İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

127045

PİŞMİŞ TOPRAK TUĞLA, BİMSBETON, GAZBETON VE PERLİTLİ YAPI MALZEMELERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Y. Emre ÇİÇEK
502991090

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2002

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Mustafa E. KARAGÜLER
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Erol GÜRDAL
Prof.Dr. Halit Yaşa ERSOY (M.S.Ü.)

MAYIS 2002

127045

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı hazırlamamda bana gerekli her türlü desteği veren hocam, Doç. Dr. Sn. Mustafa E. KARAGÜLER'e ve Yapı Malzemesi Birimi öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bugünlere gelmemi sağlayan sevgili aileme, ilk öğretmenim Sn. Suzan ÖZADAK'a, bu fakülteyi ve mesleğimi sevmemi sağlayan Dr. Sn. M. Cem ALTUN'a, en zor zamanlarımda desteğini benden esirgemeyen Güneş ŞENOL'a, okul ve iş arkadaşlarıma ve bu ülkenin ilerlemesi için çalışan bütün bireylere teşekkür ederim.

Yunus Emre ÇİÇEK

Mayıs, 2002

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR vi
TABLO LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ viii
SEMBOL LİSTESİ xi
ÖZET xii
SUMMARY xv

1. GİRİŞ 1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı 1

2. MALZEME OLARAK PİŞMİŞ TUĞLANIN İNCELENMESİ 2
2.1. Tanımı ve Sınıflandırılması 2
2.2. Üretim Teknolojisi 4
2.3. Tüketim Alanları 5
2.4. Özellikleri 5
2.4.1. Fiziksel özellikler 5
2.4.2. Kimyasal özellikler 8
2.4.3. Mekanik özellikler 8
2.5. İlgili Standartlar 9

3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE PİŞMİŞ TUĞLA KULLANIMI 13
3.1. Taşıyıcı Olarak Kullanımı 13
3.1.1. Yığma yapıların duvarlarında kullanımı 13
3.1.2. Pişmiş toprak tuğla putrelli döşemelerde kullanımı 14
3.2. Dolgu Olarak Kullanımı 17
3.2.1. Betonarme yapıların duvarlarında kullanımı 17
3.2.2. Betonarme yapıların döşemelerinde kullanımı 19

4. MALZEME OLARAK BİMSİN İNCELENMESİ 20
4.1. Tanımı ve Sınıflandırılması 20
4.2. Oluşumu 21
4.3. Üretim Teknolojisