerde polistren köpük levha üzerine polietilen folyo serilmesi ve tesisat borularının yerleştirilmesi	100
Şekil 3.20 Döşemelerde polistren köpük levha uygulama kesiti	101
Şekil 3.21 Otoparak amaçlı kullanılacak döşemelerde ekstrude polistren köpük levha uygulanması	101
Şekil 3.22 Otopark amaçlı kullanılan döşemelerde ekstrude polistren köpük uygulama kesiti	101
Şekil 3.23 Gezilebilen soğuk çatıda taşıyıcı levhaların uygulanma detayı	102
Şekil 3.24 Gezilen beton veya gazbeton çatı plağı olan teras çatıda taşıyıcı levhaların uygulanması	103
Şekil 3.25 Üzerinde gezilmeyen teras çatılarda taşıyıcı levha uygulaması	104
Şekil 3.26 Metal taşıyıcı çatı plağı olan gezilmeyen teras çatılarda	104

taşyünü levhaların uygulanması

Şekil 3.27 Taşyünü levhaların sıcak bitüm yapıştırırmalı uygulaması	105
Şekil 3.28 Bir yüzü alçı plaka kaplı taşyünü / camyünü levhaların mertek altından uygulanması	106
Şekil 3.29 Cam köpüğü levhaların boşluklu duvarlarda uygulanması	108
Şekil 3.30 Cam köpüğü levhaların yapıştırılması	108
Şekil 3.31 Çift tabakalı duvarları birbirine bağlayan metal kenetlerin yerleştirilmesi	109
Şekil 3.32 Çift tabakalı duvarlarda cam köpüğü uygulama detayı	109
Şekil 3.33 Tek tabakalı duvarların cam köpüğü levha uygulanmadan önce astarlanması	110
Şekil 3.34 Derzlerin mastik ile doldurulması	110
Şekil 3.35 Sıva teli tesbiti için kullanılan metal kanca	111
Şekil 3.36 Cam köpüğü levhaların üzerine sıva uygulanması	111
Şekil 3.37 Cam köpüğü levha üzerine fırça ile sıva uygulanması	112
Şekil 3.38 Levhaların üzerine alçı yapıştırma harcının uygulanması	112
Şekil 3.39 Levhaların duvara yapıştırılması	113
Şekil 3.40 Boşluklu sandviç duvarda ekstrude polistren köpük levha uygulanması	114
Şekil 3.41 Boşluksuz sandviç duvarda ekstrude polistren köpük levha uygulanması	115
Şekil 3.42 Sandviç duvar ve giydirme cephe uygulama kesitleri	115
Şekil 3.43 Dış yüzeye polistren köpük levha uygulama kesiti	116
Şekil 3.44 Dıştan uygulamalı polistren köpük levha uygulamasında sıva işlemi	116
Şekil 3.45 Profillerin duvara vidalanması	117
Şekil 3.46 Levhaların dübellenmesi	117
Şekil 3.47 Levhaların köşelerinden dübellenmesi	118

Şekil 3.48 İnce ve uzun levhaların yapıştırılması	118
Şekil 3.49 Duvarın ortasındaki dübel düzenleme	119
Şekil 3.50 Dış duvar köşesinin dübel düzenleme	119
Şekil 3.51 Duvar boşluklarındaki (pencere) dübel düzenleme	119
Şekil 3.52 Açıt yanaklarına çimentolu ahşap talaş levha uygulaması	120
Şekil 3.53 Kaplama altı sıvasının püskürtme yöntemiyle uygulanması	120
Şekil 3.54 Havalandırmalı dış duvarda camyünü duvar levha (3 veya 5 cm) uygulaması	122
Şekil 3.55 Havalandırmalı dış duvarda camyünü duvar levhası (8 cm) uygulaması	123
Şekil 3.56 Profil levha kaplamalı havalandırmalı dış duvarda camyünü duvar levhası uygulaması	124
Şekil 3.57 Dış duvarlarda camyünü duvar levhasının içten uygulaması	125
Şekil 3.58 Ahşap talaş levhaların ahşap ızgara sistemine vida ile tesbit edilmesi	126
Şekil 3.59 Camyünü şiltelerin çatı döşemesine aralıksız döşenmesi	128
Şekil 3.60 İkinci çatı şiltesinin önceki döşenen şilteye dik yönde serilmesi	128
Şekil 3.61 Camyünü şiltelerin mertek aralarında merteklere zımbalanarak uygulanması	129
Şekil 3.62 Camyünü çatı şiltesinin mertek yüksekliğince yukarı kıvrılarak uygulanması	130
Şekil 3.63 Alüminyum sandviç çatı sisteminde bakalitli camyünü şiltesinin uygulanma detayı	131
Şekil 3.64 Perlitli şiltelerin kapalı çatılarda uygulanması.	132
Şekil 3.65 Perlitli şiltelerin açık çatılarda uygulanması.	132
Şekil 3.66 Boşluklu duvarlarda boşluğun PUR ile doldurulması.	134
Şekil 3.67 Püskürtme (sprey) yöntemiyle PUR uygulaması.	136
Şekil 3.68 Eğimli bir çatıda püskürtme PUR uygulaması	136

Şekil 3.69 Teras bir çatıda püskürtmeli PUR uygulaması	137
Şekil 3.70 Püskürtme PUR ile çimentolu asbest bir çatının yalıtımı	137
Şekil 3.71 Püskürtme PUR'un uygulandıktan sonraki görünümü	137
Şekil 3.72 Püskürtme PUR uygulanmış bir çatının korunması amacıyla alimünyum trapez ile kaplanması	138
Şekil 3.73 Üzerinde gezilebilen perlitli beton uygulanmış teras çatı detayı	140
Şekil 3.74 Eğimli betonarme döşemeli çatıda perlitli beton uygulanması	141
Şekil 3.75 Boşluklu duvarlarda daneli perlit uygulaması	143
Şekil 3.76 Ahşap yüzer döşemelerde perlit agregası ile yalıtım detayı	144
Şekil 3.77 Daneli vermikülitin boşluklu duvarlarda uygulanması	145
Şekil 3.78 Daneli vermikülitin çatı arası döşemelerde uygulanması	146
Şekil 3.79 Ahşap kirişli döşemelerde daneli vermikülit uygulaması öncesi buhar bariyeri serilmesi	146
Şekil 3.80 Daneli taşıyıcı basınçlı hortum ile uygulanması	147
Şekil 3.81 Döşeme ahşap kirişlerin daneli taşıyıcı veya camyünü ile doldurulması.	147
Şekil 3.82 Tutkalın hazırlanması ve blokların tutkal sürülerek uygulanması	149
Şekil 3.83 Yatay duvar bloklarının sağına ve soluna bitümlü köpük tesbiti	150
Şekil 3.84 Yatay duvar elemanlarının yatay duvar grayferi ile montajı	150
Şekil 3.85 Gazbeton yatay duvar elemanlarının taşıyıcı konstrüksiyona tesbit detayı	151
Şekil 3.86 Gazbeton yatay duvar elemanlarının betonarme kolonlara ankraj rayı, tesbit laması ve bulon ile tesbit detayı	152
Şekil 3.87 Zeminin çimento harcı ile tesviye edilmesi	153
Şekil 3.88 Zemine rutubet kesici tabaka serilmesi	154
Şekil 3.89 Düşey gazbeton elemanın montaj arabası kullanılarak montajının yapılması	154

Şekil 3.90 Elemanların şaküle alınması	154
Şekil 3.91 Şerbetleme öncesi elemanların paslanmaz çivi ve ahşap lata ile üst başlıktan tesbit edilmesi	155
Şekil 3.92 Şerbet kanallarının şerbet ile doldurulması	155
Şekil 3.93 Bağlantısız duvarların üst başlık hizasından takviye edilmesi	156
Şekil 3.94 Gazbeton elemanların kesilmesi	156
Şekil 3.95 Gazbeton taşıyıcı düşey duvar elemanları ile oluşturulmuş binanın sistem detayı	157
Şekil 3.96 Gazbeton çatı elemanları ile havalandırmalı çatı oluşum detayı	159
Şekil 3.97 Gazbeton çatı elemanları ile havalandırmasız sıcak çatı oluşum detayı	160
Şekil 3.98 Plastik doğramalı pencere sisteminde ısıcam uygulanma detayı	161

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Ham perlit ve genleşmiş perlitin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması	65
Tablo 2.2 Genleşmiş perlitin kullanıldığı yerlere göre ortalama yoğunluğu	66
Tablo 2.3 Perlit betonunun fiziksel özellikleri	70
Tablo 3.1 Perlit dolgu kalınlığına göre şap kalınlıkları	144
Tablo 4.1 Çeşitli ülkelerin kişi başına düşen enerji tüketimi ve izolasyon malzemesi kullanım miktarı	164

ÖZET

İnsanlık tarihi kadar eski olan konutların yalıtım fikri, insanların yaşam standartları içinde konfor anlayışlarının gelişmesi, yapı teknolojisine bağlı olarak betonarmenin inşaat sektörüne girmesiyle yapı elemanlarının incetilmesi ve hafifletilmesi nedeni ile hacimlerde yakıt giderlerinin fazlalaşması ve dünya enerji kaynaklarının giderek azalması ısı yalıtımının önemini artırmıştır. Bu nedenle ısı tutucu malzemelerin üretim ve uygulanma teknikleri sürekli araştırılmakta ve gelişmektedir.

Beş bölümden oluşan bu tez çalışmasında; birinci bölümde tezin amacı ve kapsamı, tezin yöntemi ve elde edilen sonuçlar açıklanmıştır.

Yapı malzemesi olarak ısı tutucu malzemeler başlıklı ikinci bölümde, ısı tutucu malzemelerin değişik yazarlarca yapılmış tanımları verilmiştir. Isı tutucu malzemenin gelişimi, ısı tutucu malzemelerde aranılan özellikler incelendikten sonra, ısı tutucu malzemelerin değişik yazarlarca yapılan sınıflandırmaları ve bu sınıflandırmalar ışığında yeni bir sınıflandırma ve alt açılımları verilip, bu açılımlarda yer alan malzemeler açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde ısı tutucu malzemelerin uygulanma yöntemleri, malzemelerin biçimlerine ve uygulanma yerlerine göre sınıflandırılmış ve alt açılımları açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde ısı tutucu malzemelerin yurt dışında ve ülkemizdeki kullanımlarına ilişkin karşılaştırmalar yapılmıştır.

Beşinci bölümde tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ısı tutucu malzemeler ve kullanımları ile ilgili öneriler verilmektedir.

SUMMARY

Since it was very old ages, two additional things, to sleeping and eating, the people need to have, dealing with their natures are to protect themselves from negative weather conditions such as cold and hot. For that reason, the idea of insulation is as old as the history of humanity. After the people started to hunt animals, they used the furs of some animals. In following years, increasing demand on the shelter's use caused the people apply the idea of heat insulation to their shelters. The primitive people used natural heat insulation materials such as cotton, wool, fur, straw, dry snow and sea moss for the insulation of their shelters. For instance, Eskimos used dry snow material which provided the insulation of their shelters and the people living in South Sea Islands protected themselves from negative hot weather conditions by using sea moss. Because of that reason, not only the heat insulation is used to protect from the cold weather, but also it is used to protect from the hot weather. Eventhough these materials have considerable values in the heat insulation, they are not usually proper materials for the methods of conventional building construction. Many natural heat insulations are affected by insects, mob and fungus. In addition to that, these materials are so weak vapor and damp conditions. As a result, these materials should have some aspects indicated below:

- Sufficient Compressive Strength
- Sufficient Tensile Strength
- Vapor Diffusion Resistance
- Lightness
- High Heat Insulating Capability
- Dimensional Stability
- Easy to Cut
- Resistance Aganist Chemical Effects
- Incombustible
- Resistance Aganist Parasites
- Resistance Aganist Vapor and Damp Conditions
- Coating Sensibility
- Rottenness Sensibility
- Scentless
- Long-life
- Cheapness
- It's harmless dealing with human healthy

All these aspects of the heat insulation materials and the demands of comfortable life in people's shelters caused the heat insulation materials produced and developed. The development of the technology of reinforced concrete, the thinned and lightened construction materials, the increased fuel expenses supported the research and the development of the heat insulation materials. Consequently, the

production of the heat transfer materials became an important sector. In today's world, the weak points of these heat insulation materials are tried to reduce.

The heat insulation materials are classified according to various criteria. In this thesis they are classified according to two main criteria as given below:

1. The existence of these materials in nature

- The heat insulation materials produced from the materials existing in the nature

- The heat insulation materials produced from the materials which do not exist in the nature

2. The heat insulation materials dealing with their structure

- Fiber structural materials
- The heat insulation materials having foam or sponge structures
- The heat insulation materials having granular structure
- The heat insulation materials having composite structure

1. The Existences of Heat Insulation Materials In The Nature

The heat insulation materials can be produced from the materials which exist in the nature. At the same time, these insulation materials can also be produced as a result of processes of various synthetic materials. For that reason, the heat insulation materials can be classified as the heat insulation produced from the materials which exist in the nature, the heat insulation materials produced from which do not exist in the nature.

• *The heat insulation materials produced from the materials existing in the nature:*

The heat insulation materials produced from the materials existing in the nature can be classified as vegetal heat insulation materials, animal heat insulation materials and mineral heat insulation materials. Moreover, mineral heat insulation materials can also be classified as the heat insulation materials obtained as a result of simple processes and complex processes.

• *The heat insulation materials produced from the synthetic materials which do not exist in the nature:*

These kind of materials produced from various polymers plastics. These materials can have open porous or closed porous and rigid or elastic structure. They can also be produced in different densities.

2. The Heat Insulation Materials Dealing With Their Structure

These kind of heat insulation materials can be classified four main title. These are; fiber structural materials, foam or sponge structural materials, granulate structural materials and composite structural materials.

• *Fiber structural heat insulation materials:*

These kind of heat insulation materials are produced from organic and inorganic fibers. These materials are nude or they are cased with chemical binders or metallic oil. They are given to market as plates, boards, felts and mattresses. The heat insulation materials in this group can be classified as vegetal, animal and mineral heat insulation materials. Vegetal and animal heat insulation materials are cork boards, soft timber, timber plane chip boards, corrugated cardboards, rattan-cane, flax, cotton, coconut, palm fibers, rice in the husk pod, sea moss(sea fiber),

wool, goat hair, mohair. Mineral, fiber heat insulation materials are; asbestos fiber, glass fibers, rock wool, ceramic wool.

- ***Foam or sponge structural heat insulation materials:***

The mineral and synthetic heat insulation materials which are open or closed porous are in this group. The heat insulation materials which have foam or sponge structures are gas concrete, pumice stone, foam glass, light aggregated concrete, dilated argil calcium silicate, dilated mica. The heat insulation materials which have synthetic structure are polystyrene, polyurethane, polyvinyl chloride, polyethylene and phenol formaldehyde foam.

- ***Granular structural heat insulation materials:***

These kind of heat insulation materials have granular structure. These materials are; perlite, vermiculite, fossil siliceous granules, dilated cork.

- ***Composite structural materials:***

The heat insulation materials in this group are formed to increase the insulation performance of materials. These materials are classified in three kind of groups:

- Binding materials like; cement binder-light aggregated composites, gypsum binder light aggregated composites, asphalt binder composites, rigid foam structural composites.

- Fiber reinforced composite heat insulation materials like; cement binder composite and polymer binder composite heat insulation materials.

- Laminated composite heat insulation materials like; sandwich composites.

Applications of the heat insulation materials classified are explained in the third part of thesis. The heat insulation materials are classified regarding with their shapes and application areas.

1. Application of board materials

- 1.1 Application in horizontal build-up elements

- 1.2 Application in vertical build-up elements

2. Applications of bats

3. Applications of materials forming foam in place

4. Applications of materials used with mortar

5. Applications of materials used as embankment bulk

6. Applications of materials used as masonry block

7. Applications of the heat insulation materials formed by gases detained to prevent the flow of heat

1. Application of board heat insulation materials

The board heat insulation materials are rigid materials which are able to form good construction with horizontal or vertical construction elements. There are some differences in the applications board materials at vertical construction elements and horizontal construction elements.

These heat insulation materials are; foam glass slabs, rock wool slabs, extruded polystyrene slabs, cement binder light- aggregated composite slabs, and sandwich composite heat insulation slabs.

1.1 Applications at horizontal construction elements

In this kind of application, the heat insulation materials are applied on horizontal floors and the floors which are close to horizontal . These floors are built -up roof floors having superior and ground floors having open interior.

1.2 Applications at vertical construction elements

The heat insulation materials are usually applied on walls of buildings as the vertical construction elements. This application is used interior of walls and exterior of walls or between the gap at masonry walls.

Applications of the board heat insulation materials in perpendicular construction elements are in different ways as indicated below:

- The materials sticking to cast-iron materials.
- The materials fixed with special fixation materials.
- The materials fixed with a gradient system.
- The materials fixed with an adhesive.

2. Applications of mattresses

Soft heat insulation materials produced as materials produced as bat and blankets are used in gap between partition half battens, the gap between partition rafters of have-tops having declination, floors between unused house-tops and the heat insulation of suspended ceiling. These kind of materials are; glass wool bat, perlited bat.

3. Applications of materials forming foam in place

The heat insulation materials forming foam in place are sprayed on a surface or on a volume limited. These kind of materials can also be used in filling of core. The most important example of this group is polyurethane foam.

4. Applications of materials with mortar

The granular heat insulation materials are applied in binder of cement mortar as liquid or covering materials. The light aggregated materials like perlite, vermiculite and granular fiber materials like glass wool and rock wool are mixed to obtain light-weight heat insulated concrete.

5. Applications of the heat insulation materials used as embankment bulk

The heat insulation materials which are fibers, granular and chip are applied in cores between walls or attics limited. Perlite, vermiculite and glass / rock wool are examples of this group.

6. Applications of materials used as masonry block

The heat insulation materials such as gas concrete, pumice concrete are used as masonry materials by applying masonry rules.

7. Applications of the heat insulation materials formed by pajes detained to prevent the movement of the heat.

This system is formed with inactive air or gases which prevent the movement of the heat carried by air and other gases.

In the fourth part of thesis; the comparison of usage of heat insulation materials in Turkey and in other country are given.

As a conclusion, to use heat insulation materials in buildings make some advantages like energy saving, decreasing of air pollution, to build more comfortable and reliable buildings. But the application of these materials are not same every building's elements. Because of this reason; data and conditions for every structure must be carefully examined and planned from the beginning according to that situations. In order not to have problems after construction, maximum attention should be paid during material selection and application processes in the building's elements which have some problems like water, vapour, point load distributed load. In this subject, the architects have important responsibilities and roles in the desing and applying process.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde yaşam standartının hızlı gelişmesi ve teknolojinin ilerlemesi yeni kavramların oluşmasına ve değer yargılarının değişmesine neden olmaktadır. Teknolojinin gelişmesi bir çok soruna çözüm olmakla beraber bir takım yeni sorunlara çözüm araştırılmasını da gerektirmektedir. Nitekim, 19. yüzyılda makine gücünün üretime girmesi ve ikinci dünya savaşından bu yana şehirleşmenin artması ekonomi, kültür ve sosyal yaşam gibi kavramların değişmesi, insanların konut anlayışını da geliştirmiştir.

Hızlı şehirleşme nedeniyle bina yapımında kullanılan malzemelerin ve sistemlerin farklılaşması, arsaların azalması ve arsa maliyetinin artması yeni arayışlara yol açmıştır. Bu yeni arayışlar içinde betonarme ve çelik gibi malzemelerin bina yapımında kullanılması yalıtım kavramının gelişmesine neden olmuştur. Daha önce kalın kağır duvarlarla yığma yapı olarak inşa edilen binalar daha ince ve taşıyıcı olmayan duvarlarla çözülebilir hale gelmiştir. Bu nedenle bu ince duvarlar ve yapı elemanları, kağır yapı malzemelerin kendi kalınlıkları ile çözebildiğı ısı, su, nem ve ses problemlerini çözememiştir.

Diğer yandan, özellikle günümüzde enerji kaynaklarının tükenmekte olması, bu kaynakların rasyonel bir biçimde kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Her ne kadar enerji elde etmek için, yeni petrol kuyuları ve maden ocakları arama ve açma çalışmaları devam etse de, hidroelektrik enerji, güneş enerjisi, nükleer enerji ve rüzgar enerjisi gibi alternatif enerji arama çalışmaları yapılsa da, bu çalışmalar ve yatırımlar ekonomik olmamaktadır. Ayrıca bu enerjilerin kullanılması ve üretilmesi sırasında oluşan hava kirliliği de gün geçtikçe çevre ve insan sağlığını bozacak bir tehdit unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır.

Isı yalıtımını önemli kılan diğer bir faktör ise; ısı yalıtımı öngörülerek inşa edilen binaların projelerinde, kalorifer tesisatında, kazan hacminde ve radyatör dilimlerinde azalmanın sağlayacağı avantajdır.

Bütün bu faktörler günümüzde ısı yalıtımının ve ısı tutucu malzemelerin önemini arttırmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmalar ısı tutucu malzemelerin performanslarını arttırmak ve olumsuz yönlerini azaltmaya yönelik olmaktadır.

Diğer taraftan, kullanıcının ve uygulayıcının bilinçli olması ve malzemenin doğru uygulanması gereklidir. Aksi takdirde yanlış uygulanmış ısı tutucu malzemeler binaların konforunu arttırmaktansa, birtakım sorunlara yol açmaktadır. Dolayısıyla burada mimarın görevi; malzemeyi iyi tanımak ve uygulayacağı yapı elemanına uygunluğunu iyi seçmektir.

1.1 TEZİN KAPSAMI

Isı tutucu malzemenin doğru uygulanması halinde bir çok avantaj sağlamanın yanında, ülkemizde bu malzemeler gerek uygulayıcılar ve gerekse bina kullanıcıları tarafından yeterli düzeyde tanınmamakta veya doğru uygulanmamaktadır. Oysa ki, dünyada bu konuda yeni araştırmalar ve çalışmalar hızla devam etmekte ve yeni ısı tutucular malzemeler üretilmektedir.

Bu nedenle, ısı tutucu malzemelerin sınıflandırıldığı ve uygulama teknolojilerinin araştırıldığı bu tezde, ısı tutucu malzemelerin bünye yapıları ve özellikleri açıklanmış ve tanıtılmaya çalışılmış, uygulanma yöntemleri araştırılmış ve bu yöntemler resimlerle ve detaylarla desteklenmiştir.

1.2 TEZİN AMAÇI VE YÖNTEMİ

Tezin amacı; inşaat alanında ülkemizde halen yeterli düzeyde tanınmayan bu malzemelerin kullanım olanaklarını, türlerini ayrıntılı bir şekilde vermek ve doğru uygulanma yöntemlerini resimlerle ve detaylarla açıklamaktır.

Tezin yöntemi; mevcut durumu incelemek ve buna dayalı olarak ele alınan hipotetik-dedüktif yöntemdir.

1.3 SONUÇ

Yapılan tez çalışmasında; ısı tutucu malzemelerin kullanılması halinde hava kirliliğini azaltıcı özelliği yanında, ekonomiye ve enerji tasarrufuna sağlayacağı yararlar da görülmüştür. Fakat bu malzemelerin yeterince tanınmaması ve doğru uygulanmaması halinde malzemenin yalıtım özelliği etkili olmamaktadır. Bu açıdan malzemeler tüm özellikleriyle tanıtılmaya çalışılmış ve doğru uygulama örnekleri verilmiştir.



BÖLÜM 2

YAPI MALZEMESİ OLARAK ISI TUTUCU MALZEMELER

2.1 ISI TUTUCU MALZEME TANIMI

Günümüzde ısı tutucu malzemeler birçok isimlerle anılmakla beraber, değişik tanımlamalar yapılmaktadır. Bu malzemeler; ısı tutucu malzemeler, ısı tecrit malzemeleri, ısı izolasyon malzemeleri, ısı yutucu malzemeler ve ısı yalıtkan malzemeler diye değişik adlarla sınıflandırılmaktadır. Bu tanımlamaların bazıları aşağıda verilmektedir:

- Isı tecrit malzemeleri sıcak ve soğuğa karşı koruma amaçlı, genelde gözenekli yapılı malzemelerdir [1,s 20].
- Isı transferine karşı koyarak mevcut ısının uzun süre korunmasını sağlayan düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerdir [2,s 2].
- Düşük ısı iletkenliğine sahip olan malzemeler ısı tutucu malzemeler olarak sınıflandırılırlar [3,s 187].
- Katmanlı, sınırlayıcı yapı bileşenlerinde, her iki ortamdaki temperatürel koşulları, kapalı ortam ve yapı bileşeni yönünden istenilen bir düzeyde dengede tutabilmek amacıyla, ısı geçirme direnci nisbeten yüksek seçilen yapı gereçleridir [4,s 23].
- Isı yalıtım malzemesi, yüksek sıcaklıklı alandan düşük sıcaklıklı alana doğal ısı geçişini bir bariyer oluşturun malzeme olarak tanımlanabilir [5,s 194].
- Malzemelerin ısı yalıtım değeri, malzeme içindeki hava boşlukları çokluğu oranında artmaktadır. Isı yalıtımında, içindeki hava boşlukları çok, dolayısıyla yoğunlukları az olan tabii malzemeler ve suni olarak ısı yalıtma özelliği kazandırılmış malzemeler kullanılmaktadır [6,s 76].

2.2 ISI TUTUCU MALZEMELERİN GELİŞİMİ

Ünlü Sosyolog Mazlov'un ortaya attığı, ihtiyaçların basamağı teorisine göre insanın karşılanması beklediği ilk ve temel ihtiyaçları, fizyolojik ihtiyaçlar olmaktadır. Yemek, uyumak, korunmak gibi ihtiyaçların arasında barınmak ihtiyacı da bulunmaktadır. Ancak bu temel ihtiyaçlar tatmin edildikten sonra bir basamak yukarıdaki, insanın sosyal ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır. Bu ihtiyaçların arasında daha iyi, daha konforlu bir yaşam şartlarına ulaşma arzusu da bulunmaktadır. Bu basamağa ulaşan insanın gündemine ilk defa konutunu yalıtma fikri de girmektedir [7,s 38].

Endüstride de ısı enerjisi korunumu amacı ile ısı yalıtımı yapılması gereği, endüstrinin gelişmeye başladığı 18. yüzyıldan beri bilinip uygulanı gelmiştir. Isı ile ilgili fizik bilgisi ve kuramları da bu yüzyıldan beri incelinip çözüme kavuşturulmuştur. Bu çözümler endüstriyel tesislerin ısı yalıtımında uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Yapılarda ise, ısı kayıpları sorunlarının çözümü ve uygulanmasının endüstride olduğu gibi yapılması, yapıyı ve yapı elemanlarını ısı ile beraber etkileyen nem, insan konforu gereksinimleri ve insan faaliyetleri gibi faktörler yanında, yapı elemanları kesitlerinin karmaşıklığı, bu uygulamaların her zaman başarılı olmasını engellemiştir.

Yapılarda ısı yalıtımı yapılması gereği II. Dünya Savaşının bitiminden sonra gelişen yapı teknolojisine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Bu döneme kadar yapılan yapılarda kalın duvarlar ve soğuk çatı denilen havalandırmalı çatı konstrüksiyonu, böyle bir gereksinimi kendiliğinden karşılayabiliyordu. Oysa savaşın ardından büyük bir konut gereksinimi ve betonarmenin gelişmesi, yapı elemanlarının incelmeye ve hafiflemesine neden olmuştur. Aynı zamanda üretilen yeni yapı malzemelerin, eleman kesitlerinde yer alması sonucunda hacimlerde daha çabuk soğuma, yakıt giderlerini arttırma gibi sorunlarla birlikte özellikle soğuk günlerde, duvar yüzeylerinde görülen çığırma ve buna bağlı olarak kuruma döneminde görülen kirlenme ve çiçeklenmeler, ahşap yüzeylerde mantarlaşmanın ortaya çıkması, konunun önemini ortaya koymuştur. Bu durumların incelenmesi ısı yalıtımının gerekliliğini açıkça belirtmiştir [8,s 26-27].

Birçok doğal ısı tutucu malzeme yeterli derecede ısı direncine sahip olmasına rağmen, bunlar konvansiyonel bina yapım methodlarına uygun olmamaktadır. Çünkü bu malzemelerin bir çoğu böceklerle, mantarlara, haşarelere ve buhar-nem gibi

faktörlere yeterli dayanım gösterememektedir. Bu malzemelerin olumsuz yönlerini düzeltmek ve istenilen kalınlık ve kalitede ısı tutucu malzeme elde etme isteği ısı tutucu malzemelerin gelişmesine neden olmuştur [9].

2.3 ISI TUTUCU MALZEMELERDE ARANILAN ÖZELLİKLER

Isı yalıtım malzemeleri seçiminde yalıtılacak yer ve şartları, yalıtım ihtiyacı, iklim ve sıcaklık şartları, ısı yalıtımı ile ilgili diğer konstrüktüf şartlar gözönünde bulundurulmalıdır.

Doğru bir seçim yapabilmenin en önemli şartı, kullanılacak malzemeyi her yönü ile iyi tanımak ve bu malzemenin tatbik özelliklerini iyi bilmektir [6,s 77].

Çünkü bazı durumlarda bir ısı tutucu malzemenin su buharını geçirilmesi gerektiği halde, bazı durumlarda bunun tam tersi gerekebilir. Bu ve benzeri ısı tutucu malzemede aranan birçok nitelik kullanma yerindeki koşullardan kaynaklanır.

Bunun yanı sıra, ısı tutucu malzeme olarak adlandırılan yapı malzemelerinde, kullanımlarına ilişkin aşağıda sıralanacak birçok özelliğin bulunması gerekmektedir. Fakat ısı tutucu malzemelerde bulunması gereken özelliklerin tümünün bir malzemede bulunması da olanaklı değildir. Zaman, zaman bu istekler birbiriyle çelişse de optimum bir çözüm her zaman bulunabilir. Isı tutucu malzemelerde aranan genel özellikleri aşağıda olduğu şekilde sıralayabiliriz [10,s 67].

2.3.1 Yeterli Basınç Mukavemeti

Binalarda özellikle yatay ya da az eğimli yapı elemanlarının (örn: döşemelerin) oluşturulmasında yeterli basınç mukavemetine sahip ısı tutucu malzemeye gereksinim vardır. Döşeme üzerinde bulunan statik ve dinamik yüklerin etkilerine karşı ısı tutucu malzemede belirli bir direncin bulunması yapılan konstrüksiyonun sürekliliği açısından şarttır. Mukavemetin yetersiz olduğu durumlarda, ya malzemenin basınç mukavemetini arttırmaya yönelik önlemler alınmalı (bakalitli cam yünü gibi), ya da yayılı ve noktasal yüklerin ısı yalıtım malzemesini ezmesine karşı belli kalınlıkta rijit katmanların (koruyucu şap gibi) yapılmasına gidilmelidir. Bazı hallerde bu iki

uygulamanın bir arada yapılması gerekebilir. Düşey yapı elemanlarında ısı tutucu malzemelerin kullanılmasında bu anlamda önlemlere genelde gerek yoktur [10,s 67-68].

2.3.2 Yeterli Çekme Mukavemeti

Genleşmeye karşı dayanıklılık ve özellikle eğilmeden kaynaklanan çekilme gerilmelerinin karşılanabilmesi için ısı tutucu malzemenin yeterli bir çekme mukavemetine sahip olması gereklidir [10,s 68].

2.3.3 Buhar difüzyon direnci

Buhar difüzyon direncinin hangi seviyede olacağı ısı tutucu malzemenin kullanılacağı yerin koşullarına bağlı olarak belirlenir. Bazı koşullarda ısı tutucu malzemenin su buharını tamamen geçirmesi istenebileceği gibi, bazı koşullarda ise hiç geçirmemesi istenebilir. Bu durum o yapı elemanının çevrelediği mekanın koşullarından ve o yapı elemanının konstrüksiyon tipinden kaynaklanır [10,s 68].

2.3.4 Hafiflik (Düşük Yoğunlukta Olması)

Isı tutucu malzemelerin bünye yapıları gereği birim hacim ağırlıkları düşük olmak zorundadır. Bazı ısı tutucu malzemeler rijit yapıda (örn: cam yünü, cam pamuğu), bazıları ise gevşek yapıdadır (örn: cam yünü, cam pamuğu). Ancak, bu malzemelerin yalıtım görevini yerine getirebilmek yönünden hafif olmaları zorunludur [10,s 68].

2.3.5 Yüksek Isı Tutuculuk

Bu tür malzemelerin genelde yüksek düzeyde ısı tutuculuğa (ısı yalıtkanlığına) sahip olmaları aranır. Düşük sıcaklıkların yalıtılmasında kullanılan ısı tutucular ile yüksek sıcaklıkların yalıtılmasında kullanılan ısı tutucuların cinsleri önemli farklılıklar gösterir. Yüksek sıcaklık söz konusu olduğunda malzemenin yanmazlığı önem

kazanırken, düşük sıcaklıklarda örneğin bir binanın dış duvarında ya da bir soğuk hava deposunda kullanılan ısı tutucu malzemeler için yanmazlık önemini yitirir. Bu açıdan ısı tutuculuk seviyesinin hangi düzeyde olması gerektiği kullanma yerinin koşulları ile belirlenir. Binalarda ısı iletkenlik kat sayısı 0.1 W/mK ve altındaki değerlerde olan ve yer kaybını azaltan ısı tutucular kullanılırken, yalıtılması gerekli sıcaklığın arttığı sanayi alanlarında ısı iletkenlik katsayısı çok daha yüksek olan (örn: 1.16-81.4 W/mK) ısı tutucuların kullanılmaları gerekmektedir [10,s 69].

2.3.6 Boyutsal Kararlılık

Isı tutucu malzemelerin değişik dış etkenlerde hacim ve şeklini değiştirmemesi beklenir. Islandığı zaman şişen ve üzerine basıldığı zaman ezilen bir ısı tutucu malzeme özelliklerini yitirecektir. Bu durumda konstrüktif önlemler alınması gerekecek, bu ise maliyeti artıracaktır. Cam köpüğü gibi ek önlem gerektirmeyen ısı tutucu malzemeler olduğu gibi yumuşak ısı tutucu malzemelerin yük taşımaları ve ezilmemeleri için oldukça kalın rijit bir şap tabakası ile korunması gereklidir [10,s 70].

2.3.7 İşlenebilirlik

Bir ısı tutucu malzemenin kullanma yerine uygulanabilmesi için değişik aletlerle kesilebilmesi, delinebilmesi, çakılabilmesi, yapıştırılabilmesi, oyulabilmesi vb. işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesine elverişli olması istenir. Güç işlenen malzemeler işçilik maliyetini artıracığı için, işlenebilirlik ısı tutucu malzemedaki önemli bir özelliktir [10,s 70].

2.3.8 Kimyasal Etkenlere Karşı Dayanıklılık

Bütün diğer yapı malzemeleri gibi ısı tutucu malzemeler de kimyasal etkilere açık olması malzemenin zamanla niteliğini yitirmesi nedeniyle önemlidir ve dayanıklı olması beklenir [10,s 70].

2.3.9 Yanmazlık ve Alev Geçirmezlik

Isı tutucu malzemeler değişik kökenli malzemelerden oluşmaktadır. Organik, anorganik ya da sentetik oluşlarına göre bu tür malzemeler yanıcı ya da yanmaz olabilirler. Genelde bu tür malzemenin yanmaz oluşu ideal bir durum olmakla birlikte, kullanma yerinin gerektirdiği alt ve üst sıcaklık limitlerine uygun olmak koşulu ile değişik ısı tutucular kullanılabilir [10,s 70].

2.3.10 Parazitleri Barındırmama ve Parazitlere Karşı Dayanıklılık

Isı tutucu malzemelerin gerek türlerine ve gerekse bünye yapılarına bağlı olarak çeşitli hayvan, böcek, vb. parazitleri barındırmaması, bunların etkisiyle niteliklerini kaybetmemeleri gerekir [10,s 70].

2.3.11 Su ve Nemden Etkilenmemezlik

Isı tutucu malzemelerin bu işlevlerini yerine getirebilmeleri ve de sürdürebilmeleri için nemlenmemeleri ve ıslanmamaları gerekmektedir. Zira, bu durumda malzemenin kuru hareketsiz hava içeren boşlukları su ile dolduğu ya da nemlendiği için malzeme kendisinden beklenen yalıtım görevini yerine getiremez hale gelir. Bu durumdan kaçınmak için ısı tutucu malzemenin uygun bünye yapısında ve uygun cinsten olması, bunlar sağlanmadığı takdirde ısı tutucu malzemenin su ve nemden kesinlikle korunması gereklidir [10,s 71].

2.3.12 Sıva Tutuculuk

Bünye yapıların gereği kullanıldığı yerlerde mekanik etkilere açık olmaları ve bitirme malzemeleri olmadıkları için, birçok ısı tutucu malzemenin başka bir malzeme ile korunmaları gerekmektedir. Sıva tutuculuk özelliği çoğu ısı tutucu malzemede bulunmakla birlikte son yıllardaki gelişmeler sonucunda gevşek ve yumuşak malzemelerin üzerlerine de sıva yapılması olanağı sağlanmıştır [10,s 71].

2.3.13 Çürümezlik

Isı tutucu malzemenin uzun yıllar hizmet verebilmesi için çeşitli elementlerin etkisi altında çürümemesi ya da çözülmemesi gerekir [10,s 71].

2.3.14 Kokusuzluk

Isı tutucu malzemelerin herhangi rahatsız edici bir kokusunun gerek uygulama ve gerekse uygulamadan sonra olmaması gerekir [10,s 71].

2.3.15 Uzun Ömürlü Olması

Isı tutucu malzeme seçimi yaparken malzemenin bina ömrüyle bağdaşacak, uzun zaman bozulmadan görevini yerine getirecek nitelikte olmasına bilhassa dikkat edilmelidir [1,s 20].

2.3.16 Ucuzluk

Isı tutucu malzemelerde bulunması gereken yukarıda sayılan özelliklerin tek bir malzemede bulunması pratik olarak mümkün olmamasına rağmen, bu özelliklerin birçoğunu barındıran malzemeler fiyatları nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu nedenle ucuzluk da ısı tutucu malzeme seçiminde bir kriter olmaktadır [10,s 71].

2.3.17 İnsan Sağlığına ve Çevreye Zararlı Olmaması

Isı tutucu malzemenin, günümüzün yükselen değerleri haline gelen çevre koruma ve insan sağlığına gösterilen azami dikkat çerçevesinde, FCKW ve asbest içermemesi de dikkate alınması gerekir [11,s 32].

2.4 ISI TUTUCU MALZEMELERİN SINIFLANDIRILMASI

Literatürde, ısı tutucu malzemeler için değişik sınıflandırmalar olduğu görülmektedir. Bu sınıflandırmalar malzemelerin bünye yapılarına, piyasada bulunuş şekillerine, fiziksel yapılarına göre yapılmaktadır.

• *İlgaz'a Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:*

İlgaz ısı tutucu malzemeler için bünye yapılarıyla, piyasada bulunuş şekilleriyle, fiziksel yönleriyle ve yapıdaki uygulanış yerleri ile ilgili çeşitli sınıflandırmalar yapmıştır. Buna göre bünye yapıları baz alındığında;

- Anorganik ısı tutucu malzemeler
- Organik ısı tutucu malzemeler
- Yapay sert köpükler [4,s 29-30].

Piyasada bulunuş şekillerine göre;

- Hasır şeklinde ısı tutucu malzemeler
- Masif yaygı şeklinde ısı tutucu malzemeler
- Plak şeklinde ısı tutucu malzemeler

Yapı fiziksel yönleriyle ısı tutucu malzemeler;

- Nem kabul edenler (hidroskopik)
- Nem kabul etmeyenler (hidroskopik olmayanlar)

Isı tutucu malzemelerin yapıdaki uygulanış yerlerine göre;

- Taşıyıcı yapı üstünde
- Taşıyıcı yapı altında
- Bizzat taşıyıcı yapı bünyesinde [12,s 90-97,98-106].

• *Gürdal'a Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:*

Gürdal malzemenin aslına ve malzemenin bünye yapısına bağlı olmak üzere iki çeşit sınıflandırma yapmıştır. Buna göre ısı tutucu malzemeyi oluşturan malzemenin asıl maddesi (kökeni) baz alındığında;

- Hayvansal ve bitkisel kökenli ısı tutucu malzemeler
- Mineral kökenli ısı tutucu malzemeler
- Sentetik ya da yapay kökenli ısı tutucu malzemeler

Isı tutucu malzemenin bünye yapısı baz alındığında;

- Daneli ısı tutucu malzemeler
- Elyafli ısı tutucu malzemeler
- Köpük veya sünger yapılı ısı tutucu malzemeler
- Karmaşık ısı tutucu malzemeler [8,s 28-29].
- ***Hornbostel'a Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:***

Hornbostel'a göre ısı tutucu malzemeleri bulundukları biçimlere göre sınıflandırmıştır. Buna göre;

- Talaş halindeki ısı tutucu malzemeler
- Gevşek lif halindeki ısı tutucu malzemeler
- Şilte şeklindeki ısı tutucu malzemeler
- Levha halindeki ısı tutucu malzememeler
- Yansıtıcı ısı tutucu malzemeler
- Özel şekildeki blok ve tuğla ısı tutucu malzemeler [13,s 274].
- ***Neğiş'e Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:***

Neğiş ısı tutucu malzemeleri, malzemenin yapıldığı esas malzemeye ve malzemenin yapısına göre iki şekilde sınıflandırmıştır. Buna göre ısı tutucu malzenin yapısı baz alındığında;

- Sert ısı tutucu malzemeler
- Esnek ısı tutucu malzemeler
- Serbest ısı tutucu malzemeler

Isı tutucu malzemenin yapıldığı esas malzeme baz alındığında;

- Organik ısı tutucu malzemeler
- Anorganik ısı tutucu malzemeler
- Birleşik ısı tutucu malzemeler [1,s 23].
- ***Olin, Schmidt, Lewis'e Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:***

Olin, Schmidt, Lewis ısı tutucu malzemeleri biçimlerine göre sınıflandırmışlardır:

- Rijit levhalar
- Mineral elyaflar (yünler)
- Gevşek dolun malzemeleri

- Yerinde köpük oluşturan ısı tutucu malzemeler [14,s 480].
- ***Crane'e Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:***

Crane kabaca ısı tutucu malzemeleri iki gruba ayırmıştır. Birinci grup düşük yoğunluğa ve düşük iletkenliğe sahip ısı tutucu malzemelerdir:

- Rijit ısı tutucu malzemeler
- Esnek ısı tutucu malzemeler
- Granül halindeki ısı tutucu malzemeler

İkinci grup ise ısı dalgalarına reflektör gibi davranan ısı tutucu malzemelerdir:

- Yansıtıcı ısı tutucu malzemeler [15,s 177-178].
- ***Seeley'e Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:***

Seeley, ısı tutucu malzemeleri biçimlerine göre sınıflandırmıştır:

- Levha veya plak şeklindeki ısı tutucu malzemeler
- Hasır ve yünlü şilteler halindeki ısı tutucu malzemeler
- Daneli (granül) halindeki ısı tutucu malzemeler
- Alüminyum folyolar
- Yalıtımlı şaplar
- Sprey halinde uygulanan poliüretan ve benzeri köpükler [16,s 133].

Toydemir, Tanaçan, Sayıl'a Göre Isı Tutucu Malzemelerin Sınıflandırılması:

Toydemir, Tanaçan ve Sayıl ısı tutucu malzemeleri doğada varoluşu ve kökenlerine, ve bünye yapılarına göre iki genel gruba ayırmışlardır.

Isı tutucu malzemeleri doğada varoluşları ve kökenlerine göre sınıflandırma yapıldığında;

- Doğada varolan malzemelerden üretilen ısı tutucu malzemeler
- Doğada varolmayan ve sentetik (yapay) olarak üretilen ısı tutucu malzemeler

Bünye yapılarına göre ısı tutucu malzemelerin sınıflandırılması yapıldığında;

- Lifsel yapıda olan ısı tutucu malzemeler
- Daneli yapıda olan ısı tutucu malzemeler
- Köpük ya da sünger (gözenekli) yapıda olan ısı tutucu malzemeler
- Kompozit yapıda olan ısı tutucu malzemeler [10,s 72].

Bu sınıflandırmalar ışığında en geniş ve en yararlı sınıflandırma sistemi baz alınarak malzemeler açıklanmıştır.

2.4.1 Doğada Varoluşlarına Göre Isı Tutucu Malzemeler

Isı tutucu malzemeler doğada bulunan malzemelerden üretildikleri gibi çeşitli sentetik malzemelerin özel işlemleri sonucunda da elde edilmektedir. Bu yüzden ısı tutucu malzemeleri doğada var oluşlarına göre, doğada varolan veya olmayan diye sınıflandırabiliriz [10].

2.4.1.1 Doğada varolan malzemelerden üretilen ısı tutucu malzemeler

Bu gruptaki ısı tutucu malzemeler, bitkisel ve hayvansal kökenli ile mineral kökenli ısı tutucu malzemeler olmak üzere alt gruba ayrılırlar [10].

2.4.1.1.1 Bitkisel kökenli ısı tutucu malzemeler

Bu alt grupta mantar levha ve daneli, yumuşak ahşap lif levha, ahşap talaş levha, oluklu mukkava, turp, saz ve kamış, keten, pamuk, hindistan cevizi, palmiye lifleri, saman, çeltik kapçığı(pirinç kabuğu), çeşitli deniz yosunları gibi bitkisel kökenli ısı tutucu malzemeler bulunmaktadır.

Bu malzemelerin tek başlarına ısı tutucu malzeme olarak kullanımları mümkün olmadığı için birtakım bağlayıcı maddelerle karıştırılarak veya işlemlere tabii tutulduktan sonra kullanılırlar. Örneğin kamışların tellenerek levha haline getirilmesi, bitkisel liflerin bir taşıyıcıya dikilmesi, ahşap talaşların çimento ile karıştırılıp ıslatılması ve preslenmesi gibi [10].

2.4.1.1.2 Hayvansal kökenli ısı tutucu malzemeler

Hayvansal kökenli ısı tutucular yün , keçi kılı ve tiftik gibi çeşitli hayvanların kıllarından ve yünlerinden oluşmaktadır [10].

2.4.1.1.3 Mineral kökenli ısı tutucu malzemeler

Bu grup ısı tutuculara doğada doğrudan bulunan ısı tutucu malzemelerle, bu malzemelerin ısı yalıtımında kullanmak için işlenmesi ile elde edilen malzemeler girer. Bu malzemelerin ısı tutucu malzemeler olarak kullanılması için yapılan işlemlerin bazıları basit olabildiği gibi karmaşık da olmaktadır [10].

2.4.1.1.3.1 Basit işlemler ile doğrudan elde edilen mineral kökenli ısı tutucu malzemeler

Basit işlemlerle doğrudan elde edilen ısı tutucu malzemeler sınıfına asbest (amiant), taşyünü, fosil silis (diatomit, kizelgur), genişletilmiş mantar girmektedir [10].

2.4.1.1.3.2 Karmaşık işlemler sonucu elde edilen ısı tutucu malzemeler

Cam lifleri (cam pamuğu, cam ipeği, cam yünü), cam köpüğü, genişletilmiş mika (vermikülit), genişletilmiş kil, cüruf yünü, magnezit, seramik lifi, gazbeton süngertaşı, perlit ve hafif agregalı taşlar karmaşık işlemler sonucu elde edilen ısı tutucu malzemeler sınıfına girmektedir [10].

2.4.1.2 Doğada varolmayan ve sentetik (yapay) olarak üretilen ısı tutucu malzemeler

Bu gruba çeşitli polimerlerden üretilen plastik kökenli ısı tutucu malzemeler girmektedir. Bunlar açık ve kapalı gözenekli, rijit ve esnek yapılı olup değişik yoğunluklarda üretilebilmektedir. Isı tutucu malzeme olarak en yaygın üretilenleri ve kullanılanları, Polistren (PS), Poliüretan (PUR), Polivinilklorür (PVC), Polietilen (PE), Fenolfermaldehit (PF) [10].

2.4.2 Bünyeye Yapılarına Göre ısı Tutucu Malzemeler

Bünyeye yapılarına göre ısı tutucu malzemeleri genel olarak lifsel yapıda olanlar, köpük ya da sünger yapıda olanlar, daneli yapıda olanlar ve kompozit yapıda olanlar diye dört ana başlık altında toplanmaktadır [10].

2.4.2.1 Lifsel yapıda olan ısı tutucu malzemeler

Lifli ısı tutucu malzemeler, organik ve inorganik liflerden imal edilen, ısı iletimini azaltmak amacıyla kullanılan maddelerdir.

Lifli ısı tutucu malzemeler, çıplak veya madeni yağlar ve kimyasal bağlayıcılar ile kaplanmış organik ve inorganik liflerden imal edilmiş, dökme olarak dolgu yalıtma malzemesi halinde plakalar, levhalar, keçeler ve şilteler şeklinde piyasaya arz edilir. Belirli bir dayanımları vardır, gözenekli değildirler [6].

Bu alt gruba bütün bitkisel ve hayvansal kökenli lifsel ısı tutucu malzemelerle mineral kökenli lifsel ısı tutucu malzemeler girmektedir [10,s 72].

2.4.2.1.1 Bitkisel ve hayvansal kökenli lifsel ısı tutucu malzemeler

Bitkisel ve hayvansal kökenli lifsel ısı tutucular sınıfına mantar, yumuşak ağşap lif, ağşap rende talaşı, oluklu mukavva, turb, saz, kamyş, keten, pamuk, hindistan cevizi, palmye lifleri, saman,  eltik kapçığı, deniz yosunları gibi bitkisel kökenli ısı tutucu levhalar ile y n keçi kılı, tiftik gibi hayvansal kökenli ısı tutucu malzemeler girmektedir [10].

2.4.2.1.1.1 Mantar levha

Doğal mantar veya meşe mantarı olarak tanınan bu malzeme, mantar meşesi ve yalancı sa lı meşe kabuklarından üretilir. Antikite de bile kullanılan bitkisel kökenli bu malzeme bilinen en eski yalıtkanlardan biridir. Mantar levha yapımında kullanılan mantar meşesi (quercus suber) denilen ve Batı Akdeniz havzası ile Atlantik Okyanusu'nun kıyılarında, Güney Fransa, Portekiz, İspanya, Cezayir ve Fas

bölgesinde yetişen bir cins ağacın kabuklarıdır. Bu kabuklar içi hava dolu ve birbiriyle ilişkisiz küçük hücrelerden oluştuğu için, hücrelerin dağılımı doğal mantara esneklik ve iyi bir ısı yalıtım değeri verir.

Ağaçtan soyulan mantar, direkt olarak ısı tutucu malzeme olarak kullanılmaya uygun olmadığı için çeşitli işlemler görür. Bu işlemler şekilsiz kabuk halindeki mantarların çeşitli boyutlarda parçalanıp öğütüldükten sonra, aglomere halindeki mantarların uygun şekilde elenip, ayıklanıp, yabancı maddelerden arındırılmasıdır. Temizlenen ve ayıklanan mantar kırıntıları rutubetini almak, mikro organizmalardan temizlemek ve esneklik vermek için özel yöntemlerle kapalı kaplarda 400 °C’de fırınlanır. Fırınlama işleminde, ısıtmadan dolayı çoğu kez granüller içinde bulunan hava hücreleri şişer ve hacim ağırlığı azaltılır. Bu sırada üretilen aglomerelere tipine uygun diğer bileşenler katılır. Bileşenler bitümlü, reçineli vb. bağlayıcı maddeler olabildiği gibi kendi yapısındaki doğal yapıştırıcı madde de olabilir.

Uygulanan pişirme yöntemi yanında bağlayıcıların cinsine göre, aglomere mantar üç grupta toplanabilir [6,8].

Katkısız genleşmiş mantar aglomereleri: Bu yöntemde, meşe mantarı kırıntıları bağlayıcı madde katılmadan kendi doğal reçinesi yardımı ile bağlanırlar. Bu ürünün fiziksel ve mekanik özellikleri şunlardır:

Yoğunluk: 115-150 kg/m³

Isınma Isısı: 0.40 Cal/gr veya 1.7 kJ/kg

Isı İletkenlik Katsayısı: 0.042-0.044 W/m °K

Çekme Dayanımı: 0.4 N/mm² (4kgf/cm²)

Katranlı mantar aglomereler: Katran miktarı %30’u aşmayan kaynayan karışımın içine mantar kırıntıları karıştırılır ve kızdırılır. Fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıdaki gibidir:

Yoğunluk: 120-180 kg/m³

Isı İletkenlik Katsayısı: 0.044-0.058 W/m °K

Çekme Dayanımı: 0.5 N/mm² (5 kgf/cm²)

Kazeinli mantar aglomereler: Mantar kırıntıları, kireç-kazein karışımı ile karıştırılarak yapıştırılırlar. Burada genleştirilmiş mantar kullanılmaz. Elde edilen kütle ise istenilen kalınlıklarda kesilerek daha çok yapılarda kullanılır. Bu şekilde oluşan

levhalarda agromereler yoğun ve çok yoğun olmak üzere iki gruba ayrılırlar. İki grubun ayrı fiziksel ve mekanik özellikleri bulunmaktadır ve aşağıdaki gibidir:

Kalite: Yoğun

Yoğunluk: 135-200 kg/m³

Isı İletkenlik Katsayısı: 0.044-0.058 W/m °K

Çekme Dayanımı: 0.5 N/mm² (5kgf/cm²)

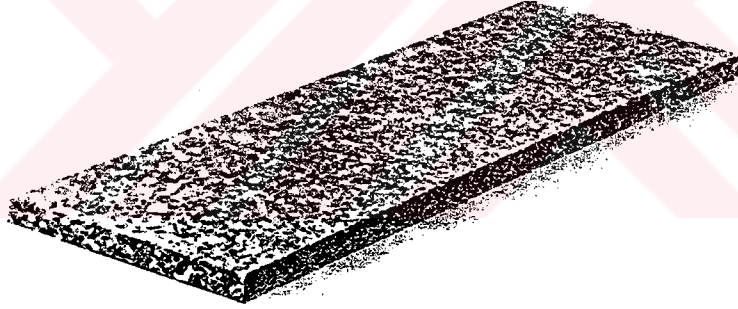
Kalite: Çok yoğun

Yoğunluk: 300 kg/m³

Isı İletkenlik Katsayısı: 0.06 W/m °K

Kopma Dayanımı: 1.0 N/mm² (10 kgf/cm²)

Heterojen bir malzeme olan mantarın ısı iletkenlik değeri örnekten örneğe değişiklik gösterir. Buna karşılık kullanıcıya kabuk, pano, karo gibi şekillerde sunulur. Isı tutucu levhalar genellikle 20,30,40,50,100,150,200 mm kalınlıkta bulunurlar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Mantar levha

Levhaların yapıştırılması, çivilenmesi ve kesilmesi çok kolaydır. Nemsel olaylara ve darbesel etkilere direnci bakımından daima pozitif bir nitelik taşıdığı çok uzun zamandan beri bilinen ve uygulanan bir malzemedir. Çürümez ve su tutmazlar. Zor yanarlar, fakat bir defa alevlendi mi, bitinceye kadar yanarlar. Kullanma sınırı +130 °C'dir ve bu derecenin altındaki her sıcaklık derecesinde kullanılabilir [6,8,12].

2.4.2.1.1.2 Yumuşak ahşap lif levha

Kökner kıymıkları eleklerde ayıklanarak buhar ile yumuşatılır ve özellikle lifli yapı haline getirilir. Lifler ile su ve fenol reçinesi uygun oranda karıştırılarak sıcakta preslenerek belirli kalınlıkta levha halinde elde edilir. Kalınlıkları 6 ile 13 mm arasında olup, 'k' ısı iletim katsayısı ise sıcaklık ile rutubete bağlı olarak değişir [17].

2.4.2.1.1.3 Ahşap rende talaş levha

Ahşap rende talaş levhalar, ahşap rende talaşının, mineral bağlayıcıların bağlama özelliğine zararlı etki yapan maddelerin etkisiz duruma getirilmesi için yapılan işlemde sonra mağnezit, alçı ve çimento gibi mineral bağlayıcı maddelere bulanarak veya tozlandırılarak basınç altında biçimlendirilerek elde edilir (Bu malzemenin geniş açıklaması kompozit ısı tutucu malzemeler bölümünde yapılacaktır).

Ahşap rende talaşı olarak ahşabın lifleri doğrultusunda rende makinalarında, 0,2-0,55 mm kalınlık, 1-6 mm genişlik ve 200-500 mm uzunlukta rendelenme ile elde edilen parçalar kullanılır.

Ahşap rende talaşı levhaların özgül ağırlığı yaklaşık 400 kg/m³ olmalıdır [6].

Isı tutuculuk değeri, aynı kalınlıktaki mantarinkinin yarısı kadardır. Yapımlarının hemen arkasından derhal bir çiti kağıdıyla yapıştırılarak örtülmesi, barındırdığı yüzeysel gözeneklerin atmosferik neme karşı korunması (tıkanması) bakımından zounludur. Çürümeye karşı da keza son derece zayıftırlar [12].

2.4.2.1.1.4 Oluklu mukavva

Ahşap kıymıklarından imal edilen oluklu mukavvalarda bağlayıcı elemana gerek yoktur. Fakat rutubete karşı direncini arttırmak için asfalt veya lak emdirilir. Oluklu mukavvalar hava kanalları teşkil edecek şekilde monte edilerek ısı iletim katsayısı $k=0,05 \text{ kcal/mh } ^\circ\text{C}$ değerine kadar düşürülür. Yoğuşan suların birikmeleri tehlikesi sebebiyle soğutma tesisleri ile ilgili yalıtımlarda tercih edilmez. En yüksek 80⁰ C sıcaklığa kadar kullanılabilir [17].

2.4.2.1.1.5 Turb levhalar

Özel bir bağlayıcı elemana ihtiyaç göstermeden turbun pres edilmesiyle elde edilir. Basınç altında termik ve kimyasal yollarla 20-150 mm kalınlığında levha halinde hazırlanırlar. Oransal nemliliğin değişmesi halinde, levhaların kıvrılarak, çanak şeklinde fırlamalarını yavaşlatmak amacıyla, levha üst düzeylerine çalışmayı kısıtlayıcı yivler açılması gerekir. En yüksek 100⁰ C sıcaklığa kadar kullanılabilirler. Kondense su oluşumuna karşı korunmalıdır. Mantar levhalar gibi kullanılırlar, fakat darbeye daha az dayanıklıdır ve ruberoit altına şartlı olarak tavsiye edilirler. Fiziksel özellikleri aşağıdaki gibidir:

Yoğunluk: 162,5 kg/m³

Isı İletim Katsayısı: 0.0335-0.041 kcal/mh °C [6, 12, 17].

2.4.2.1.1.6 Saz, kamış

Saz ve kamıştan üretilen ısı tutucu malzemeler, bitkisel kamışlar prese edilerek tabaka haline getirilir.

190 kg/m³ ağırlıktaki prese kamış levhalar, standart olarak 2x2 metre ebadında, 2,3,4 ve 5 cm kalınlıktadır.

Üzerine suya karşı yalıtım tabakası uygulanmak suretiyle çatı kaplaması, ısı ve su yalıtımının beraber istendiği sağır kalkan duvarlarda duvar yalıtım örtüsü olarak kullanılır.

Prese kamış levhalar ahşap, çelik ve betonarme çevrelere tespit edilmek suretiyle duvar ve tavan elemanı olarak dekoratif amaçla kullanılırlar. Dekoratif amaçla kullanılan levhaların boyutları 2x4 m olabilmektedir [6].

Kamıştan üretilen ısı tutucu malzemeler esnek oldukları için testere ile kolaylıkla kesilebilirler. Fakat bu tip ısı tutucu malzemeler neme dayanıklı değildir. Su geçirmezliğini arttırmak için, levhalara asfalt emdirilir. Asfalt emdirilmiş levhalar çatı yalıtımlarında ve nemin bir faktör olduğu yerlerde kullanılırlar [3,s 187].

Üzerinde bitümlü özel yalıtım tabakası çekilmiş prese kamış levhalar sanayi yapılarında çatı malzemesi olarak da kullanılmaktadır [6].

Saz kamış levhaları fiziksel özellikleri aşağıdaki gibidir:

Yoğunluk: 150 -200 kg/m³

Isı iletkenlik değeri: 0,06 w/mK

0,050 kcal/mh⁰C

Özgül ısı: 1,67 kj/kgK

Isıl genleşme: 0,9 mm/mK

Difüzyon direnç faktörü: (μ) = 1 [4].

2.4.2.1.1.7 Saman, çeltik kapçığı

Saman ve çeltik kapçıları çimento ile karıştırılarak beton olarak veya beton bloklar halinde üretilip kullanılır.

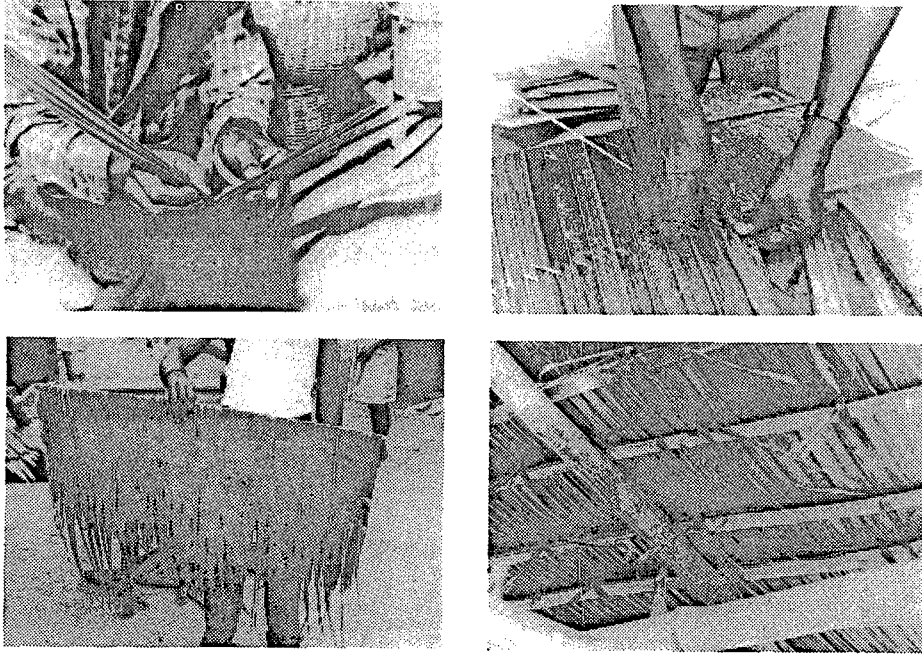
2.4.2.1.1.8 Deniz yosunları (yosun lifleri)

Deniz yosunları kurutulup çimento ile ahşap talaş benzeri levha halinde üretilir.

2.4.2.1.1.9 Keten, pamuk, hindistan cevizi, palmiye lifleri

Keten, pamuk, hindistan cevizi kabuğu gibi organik maddeler basınç altında plak haline getirilir. Organik oluşları nedeniyle nemden etkilenirler. Hafif çatılarda ısı tutucu malzeme olarak kullanılan bu lifli malzemelerin ısı geçirgenliği yaklaşık 0,07-0,12 kcal / mh °C'dir [6].

Hindistan cevizi kabuğu lifleri ve palmiye lifleri genellikle bitümlü karton veya tel örgü üzerine dikilerek kullanılırlar (Şekil 2.2) [18].



Şekil 2.2 Palmiye liflerinin tel örgüye dikilmesi işlemi.

2.4.2.1.1.10 Yün, keçi kılı, tiftik

Yün, keçi kılı, tiftikten oluşturulan ısı tutucu malzemeler ıslatılarak keçe haline getirilir. Sanayi keçesi olarak da bilinirler.

2.4.2.1.2 Mineral kökenli lifsel ısı tutucu malzemeler

Mineral kökenli lifsel ısı tutucu malzemeleri taş, curüf, cam, asbest ve seramik liflerinden oluşur. Cürufdan üretilen ürünler bazen kaya yünü veya mineral yün olarak da bilinir, fakat daha uygun olarak termolojide erimez elyaf yalıtım malzemeleri olarak bilinir. Çünkü doğaları yüksek sıcaklığa dayanımlıdır. İnorganik doğaları gereği cam lifleri ve yarı erimez lifsel ısı tutucu malzemeler doğal olarak ateşe, neme ve böceklere karşı dayanımlıdır. Mineral kökenli lifsel ısı tutucu malzemeler rijit, ve yarı rijit levhalar ve şilteler şeklinde üretilmektedir. Şilteler yarı rijit levhalar kısmına girer [14].

2.4.2.1.2.1 Asbest lifi

Latin dillerinde amyant veya Anglo Sakson dillerinde asbest denilen bu malzeme, çeşitli biçimler altında bulunan doğal bir lif cinsidir. Bu lifler, koyu renkli bazik mağmatik kütlelerin su alması ile oluşmuşlardır. Başlıca iki türü vardır:

- Hornblend asbesti
- Serpantin, krizotil veya amosit asbesti (Bu grup asbest daha çok kullanılır).

Asbest, hidrolize olmuş kristalize magnezyum silikat ile kalsiyum silikat karışımıdır. İster dokunmuş veya örülmüş olsun, ister diğer bileşenlerle karıştırılmış olsun, liflerin mümkün olduğu kadar uzun olması aranır ve lif uzunluklarına göre sınıflandırılır. Asbest, iplik dokuma dışında aşağıdaki şekillerde bulunur:

- Düz levhalar
- Kobuk (Kokil)
- Şekilli panolar

Asbest lifleri her türlü ısı yalıtımında özellikle yüksek sıcaklıklardaki ısı yalıtımlarında, ses yalıtımında, asfalt emülsiyonları, PVC gibi yalıtım malzemelerinde bağlayıcı olarak ve dolgu maddesi olarak kullanılırlar [19,s 120].

Daha çok endüstride ısı yalıtımı işlerinde, düzgün olmayan yüzeylerin kaplanması için püskürtme olarak da kullanılırlar. Bunlar kısa olan asbest liflerinin, anorganik su camı patosyumlu silikat bağlayıcı eleman yardımıyla yapılır [8, 17].

Asbestin fiziksel özellikleri şunlardır:

Yoğunluk: 180-200 kg/m³

Isı İletkenlik Katsayısı: 0,044 W/mK

Kullanma Sıcaklığı: Sürekli 550 °C

Kesikli 600 °C

Yangına Dayanıklılık: İyi

Çürümezlik: Çürümez

Haşere Barındırma: Barındırmaz

Kansorejen olduğu gerekçesi ile birçok Avrupa ülkelerinde kullanımı yasaklanmıştır [6, 8, 17, 19].

2.4.2.1.2.2 Cam lifleri (cam yünü, cam pamuğu, cam ipeği)

Cam lifi erimiş camın çeşitli metodlarla lif haline getirilmesiyle oluşur. Başlıca ham maddesi silis kumudur. Bunun yanında kalker (kireç taşı), borik asid, kömür tozu kolemanit ve dolomittir. Bu ham maddeler kuru olarak belirli oranlarda karıştırılarak yaklaşık 1200-1400 °C sıcaklıktaki fırınlarda eritilir.

Cam lifi altı çeşit üretim metodu ile üretilebilmesine rağmen, zaman içinde bazı metodlar terkedilmiştir. Bugün dünya üzerinde en yaygın olarak Fransız Saint-Gobain metodu ile Amerikan Owens-Corning metodu uygulanmaktadır [20,s 23]. Sıklıkla kullanılan metodlar aşağıdaki gibidir:

Meme Üfleme Yöntemi: Meme üfleme yönteminde kullanılan iki yöntemden biri parçalama yöntemide denilen ve bugün kullanılmayan eski yöntemdir. Eriyik halindeki akan cam bir taraftan buhar veya nadiren hava üflenerek parçalanıp kısımlara ayrılarak kısa lifler haline getirilir.

Diğer meme üfleme yöntemi ise Owens-Corning firması tarafından 1937 yılında geliştirilen ve bugün dünya üzerinde en yaygın olarak kullanılan meme uçlarından akan camın mekanik çekilmesidir. Cam lifleri meme uçlarından akan cama; buhar, hava veya gaz paralel üflenerek oldukça uzun ve homojen lif halinde elde edilir. Bu lifler 5-30 cm uzunluğunda ve 6-10 µ çapında liflerdir.

Bu yöntem sonraları taş ve cüruf yünü üretiminde de kullanılmaktadır.

Kombine Savurma Uzatma Yöntemi: 1959 yılından beri uygulanan bu yöntem Fransız Saint-Gobain metodu olarak bilinmekle beraber TEL yöntemi olarak da adlandırılır.

Bu yöntemde savurma işlemindeki merkezkaç kuvvet ile çekme işlemindeki uzatma beraber uygulanarak yüksek kalitede cam lifleri elde edilme olanağı sağlanmıştır.

270 delik bulunan haznenin etrafında da halka şeklinde yanma kamerası bulunup yanmış sıcak gazlar delikleri yalayacak şekilde yüksek hız ile aşağıya doğru üflenir. 3000 d/d veya daha yüksek devir ile dönen haznenin deliklerinden 1300 °C' de erimiş olarak merkez kaç kuvveti ile savrulan cam lifleri yüksek hızlı gaz ile aşağıya yöneltir ve çekme ile uzatılır. Bu yöntemle lifler 5 µ çapına kadar incilir ve 5-15 cm arasında lifler elde edilir.

Bu yöntemde 25 cm uzunluğunda ve 3 μ çapında lifler elde edilebilir fakat ham madde oranları değişir.

Bu halde üretilen cam yünü bakalitsiz olup beyaz renktedir. Cam yününün uygun bir kalınlıkta tutulabilmesi amacıyla malzemeye yapıştırıcılık ve elastikiyet kazandırmak için bakalit ilave edilir.

Camın kendisi kırılğan bir madde olduğu halde ince lifli türleri esnek, bükülebilen ve çok yönlü amaçlara hizmet edebilecek niteliktedir. Bakalitsiz beyaz cam yününe form verebilmek için (şilte) ya kümes teline veya oluklu mukavva gibi malzemelere dikmek gerekir ve max. 250°C ye kadar kullanılır.

Malzeme çıplak olabildiği gibi, bitümlü karton, alüminyum folyo, kraft kağıdı gibi yardımcı malzemeler yapıştırılmış olarakta bulunabilir.

Cam lifleri aynı zamanda cam yünü olarak da bilinmektedir.

Cam yünü (lifleri) ile yapılan yalıtımda cam yününün ısı geçişine direncini sağlayan iki faktör vardır. Biri lif halindeki cam preslenip kaplandığında içinde oluşan küçük hava boşlukları ve kabarcıklardır. Diğeri ise liflerin kendi uzunluklarıdır [21].

Türkiye 'de TS-825 'e göre inşaatlarda kullanılacak cam yünü için ısı iletkenlik değeri $\lambda = 0,034 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ olarak verilmiştir. Sanayi de cam yünü ile ısı yalıtımı yapılacaksa, o zaman bu değer alınmayıp, bahis konusu ekipman sıcaklığı dikkate alınarak hesaplanan ortalama sıcaklığa bağlı ısı iletkenlik kat sayısı alınır.

Cam yününün basınç, çekme, kopma v.s. dayanımı ürünün yoğunluğuna göre değişkenlik gösterir. Genellikle rulo halindeki yoğunluğu az cam yününün basınca hiç mukavemeti yok iken, yoğunluk arttıkça muayyen bir basınç mukavemeti oluşur.

Cam ıslanmadığı gibi, cam lifleri de ıslanmaz. Fakat cam yününün lifleri arasında %99 oranında hava boşluğu olduğu için, su bu hava boşluklarına dolarak cam yününün yalıtım yönünü olumsuz etkiler. Ayrıca su, cam yününde eğer bakalit varsa bakaliti bozacağı için, bütün lifli malzemeler gibi kuru kalması önemlidir.

Cam yünü genel olarak tüm asitlere karşı dayanıklı olmasına rağmen, yalnızca Hidroflorik asiti etki eder.

Cam yünü pratik olarak yanmaz bir malzeme olmasına karşın, yapılacak işe (sıcaklığa) uygun malzeme tipi seçilmelidir. Çünkü özellikle bakalitli cam yünü 250°C 'den sonra içindeki bakalit eriyip işlevini kaybeder. Cam lifleri ise 550°C 'den fazla olan sıcaklıklarda er iyerek cam topakcığı haline gelir.

Cam yününün buhar geçirgenlik kat sayısı(μ) 1,2 olup buharı kolay geçirdiği için, cam yünüyle yapılmış konstrüksiyonda buhar akımı rizikosu varsa yalıtımın sıcak tarafına buhar kesici bir malzeme konularak cam yününün devamlı kuru kalması sağlanmalıdır.

Cam yününün fiyatı malzeme yoğunluğu ile ilgili olmasına rağmen, ekonomik yapısıyla ve yüksek ısı yalıtımı özelliğiyle genel olarak ekonomik olan ısı yalıtım malzemeleri içinde yer alır.

Cam lifleri cam lifi levhalar, cam lifi şilteler boru montoları, cam tülleri, dökme cam lifleri ve cam lifi halatlar şeklinde piyasaya sunulmaktadır.

Cam lifinin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yoğunluk: 10-120 kg/m³

Isı İletkenliği: $\lambda = 0,034$ kcal/mh⁰C

Kullanma Sıcaklığı: 250⁰C

Yangına Dayanıklılık: yanmaz.

Kimyasal Etkilere Dayanıklılık: Hidroflorik asit dışında bütün asitlere dayanıklı.

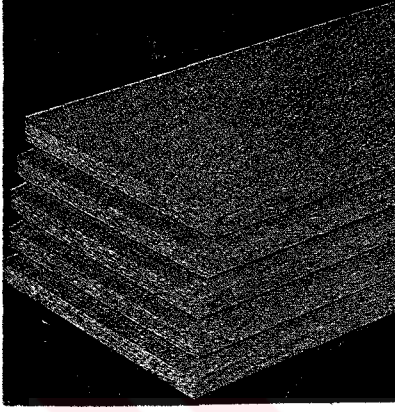
Buhar Geçirimlik Katsayısı: 1,2 [20].

2.4.2.1.2.3 Taş yünü

İlk olarak 1897’de Amerika da yapılmış olan taş yünü birbirinden farklı metodlarla üretilmekle beraber, üretim esası, cam yününde olduğu gibidir.

Dikkatle ve özenle seçilmiş, genelde bazik mağmatik taş karakterli ham maddeler (bazalt, kireç taşı, dolomit gibi) dökümcü potasına benzer fırınlarda yaklaşık 1500 ⁰C ‘ de ısıtılarak eritilir. Eriyik haldeki ham madde eğirme (bükme) haznesindeki hızlı dönen çarka dökülür. Merkez kaç kuvveti erimiş ham maddeyi lif haline getirir. Savrulan lifler uçuşurken soğur ve hareketli bir bant üzerine gelir. Hareketli bandın hızını, ürünün kalınlığı ve yoğunluğu belirler. Bu işlem sırasında liflere tamamlayıcı nitelik kazandırmak için reçine ve küçük bir miktar yağ eklenerek çok ince bağlayıcı film ile sarılır. Bu reçine taş yününün kullanma yerine göre seçilir. Lifler, düroplastik reçinenin polimerizasyonu için fırına girer. Daha sonra istenilen boylarda taş yünü

otomatik olarak kesilir ve ambalajlanmadan önce, tamamlayıcı işlemler yapılır (Şekil 2.3).



Levha halindeki taşyünü
Şekil 2.3 Taşyünü [22,s 227].



Dökme halindeki taşyünü

Isı yalıtımı amacıyla ilk kez 1927 yılında kullanılan koyu gri renk olan taş yünü bu gün Avrupa'nın hemen her ülkesinde üretilmektedir.

Düşük yoğunluklu taşyünü cam yününe olduğu gibi rulo şeklinde, yüksek yoğunluklular levha şeklindedir. Kümes teline veya mukavvaya dikili olan şilteler genelde sanayi ekipmanlarının izolasyonunda kullanılır.

Cam yününe lifler yatay olarak yer alırken, taş yününe her doğrultuda yer alır. Bu nedenle basınç mukavemeti cam yününden daha fazladır.

Bilindiği gibi durgun hava zayıf ısı iletkenidir ve 10 °C'de ısı iletkenlik değeri (λ) 0,026 W/mK'dır. Taş yününe kendi yoğunluğu düşük olup liflerin arasındaki hava miktarı fazla olduğu için 0,037 ve 0,040 W/mK değerinde ısı iletkenlik değeri verir.

TS-825'e göre ise ısı iletkenlik değeri $\lambda = 0,034 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ olarak verilir ve bu değer yapılar için geçerlidir. Sanayide kullanımda, cam yününe olduğu gibi ortalama sıcaklıklara karşılık gelen λ değerleri alınmalıdır.

Taş yününe de cam yününe olduğu gibi basınç, kopma mukavemeti gibi mekanik özellikler yoğunluklara göre değişirken, bu mukavemetler düşük

yoğunluklarda az, yüksek yoğunluklarda genellikle fazladır. Lifli malzemelerde malzemenin yoğunluğunun kesin bir sayı ile belirtilmesi, üreticiler açısından çeşitli sakıncalar doğurduğu için, ürettikleri malın onlarca çeşidine kg/m^3 olarak yoğunluk belirtmek yerine her malzemeye başka başka isim koyarak tanımlamayı tercih ederler.

Taş yünü cam yünü gibi gözenekli bir malzeme olduğu için ve %99'unu hava boşluğu oluşturduğunda önlem alınmazsa kolay ıslanır. Bu yüzden bazı taş yünü tiplerinde malzemenin içine su itici silikon katılır.

Bileşiminde kalsiyum bulunan taş yünü cinsleri sert asitlere karşı dayanıklı olmamakla beraber eğer bileşiminde kükürt varsa, temas ettiği metal yüzeylerden korozyon yapar. Bu nedenle kritik projelerde malzemenin bileşimi iyi incelenmelidir.

Taş yünü yalıtım özelliklerini kaybetmeden 1000°C gibi derece sıcaklığa dayanır. Fakat bileşiminde bakalit bulunduğu takdirde bakalitin eriyeceği düşünülürse $200-250^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklığa dayanır. Malzeme kağıt, mukavva, bitümlü karton, kraft kağıtlı alüminyum folyo kaplı ise, kaplama malzemesinin $80-100^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar dayanabileceği düşünülmeli buna göre uygulanmalıdır. Genel olarak yanmaz bir malzemedir. Bu nedenle ateş kesici olarak da kullanılır.

Sıcaklıklardaki değişimler taş yününde genleşme ve büzülme gibi sorunlar yaratmaz. Bu nedenle sıcaklıklardaki dalgalanmalar, levhaların birleşim noktalarında boşluklar yaratıp ısı kaybına ve nem kondansasyonuna neden olmaz.

Taş yününün maliyeti örneğin cam yününün yarı fiyatı olmasına rağmen, yoğunluğunun iki katı olması fiyatı eşitlemektedir.

Taş yünü hafif ve paketler içinde olduğu için kolay taşınabilir. Esnek ve yarı rijit taş yünleri bir bıçakla kesilebilirken rijit levhalar testere yardımı ile kesilebilir.

Özellikleri aşağıdaki gibidir:

Yoğunluk: $20-300 \text{ kg/m}^3$

Isı İletkenlik Katsayısı: $0,04 \text{ w/mk}$ (20°C 'de)

Yanmazlık: Yanmaz.

Kimyasal: Nötr.

Kopma Dayanımı: $<10 \text{ kN/m}^2$

Buhar Difüzyon Direnci: $\mu = 1,1-1,4$ (Alüminyum folyo ile kaplı ise bu değer $\mu = \infty$ 'a ulaşır).

Kullanılma Sıcaklığı: Çıplak 1000°C

Bakalitli 200-250°C [8, 20, 23].

Taş yünü aynı zamanda mükemmel bir ses yalıtımı özelliğine sahiptir. Böylece taş yünü kullanılan yapılarda dış gürültülerden rahatsız olma sorunu kalktığı gibi, sesin duvarların dışına da çıkması önlenir [24].

2.4.2.1.2.4 Cüruf yünü

Metalürji sanayinin bir yan ürünü olan cüruf yünü sıvı haldeki cürufun lif haline getirilmesiyle elde edilen, cam yününe nazaran homojen yapısı olmayan, ısı tutucu malzemedir. Kimyasal olarak nötr bir malzeme değildir. Isı iletim katsayısı özgül hacme ve sıcaklığa göre değişir. Çoğu zaman mineral yün olarak da adlandırılan cüruf yünü vana, flanş ve boru yalıtımında kullanılır. Cam yününe göre daha yüksek sıcaklığa dayanıklıdır.

Özellikleri şöyle sıralanabilir:

Yoğunluk: 150-350 kg/m³

Isı İletkenlik Katsayısı: 100 °C'da, 150 kg/m³ yoğunlukta, 0,041 kcal/mh °C
500 °C'da, 350 kg/m³ yoğunlukta, 0,108 kcal/mh °C

Maksimum Kullanma Sıcaklığı: 750 °C [17,s 92].

2.4.2.1.2.5 Seramik yünü

Seramik yünü; alüminyumoksit (SiO₂) veya kaolin karışımının eritilmesiyle elde edilen yapay bir seramik elyafıdır. Belirli durumlarda bu karışıma ZrO₂, B₂O₃ veya TiO₂ gibi başka kimyasal bileşikler de katılmaktadır ve karışımın lifleşebilmesi için malzemenin 1500-2100 °C'ye kadar ısıtılması gerekmektedir [25].

Lifli bir malzeme olan seramik yünü taşıyının kullanılmadığı çok yüksek sıcaklıklarda (1200 - 1400 °C) kullanılır.

Beyaz renkli olan ve yoğunluğu malzemenin şekline göre 100 - 500 kg/m³ arasında değişen seramik yünü yumuşak bir malzemedir. Levha şeklinde üretilenlerinin bile basınca dayanımları fazla değildir.

Yanmayan bir malzeme olup hidroflorik asit ve fosforik asit haricinde diğer asitlerden etkilenmezler.

Islanma ve diğer özellikler bakımından diğer lifli malzemelere benzer nitelikler taşıyan bu ısı tutucu malzeme ülkemizde üretilmeyip ithal edilmektedir. Lifli malzemeler arasında en pahalı olan ısı tutucudur.

Seramik yünü, rulo, levha, dökme, halat v.s. şeklinde bulunup, prefabrike boru şeklinde üretilmez. Özellikleri aşağıda sıralandığı gibidir:

Yoğunluk: 100-500 kg/m³

Isı İletkenlik Katsayısı: 0,2752 kcal/mh °C (1200 °C sıcaklıkta, 160 kg/m³ yoğunlukta)

Kimyasallara Dayanımı: Dayanıklı (Hidroflorik asit ve fosforik asit haricinde)

Maksimum Kullanma Sıcaklığı: 1400 °C [20,s 27].

2.4.2.2 Köpük ya da sünger (gözenekli) yapıda olanlar

Açık ya da kapalı gözenekli mineral ve sentetik kökenli ısı tutucu malzemeler bu grup altında sıralanabilir. Gazbeton, süngertaşı, camköpüğü, hafif agregalı betonlar mineral kökenli köpüklerdir. Polistren, Polivinilchlorür, Polietilen, Fenolfermaldehit ve Ürefermaldehit köpükler sentetik kökenli malzemelerdir [10].

2.4.2.2.1 Mineral kökenli köpük ya da sünger yapıda olanlar

Mineral kökenli köpük ya da sünger yapıda olan ısı tutucu malzemeler grubuna gazbeton, camköpüğü, hafif agregalı betonlar, süngertaşı, genleştirilmiş killer, kalsiyum silikatlar, genleştirilmiş mika ve yalıtımlı tuğlalar girmektedir [10].

2.4.2.2.1.1 Gazbeton

Yapının hafifletilmesinin yapıya sağladığı üstün niteliklerden dolayı insanlar eski çağlardan beri doğada rastladıkları hafif malzemeleri bina inşaatında kullanmışlardır. Çeşitli uygarlıklarda, bu malzemelerden, ponza taşı, tuf, gözenekli lav taşlarından yararlanıldığı görülmüştür [26,s 11].

Gaz meydana getiren bir katkı maddesi ilavesi ile gözenekli harç imali için ilk patentin 1889'da verildiği görülmektedir. Aylsworth ve Dyer çimento harcın kabartıcı katkı maddesi katarak hafif beton üretimi yapma fikrini 1914 yılında atmışlardır. Böylelikle gazbeton üretimine hafif beton üretimi yoluyla başlanmıştır. Özgül ağırlığı yaklaşık 2300 kg/m^3 olan geleneksel betondaki %70-80 oranındaki kum ve çakıl gibi ağır agregaların yerine özellikle yalıtım açısından betonun performansını artırmak amacıyla hafif agregalar kullanmak ve betonun içinde boşluklar oluşturmak yoluyla hafif beton elde edilme yoluna gidilmiştir. Sonuçta özgül ağırlığı 300 ile 1800 kg/m^3 arasında olan ve hafif beton diye nitelendirilen betonlar elde edilmiştir [26, 27].

Hafif beton üretimi 20.yy'ın başlarında Adolf ve Pohl'un Perhydrol katkı maddesi katarak Vass'ın basınçlı hava kullanılmasıyla ilk defa başarılmıştır. Fakat uygulama açısından önem taşıyan ilk çalışmayı 1920 yıllarında İsveç'li kimyager A. Eriksson alüminyum tozuna su karıştırılması ile doğan kimyasal tepkime sonucunda oluşan hidrojen kabarcıklarının, betonu gözenekli ve dolayısıyla, hafif duruma getirmesiyle yapmıştır.

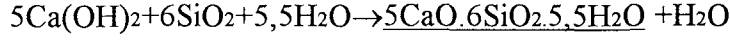
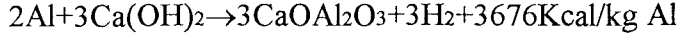
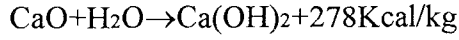
Bu çalışmalardan sonra, 1924 yılında ilk defa Durox patent adı altında İsveç'te hafif gazbeton üretimine başlanmıştır. Bundan sonra, 1929 senesinde tesisin kurulduğu Yxhult kasabası isminden etkilenecek alınan Ytong patent adı altında gazbeton üretimi yapan Ytong AB şirketi takip etmiştir [27].

Türkiye'de ise 1966 yılında kurulan Türk Ytong'dan sonra Martu ve Çimentaş şirketleri gazbeton üretimi yapmaktadır [26].

Gazbetonun ham maddeleri yüksek silis içeren bir dolgu maddesi-kum, kumtaşı, baca külü, yüksek fırın curufu- ile bağlayıcısı kireç ve sudur [27].

Bu ham maddeler çok ince öğütülerek su ve alüminyum tozu ilavesi ile döküm arabalarına dökülür. Pişirilmiş kireç taşının (CaO) su ile reaksiyona girmesiyle ısı açığa çıkarken kabartıcı katkı maddesi olarak katılan alüminyum tozunun açığa çıkardığı gaz habbeleri gazbeton hamurunun kabarmasına ve dolayısıyla mikro gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlar. Yeterli mukavemet sağlandığında kesme makinesi ile kesilir [27].

Gazbeton oluşumundaki kimyasal tepkimeler aşağıda gösterildiği gibi formüle edilmiştir.



11 A° Tobermorit

Otoklavlardaki buhar sertleşmesi sonucu malzemenin bünyesinde çeşitli kalsiyum hidrosilikat kristalleri oluşur. Bunlar;

11 A° Tobermorit ($\text{C}_5\text{S}_6\text{H}_5$), Xonotlit ($\text{C}_6\text{S}_6\text{H}$), Gyrolit ($\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$), Hillebrondit (C_2SH), Afwillit ($\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$)

Malzeme kesim işleminden sonra otoklavlarda doymuş buharda 12 atmosfer basınç ve 190°C sıcaklık altında 10 saat süre ile sertleştirilerek düşük yoğunlukta yüksek basınç mukavemetine sahip olur.

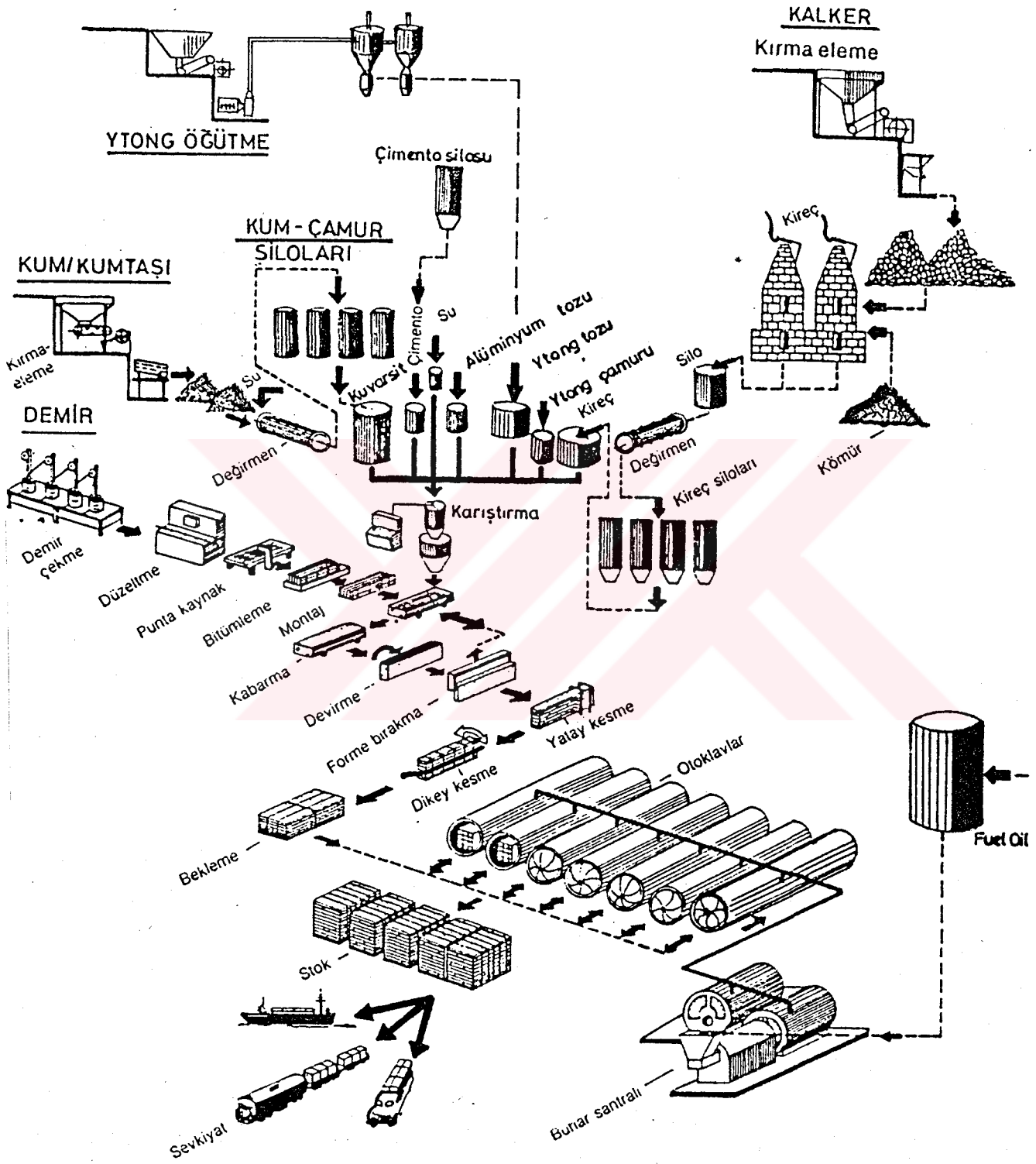
Gazbeton imalatında modül sabit olmakla beraber boyut 0,60m ve diğer boyutu ise 0,25m'nin katları olmaktadır. Üçüncü boyutta ise modül sınırı getirilmemekte ve siparişe göre özel boyutlarda imal edilmektedir.

Gazbeton malzemenin yapısında 0,5mm ile 1,5mm arasında yuvarlak makro gözenekler vardır. Katı madde gözenek oranı malzemenin birim hacim ağırlığı ve tüm fiziksel özelliklerini belirleyeceği için gözenek sağlayıcı katkı maddesinin dozunu ayarlayarak istenilen fiziksel özellikler sağlanabilir.

Gazbeton blokların yüzeyinin pürüzlü olup olmaması isteğe göre değişebilir. Fakat donatılı plakalar daima düz yüzeylidir [27].

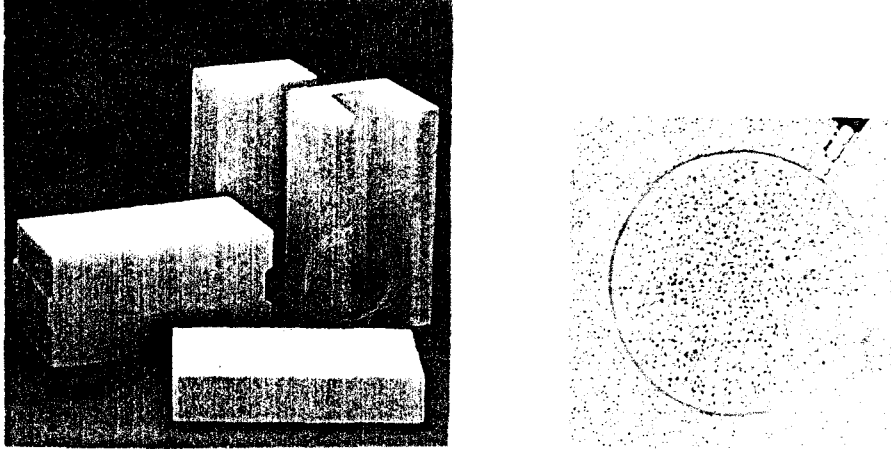
Gazbetonların yoğunlukları kullanımlarına göre 400kg/m³ ile 960kg/m³ arasında üretilmektedir [26].

Gazbeton üretim akım şeması aşağıda verildiği gibidir :



Şekil 2.4 Gazbeton üretim akım şeması [27,s 12].

Gazbeton malzemelerin rengi kullanılan silisli ham maddenin cinsine bağı olarak değışir. Genellikle beyaz, gri veya pembe renklidir. Türkiye’de üretilen gazbetonların üretiminde kumtaşı (kuvarsit) ve ham maddeleri kullanıldığı için beyaz veya kirli beyaz renktedir (şekil 2.5).



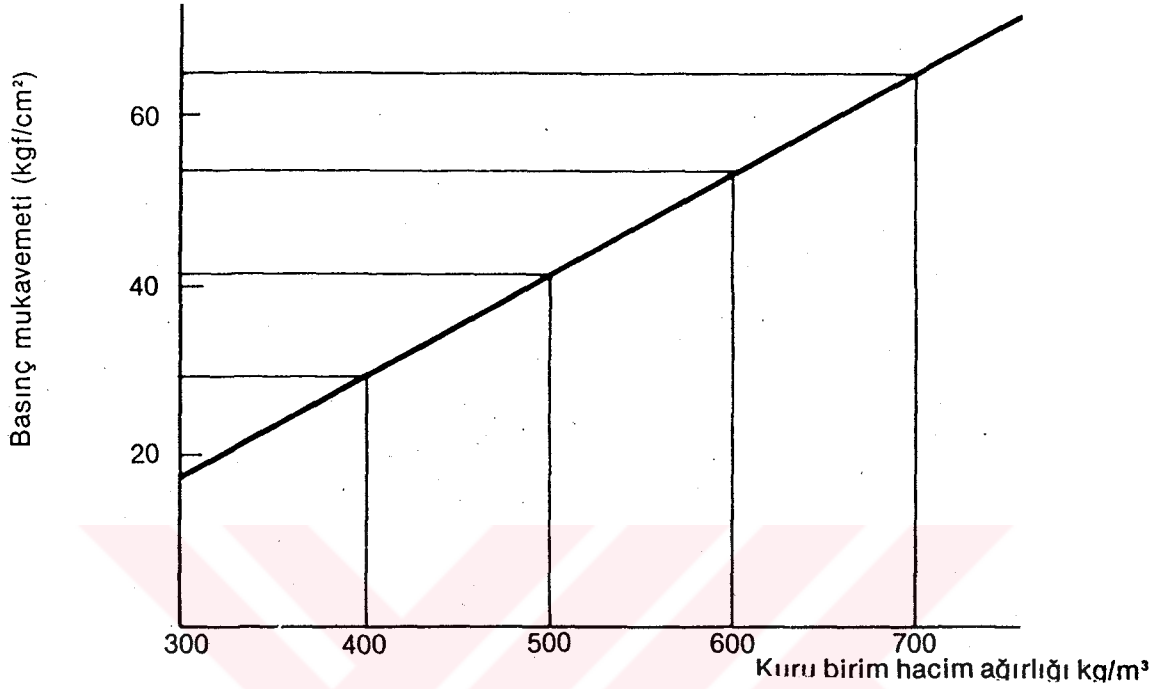
şekil 2.5 Gazbeton [27].

Gazbetonların basınç mukavemeti malzemenin kuru ve rutubetli olmasına göre değişmektedir. Gazbeton malzemenin kuru birim hacim ağırlığında basınç mukavemetinin ölçümü, malzemenin 105° C sıcaklıkta rutubetin ağırlığın %10’una erişinceye kadar kurutulduktan sonra yapılır (şekil 2.6), (şekil 2.7).

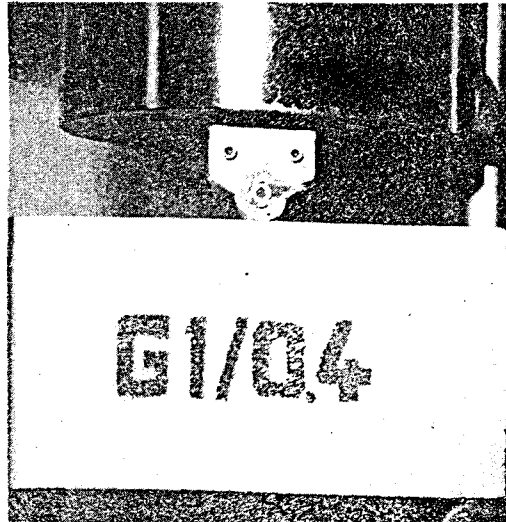


şekil 2.6 Basınç mukavemeti deneyi [27,s 15].

Gazbeton malzemenin çekme halindeki çekme mukavemeti $0,09D \sim 0,1D$ ($1,5 \sim 7,5 \text{ kg/cm}^2$) olmak üzere basınç mukavemetinin $1/10$ 'u kadarken, eğilme çekme mukavemeti basınç mukavemetinin $1/9$ 'u olarak ($0,11D$) $1,5-9 \text{ kg/cm}^2$ arasındadır.



Malzemenin eğilme-çekme mukavemeti belirlenmesi aşağıdaki gibi yapılmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Malzeme eğilme-çekme mukavemeti deneyi [27,s 15].

Gazbetonların kayma mukavemeti Chavkin ve Kryzanovskij'ye göre 0,11D olup 0,8kg/cm²-1,2kg/cm² arasında değişmektedir.

Gazbetonun bünyesinde mikro ve makro gözenekler çok düşük ısı iletkenliği sağlamasına karşılık malzemenin birim hacim ağırlığı ve rutubet içeriğine bağlı olarak ısı iletkenliği düşmektedir.

Gazbeton malzemenin ısı genleşme katsayısı $\alpha+20^{\circ}$ ile 100°C arasında veya 0,008 mm/m °C olmak üzere ağır betondan biraz azdır.

Gazbetonlar yanmamasıyla birlikte 1000°C civarında sinterleşmeye 1100-1200°C civarında erimeye başlar.

Gazbetonların özgül ısı (c) katsayısı malzemenin denge rutubeti mertebelerinde(2-5 % ağırlıkça), 0,24-0,26 Kcal/kg °C'dır.

Gazbeton bünyesinde silikat hidratları bulunduran alkali yapıda bir malzemedir. Asit ve baz dengesini gösteren ph'ı 9,5~11,0'dır. Bu bakımdan asitlerden ve asit tuzlarından etkilenir.

Yapıda diğer inşaat malzemeleri; beton, ahşap, v.s. ile ortak kullanıldığında kimyasal yönden pasif olduğundan agresif bir etkisi yoktur. Eriyik veya gaz olarak kimyasal maddelerin gazbeton üzerine etkisi, konsantrasyonuna, relatif rutubete ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir.

Sülfürik asid, hidroklorik asid, asetik asid malzeme yapısını; asid tuzları, kloridler, sülfatlar ve nitratlar donatıyı tahrip eder. Bu bakımdan deniz suyuna karşı gazbeton donatılı elemanları korunmalıdır. Ortamda yoğun ve devamlı kimyasal agresif maddelerin bulunması halinde gazbeton malzemesi bu maddelere dayanıklı yüzey kaplamaları ile korunmalıdır [27,s 37].

Gazbeton malzeme olarak beton sınıfına girdiğinden malzeme mukavemetini sağlayan hidrosilikatlar suda çözülmezler. Ancak üretime giren hammaddeler (kum, kireç, çimento veya su) suda çözülebilen tuzlar içerirse uygun olmayan koşullarda bunlar malzeme yüzeyinde kristalleşerek çiçeklenebilirler. Çiçeklenme öncelikle eriyik tuz miktarına bağlı olmayıp gazbeton bünyesindeki kılcal su hareketinin hızına ve yüzeydeki kuruma hızına bağlıdır [27,s 37-38].

2.4.2.2.1.2 Süngertaşı

Özellikle gelişmiş ülkelerde inşaat sektöründe ısı ve ses yalıtımını sağlamak y n nde büyük miktarlarda tüketilen ucuz ve önemli bir hammadde olan süngertaşı dünya literatüründe pomza, ponza, bims, bimstein, p mis, p misit, sismolit, gayrezit gibi pek çok adla anılır. Ülkemizde ise süngertaşı, topuk taşı, kişir, ısır taşı, k vek taşı olarak bilinir.

Ponza madeni, dünya endüstrisinde yeni olmamakla beraber ülkemiz endüstrisine son 10-15 yıldır girmeye başlamıştır [28,s 109].

Doğal hafif agregaların içinde en önemlisi olan volkanik kökene dayalı s ngertaşının oluşumu; volkanik faaliyetler sonucunda kızgın erimiş lavların soğuyarak birbirine bağlantısız gözenekli, sünger görünümlü amorf camsı madde oluşturmasıdır. Erimiş lav akıntılarının havada su ile karşılaşması ve ani olarak soğuması, bununla beraber hapsedilen su buharının genleşerek serbest kalmaları neticesinde camsı ve petekli bir yapıya sahip olmasıdır.

Sünger taşının inşaat sektöründe kullanılmasına Romalılar döneminde rastlanmaktadır. Puzzolan  imento olarak Romalıların bolca kullandığı hatta “Ayasofya” ‘nın kubbesinde de pomzanın kullanıldığı bilinen bir gerçektir [28].

S ngertaşının çok fazla boşluklu bir yapıya sahip olmasından dolayı bunların parçalanmasından meydana gelen agregaların düşük bir özgül ağırlığı $1,6 \text{ kg/dm}^3$ dolayındadır. Bu agrega tanelerinin boyutları da genel olarak 20 mm’den küçük bulunmaktadır [29,s 233].

Ülkemizde bims olarak bilinen bu agrega, sönmüş yanardağların çoğunluğunun bulunduğu Kapadokya-Nevşehir’de bol miktarda mevcuttur. Bunun yanısıra bims agregaları ponza yataklarına sahip olan Doğu Anadolu Bölgesinde Van, Erzurum, Ağrı illerinde ve üç Anadolu’da Kayseri’de bulunmaktadır.

S ngertaşının rengi beyaz-gri, sarı, kırmızı, kahverengi veya siyah olabilir.

Sünger taşının iddia edilen avantajları hafifliği, doğal gözenekler sayesinde yüksek ısı ve ses yalıtım kalitesi, sıva tutuculuğu, nem tutuculuğu, yangına karşı dayanıklılığı ve yüksek elastiklik özelliği ile depreme dayanıklılığıdır. Agrega olarak betona karıştırılarak ve tuğla üretiminde kullanılmaktadır.

Bunun yanısıra Almanya, Fransa, İtalya, İsveç, Amerika ve Japonya’da süngertaşı boşluklu hafif yapı elamanı olarak kullanılırken İtalya’nın güneyinde döşemelerin ve çatıların yalıtımında asfalt kaplamalar altında kullanılmaktadır [30, 31].

Süngertaşının fiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yoğunluk: 400-600 kg/m³

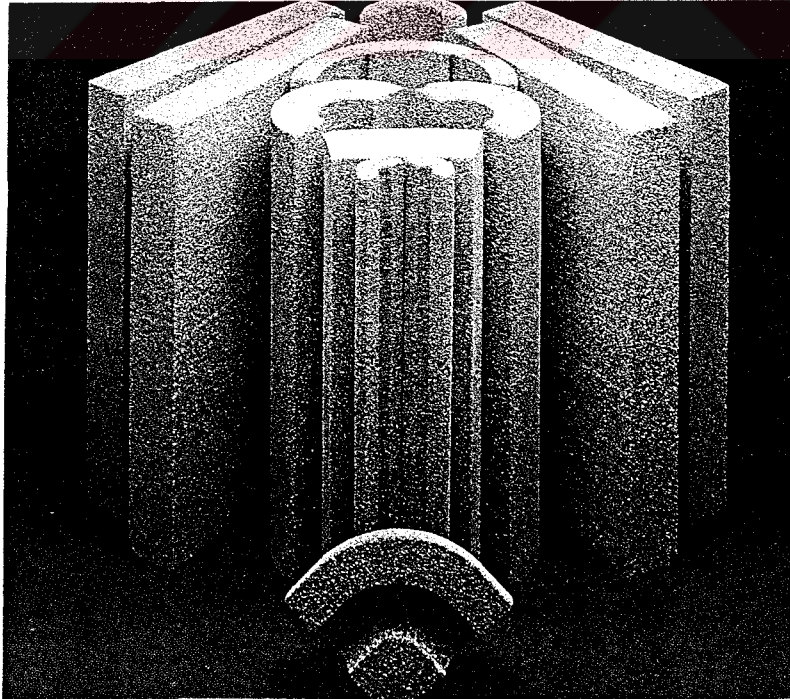
Isı İletkenliği: 0,16 kcal/mh⁰C [30, 31, 32].

2.4.2.2.1.3 Cam köpüğü

Hücrel cam yalıtım malzemesi olarak da bilinen cam köpüğü camın özel bir yöntemi ile üretilmesiyle elde edilen önemli bir yalıtım malzemesidir [33, s 47].

Yapılarda ve endüstride ısı yalıtımı sağlayan birçok yalıtım malzemesi olmasına rağmen cam köpüğü dokuz ayrı niteliğe sahip olması nedeniyle, çok boyutlu yapısal sorunların çözümünde aranan çok yönlü bir malzemedir (Şekil 2.9), [33,s 47].

Cam köpüğü tamamen cam olan inorganik bir yalıtım malzemesidir. Eritilmiş cam, hacminin yaklaşık olarak 18 katı oranında genleştirilerek, birbirine hava geçirmeyecek (hermetik) şekilde yapılmış milyonlarca kapalı hücreden oluşan katı ve hafif bir ısı yalıtım malzemesidir [34].



Şekil 2.9 Farklı şekillerdeki cam köpüğü levhalar [35,s 4].

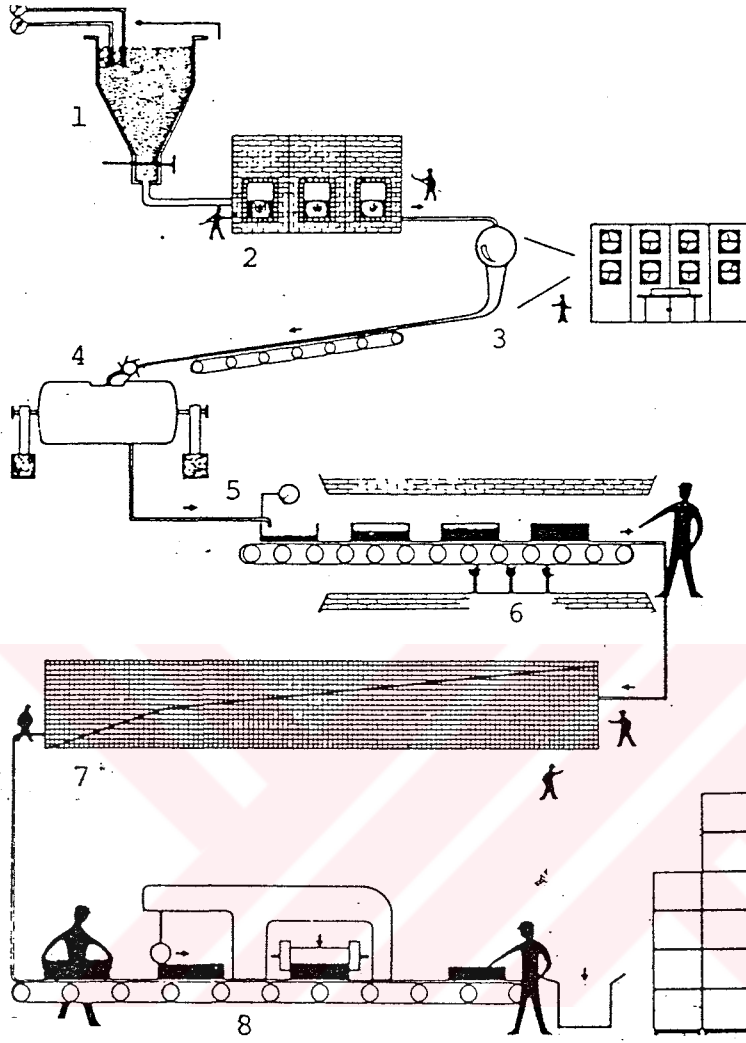
Dünyada 1912 yılından beri kullanılmakta olan ve kullanı-
köpüğü, 1930 yılından sonra ABD ve Avrupa'da özellikle
kullanımı artmıştır.

Cam köpüğü 1937 yılında Pennsylvania'da kurulan ...
Corporation şirketi tarafından fabrikasyon olarak üretilmeye başlamış ve daha sonra
şirketin Avrupa ülkelerinde (Belçika, İngiltere, Fransa, Hollanda, İsviçre, İsveç,
Avusturya), ve Japonya'da kurduğu fabrikalarla dünyaya yayılmıştır [35,s 2].

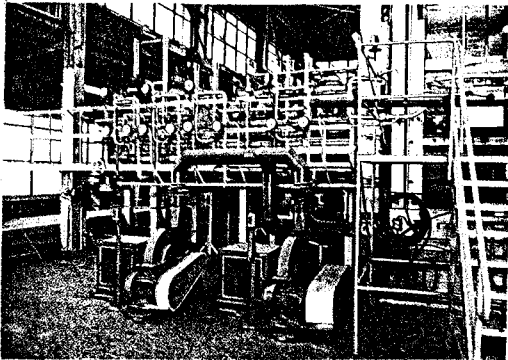
Türkiye'de 1990 yılında Aysu İnşaat ve Ticaret A.Ş tarafından inşaat
sektörüne ve endüstrisine sunulan cam köpüğü, ülkemiz için yeni bir malzeme
olmasına rağmen, 1965 yılında ilk olarak Tüpraş'ta kullanılmıştır [36,s 44].

Genleştirilmiş cam ya da selüler cam da denilen cam köpüğü camın
emülsifikasyonu yolu ile elde edilmektedir. Hücresel cam yalıtım malzemesinin
hammaddesi olan cam üretiminden sonra pudra haline getirilir. Daha sonra cam
tozuna saf karbon eklenir. Bu ham maddeler üzerinde, sırasıyla aşağıdaki işlemler
yapılır (Şekil 2.10).

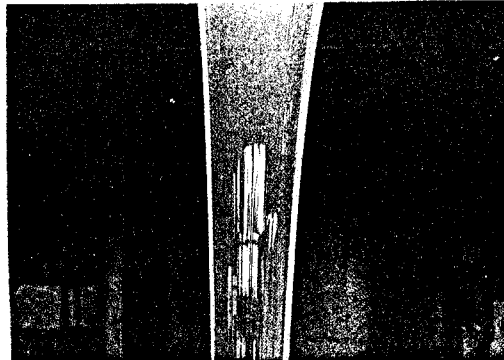
1. Camı oluşturan ham maddeler gerekli oranlarda karıştırılır.
 2. Bu karışım 1400°C sıcaklıktaki fırınlarda eritilir (Şekil 2.11, 2.12).
 3. Erimiş cam soğutulur.
 4. Soğutulduktan sonra öğütülerek pudra haline getirilen cam linyit kömürü
tozu (saf karbon) ile uygun oranlarda karıştırılır.
 5. Karışım özel kalıplara dökülür ve fırına sokulur.
 6. Kalıplar içindeki cam-kömür karışımı 1000°C'deki fırında pişirilir ve bu
sıcaklıkta karbon oksitlenerek gaz baloncukları oluşur. Böylece malzeme kapalı
gözeneklerden oluşan hücresel bir yapı alır.
 7. Kalıplardan alınan ürünler tavlama fırınlarında 16 saatte soğutularak
normalize edilir.
 8. Kalite kontrolü yapılarak istenilen boyutlarda kesilerek paketlenir ve üretim
işlemi sona erer [33,s 47- 48].
- Standart dışı malzemeler imha edilir.



Şekil 2.10 Cam köpüğü üretim akım şeması [33,s 48].



Şekil 2.11 Cam köpüğü üretim fırını [35].



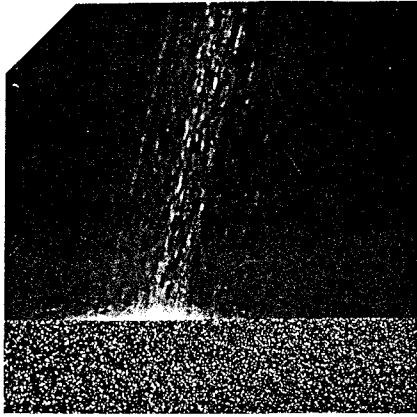
Şekil 2.12 Fırından çıkan erimiş cam [35].

Cam köpüğü 4, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 ve 13 cm kalınlıklarda üretilmektedir. 4 ve 4.5 cm kalınlıkta olanlar 30/45 cm boyutlarda, diğerleri ise 30/45 ve 60/45 cm boyutlarda üretilmektedir. Ayrıca levha halinde üretilmesinin dışında değişik çaplarda boru mantosu olarak da üretilmektedir [37, s 46].

Hafif ve tamamen kapalı, milyonlarca cam hücreden oluşan katı bir ısı yalıtım malzemesi olan cam köpüğü aşağıda sıralanabilecek özelliklerinden dolayı ideal bir malzemedir.

Cam köpüğü -260°C 'dan $+430^{\circ}\text{C}$ 'a kadar olan sıcaklıkta özelliklerini kaybetmeden ömrü boyunca kullanılabilen bir malzemedir ve ısı geçirgenlik katsayısı $\lambda=0.036 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ kadar düşük olduğu için yüksek ısı tutuculuğa sahiptir. Ayrıca su buharı çıkışını sağlayacak havalandırma deliklerine gerek kalmadığı için ısı köprüleri oluşmamakta ve ısı tutuculuğu daha da artmaktadır.

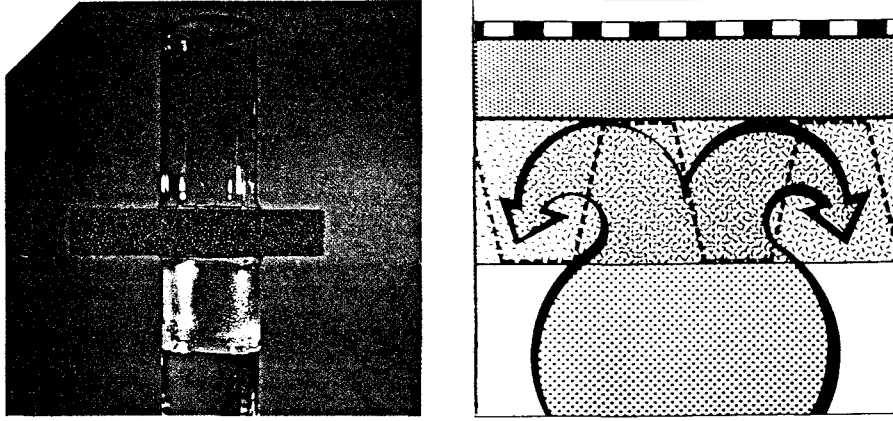
Karbonun oksitlenerek gaz baloncukları oluşturmasıyla üretilen cam köpüğünün hacminin %95'i gözeneklidir. Bu gözenekli yapı cam köpüğüne su geçirmez ve su emmez bir özellik kazandırmaktadır. Islanmadığı için aynı kullanma sıcaklığında (λ) ısı iletkenlik katsayısı sabit kalır. Bununla birlikte cam köpüğünün çok ince gözenek duvarları (hücre çeperi) kimyasal etkilere karşı normal camdan daha zayıftır. Uzun süren nem etkisi altında cam köpüğünün hücre duvarlarında korozyon oluşabilmesi nedeniyle devamlı nemli ortamda kalması uygun değildir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Cam köpüğünün su geçirmezlik deneyi [35].

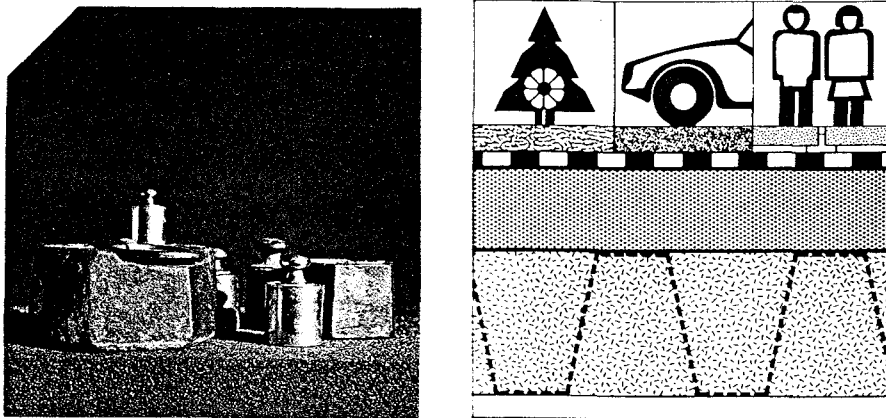
Yapı malzemeleri içinde su buharını mutlak olarak geçirmeyen cam, çelik gibi nadir malzemelerden birisi de cam köpüğüdür. Kapalı cam hücreler sayesinde ve mutlak anlamda yalıtılmış hava boşlukları barındırdığından cam köpüğü iyi bir buhar

kesicidir. Yalıtım kapasitesi iç yoğuşmadan etkilenmez (Su buharı geçirgenlik direnci $\mu=\infty$ 'dur). Bu nedenle ayrıca buhar kesici bir malzeme kullanılmasına gerek kalmadan yaz, kış kuru olan bir malzemedir (Şekil 2.14), [33,s 48].



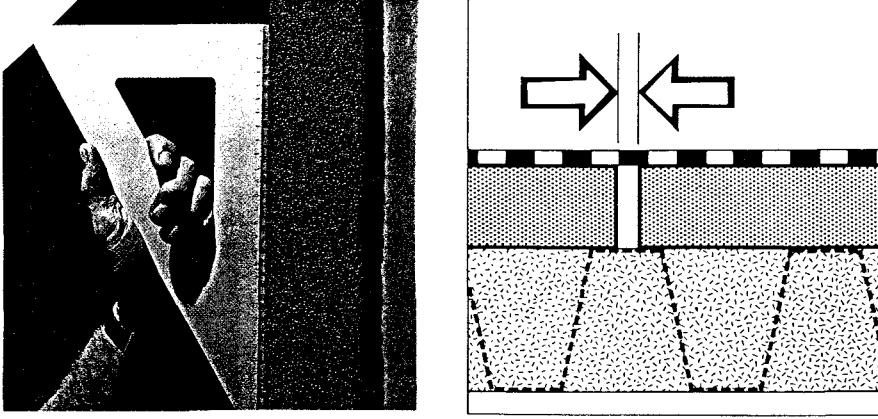
Şekil 2.14 Cam köpüğün buhar geçirmezlik deneyi [35].

Cam köpüğünün yoğunluğu 144kg/m^3 gibi düşük bir değerde olmasına karşın 7 kg/cm^2 'lik basınç mukavemetine sahiptir. Basınç mukavemetinin bu değeri ve bünye yapısından kaynaklanan rijitliği sayesinde ağır yük koşullarında yıpranma riski yoktur. Dolayısıyla $60\text{-}120\text{ t/m}^2$ 'de yük yüklendiğinde hiç bir deformasyon görülmez (Şekil 2.15). Bu sayede özellikle otopark çatılarda, bahçe çatılarda ve insan sirkülasyonunun olduğu çatılarda rahatlıkla uygulama olanağına sahiptir [33,s 48], [38,s 9].



Şekil 2.15 Cam köpüğünün rijitlik ve basınç dayanımı deneyi [35].

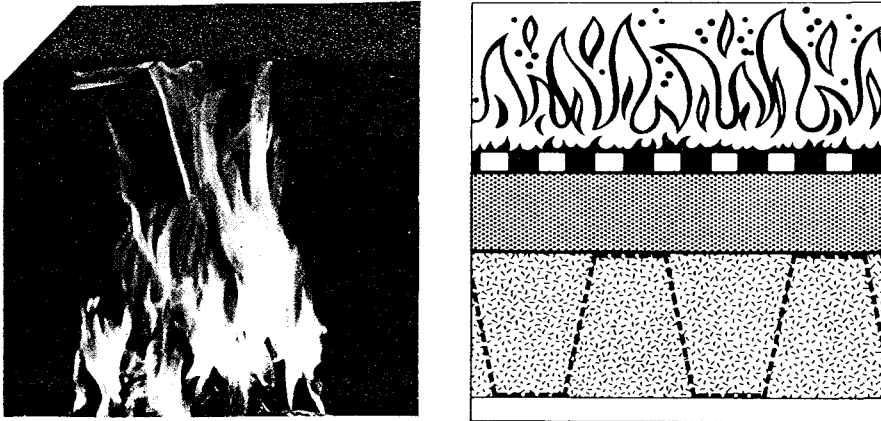
Cam köpüğü beton ve çeliğin sahip olduğu düşük genleşme katsayısı ($10-12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). Dolayısıyla özellikle beton ve çelik çatılarla ve döşemelerle çok uyumlu bir kullanım sağlar. Cam köpüğü -260°C ve $+430^\circ\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda çok iyi boyutsal kararlılık gösterir (Şekil 2.16).



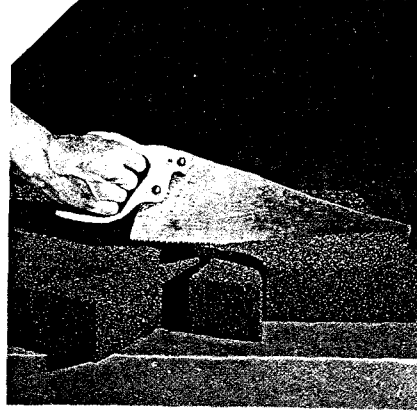
Şekil 2.16 Cam köpüğünün boyutsal kararlılık göstermesi [35].

Örneğin $600 \times 450\text{mm}$ kalınlığındaki bir cam köpüğü levhanın $\Delta t = 70^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki genleşmesi $\Delta L = 0.3\text{mm}$ 'dir [38,s 8]. Bu durumda katmanlar arasında gerilme riskinin olmadığı görülür [33].

Saf camdan üretilen inorganik bir malzeme olduğu için cam köpüğü yanmaz ve toksit değildir. Olası bir yangın tehlikesinde yanmayı geçiktirerek tutuşmayı devam ettirmez. Gaz geçirme özelliği olmadığından dolayı, yanıcı gazları bünyesine almayıp alevi geçirmeyerek sistemin güvenliğini korur. Bu özelliği ile binadaki yangın güvenliğini artırıcı bir öğedir (Şekil 2.17) [33, 34].



Şekil 2.17 Cam köpüğünün yanmazlık deneyi [35].



Şekil 2.20 Cam köpüğünün kolay işlenebilmesi [35].

Cam köpüğü levhalar, yüksek basınç dayanımına sahip olmalarına rağmen, kolay kırılabilirler. Bu yüzden dikkatli taşınmaları gerekir [14,s 481].

Fiziksel özellikleri aşağıda sıralandığı gibidir:

Yoğunluk: 125-135-144 kg/m³(ürün tipine bağlı)

Isıl genleşme katsayısı: 8.3×10^{-6}

*Kapilarite:*0

*Su geçirgenliği:*0

Su buharı geçirgenliği: 0(Su çekici değildir, 264 gün %90 rölatif rutubette ağırlık artışı olmamıştır.

Su buharı difüzyon direnç faktörü(μ): Pratik olarak sonsuz.

Su absorpsiyonu:%0.2 (parçalanmış hücreler nedeniyle)

Sıcaklık limitleri:-260⁰ C'den +430⁰ C'ye kadarki uygulamalarda kullanılabilir.

Yanıcılık: Yanmaz (DIN 4102)

Erime sıcaklığı: Cam erime noktası (730⁰ C)

Özgül ısı: 0.232 W/kg⁰ C

Isı iletkenlik katsayısı(λ):-20⁰ C için 0.049W/mK

0⁰ C için 0.053W/mK

+20⁰C için 0.055W/mK

+150⁰c için 0.079W/mK

Ses yalıtım değeri: 28dB (10 cm kalınlık için)

Renk: Koyu gri [33,s 50].

Bağlayıcı maddesi: Komple cam [35].

Kimyasal özellikleri aşağıda sıralanmaktadır:

pH:7.5

Asitlere mukavemet: Hidroflorik asit hariç her türlü asit ve buhara karşı dayanıklıdır.

Mekanik özellikleri aşağıda sıralandığı gibidir:

Basınç mukavemeti: 7 kgf/cm²

Çekme mukavemeti: 4.6 kgf/cm²

Eğilme mukavemeti: 5.26 kgf/cm²

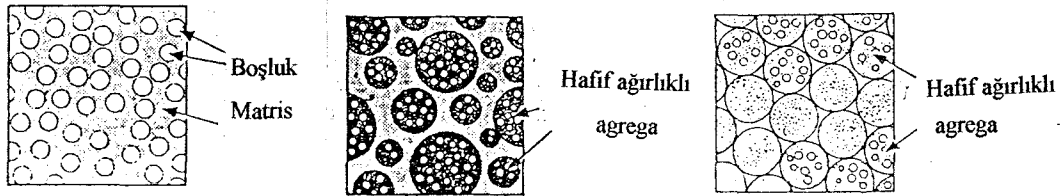
Kayma mukavemeti: 2.8 kgf/cm²

Elastiklik modülü: 12650 kgf/cm² [33,s 50].

2.4.2.2.1.4 Hafif agregalı betonlar

Birim ağırlığı normal betonlardan belirli şekilde küçük olan betonlara hafif betonlar denilmektedir [29,s 397].

Hafif betonlar; boşluklu betonlar, hafif agregalı betonlar, kumsuz betonlar (ince agregasız beton) olarak üç şekilde üretilmektedir (Şekil 2.21). Bu betonlar 2000 kg/m³'den daha az ağırlıklı ve yaklaşık 160 kg/m³ civarında yoğunluklara kadar düşük yoğunluktadır.



Boşluklu beton

Hafif agregalı beton

Kumsuz beton

Şekil 2.21 Değişik hafif agregalı betonlar [39,s 141].

Düşük yoğunluklu bu betonların kullanımları MS. II. Yüzyıla kadar eski tarihe uzanır. Roma'da ve Pantheson'da kubbelerde ponzalı hafif betonların kullanıldığı bilinmektedir. Günümüzde hafif betonların ağır agregalı betonlardan daha fazla kullanılmalarındaki sağladığı; mükemmel ısı yalıtımları ve yangın dayanımları, sıvasız yüzeylerde mükemmel ses yutuculukları gibi avantajları vardır [39,s 140].

Hafif betonlar sınıfına giren üç tip beton aşağıda sıralanmaktadır.

Boşluklu betonlar: Hava veya gaz ile çimentonun matrisinde oluşturulan küçük ve birbiri ile bağlantısı olmayan hücrelerle, ince agrega olarak ince kum, püskürtme fuel külü veya diğer silisli malzemeler kullanılarak elde edilen hafif betonlardır[39,s 140].

Boşluklu betonlara sellüler beton da denilmektedir ve gözle görülebilen büyüklükte küresel boşlukların hacmi, malzemenin görünen hacminin %60'ını oluşturur [29].

Boşluklu beton sınıfına köpüklü beton ve gaz beton girer. Bu betonlar aynı yapıya sahip olmalarına rağmen üretimleri farklıdır. Köpük betonlarda malzeme içinde boşluklar, çalkalanma ile köpük meydana getiren özel bir madde (vinylit ve reçinaları, naftalinin sülfat asitleri gibi) betona karıştırılarak elde edilir. Köpüklü betonlarda betonu kalıba döktükten sonra yerleştirme işlemleri sırasında boşlukların kaybolmaması için sils teli gibi kireçe etkisiz tesbit maddeleri kullanılmaktadır. Gaz betonlarda ise boşluk, alüminyum, çinko ve magnezyum gibi bazı metal tozlarının çimento ile karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu tozların çimento ile hidratasyonu sonunda çıkan hidrojen gazı beton içinde boşluk oluşturmaktadır.

Hafif agrega kullanılarak oluşturulan betonlar: Agrega karışımında hafif agrega miktarının artırılmasıyla elde edilen ve birim ağırlığı düşük betonlardır. Bu hafif agregalar; bims (ponza), genleştirilmiş kil, perlit, klinker, vermikülit, vb. mineral kökenli agregalar olabildiği gibi, elyaf, talaş ve testere tozu gibi organik kökenli malzemeler olmaktadır.

Mineral kökenli agregalardan bims doğal agrega iken, perlit, genleştirilmiş kil gibi agregalar doğada bulunmalarına rağmen ısı işlemleriyle elde edilmiş yapay agregalardır.

Organik agregalar mineralizasyon işlemiyle içlerindeki canlı hücreler öldürülerek ateş almaz hale getirilirken, olgunlaşma işlemi ile rutubet değişikliğinin zararlı bir etki yapması engellenir [29,s 398].

Kumsuz hafif betonlar: Kumsuz hafif betonlar, boşluk bırakmak için kum ve kaba agregaların küçük parçaları kullanılmadan üretilen hafif betonlardır. Kumsuz hafif betonlar 10mm ile 20mm arasında yoğun veya hafif kaba agregaların yeterli bir

çimento ile agregaların arasında boşluklar bırakılarak birleştirilmelerinden oluşur[39,s 140-144].

Çimento dozajı 140-150 kg arasında değişen bu malzemenin 28 günlük basınç dayanımı 50-95kgf/cm²arasındadır [29,s 399].

Hafif betonların yapıda kullanılmasıyla, yük azaldığı için taşıyıcı elemanların kesit boyutları küçülür, temel ile ilgili problemler daha kolay çözümlenir. Ayrıca özellikle deprem sorununun büyük olduğu yerlerde hafif betonlar yapının yükünü hafifleteceği için, daha küçük dinamik kuvvetler oluşur.

Hafif betonların ısı iletkenlik değeri (λ) oldukça düşüktür. Fakat bu değerler malzemenin yoğunluğuna ve cinslerine göre değişir. Hafif betonların ısı iletkenlik değeri; 0,35-4,03 w/mk arasında değişir [6, 29, 39].

Betonlardaki yangın dayanımları betonun yapısındaki agregaların özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden bu betonlarda kullanılan agregalar, yanmaz agregalar (bims, genleştirilmiş, klinker gibi) oldukları için, büyük oranda yangında ilk özelliklerini korurlar [39,s 23, 142].

Havali betonlarla yapılmış 142 mm kalınlığında taşıyıcı olmayan, çıplak bir duvarın yangın dayanımı 6 saattir.

Hafif agregalı betonların içinde fazla boşluk bulunması nedeniyle nem hareketi yüksektir.

Hafif betonların basınç dayanımları ve elastikiyet modülleri düşüktür.

Özellikle havali betonlar ahşap gibi testere ile kolaylıkla kesilebilir, oluk (yiv) açılır vida ile sıkıştırılabilir ve kolaylıkla çivilenebilir [39,s 140].

Hafif agregalı betonların fiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yoğunluk: 80 - 1040 kg/m³ arasında

Isı iletkenlik: 0,35 - 4,03 W/mK

2.4.2.2.1.5 Genleştirilmiş kil

Birçok hafif agrega çeşitli yöntemlerle üretilmektedir. Kil bir eksen etrafında dönerek işleyen fırında genleştirilirler. Bu yöntemde küçük küçük kırılmış kil parçaları bir eksen etrafında dönerek işleyen fırında yaklaşık 1090 °C derece sıcaklıkta ısıtılır. Malzemeyle birlikte gazlar genişler ve kütle ile birlikte binlerce küçük hava kabarcığı

oluşur. Malzeme soğuduğunda ve katılaştığında bu hücreler kalır ve bütün kabarcıklar sert, cama benzeyen ve su geçirmez bir membranla çevrilir. Malzemenin her parçası aynı şekilde cama benzeyen kabukla çevrilir [40].

2.4.2.2.1.6 Kalsiyum silikat

Döküm kabuk olarak kullanılan silikat bileşimli levhalar 1050 °C sıcaklığa kadar dayanırlar. Çok iyi mekanik dayanımı olan bu ısı tutucu malzemenin ısı iletkenlik katsayısı yoğunluğuna bağlıdır. 180-230 kg/m³ arasındaki yoğunluklarda üretilen malzemenin 200 kg/m³ yoğunlukta olanı 500 °C sıcaklığa dayanır ve ısı iletkenlik değeri 0.095 W/mK'dır. Bu ısı tutucu malzeme Amerika 'da üretilmektedir [8].

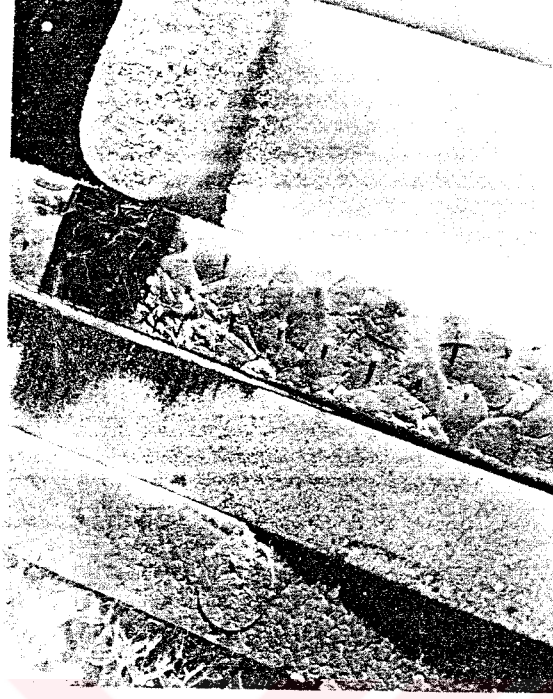
2.4.2.2.1.7 Genleştirilmiş mika (vermikülit)

Genleştirilmiş mika için ayrıntılı bilgi 2.4.2.3.4'de verilecektir.

2.4.2.2.2 Sentetik kökenli köpük ya da sünger yapıda olanlar

İkinci Dünya Savaşından bu yana ısı yalıtımı amacıyla kullanılan plastik köpükler, aynı reçineden yapılmalarına rağmen, üretim işlemlerindeki değişiklikler farklı isimler altında ürünlerin oluşmasına neden olmuştur. Hava veya diğer gazlar kullanılarak, gaz dolu hücreler kütlenin içine dağıtılır. Dolayısıyla oldukça düşük yoğunlukta ısı yalıtım malzemesi elde edilir. Bu malzemeler, genleştirilmiş plastikler, hücresel plastikler veya köpük plastikler diye değişik isimler alır.

Sert, yumuşak, katı, esnek veya yarı esnek, yarı katı olan köpükler vardır. Bunlar birbirine bağlanmayan açık hücreli veya birbirine bağlı kapalı hücreli olabilirler. Bazı köpükler, uygulama sırasında hazır olarak kullanılabilinen levha formunda veya şekillendirilmiş nesne halinde ve blok halinde olabildiği gibi, diğerleri sıvı veya dane halinde yerinde köpüklendirilmekte ve sprey şeklinde uygulanmaktadır (Şekil 2.22) [41,s 169].



Şekil 2.22 Isı tutucu malzeme olarak kullanılan levha halindeki plastik köpükler [22,s 248].

Sentetik kökenli plastik köpüklerin yoğunlukları 16 kg/m^3 'den 72 kg/m^3 'e kadar çeşitlilik gösterir. $0,020 \text{ W/mK}$ kadar düşük ısı iletkenlik değerine sahip olanları vardır [39,s 277].

Birçok plastikler köpük haline getirilebilmelerine karşın, bunların çok azı yapıların ısı yalıtımında kullanılacak önemli bir yere sahiptir. Yapısal malzeme olarak kullanılan başlıca 7 plastik köpük malzemesi Vinil, Poliüretan, Polistren, Polietilen, Epoksi, Silikon ve Fenolfermoldahittir. Bunlardan sadece polistren köpük çok gelişmiş ve geniş bir kullanıma sahiptir [41,s 169].

2.4.2.2.1 Polistren (Styropor, Styrofoam)

Polistren köpük, petrol türevi malzemelerin yaklaşık 40 katı genişletilerek köpük haline getirilmesiyle elde edilen düşük yoğunluklu, kapalı hücreli organik kökenli bir ısı yalıtım malzemesidir [41,s 169].

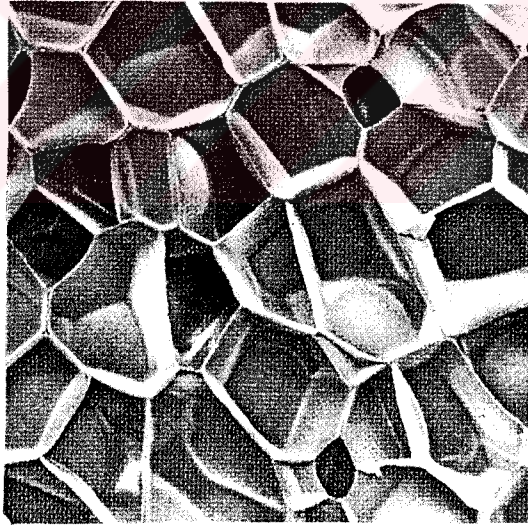
Polistren köpük 1940'lı yılların başında Amerika'da 'The Dow Chemical Company' şirketi tarafından geliştirilmiştir. Kapalı hücreli yapısıyla, su

absorbsiyonuna karşı dayanıklı olan polistrenler, yüzdürme malzemesi olarak ilk cankurtaran sandallarında ve sallarında kullanılmıştır.

Ekstrude polistrenlerin yapıda ilk uygulamaları ise, soğuk depoların döşemeleri, duvarları, tavan panelleri ve boru yalıtımlarında yapılmıştır. Fakat 1950'li yıllardan itibaren polistren köpükler ısı yalıtkan malzeme olarak yapı endüstrisinin diğer alanlarında da yer edinerek konut ve iş merkezi gibi binalarda da uygulanmıştır. 1963 yılında ise Avrupa'da yaygın bir şekilde kullanılan bir malzeme olmuştur [42,s 3].

Bu malzemenin Türkiye pazarı ile ilk karşılaşması 1960'lı yılların başlarında olmuştur. Başlangıçta bütün dünya da olduğu gibi soğuk hava depolarında ve ticari buzdolaplarının ısı yalıtımında kullanılmasına rağmen, özellikle 1986 yılından sonra inşaat sektörüne girmiştir [43,s 76].

Polistren polimerizasyon reaksiyonları sonucu elde edilir. Polistren hücreli polistren haline, hava veya kimyasal bir etkisi olmayan gaz yardımıyla çok hızlı şekilde genişletilerek getirilir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 Ekstrude polistren köpüğün kapalı hücreli yapısı [42,s 3].

Polistren köpükten ısı yalıtım malzemesi üretmede bir yöntem köpük polistrenlerin haddeden geçirilerek levha köpük haline getirilmesidir. Haddeden geçirilmiş ekstrude polistren olarak bilinen levha halindeki köpük plastikler, çeşitli

kalınlık, genişlik ve uzunlukta perde duvar ve çatı yalıtımında kullanılmak üzere özel şekillerde üretilmektedir.

Polistren köpük ile ısı yalıtkan malzeme üretiminde diğer bir yöntem ise köpüğün kalıba dökülerek şekil verilmesidir. Dünya da 'bead boards' olarak bilinen bu köpükler çeşitli büyüklüklerde ve yuvarlak şekillerde mevcuttur [41,s 170,171].

Panten veya bütanla emprenye edilmiş bu küçük kaygan polistren daneleri (incileri) şekillendirilmemiş halde kuma benzer. Bu daneler genleştiriciye konularak buharla ısı işlem uygulanır. Buhar ısısı boncukların orjinal ölçüsüne göre 40 defa genişmesine neden olur. Genleştirilmiş daneler stabilize edici tenekelere konarak, verilen gazın danelerin arasına dağılması için bir gece bekletilir. Bu işlemden sonra genleştirilmiş daneler şekillendirici erime kabına konur ve buharla ısıtılır. Tekrar genişleyen daneler sıcaklıkla yumuşar ve genişleme kap ile sınırlanır. Ayrı daneler biraraya gelerek birbirleriyle kaynaşır. Kalıplama işlemi nispetten kolay; fakat, buhar kaynağı ve iç basıncı karşılayacak oldukça ağır kalıplar gerektiğinden dolayı polistren köpükleri, bina için kullanılacak kabuk veya cephe için üretilen sandviç panellerin arasında direkt köpüklendirmek daha pratik bir yöntemdir [21,41].

Hücresel ürünler birçok temel plastik malzemelerinden yapılmalarına rağmen, ideal bir ısı yalıtım malzemesi olabilmeleri için aşağıda sayılacak özelliklerin hepsine sahip olmaları barındırmaları gerekir. Diğer bir yandan, bu özelliklerinin sürekli olması ısı yalıtımı için önemlidir. Polistren köpükler bu özellikleriyle ısı yalıtım piyasasında en çok bilinen malzemedir [41,s 170].

Haddeden çekilmiş ekstrude polistren köpüklerin yapıda değişik uygulama alanlarına göre (çatı, döşeme, duvar gibi) üretilmiş levhalar -50°C 'den $+75^{\circ}\text{C}$ 'e kadar olan sıcaklıklarda özelliğini kaybetmeden kullanılır. Isı geçirgenlik katsayısı $\lambda=0,021-0,033 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ arasında ve çok düşük olduğu için yüksek ısı tutuculuğuna sahiptir. Ayrıca milimetrik hassasiyete sahip ebatları ve lamba zıvanalı kenar profilleri sayesinde ısı köprüleri oluşmaz.

Ekstrude polistren köpük levhalar düşük yoğunluklu ($28-45\text{kg/m}^3$) malzemeler oldukları için kolay taşınabilen ve kesimi kolay olan ısı yalıtıkcıdır. Dolayısıyla zayıatsız kullanım avantajı vardır. Ayrıca polistren levhalar güneş ışınlarına karşı koruyucu polietilen paketler içinde taşınır ve depolanması kolaydır.

Yoğunluğu 28-45kg/m³ gibi düşük bir değerde olmasına rağmen, 2,5-5kg/cm² basınç mukavemeti vardır. Dolayısıyla özellikle çatılardaki insan trafiği, ağırlık ve diğer çatı yükleri altında yıllarca deformasyona uğramaz. Ayrıca çekme gerilmesi ve makaslamaya karşı mukavemet gösterir.

Ekstrude polistren köpükler milyonlarca kapalı gözenekli küçük hücrelerden meydana gelmiştir ve üniform dağılımlı hücreler arasında kılcal boşluklar yoktur. Bu nedenle bünyesine su almaz ve zamanla ısı yalıtım değerinde kayıp olmaz. Su almadığı için zamanla çürüme yapmaz ve ayrıca alçı sıva uygulamalarında birleşim yerlerinde alçı sıvayla ayrı ayrı çalışmadığı için sargı bezi kullanılmasına gerek yoktur. Kapilarite sıfırdır.

Isı yalıtım malzemesi ve betonarme arasında oluşabilecek yoğuşma riski, yüksek buhar difüzyonu direnci sebebiyle yoktur ve betonarme suyunun polistren köpük içinden geçişi olanaksızdır (su buharı geçirgenlik direnci $\mu=80-200$ 'dür). Bu özelliği ile birçok uygulamada buhar kesici malzeme olmadan kullanılabilirler.

Ekstrude polistren köpük levhalar düzgün yüzeyi ve boyutsal stabilitesi nedeniyle özellikle tünel kalıp uygulamalarında, tünel kalıp ile arasında boşluk kalmayarak iç ortamda düzgün yüzey elde edilmesini sağlar.

(60±2) °C sıcaklık ve %(90±5) bağıl nem şartlarında boyut kararlılığı %0'dır. Lineer uzama katsayısı ise 0,07 mm/mK'dır.

Haddeden çekilmiş polistren köpük organik kökenli bir ısı yalıtım malzemesi olduğu için üretim aşamasında halojenli maddeler içermeyen yangın geciktirici katkıları ilave edilerek yanıcılık sınıfı yükseltilmektedir. Bu köpük levhalar zor yanan A sınıfı madde statüsüne girmektedir [42,s 10-11].

Polistren köpük levhalar bakterilere, mantarlara ve çürümeye karşı dayanıklı izolasyon malzemeleridir.

Polistren köpük levhaların fiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yoğunluk: 25-45kg/m³

Kapilarite: 0

Su buharı difüzyon direnci(μ): 80,100,160,200

Su absorpsiyonu(volume): %0,5 (daldırma yöntemiyle)

Sıcaklık limitleri: -50°C/+75°C

Yanıcılık: A sınıfı

Isı iletkenlik katsayısı(λ): 0,027w/mk (10⁰c, 90 gün)

Lineer uzama katsayısı: 0,07mm/mK

Isı geçirgenlik direnci: 0,75-190m²K/W

Mekanik özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Basınç mukavemeti: 250-700kN/m² (%10 deformasyonda)

Basınç modülü: 10-33,000 kN/m²

Çekme mukavemeti: 450-1000 kN/m²

Çekme modülü: 10-33,000 kN/m²

Makaslama mukavemeti: 200-500 kN/m²

Makaslama modülü: 4000-6000 kN/m² [42,s 10, 11].

2.4.2.2.2 Poliüretan

Mobilya, ayakkabı imalatı, beyaz eşya ve otomotiv sektöründen inşaat sektörüne kadar geniş bir kullanıma sahip olan poliüretanın, inşaat sektöründe özellikle yalıtım konusunda önemli bir yeri bulunmaktadır [44,s 63].

Poliüretanların iki kimyasal maddenin poliöl ve poliizosiyonat'ın çeşitli katkı maddeleri ve kabartıcı ajanlarla egzotermik reaksiyona girerek oluşturulan plastik kökenli bir malzemedir [44,s 63].

İzosiyonatın en nitelikli reaksiyonu aktif hidrojen atomları bulunduran bileşenlerle (poliöl) sıvı hale gelmesidir. Poliüretanların kimyası izosiyonat'ın üç tip bileşenle reaksiyona girmesiyle oluşur. Bunlar;

1. Alkollerin üretan oluşturması (Bu alkoller polyesterlerden türeyen drol, trol, hexol, octols olabilir).
2. Organik asitlerin üretan oluşturması ve CO₂ gazının çıkışı.
3. Su etkisi ile izosiyonat'ın fazlası ayrılarak karbondioksit çıkar [41,s 171].

Plastik endüstrisi topluluğu tarafından bu polimerlerin üretan olarak isimlendirilmesi tavsiye edilse de plastik endüstrisinde poliüretan, polyester izosiyonatlar ve polieter izosiyonatları olarak da adlandırılmaktadırlar [41,s 171].

Poliüretanlarla ilgili araştırmalar 1940'lı yıllara dayanmaktadır. Bir çok araştırmacı kimyager'in poliüretanın gelişmesinde önemli rolü vardır. Fakat Prof. Dr.

Otto Bayer “polyaddition” işlemini bularak üretime büyük bir katkı sağlamıştır [44,s 63].

Poliüretanlar üretim sırasındaki değişiklikler ve adımlar nedeniyle değişik sertlik, yüzey dokusu, basınç dayanımı ve yoğunluk gibi farklı fiziksel ve mekanik özelliklerde çeşitlilikler gösterirler [45,s 61].

Fonksiyonları ve tepkin OH gruplarının arasındaki polimer zincirinin uzunluğu, köpüklerin rijit ve esnek olarak iki farklı nitelikte oluşmalarını sağlamaktadır. Rijitlik işlevsellikle artar polimer zincir uzunluğuyla azalır [41,s 171].

Rijit köpük üretanlar genellikle yerinde köpük haline getirilirler fakat, fabrikalarda levha halindede üretilmektedirler. Bunlar farklı debide çalışan bir pompa ve bileşenli karıştırma kafası bulunan bir makine yardımı ile yapılır. Bu karışım bir atölye de bir kalıp içine dökülür ve sonra kabuk şeklinde kesilir [8, 41].

Yalıtım için kullanılacak bir çok rijit üretan köpük “fluorinated hydracarbon” ile genişletilerek üretilmektedir. Bu gaz kapalı hücreli rijit üretanın içinde kalarak köpüğe düşük ısı iletkenlik değeri vermektedir (Şekil 2.24), [41,s 172].



Şekil 2.24 Poliüretanın köpük hali [41,s 172].

Poliüretan köpükler renksizlikten koyu kahverengi ve sarı renge kadar değişik renkte olabilirler ve bazen suni olarak renklendirilir ve hücreleri %95 kapalı gözeneklidir [46,s 196].

Poliüretan levhaların tek taraflı ısıtılması durumunda şekil deformasyonu görülür. Bu nedenle her iki yönünü başka bir malzeme ile (kağıt, bitümlü kağıt, PVC, alüminyum folyo) kaplanması doğru olur [20,s 32].

Poliüretanın ısı iletkenlik değeri çok düşüktür. Birçok üretici tarafından $\lambda=0,017 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ olarak verilse de, bu ilk üretildiği andaki değerdir ve zamanla ısı iletkenlik değerinin düşük olmasına sebep olan gazın difüzyon yolu ile dışarı çıkması ve hava dolmasıyla bu değer yükselir ve bu değer maksimum $\lambda=0,030 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ 'ye kadar yükselir.

Poliüretan köpüğün yoğunluğu $30-200 \text{ kg/m}^3$ arasında ayarlanabilir. Fakat yalıtım amacıyla kullanılan poliüretan levhanın şekil değişimini önlemek için 32 kg/m^3 'den az olmaması tavsiye edilir.

Poliüretanların bünyesine su alması az olmakla beraber EPS'den fazladır. Buhar difüzyonu yolu ile ısınma durumu oldukça yüksek olduğundan ($\mu=40-50$) levhalar ya buhar sızdırmaz şekilde kaplanmalı veya muhtemel gerilmelere karşı önceden önlem alınmalıdır. Yerinde püskürtme köpüklerde buhar difüzyon değeri $\mu=3-8$ dir.

Poliüretan köpük hafif asitlere, benzine, mazota, alkalilere ve deniz suyuna karşı dayanıklıdır.

Levhalar -200^0C 'den $+120^0\text{C}$ 'ye kadar uygulama alanına sahiptir. Petrol türevi olduğundan aslında yanıcıdır fakat üretim sırasında alev almasını zorlaştıran maddeler katılarak "zor alev alabilen" hale getirilir.

Salt yalıtım malzemesi olarak diğer yalıtım malzemelerine göre daha pahalı olmasına rağmen hazır prafabrik elemanlar olarak (metal kaplı sandviç paneller gibi) kullanıldığında işçilik ve zamandan çok kazandırır [20,s 32, 33].

Poliüretan köpüklerin fiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yoğunluk: $30-200 \text{ kg/m}^3$ arasında

Isı İletkenlik(k): $0,025-0,030 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$

Buhar Difüzyon Direnci: $\mu= 40-50$ (levha)

$\mu= 3-8$ (püskürtme)

Kullanma Sıcaklığı: $-200^0\text{C} - +120^0\text{C}$,

2.4.2.2.2.3 Polivinil klorür köpüğü (PVC)

Polivinil klorür polietilen zincirinde, her iki karbon atomundan birine klor atomunun bağlanması ile oluşmuş makro moleküllerdir. PVC köpük ise bu polimerin köpürtülmüş şeklidir.

Polivinil klorür köpükler üretilirken, ilk işlem soğukta polivinil klorüre bir stabilizatör, bir genleştirici Azot gazı çıkaran madde ve bir sertleştirici katılır. Elde edilen bu hamur, kapalı ve ısıtılmış bir kalıba konarak basınç altında soğutulur. Son olarak bir etüvde ısıtılarak genleştirilir [8,s 34].

Polivinil klorür köpüğün gözenek yapısı elde ediliş şekline bağlıdır. Yüksek basınçlı halde kapalı gözenekli düşük basınçlı halde açık ve kapalı gözenekli basıcsız halde ise açık gözenekli yapı elde edilir [17].

Rengi, sarıdan koyukahverengiye kadar gider [46,s 196].

Isı yalıtımı amacıyla kullanılan rijit genleştirilmiş polivinil klorür köpükler iki çeşit yoğunluğa sahiptir. Bunlar 24 kg/m^3 'den 48 kg/m^3 'e kadar olanlar, 48 kg/m^3 olanlar ve 48 kg/m^3 'den daha yoğun olanlardır.

Diğer hücresel plastiklere göre daha güçlü ve daha rijittirler. Neredeyse tamamen kapalı gözenekli yapıları vardır ve bunun karşılığında düşük su buharı geçirimsizliğine ve su absorbe özelliğine sahiptir. Yangın önleyici ek malzemeler ilave edilmeden kolay alev alan bir malzemedir. Yapıştırıcılarda bulunan bazı çözücülere karşı duyarlıdır.

Maksimum kullanma sıcaklığı 50°C 'dir ve giydirme cephelerde dikkatle kullanılmalıdır. Çünkü kaplamaların arkasına direkt olarak tespit edilen levhaların yalıtım etkisi ılık güneş ışığında, malzemenin tolere edebileceğinden fazla yüzey sıcaklığı oluşturabilir.

Genleştirilmiş PVC levha formunda üretildiği gibi, boşluk doldurma malzemesi olarak sandviç panellerdede kullanılmaktadır. PVC köpüğün düşük buhar geçirgenliği kondansyon probleminin olduğu yerlerde avantaj sağlar, fakat daha yaralı kullanımları PVC'nin rijitliğin büyük ölçüde basınç dayanımına katılacağı sandviç panel araları olmaktadır.

Genleştirilmiş PVC diğer çoğu hücresel plastiklerden daha pahalıdır ve binalarda uygulanması kısmen özelliklerinin çok önemli olduğu durumlarda

kullanılmak üzere sınırlanmıştır. Daha çok özelliklerinin iyi bir avantaj olarak kullanılabileceği soğuk hava depolarında görülmektedir [46,s 200, 201].

Fiziksel özellikleri şöyle sıralanabilir:

Yoğunluk: 24-48kg/m³ ve üstü

Isı İletkenlik Katsayısı: 0⁰C 'de 0,033kcal/mh⁰C

Buhar Difüzyon Direnç Faktörü: $\mu=200$

Isınma Isısı (Özgül Isısı): 1,26 kJ/kg⁰K

Kullanma Sıcaklığı: maximum 50⁰C

2.4.2.2.2.4 Polietilen köpük

Saydam veya saydam olmayan levha, ambalaj ve paketlenme malzemesi, elektrik teli yalıtım malzemesi, oyuncak, ev eşyaları, elektronik malzemeler, örgü ve dokumalar, soğuk su, doğalgaz ve ısıtma boruları, köpük malzemeler (örtü, levha, bant, boru montosu, dolgu fitili vb.) geotekstil ve geomembranlar, noppen örtüler, folyo ve filmler gibi bir çok amaçla geniş bir kullanım yelpazesi olan polietilen etilenin polimerizasyonu sonucu elde edilir. Amorf veya kısmen kristalli ve plastiklerin termoplastikler sınıfı içinde yer alan bir yapı malzemesidir [47,s 39,42].

Polietilenin monomeri etilenin polimerizasyonu; yüksek basınç prosesinde 1000 - 3000 atmosfer basınçlarında ve 100 -300⁰C arasındaki sıcaklıkta düşük yoğunluklu polietilen elde edilir. Bu yoğunluk 0,91 - 0,94gr/cm³ arasındadır. Düşük yoğunluklu polietilen %55 - 70 kristal yapıya sahiptir [47,s 39].

Alçak basınç prosesi ile üretilen polietilen, 30 atmosfer basınçta ve yaklaşık 150⁰C sıcaklıkta gerçekleştirilir. Bu şekilde elde edilen polietilen yüksek yoğunluklu polietilen olup, yoğunluğu 0,96gr/cm³'den büyüktür. Yüksek yoğunluklu polietilen %75 - 95 kristal yapıya sahiptir [47,s 39].

Buna göre alçak basınçla üretilen polietilen ile yüksek basınçta üretilen polietilenin fiziksel özellikleri farklıdır [17,s 101]. Yüksek yoğunluklu polietilenler düşük yoğunluklu polietilenlere göre daha rijit, daha kuvvetli, sert ve kimyasallara karşı daha dayanıklıdır. Düşük yoğunluklu polietilenler ise daha esnektir [47,s 39].

Her sertlik kademesinde üretilen polietilenlerde, esnek polietilenlerin yoğunluğu 0,91 - 0,925 gr/cm³, yarı sert polietilenlerde 0,9925 - 0,94 gr/cm³ ve sert polietilenlerde 0,94 - 0,97 gr/cm³ arasındadır [47,s 39].

Tatsız, kokusuz, inert olan polietilenlerin fizyolojik olarak bir sakıncaları yoktur. Korozyona ve oda sıcaklığında her türlü kimyasal maddelere karşı dirençlidir. Isıl genleşme katsayıları yüksek olduğu için, devamlı güneş ışıını ve açık hava etkisinde bozulabilir ve kırılabilir. Bu nedenle polietilen malzemeler direkt güneş ışıınından korunması gerekir. Malzemenin kullanılma sıcaklığı - 40°C ile 120°C arasında olmasına rağmen, devamlı kullanılabilme sınırı yaklaşık 80°C'dir [47,s 39,42].

Çarpma dayanımı, hem normal hem de düşük sıcaklıkta yüksektir [47,s 42].

Asitlerden, alkalilerden ve organik çözücülerin bir çoğundan etkilenmeyen polietilenler, tuz bakterilerden de etkilenmediklerinden yer altında kullanılabilir. Benzin, benzol ve triklor etilende çözülebilir.

Polietilen filmlerin gaz geçirgenliği yüksek, nem geçirgenliği düşüktür. Yüksek yoğunluklu polietilen türlerinin ise gaz geçirgenliği düşüktür.

Polietilenden her renk tonunda malzeme üretilebilir. Polietilen iplik halinde esnek ve dokunabilme özelliğine sahip bir malzemedir.

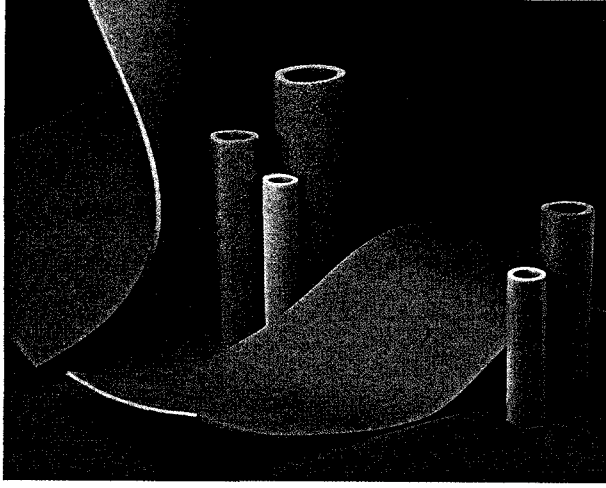
Yalıtım ve aynı zamanda koruma amaçlı üretilen polietilen köpükler (örtü, levha, bant, boru montosu vb.) genellikle düşük yoğunlukludur. Diğer malzemeler ise hem düşük hem de yüksek yoğunluklu polietilenlerden elde edilmektedirler [47,s 42].

Isı yalıtımında kullanılan polietilen malzemeler, kendinden yapışkanlı köpük bantlar ve boru montosu levhalarıdır. Bu ısı tutucu malzemeler kapalı hücreli, esnek ve aynı zamanda ses, nem ve yağmur geçirimsizdir (Şekil 2.25).

Kendinden yapışkanlı polietilen köpük bantlar, beyaz renkli olup, farklı kalınlık ve genişlikte kullanılırlar. Bant kalınlığı minimum 3mm'dir. Bantlar boruların ek yerlerinde, yalıtımının zor yapılabildiği yerlerde havalandırma ve makine gibi cihazların yalıtımında kullanılmaktadır [47,s 42].

Boru montosu ve levha halindeki polietilen köpükler gri renkli olup, levhalar bir yüzlerinden alüminyum, EPDM - kauçuk vb. ile lamine edilebilmektedir.

Boru montoları ise 6 - 114mm çapındaki borular için boru yalıtım malzemesidir ve gri renklidir.



Şekil 2.25 Değişik formlarda polietilen köpük ısı tutucular.

Bu malzemeler, sıhhi tesisat - güneş enerjisi sistemlerinde, soğutma, ısıtma, havalandırma ve klima tesisatlarında enerji tasarrufu sağlamak, yoğuşma, korozyon ve donmayı önlemek amacı ile kullanılırlar. Ayrıca basınçlı su borularında titreşim ve sesi önlerler [47,s 42].

Fiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yoğunluk: 0,91 -0,94 gr/cm³ (Düşük yoğunluklu)

>0,96 gr/cm³ (Yüksek yoğunluklu)

Kullanma sıcaklığı: -40°C ile 120°C

80°C Devamlı

Kimyasallara dayanıklılık: Dayanır.

Isı iletim katsayısı: 0,80 kcal/mh⁰C (düşük yoğunluklu)

0,36 kcal/mh⁰C (yüksek yoğunluklu).

2.4.2.2.5 Fenolformaldehit köpükler

Polikondansasyon reaksiyonları sonucu elde edilen fenolformaldehit köpükler fiziksel yolla üretilirler. Bu yöntemde freon gibi organik asıllı çözücü maddelerin hammadde ile karıştırılıp belirli derecede buharlaştırılmaları sonucu veya inert gazların çözülmesi ile köpüklendirilir [17,s 95].

Genellikle pembe nadiren koyu kırmızı renkte gevrek bir malzeme olan fenolformaldehit köpük üniform hücrelere sahiptir. Açık hücre yapılı olanlarından, %90 kapalı hücre yapılı olanlarına kadar, çeşitlilik gösterir.

En çok kullanılan yoğunluğu 48 kg/m^3 'dür ve kapalı hücre yapılarının basınç dayanımı ve ısı yalıtım özellikleri, açık hücre yapılarından %25 daha iyidir [46,s 201].

Fenolik köpükler epeyce zor yanarlar çok az duman ve önemsiz sayılabilecek kadar az miktarda toksid gazı çıkar ve mekanik dayanımları 150°C sıcaklığa kadar korunur.

Yeni katılaştırıcı maddeler, daha önce üretimde kullanılan asit katılaştırıcıların sebep olduğu bazı problemlerin üstesinden gelmektedir ve malzemenin şimdilerde, metal tankların ve sıcak su borularının yalıtımında, metal korozyonuna sebep olmadığı kabul edilmektedir [46,s 201].

Fenolformaldehit köpük yalıtım malzemelerinin hücre duvarları, malzemenin kırılmasına ve kopmasına karşı diğer plastik köpük yalıtım malzemelerinden daha iyi dayanır. Ayrıca bu köpüklerin en önemli ve en büyük avantajı, diğer plastik köpük yalıtım malzemeleri gibi yalıtım özelliğini zamanla kaybetmemesidir. Malzeme üreticileri ürüne bu açıdan garanti vermektedir. Isı yalıtım değerini zamanla kaybetmeme özelliğini fenol polimer reçineleriyle zıt olan ve milyonlarca hücrenin içinde bulunan Freon gazı verir [21,s 131,132].

Fiziksel özellikleri şöyle sıralanabilir:

Yoğunluk: 48 kg/m^3

Basınç Dayanımı: $14 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

Lineer Uzama Katsayısı: $2 - 4 \times 10^{-5} \text{ Per } ^\circ\text{C}$

Isı İletkenlik Katsayısı: $0,036 \text{ W/mK}$

Maximum Kullanılma Sıcaklığı: 150°C

Su Absorbsiyonu: (7 gün) Açık hücreli yüksek

%95 Kapalı hücreli oldukça düşük

Su Buharı Direnci: Açık hücreli 35 MNs/gm

Kapalı hücreli 240 MNs/gm [46,s 197].

2.4.2.3 Daneli yapıda olan ısı tutucu malzemeler

Bu grup altında yer alan malzemeler perlit, vermikülit, fosil silisli daneler ve geliştirilmiş mantardır. Bu malzemeler dökme malzemeler olup genellikle torbalarda bulunurlar [9].

2.4.2.3.1 Genleştirilmiş mantar

Bitkisel kökenli mantarlar geliştirilerek dane haline getirilir. Sıradan binalarda çok az uygulanan geliştirilmiş mantar daneleri sınırlı bir şekilde düşük sıcaklıklı ısı yalıtımlarında kullanılmaktadır [9].

2.4.2.3.2 Fosil silisli daneler (diyomit, kizelgur)

Daneli yapıda ısı tutucu malzemeler sınıfına fosil silis daneler girer. Diyomit ve kizelgur daneli yapıda üretilen ısı tutucu malzemelerdir.

Asıl kökeni bitkisel olan kuvarz içeren, kizelgur, bitkisel yapı hayaliyetini kaybedince, çok küçük gözenekler oluşur. Kirecimsi hale getirilerek, organik kısımları kaybolur ve öğütölür.

Kizelgur ayrıca bağlayıcı eleman olarak kil veya kalker eklenerek yakılır ve ateşe dayanıklı kizelgur elde edilir [17,s 93].

Diyomit saf haldeyken , tortu haldeyken silis kabuklarının birleşiminden oluşur. Saf diyomit yaklaşık 450 kg/m³ ağırlığındadır, fakat kil, kum ve çakıl karışımı ağırlığı artırır. Saf diyomit tortuları başlıca ısı yalıtımı ve dolgu malzemesi olarak kullanılır.

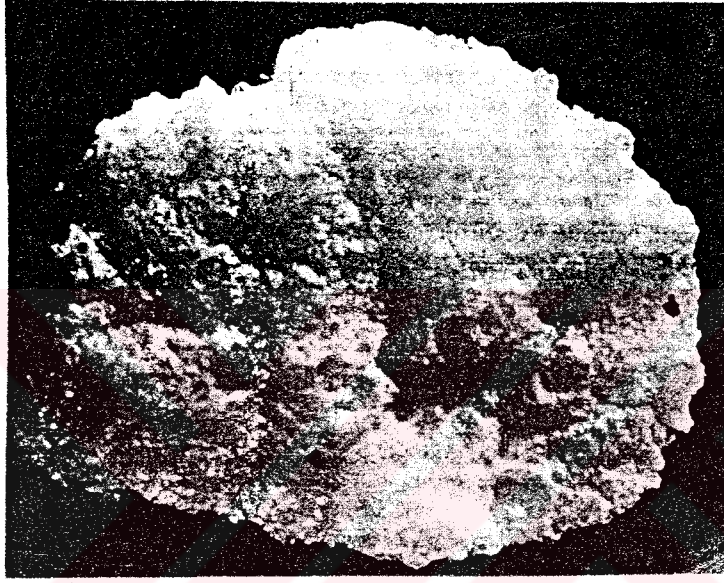
Saf diyomit hafif ve kimyasal olarak nőtürdür, fakat yumuşak ve kırılğandır [31,s 380].

Fosil silisli daneler, kizelgur ve diyomit 1000⁰C sıcaklığa kadar kullanılır.

2.4.2.3.3 Perlit

Ülkemizde ve dünyada oldukça önemli bir ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılan perlit volkanik kökenli camsı bir silisyum kayasıdır. Doğal haliyle gri,

gümüş grisi, koyu gri, koyu gri veya siyah renklidir (Şekil 2.26). Bünyesinde %2-6 oranında su bulunan perlit özel olarak yapılan döner fırınlarda 800-1200 °C derece civarında ısı işleme tabi tutulduğunda su buharlaşır ve maden filizi parçalarının mısır daneleri gibi patlayıp genişlemesine neden olur. Hacimce genişmesi 10 ile 30 misli olan küçük perlit danelerinin rengi beyazlaşır. Hacmin artmasıyla ısı iletim katsayısı ve yoğunluk düştüğü dolayı ısı izolasyonu için hafif bir malzeme elde edilmiş olur [21, 48, 49, 50].



Şekil 2.26 Ham perlit [50].

Genleşmiş perlitin sanayide kullanımı ilk olarak A.B.D.'de başlamış ve kısa sürede inşaat sanayisinde hafifliğinden, ısı ve ses yalıtım özelliğinden dolayı aranan bir malzeme haline gelmiştir [49,s 9].

Dünya perlit rezervlerinin %52'sini barındıran ülkemiz 1974 yılından perlit üretimi yapmaktadır. Bu miktar 8 milyar ton perliti ifade eder. Ancak perlitin taşıma zorluğu bulunduğu için bunun limanlara yakın bölgelerde olanları bu malzemenin kullanılabilme özelliğini arttırmaktadır [48].

Ülkemizde perlit üretiminin büyük bir kısmını Etibank gerçekleştirirken bunun yanında perlit üreten birkaç firma daha vardır.

Dünyada ise perlit, Rusya'da ve Avrupa'nın İngiltere, Fransa, Almanya, Çekoslovakya, İtalya ve İspanya gibi ülkelerinde ham ve genleşmiş perlit olarak üretilmekte ve yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [49].

Perlitin bünyesinde çok fazla sayıda gözenek bulunması sayesinde durgun hava barındırmasıyla mükemmel bir ısı yalıtımı sağlaması yanında yüksek frekanslı, darbeli sesleri etkisiz hale getirir.

İnorganik bir malzeme olan perlit çürümeme, yangına dayanıklılık, sudan etkilenmeme böcek ve haşarelerden etkilenmeme, uzun ömürlülük olması, işleme kolaylığı gibi özelliklerinden dolayı inşaatlarda kullanılır [50]. Amorf bir alüminyum silikat olduğu için bağlayıcı malzemelerle uyum sağlayabilir [51,s 35].

Ayrıca yüksek sıcaklıkta elde edildiğinden sterildir ve doğal bir malzeme olduğu için sağlığa zararlı değildir [50].

Perlit rezervlerinin çok olması volkanik tüf, cüruf, genleşmiş kil gibi hafif inşaat malzemeleri arasında perlitin önemini arttırmaktadır [51,s 35].

Dünyada perlit inşaat alanı dışında,

- % 35'i sıva agregası olarak,
- % 25'i beton agregası olarak,
- % 23'ü filtre malzemesi üretiminde,
- % 8'i yalıtım malzemesi üretiminde,
- % 4'ü tarımda ve
- % 5'i diğer alanlarda kullanılmaktadır [51,s 35].

Hacminin %90-97'si kadarı cam, %3-10'u kadarı kristalleşmiş minerallerden (feldspat, biyotit) oluşan perlit amorf bir alüminyum silikattır. Bünyesinde %2-6 oranında su bulunduran perlit 450°C'ye kadar ısıtıldığında bu suyun %80-90'ı bünyesinden uzaklaşır. Genleşme sırasında geri kalan kısmı ise aktif suyu oluşturur. Volkanik bir kayaç olan perlit hamuru içinde mikrolitler, sperolitler ve fenokristaller bulunur. Polarize ışıktaki perlit camı izotropiktir. X ışını analizi yapıldığında perlitin en çok % 4 oranında serbest silis içerdiği görülmüştür [51,s 37].

Perlit nötr bir malzeme olduğu için asit ve bazlara dayanıklıdır. Reaksiyona girmez [50, s 70].

Ham perlitin görünümü, kompakt, ince taneli, gözenekli, gevşek, kolay kırılabilir, el ile ufalanabilir bir yapıdadır. Perliti taneli, ponzalı, konsantirik yapı, lifli,

fenokristalli ve kum halinde sınıflandırabiliriz. Ayrıca taneli perlit kaba ve ince tanecikli olarak da ayırabiliriz. Genleşmiş perlit, ponza gibi hafif, yumuşak, hücresel yapıdadır. Genleştirilmiş perlit ile ham perlit arasındaki farklı özellikler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Ham perlit ve genleşmiş perlitin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması [50, s:36].

ÖZELLİK	HAM PERLİT	GENLEŞMİŞ PERLİT
<i>Renk</i>	Şeffaf açık griden camsi siyaha kadar değişir.	Kar beyazından gri beyaza kadar değişir.
<i>Yumuşama Noktası</i>	760 °C-1200 °C	—
<i>Erime Noktası</i>	1315 °C-1390 °C	1300 °C
<i>Erime Özelliği</i>	Sıcak konsantre alkali ve %2 konsantre asitlerde az, %1’lik seyreltik mineral ve konsantre zayıf asitlerde çok az erir.	—
<i>PH</i>	Kimyasal olarak inert 6.6-3	—
<i>Özgül ısı</i>	0.232 Wh/kgK	0.232 Wh/kgK
<i>Serbest nem</i>	%0.5	—
<i>Ağırlık kaybı</i>	%0.5	—
<i>Isı iletim katsayısı</i>	—	0.039-0.046 W/m °K
<i>Ses Emiciliği</i>	—	18 dB(125 Hz’de)
<i>Sertlik</i>	5.5-7.0 (Mohs)	—
<i>Özgül ağırlık</i>	2.2-2.4 gr/cm ³	2.2-2.4 gr/cm ³
<i>Birim-hacim ağırlığı</i>	950 kg/m ³ - 2700 kg/m ³	3-20 lb/ft ³ (49-324kg/m ³)
<i>Su emme</i>	—	%10-30(ağırlıkça)

Genleşmiş perlitin en çok kullanılan yoğunluk aralığı $\approx 114-243 \text{ kg / m}^3$ (7-15 lb /ft³) tür. Genleşmiş perlitin kullanıldığı yerlere göre ortalama yoğunluğu Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2 Genleşmiş perlitin kullanıldığı yerlere göre ortalama yoğunluğu [51,s 36].

KULLANIM YERİ	AĞIRLIK(kg/m ³)	(lb/ft ³)
Bağlayıcı ve beton agrega.	122-138	7.5-8.5
Çatı yalıtım panosu	65	4
Filtre	114-195	7-12
Bitmiş ürünler	57	3.5
Düşük sıcaklık yalıtımları	32-65	2-4
Duvar ve boşluk dolgu ya.	97	6
Dolgular(Fillers)	114-195	7-12
Tarım agregası	97-130	6-8

2.4.2.3.4 Vermikülit (genleştirilmiş mika)

Genleştirilmiş mika olarak da bilinen vermikülit mika mineralidir ve kimyasal olarak sönmüş (hidrate) magnezyum-alüminyum-demir silikat bileşimli kompleks yapılı doğal bir malzemedir. Ham maddesi çok ince ve parlak katmanlardan oluşur ve her katmanın arasında bir miktar su bulunur.

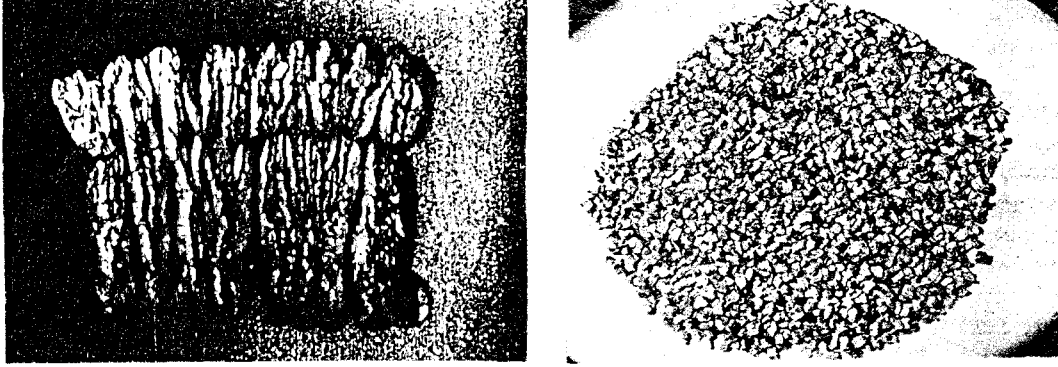
Ham maden filizleri küçük küçük kırılır ve yaklaşık 900-1100 ° C sıcaklıktaki fırında ısıtılır. Sıcaklığın etkisiyle su buhara dönüşür ve katmanların şişerek ayrılmasına sebep olur. Her granül yaklaşık olarak orjinal hacmine oranla 12-20 kat genişir (Şekil 2.25). Granüller genleştikçe binlerce ölü hava hücreleri hapsolür ve bu hücreler malzemenin yalıtım özelliğini büyük ölçüde sağlar.

Yanmaz ve çürümez bir malzeme olan vermikülit 1370° C’de erir.

Genleşmemiş formunda yoğunluğu 96’den 320 kg/m³’e kadar olurken, genleştikten sonra yoğunluğu 50-130 kg/m³ arasında değişir.

Isı iletkenlik katsayısı 0.044-0.047 W/m° K arasındadır.

Başlıca Kuzey Amerika’da ve Güney Afrika’da bulunan vermikülitin ülkemizde araştırılması yapılmış ve işletilmeye açılmıştır [3, 8, 40].



Şekil 2.27 Genleştirilmiş vermikülit [40,s279], [22,s 229].

2.4.2.4 Kompozit yapıda olan ısı tutucu malzemeler

Isı tutucu malzemelerde bulunması gereken özelliklerde de görüldüğü gibi yalıtım malzemelerinden beklenen yalıtım ile ilgili performansları arttırmanın çağdaş yollarından en yaygın ve rasyonel olanı değişik yalıtım sorunlarına cevap verebilen kompozit malzemedir. Bu amaçla üretilen ısı tutucu malzemeler aşağıda sıralanmaktadır [52].

2.4.2.4.1 Bağlayıcı madde aglomereleri

Bağlayıcı bir madde içerisindeki parçacıkların matris içinde rastgele dağıtılarak oluşturulan kompozitlerdir. Bu şekilde rastgele dağıldığı için bağlayıcı madde aglomereleri izotropik özellik gösterir [53].

2.4.2.4.1.1 Çimento bağlayıcılı hafif agregalı kompozitler

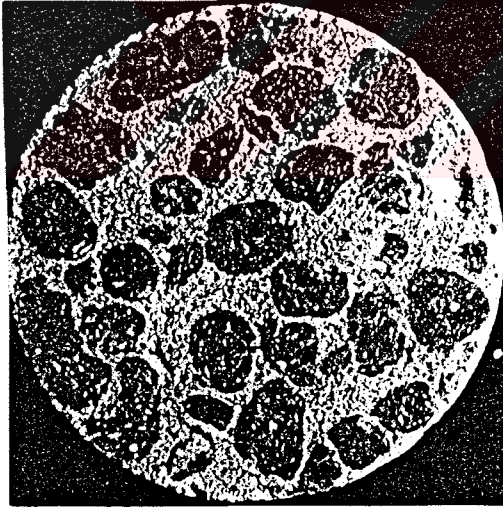
Bağlayıcısı çimento olan ve bu bağlayıcı içinde dağınık faz olarak bulunan hafif agregalardan oluşan kompozitlerdir [53].

- ***Styropor betonu:***

Stroporun çimento ve su ile karıştırılarak belli kalınlıkta yalıtım levhaları halinde üretildikleri gibi, hafif ve ısı yalıtımlı beton olarak da kullanılır. Stroporun betonla karıştırılması işleminde dikkat edilecek unsur stropor danelerinin hafifliği nedeniyle harcın olduğunca kuru kıvamda yapılması ve karışımın iyi yapılmasıdır. Ayrıca stropor danalarının çimento ile yapışmasını sağlamak ve yüzey gerilimini azaltmak için özel bazı sıvılarla ıslatılması gerekir [53].

- ***Ekspanse kil agregalı beton:***

Daha çok dış ülkelerde üretilen ekspanse kil agregalı betonlar, kilin geniştirilerek hafif agregala haline getirilmesinden sonra çimento, kum ve su ile karıştırılarak hafif beton elde edilmesidir. Isı yalıtımı amacıyla kullanılan ve çok yüksek mukavemeti olan bu hafif beton, taşıyıcısı çelik olan binalarda çelik kolon ve kirişlerin yangından korunması amacıyla da kullanılır. Hafif beton olma özelliği ile taşıyıcı sisteme yük verilmesi gereken yerlerde rahatlıkla uygulanan ekspanse kil agregalı beton ülkemizde uygulanmamaktadır (Şekil 2.28), [53].



Şekil 2.28 Ekspanse kil agregalı beton [53,s 45].

- ***Ponza (bims) agregalı beton:***

Hafif beton üretiminde agregala olarak kullanılan malzemelerin biri de bimslerdir. Birbirine bağlantısız, boşluklu sünger görünümlü silikat esaslı, küçük camısı

doku gösteren bu volkanik madde, kırılma ve elenme suretiyle bims agregası olarak beton yapımına elverişli hale getirilir [54,s 29].

Bims agregasının, çimento, kum ve su ile karıştırılması ile üretilen betonların birim ağırlıkları $0,55-0,80 \text{ kg/dm}^3$ arasında değişir. Genel olarak birim ağırlığının azalması betonun mukavemetinin önemli derecede düşmesine neden olur.

Yalıtım amacıyla kullanılan bimsli betonların karışımı TS 3234(1978) ile verilmiştir. Bims betonlarının ısı iletkenliği $0.280 \text{ kcal / m}^\circ\text{C}$ olarak verilmektedir [53, 54].

Bimsler gözenekleri dolayısıyla nemden çabuk etkilenirler ve nemli ortamda yoğunluk artar. Bu nedenle bimsli betonlar nemsiz kuru ortamda kullanılmalıdır [54,s 30].

Genleştirilmiş (ekspanse) kil agregalı beton ile benzer özellikler taşıyan bimsli betonlar, ateşe ve yüksek sıcaklığa dayanıklılığı nedeniyle çelik olan binalarda çelik kolon ve kirişlerin yangından korunması amacıyla kullanılırlar.

Bimsli beton hafif beton olduğu için taşıyıcı sisteme fazla yük verilmesi istenmediği durumlarda kullanılmaktadır [53].

- **Perlit betonu:**

Perlit betonu inşaat sektöründe ölü yükleri azaltmak, ısı ve ses yalıtımı sağlamak amacıyla normal beton agregaları olan kum, çakıl v.b. gibi malzemeler yerine perlit katılarak elde edilir. 35 kg / cm^2 ve daha yüksek mukavemete sahip perlit betonları araduar ve dış duvar yapımında kullanılmasına rağmen genellikle taşıyıcı birimlerde perlitli beton kullanılmamaktadır (Perlit betonunun fiziksel özellikleri Tablo 2.3’de verilmiştir).

Perlit, yalıtım amacıyla bina döşemelerinde, çatılarda, perde duvarlarda, ve bunun dışında çeşitli yalıtım uygulamalarında kullanılır.

Perlit betonu hazırlanırken dikkat edilmesi gereken bir husus, yoğunluğunun az olması betonun yalıtım özelliğini artırırken, betonun mukavemet özelliğini düşürmesidir. Buna göre, karışım oranları belirlendikten sonra karıştırma işlemi yapılır. Yalıtım özelliğinin önem kazandığı durumlarda perlit betonu karışım oranları 1m^3 yalıtım betonu için $1,3\text{m}^3$ perlit(13torba), 2,5-3 torba çimento (125-150) doz karışıma süzgeçli kova ile ya da içinde su olan bir tenekeye katılarak yapılır. Katılan su 300-400 lt civarında olmalıdır [55,s 37].

Tablo 2.3 Perlit betonunun fiziksel özellikleri [49].

Kuru yoğunluk (kg/m ³)	Islak yoğunluk (kg/m ³)	Basınç dayanımı (kg/cm ²)	Çekme dayanımı (kg/cm ²)	Aderans (kg/cm ²)	Isı iletkenlik (W/m° C)
576	808	24.13-34.47	6.20	6.80	0.10-0.12
488	728	15.85-23.44	4.10	4.00	0.09-0.10
432	648	9.65-13.78	3.30	2.10	0.08-0.09
352	584	5.52-8.61	1.60	—	0.07-0.08

Karıştırma işlemi, betoniyer gibi serbest düşmeli veya hamur makinası tipinde kanatlı karıştırıcılarla yapılabildiği gibi, el aletleri kullanılarak da yapılabilir. Fakat perlit tanelerinin ufalanmaması, karışımın mümkün olduğu kadar kısa sürede yapılabilmesi ve segregasyonun önlenmesi için kanatlı tip karıştırıcılar daha uygundur.

Perlit betonunun karıştırma işlemi aşağıda belirtilen şekillerde yapılır:

- Betoniyer tipi karıştırılması gereken bu işlemde çimentonun ince perlit daneleriyle bütünleşmesi ve yuvarlak çimento küreciklerinin oluşması sağlanmaktadır. Karıştırıcı içine perlit atıldıktan sonra, karışmanın başlamasından bir dakika sonra gerekli su ilave edilir. Bir dakika suyun perlit ile karışması beklendikten sonra, içine çimento ilave edilir. Kıvam buluncaya kadar karıştırma işlemi devam eder.

- Bu işlemde önce karıştırıcıya atılarak arkasından çimento ilave edilir. Elde edilen su-çimento süspansiyonuna perlit ilave edilerek kıvam buluncaya kadar karıştırılır.

- Perlit ve çimento ilk önce birlikte kuru olarak karıştırıcıda bir dakika süreyle karıştırılır. Daha sonra su ilavesi yapıldıktan sonra bir dakika karıştırılarak işlem tamamlanır.

Karıştırma işlemi yapılırken, kanatlı tip karıştırıcılarda, fazla karıştırma sonucu karışım ani olarak akışkan, plastik bir yapı kazandığından dolayı iki dakikadan fazla karıştırma yapılmamasına dikkat edilmelidir.

Perlit betonu hazırlanırken karışım suyuna hava sürükleyici madde ilavesi, yoğunluğunu ve su emiciliğini azaltıp yalıtım özelliğini arttırdığı gibi, segregasyonu önleyerek harcın işlenmesini kolaylaştırır.

Perlitli çimentoda dikkat edilmesi gerekenler;

- Betonda rötre oluşmaması ve betonun çatlamaması için karışıma daha az su konulmalı.

- Su oranı perlitin içinde bulunan su ile onun üzerine emebileceği oranda su koyulacak şekilde belirlenmeli.

- Perlitli betonun genleşmesi fazla olduğu için betonla yapılan strüktürlerde eklemler esnek olarak tasarlanmalı.

- Beton katkı maddesi olarak ‘Ligrosülfonat’ bazlı katkı maddeleri kullanılmalı.

- Priz süresini kısaltmak için ön üretim ile buhar kürü uygulanmalı [56,s 13].

Perlit betonunda dikkat edilmesi gerekenler;

- İyi kalite B300 betonuna oranla 30 kez daha zayıftır.

- Elastisite modülü düşüktür.

- Sünme deformasyonu yüksektir. Bu özellik taşıyıcı eleman yapımını kısıtlar.

- Su emme ve kılcallık yüksektir. Bu nedenle betonun su yalıtımı şarttır.

- Perlit betonunu şantiyede dökme beton olarak üretmek sakıncalıdır

[56,s 13].

- **Çimentolu perlit sıvası:**

Daha önceki kısımlarda belirtilen olumlu özellikleriyle perlit inşaat sektöründe agrega olarak birçok kullanıma sahiptir. Bu kullanım alanlarından biri de perlitin sıva işlerinde kum yerine kullanılmasıdır [57].

Çimento ile karıştırılarak kullanılan perlit sıvası, kaba ve ince sıva olmak üzere iki ayrı şekilde kullanılmaktadır. Kaba sıva olarak kullanılan çimentolu perlit sıvası dış ve iç yüzeylerde uygulanmaktadır. Dış yüzeylerde kullanıldığı zaman üzeri çimentolu perlit ince sıvası veya 300-350 doz ince kum sıvası ile 4-5 mm kalınlığında kaplanmalıdır [57].

Çimentolu ince perlit sıvası koruyucu ve düzgün bir satih oluşmasına yarayan sıvadır. Ayrıca, düzgün yüzeyli duvar veya betonarme yüzeylerinde, kaba sıva öncesi 1-3 mm kalınlığında ‘kontakt’ sıva olarak kullanılabilir.

Çimentolu kaba perlit sıvasının ısı iletkenlik katsayısı 0,10 Kcal/mh °C 'dir. Bu özellik inşaatlarda perlit sıvası yapılması halinde ısı yalıtımının yanısıra duvar kalınlıkları daha ince inşa edilmesine yardımcı olmaktadır [55, 57].

Perlitli sıvada dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bağlayıcı olarak kireçli alçı kullanılmalı.
- Sıva, elle ya da makinayla uygulanabilir.
- Elle uygulamada mala ile iki kat uygulanmalıdır.
- Tek kat en az 1 cm, ikinci kat ise 3 mm kalınlığında olmalı.
- Büyük alanlarda makinayla uygulama seçilmeli.

2.4.2.4.1.2 Alçı bağlayıcılı hafif agregalı kompozit yapıda ısı tutucu malzemeler

Bu kompozit malzeme grubunda bağlayıcı madde olarak alçı kullanılmaktadır.

- ***Styroporlu alçı:***

2-4 mm arasında değişen ve ortalama 3 mm çaplarında şişirilmiş styropor boncukları ve alçı karışımı ile elde edilen bu kompozit malzeme alçı malzemenin yanmazlığı, nem ayarlayıcı özelliği ve ses emiciliği gibi özellikleriyle styroporun yüksek ısı tutuculuk özelliğiyle önemli bir ısı tutucu malzeme olmaktadır [53, 58].

Polistren köpük üretimi sırasında fazlası ufalanmış daneler çok ekonomik bedelle temin edilmekte ve alçı ile karıştırıldığında oldukça hafif bir ürün elde edilmektedir.

Styropor boncukları, alçılı bloğun yoğunluğuna bağlı olarak, hacimce %50-70 oranında yer kaplamaktadır ve ufalanarak elde edilmiş styropor boncukları ile oldukça küçük görünür, çok küçük ısı iletkenlik değeri, bünyesine su ve nem almama ve birbirine yakın çaplı küresel boncuklardan oluşması nedeniyle, arada kalan boşluğun matris malzemesiyle iyice doldurulması ve buna bağlı olarak oldukça yüksek mekanik dayanım sağlanmaktadır [58].

Styroporlu alçı yapımında, organik esaslı styropor daneleri ile mineral bağlayıcılar arasındaki aderans çok zayıftır. Bu sakıncayı gidermek için, styropor danelerini ıslatıp bağlayacak, plastik dispersiyon esaslı tutkallar kullanılabilir. Bu tutkalların kullanılması ile styropor daneleri ile alçı arasındaki bağlantının artması

yanında, alçıya akışkanlık ve prizi geçiktirmesi sağlanmış, aynı zamanda alçı matrisin mukavemeti de artmış olur [58].

- **Perlitli alçı:**

Alçının olumlu özellikleriyle perlitin olumlu özellikleri bir araya getirilerek oluşturulan yapı malzemeleri inşaat sektörüne kolaylık getirmektedir.

Bu amaçla üretilen perlitli alçı ürünlerinden biri alçılı perlit sıvasıdır. Alçılı perlit sıvası, çimentolu perlit sıvası gibi kaba sıva, ince sıva ve bunlara ilave olarak alçılı perlit düzey düzeltme sıvası şeklinde üretilmekte ve uygulanmaktadır.

Alçılı perlit kaba sıva iç yüzeylerde kullanılır ve üzeri alçılı perlit ince sıva ile 4-5 mm kalınlığında kaplanır. Alçılı perlit ince sıva ise düzgün ve sert yüzey için kullanılan ince sıvadır.

Alçı esaslı diğer bir sıva ise perlit yüzey düzeltme sıvasıdır ve çok ince yüzey elde etmek için, ince sıva üzerine 2 mm kalınlığında uygulanır. Özellikle yağlı boya yapılacak yüzeyler için idealdir.

Bu sıvalar karışım ve torbalanmış halde mevcut olduğu gibi şantiyede perlit ile sıva yapımında mümkündür. Karışım ölçüleri şöyle verilebilir.

1 mm izolasyon sıvası için;

- 1.3 m³ perlit (13 torba perlit)
- 2,5-3 torba çimento (125-150 kg)
- 3-5 teneke kireç (60-100 kg)
- 400-450 litre su [55].

İyi sonuç alınması için karışımlar hassas olmalıdır. Perlit sıvası, klasik sıvalara nazaran işlenme özelliği çok fazla ve hafiftir. Bu yüzden malanın yapışması ve çalışma zorluğu olmaz [55,s 37].

Ayrıca alçı içine perlit katkıları ilave edilerek hafif, mukavemetli ve ısı, ses yalıtım özelliği bulunan yangına karşı dirençli bölme panoları üretilmektedir [53,s 47].

- **Genleştirilmiş kil agregalı alçı:**

Alçının yangına dayanıklılık ve nem düzenleme etkileri gibi olumlu özellikleri ile genleştirilmiş kilin hafifliği ve yüksek sıcaklık dayanımı gibi özellikleri birleştirilerek kompozit bir yalıtım malzemesi oluşturulmaktadır. Geniş bir kullanıma sahip olan bu kompozit malzemeden yapı taşı blokları üretildiği gibi, hazır kalıp içine döküm yolu ile değişik yapı elemanları üretilmektedir [53].

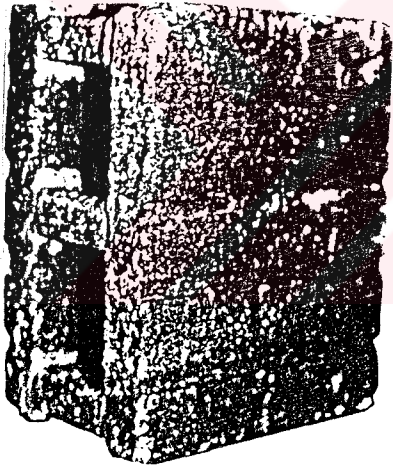
2.4.2.4.1.3 Sinterleşmemiş kompozit yapıda olan ısı tutucu malzemeler

Kompozit malzemeyi oluşturan dağınık ya da sürekli faz malzemesinin sinterleşme sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda ısıtılmasıyla elde edilen kompozitler bu grupta yer alır.

Dağınık faz malzemelerinin kille pişirilmesinde sıcaklık derecesinin, kilin ve dağınık faz malzemelerinin (ponza, perlit gibi) sinterleşme sıcaklığından düşük tutulması gerekir.

- **Perlitli tuğla:**

Perlitin hafiflik ve ısı yalıtımı gibi özellikleri yapı malzemesi sektöründe değişik biçimlerde kullanılmasına yol açmıştır. Perlitin diğer kullanım şekli ise hacim olarak %70 genişletilmiş perlit, %23 kil, %7 civarında bor türevleri kullanılarak üretilen perlitli tuğladır (Şekil 2.29).



Şekil 2.29 Perlitli tuğla [59,s 59].

Perlitli tuğla üretiminde perlit boşluk oluşturucu maddeler olarak kullanılan organik maddelerin pişme sırasında çıkardığı CO₂ gazı çıkarmadıkları için üretim steril bir şekilde sağlanır.

Genleşmiş perlit belirli danecik boyutunda olduğu için homojen bir boşluk düzeni sağlar. Ayrıca perlitin ilk sinterleşme sıcaklığı yaklaşık 1000 °C olduğundan, perlitin eritici etkisi ile malzeme bünyesindeki bileşikler arasındaki kimyasal

reaksiyonlar hızlanır ve bu da ısıl yönden kararlı bir malzeme ortaya çıkmasına neden olur. Bu özelliği ile perlitli tuğlanın don dayanımı artar.

Isı iletkenlik katsayısı 0.08 olan perlitli tuğlanın 1500-1600 °C’lerde hala viskozitesi yüksek olduğu için, yangına karşı dayanımı yüksektir.

Perlitli tuğlanın diğer bir önemli özelliği kuruması sırasında su çıkışı olmadığından pişme tamamlandığında rötre ve buna bağlı yoğunluk artışı gibi olumsuz durumlar olmamaktadır.

Testere ile kolaylıkla kesilebilen perlitli tuğlanın bir tanesinin ağırlığı 2,5 kg’dır.

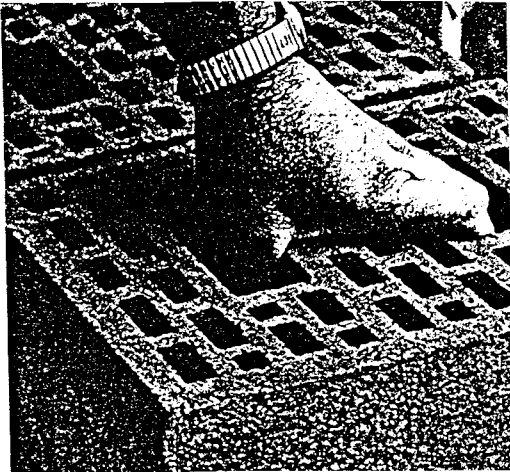
Dış duvarlarda izotuğla, iç duvarlarda bölme tuğlası, tabliyelerde asmolen olarak, çatılarda yalıtım malzemesi olarak kullanılan perlitli tuğla sanayii fırınlarında da ısı kesici olarak kullanılır [53, 59].

- ***Styroporlu tuğla:***

Tuğlanın ısı yalıtım özelliğini artırmak için tuğla hamuru içerisine pişme sırasında gaza dönüşerek boşluk bırakmasını sağlayan malzemelerden biride styropor daneleridir. Bu yöntemle üretilen tuğlanın ısı yalıtım değerinin yükselmesi ve hafifletilmesinin yanısıra olumsuz bir yönü ise styroporun yanma sırasında zehirli gaz çıkarmasıdır.

Ekstrüzyon yöntemiyle üretim yapılması durumunda styroporun kil içerisindeki oranı çok iyi ayarlanmalıdır.

Styroporlu tuğla üretiminin tarihi Avrupa ülkelerinde 1970’li yıllarda başlarken ülkemizde üretimi 1980’li yıllarda başlamıştır (Şekil 2.30), [53].



Şekil 2.30 Styroporlu tuğla [53,s 50].

- **Ponzalı tuğla:**

Camsı ve gözenekli bir yapıya sahip olan ponza taşının kil ile karıştırılmasıyla elde edilen tuğla üstün özelliklere sahiptir. Boşluk oluşturan danelerin etkisiyle, hafif, yüksek mukkavemetli, iyi ısı ve ses yalıtımı yapan, yüksek yangın dayanımı olan ponzalı tuğlanın üretimine öncelikle kil kütlelerinin, el matkabının ucuna takılan pervane ile karıştırılıp dağıtılması, yabancı maddelerden arındırılması ve ekstrüzyon kıvamına gelene kadar bekletilip dinlendirilmesidir.

Kile karışacak olan ponza danelerinin boyutu önemli iken kilin nemini almaması için seçilen daneler bir gün suda bekletilir. Daha sonra ponza ve kil karışımı homojenliği sağlamak amacı ile ekstrüderin döner paletleri arasında karıştırılıp 1 gün süreyle bekletilip şekillendirilir. Daha sonra kurutulur ve pişirilir [53].

2.4.2.4.1.4 Bitüm bağlayıcılı kompozitler:

Bağlayıcısı bitüm olan kompozit yapıdaki ısı tutucular bu grupta yer alır.

- **Bitüm bağlayıcılı ekspanse mantar:**

Doğal mantarın çeşitli işlemlerle genişletilerek hacmi büyütülüp ve birim ağırlığını azaltarak, hafif agrega niteliğine kavuşturulduktan sonra bağlayıcı madde olarak bitümle karıştırmak suretiyle değişik kalınlıklarda ve belirli boyutlarda yalıtım levhaları üretilir. Bağlayıcı madde olarak kullanılan bitüm aynı zamanda danelerin yüzeyini kapladığı için malzemenin ıslanmamasını da sağlar.

Düşük ısı iletkenliğine ve yüksek nem dayanımına sahip olan bitümlü mantar levhalar böceklerle ve haşarelerle dayanıklı olup kokusuz bir malzemedir. Kolaylıkla taşınabilen ve işlenebilen bu levhalar testere ile kesilip, çivi ile montaj yapılabilirler. Taş, tuğla, beton olan duvarlara ve tavanlara portland çimentosu veya sıcak asfalt ile uygulanabilirler. Levhaların üzerine sıva teli ya da plastik dokuma gerilerek sıva yapılmaya uygun hale getirilir [22, 53].

2.4.2.4.1.5 Rijit köpük halindeki kompozit yapıdaki ısı tutucu malzemeler

Rijit köpük halindeki kompozitler, çeşitli katkı malzemeleriyle malzemenin köpürtülerek hafifletilmiş malzemelerdir.

- **Gazbetonlar:**

Rijit köpük halindeki kompozit yapıdaki ısı tutucu malzeme olan gazbetonlarla ilgili ayrıntılı bilgi 2.4.2.2.1.1 'de verilmiştir.

- **Cam köpüğü:**

Cam köpüklerle ilgili ayrıntılı bilgi 2.4.2.2.1.3 'de verilmiştir.

- **Alçı köpükler:**

Taşıdığı birçok önemli özelliğiyle alçının yapıda ısı tutucu malzeme ve dolgu malzemesi olarak kullanılması için birçok araştırmalar yapılmaktadır. Bunlardan biri de alçının köpürtülerek boşluklu hale getirmektedir.

Alçıyı köpürtmek için birçok yöntem ve çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin patent altında olması nedeniyle pek açıklanmamasına rağmen, araştırmalarda kullanılan gaz çıkartıcı maddelerden birinin okzalit asit olduğu bilinmektedir. Okzalit asit alçıya katıldığında CaCO_3 ile reaksiyona girerek meydana kalsiyum tuzu getirir. Bu tuz suda erimez. Üretimi, 1 kg alçıya köpürtücü okzalit asit katılıp karıştırılarak, akıcı halde iken çelik kaplara dökülmesi işlemiyle başlanır. Döküm anında priz süresini uzatmak için arap zambkı katılır. 25°C ortam sıcaklığında ve %70 bağıl nemde laboratuvar koşullarında 7 gün bekletilir ve 7.günden sonra etüve konularak 40 °C'de 6 saat kurutulur.

Hafiflik, iyi bir ısı tutucu olması ve ucuza elde edilebilmesi nedeniyle yapı malzemeleri içinde önemli bir yere sahip olan köpük alçılar masif alçılara göre daha az basınç dayanımına sahiptir. Nemli hacimlerde ve binanın dışında kullanılmaları inşaat sektöründe bir kolaylık sağlar [53,s 57].

2.4.2.4.2 Liflerle donatılı kompozit yapıda ısı tutucu malzemeler

Sürekli faz olan bağlayıcı maddenin içine liflerin dağıtılmasıyla oluşan kompozitlerdir. Bu lifler organik veya inorganik kökenli olmaktadır. Lifler kompozit malzemenin çekme dayanımını artırır, çatlamalara ve kırılmalara karşı eğilimleri azalır [18, 53].

2.4.2.4.2.1 Çimento bağlayıcılı kompozitler

Bağlayıcısı çimento olan liflerle donatılı kompozitler bu grupta yer alır.

- **Çimentolu asbest levha:**

Magnezyum silisi ve camı kaya görünümüne sahip asbest oldukça ince lifler haline getirilir. Bu lifler çekmeye karşı güçlü ve esnek olup alkaliler, doğal tuzlara ve organik çözücülere karşı dayanıklıdır. Alev almama ve 900 °C kadar sıcaklıklarda bünyesinde bozulmama gibi özellikleriyle en çok bilinen ve son zamanlara kadar sıklıkla kullanılan çimentolu asbest kompoziti asbest liflerinin, çimento hamuru içine katılmasıyla elde edilmektedir [18, 39, 53].

İlk olarak 1899 yılında bulunan asbestli çimentonun bağlayıcısı portland çimentosudur. Lif hacmi, çekme yönü ve yoğunluğu ürünün özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Asbest liflerinin ağırlığına göre oranı; düz ve katlanmış plaklarda %9-12, basınç tüplerinde %11-14, ateşe dayanıklı panolarda %20-30'dur. Asbestli çimentonun minimum eğilme dayanımı, yoğunluğu, geçirimsizlik ve donatıya karşı direnç değerleri uluslararası standart koşullar gerektiren ilk lifli kompozit malzemedir [18,39,53].

En çok bilinen ve son zamanlara kadar sıklıkla kullanılan çimentolu asbest, asbestin madenden çıkarılması, işlenmesi ve daha sonra malzemenin kesilmesi ve oyulması sırasında çıkan tozların yarattığı çok ciddi sağlık riskleri (akciğer kanseri gibi) asbestin yerini diğer liflerin almasına yol açmıştır [18].

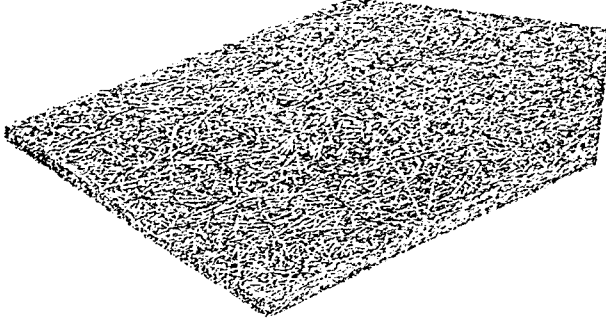
- **Çimentolu ahşap talaş levha:**

Ahşap yünü levha olarak da bilinen çimentolu ahşap talaş levhalar, ince kıyım ahşap yogaların çimento ile karıştırılıp prese edilmesiyle elde edilir. Kullanılan çimento portland çimentosudur [53, 60].

Bünyesinde herhangi bir kimyevi madde bulundurmeyen bu levhalar çimento ile karıştırılıp ıslatıldıktan sonra, istenilen kalınlıkların elde edilmesi için, çelik sac levhalar arasında bir prese yerleştirilerek uygun bir basınç altında çimento priz yapıcaya kadar bekletilir. Bu şekilde üretilen levhaların kalınlıkları 15, 25, 35, 50, 75, 100 mm olurken, eni 600 mm ve boyu 2000mm'dir [53, 60, 61].

Üretimi yaklaşık olarak 80 yıl önce başlayan ahşap yünü levhalar 70 yıldır Heraklith Baustoffe AG şirketi tarafından prefabrikasyon olarak üretilmekte ve önemli özellikleriyle tercih edilen bir ısı tutucu malzemedir [60].

Ağırlığı levha kalınlığına göre yaklaşık olarak 7.0 - 27,5 kg/m² arasında olan çimentolu ahşap talaşı levha hafif olarak nitelendirilen bir ısı tutucudur (Şekil 2.31).



Şekil 2.31 Çimentolu ahşap talaş levha [60,s 4].

Yüksek ısı tutuculuk değerine sahip olan bu levhaların ısı iletkenlik direnci 0,15 ile 1,11 m²K/W arasındadır. Ayrıca yangına dayanıklı bir malzemedir ve DIN 4102'e göre B1 (zor alev alan) sınıfında yer alır [60].

Boyutsal stabilite ve darbelere dayanımı özellikleri depolama kolaylığı ve stok esnasında hasar görmemesi yanında uygulandıktan sonra da uzun ömürlü ve sağlıklı bir ısı tutucu malzeme olmasını sağlar [60,61].

İnsan sağlığına aykırı hiçbir kimyasal madde bulundurmeyen doğal malzeme olan bu levhalar uygulandığında nefes alma özellikleriyle sağlıklı bir ortam yaratırlar.

Kendi kendini taşıyabilen stabil, sert bir malzeme olması nedeniyle kolay uygulanabilen ve fire vermeyen bir ısı tutucudur.

Bünyesinde küf, bakteri ve böcek barındırmaz. Çimentolu ahşap talaşlı kompozit yapıdaki bu ısı tutucu malzemenin bu özellikleri yanısıra diğer birçok ısı tutucudan ayrılan önemli özelliği pürüzlü yüzeyi sayesinde ek bir malzeme gerekmeden sıva tutabilmesi ve aynı zamanda iyi bir ses yutucu olmasıdır [60].

Isı iletkenlik direnci: 0,15 ile 1,11 m²K/W

Yangına dayanıklılık: B1 (zor alev alan) (DIN 4102)

Eğilme dayanımı: 0,4 - 1,7 N/mm²

% 10'luk basınç altında basınç dayanımı: 0,15- 0,20 N/mm²

Buhar diffüzyon direnci (μ) : 4-6

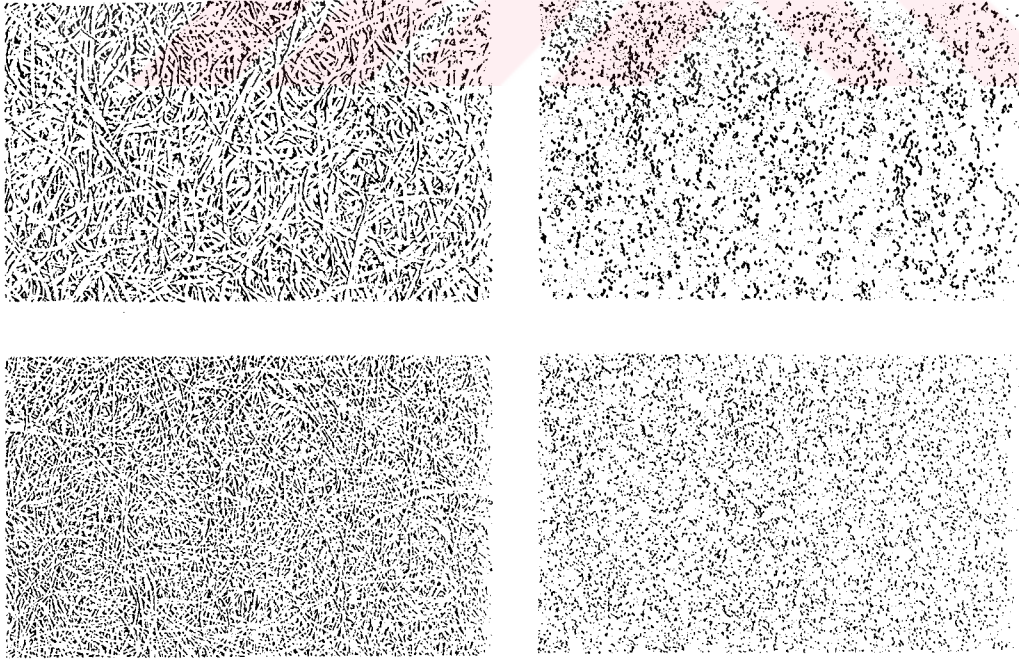
- **Manyezili çimento ahşap talaş levha:**

Manyezili çimentolu ahşap talaş levhalarda, çimentolu ahşap talaş levhalarda bulunan aynı ahşap talaşları ile magnezyum karbonatın (MgCO₃) 1000 °C üzerinde bir sıcaklıkta elde edilen Magnezyum Oksidin bağlayıcı madde olarak kullanılmasıyla üretilen levhalardır.

Çimentolu ahşap talaş levhalarda bulunan bütün özellikleri barındıran bu levhalar daha temiz görünümleri nedeniyle daha çok ses yalıtımında kullanılmaktadır. Manyezi çimentolu ahşap talaş levhalar kalın lifli üretilebildikleri gibi ince lifli ahşap talaşları ile de üretilmektedir.

Doğal haliyle açık sarı renkli olan bu levhalar iç mekanda akustik amaçla kullanılması takdirinde iyi bir görünüm sağlaması amacıyla renkli olarak da üretilmektedir.

Levha kalınlıkları 8, 15, 25, 35, 50, 75, 100 mm arasında üretilmektedir. Ebatları 8 mm'lik kalınlıktaki levhalar için 50x2000 mm iken diğer kalınlıklarda 60x2000 mm'dir (Şekil 2.32), [53, 61].



Şekil 2.32 Değişik lif kalınlıklarında üretilmiş manyezi çimentolu ahşap talaş levhalar [61].

- **Hafif agregalı betonlar:**

Hafif agregalı betonlar ile ilgili bilgiler 2.4.2.2.1.4 'da verilmiştir.

2.4.2.4.2.2 Polimer bağlayıcılı kompozit yapıdaki ısı tutucu malzemeler

Bağlayıcı maddesi polimerden oluşan liflerle donatılı kompozitlerdir.

- **Bakalitli camyünü:**

Esnek ve bükülebilir bir malzeme olan cam liflerini birbirine yapıştırarak malzemeye form vermek amacıyla bakalit reçinesi katılır. Bunun için cam yününe sıvı bakalit püskürtülür ve bakalitlenmiş malzeme etüvde kurutulur. Bakalit reçinesi cam yününün mukavemetini ve taşıyıcı özelliğini de artırır. Bu amaçla kullanılan bakalit Fenol-Formaldehit bakalitidir.

Bakalitsiz haliyle beyaz renkte olan camyünü bakalit katıldığında sarı rengi alır. Yapıda çok yönlü amaçlara hizmet eden bu malzemenin yoğunluğu $10-120 \text{ kg/m}^3$ arasındadır ve şekilleri yoğunluğuna göre rulo veya levha şeklinde olur.

Camyününe bakalit katıldığında bu ürün en fazla 250°C 'ye kadar kullanılır. Çünkü 250°C sıcaklıktan sonra bakalit yanmaya başlar ve koku çıkararak uçar, liflerin bağlayıcılığı yok olur.

Ayrıca su camyünündeki bakaliti çözdüğü için bakalitin lifleri birbirine yapıştırıcılık görevi sona erer, bunun sonucunda malzeme kalınlığında sünme (azalma) görülür [6, 20, 53].

2.4.2.4.3 Lamine kompozitler

Lamine kompozit yapıdaki ısı tutucular farklı özellikteki en az iki tabakanın üst üste getirilip, belirli bir sıcaklık ve basınç altında preslenerek yapıştırıcının polimerleşmesi ile sağlanır. Tabaka yönlerinin lif yönleri değişik şekilde bir araya getirilerek kompozit ısı tutucunun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri artırılır [53,s 72].

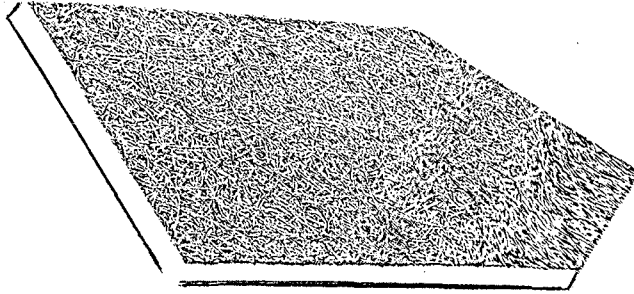
2.4.2.4.3.1 Sandviç kompozit yapıdaki ısı tutucu malzemeler

Yapısal performansı geliştirmek amacıyla iki yüksek yoğunlukta ince tabaka ve bunları ayıran kalın, düşük yoğunlukta ve daha az sert ve mukavemetli olan çekirdek malzemeden oluşan sandviç kompozitler ısı yalıtımında ısı tutucu malzeme olarak kullanılmaktadır. Sandviç kompozitlerin iki yüzeyi aynı malzeme ve kalınlıkta olanları simetrik sandviç olarak nitelendirilirken, her iki yüzeyi aynı malzemeden ve aynı kalınlıkta olmayanları asimetrik sandviç malzeme olarak nitelendirilmektedir [53,s 76-77].

- ***Simetrik sandviç kompozit yapıda ısı tutucu malzemeler:***

İki yüzeyi aynı malzeme ve kalınlıktaki sandviç kompozitlere simetrik sandviç kompozit adı verilmiştir [53,s 77].

İki yüzü manyezi çimentolu ahşap levha kaplı, ortası ekstrude rijit polistren köpük levha: 25, 35, 50, 75, 100 mm. kalınlıkta ve üç katmandan oluşan hafif ısı tutucu levhalardır. 1000 x 600 mm., 2000 x 600 mm. boyutlarında üretilmektedir. Ahşap talaş levhaların kalınlıkları 5 mm. olurken aradaki EPK'nın kalınlığı 15, 25, 40, 65, 90 mm. olmaktadır (Şekil 2.33).



Şekil 2.33 İki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha kaplı ortası ekstrude rijit polistren köpük levha [60,s 6].

Simetrik kompozit yapıdaki bu ısı tutucu levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıdaki gibidir:

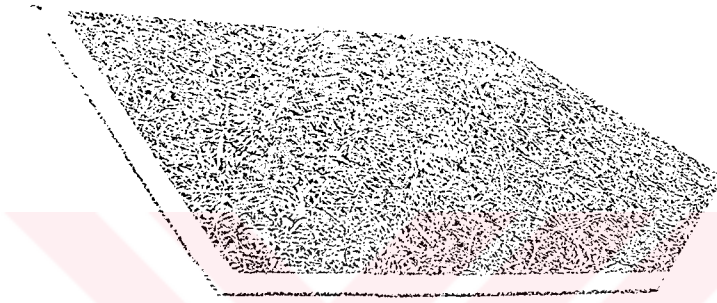
Ağırlık: 7.5 - 9.0 kg/m²

Isı direnci (R): 0.38 - 2.25 m² K/W

Eğilme dayanımı: 0.3 - 1.0 N/mm²

Buhar difüzyon direnc faktörü (μ): 50 [60,s 6].

İki yüzü manyezi çimentolu ahşap levha, ortası rijit poliüretan köpük levha: 35, 50, 75, 100 mm. kalınlıkta ve 1000 x 600, 2000 x 600 mm. boyutlarında simetrik sandviç yapıda ısı tutucu levhalardır. Ahşap talaş levha kalınlıkları 5mm. olurken, poliüretan köpük levhanın kalınlıkları 25, 40, 65, 90 mm. arasında değişmektedir (Şekil 2.34).



Şekil 2.34 İki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha kaplı, ortası rijit poliüretan köpük levha [60,s 8].

Bazı fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıda sıralandığı gibidir:

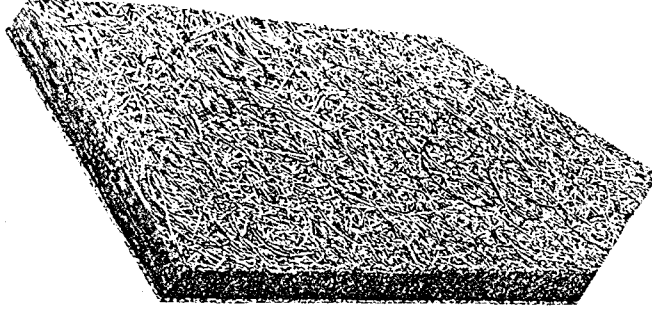
Ağırlık: 7.5 - 10.5 kg/m²

Isı direnci (R): 0.83 - 3.00 m² K/W

Eğilme dayanımı: 0.3 - 0.7 N/mm²

Buhar difüzyon direnç faktörü (μ): 40 [60]

İki yüzü manyezi çimentolu ahşap levha kaplı ortası taşıyıcı levha: 35, 50, 75, 100 mm. kalınlıkta ve 1000 x 600, 2000 x 600 mm boyutlarında üç katmanlı simetrik kompozit yapıda ısı tutucu levhalardır. Ahşap levha kalınlıkları 5 mm, aradaki taşıyıcı levhanın kalınlıkları ise 25, 40, 65, 90 mm. olmaktadır (Şekil 2.35).



Şekil 2.35 İki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha kaplı ortası taşıyıcı levha [60,s 11].

Bazı fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıda sıralandığı gibidir:

Ağırlık: 7.5 - 10.5 kg/m²

Isı direnci (R): 0.025 N/mm²

Eğilme dayanımı: 0.3 - 0.7 N/mm²

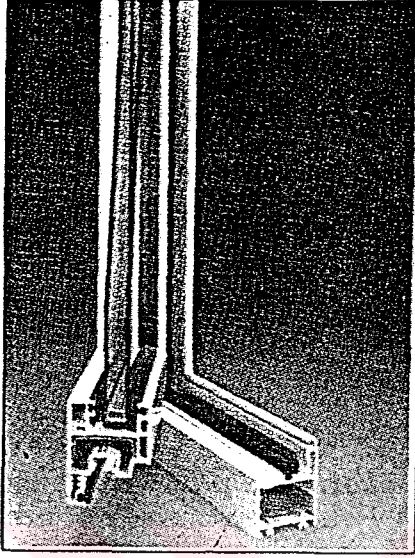
Buhar difuzyon direnç faktörü (μ): 40 [60,s 11].

Isıcam: Yapılarda en büyük ısı kaybı olduğu pencereler normal tek cam kullanıldığında çok düşük ısı yalıtımı sağlamaktadır. Fakat iki cam plağının arada bir kuru hava boşluğu bırakmak suretiyle metal bir ara çitası yardımıyla birleştirilmesinden meydana gelen ısıcam bu soruna büyük ölçüde çözüm olmaktadır. Aradaki hava boşluğu 6,9,12 mm. kalınlıklarda olabilmesine rağmen, yapılan deneyler optimum kalınlığın 12mm. olması gerektiğini göstermiştir. 12 mm. hava boşluklu, çift cam sistemli ısıcam pencerelerin ortalama ısı geçirgenlik katsayısı K=30 Kcal/m² saat °C'dir.

Isıcamı oluşturmak için, iki cam plağını birleştirme esnasında kullanılan özel yapıştırıcı ve elastik dolgu malzemesi, içerdeki havanın dış etkenlerden kesin şekilde yalıtılmasını sağlar. Ayrıca ara çitasının içinde nem çekiçi madde bulunduğundan ünitenin içerden buğulanması engellenmiş olur.

Isıcam güneş kontrol camları ile veya gizlilik ve desen istenen yerlerde emprime camlalarla birleştirilerek de imal edilmektedir.

Isıcam çift cam sistemli pencerelerin normal pencerelere kıyasla diğer bir avantajı da yüksek ses yalıtım kapasitesidir. Bu kapasite 12 mm. boşluklu ısıcam da 32 dB 'dir (Şekil 2.36), [6].



Şekil 2.36 Isıcam [62,s 66].

- **Asimetrik sandviç kompozit yapıdaki ısı tutucu malzemeler:**

Her iki yüzündeki kaplamaların aynı malzemeden ve aynı kalınlıkta olmaması durumundaki sandviç kompozitlere asimetrik sandviç kompozit adı verilmiştir [53,s 77].

Bir yüzü alçı plaka kaplı taşıyıcı / camyünü (Kalibel): Bir yüzü alçı plaka kaplı taşıyıcı veya camyünü arada alüminyum folyo bulunan sert bir levhadır. Arada bulunan alüminyum folyo malzemenin sonsuz buhar geçirgenlik direnci sağlarken, alçı plaka iç yüzeylerde uygulandığı için ayrıca sıva gerektirmemektedir. 120cm. x 270cm. ebatlarında üretildiği için duvarlara tavan yüksekliğinde uygulanabilmektedir. Malzemenin önemli bir özelliği ısı yalıtımını yanında ses ve yangın yalıtımı sağlamasıdır.

Fiziksel özellikleri aşağıda verilmektedir:

Isı iletkenlik değeri: 0.040 W/mK (0.034 kcal/mh °C)

Maksimum kullanma sıcaklığı: 700 °C

Yangın sınıfı: A1(yanmaz)

Buhar geçirmezlik direnci: ∞ (sonsuz) [63].

BÖLÜM 3

ISI TUTUCU MALZEMELERİN UYGULANMASI

Isı tutucu malzemenin fonksiyonunu tam yapabilmesi için, onun iyi bir ısı tutuculuk değeri taşıması, kendisiyle ilgili zorlanmalara dayanması yeterli sayılamaz. Söz konusu malzemenin yapı içindeki yerinin de çok uygun seçilmesi ve uygulamanın kusursuz olması şarttır. Birçok üretici firma malzemelerinin uygulama yöntemlerini içeren detay çizimleri, teknik bilgiler ve özgül problemlere çözümler vermektedir. Çoğu zaman, bu yöntemler araştırmaların ve yılların uygulama deneyimleri sonucu verilmesine rağmen, bazen bu önerilerin takip edilmesi halinde bile malzemenin sağlayacağı avantajda tam bir başarı sağlanamamaktadır [12, 22].

Bütün ısı tutucu malzemelerin uygulanmaları ile ilgili malzemenin uygulanacağı yere uygunluğu gibi kesin ve genel koşullar vardır. Isı tutucu malzeme çatılarda ve temellerde olduğu gibi çatı ve temel konstrüksiyonu oluşturulurken uygulanması gerekmediği takdirde, bina inşaatının bitimine doğru uygulanması daha yararlıdır.

Bunlara göre, ısı tutucu malzemelerin uygulanma yöntemleri biçimlerine, uygulanma yerlerine ve uygulanma şekillerine göre sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmalara göre yaygın olarak kullanılanların uygulama yöntemleri açıklanmıştır [22].

3.1 LEVHA ISI TUTUCU MALZEMELERİN UYGULANMASI

Levha ısı tutucu malzemeler yatay veya düşey yapı elemanları ile iyi bir konstrüksiyon oluşturabilecek yeterli rijitliğe sahip malzemelerdir. Fakat bu malzemelerin yatay yapı elemanlarında uygulanmalarında önemli bir konu olan noktasal ve yayılı yüklere kendi başlarına ya da ek konstrüktif önlem ile dayanım göstermeleri gerekliliği düşey yapı elemanlarında söz konusu olmamaktadır. Bu

nedenle, yatay yapı elemanlarında uygulanacak levha ısı tutucu malzemelerin bu yüklere mukavemetli olmaları gereklidir.

Levha ısı tutucu malzemelerin yatay yapı elemanlarında uygulanması ile düşey yapı elemanlarında uygulanması aralarındaki diğer farklar ise; malzemenin tesbit sorunudur. Yatay yapı elemanlarında tesbit konusu önemli bir sorun olmadığı halde düşey yapı elemanlarında malzemelerin tesbiti önem kazanmakta ve değişik yöntemler kullanılmaktadır. Ayrıca yatay ya da yataya yakın yapı elemanlarında malzemenin uygulanmasında, su ve nemden korunması düşey yapı elemanlarında uygulanmasından daha önemlidir. Bu yüzden, levha ısı tutucu malzemelerin uygulanmaları yatay ve düşey yapı elemanlarında uygulanması farklıdır [10].

Levha ısı tutucu malzemelerin uygulanmasına; mantar levha, yumuşak ahşap lif levha, oluklu mukavva, turb levhalar, yosun lifi levhalar, cam köpüğü, polistiren levha, çimentolu / manyezi çimentolu ahşap talaş levhalar girmektedir.

3.1.1 Yatay Yapı Elemanlarında Uygulama

Yatay ve yataya yakın (eğimli çatı döşemeleri) döşemelerde ısı tutucu malzemeler uygulanır. Bu döşemeler üstü açık teras çatı döşemeleri ve altı açık zemin döşemeleri olmaktadır. Katlar arasındaki döşemelerde ısı tutucu malzemeye gereksinim yoktur.

Bu döşemelerde noktasal ve yayılı yükler olduğu için kullanılan ısı tutucu levhaların bu yüklere yeterince dayanıklı olmaları gerekir. Bu yüklere yeterince mukavemeti olmayan levhalar döşendikten sonra, 4-5 cm kalınlığında çimento şap ile korunması ve yükün malzemeye yayılması sağlanır [10].

3.1.1.1 Cam köpüğü levhaların uygulanması

Cam köpüğü sahip olduğu fiziksel özellikleri ile çok etkili ve dayanıklı ısı yalıtımı sayesinde yeni binalarda ve onarım çalışmalarında tercih edilen bir malzemedir.

Yalıtımın etkili olabilmesi ve yalıtım yeteneğini sürdürebilmesi için yalıtım malzemesinin kuru kalması şarttır. Çünkü su, göreceli olarak ısı iletme özelliğine sahiptir. Eğer su veya nem, yalıtım malzemesinin içine geçerse malzemenin yalıtım

yeteneği azalır. Ayrıca sıcaklık düştüğünde su buharının yoğuşma ile nem oluşturması yalıtım malzemesinin özelliklerini bozar. Cam köpüğü yapısı itibariyle kesinlikle su ve su buharı geçirmediğinden diğer açık gözenekli yalıtım malzemeleri gibi, bu sorunu engellemek için bir buhar kesici ve dengeleyici yoktur.

Cam köpüğü, diğer bir farklı özelliği olan rijitlik ile de döşeme ve duvar gibi yüzeylerde bitüm ya da kendi özel yapıştırıcıları (bitüm kökenli) ile yapıştırılabilir. Metal korozyonuna yol açmadığı için ankraj elemanları ile tesbit edilebilir.

Cam köpüğü yapı elemanlarında kullanılmasıyla birlikte tekstil, kağıt hamuru, kağıt üretimi gibi ıslak üretim gerektiren yapılar ile soğuk hava depoları gibi nem ve ısı problemlerinin olduğu uygulama alanlarında da yaygın bir şekilde ve güvenle kullanılmaktadır [33].

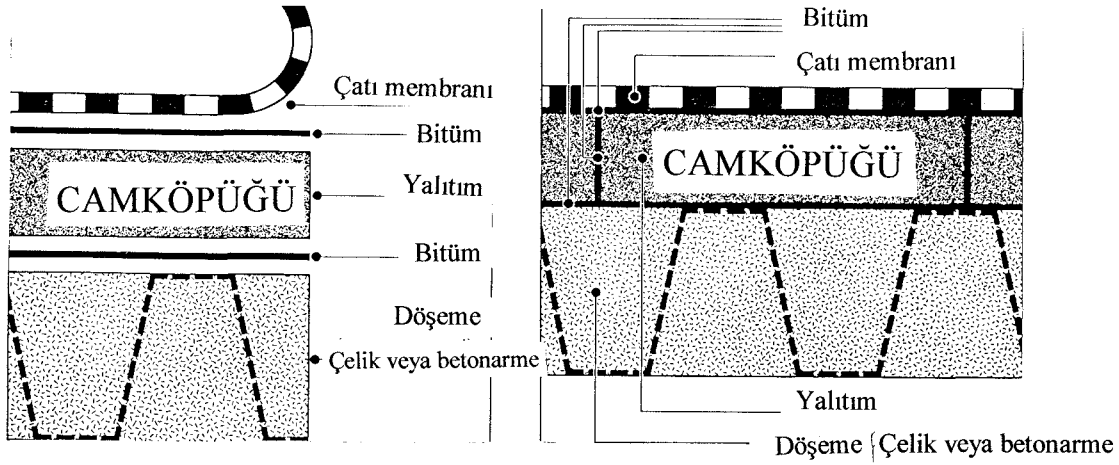
3.1.1.1.1 Çatılarda cam köpüğü levhaların uygulanması

Yapıda cam köpüğü uygulamalarının yapıldığı önemli bir bölüm de bina kabuğunu oluşturan çatı döşemeleridir. Cam köpüğünün çatıda uygulamaları teras çatılardan(kullanılabilir teras çatılar, otopark çatılar, bahçe çatılar), ahşap, çelik veya yitong döşemeli çatılar ve eğimli çatılar olmak üzere geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Cam köpüğünün farklı malzemelerden oluşan çatı döşemelerinde uygulanabilmesi için özel katmanlara gereksinim duyulmaktadır. Bu gereksinim cam köpüğü levhaların iyi yapışabileceği düzgün yüzeylerin elde edilme ihtiyaçından kaynaklanmaktadır [33].

• Teras Çatılarda Cam Köpüğü Uygulamaları:

Teras çatılarda camköpüğü uygulamalarında iki yöntem vardır. Bunlardan biri kompakt çatı sistemidir. Kompakt çatı sisteminde, geleneksel çatı inşaatında, yalıtım malzemesinin su buharı geçirme özelliği nedeniyle sistemin altına serilmesi gereken nem kesici malzemenin gerekmemesidir (Şekil 3.1). Bütün katmanlar sıcak bitüm ile yapıştırılırlar. Cam köpüğünün üzerine su geçirmez membranlar iyice yapıştırılır ve böylelikle çatı su ve su buharına karşı geçirimsiz olur [33, 38].



Şekil 3.1 Cam köpüğü ile kompakt çatı sisteminin uygulanması [38].

Çatının eğimi ya taşıyıcı döşeme ile ya da taşıyıcı döşeme üzerine yapılan eğim şapı ile sağlanabilir. Kondansasyon riskinin artmaması için eğim şapı ısı yalıtımı sağlayan perlit, bims gibi hafif agrega içermemelidir. Çimento harcı bu iş için tercih edilebilir. Ayrıca dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise çatı yüzeyinin düzgün ve kuru olmasıdır.

Bütün yüzey tiplerinde (beton, alçı, beton prekast çatı plağı, trapezoidal çelik profiller ya da ahşap kirişleme üzerine tahta kaplama) cam köpüğü levhalar aynı kalınlıkta ve aynı şekilde uygulanırlar. 45 mm kalınlıkta cam köpüğü levhaların bütün yüzeyi sıcak bitüme batırılarak (Şekil 3.2), ya da levhanın yapışacağı yüzeye bitüm sürülerek uygulanabilir (Şekil 3.3).

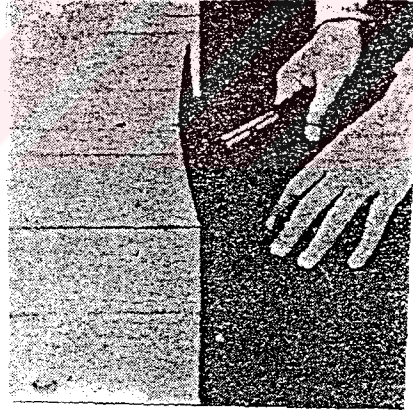


Şekil 3.2 Cam köpüğü levhaların sıcak bitüme batırılması [38].

Ahşap çatılarda kereste neme ve ateşe karşı duyarlı bir malzeme olduğu için camköpüğü levhalar kereste ile çatı diyagramı arasında yangına ve neme karşı iyi bir bariyer olur. Fakat ahşap döşemesi olan çatılarda camköpüğü levhalar yapıştırılmadan önce ahşap kaplama üzerine bitümlü keçe çakılır (Şekil 3.4).

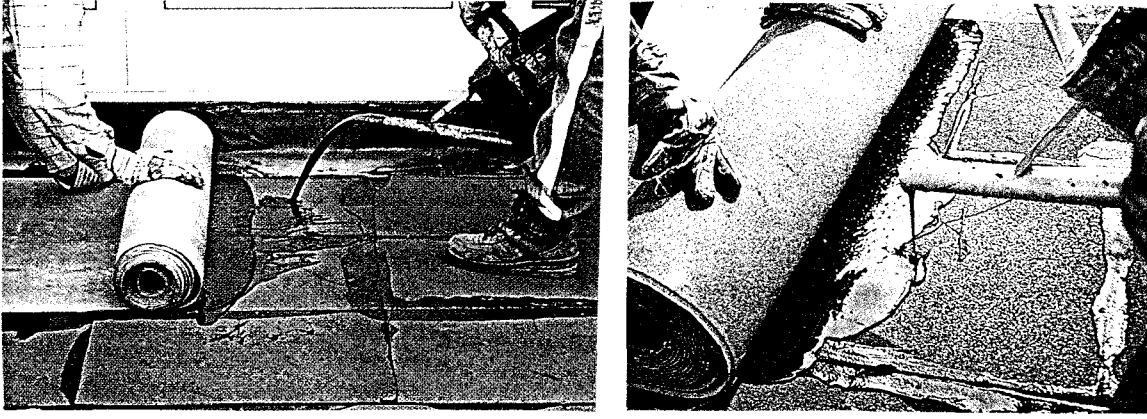


Şekil 3.3 Cam köpüğü levhaların yapıştırılması [38].



Şekil 3.4 Ahşap kaplama üzerine bitümlü keçe çakılması [33,s 53].

Bitişkelerin şaşırtılması dikkat edilmesi gereken bir husustur. Camköpüğü levhalar çatı döşemesine yapıştırıldıktan sonra levhaların üzerine sıcak bitüm dökülerek, çatı membranı serilir (Şekil 3.5). İkinci çatı membranının serilmesi ile işlem tamamlanır(Şekil 3.6).



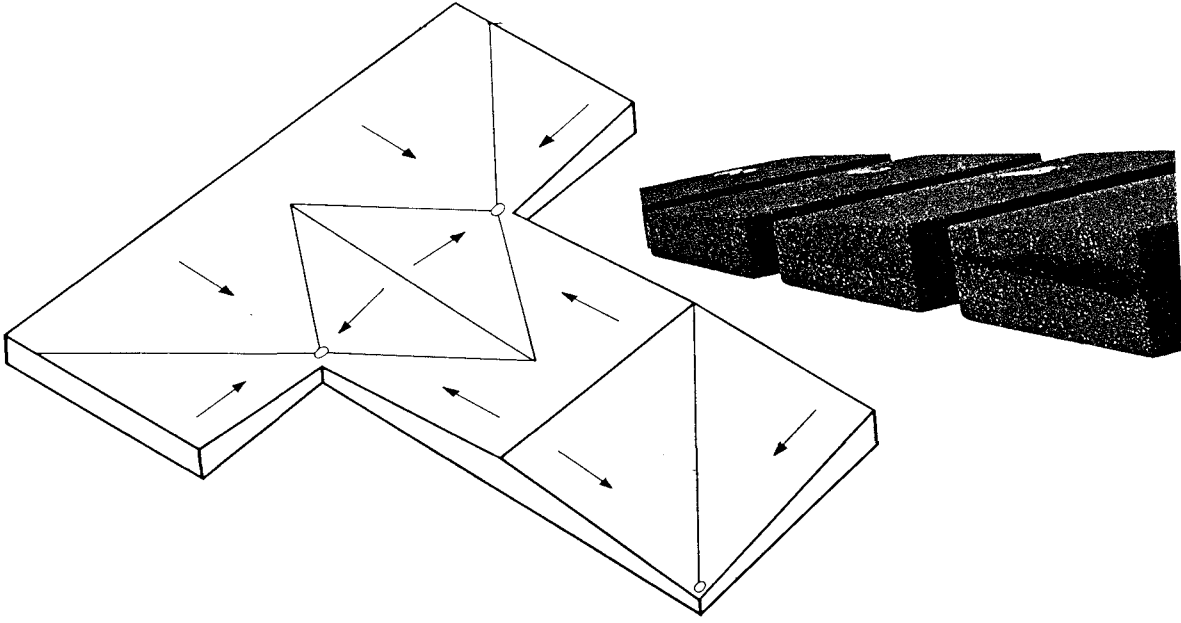
Şekil 3.5 Sıcak bitüm dökülerek çatı membranının ilk katının serilmesi [38].



Şekil 3.6 Çatı membranının ikinci katının serilmesi [38].

Diğer bir çatı sistemi ise düz çatılarda uygulanan meyilli çatı sistemidir. Düz çatıda suyun göllenmesi çatı kaplamasında hasara neden olarak ömrünü kısaltır. Bu nedenle yağmur suyunun kanalizasyonla akıp gitmesini sağlamak için döşemeye eğim vermek gerekir. Özellikle döşemesi beton olan çatılarda bu eğimi vermek çatının yükünü artırır. Cam köpüğü ile yapılan meyilli (tapered foamglas) çatı sistemi bu eğim zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır (Şekil 3.7).

Üzerinde gezilmeyen çatı türlerinde camköpüğünün üzerine su yalıtım katmanları ve koruyucu çakıl serilmesi ile işlem tamamlanır. Taşıt ve insan sirkülasyonunun olduğu çatılarda ise su yalıtım katmanının üzerine 0,2mm kalınlıkta iki kat polietilen folyo serilir ve koruyucu ve yük yayıcı beton dökülür. Son kat olarak da asfalt dökülür.



Şekil 3.7 Kendinden eğimli özel cam köpüğü çatı levhaları [38].

Sadece insan trafiğinin olduğu çatılarda su yalıtım membranının üzerine koruyucu beton ve üstüne çimento harcı döküldükten sonra anolu rijit bir plak uygulanması iyi ve yeterli bir çözümdür. Bahçe çatı uygulamalarında ise camköpüğü levha üzerine su yalıtım membranı serildikten sonra kök koruyucu tabaka uygulanır. Koruyucu beton döküldükten sonra drenaj çakıl ve filtre(toprak bariyeri) uygulandıktan sonra toprak konur.

Cam köpüğü kapalı, gözenekli ve buhar geçirmeyen bir malzeme olduğu için bu tür uygulamalarda emülsyon ve solüsyon bitümler(soğuk bitümler) kullanılmamalıdır. Çünkü emülsyon bitümdeki su ve solüsyon bitümdeki eritici madde buharlaşıp çıkamaz [33].

- **Eğimli çatılarda cam köpüğü uygulamaları:**

Taşıyıcı konstrüksiyonu, betonarme plak, ahşap kirişleme üzerine tahta kaplama, ytong çatı plağı v.b. olan eğimli çatılarda cam köpüğü uygulamalarında yalıtım katmanı örtü malzemesine ve taşıyıcı çatı konstrüksiyonuna göre değişir. Eğimli betonarme çatılarda cam köpüğü levhalar diğer teras çatılarda uygulandığı gibi sıcak bitüm ile yapıştırılırlar. Örtü malzemesi eğer bitümlü radyasyon korumalı çatı örtüsü ise cam köpüğünün üzerine direkt olarak yapıştırılır (Şekil 3.8).

Örtü malzemesi olarak kiremit veya kiremit gibi parçalı malzemeler kullanılıyorsa, eğimli taşıyıcı çatı döşemesi üzerine camköpüğü levhaların boyutlarına

göre ahşap latalar tespit edilerek, aralarına camköpüğü levhalar sıcak bitümle yapıştırılırlar. Kiremit için gerekli çıtalar ise bu lataların üzerine eğime dik olarak tesbit edilir.



Şekil 3.8 Eğimli çatılarda cam köpüğü uygulanması [38].

Bu sistemin diğer bir uygulaması ise eğimli çatı yüzeyinin üzerine tüm yüzeyi kaplayacak şekilde cam köpüğü levha yapıştırılarak, kiremit için gerekli lata ve çıtaların camköpüğü levhanın üzerine tesbit edilmesidir.

Ahşap kirişleme üzerine yapılacak cam köpüğü uygulamalarında ise ahşap konstrüksiyonlu teras çatılarda da olduğu gibi cam köpüğü levha uygulanmadan önce bitümlü keçe serilmesi gereklidir [33].

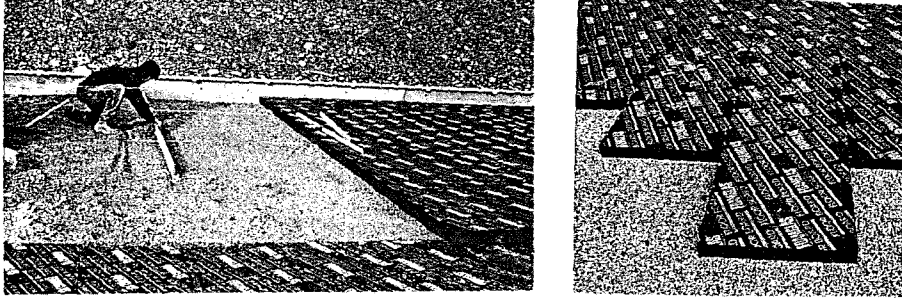
3.1.1.1.2 Döşemelerde cam köpüğü uygulamaları

Cam köpüğü 70 ile 160 t/m² arasındaki yük altında deformasyon göstermediği için döşeme yalıtımında; stabile kum üzerine, yerden ısıtma ile birlikte, radye temellerin altında veya üstünde, çatı arası döşemelerinde ve zemin döşemelerinde kullanılmak için ideal bir yalıtım malzemesidir. Zemin döşemelerinde cam köpüğü uygulamalarında toprağın nemlilik derecesine göre iki ayrı teknik kullanılmaktadır.

1. Cam köpüğü levhaların iyi hazırlanmış döşeme üzerine kuru olarak uygulanması (Şekil 3.9).

2. Cam köpüğü döşemelerin sıcak bitüm ile uygulanması (Şekil 3.10).

Cam köpüğü levhalar sıcak bitüm ile döşeme altına veya zemin döşemelerine uygulanır. Bir bitümlü kaplama uygulandıktan sonra iki kat polietilen tabaka uygulanır. Bunun üzerine döşeme donatısı yerleştirilir.



Şekil 3.9 İnce çakıl tabakası üzerine cam köpüğü uygulanması [38].



Şekil 3.10 Cam köpüğü levhaların sıcak bitümle döşemelerde uygulanması [38].

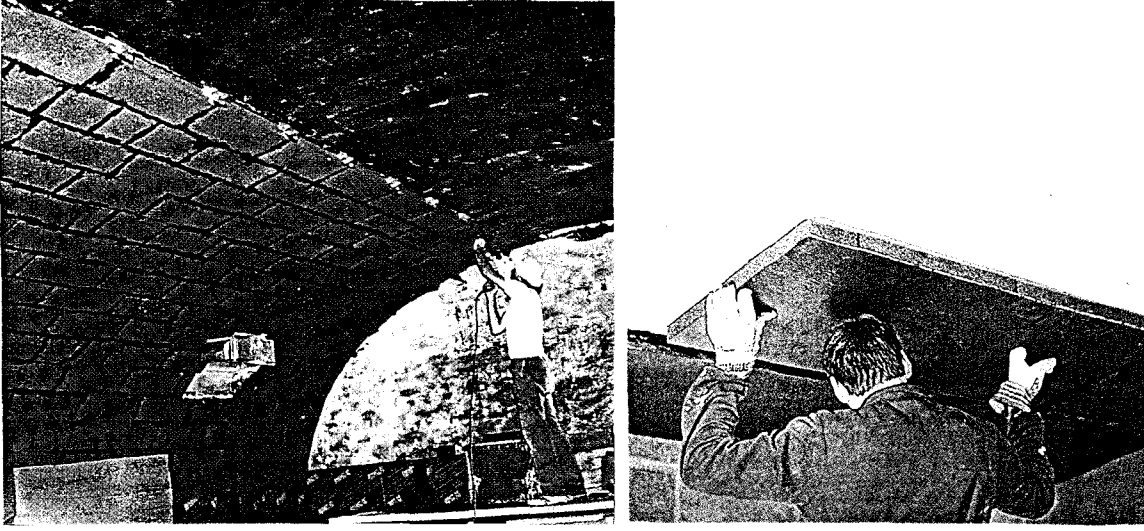
3.1.1.1.3 Tavanlarda cam köpüğü levhaların uygulanması

Cam köpüğü levhaların tavanlarda uygulanması; mevcut betonarme tavanlar ile yeni dökülecek betonarme döşeme tavanları için farklıdır.

Mevcut betonarme tavanlarda camköpüğü levhalar, eğer yüzey kuru, düzgün, toz ve kirden arınmış ise tavana yapıştırılacak yüzeye ve komşu iki kenara yapıştırıcı sürülerek tavana bastırılarak yapıştırılır (Şekil 3.11).

Dübel ile betonarme tavana tesbit edilmiş özel ankraj elemanlarına batırılma yoluyla yerleştirilen cam köpüğü levhalar ise daha sağlıklı bir uygulama olur. Daha sonra cam köpüğü levhalar içine cam yada plastik yerleştirilen özel bir macun tabakası

veya vinil emilsiyonu uygulaması ile bitirilebilirler. Ayrıca alçı levha kaplaması da yapılabilir (Şekil 3.12).

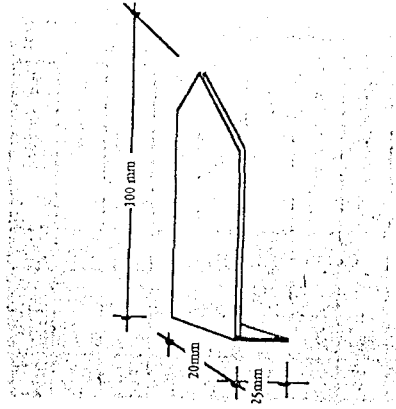


Şekil 3.11 Mevcut betonarme tavanlarda cam köpüğü uygulaması [38].

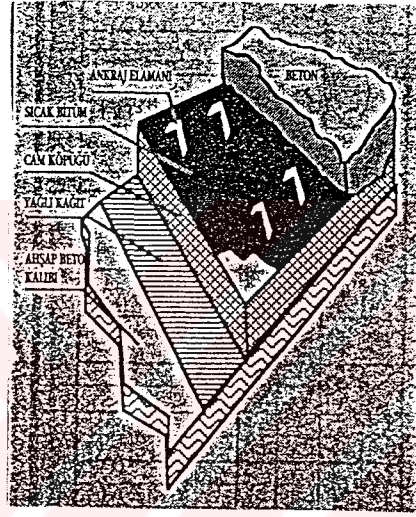


Şekil 3.12 Cam köpüğü levha uygulanmış tavanlarda alçı levha kaplamasının uygulanması [38].

İnşaat sırasında yeni dökülecek betonarme tavanlarında, betonarme döşeme kalıplarına yağlı kağıt serilerek sonradan camköpüğü levhaların üzerine dökülecek sıcak bitümün kalıba yapışması engellenir. Camköpüğü levhaların betona bağlanmasını sağlamak için, beton dökülmeden önce özel ankraj elemanları (Şekil 3.13), cam köpüğü levhaların yüzeyine 45° eğimle saplanır ve betonarme demirleri de döşenerek beton dökülür. Betonun priz almasıyla kalıp alınır ve ısı yalıtımıyla beraber yapılan betonarme döşeme yüzeyi ortaya çıkar (Şekil 3.14).



Şekil 3.13 Beton ile cam köpüğünü bağlayan özel ankraj elemanı [33].



Şekil 3.14 Yeni dökülecek betonarme döşeme ile birlikte cam köpüğü uygulaması [33].

3.1.1.2 Ekstrude polistren köpük levha

Ekstrude polistren köpük levhalar, yatay yapı elemanlarında, teras ve eğimli çatılarda ve döşemelerde uygulanırlar.

3.1.1.2.1 Çatılarda ekstrude polistren köpük levha uygulaması

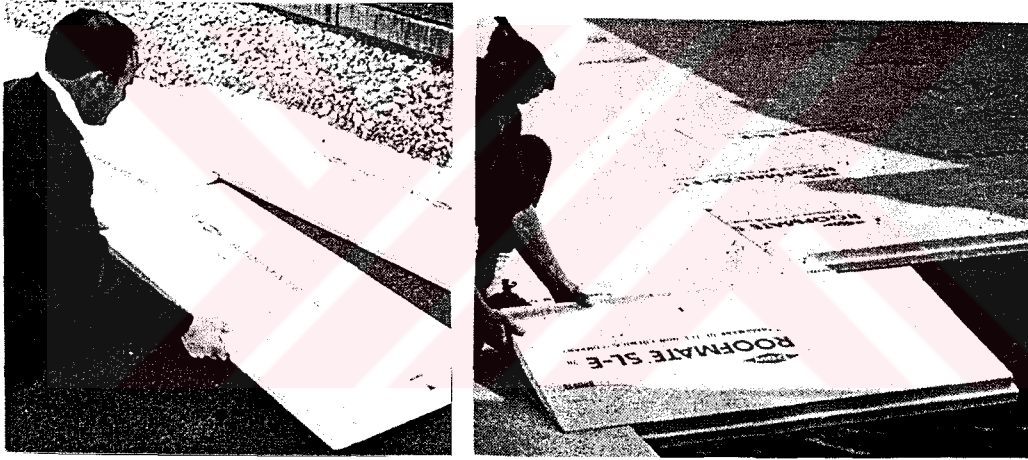
Isı kayıplarında önemli bir yere sahip olan çatılarda, ekstrude polistren köpüklerin uygulama alanları teras çatılardan (kullanılan teras çatılar, otopark çatılar, bahçe çatılar) ve eğimli çatılara kadar geniş bir alanı kapsar.

- ***Teras çatılarda ekstrude polistren köpük levha uygulaması:***

Ekstrude polistren köpük levha ile teras çatı uygulamalarında, levhalar ince kesitlerde normal çatı trafiğini karşılayacak yeterli yapısal dayanıklılığa sahip olmalıdır. Ayrıca çatı döşemesindeki eğrilikleri (dalgaları) kapatabilmelidir [41,s 178].

Gezilebilen, gezilmeyen ve bahçe tipi düz çatılarda genellikle ters çatı yalıtım sistemi uygulanmaktadır. Ters çatı sistemi su yalıtımının ısı yalıtımının altına uygulanmasıdır.

Levhalar uygulanmadan önce, su yalıtımı için meyil betonu, süzgeç ve üzerine su yalıtım uygulaması yapılır. Bundan sonra ise sızdırmazlık ve drenaj testi yapılır. Su yalıtımının üzerine levhalar şaşırtmalı ve rüzgarlı havalarda levhaların uçmaması için levha kenarlarının birbiri üzerine tam olarak oturmasına dikkat edilir (Şekil 3.15), [42].



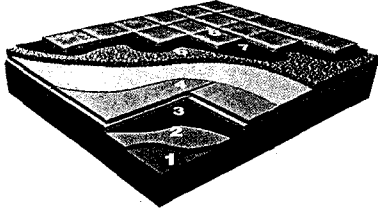
Şekil 3.15 Teras çatılarda ekstrude polistren köpük levha uygulaması [42].

Levhaların üzerine filtre tabakası (keçe, jeotekstil) serilerek üzerine örtülecek çakıl tabakasının su ile levha derzlerinden aşağıya inmesi önlenir.

Gezilmeyen çatılarda keçe üzerine min. 5cm kalınlığında çakıl ($\emptyset$ 16-32mm) serilmesi, gezilen çatılarda ise filtre tabakasının üzerine ince çakıl ve harçlı veya harçsız karo yerleştirilmesi ile işlem tamamlanır.

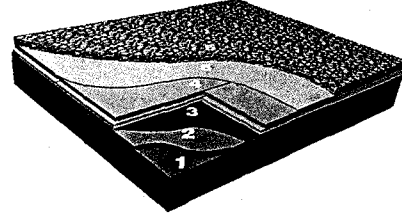
Çakıl kullanmadan plastik takozlar yardımıyla karolar yerleştirilebilir. Ayrıca çakıl serilmesi üzerine karo yerleştirmenin yanı sıra dökme mozaik veya şap gibi kaplamalar yapılabilir. Yalnız kaplama tabakasının buhar hareketlerine olanak vermesi gerekir.

Bahçe çatılarda ise çakıl tabakası üzerine bitki köklerini koruyucu bir filtre tabakası serilmelidir. Uygun bir bitki toprağı serilmesi ile bahçe çatı uygulaması tamamlanır. Ayrıca drenaj için kullanılacak süzgeçlerin tüm katmanlardan suyu alacak, ve suyun hızlı şekilde uzaklaştırılmasını sağlayacak adette yerleştirilmeleri gerekir (Şekil 3.16).



- 1.Döşeme betonu
- 2.Meyil betonu
- 3.Su yalıtım örtüsü
- 4.EPK
- 5.Ayırıcı tabaka(keçe,jeoteksil)
- 6.Çakıl (ø4-8mm., min. 2cm)
- 7.Harç
- 8.Karo kaplama

Gezilebilen çatı



- 1.Döşeme betonu
- 2.Meyil betonu
- 3.Su yalıtım örtüsü
- 4.EPK
- 5.Ayırıcı tabaka(keçe, jeoteksil)
- 6.Çakıl(ø16-32mm.,min.5cm)

Gezilmeyen çatı

Şekil 3.16 Teras çatılarda ekstrude polistren köpük uygulama kesiti [42].

- **Eğimli çatılarda extrude polistren köpük uygulaması:**

Geleneksel çatı sistemlerinde uygulanan çatı arası döşemeye ısı yalıtımının serilerek kullanılması veya mertek arası ısı yalıtımının çatı tahtasına tutularak uygulanmasının yanısıra polistren köpük levhalarla yapılan örten yalıtım sistemi bu sistemlere alternatif olarak geliştirilmiştir. Bu sistemde önemli olan, geleneksel sistemlerde mertek üzerine çakılan çatı tahtasını ortadan kaldırmaktır. Bu yöntemde çatı arası kullanılan veya kullanılmayan bütün çatılarda uygulanabilmektedir.

Örten yalıtım sisteminde; aşık ve mertek kesitleri hesaplandıktan sonra, mertekler 4 cm kalınlığında polistren köpük levha kullanılacaksa 40 cm, 5 cm kalınlığında kullanılacaksa 50 cm, 6 cm kalınlığında kullanılacaksa 60 cm aks aralığı ile döşenir. Mertekler döşendikten sonralevhalar(60 cm × 300 cm) merteklere dik şekilde yerleştirilir ve geçici olarak çivi ile tutturulur.

Buhar geçirgenlik direnci düşük bir su yalıtım membranının aşağıdan yukarıya doğru birbiri üzerine bindirilerek döşenmesinden sonra baskı çıtaları ile polistren köpük levhaları merteklerin üzerine gelecek şekilde başlıklı çiviler yardımıyla sabitlenmesi işlemi tamamlanır. Daha sonra her kiremit sırası için bir kiremit çıtası baskı çıtalarına dik şekilde tesbit edilir. Kiremitler ise bu kiremit çıtalarına tutturulur (Şekil 3.17), [42].

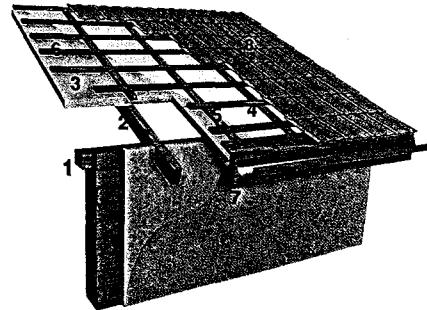


Şekil 3.17 Ekstrude polistren köpük levhaların eğimli çatılarda uygulanması [42].

Shingle tipi kaplamaların uygulanmasında, bu malzemelere ek olarak baskı çıtaları üzerine su kontrplağı, sunta v.b levhaların yerleştirilir. Kaplamalar bu levhaların üzerine tesbit edilir.

Bu uygulama sırasında dikkat edilmesi gereken bir husus ise, polistren köpük levhalar ile çıtaların birlikte çakılarak ilerlenmesi ve uygulayıcıların çıtaların üzerinde fazla dolaşmamasına özen gösterilmesidir (Şekil 3.18).

- 1.Yastık
- 2.Mertek
- 3.Extrude polistren köpük levha
- 4.Su yalıtım örtüsü
- 5.Baskı çıtası
- 6.Kiremit tesbit çıtası
- 7.Alın tahtası
- 8.Çatı kaplama örtüsü(kiremit, shingle)



Şekil 3.18 Eğimli çatılarda polistren köpük levha uygulama kesiti [42].

3.1.1.2.2 Döşemelerde ekstrude polistren köpük levha uygulaması

Polistren köpük levhalar yüksek basınç dayanımı sayesinde döşemelerde; zemine oturan döşemeler, ahşap döşemelerden ağır yük taşıyan otopark, soğuk hava deposu, endüstri tesisleri döşemeleri gibi geniş bir kulanıma sahiptir. Ayrıca yerden ısıtma sistemlerinde ve temel uygulamalarında da rahatlıkla kullanılır.

Zemine oturan, ahşap döşemelerde ve yerden ısıtma sistemi uygulanacak döşemelerde ilk önce levhalar döşeme betonu üzerine doğrudan döşenir. Eğer üzerine harçlı bir döşeme kaplaması uygulanacaksa, levhaların üzerine ayırıcı tabaka olarak polietilen folyo serilir ve istenirse ince bir şap tabakası atılır. Bunun üzerine harçlı kaplama uygulanır. Halı, PVC, ahşap parke uygulanacaksa şap üzerine yapıştırma için yapıştırıcı sürülür veya latalı tesbit yapılır [42].

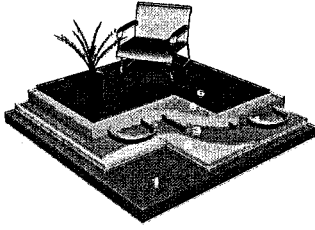
Yerden ısıtma yapılan döşemeler polietilen folyonun üzerine ısıtma-tesisat boruları plastik ayaklar ile yerleştirilerek uygun kalınlıkta şap dökülür. Burada dikkat edilmesi gereken husus, ısıtma borularının bu şap kalınlığının ortasında kalmasıdır. Daha sonra istenilen kaplama türü yapılarak işlem tamamlanır(Şekil 3.19), (Şekil 3.20).



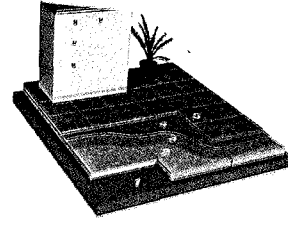
Şekil 3.19 Yerden ısıtma yapılan döşemelerde polistren köpük levha üzerine polietilen folyo serilmesi ve tesisat borularının yerleştirilmesi [42].

Otopark, soğuk depo ve endüstriyel tesislerin döşemelerinde ise, diğer döşemelerde olduğu gibi polistren köpük levhalar grobeton veya döşeme betonu üzerine şaşırtmalı olarak yerleştirilir. Otopark olarak kullanılacak teras çatı döşemelerinde ters çatı detayı uygulanıyorsa, gezilebilen ters teras çatı detayı

yapıldıktan sonra çakıl tabakası üzerine bir kat keçe serilir. Daha sonra donatılı döşeme betonu dökülür veya kilitli parke taşı uygulaması yapılır.



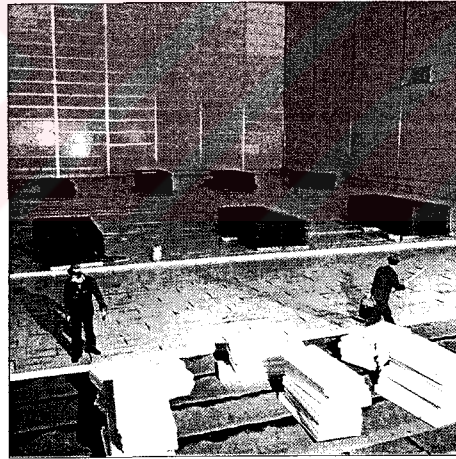
- 1.Döşeme betonu
- 2.EPK
- 3.Ayırıcı tabaka (polietilen folyo)
- 4.Isıtma boruları
- 5.Şap
- 6.Döşeme kaplama malzemesi(parke v.b)



- 1.Döşeme betonu
- 2.EPK
- 3.Ayırıcı tabaka (polietilen folyo)
- 4.Harç
- 5.Döşeme kaplaması veya şap tab.

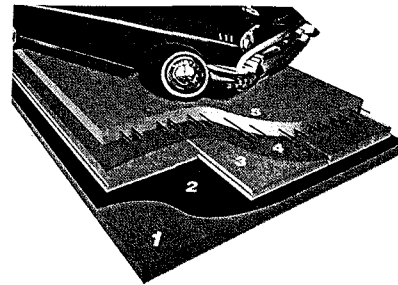
Şekil 3.20 Döşemelerde polistren köpük levha uygulama kesiti [42].

Toprak zemine oturan döşemelerde ise su yalıtımı yapıldıktan sonra ayırıcı tabaka üzerine donatılı döşeme betonu dökülür (Şekil 3.21), (Şekil 3.22).



Resim 3.21 Otopark amaçlı kullanılacak döşemelerde ekstrude polistren köpük levha uygulaması [42].

- 1.Döşeme betonu veya grobeton
- 2.Su yalıtımı
- 3.Ekstrude polistren köpük levha
- 4.Ayırıcı tabaka polietilen folyo
- 5.Donatılı taşıyıcı betonu



Şekil 3.22 Otopark amaçlı kullanılan döşemelerde ekstrude polistren köpük uygulama kesiti.[42].

3.1.1.3 Taşyünü levhaların yatay yapı elemanlarında uygulanması

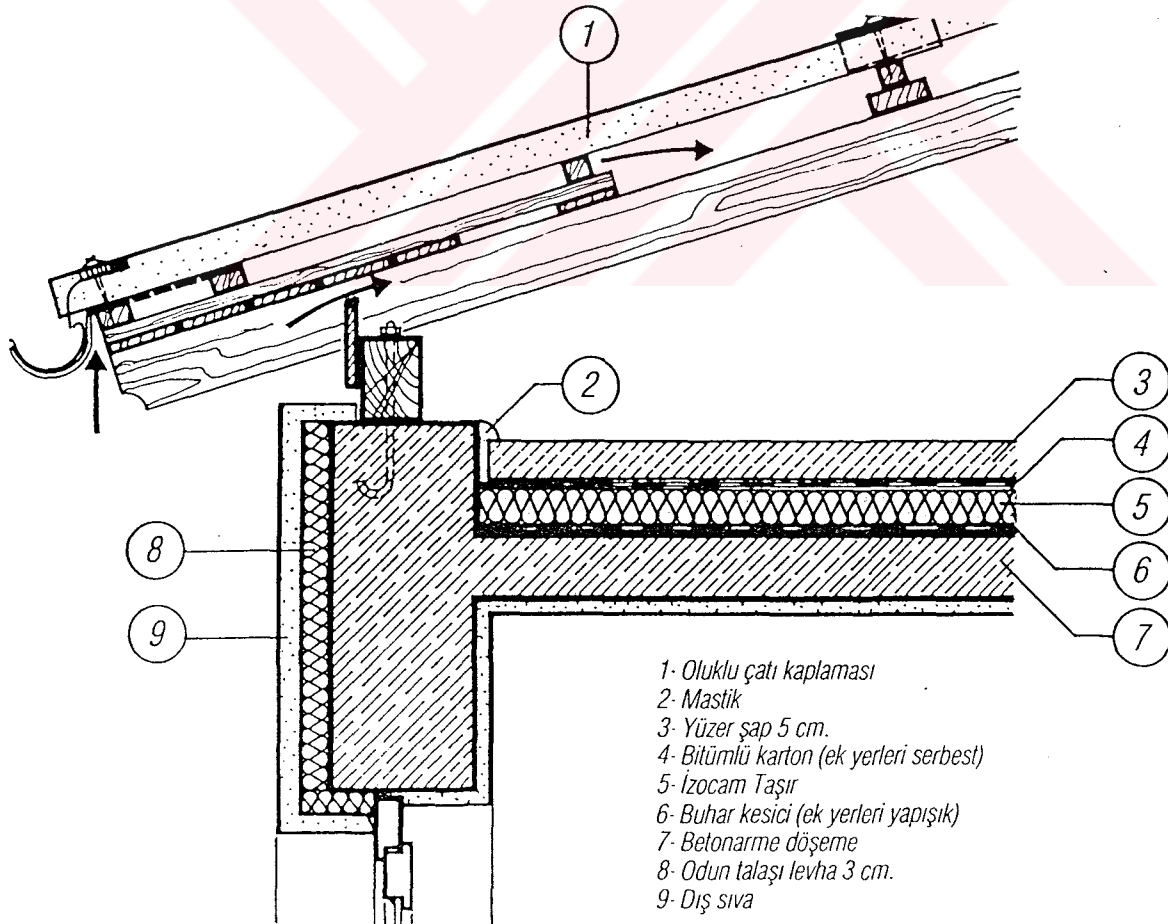
Taşyünü levhalar teras çatıların ısı yalıtımında uygulanmaktadır.

3.1.1.3.1 Çatılarda taşyünü levhaların uygulanması

Çatılarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılan taş yünü levhalar, yüksek yoğunlukta, özel kalın elyafı, taşıma gücü yüksek ve bir yüzü özel bitüm emdirilmiş cam tülü kaplı levhalardır.

- **Taşyünü levhaların eğimli çatılarda uygulanması:**

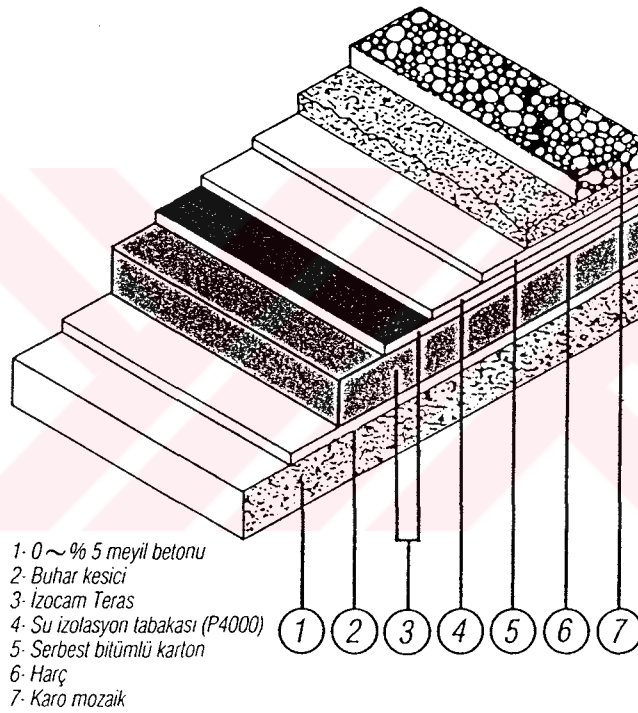
Taşyünü levhalar eğimli çatıların altındaki döşemelere aralıksız şekilde döşenir. Gezilebilen soğuk çatılarda uygulanan bu levhaların üzerine nem kesici ve en az 5 cm. kalınlığında yüzer şap uygulaması yapılır. Aşağıda taşyünü levhaların gezilebilen soğuk çatıda uygulama detayı verilmektedir (Şekil 3.23), [64].



Şekil 3.23 Gezilebilen soğuk çatıda taşyünü levhaların uygulanma detayı [64].

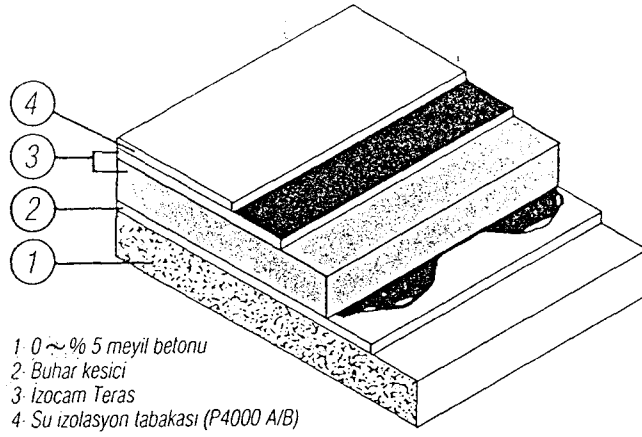
- **Taşıyünü levhaların teras çatılarda uygulanması:**

Taşıyünü levhalar gezilen ve gezilmeyen her iki teras çatıda kullanılmaktadır. Gezilen teras çatılarda meyil betonu üzerine buhar kesici serilmeden önce buhar dengeleyici tabaka uygulanır. Buhar dengeleyici, buhar kesici tabakayı mekanik gerilmelerden koruduğu ve yer yer oluşacak buhar basıncının dağılmasını sağladığı için uygulanması gereklidir. Bu tabakalar uygulandıktan sonra camyünü levhalar serbest olarak döşenir. Levhaların üzerine su izolasyon tabakası şalümo alevi ile yapıştırılır. Ayırıcı olarak bitümlü karton serbest olarak yayıldıktan sonra, üzerine harç ve karo mozaik uygulanır (Şekil 3.24).



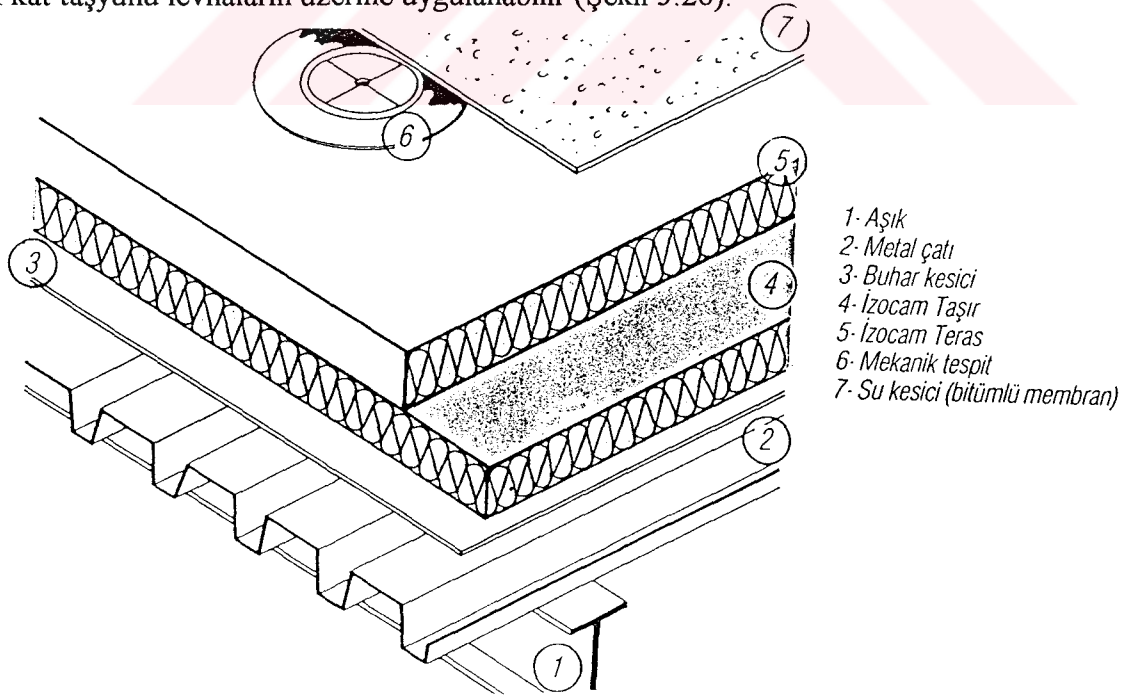
Şekil 3.24 Gezilen beton veya gazbeton çatı plağı olan teras çatıda taşıyünü levhaların uygulanması [65].

Gezilmeyen beton veya gazbeton çatı plağı üzerine uygulanacak camyünü levhalardan önce buhar dengeleyici ve buhar kesici şilteler yapıştırılarak yayılır. Bunun üzerine levhalar bitümle noktalama usülü yapıştırılarak uygulanır. Su izolasyon tabakası yine şalümo alevi ile yapıştırılır ve 4 cm. kalınlığında çakıl döşenir (Şekil 3.25).



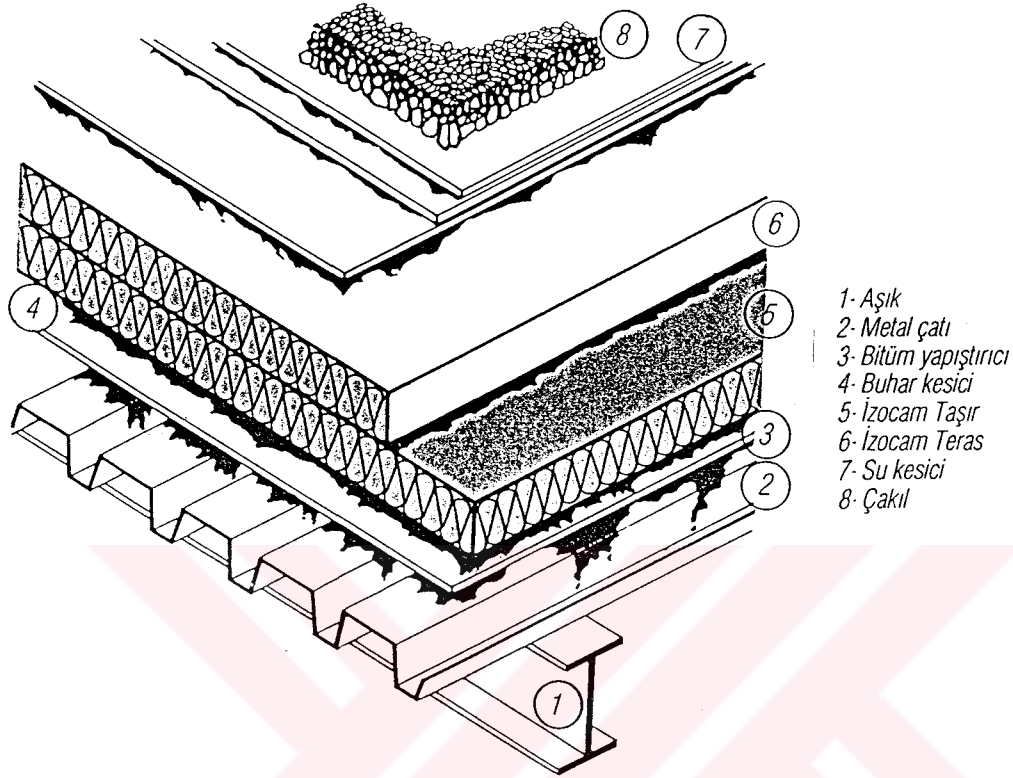
Şekil 3.25 Üzerinde gezilmeyen teras çatılarda taşıyıcı levha uygulaması[65].

Metal taşıyıcı çatı plağı olan gezilmeyen teras çatılarda, metal taşıyıcı çatı kaplaması üzerine taşıyıcı levhalar metal bağlantı elemanları yardımı ile tespit edilir. Bu levhaların üzerine ikinci kat taşıyıcı levhalar şaşırtmalı olarak yine aynı şekilde tespit edilir. Bunun üzerine su izolasyon tabakası şalümo alevi ile yapıştırılır. Eğer tek kat taşıyıcı levhaların uygulanması ısı yalıtımı için yeterli ise su izolasyon tabakası tek kat taşıyıcı levhaların üzerine uygulanabilir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 Metal taşıyıcı çatı plağı olan gezilmeyen teras çatılarda taşıyıcı levhaların uygulanması [64, 65].

Metal taşıyıcı üzerine camyünü levhalar mekanik tesbit ile uygulanabildiği gibi sıcak bitüm yapıştırıcı ile de uygulanmaktadır. Aşağıda bu uygulamanın detayı verilmektedir (Şekil 3.27).



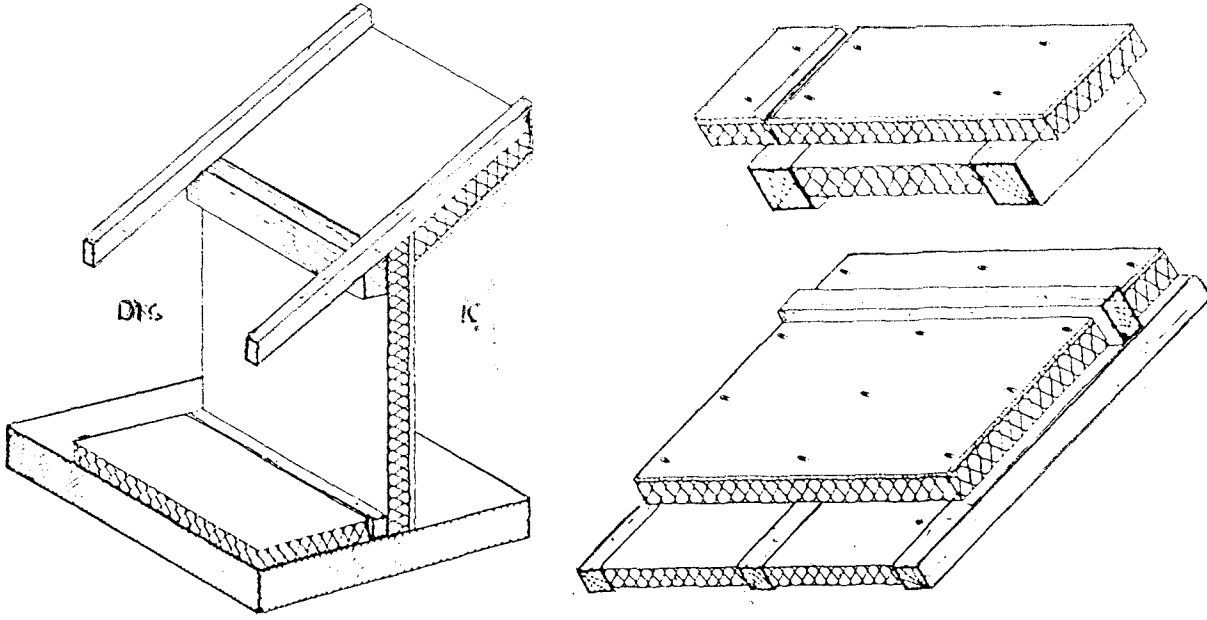
Şekil 3.27 Taşyünü levhaların sıcak bitüm yapıştırıcı ile uygulanması [64].

3.1.1.4 Bir yüzü alçı kaplamalı cam yünü / taş yünü levhalar

Bir yüzü alçı kaplama camyünü / taşyünü levhalar beton veya tuğla dış duvarların iç yüzeyinde ve ısıtılan ve gezilen soğuk çatıların eğimli çatı yüzeylerinde ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır [63,s 54].

3.1.1.4.1 Çatılarda alçı kaplamalı camyünü / taşyünü levhaların uygulanması

Sandviç kompozit yapıdaki ısı tutucu bu levhalar çatı mertek konstrüksiyonunun muntazam olmaması halinde her merteğe paslanmaz vida ile tesbit edilir (Şekil 3.28). Vida arası 30 cm. ve asgari 8 adet/m² olur. Levhanın ek yerleri bantlanarak özel dolgu alçısı ile kapatılır.



Şekil 3.28 Bir yüzü alçı plaka kaplı taşıyıcı/camyünlü levhaların mertek altından uygulanması [64].

Montaj sırasında levhaların düşey birleşiminin daima mertek ekseninde olmasına, yatay birleşiminde bir ahşap lata üzerinde olmasına dikkat edilir.

1,20 m yüksekliğe kadar çatı eteğinde levhalar 40x40 mm latalara vidalanmak suretiyle geçilirken, 1,20 m'den yüksek eteklerde levhayı sandviç olarak iki yüzde kullanmak gerekir [66].

3.1.2 Düşey Yapı Elemanlarında Uygulama

Levha ısı tutucu malzemeler düşey yapı elemanı olarak, genelde binaların duvarlarında uygulanırlar. Bu uygulama bina kabuğunu oluşturan duvarların iç tarafına olabildiği gibi dış tarafına veya iki duvar arasına da olabilmektedir. Isı tutucu malzemenin iç veya dış duvara uygulanması mekanların ısıtma sürelerine bağlıdır. Kısa süreli ısıtma uygulanması gereken mekanlarda ısı tutucunun duvarın iç tarafına, uzun süreli ısıtma uygulanmasında ise duvarın dış tarafına konulması gerekir.

Levha malzemelerin düşey yapı elemanlarında uygulanmaları farklı tesbit seçenekleri doğurmaktadır. Çünkü levhaların duvarlara iyi ve doğru tesbit edilmesi önemlidir. Buna bağlı olarak ısı tutucu levhalar duvarlara aşağıda sıralanacak şekillerde tesbit edilirler [10].

- Döküm malzemesine yapışanlar (adere olanlar)
- Bir yapıştırıcı ile tesbit edilenler
- Özel tesbit malzemeleri ile tesbit edilenler
- Bir ızgara sistemi ile tesbit edilenler

3.1.2.1 Döküm malzemesine yapışanlar

Isı tutucu malzemeler kalıp içine yerleştirilerek dökülen betona çok iyi yapışır. Açıkta kalan diğer yüz ise sıvanabilir. Bu uygulamada ısı tutucu malzeme duvarın iç yüzüne yapıştırılabildiği gibi duvarın dış yüzeyine de yapıştırılır. Ahşap talaş levha, iki yüzü ahşap talaş levha ortası stropor olan sandviç kompozit ısı tutucular bu uygulamaya uygun malzemeler olmalarına rağmen, her ısı tutucu malzeme bu özelliğe sahip değildir [10].

3.1.2.2 Bir yapıştırıcı ile tesbit edilenler

Bazı ısı tutucu levhalar duvar yüzeylerine çimento harcı veya bitüm gibi yapıştırıcılar ile yapıştırılmaktadırlar. Bu gruptaki ısı tutucular; ahşap talaş levha, cam köpüğü, alçı köpüğü, çimentolu stropor, perlitli pişmiş levhalar ve bazı kompozit türleri gibi başlıca malzemelerdir [10].

3.1.2.2.1 Cam köpüğü levhaların uygulanması

Cam köpüğü levhalar, beton ya da tuğla çift tabakalı ve tek tabakalı duvarlarda uygulanırlar.

3.1.2.2.1.1 Duvarlarda Cam Köpüğü Uygulamaları

Cam köpüğü çift tabakalı boşluklu duvarlar arasında, tek tabakalı duvarlarda içten veya dıştan uygulanan ısı yalıtımlarda, temel duvarlarında, cephe kaplama panolarının altında ve giydirme cephelerin altında ısı yalıtımı olarak kullanılmaktadır.

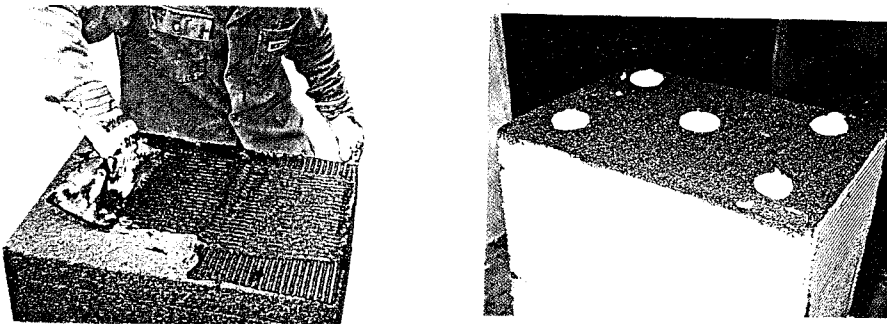
- **Beton ya da tuğla çift tabakalı duvarlar:**

Boşluklu duvarlar olarak da bilinen çift tabakalı duvarlarda cam köpüğü levhalar yapıştırma yöntemiyle iki duvar arasına yerleştirilir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Cam köpüğü levhaların boşluklu duvarlarda uygulanması [35].

Cam köpüğü levhalar tuğla duvarlarda, levhanın en az kenarlarına yakın dört noktasına, düzgün beton yüzeylerde ise levhanın tüm yüzeyine bitüm sürülerek iç duvarın dış kısmına yapıştırılması tercih edilmektedir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30 Cam köpüğü levhaların yapıştırılması [33].

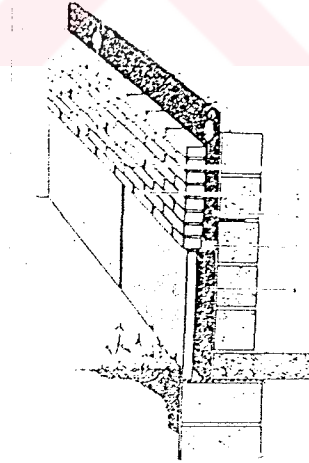
Cam köpüğü levhalar arasındaki derzlerin geçirimsiz olabilmesi için derzlere 3 mm kalınlıkta bitüm sürülmesi ve levhaların duvara iyice yapışabilmesi için levhalara bir miktar basınç uygulanır.

Tabakalı duvarlarda cam köpüğü uygulamalarında önemli bir nokta ise, iç duvarın örülürken, iç duvarı sonradan örülecek dış duvara bağlayacak metal kenetlerin bulunduğu noktalarda, cam köpüğünün delinerek duvara yapıştırılır (Şekil 3.31). Dolayısıyla metal kenetlerin cam köpüğünü deldiği kesitlerin geçirimsizliğini sağlamak için özel yapıştırıcılarla doldurulur. Bundan sonra dış duvar örülmesine başlanır. Fakat dış duvar örülürken dış duvar iç yüzeyi ile cam köpüğü arasında 10-15 mm'lik bir aralık bırakılır ve duvarın alt yüzeyindeki yoğunlaşma suyunun dışarı atılmasına yarayacak delikler açılır (Şekil 3.32).



Şekil 3.31 Çift tabakalı duvarları birbirine bağlayan metal kenetlerin yerleştirilmesi [35].

1. Kum (Bitümlü keçe üzerinde)
- 2-3. Açık derz
4. Cam köpüğü
5. Metal kenet



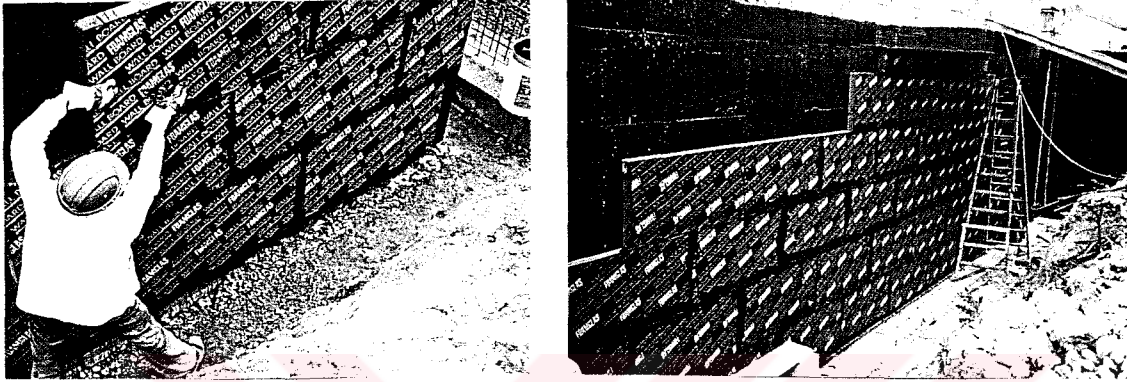
Şekil 3.32 Çift tabakalı duvarlarda cam köpüğü uygulama detayı [33].

- **Beton ya da tuğla tek tabakalı duvarlar:**

Tek tabakalı ısı yalıtımı uygulamalarında yalıtım ya dıştan ya da içten uygulanabilir. Cam köpüğü ile ısı yalıtımı yapılacak duvarın şekülünde, düzgün ve

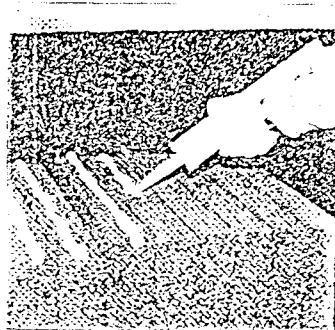
olduğunca pürüzsüz olması gerekmektedir. Dolayısıyla eğer düzgün bir duvar örgüsü veya duvar yüzeyi yok ise, duvarın normal bir çimento ile sıvanıp düzgünlüğü sağlanmaktadır.

Cam köpüğü çift tabaklı duvarlarda olduğu gibi yapıştırıcı sürülerek uygulanır. Fakat yapışmanın daha iyi olabilmesi için duvar yüzü soğuk bitüm ile (emülsiyon veya solüsyon) astarlanmalı ve astarın kuruması beklenmelidir (Şekil 3.33), [33].



Şekil 3.33 Tek tabakalı duvarların cam köpüğü levha uygulanmadan önce astarlanması [35].

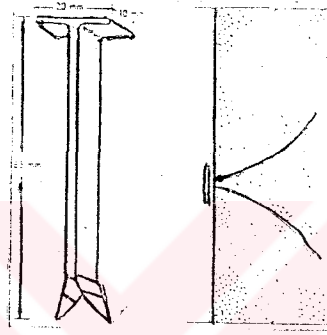
Daha sonra cam köpüğü levhaların bir yüzeyi sıcaklığı 165°C 'yi geçmeyen sıcak bitüme batırılarak astarlanmış yüzeye yapıştırılır. Yanyana gelen levhalar arasındaki derzler yine aynı sıcak bitüm ile doldurulur. Yeraltı ve bodrum katı duvarları gibi olağanüstü nem koşullarının söz konusu olduğu hallerde cam köpüğü levhalar arasındaki derzler 10mm kalınlıkta mastik ile doldurulmalı ve 2 mm'lik aralık kalıncaya kadar bastırılmalıdır (Şekil 3.34).



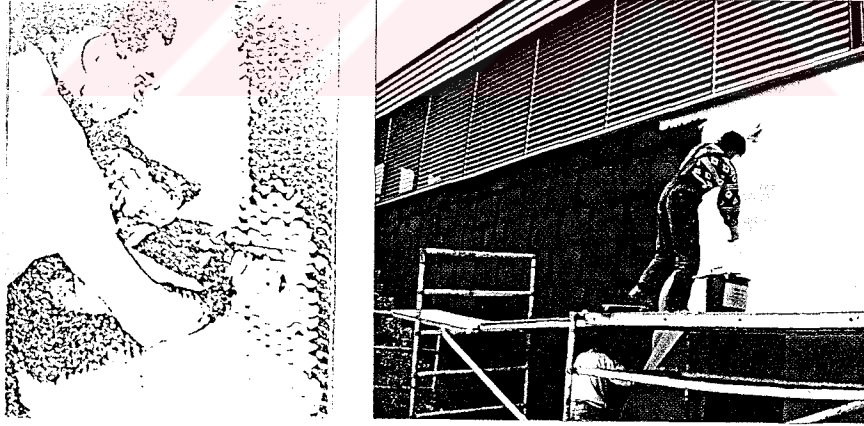
Şekil 3.34 Derzlerin mastik ile doldurulması [33].

Ayrıca ağır kaplamaların (doğal taş, dekoratif beton gibi) yapıldığı duvarlarda yağmur suyunun aralardan girip cam köpüğüne zarar vermemesi için kaplama ankrajlarının etrafı tecrit macunu ile doldurulmaktadır.

Cam köpüğü levhalar duvara tesbit edildikten sonra sıva uygulaması yapılabilmesi için cam köpüğü yüzeyine önce asfalt emülsyonu sürülür. Daha sonra özel metal kancalarla cam köpüğü levhaların üzerine sıva teli tesbit edilir (Şekil 3.35). 12 mm kalınlığında alçı ya da kireçli bir çimento sıva yapılarak işlem tamamlanır (Şekil 3.36).



Şekil 3.35 Sıva teli tesbiti için kullanılan metal kanca.



Şekil 3.36 Cam köpüğü levhaların üzerine sıva uygulaması [33, 35].

Diğer bir yüzey bitirme yöntemi ise duvarlarda yapıldığı gibi tavanlarda da uygulanabilen beyaz renkli vinil emülsiyonu uygulamasıdır. Uygulama fırça ya da pistole ile yapılır (Şekil 3.37).



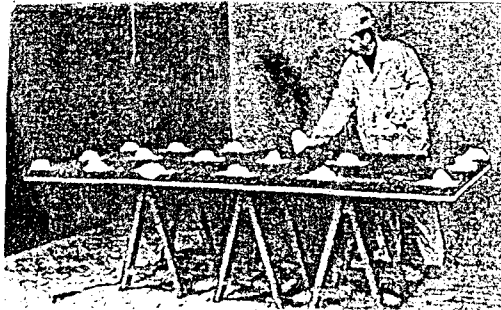
Şekil 3.37 Cam köpüğü levha üzerine fırça ile sıva uygulaması [35].

3.1.2.2.1.2 Bir yüzü alçı plaka kaplı camyünü / taşıyünü levhaların uygulanması

Kompozit bu levhalar düşey yapı elemanı olan duvarlarda bir yapıştırıcı ile tesbit edilir. Dış duvarların yanı sıra iç bölme duvarlarında, merdiven ve asansör boşluklarının esas yalıtımında ve ahşap karkas yapıların iç giydirilmesinde de kullanılan bir malzemedir. Konutlarda, ticari yapılarda, okullarda ve sanayide geniş bir uygulama alanına sahiptir [63].

- **Beton ya da tuğla duvarlarda uygulanması:**

Beton veya tuğla dış duvarların iç yüzeyinde ısı ve ses yalıtımı sağlamak amacı ile kullanılan bu ısı tutucu levhalar uygulanmadan önce duvar temizlenerek hazırlanır. Levhalar döşemeden 10 mm, tavandan 5 mm mesafe bırakılarak alınan ölçüye göre kesilir. Özel alçı yapıştırma harcı 15-20 dk. çalışma ile macun haline getirilir. Levhanın camyünü veya taşıyünü yüzeyine m^2 'ye 8-9 topak ($3-5 \text{ kg/m}^2$) gelecek şekilde yapıştırıcı uygulandıktan sonra levhalar kaldırılarak duvar dibinde döşeme üzerine önceden yerleştirilen 10 mm'lik ahşap kamalar üzerine oturtulur (Şekil 3.38). Daha sonra duvara yerleştirilen levhalar, lastik bir çekiç ve mastar ile vurularak teraziye alınır(Şekil 3.39).



Şekil 3.38 Levhaların üzerine alçı yapıştırma harcının uygulanması [63].



Şekil 3.39 Levhaların duvara yapıştırılması [63].

Teraziye alınan levhaların duvara iyice yapışması için levhalar bir süre desteklendikten ve yapıştırıcı prizini aldıktan sonra, levhaların birleşme çizgisi ve levha-tavan birleşme çizgisi özel bandaj ve özel alçı ile kapatılır. Keskin köşe ve kenarlar, metal veya plastik köşebentler ile takviye edildikten sonra, zemin şapı dökülmeden önce takozlar alınır. Levhaların üzerine isteğe göre macun ve boya işlemi yapılabilir [63,s 54].

3.1.2.2.1.3 Çimentolu / manyezi çimentolu ahşap talaş levhaların bir yapıştırıcı ile uygulanması

Ahşap talaş levhalar dübellenebildikleri gibi, yapıştırılarak da düşey yapı elemanlarında uygulanırlar. 1 m² levhada 15 adet yapıştırma noktasına harç konarak duvara yapıştırılır. Ayrıca yapıştırmanın daha iyi olabilmesi için 6 noktadan yeterli boyda çivi ile tesbit edilir [10].

3.1.2.3 Özel tesbit malzemeleri ile tesbit edilenler

Isı tutucu levhalar bir yapıştırıcı ile yapıştırılabilirler, geniş başlı çivilerle çivilenebilecek nitelikteki duvarlara tesbit edilirler. Bu ısı tutucuların dışta kalan yüzleri önce astar ile astarlandıktan sonra, üzerine plastik bir dokuma aynı astar ile yapıştırılarak plastik kökenli dış cephe sıvaları uygulanır [10].

3.1.2.3.1 Polistren levha

Polistren köpük levhalar beton veya tuğla tek tabakalı veya çift tabakalı duvarlarda uygulanmaktadır.

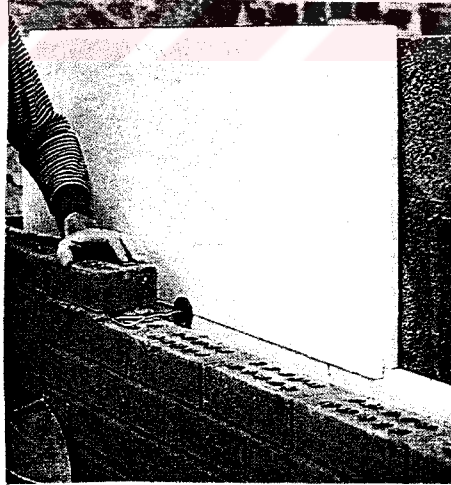
3.1.2.3.1.1 Duvarlarda ekstrude polistren köpük uygulamaları

Ekstrude polistren köpük levhalar binaların duvar, kolon, ve kirişlerinde; içten veya dıştan, sandviç duvarlarda; boşluklu veya boşluksuz duvarlarda iç veya dış duvara yapıştırılarak, giydirme cephelerde; panellerin altına mekanik tesbit ile uygulanmaktadır.

- ***Beton ya da tuğla çift tabakalı duvarlarda ekstrude polistren köpük levhaların uygulanması:***

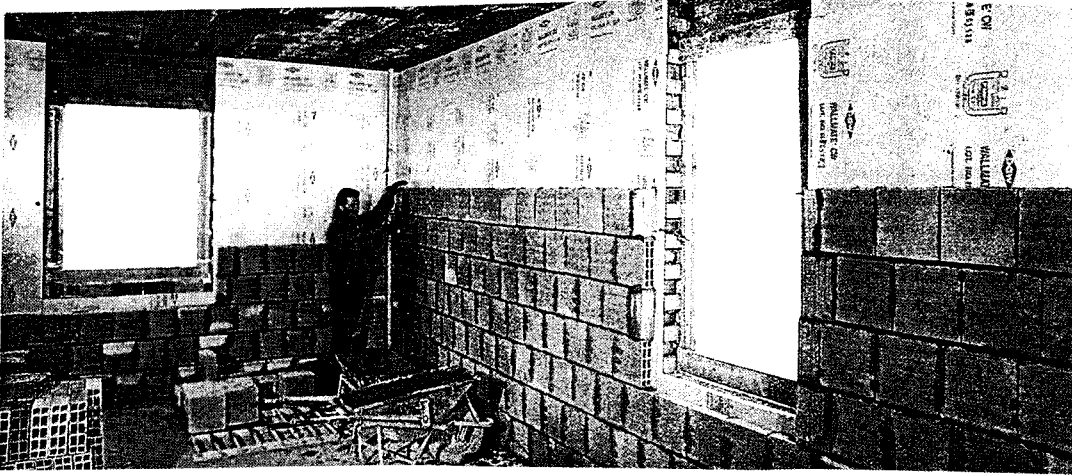
Sandviç duvarlar olarak da bilinen beton ya da çift tabakalı duvarlar, boşluklu veya boşluksuz olabilirler.

Boşluklu sandviç duvar uygulamasında; levhalar iç taraftaki duvar yüzeyine genellikle portland çimento harcı veya bazı mineral çimento gibi uygun yapıştırıcılarla yapıştırılır ve boşluk dış duvar ile levhalar arasında bırakılır (Şekil 3.40), [42].



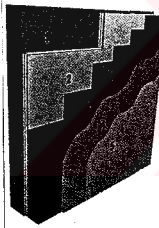
Şekil 3.40 Boşluklu sandviç duvarda ekstrude polistren köpük levha uygulaması [42].

Boşluksuz sandviç duvarlarda ise, levhalar buhar geçirgenlik direnci düşük olan dış duvara yapıştırılır ve iç duvar boşluk bırakmaksızın örülür (Şekil 3.41).



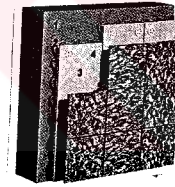
Şekil 3.41 Boşluksuz sandviç duvarlarda ekstrude polistren köpük levha uygulaması [42].

Mekanik tesbit sistemleri ile yapılan doğal veya yapay taş cephe kaplamalı, boyalı metal kaplamalı v.b, giydirme cephe sistemlerinde, polistren köpük levha duvara yapıştırıldıktan sonra, dübel ve mekanik tesbit yapılmalıdır. Cephe kaplamalarının mekanik tesbit ile kendini taşıması gereklidir (Şekil 3.42).



Sandviç duvar uygulaması

- 1.Dış duvar
- 2.EPK
- 3.İç duvar
- 4.Sıva
- 5.İç cephe boyası



Giydirme cephe uygulaması

- 1.Duvar
- 2.Yapıştırma harcı
- 3.EPK
- 4.Dübel
- 5.Mekanik tesbit
- 6.Cephe kaplaması (granit v.b)

Şekil 3.42 Sandviç duvar ve giydirme cephe uygulama kesitleri [42].

- **Beton ya da tuğla tek tabakalı duvarlar:**

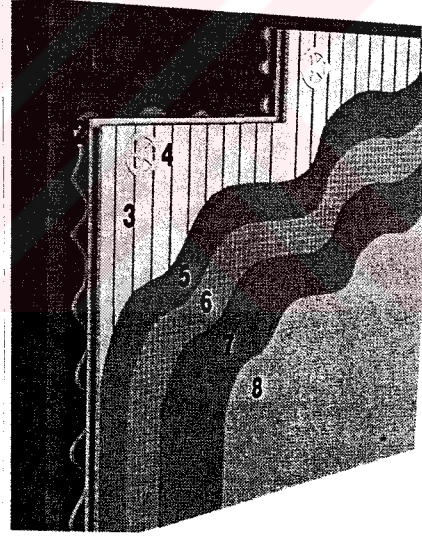
Tek tabakalı duvarların EPK ile ısı yalıtımı içten veya dıştan olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Levhalar duvar örüldükten sonra içerden veya dıştan portland çimentosu yardımıyla yapıştırılarak ve/veya dübellenerek uygulanırlar. Levhalar sıva tutuculuğunu artırmak için, yüzeyleri pürüzlü olarak üretilmektedirler.

Dıştan ekstrude polistren köpük levha ile ısı yalıtımı uygulamalarında pürüzlü yüzeye ilave olarak levhaların her iki yüzeyinde boyu yönünde 5cm aralıkla 5×5 mm'lik oluklar açılmıştır.

Dıştan yapıştırma işlemi yapılmadan önce, eğer duvar yüzeyinde boya v.b yapışmayı engelleyici kaplama var ise yüzey kazınarak temizlendikten sonra içinde solvent bulunmayan çimento bazlı yapıştırma harcı ile levha dış duvar yüzeyine yapıştırılır (Şekil 3.43).

Yapıştırma harcı bir süre kurumaya bırakıldıktan sonra, levhalar m²'ye 6 adet gelecek şekilde plastik çivili izolasyon dübelleri ile arka yüzeye tesbit edilir. Lateks katkılı, çimento esaslı sıvalar ile birkaç mm kalınlığında sıva doğrudan levha yüzeyine uygulanır. Henüz kurumayan tüm sıva yüzeyine alkaliye dayanıklı cam tülü sıva donatısı file, çelik mala yardımıyla yapıştırılır. Daha sonra tekrar birkaç mm kalınlığında sıva yapılır (Şekil 3.44), [42].

- 1.Dış duvar yüzeyi
- 2.Yapıştırma harcı
- 3.Extrude polistren köpük levha
- 4.Dübel
- 5.Sıva(min. 2mm)
- 6.Sıva donatısı file
- 7.Sıva(min. 2mm)
- 8.Dış cephe boyası



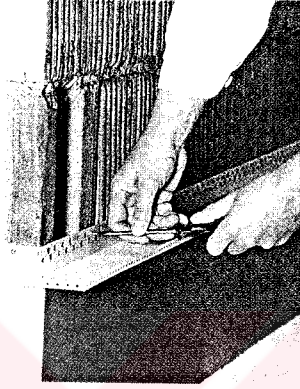
Şekil 3.43 Dış yüzeye polistren köpük levha uygulama kesiti [42].



Şekil 3.44 Dıştan uygulamalı polistren köpük levha uygulamasında sıva işlemi [42].

3.1.2.3.1 Çimentolu / manyezi çimentolu ahşap talaş (heraklit) veya mantar (ksilolit) levhaların uygulanması

Çimentolu veya manyezi çimentolu ahşap talaş levhaların duvara tespit edilmelerinden önce duvar alt hizasından profiller vidalar ile duvara kenetlenir (Şekil 3.45). Profilin yerden yüksekliği en az 200 mm olmalıdır. Daha sonra bu profillere yerleştirilen levhalar özel dübel matkapları ile dübellenir (Şekil 3.46), [67].

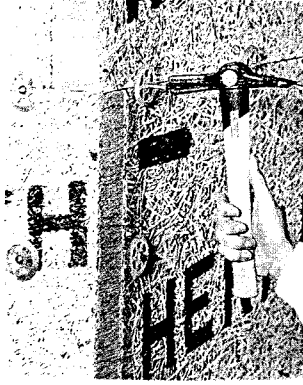


Şekil 3.45 Profillerin duvara vidalanması [67].



Şekil 3.46 Levhaların dübellenmesi [67].

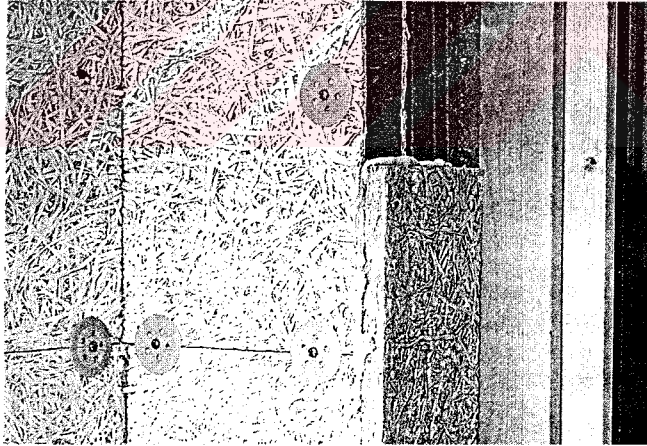
Levhalar plastik başlı özel dübeller ile öncelikle merkezlerinden dübellenir. Daha sonra levhalar diğer levhalarla birleşim yerlerinde köşelerinden dübellenir (Şekil 3.47).



Şekil 3.47 Levhaların köşelerinden dübellenmesi [67].

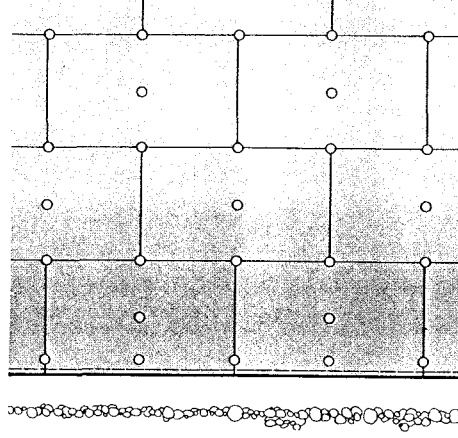
Eğer ince ve uzun levhalar kullanılacaksa bu parçalar çimento esaslı su geçirmez yapıştırıcılar ile yapıştırılır (Şekil 3.48). Fakat yapıştırıcı sürülecek yüzeyin kuru ve pürüzsüz olmasına dikkat edilmelidir.

Dübelleme işlemlerinde eğer duvar malzemesi gözenekli veya delikli tuğla ile oluşturulmuş duvarın kalınlığı ince ise, dübeller çekiçli matkap ile tespit edilmeyip, gerekiyorsa çelik vidalar ile vidalanmalıdır.

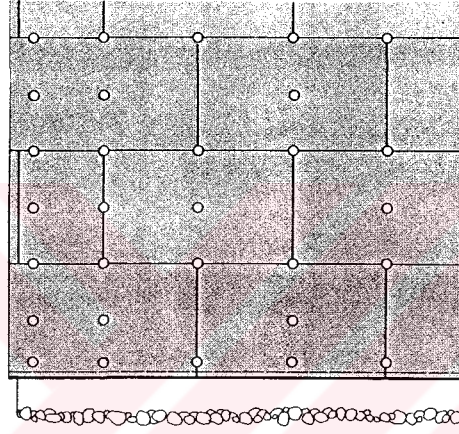


Şekil 3.48 İnce ve uzun levhaların yapıştırılması [67].

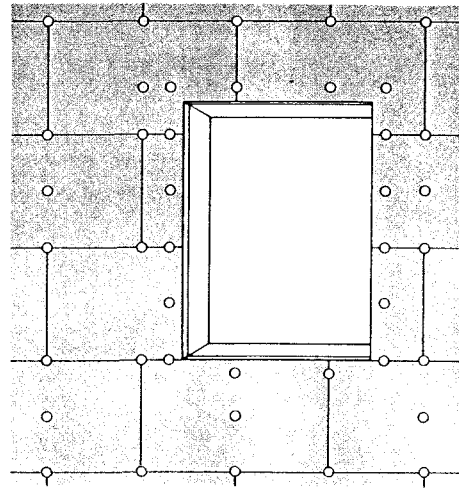
Dübelleme işlemi duvarın farklı bölgelerinde değişik düzenlemelerle olmaktadır. Aşağıda dübellerin düzenlenme diyagramları verilmektedir:



Şekil 3.49 Duvarın ortasındaki dübel düzenleme [67].

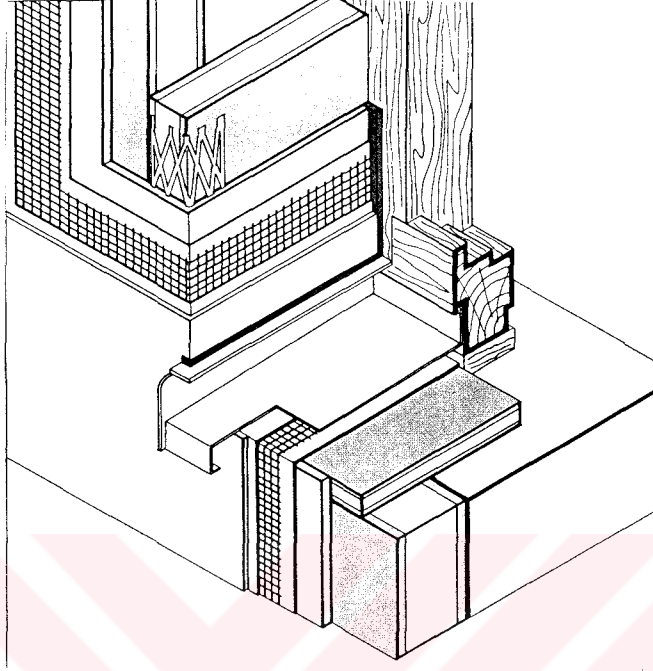


Şekil 3.50 Dış duvar köşesinin dübel düzenleme [67].



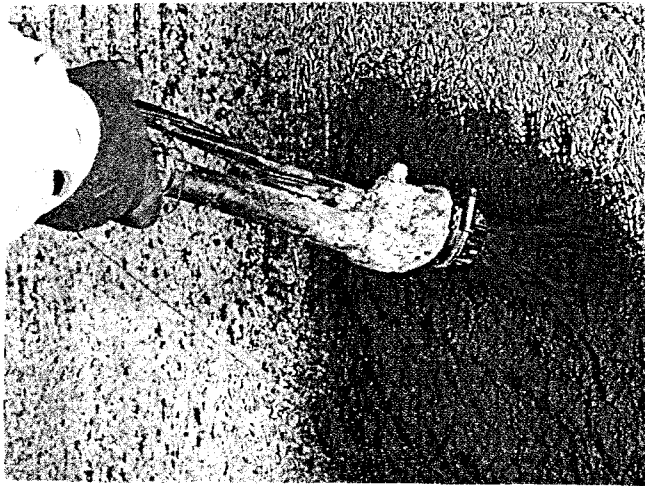
Şekil 3.51 Duvar boşluklarındaki (pencere) dübel düzenlemesi [67].

Pencere ve kapı açıt yanaklarında kullanılan çimentolu ahşap talaş levhalar çimento esaslı yapıştırıcılar ile yapıştırılıp, her 1 m.'de bir plastik geniş başlı dübelle dübellendir (Şekil 3.52).



Şekil 3.52 Açıt yanaklarına çimentolu ahşap talaş levha uygulaması [67].

Levhaların tesbiti tamamlandıktan sonra, su ile karıştırılarak hazırlanan hazır sıvalar püskürtme yöntemi ile uygulanır (Şekil 3.53). Fakat sıvanın direkt güneş ışığında veya yağmur ve +5 °C sıcaklığın altında uygulanmamalıdır. Bu uygulama sadece kuru levhalara yapılmaktadır.



Şekil 3.53 Kaplama altı sıvasının püskürtme yöntemiyle uygulanması [67].

Kaplama altı sıvası uygulandıktan sonra sıva teli mala yardımı ile yapıştırılarak dekoratif bitiş sıvası uygulanır [67].

3.1.2.4 Bir ızgara sistemi ile tesbit edilenler

Yeterli rijitliğe sahip olmayan cam yünü gibi gevşek ısı tutucular ile diğer ısı tutucular istenirse bir ızgara sistemi ile tesbit edilirler.

Genelde ahşap latalarla oluşturulan ızgara sisteminde latalar duvara çivilenmek veya vidalanmak suretiyle tesbit edilir. Daha sonra ızgara aralarına ısı tutucular yerleştirilir ve ızgara üzerine sıva teli gerilerek sıva yapılır.

Sıva yerine dış kaplama malzemesi (metal, asbestli, çimento, plastik levhalar gibi) kullanılacaksa, levhalar ızgara üzerine vidalanarak tesbit edilir.

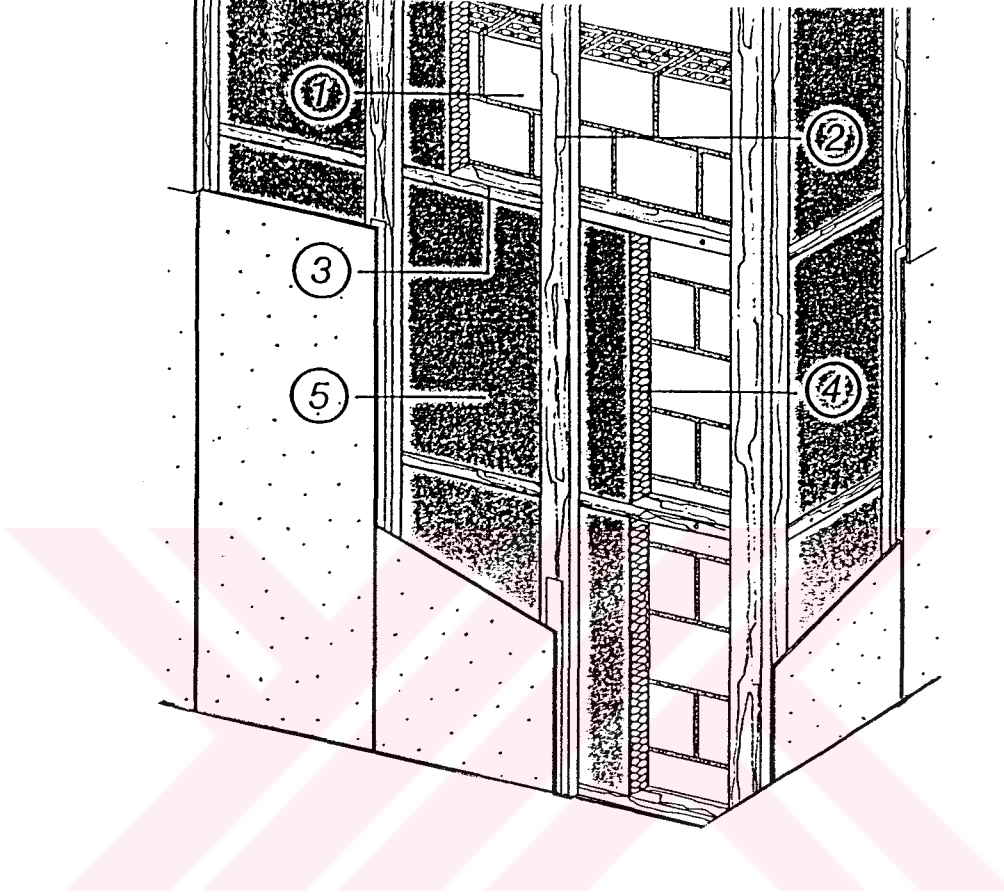
3.1.2.4.1 Camyünü levhaların bir ızgara sistemi ile tesbit edilmesi

Camyününden üretilen ısı tutucu levhalar düşey yapı elemanlarından; iki duvar arasında, çift cidarlı sandviç duvar panolarında, dış cephe kaplamaları arkasında ısı yalıtımı amacı ile uygulanmaktadır. Ses yutuculuk değeri olan bu ısı tutucular aynı zamanda ses yalıtımı da yapar.

Camyünü duvar levhaları, silikon ilavesi ile suyu reddeden bir özellikte çıplak olarak üretilip kullanıldığı gibi, bir yüzü veya iki yüzü de camtülü kaplı olarak da imal edilip kullanılmaktadır [68].

- ***Beton ya da tuğla duvarlarda bakalitli camyünü uygulaması***

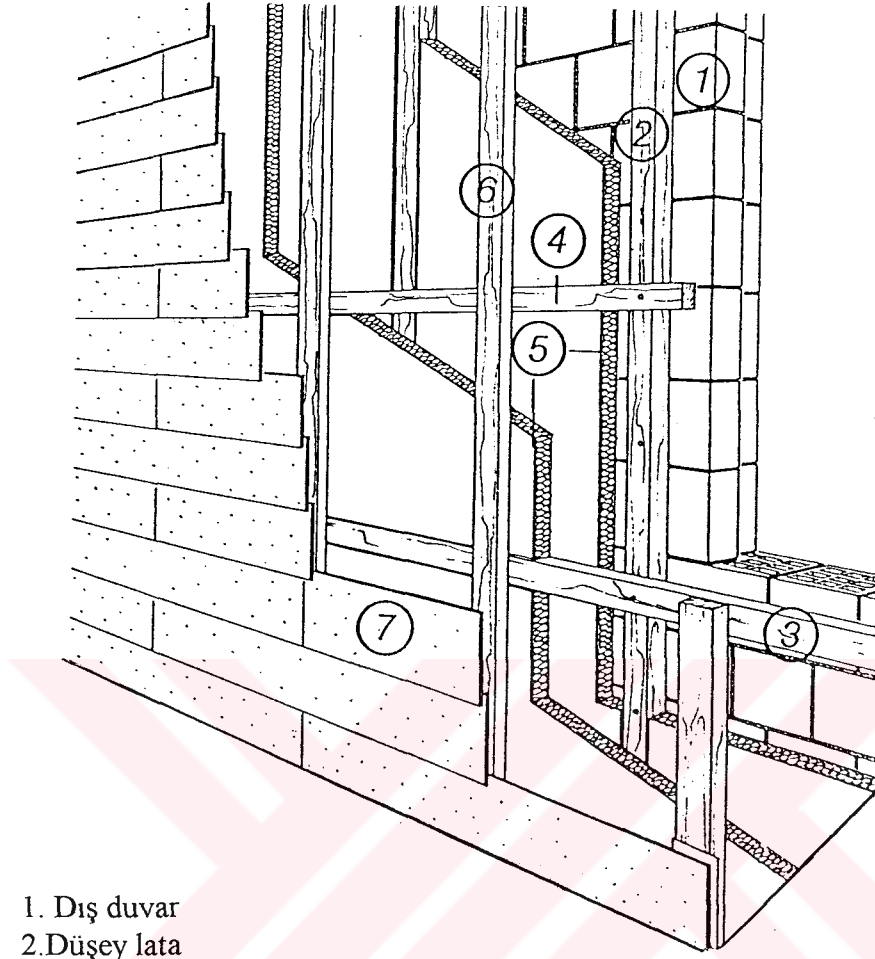
Bir ızgara sistemi ile uygulanan camyünü levhalar havalandırmalı dış duvarların ısı yalıtımında kullanılmaktadır. Mevcut kağır duvarın dışına taşıyıcı genellikle ahşap veya galvanizli sacdan bir ızgara sistemi tesbit edilir. Ahşap ızgara sisteminde düşey latalar 7x2⁶ cm., yatay latalar 3x5 veya 5x5 cm. olmaktadır. Latalara 3 veya 5 cm kalınlığında camyünü levhalar tesbit edilir (Şekil 3.54).



1. Dış duvar
2. Düşey lata 7x2⁶ cm.
3. Yatay lata 3x5 veya 5x5 cm.
4. Camyünü duvar levhası
5. Asbest dış kaplama levhası

Şekil 3.54 Havalandırılmalı dış duvarda camyünü duvar levha (3 veya 5 cm) uygulaması [69].

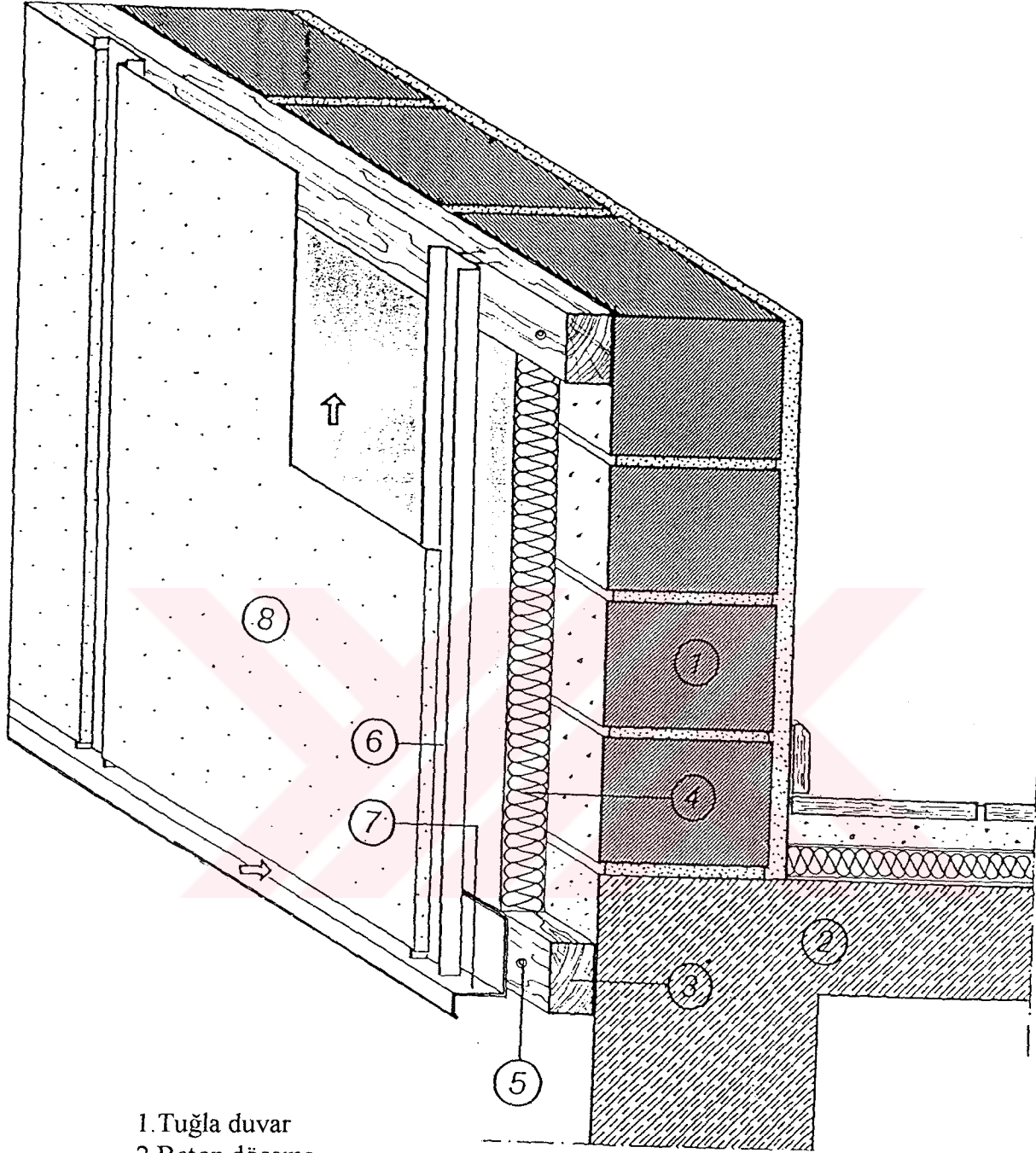
Isı tutucu levhanın kalınlığı 5 cm'i aştığında farklı bir ızgara sistemi uygulanır. Dış duvar yüzeyine 60 cm aks aralığı ile 5x5 cm. düşey lata ve 3x5 cm yatay lata ahşap vidası ile tesbit edilir. Bu lataların arasına 3+5 cm kalınlığında levhalar tesbit edildikten sonra, 3x8 cm boyutunda düşey latalar tespit edilir. Kaplama levhasının montajı bu düşey latalara olur (Şekil 3.55).



1. Dış duvar
2. Düşey lata
(5x5 cm., 60 cm. aks arası)
3. Yatay lata
(3x5 cm., 60 cm., aks arası)
4. Ahşap vidası
5. Camyünü duvar levhası
(3+5=8 cm)
6. Düşey lata (3x8 cm.)
7. Kaplama levhası

Şekil 3.55 Havalandırılmalı dış duvarda camyünü duvar levhası (8 cm) uygulaması [69].

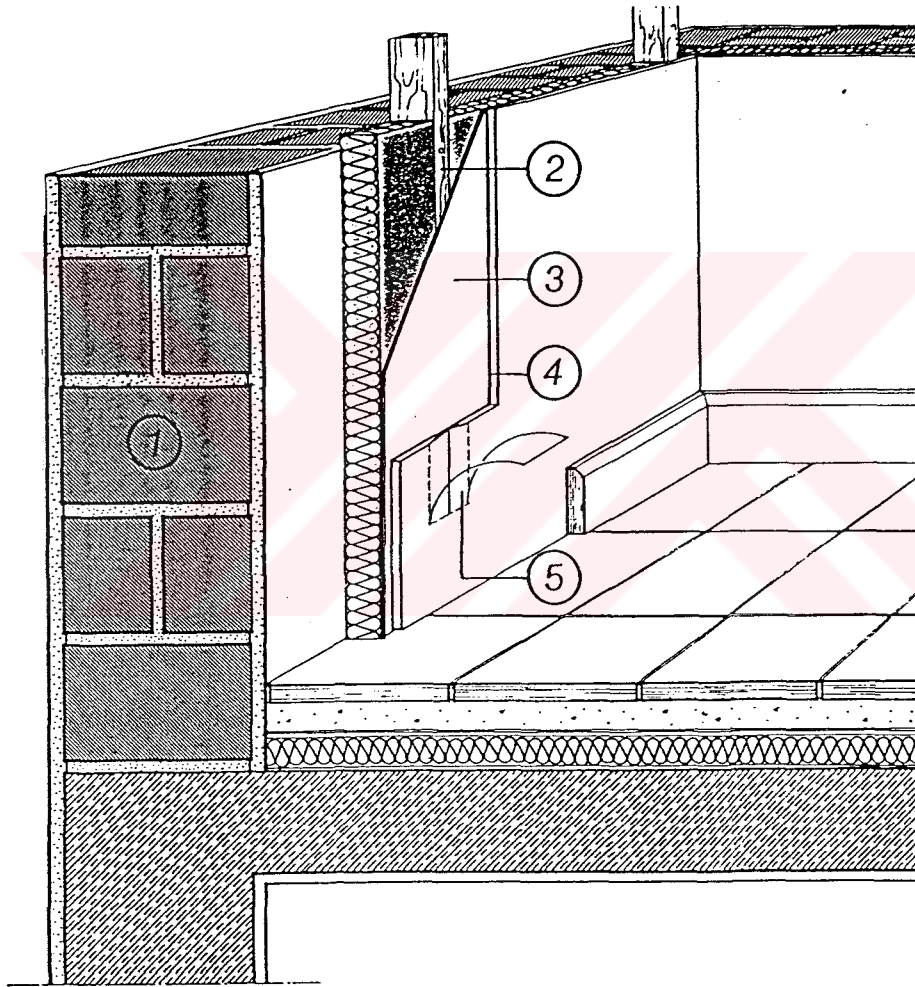
Ahşap lata yardımı ile uygulanan camyünü levhaların havalandırılmalı dış duvarlarda diğer bir uygulama yöntemi de profil levha kaplama yapılmasıdır. Tuğla duvar üzerine 5x8 cm. veya 8x5 cm. boyutunda emprenye edilmiş ahşap latalar tesbit civatası ile tespit edilir. Ahşap latalar arasına camyünü levhalar yerleştirildikten sonra tesbit parçası üzerine metal kaplama uygulanır (Şekil 3.56).



1. Tuğla duvar
2. Beton döşeme
3. Lata 5x8 cm. veya 8x5 cm.
4. Camyünü duvar lev.
(5 cm. veya 8 cm)
5. Tespit civatası
6. Tespit parçası
7. Bitiş profili
8. Metal kaplama

Şekil 3.56 Profil levha kaplamalı havalandırmalı dış duvarda camyünü duvar levhası uygulaması [69].

Camyünü levhaların bir ızgara sistemi ile uygulanması dış duvarların iç yüzeyinde de olmaktadır. Dış duvarların cam yünü levhalarla içten yalıtımı, 60 cm. ara ile tesbit edilmiş 3x5 cm. veya 5x5 cm. boyutundaki düşey lataların arasına levhaların yerleştirilmesi ile olur. İçten uygulamada ısı tutucu levhanın üzerine plastik folyo, alüminyum folyo veya bitümlü karton gibi buhar kesici uygulanır. Kaplama malzemesi olarak alçı levha, ahşap sunta veya benzeri malzemeler kullanılır. Kaplama levhaların birleşim yerleri macunlanarak bandajlanır (Şekil 3.57).



- 1.Dış duvar
- 2.Düşey ahşap lata 3x5 cm. veya 5x5 cm.
- 3.Camyünü duvar levhası
- 4.Alçı levha veya ahşap levha
- 5.Birleşim yerleri macun veya bandajlanması

Şekil 3.57 Dış duvarlarda camyünü duvar levhasının içten uygulanması [69].

3.1.2.4.2Çimentolu ahşap talaş levhaların bir ızgara sistemiyle tesbit edilmesi

Ahşap talaş levhalar ahşap ızgara sistemine vidalanmak suretiyle tesbit edilir (Şekil 3.58), [70].



Şekil 3.58 Ahşap talaş levhaların ahşap ızgara sistemine vida ile tesbit edilmesi[67].

3.2 ŞİLTELERİN UYGULANMASI

Şilte halindeki ısı tutucu malzemeler erimiş liflerden oluşan ve 25, 38, 50, 75 ve 100 mm kalınlıkta üretilen rulo şeklinde piyasaya sunulan malzemelerdir. Genellikle duvarlarda ve eğimli çatılarda ahşap ızgaralar arasına uygulandıkları için genişlikleri değişiklik gösterir. 400, 500, 800 mm genişlikte üretilip, rulo halinde olmayanlarının boyları 2.4m uzunlukta kesilir. Rulo halindeki şilte ısı tutucuların boyları 12.2m'den 30.5m'ye kadar uzar.

Bazı şilteler kaplamasız (çıplak) olarak üretildiği gibi bazı şilte halindeki ısı tutucu malzemelerin bir veya iki yüzü kaplama malzemesi ile kaplanarak üretilir.

Şilte halinde üretilen ısı tutucu malzemeler kaplamalı duvarlarda ahşap çıtaların arasına, eğimli çatıların ahşap mertekleri arasına, kullanılmayan çatı arasındaki döşemelere ve asma tavanların ısı yalıtımında kullanılır [40,s 349].

Şilte halinde uygulanan ısı tutucu malzemeler çatılarda uygulanması soğuk çatılar olarak bilinen iki katmanlı, katmanlar arası dış ortamla irtibatlı olan

havalalandırılan çatıların ısı yalıtımında kullanılır. Bu iki katmandan üst katman su kesici görevini yüklenirken alt katman ısı yalıtımını ve taşıyıcı görevini yüklenmektedir.

İç ortamdan nüfuz edecek su buharının yalıtım malzemesinin bünyesinde yoğunlaşarak malzemenin ısı yalıtım değerini düşürmemesi için, çatının su kesici katmanı ile ısı tutucu tabakanın soğuk yüzü arası daima havalandırılmalıdır. Havalandırma, çatının alt ve üst noktaları arasındaki rüzgar basınç farkı ve sıcaklık farkından dolayı ortaya çıkan basınç farkları sonucu havanın tabii olarak yukarı hareketiyle sağlanmaktadır [64].

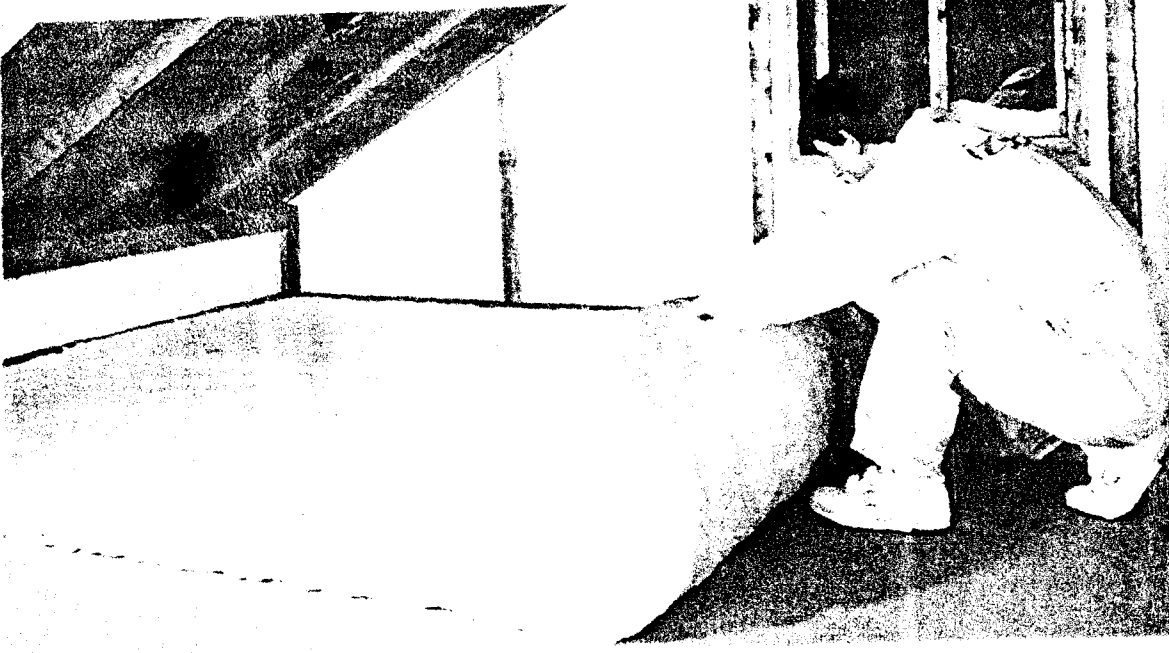
3.2.1 Bakalitli camyünü

Bakalitli camyünü şiltesi rijit bir malzeme olmadığı için kapalı çatılarda döşeme üzerine serilerek veya mertek aralarına zımbalanarak uygulanır.

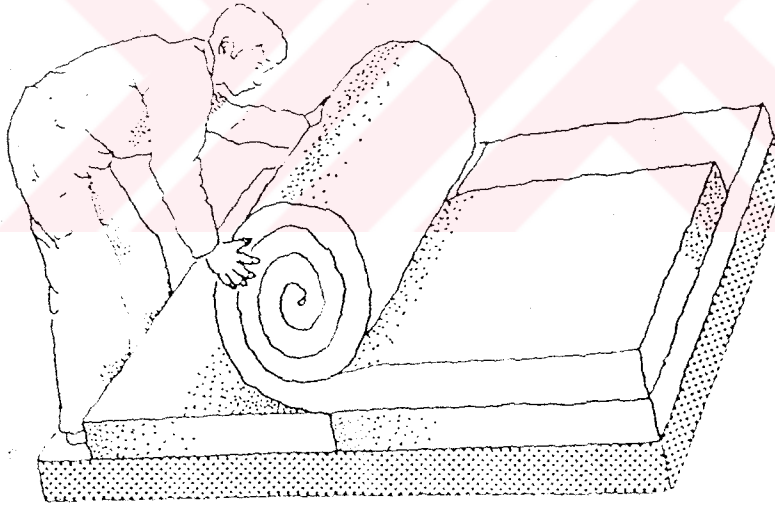
3.2.1.1 Çatılarda bakalitli camyünü şiltelerin uygulaması

Şilte halindeki bakalitli cam yünü soğuk çatılarda uygulanmaktadır. Soğuk çatılarda bu şilteler iki şekilde uygulanmaktadır:

1. Düz döşeme üzerine çatının oturtulması durumunda serbest olarak ısı tutucu malzemenin serilmesidir. Isıtılmayan soğuk çatılar olarak nitelendirilen bu çatılar gezilemeyen ve gezilebilen soğuk çatı olarak kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Gezilemeyen soğuk çatılarda camyünü çatı şiltesi normal iç ortam şartlarında 8 cm.'den kalın betonarme döşeme üzerine aralıksız olarak yere serilir (Şekil 3.59). Betonarme döşeme üzerinde havalandırılan çatı şiltelerine buhar kesici uygulanmalıdır. Buhar kesici çatı şiltesinin sıcak yüzüne yani betonarme döşeme üzerine yapılır. Şiltenin soğuk yüzü örtülmeyip daima havalandırılır. Şiltenin üzerine bir tabaka daha çatı şiltesi serilecekse ikinci tabakanın daima çıplak olarak ve birinci tabakaya dik yönde döşenir (Şekil 3.60).



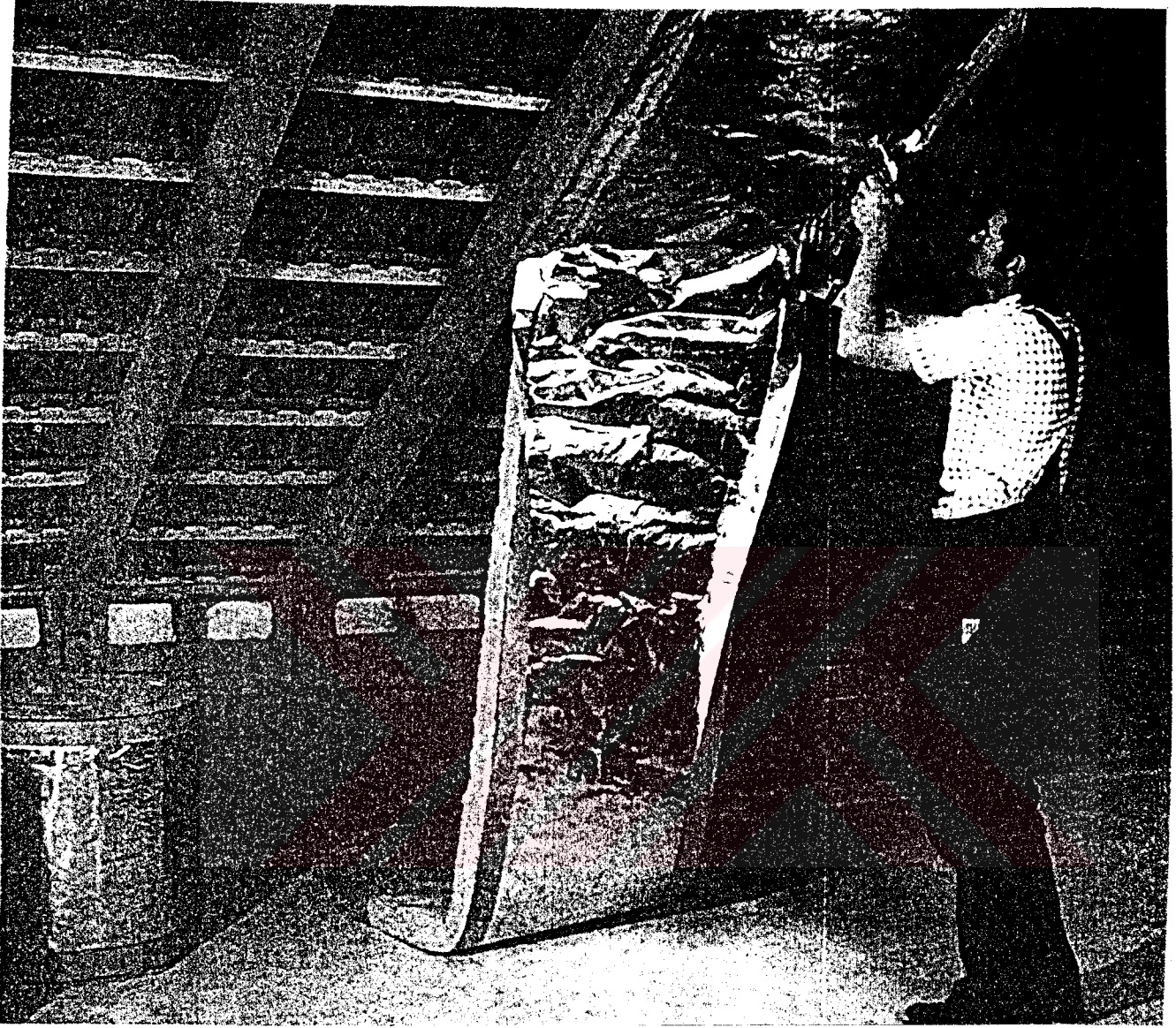
Şekil 3.59 Camyünü şiltelerin çatı döşemesine aralıksız döşenmesi [64].



Şekil 3.60 İkinci çatı şiltesinin önceki döşenen şilteye dik yönde serilmesi [64].

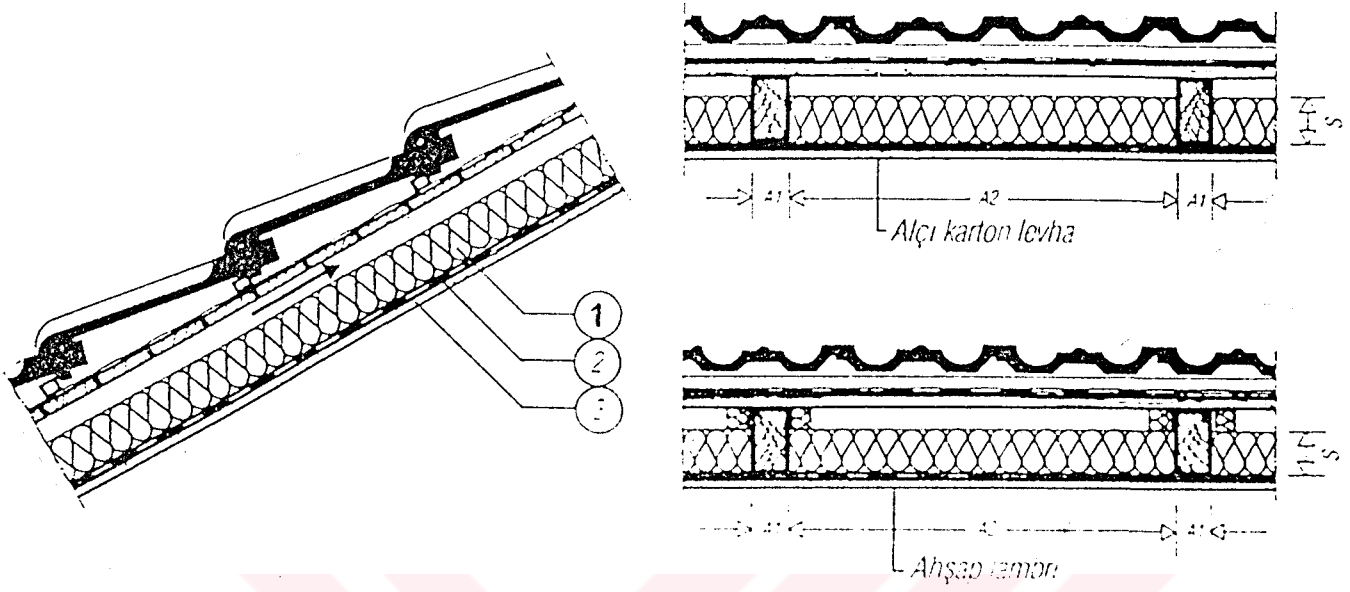
2.Çatı altında döşeme olmaması halinde mertek arasından ısı tutucu malzeme uygulanır. Isıtılan soğuk çatılar olarak nitelendirilen bu tip çatılarda camyünü şilteler mertek aralarına yerleştirilir. Eski ve yeni yapılarda uygulanan bu yöntemin avantajı faydalı hacimden kayıp olmamasıdır. Alüminyum folyo kaplı cam yünü şilteler, alüminyum folyonun her iki tarafından 2 cm. mertekler üzerine basması sağlanır ve bu

noktalardan merteklere zımbalanarak ısı tutucu malzeme tesbit edilir (Şekil 3.61). Daha sonra istenilen kaplama uygulanır.



Şekil 3.61 Camyünü şiltelerin mertek aralârında merteklere zımbalanarak uygulanması [64].

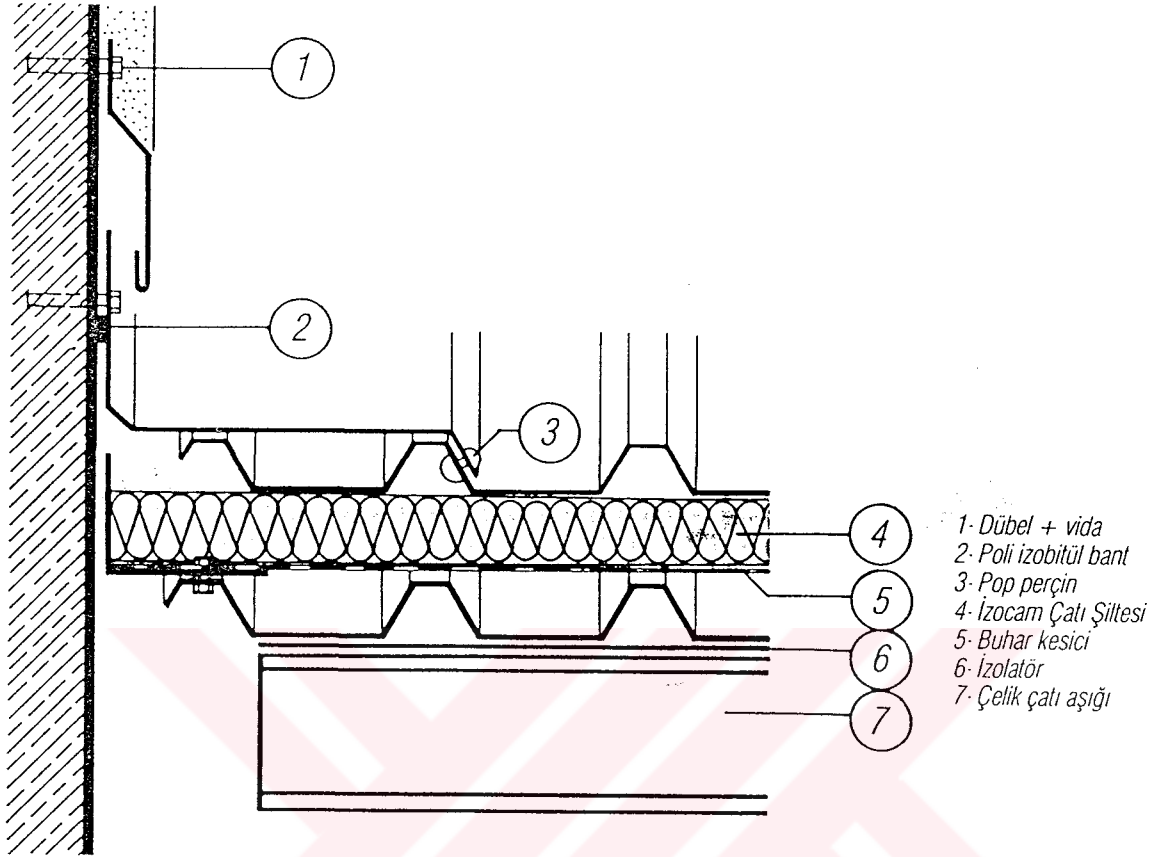
Yalıtımın mertekler arasını aralıksız doldurmasına dikkat edilse de ısı köprüsü oluşması engellenemediği için çatı şiltesi mertek yüksekliğince yukarı kıvrılarak bu sakınca önemli ölçüde azaltılır. Aşağıda bu sistemin uygulama detayları verilmektedir (Şekil 3.62).



1. Camyünü çatı şiltesi
2. Buhar kesici
3. Alçı karton levha (merteğe tespit)

Şekil 3.62 Camyünü çatı şiltesinin mertek yüksekliğince yukarı kıvrılarak uygulanması [64].

Sanayi çatılarında da geniş bir uygulama alanı bulan cam yünü şilteler, çatı örtüsü; asbestli çatı kaplama malzemeleri, galvanizli saç, veya alüminyum profilli metal levhalar ile birlikte kullanılmaktadır. Bu tip çatılarda profil birleşim noktalarından hava sızması ile birlikte ısı tutucu malzemenin bünyesine buhar nüfuzunu önlemek bakımından cam yünü şilte serilmeden önce buhar kesici tabaka uygulanmalıdır. Aşağıda alüminyum sandviç çatı ile uygulanan cam yünü şiltelerin uygulama detayları verilmektedir (Şekil 3.63).



Şekil 3.63 Alüminyum sandviç çatı sisteminde bakalitli camyünü şiltesinin uygulanma detayı [64].

3.2.2 Perlitli şilte

Genleştirilmiş perlitin deniz yatağı görünümündeki polietilen torbalara doldurularak ağzları ısıtıl işlemle kapatılmış bir ürün olan perlitli şilteler soğuk çatılarda, teras çatılarda, sandviç duvarların arasına ısı tutucu malzeme olarak kullanılmaktadır [70, 71].

3.2.2.1 Duvarlarda perlitli şiltelerin uygulanması

Perlitli şilteler çift tabakalı (sandviç) duvarlarda ısı tutucu malzeme olarak kullanılmaktadır. 4 cm. kalınlığında olan şilteler sandviç duvarların arasına yerleştirilir. Mukavemetin artırılması için son tuğla sırası ile kiriş arasına takoz çakılır [71].

3.2.2.2. Çatılarda perlitli şiltelerin uygulanması

Perlitli şilteler soğuk çatılarda (kapalı çatılar) ve teras çatılarda (açık çatılar) farklı uygulanmaktadır.

- ***Soğuk çatılarda (eğimli çatılarda) perlitli şilte uygulanması:***

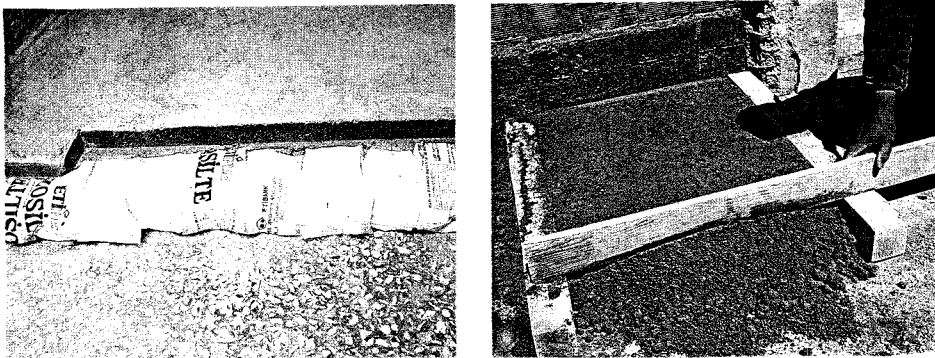
Döşeme betonu temizlendikten sonra perlitli şilteler üzeri yazılı tarafı üstte gelecek ve aralarında boşluk kalmayacak bir şekilde yanyana yerleştirilerek döşenir. Döşeme sırasında torbalardaki perliti iyice yayarak, her noktada kalınlığın aynı olması sağlanır. Çatı arasının kullanılması gerekirse şiltelerin üzerine 3-4 cm. tesviye betonu dökülür (Şekil 3.64).



Şekil 3.64 Perlitli şiltelerin kapalı çatılarda uygulanması [71].

- ***Teras çatılarda (açık çatılarda) uygulanması:***

Döşeme betonu temizlendikten sonra buhar dengeleyici döşenir. Şilteler buhar dengeleyicinin üzerine kapalı çatılarda olduğu gibi yazılı yüzeyleri üstte gelecek şekilde ve aralarında boşluk bırakılmadan döşenir. Şiltelerin üzerine 5 cm. kalınlığında meyilli tesviye betonu dökülüp, su yalıtımı yapılır. Üzerinde gezilecek bir çatı ise döşeme kaplaması yapılır (Şekil 3.65), [71].



Şekil 3.65 Perlitli şiltelerin açık çatılarda uygulanması [71].

3.3 YERİNDE KÖPÜK OLUŞTURANLARIN UYGULANMALARI

Yerinde köpük oluşturan ısı tutucular (poliüretan gibi) bir yüzeye veya sınırlandırılmış bir hacime sıvı halde püskürtülür ya da doldurulur. Püskürtülen reçine kabarak boşluğu doldurur.

Bu yöntemin diğer bir uygulama alanı ise poliüretanın bölme ve çatı panolarına doldurulmasıdır [10].

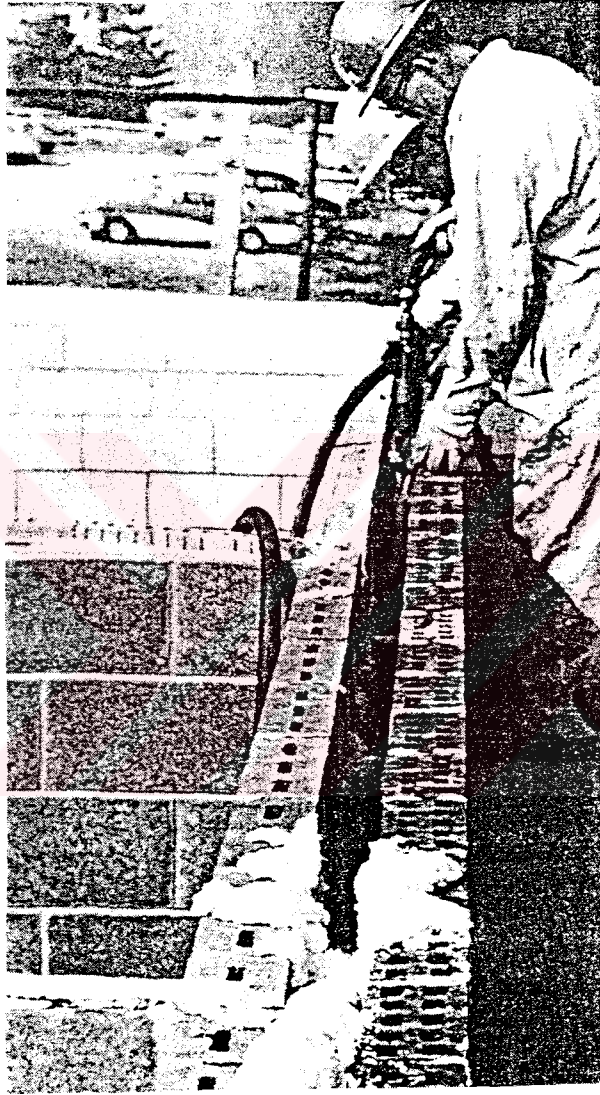
3.3.1 Poliüretan (PUR)

Isı yalıtımında ısı yalıtım ve fiziksel değerleri ile dünya da yaygın olarak kullanılan poliüretanın uygulanmasında 3 temel teknik vardır. Bunlar; poliüretanın sıvı halde bir boşluğa doldurularak yerinde köpük oluşturma, özel aletlerle spre (püskürtme) tekniğiyle şantiyede uygulama alanında köpük oluşturma ve bir hacmin içine enjekte edilerek oluşturulmuş panellerdir.

PUR'ın uygulama kolaylığı, yapının bulunduğu yerde yüzeyin şekli ne olursa olsun püskürtülerek uygulanması ve köpürerek hacmin şeklini alması nedeniyle uygulama alanı çok geniştir. Aşağıda PUR'ın genel uygulama alanı sıralanmaktadır:

- Frigorifik taşıtların yüzeylerine
- Tank ve silolara
- Her çapta boru yalıtımında
- Duvarlarda içten ve dıştan
- Garaj ve kapalı yüzme havuzu tavanlarında
- Suyun yoğunlaşmasına önlem olarak iç taraftan prefabrik yağmur oluklarına
- Yer kaloriferi zemin yalıtımında
- LPG tankerleri, gemi ve teknelerde
- Duvar boşluklarının arasına
- Güneş kolektörleri ve sıcak su tanklarına
- Çatılarda
- Soğuk hava depolarında
- Yapıların cam kaplı yüzeylerine [72,s 49].

Rijit poliüretan köpüğün yerinde köpük oluşturma tekniği, sıvı karışım haldeki PUR'ın direkt olarak boşluğun içine dökülmesi ve boşluğun içinde tamamen köpürmesiyle olmaktadır. Boşluk bir kerede devamlı uygulama ile doldurulur. Bu yöntem boşluklu duvarlarda rahatlıkla ve hızla uygulanan bir yöntemdir (Şekil 3.66) [41,s 184-185].



Şekil 3.66 Boşluklu duvarlarda boşluğun PUR ile doldurulması [41].

PUR her türlü inşaat malzemesine uygulanabilmekte ve çeşitli yüzeylere çok iyi yapışmaktadır. Ancak iyi bir netice alınabilmesi için yüzeylerin kuru olmasına yağlı ve paslı, moloz gibi döküntü parçalardan temizlenmiş olmasına dikkat edilmektedir. Bunun yanı sıra PUR uygulaması yapılmadan önce daha iyi sonuç alabilmek için yapılması gereken ön işlemler aşağıda sıralanmaktadır:

- Beton ve benzeri esaslı yüzeyler nem oranı %10'dan az, kuru olmamalıdır. Aşırı miktarda tuz çökeltileri olduğu takdirde yüzey asitle yıkanmalı veya fırça veya kumlama ile temizlenip uygun bir primer ile hazırlanmalıdır.

- Galvanizli sac yeni galvanizli sac yüzeyle solvent veya asit ile yıkanmalı, hava tesirlerine maruz kalmış olanlar ise aşırı paslardan arındırılmalıdır.

- DKP sac yüzey temizliği gerekli olduğu için antipas ile boyanması tavsiye edilmektedir.

- Paslanmaz çelik, alüminyum yüzeylerin solvent ile yıkanması ve astarlanması gerekmektedir.

- Ahşap kuru olmalıdır ve astarlanmamış ahşaplar başarısız uygulamaya neden olabilir.

- Camın temizlenmesi ve dışa bakan pencerelerde mor ötesi ışınlar karşı dayanıklı bir boya ile kaplanması şarttır.

- Asfalt ve benzeri yüzeylerin temizlenmesi,yeni uygulanmış ise solventlerin uçmuş olmasına dikkat edilmelidir.

- Stroporun sağlam tesbit edilmesi gereklidir [72,s 47-48].

Bu işlemler tamamlandıktan sonra uygulama sırasında alınması gereken tedbirler vardır. Bu tedbirler şöyle sıralanabilir:

- Köpüğün makinenin tabancasından yüzeye vurmadan savrulması istenmeyen neticeler yaratmaması için rüzgar süratinin 20 km./saat'ten az olması gereklidir.

- PUR köpüğün yapışma özelliğini kaybetmemesi için rutubet oranının %85'den az ve yüzeyin kuru olması gereklidir.

- Köpüğün niteliğinin bozulmaması için hava ve yüzey ısısının 10° C altında ve 50° C üstünde iken uygulama yapılmamalıdır [72,s 48].

Bütün bu önlemler alındıktan sonra uygulama yapılacak şantiyeye getirilen mobil sistemde bulunan ekipman belirli bir ısıya ulaştıktan sonra 200-250 kg'lık varillerde bulunan Poliöl ve MDI ham maddeleri transfer pompaları ile makineye ulaşır. İki ham madde tabancadan çıkmak üzereyken birbiri ile karışır ve püskürtülür (Şekil 3.67). Tabancadan çıkan poliüretan karışım uygulandığı yüzeye ulaştığında çok kısa bir süre içinde genişler ve uygulandığı yüzeye yapışarak sertleşir [73,s 38].



Şekil 3.67 Püskürtme(sprey) yöntemiyle PUR uygulaması [73,s 38].

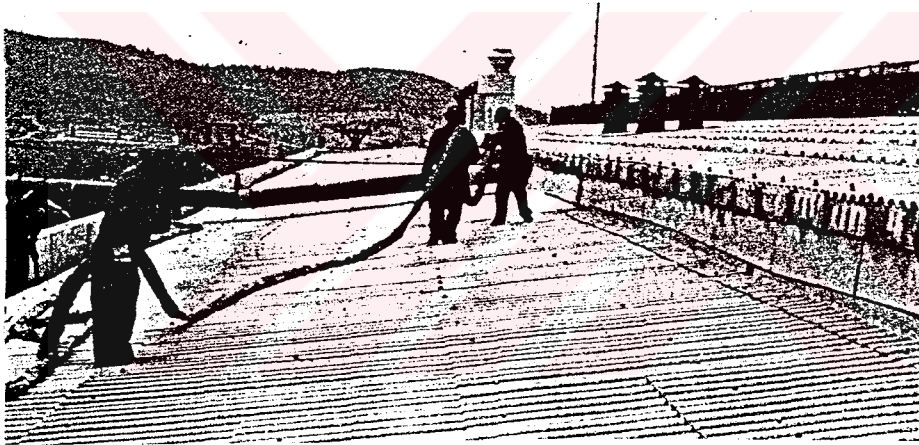
PUR'ın püskürtme şeklinde uygulaması cepheden alttan veya üstten olmaktadır. Bir garaj tavanında alttan uygulanabildiği gibi bir çatıda üstten tatbik edilir (Şekil 3.68, 3.69, 3.70).



Şekil 3.68 Eğimli bir çatıda püskürtme PUR uygulaması [73,s 38].



Şekil 3.69 Teras bir çatıda püskürtme PUR uygulaması [44,s 64].



Şekil 3.70 Püskürtme PUR ile çimentolu asbest bir çatının yalıtımı [44,s 65].

PUR köpüğü yüzey şeklinin çalışmaya elverişli olduğu hallerde düzgün portakal kabuğu görünümünde olmaktadır (Şekil 3.71). Çok sıkışık çalışma hallerinde PUR köpüğün üst tabakasında olabilecek aşırı düzgünsüzlükler, perdahlama aleti ile düzeltilebilir.



Şekil 3.71 Püskürtme PUR'ın uygulandıktan sonraki görünümü [72,s 48].

PUR köpükler mor ötesi ışınlar (ultra viole) ve uzun süre su nedeniyle havuzlama durumuna maruz kaldığında bozulabilir. Işınım temasta bulunduğu yüzey zamanla sararıp gevrekleşerek ufalanacağı, suyunda çatlaklardan sızarak malzemenin yalıtım değerini azaltacağı için koruyucu kaplamalar yapılmaktadır. Bu kaplama malzemeleri PUR elastomerler, akrilik veya silikon esaslı olanlar, asfalt ve türleri, tek kat pestiller olmaktadır. Şu anda sıklıkla kullanılan koruyucu tabakalar PUR elastomer ve akrilik cinsi koruyuculardır.

Diğer bir koruyucu kaplama uygulaması ise alüminyum trapez plaka kaplamalarıdır. Böylelikle PUR'ın ultra viole ışını etkisi ile bozulması önlenmektedir (Şekil 3.72).



Şekil 3.72 Püskürtme PUR uygulanmış bir çatının korunması amacıyla alüminyum trapez plaka ile kaplanması [72,s 50].

3.4 HARCA KATILARAK KULLANILANLARIN UYGULANMALARI

Stropor, perlit, ponza, vermikülit, genleştirilmiş kil ve mantar gibi genellikle granül halindeki ısı tutucu malzemelerin bir bağlayıcı yada çimento harcına katılarak sıva veya şap halinde uygulanmalarıdır. Sıva olarak kullanılanlarının üzerinin koruyucu bir boya ile kaplanması gereklidir [10].

3.4.1 Perlit Betonu

Perlit daneleri, serbest dolgu olarak kullanıldığı gibi, yalıtım betonu olarak da kullanılabilir. Serbest dolgu malzemesi olarak kullanımı sırasında ısı geçirme katsayısı 0,045 Kcal/mh °C iken yalıtım betonu olarak kullanıldığında 0,10 Kcal/mh °C'dir.

Perlit betonu, sıcak ve soğuk çatılarda, zemin döşemelerinde ısı yalıtımı açısından çok iyi ve ekonomik sonuçlar vermektedir. 1 m³ perlitli yalıtım betonu için;

- 1,3 m³ perlit (13 torba)
- 2,5-3 torba çimento (125-150 doz) kullanılır.

Bu karışıma süzgeçli kova ile ya da bir tenekeye 300-400 lt. civarında su katılır. Kıvam briket harcı kıvamı gibi olmalıdır [55,s 37].

3.4.1.1 Çatılarda perlitli beton uygulaması

Perlitli beton kapalı(soğuk) çatılar ve açık(sıcak) çatıların düz ve eğimli döşemeleri üzerine uygulanmaktadır.

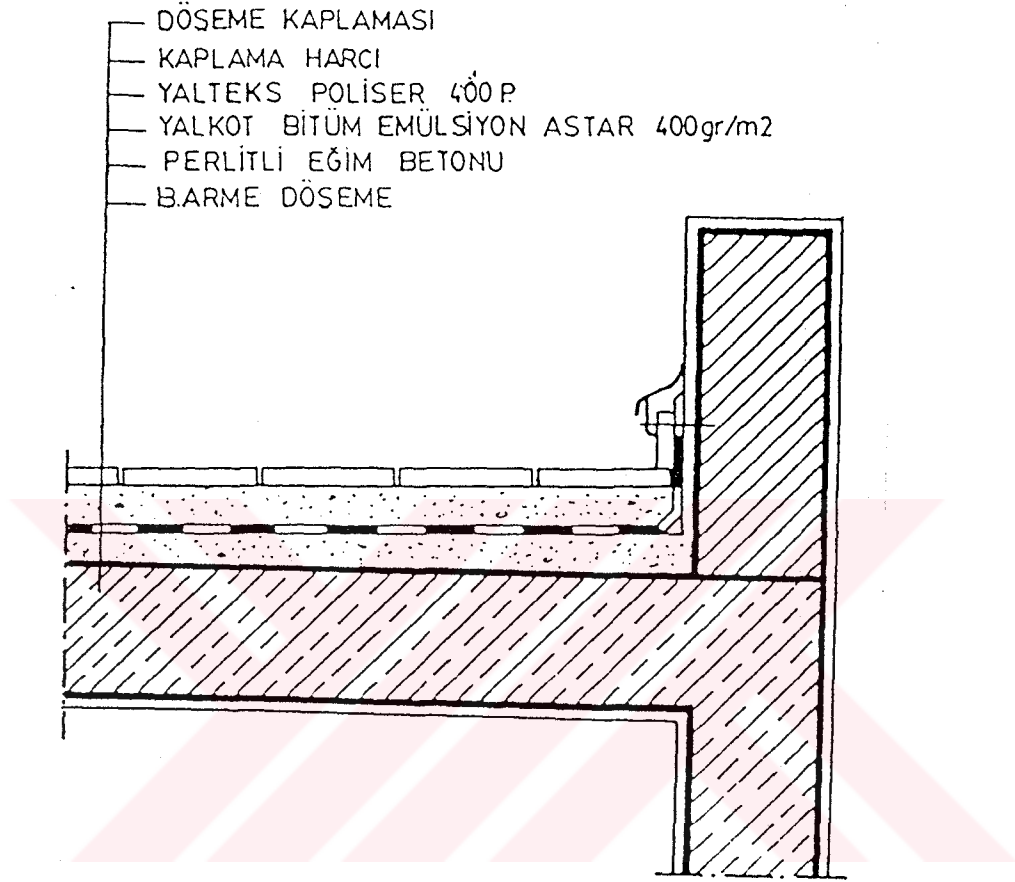
- ***Kapalı (soğuk) çatılarda perlitli beton uygulanması:***

Yukarıda anlatıldığı gibi hazırlanan perlit betonu kapalı (soğuk) çatılarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılır. Yalıtılacak yüzey, yalıtım kalınlığına aşit yükseklikte latalarla anolara ayrılır. Perlitli harç master kullanılarak anonun içine serilir. Serilme esnasında asla sıkıştırma ve vibrasyon yapılmamalıdır. Tahta mala ile hafif vurularak boşluklar kapatılır. Betonlama işinin bitiminden bir gün sonra iki gün süreyle süzgeçli kapla hafif sulama yapılır. Gerekirse bu yalıtım betonu üzerine 3-4 cm kalınlıkta tesviye betonu atılarak, kullanım alanı sağlanır [71].

- ***Açık (sıcak) çatılarda perlitli beton uygulaması:***

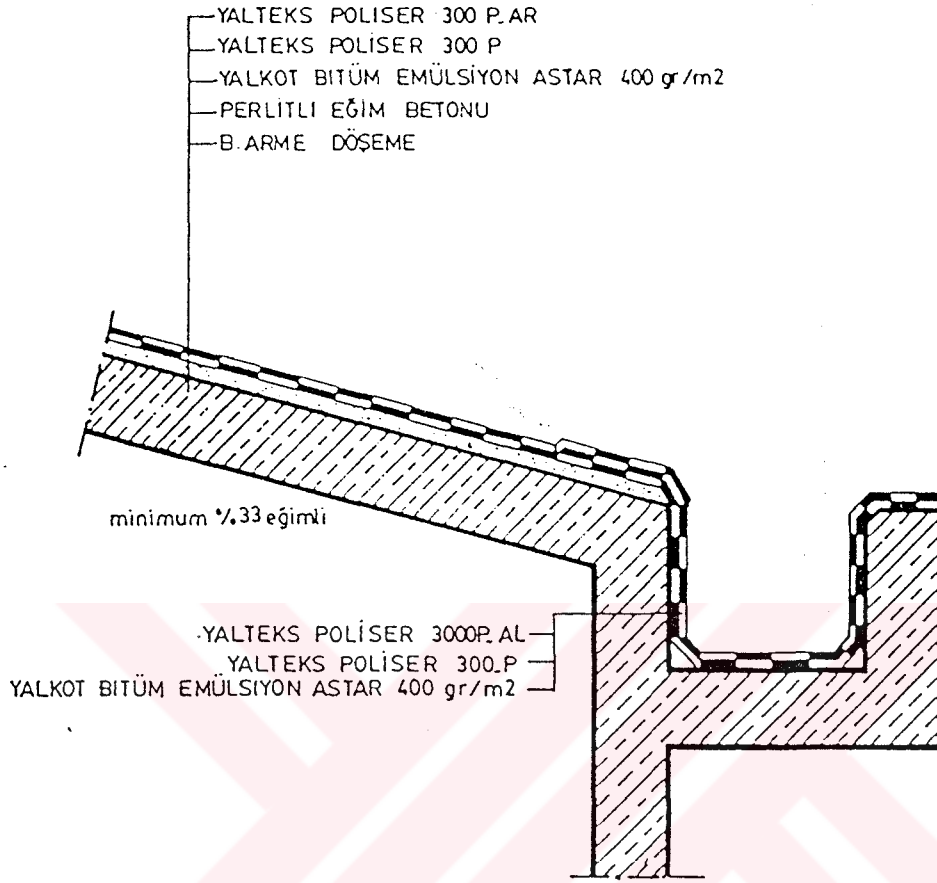
Açık çatı döşeme betonu üzerine öncelikle perlit betonu uygulanmadan önce buhar dengeleyici serilmelidir. Perlitli harç, meyilli yalıtım betonu olarak anolara şaşırtmalı olarak uygulanır. Sıkıştırma yapmadan master çekildikten sonra en az üç gün sabah ve akşam havanın sıcaklığına göre su serpilerek prizini alması sağlanmalıdır. Yedi gün sonra su yalıtımı ve en üstte gelecek şekilde kaplamaya devam edilmelidir [71].

Aşağıda perlitli beton ile ısı yalıtımı yapılmış, üzerinde gezilebilen teras çatı detayı verilmektedir [74,s 28].



Şekil 3.73 Üzerinde gezilebilen perlitli beton uygulanmış teras çatı detayı.

Perlit betonu eğimli betonarme döşemeli çatılarda da uygulanmaktadır. Aşağıda bu tür bir uygulama ile ilgili detay verilmektedir (Şekil 3.74), [74].



Şekil 3.74 Eğimli betonarme döşemeli çatıda perlitli beton uygulanması.

3.4.1.2 Döşemelerde perlitli beton uygulaması

Perlit betonu çatı ve teraslarda en fazla uygulama alanına sahip olduğu kadar, düşük döşemelerde hafif beton olarak, ara katlarda ve zemine oturan döşemelerde ise darbeli ses geçişini önlemek ve ısı yalıtımı amacıyla uygulanmaktadır [55,s 39].

Zeminlerde blokaj dolgu üzerine 10 cm'lik grobeton dökülür. Gerekliyse su izolasyonu yapıldıktan sonra, 5 cm'lik perlitli yalıtım betonu uygulanır. Üzeri seçilen kaplama malzemesi ile kaplanır [71].

Perlit daneleri çimento veya alçı ile karıştırılarak sıva haline getirilir. İnşaat alanında 1,5 m³ genişletilmiş perlit agregası kapalı bir kapta, 125-150 kg çimento ve 60-100 kg toz veya hamur kireç ile karıştırılarak kuru bir karışım sağlanır. 400-450 lt

civarındaki gerekli su ile harç haline getirilen sıva, bir gün önceden hazırlanmış kontakt sıvalı (serpme)duvar yüzeyine max. 1,5 cm kalınlıklarda katmanlar halinde 4-5 saat ara ile tatbik edilir ve mastarlanır. İzolasyon sıvası tamamlanmış yüzeylere 3-5 mm kalınlıklarda normal klasik ince sıva uygulanarak boya veya badanaya hazır hale getirilmiş olur. Sıvası tamamlanmış dış duvarların dış yüzeylerine ise akrilik esaslı su kaplama izolasyonu yapılması ile işlem tamamlanır [55, s 38].

3.5 DOLGU (DÖKME) OLARAK KULLANILANLARIN UYGULANMALARI

Granül, lifsel ve talaşlımsı haldeki ısı tutucu malzemeler boşluklu iki duvar arası veya çatı arası gibi sınırlandırılmış bir alana serbest olarak dökülmek suretiyle uygulanırlar. Ulaşılamayan alanlara bir hortum yardımı ile püskürtülerek de uygulanırlar. Fakat ara boşluğun doldurulmasında kullanılan malzemenin parazit etkilerinden korunması için toz kireç vb. kimyasallar ile karıştırılması gereklidir [10].

3.5.1 Perlit

Genleşmiş perlit, gevşek dolgu agregası olarak ısı ve ses yalıtımı amacıyla bağlayıcı madde kullanılmadan duvar sistemlerinde, yüzer döşemelerde ve sanayi tesislerinde kullanılmaktadır.

Perlitin su emme özelliği nedeniyle perlit taneleri yanma özelliği olmayan silikonla işleme tutularak bu özelliği kaldırılır. İşlem görmüş genleşmiş perlit gevşek dolgu agregası olarak -269°C ile +1093°C arasında ısı yalıtımı açısından kullanılmaktadır. Bu kullanım, yapılarda sandviç, briket duvarlardan -196°C sıcaklıktaki Nitrojen ve Oksijen tanklarının yalıtımı ve +1093°C sıcaklıktaki akkor çelik kütüklerin yalıtımına kadar geniş bir yelpaze sunar [49,s 14-15].

Genleşmiş perlit agregası duvar ve döşemeler için pratik bir yalıtım malzemesi olmakla beraber yalıtım özelliği yoğunluğu ile orantılıdır. Perlit gevşek dolgu malzemesi olarak kullanıldığında özgül ağırlığı 80-130 kg / m³ olurken ısı iletkenlikleri ise 0.040-0.060 W/mK arasında değişmelidir [49].

3.5.1.1 Duvarlarda perlit agregasının kullanılması

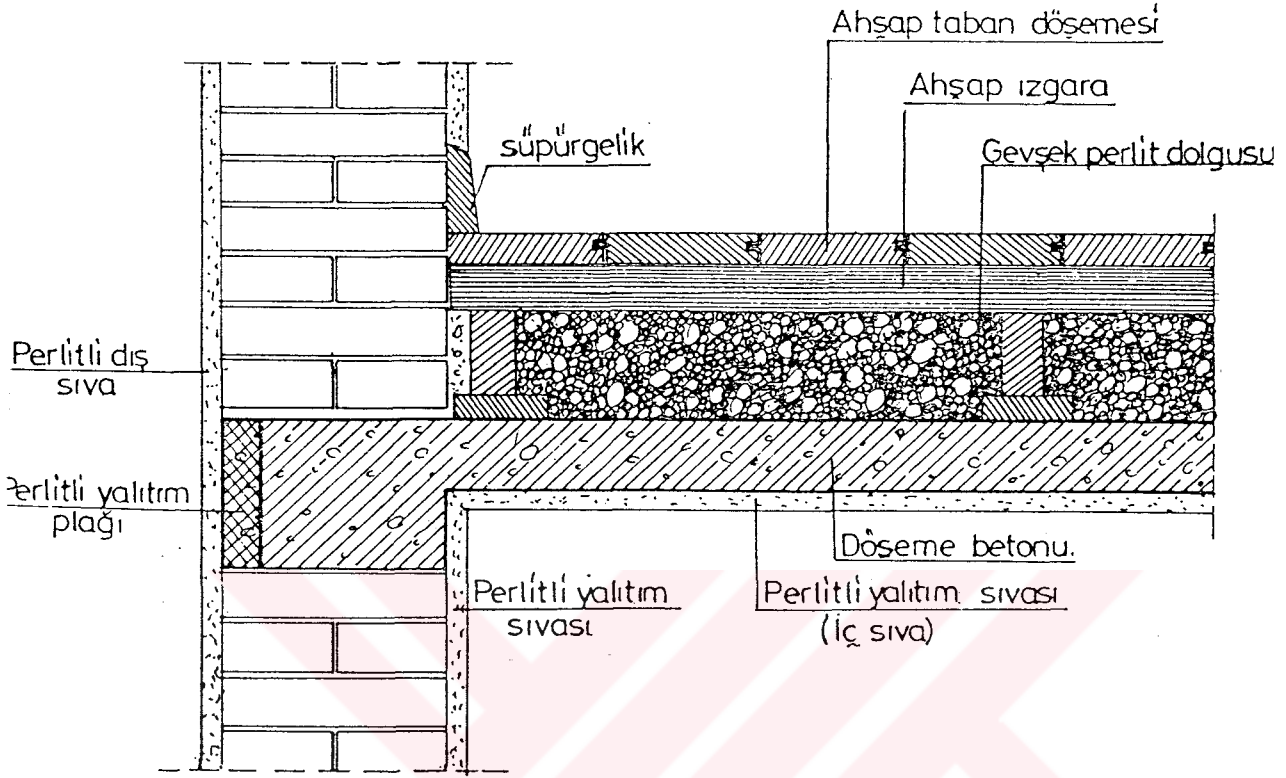
Perlit gevşek dolgu malzemesi olarak boşluklu duvar, briket veya delikli tuğla duvar, kaplama duvar uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu yöntemde perlit daneleri şantiyede boşluklu duvarların arasına paketlerinden dökülerek uygulanır (Şekil 3.75), [49].



Şekil 3.75 Boşluklu duvarlarda daneli perlit uygulaması [71].

3.5.1.2 Döşemelerde perlit agregasının kullanılması

Yüzer döşemelerde $70-85 \text{ kg} / \text{m}^3$ yoğunlukta kullanılan perlit agregası ısı yalıtımı yanında çok katlı konutlarda daha çok ses yalıtımı amacı görevini de üstlenmektedir. Taşıyıcı betonarme üzerine serilen perlit dolgu kalınlığı 2.5-7.5 cm arasında değişebilir. Genleşmiş perlit bitüm gibi su yalıtımı sağlayan malzeme ile işleme tabii tutulmuş ise ekstra su yalıtımı yapmaya gerek yoktur. Eğer böyle bir işleme tabii tutulmamışsa perlit dolgusu üzerine suya dayanıklı bir yalıtım malzemesi ile kaplanmalıdır. Su yalıtımı (ruberoit v.b.) üzerine $\frac{1}{4}$ oranında karışmış 3.5-4.5 cm kalınlığında çimento-kum şapı yapılır (Şekil 3.76), [49,s 20].



Şekil 3.76 Ahşap yüzer döşemelerde perlit agregası ile yalıtım detayı.

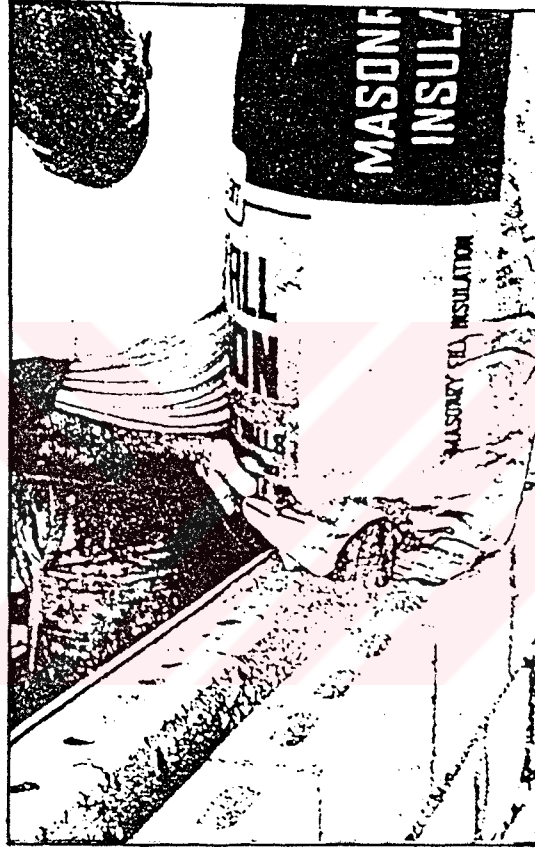
Çimento-kum şapı yerine mastik asfalt, alçı şapı gibi uygulamalar da yapılmaktadır. Perlit dolgu kalınlıklarına göre şap kalınlıkları değişmektedir (Tablo 3. 1), [46,s 20].

Tablo 3.1. Perlit dolgu kalınlığına göre şap kalınlıkları.

Gevşek dolgu kalınlığı(cm)	Çimento-kum şapı kalınlığı(cm)	Mastik asfalt kalınlığı(cm)	Alçı şapı kalınlığı(cm)
1.5-3.0	4.0	2.0	2.5
3.0-4.5	4.0	2.5	3.0
4.5-5.0	4.5	3.0	3.5
5.0-7.5	4.5	3.0	4.0

3.5.2 Vermikülit

Daneli ısı yalıtım malzemelerinden olan vermikülit günümüzde daha çok çatı aralarında ve duvarların boşluklarında kullanılmaktadır. Vermikülitin sıklıkla kullanımı betonarme veya tuğla ile oluşturulmuş boşluklu duvarların ısı yalıtımında olmaktadır. Paketlenmiş olarak şantiyeye getirilen vermikülit uygulanacağı duvar boşluğuna direkt olarak çuvallardan boşaltılır (Şekil 3.77) [13,s 483].

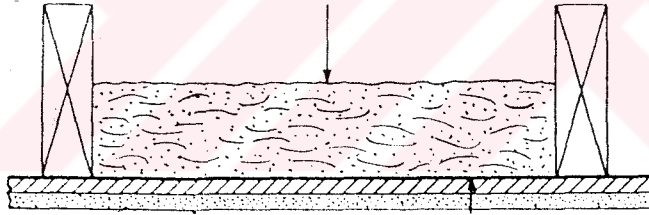


Şekil 3.77 Daneli vermikülitin boşluklu duvarlarda uygulanması [22,s 267].

Vermikülit ısı tutucu malzemeler çatı arasındaki döşemelerin üzerine de uygulanır. İstenilen kalınlıklarda tavanların kirişleri arasına çuvallardan dökülerek uygulanır (Şekil 3.78). Ahşap kirişli döşemelerde, eğer buhar bariyeri kullanılacaksa, buhar bariyeri ahşap kirişlerin altına iç kaplama malzemesi uygulanmadan önce döşenmelidir (Şekil 3.79), [9,s 81].



Şekil 3.78 Daneli vermikülitin çatı arası döşemelerde uygulanması [9,s 81].



Şekil 3.79 Ahşap kirişli döşemelerde daneli vermikülit uygulaması öncesi buhar bariyeri serilmesi [22,s 267].

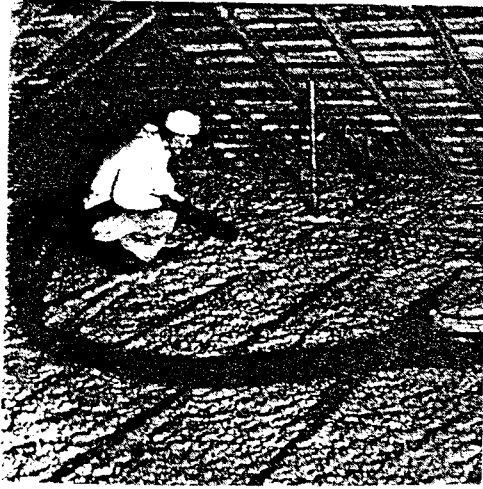
3.5.3 Taşyünü/camyünü

Taşyünü ve cam yünü mineral kökenli ısı tutucu malzemeler daneli olarak da ısı yalıtımında kullanılır. Duvarlarda kullanımları taşyününden ve camyününden oluşturulmuş yarı rijit şiltelerden daha az sıklıkla olmaktadır. Daha sıklıkla uygulanmaları çatı aralarındaki döşemelerin kirişleri arasında olmaktadır. Taşyünü daneleri çuvallardan direkt olarak dökülebildikleri gibi ulaşılabilen dar yerlere basınçlı bir hortum yardımıyla uygulanırlar (Şekil 3.80), [13,s 483].



Şekil 3.80 Daneli taşıyının basınçlı hortum ile uygulanması [13,s 483].

Duvarlara ve tavanlara mineral kökenli daneli bu ısı tutucu malzemeler pnömatik basınçla bir hortumla üflenerek uygulanır. Bu işlem özel aygıtlarla donanmış uygulayıcılar tarafından yapılır. Döşemedeki kirişler arasındaki boşluklar yeterli ısı tutucu malzeme ile kirişlerin derinliğini dolduracak şekilde yapılır (Şekil 3.81), [22,s 265].



Şekil 3.81 Döşeme ahşap kirişlerin daneli taşıyını veya camyünü ile doldurulması [22,s 267].

3.6 BLOK HALİNDE ÖRÜLEREK KULLANILANLARIN UYGULANMALARI

Tuğla, gazbeton, bimsblok gibi ısı tutucu yapı taşları normal duvar örgü kurallarına uyularak örülür. Fakat yatay ve düşey derzlerin ısı köprüsü oluşturmaması gereklidir. Bu nedenle özel olarak üretilmiş tuğlalar harç kalıbı kullanmak suretiyle örülerek uygulanır.

3.6.1 Gazbeton

Gazbeton ürünler harçlı ve tutkallı bloklar, taşıyıcı düşey duvar elemanları, yatay duvar elemanları ve taşıyıcı çatı ve döşeme plaklarıdır. Bu ürünlerden harçlı ve tutkallı bloklar dışındaki yapı elemanları donatılı olup, hepsinin ayrı uygulanma yöntemleri mevcuttur.

Mekan boyutlu paneller daha çok büyük açıklıklar gerektirmeyen konut, büro, hastane gibi yapılarda kullanılırken yer yer 7.20 metre civarında kolon açıklıkları ve 3 - 8 metre gibi kat yükseklikleri gerektiren fabrika, sinema salonu, hangar benzeri yapılarda gerek yeterli büyüklükte mekan boyutlu panellerin üretilmemesi, gerek taşıma ve montaj güçlükleri, dış kabuk ve iç bölmelerin parçalı olarak oluşturulmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu durumda bir boyutu mekanın bir açıklığını karşılayan, diğer boyutu ise tasarım modülünün bir birimini oluşturan hafif bileşenlerin kullanılması yoluna gidilmektedir. Dolayısıyla taşıyıcı duvarların oluşturulmasında gazbeton henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ancak taşınan veya kendini taşıyan dış kabuk ve iç bölmelerde gerekli işlevlere yönelik performansları sağladığı için tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Gazbeton küçük boyutlu bileşenler, mekan boyutlu panellerin olarak tanımadığı açıklıkların geçilmesinde en geçerli çözümlerden biridir. Ayrıca boyut hassasiyetleri ve düzgün yüzeyleri, birleştirilme ve işlenebilme basitlikleri dikkate değer özellikleri arasında olduğu için tercih sebebidir.

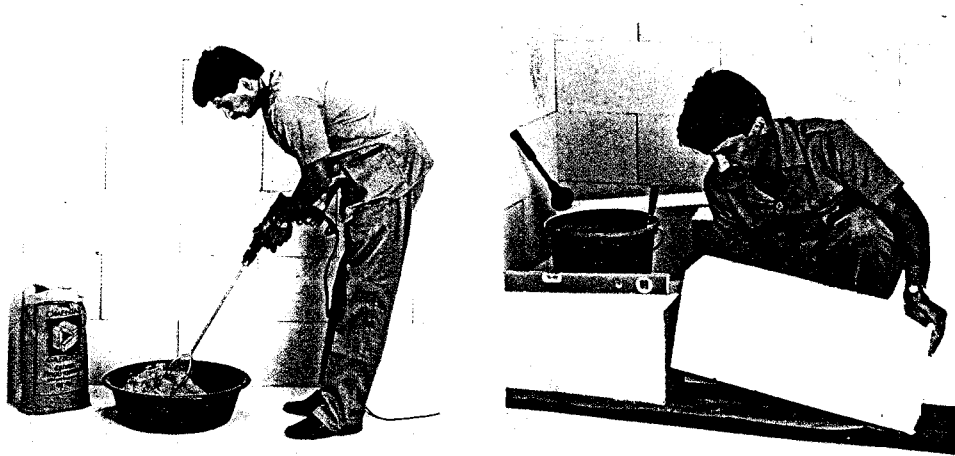
3.6.1.1 Harçlı ve tutkallı bloklar

Gazbeton bloklar donatısız olup harç ile örülebildiği gibi özel tutkal ile de örülmektedir.

Harç ile örülen gazbeton blokların duvar harcı, yapışkan kolay işlenebilen ve iyi aderans veren bir harç olmalıdır. Bünyesinde karışım suyunu tutabilen bir harçla örülmesi gereken gazbeton bloklar işleme başlamadan önce bir bidon suya daldırılıp çıkarılarak örülür. Böylelikle harç suyunun kuru malzeme tarafından tamamıyla emilerek harcın mukavemetinin düşmesi önlenmiş olmaktadır.

Yatay ve düşey duvar derzleri tam olarak harç ile doldurulurken, duvar harç kalınlığı 1 cm. olmaktadır. Daha fazla kalın harç tabakası duvarın taşıma gücünü azaltacağı gibi duvardan ısı kaybını da arttıracığı için bu duruma dikkat edilmektedir [75].

Tutkallı gazbeton blokları uygulamalarında, önceden hazırlanmış ve paketlenmiş tutkalların su ile el matkabı yardımıyla karıştırılıp hazırlanmasından sonra, ilk blok sırası yerleştirilmeden önce tesviye harcı dökülür. Tesviye harcının üzerine bitümlü karton serilir ve harç uygulanarak bloklar dizilir (Şekil 3.82). Daha sonra temizlenen blok yüzeyinin üzerine blok kalınlığına uygun bir gazbeton mala ile tutkal sürülerek düşey derzler en az 12.5 cm. şaşırtılarak bloklar örülmektedir. Derzlerin düzgünlüğü lastik çekiç kullanılarak sağlanmaktadır [76].



Şekil 3.82 Tutkalın hazırlanması ve blokların tutkal sürülerek uygulanması [76].

3.6.1.2 Yatay duvar elemanları

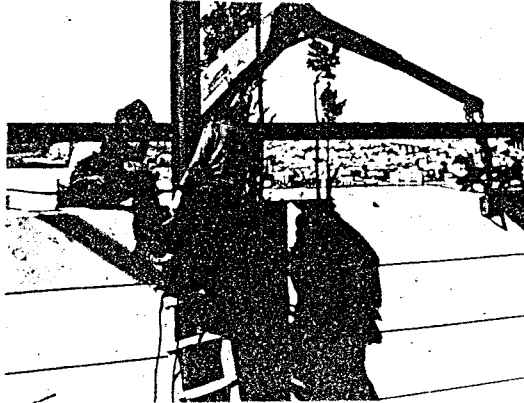
10 cm. kalınlıktan 25 cm. kalınlığa ve en fazla 6 m boya kadar üretilen donatılı prefabrik elemanlar olan yatay duvar elemanları iç ve dış duvarlar oluşumunda kullanılmaktadır.

Prefabrik eleman olması nedeniyle duvar grayferi gibi montaj aletleri ile montaj edilir. Zemin rutubetini kesmek için ilk elemanın oturacağı yüzeye rutubet kesici bir tabaka döşendikten sonra harç dökülerek ilk eleman teraziye alınır.

Bu duvar elemanları lamba ve zıvanalı imal edildikleri için kuru monte edilirler ve her elemanın zıvana kısmına sağlı sollu iki şerit bitümlü köpük tesbit edilir (Şekil 3.83). Yatay duvar grayferi ile montaj yapılan elemanların her biri önce kolona tesbit edilir (Şekil 3.84). Elemanların çelik kolonlara tesbiti ankraj, montaj demiri, galvanizli lama ile yapılırken, betonarme kolonlara tesbit ankraj rayı veya montaj demiri galvanizli lama ve alüminyum profil ile yapılır.

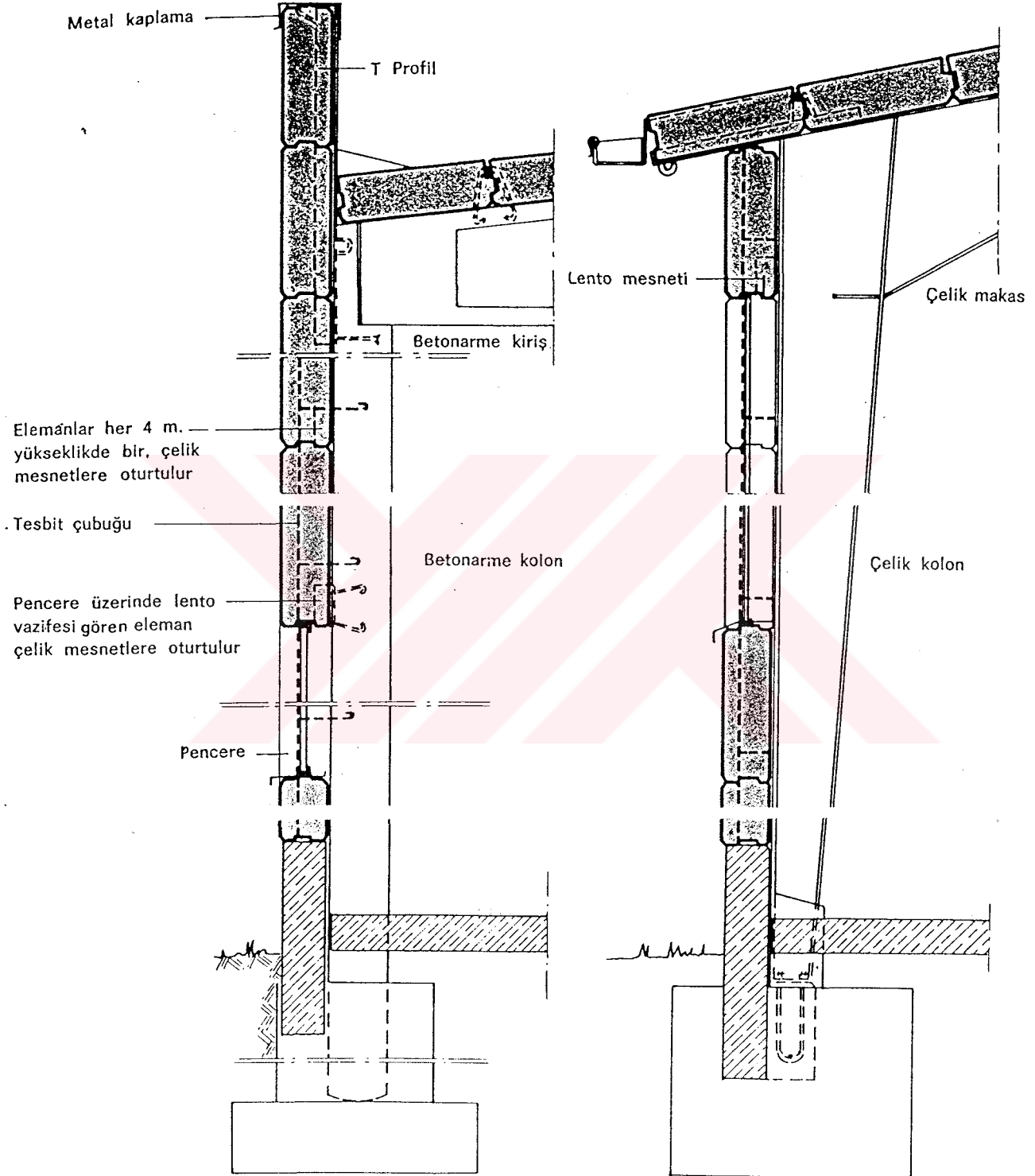


Şekil 3.83 Yatay duvar bloklarının sağına ve soluna bitümlü köpük tesbiti [77].

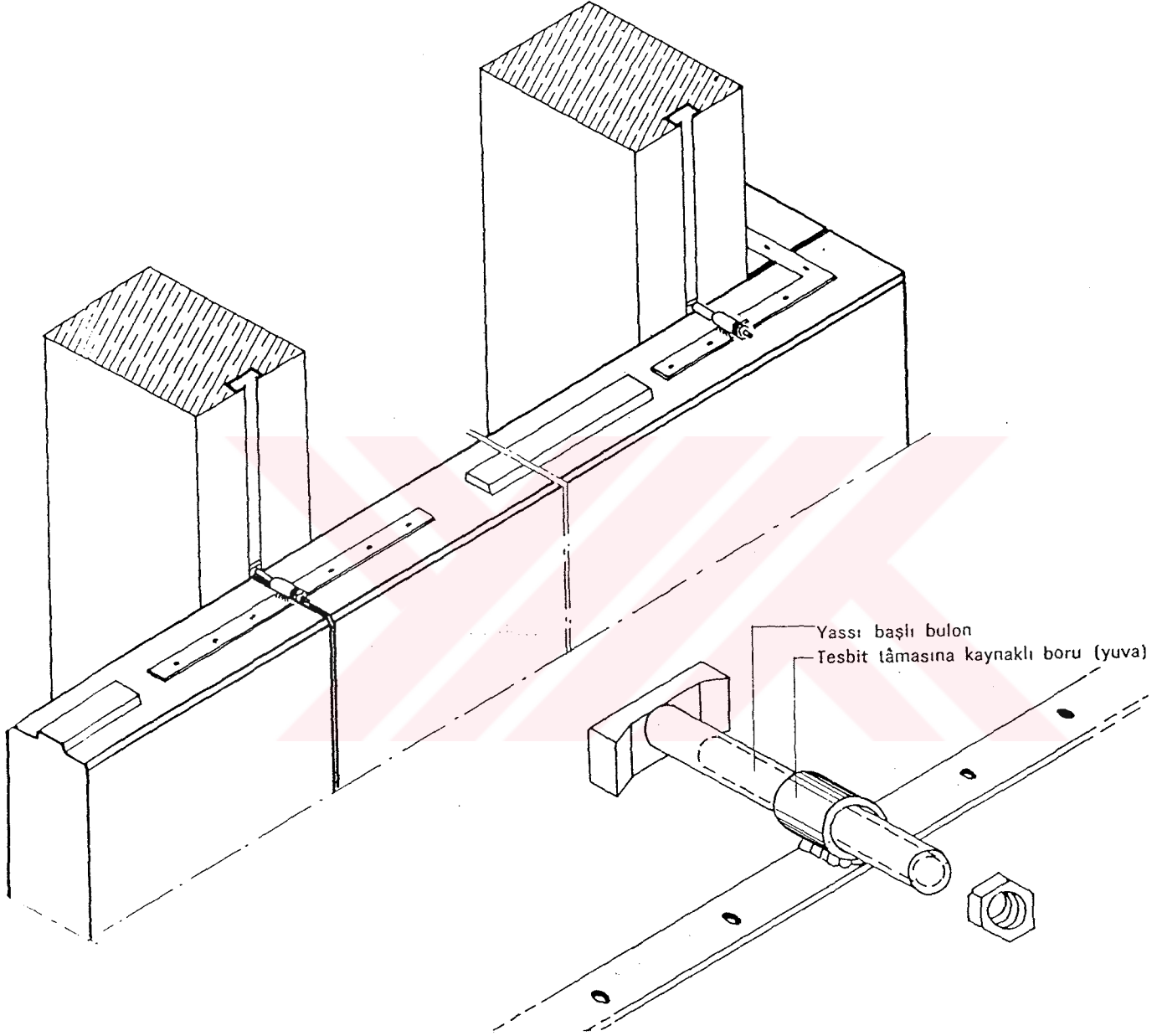


Şekil 3.84 Yatay duvar elemanlarının yatay duvar grayferi ile montajı [77].

Elemanların elik kolonlara tesbiti ankraj, montaj demiri, galvanizli lama ile yapılırken, betonarme kolonlara tesbit ankraj rayı veya montaj demiri galvanizli lama ve alüminyum profil ile yapılır (Şekil 3.85, 3.86), [77].



Şekil 3.85 Gazbeton yatay duvar elemanlarının taşıyıcı konstrüksiyona tesbit detayı [77].



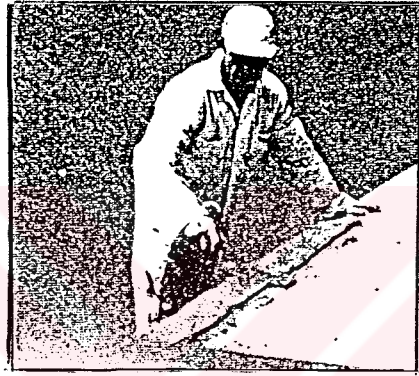
Şekil 3.86 Gazbeton yatay duvar elemanlarının betonarme kolonlara ankraj rayı ,tesbit laması ve bulon ile tesbit detayı [77].

Yatay duvar elemanlarının alınlarında meydana gelen düşey derzler daimi elastik kalan derz dolgu maddeleri ile doldurulur. Bu işlemler tamamlandıktan sonra çatı saçağı veya konsol elemanları olan yapılarda çatı montajı yapılır.

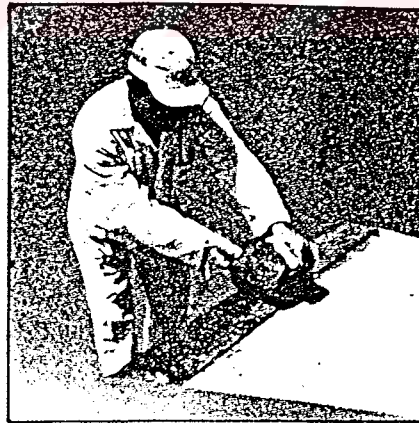
3.6.1.3 Taşıyıcı düşey duvar elemanları

İç ve dış duvarlarda kullanılmak üzere kat yüksekliğinde donatılı olarak imal edilmiş, taşıyıcı düşey duvar elemanları prefabrik yapı elemanlarıdır.

Pahlı olarak üretilen düşey duvar elemanlarının montajdan önce pahları gözden geçirildikten sonra gerekirse pah rendesi ile yapım artıkları temizlenir. Daha sonra elemanlarının döşeneceği zeminin düzgün ve terazide olması için zemin ince bir çimento harç ile tesviye edilir (Şekil 3.87). Zeminden yükselecek rutubete karşı rutubet kesici bir tabaka serilir (Şekil 3.88).

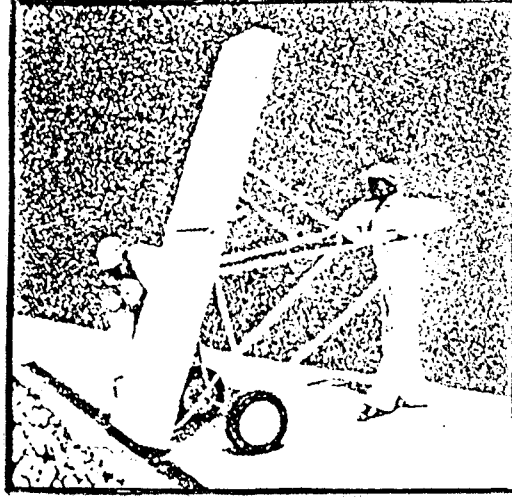


Şekil 3.87 Zeminin çimento harçı ile tesviye edilmesi [78].



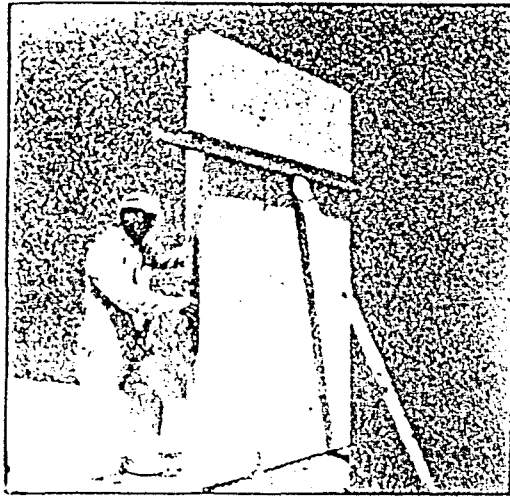
Şekil 3.88 Zemine rutubet kesici tabaka serilmesi [78].

Genellikle bina köşesinden başlanan montajda, harç tabakası üzerine elemanlar montaj arabası kullanılarak rahatça ve dikine oturtulması ve harç tabakasının dağılmaması ve dışarıya taşmaması sağlanır (Şekil 3.89).

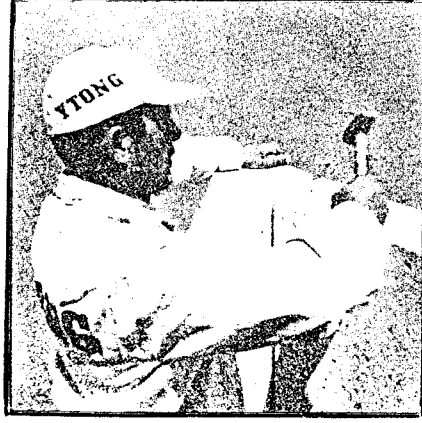


Şekil 3.89 Düşey gazbeton elemanın montaj arabası kullanılarak montajının yapılması [78].

Ahşap bir mastar köşeden köşeye tesbit edilecek montajın bu mastara göre ve her elemanın şekülü alınarak yapılması sağlanır (Şekil 3.90). Her yeni eleman yan elemana sıkıştırma manivelası ile iyice sıkıştırılmalıdır. Bu işlemler yapılırken montaj hatalarını tesbit etmek için yer yer işaretler konulur ve montajın doğru yapılabilmesi için bu işaretlere dikkat edilir. Şerbetleme işleminden önce elemanlar üst başlıktan paslanmaz çivi veya ahşap lata ile tesbit edilir (Şekil 3.91).



Şekil 3.90 Elemanların şeküle alınması [78].



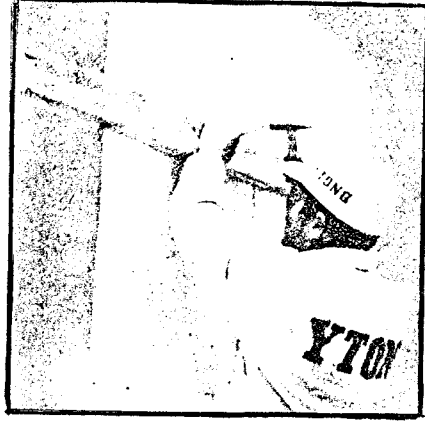
Şekil 3.91 Şerbetleme öncesi elemanların paslanmaz çivi ve ahşap lata ile üst başlıktan tesbit edilmesi [78].

Duvar montajı tamamlandıktan sonra elemanların birleşim yerlerinde bulunan daire kesitindeki şerbet kanalları şerbetleme işlemi başlamadan önce ıslatılır. Bundan sonra elemanın üst düzeyinden yaklaşık 8 cm. aşağıya kadar 300 dozlu sulu çimento şerbeti ile doldurulur (Şekil 3.92), [78].



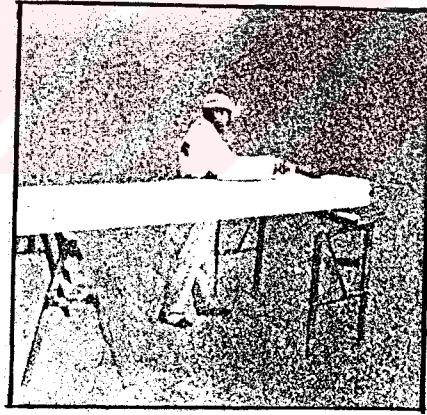
Şekil 3.92 Şerbet kanallarının şerbet ile doldurulması [78].

Duvar elemanları montajdan sonra uzun süre bağlantısız kalacaksa ve 2-3m'den fazla açıklıktaki bağlantısız duvarlar, duvar üst başlık hizasından takviye edilir (Şekil 3.93), [78].



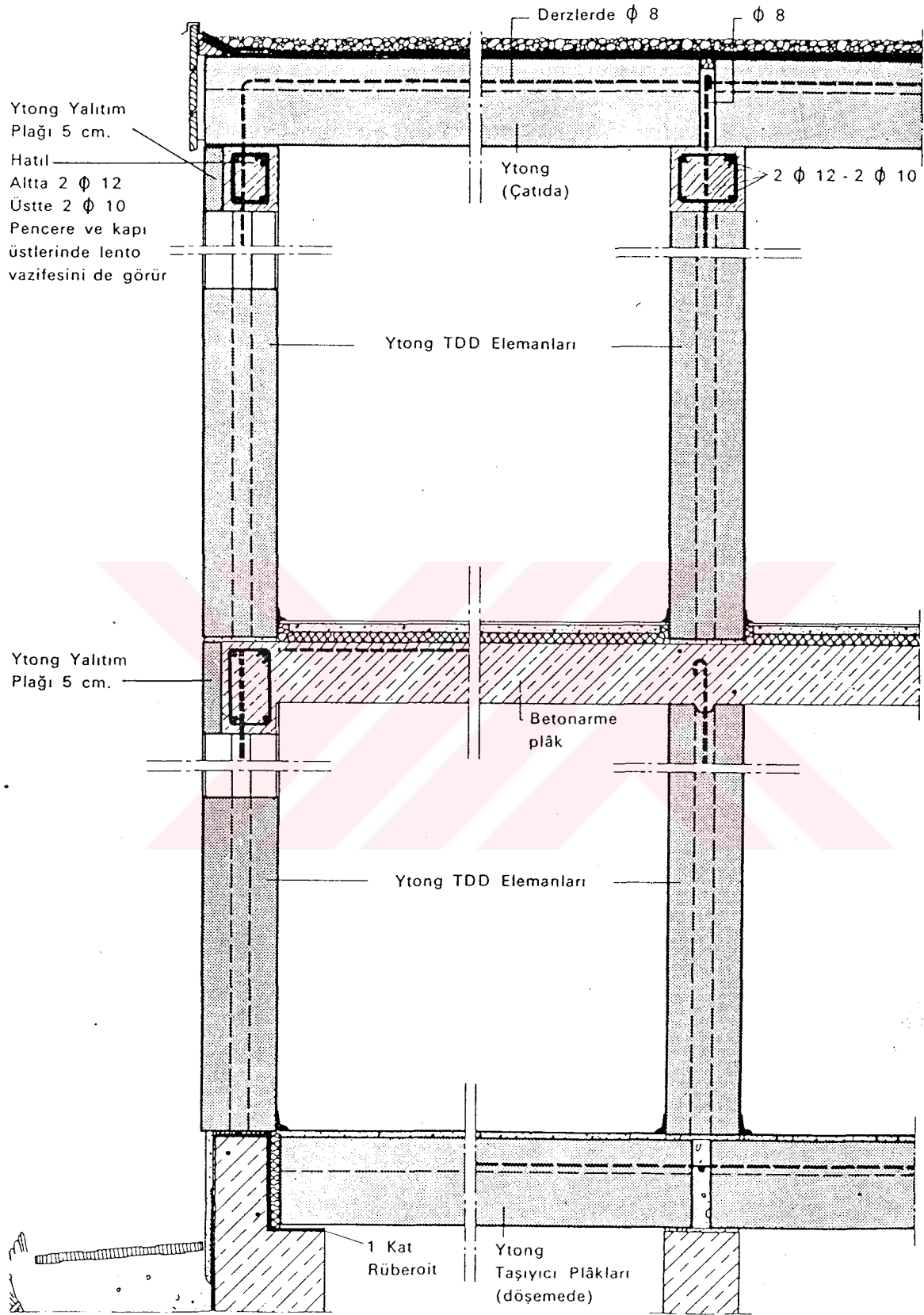
Şekil 3.93 Bağlantısız duvarların üst başlık hizasından takviye edilmesi [78].

Montaj sırasında dikkat edilmesi gereken bir husus montajın daima köşeden köşeye veya köşeden pencere veya kapı açıklığı doğrultusunda olmasıdır. Bu suretle son elemanın montajında güçlük çekilmez ve elemanların kesilmesi gerekiyorsa kesilerek monte edilir (Şekil 3.94), [78].



Şekil 3.94 Gazbeton elemanların kesilmesi [78].

Şerbetleme işleminde üstte boş kalan 8 cm.'lik kısım sonradan hatıl betonu dökülürken bir seferde doldurulur. Statik zorunluluk görülürse düşey serbest kanallarına $\phi 8$ mm.'lik donatı konulmaktadır. Elemanların döşeme ve hatıllara bağlanması bu filizlere olabilmektedir (Şekil 3.95), [78].



Şekil 3.95 Gazbeton taşıyıcı düşey duvar elemanları ile oluşturulmuş binanın sistem detayı [78].

Ahşap payandalar ile şerbet priz yapana kadar kaldırılmamaktadır ve duvar üzerinde hiç bir işlem yapılmamaktadır. En az 3 gün sonra elemanlar elektrik, su tesisatı kanalları ve yuvaları açmak için işlemlere başlanır [78].

Yüzey işleminden önce pahlı duvar elemanlarının pahları (düşey derzler) elastik bir derz dolgu maddesi ile doldurulur. Pahsız düşey duvar elemanlarında ise düşey plak derzleri yüzey işleminden önce yaklaşık 10 cm. eninde fibrocamlar şeridi ile takviye edilir. Şeritler iki yandan yaklaşık 3 cm.'lik bir kısmı ile gazbeton zemine yapıştırılarak derz üzerinde yeterli esneklik yaratılır [78].

3.6.1.4 Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları

Dış ortama açık gazbeton çatı ve döşeme elemanları havalandırmalı (soğuk) veya havalandırmaz (sıcak) çatıların oluşumunda kullanılırlar.

•*Soğuk (havalandırmalı) çatılarda gazbeton çatı elemanlarının uygulaması:*

Gazbeton çatı elemanı ısı geçirgenlik direnci yeterli seçildiği takdirde yapı fiziği yönünden tercih edilecek kaplama çeşidi havalandırmalı soğuk çatıdır. Çatı elemanının her iki istikamette de kuruma imkanı olduğundan bu çeşit çatılarda meydana gelebilecek kondensasyon suyu en kısa zamanda bünyeden atılabilmektedir.

Sıcak yüze buhar geçirgenlik direnci yüksek bir kaplama (plastik boya gibi) uygulaması kış kondensasyonunu azaltacağından yararlı olmaktadır.

Gazbeton taşıyıcı çatı elemanları ile sağlıklı bir soğuk çatı uygulaması için DIN 4108'e göre aşağıda verilecek şartların uygulanması gereklidir.

Çatı eğimi 10^0 'den az olduğunda;

- Çatı elemanı ile çatı örtüsü arasında kalan havalandırma kesitinin en az 5 cm. olması,

- Havalandırılan çatı kesitinin buhar geçirgenlik direnci $s_d = \mu \cdot s > 10$ m olması,

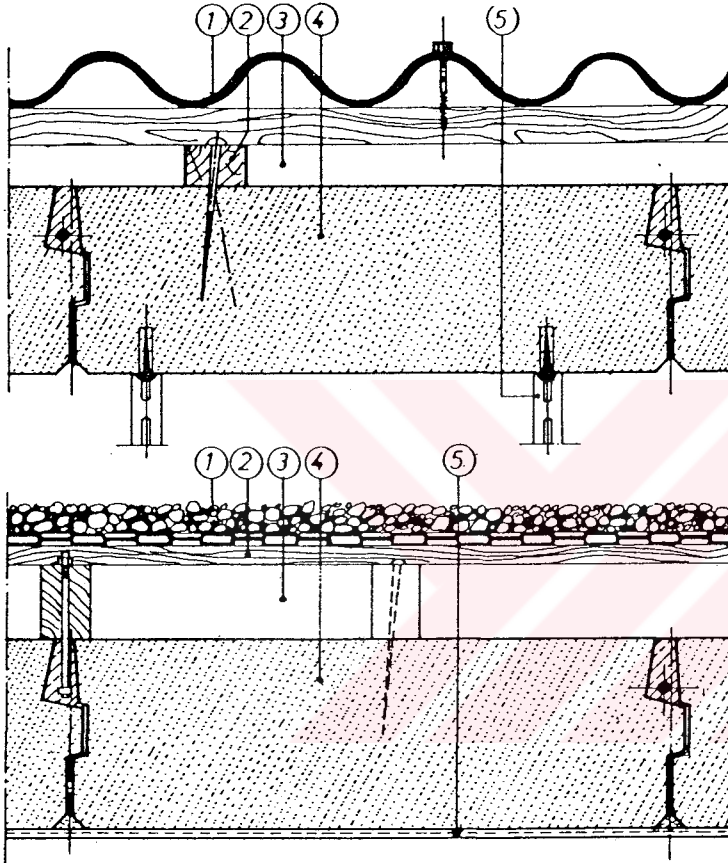
- Karşılıklı en az iki çatı eteğindeki dışa açık havalandırma alanlarının eğimli çatı alanına oranı her bir etekte % 0,2'den az olmaması gereklidir.

Çatı eğimi 10^0 fazla olduğunda;

- Çatı elemanı ile çatı örtüsü arasında kalan havalandırma kesitinin en az 2 cm olması,

- Karşılıklı en az iki çatı eteğindeki dışa açık havalandırma alanlarının eğimli çatı alanına oranı her bir etekte %0,2'den az olmaması, ancak 200 cm²/m'den de az olmaması gereklidir [27,s 77].

Aşağıda havalandırmalı soğuk çatıda gazbeton çatı elemanı ile çatı oluşum detayı verilmektedir (Şekil 3.96).



Soğuk çatı (Sanayi tipi)

Üst kabuk

- 1 Oluklu asbest veya bitüm levha
- 2 Lata
- 3 Havalandırma
- Alt kabuk
- 4 YTONG Çatı elemanı
- 5 Dübelli asma tavan

Soğuk çatı (Konut tipi)

Üst kabuk

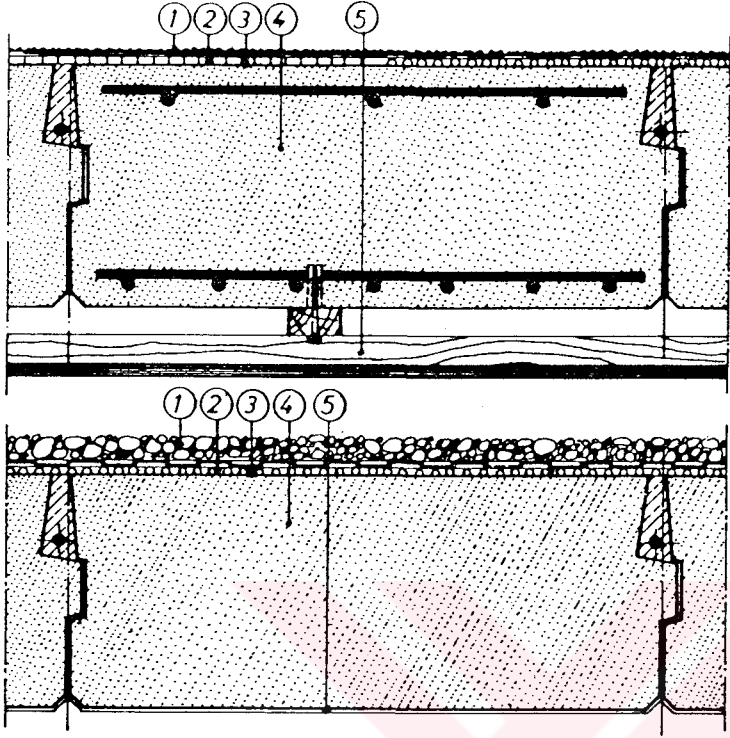
- 1 Koruyucu tabaka (Çakıl 15/30) ve çatı kaplar
- 2 Lamba zıvana ahşap kaplama
- 3 Havalandırma
- Alt kabuk
- 4 YTONG Çatı elemanı
- 5 Derzler macun dolgusu tüm yüzeyi örtecek cam elyaf donatılı sentetik sıva, boya

Şekil 3.96 Gazbeton çatı elemanları ile havalandırmalı çatı oluşum detayı [27,s 80].

• Havalandırmasız (sıcak) çatılarda gazbeton taşıyıcı çatı elemanı uygulaması:

Çatılarda rastlanan yapı hasarlarının büyük bölümü havalandırmasız sıcak çatı uygulamalarında yapılan detay veya uygulama hataları sonucu ortaya çıkması nedeniyle gazbeton çatı elemanının ısı geçirgenlik direnci mutlaka yeterli seçilmelidir. Ayrıca normal iç iklim şartlarına sahip konut ve sanayi yapılarında elemanlar yalnız iç yüzlerinden kuruma olanağına sahip olduklarından iç yüzleri teneffüs yeteneğini önlemeyecek kaplamalar ile örtülmelidir. (Ahşap asma tavan, alçı levha örtüsü gibi) [27,s 78].

Aşağıda havalandırmaz sıcak çatıda gazbeton çatı elemanı ile oluşturulan çatı detayı verilmektedir [27,s 80].



Sıcak çatı (Konut tipi)

- 1 Koruyucu tabaka (çakıl) ve sıcak çatı kaplama;
- 2 Buhar dengeleyici
- 3 Soğuk bitüm
- 4 YTONG çatı elemanı
- 5 Asman tavan (Dübelli ahşap ızgara, alçı plaka, şap.)

Sıcak çatı (Konut ve sanayi tipi)

- 1 Koruyucu tabaka (Çakıl 15/30) ve sıcak çatı kaplaması
- 2 Buhar dengeleyici
- 3 Soğuk bitüm
- 4 YTONG çatı elemanı
- 5 Sentetik sıva

Şekil 3.97 Gazbeton çatı elemanları ile havalandırmaz sıcak çatı oluşum detayı [27,s 80].

Bileşen türünde kılcal su emişi düşük olmasından dolayı sıvasız ve brüt olarak rahatlıkla kullanılmalarına rağmen, genellikle sıva uygulaması yapılır. Sıvaların gazbetonun yüksek ısı tutuculuğu ile uyum sağlayabilecek, dış etkilere karşı koyabilecek düzeyde olabilmesi için mineral ve sentetik sıva olan akril ve vinil esaslı sıva ve kaplamalar tercih edilir. Ancak mineral sıvalar, gazbeton dış duvarları sadece yüzeysel olabilecek don hasarlarından ve mekanik etkilerden korumaktadır. Bu yüzden devamlı rüzgar basınçlı sağnak yağmur suyuna maruz bina cephelerinde dış duvarlarda geçiçi veya devamlı rutubet birikimi arzu edilmiyorsa, bu duvarların mineral sıvalarına kılcal su emme direncini artırıcı harç katkı maddeleri veya bu sıvaların üzerine sentetik yüzey kaplamaları tatbik edilmelidir.

%2-%5 oranında suda inceltilmiş yapı silikonu olan hidrofor kaplamalar gazbeton üzerine veya mineral sıvalar üzerine sürüldüğünde kendisi bir tabaka teşkil etmemektedir. Gözenekler açık kalmakta ve buhar geçirgenlik direnci değişmektedir. Fakat buna karşılık yüzey hidrofor hale geldiğinden moleküler yüzey gerilimi

dolayısıyla su nufuz edememekte gazbeton ufalanabilir bir malzeme olmasına rağmen taneler halinde yüzeyden dökülmemektedir.

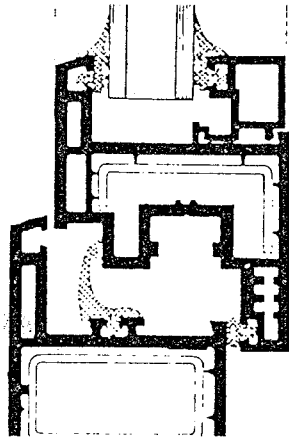
Sıvaya hazırlanan yüzeylerin her tür toz ve kirden arındırılması ve hafifçe ıslatılması gerekiyor. Bunun yanında gazbetonun gözenekli ve ufalanabilir bir malzeme olmasından dolayı sıva kalınlığının gereğinden fazla artmaması için elemanların yüzey ve köşelerinin kırılmadan yapım yerine ulaştırılması gerekir [26].

3.7 GAZLARIN ISI TAŞINIMINA ENGEL OLACAK ŞEKİLDE HAPSOLUNMASI İLE OLUŞTURULAN ISI TUTUCULARIN UYGULANMALARI

Hava ve diğer gazların ısı taşınımına (konveksiyon) engel olacak hareketsiz hava ya da gaz ile oluşturulan ısı tutuculardır. Bu tür uygulamanın en yaygın örneği iki veya üç levha camın deneylerle belirlenmiş aralıklarla, aralarındaki havanın nemi alınarak biraraya getirilmesidir [9].

3.7.1 Isıcam

Bu gruptaki en yaygın örnek ısıcam olarak bilinen iki ya da üç katmanlı camların pencerelerde kullanılmasıdır. Ahşap, alüminyum plastik doğramalı pencerelerde rahatlıkla uygulanmaktadır. Aşağıda plastik doğramalı pencere sisteminde ısıcam uygulama detayı verilmektedir (Şekil 3.98), [79,s 65].



Şekil 3.98 Plastik doğramalı pencere sisteminde ısıcam uygulama detayı [79,s 65].

BÖLÜM 4

ISI TUTUCU MALZEMELERİN YURT DIŞINDA VE ÜLKEMİZDEKİ KULLANIMLARI

Isı tutucu malzemeler ülkemizde gerek yaygın kullanımı, gerek inşaat sektöründeki yeri ve gerekse mevzuatta yer alması bakımından uzun sayılmayacak bir geçmişe sahiptir [48,s 24].

Ülkemizde büyük kitlelerin henüz barınma savaşı verdiği düşünülecek olursa yalıtım konusunda ulusca neden çok gerilerde kaldığımız ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda, İstanbul'un gelir düzeyi yüksek bölgelerinde yalıtım düşüncesine ilgi ve yaklaşım görülürken, gelir seviyesi düşük bölgelerinde bu ilgiye hiç rastlanmamaktadır [7,s 38].

Yapılarda ısı yalıtımı ile ilgili olarak ülkemizdeki ilk çalışma, 1970 senesinde yayınlanan "TS 825 Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları" isimli Türk Standartıdır. Büyük ölçüde ilgili Alman Standardı 4108 paralelindeki bu standartın ve daha sonra Mayıs 1975'de ve Haziran 1979'da "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" adı altında çıkartılan TS 825'in kısmen gözden geçirilmiş şekillerinde uygulamaya yansiyarak etkili olduğu söylenemez.

Bu konudaki ilk etkin uygulamanın 30 Ekim 1981 tarihinde yayınlanan ve yürütmeyi İmar ve İskan Bakanlığı'na, denetimi de Belediye İmar Müdürlüklerine veren yönetmelik olduğu söylenebilir.

Bundan sonra 19 Kasım 1984 tarihinde, yeni yapıların yanısıra, "yakıt tasarrufu ve hava kirliliğinin azaltılması" amacı ile mevcut yapılarda da ısı yalıtımını zorunlu kılan bir yönetmelik yayınlanmış, ancak tatbikatta uygulamaya yansımamıştır.

16 Ocak 1985 tarihinde ise, 30 Ekim 1981 tarihli yönetmelikle dört bölge olarak belirlenen Türkiye İklim Bölgelerini tekrar üçe indiren bazı değişiklikleri ihtiva

eden konu ile ilgili son yönetmelik yayınlanmış olup, bu yönetmelik halen yürürlükte dir [80,s 2-3].

Ülkemizde bu çalışmalar yapılırken birçok dış ülke bu konuya daha ciddi yaklaşmakta ve bu yöndeki çalışmalar daha fazla olmaktadır. Örneğin İngiltere’de 1978 yılında TIMSA adında kurulmuş bir dernek ısı yalıtım malzemeleri, yardımcı aksesuarları ve hizmetleri konusunda ülkelerinde faaliyet gösteren imalatçıları, danışmanları, satıcıları ve dağıtımçıları kapsamaktadır. Bu dernek yalıtımın gerekliliği ve yalıtımın çevre korumasındaki rolü konusundaki bilinci artırmak ve standartlar koymak amaçlarını taşımaktadır [81,s 12].

Dolayısı ile yalıtım düşüncesi belli bir yaşam düzeyine ulaşmış kişi ve toplumlar için güncel hale gelmektedir. Nitekim bu olgu dünyada kişi başına tüketilen ısı yalıtım malzemesi miktarlarına göz atıldığında hemen görülmektedir [7,s 38].

Yurtdışında ısı ve ses izolasyonu devlet tarafından teşvik edilmekte ve bağlayıcı yönetmeliklerle uygulama sağlanmaktadır. Örneğin Almanya’da, İngiltere’de, Fransa’da, İsveç’te ısı yalıtımı yaptıracak kişilere ister kullanıcı ister mal sahibi olsun ısı yalıtım malzemesi alımı için kredi vermekte ve ödeme için uzun vade tanınmaktadır [25,s 42].

Aşağıda çeşitli ülkelerin kişi başına enerji tüketimleri ile, kişi başına ısı tutucu malzeme tüketim karşılaştırılması verilmektedir (Tablo 4.1), [82,s 41].

Tablo 4.1 Çeşitli ülkelerin kişi başına düşen enerji tüketimi ve izolasyon malzemesi kullanım miktarı [82,s 41].

	ÜLKE	Enerji Tüketimi (kep/kişi)	İzolasyon Mz. Tüketimi (m ³ /kişi)
Kuzey Avrupa	Finlandiya	3985	1.13
	İsveç	3503	1.03
	Danimarka	3742	0.99
	Norveç	4748	0.95
Kuzey Amerika	Kanada	6941	0.78
	USA	6679	0.49
Orta Avrupa	Almanya	3936	0.33
	İsviçre	2656	0.33
	Fransa	2604	0.28
	Avusturya	2813	0.25
	Hollanda	5084	0.22
	Belçika	3892	0.21
	İngiltere	3575	0.16
	İtalya	2499	0.08
Akdeniz Ülkeleri	İspanya	1474	0.05
	Yunanistan	1716	0.05
	Türkiye	782	0.02
Tropik Ülkeler	Avustralya	4792	0.17
	Kuveyt	6434	0.12
	Japonya	2619	0.09
	Arjantin	1338	0.02
	Güney Afrika	1971	0.016
	Brezilya	537	0.008

Tablo 4.1’de görüldüğü üzere Türkiye’de yalıtım malzemesi kullanma miktarı çok azdır. Türkiye ile aynı nüfuz ve konuma sahip Fransa’da, 15 kat daha fazla ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Bu sayede Fransa, petrol tüketimini enerji

krizinden bu yana, %40'a yakın indirebilmiştir. Fransa'da çatılarda ısı yalıtımı kalınlığı 25 cm.'dir. Ülkemizde yönetmeliklerin önerdiği ve diğer ülkelere göre yetersiz olan 6 cm. ile 10 cm. yalıtım kalınlığı dahi maalesef uygulanmamaktadır. Buna bağlı olarak yalnız çatı değil, duvar ve döşeme ısı yalıtımı da aynı şekilde ihmal edilmektedir. Ekonomik ısı yalıtım kalınlıkları, yakıt fiyatlarının yükselmesi ile artmaktadır. Ekonomik ısı yalıtım kalınlığı her şehir ve bölge için yeniden tesbit edilerek ve belirli periyotlarla bu kalınlıklar artırılarak enerji tasarrufu reel bir şekilde devam ettirilmelidir [25,s 42].



BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 SONUÇLAR

Günümüzde hava kirliliğinin gün geçtikçe artması, enerji kaynaklarının tükenmekte olması ve enerji maliyetinin artması, değişen değer yargıları karşısında konfor anlayışının gelişmesi ısı yalıtımını giderek ağırlık kazanıp yaygınlaştırmaktadır. Bu nedenle farklı firmalar tarafından üretilen çeşitli ısı tutucu malzemeler piyasaya sürülmektedir. Fakat ısı yalıtımının gerekliliğini kabul eden kullanıcı, uygulayıcı ve tasarımcılar ısı tutucu malzemeleri yeterince tanımamakta ve halen özellikle ülkemizde yaygın bir biçimde uygulanmamaktadır.

Isı tutucu malzemelerin sadece ısı iletkenliği göz önüne alınarak yapılan uygulamalardan beklenen sonuçlar alınmamaktadır. Dolayısıyla ısı tutucu malzemenin buhar difüzyon direnç katsayısı, basınç, çekme mukavemeti, yanmazlık ve alev geçirmezliği, kimyasal etkenlere karşı dayanıklılığı, su ve nemden etkilenmemezliği, çürümemezliği, uzun ömürlü olması gibi fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin de bilinmesi ve bu özelliklere göre uygulanması daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Bunun yanı sıra, ısı tutucu malzemelerin özelliklerinin çok iyi bilinmesi yeterli olmamaktadır. Aynı zamanda tasarımcılar tarafından yapısal düzenlemelerine dikkat edilmeli, nerede hangi malzemenin kullanılacağına doğru karar verilmelidir. Ayrıca uygulayıcıların deneyimli olup malzemenin doğru uygulanması, ısı köprülerinin oluşmaması gereklidir.

Yapılan bu çalışma sonucu görülmektedir ki; ısı tutucu malzemenin doğru uygulanmasının getirdiği bir çok avantajlar vardır. Bunlar; iklimsel konfor koşullarının sağlanması ve bunun sonucu sağlıklı mekanların oluşması, yakıt ve enerji giderlerinin azalması ve sağlanacak ekonomik avantajlar diye sıralanabilir.

5.2 ÖNERİLER

Yapılarda ısı tutucu malzemelerin uygulanmaları her yapı elemanında aynı olmadığı için, getirilen çözümler de farklıdır. Bu nedenle; ısı tutucu malzemenin kullanılacağı yerin iyice etüd edilmesi ve malzemenin uygunluğu dikkate alınarak planlamalar yapılmalıdır. Özellikle sonradan telafisi zor olan sorunlar ile karşılaşmamak için, su, nem ve noktasal ile yayılı yük problemlerin olduğu yapı elemanlarında doğru ısı tutucu malzeme seçilmesine ve uygulanmasına titizlikle yaklaşılmalıdır.

Bu konuda, tasarım ve kontrol aşamasında biz mimarlardan uygulayıcıya kadar önemli görevler düşmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] NEĞİŞ, T., Binalarda Isı Tecridi ve Isı Yalıtım Malzemeleri, İnşaat Dergisi, Şubat 1988, Sayı:3, S: 20,23
- [2] ERÜN, M., Binalarda Isı İzolasyonu ile Yakıt Tasarrufu, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, Nisan 1986, S: 2
- [3] WATSON, D., A., Construction Materials and Processes, Second Edition, S:187
- [4] ILGAZ, T., Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, Ekim 1979, S:20,23,29,30
- [5] CHUDLEY, R., Construction Technology 2, Logman Scientific & Technical, Singapore, 1987, S:194
- [6] ÖZER, M., Yapıların Isı, Su ve Buhar Yalıtımları, Haşmet Basımevi, İstanbul, 1974, S: 76,77,79,80,81,120,134,136,137
- [7] BABÜR, B., Yalıtımın Neresindeyiz, Yapı Dergisi, Sayı:80, Yem Yayınevi, İstanbul, 1988, S: 38
- [8] GÜRDAL, E., Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtkan Malzemeler, İnşaat Dergisi, Mayıs 1990, S: 26-34
- [9] CLOSE, P., D., Thermal Insulation of Buildings, Reinhold Publishing Corporation, Newyork, 1947, S:56,81,254,255
- [10] TOYDEMİR, N., TANAÇAN, L., SAYIL, B., Isı Tutucu Malzemeler ve Uygulanmaları, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, 1991, Sayı:77, S: 67-72
- [11] ANON., Heraklith Baustoffe AG Türkiye’de İhtisas Esaslı Teknik Bilgilendirme ve Danışmanlık Hizmetine Özen Gösteriyor, Dünya İnşaat Dergisi, Temmuz 1994, Sayı:119/7, S:32
- [12] ILGAZ, T., Isısal ve Nemsel Olaylarla İlgili Koşullar Açısından Sızdırmaz Örtümlü Dam Yapılar Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, K.T.Ü., Baskı Atölyesi, 1969, S: 90,93,97,98,106
- [13] HORNBOSTEL, C., Materials for Architecture, Reinhold Publishing Corporation, Newyork, 1961, S:243,274

- [14] OLIN, H., B., SCHMIDT, J., L., LEWIS, W., H., Construction, Principles, Materials and Methods, Von Nostrand Reinhold, 1995, S:480-483
- [15] CRONE, T., Architectural Construction, Second Edition, 1956, S:177,178
- [16] SEELEY, I., H., Building Technology, Third Edition, Macmillan Education Ltd., London, 1986, S:133
- [17] DAĞSÖZ, A., K., Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi, Meta Basım Yayın Sanayi ve Ticaret Ltd., S:92,93,95,101
- [18] STULZ, R., MUKERJİ, K., Appropriate Building Materials, Enlarged Edition, Intermediate Technology Publication, London, 1988, S:83
- [19] COMRIE, J., NASH, G., D., The Thermal Insulation of Buildings, Multi Machine Plates Ltd., London, 1955, S: 120
- [20] BİNYILDIZ, E., TURAN, O., TÜRKER, A., Ses - Isı - Su Yalıtımı Eğitimi, Ode Mühendislik, 17-18 Ocak 1997, İstanbul, S:23,27,32,33
- [21] HARDY, S., Time-Saver Details for Roof Design, Mc. Graw Hill Companies, 1988, Newyork, S:122,124,126,127,131,132
- [22] CLOSE, P., D., Sound Control and Thermal Insulation of Buildings, Reinhold Publishing Corporation, 1966, Newyork, S:223, 227, 229, 245, 248, 254, 264-267
- [23] PAROC, Paroc Building Insulation, Ürün Kataloğu
- [24] İŞİKEL, K., İzolasyonda Yeni Bir Ürün İzocam Taşyünü, Dünya İnşaat, Mayıs 1994, Sayı: 119/5, S:26
- [25] OYMAEL, S., Yapılarda Isı Yalıtımı Sorunları ve Çözüm Yolları, Yalıtım Dergisi, Mart-Nisan 1997, Sayı:5, S:42,43,45
- [26] ANON., Gazbeton Kullanımı Artıyor, İnşaat Dergisi, Kasım 1990, S:11,16,17
- [27] ANON., Ytong El Kitabı-1, Türk Ytong Sanayi A.Ş. Teknik Yayını, Teknik Yayın, No:1, S:11,19,37,38,51,53,77-80
- [28] TAŞKESENGİL, İ., İnşaat Sektöründe Pomza, I. Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S:109
- [29] POSTACIOĞLU, B., Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, Cilt 2, Beton, Agregalar, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 1987, İstanbul, S:233,397-399

- [30] ANON., Yapılarımızda Bims ile Isı Yalıtımı Nevbims, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, 1990, Sayı:65, S:67
- [31] ANON., Architectural Engineering, F. W. Dodge Corporation, 1955, S:379,380
- [32] ISİBİMS, Hafif Yapı Elemanları Broşürü
- [33] TOYDEMİR, N., TANAÇAN, L., SAYIL, B., Çağdaş Bir Yalıtım Malzemesi Cam köpüğü, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, Sayı:71, S:47-50,55
- [34] ÜMİT, G., Yapılarda Temelden Çatıya Cam ve Cam Kökenli Malzeme Türleri ve Uygulama Örnekleri, Sempozyum Bildiriler, YEM Yayını, 23 Aralık 1993
- [35] ANON., Pittsburg Corning Europe, Camköpüğü Broşürü, S:2
- [36] ANON., Isı ve Ses Yalıtımı, İnşaat Dergisi, Mayıs 1990, S:44
- [37] TOYDEMİR, N., Cam Yapı Malzemeleri, Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık Tic. A.Ş., Eskişehir, 1990, S:46
- [38] ANON., The Foamglas Compact Roof-Performance and Cost-Effectiveness, Pittsburg Corning, S:3,4,8,9,10,17
- [39] EVERETT, A., Mitchell's Materials, Longman Limited, Fifth Edition, 1994, Essex, U.K., S:23,140-143,277
- [40] SMITH, R. C., ANDRES, C. K., Materials of Construction, Mc Graw-Hill Book Company, Singapore, Fourth Edition, 1989, S: 277,349
- [41] SKEIST, I., Plastics in Building, Reinhold Publishing Corporation, Newyork, S:169-172,184,185
- [42] MARDAV YALITIM ve İNŞAAT, Firma Broşürleri, S:3, 10, 11
- [43] ÖZDURAN, M., S., Yapıların Isı Yalıtımında Kullanılan Polistren Sert Köpük (eps) Dünyada ve Türkiye'deki Gelişmeleri, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, Haziran 1996, S:76
- [44] PAKDİL, F., A., Anahatları ile İnşaat Sektöründe Poliüretan, İnşaat Dergisi, Mart 1992, S:63-65
- [45] ANON., Isı Yalıtımında Poliüretan Mucizesi, Yalıtım Dergisi, Mayıs-Haziran, 1997, Sayı:6, S:61
- [46] ANON., Bre Digest Building Materials, The Construction Press Ltd., London, 1977, Second Edition, S:196,197,200,201

- [47] PEHLİVAN, A., Polietilen Esaslı Yalıtım Malzemeleri ve Uygulamaları, Yalıtım Dergisi, Temmuz-Ağustos 1997, Sayı:7, S:39,42
- [48] ANON., Türkiye Isı Yalıtım Malzemeleri Pazarına Bir Bakış, İnşaat Dergisi, Şubat 1988, S:24, 29
- [49] YALGIN, S., İnşaat Sektöründe Genleşmiş Perlit Kullanımı, Etibank Matbaası, Nisan 1983, Ankara, S:9-39
- [50] ANON., Binalarda Kalıcı Isı Yalıtımı için Etiper, İnşaat Dergisi, Mayıs 1994, S:68-70
- [51] TANAÇAN, L., Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit ve Bazı Katkıları Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, İ.T.Ü, Mayıs 1993, S:35-37
- [52] TOYDEMİR, N., Kompozit Yapı Malzemeleri Kompozit Yapı Bileşenleri ve Yalıtım, Yapı Dergisi, 1988, Sayı:8, S:39,40
- [53] YILDIRIM, B., Sandviç Kompozitler ve Mimarlıkta Kullanım Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Ocak 1998, İTÜ, S: 45-47,57,61,67,72,76,77
- [54] BİÇER, Y., Yalıtım Malzemesi Olarak Bimsli Betonlar, Yalıtım Dergisi, Ocak-Şubat 1997, Sayı:4, S:29,30
- [55] ANON., Yapıda Perlit Kullanımı, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, Aralık-Ocak 1986, S:37,39
- [56] ANON., Perlitin Değerini Bilmiyoruz, İnşaat Dergisi, Ağustos 1990, Sayı:33, S:13
- [57] AŞAR, E., Bina İç Duvarlarında Isı Yalıtımı ve Perlit, Yalıtım Dergisi, Eylül-Ekim 1997, Sayı:8, S:35
- [58] GÜRDAL, E., II. Ulusal Alçı Kongresi, Alçı Üreticileri Derneği, Mayıs 1997
- [59] ANON., Genleştirilmiş Perlit Tuğla Yatırımcısını Arıyor, Yalıtım Dergisi, Temmuz-Ağustos, 1997, Sayı:7, S:59
- [60] HERAKLİTH Kataloğu, Products, S:4,6-8,11,12
- [61] HERAKLİTH Kataloğu, Akustik, S:4
- [62] ANON., Su, Ses, Isı, Nem Yalıtımında Pimapen Pencere Sistemi, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, 19 Ekim 1989, S:66
- [63] ANON., İzocam Kalibel Uygulaması, İzolasyon Dünyası Dergisi, Mayıs-Haziran, 1998, Sayı:11, S:54

- [64] İZOCAM, Çatıların Isı ve Ses İzolasyonu, Teknik Yayını, Ekim 1990
- [65] İZOCAM, İzocam Teras Çatı, Teknik Yayını, Mart 1990
- [66] İZOCAM, Villarda Isı, Ses ve Su Yalıtım Sorunları ve Çözümleri, Teknik Bilgi Yayını, 1996
- [67] HERAKLİTH, Heraklith Wall, Firma Broşürü
- [68] İZOCAM, Ürün Kataloğu, 1997
- [69] İZOCAM, Dış Duvarların Isı ve Ses İzolasyonu, Teknik Yayın, Nisan 1990
- [70] HERAKLİTH, Heraklith Systeme, Firma Broşürü
- [71] İNPER, Ürün Kataloğu
- [72] ÇIKVAŞVİLİ, B., R., Poliüretan Sert Köpüğü Püskürtme ile Isı Yalıtımı, Yalıtım Dergisi, Ocak-Şubat 1997, Sayı:4, S:47-50
- [73] GÜNAY, G., Isı Yalıtımında Poliüretan, İzolasyon Dünyası Dergisi, Ocak-Şubat 1998, Sayı:9, S:38
- [74] ANON., Çağdaş, Ucuz, Sağlıklı Çatı Önerileri, Dünya İnşaat, Temmuz 1994, Sayı:119/7
- [75] ANON., Duvar Harçlı Blokları Özellik ve Kullanma Yöntemi, Ytong Teknik Yayını
- [76] ÇİMENTAŞ Gazbeton Ürün Kataloğu
- [77] ANON., Yatay Duvarlar, Ytong Teknik Yayını
- [78] ANON., Taşıyıcı Düşey Duvar Elemanları Özellik ve Kullanma Yöntemi, Ytong Teknik Yayını
- [79] ANON., Su, Ses, Isı, Nem Yalıtımında Pimapen Pencere Sistemi, Dizayn-Konstrüksiyon Dergisi, Ekim 1989, S:65
- [80] SUNGUROĞLU, İ., ERSOY H., Y., İzolasyon (Su, Isı ve Isı-nem), Kurs Notları, 11-12 Ocak 1988, S:2,3
- [81] ANON., TIMSA (Isı İzolasyonu İmalatçıları ve Satıcıları Derneği) Makalesi, İzolasyon Dünyası Dergisi, Mart-Nisan 1988, Sayı:10, S:12
- [82] ANON., İzocam Teknik Yayını, S:41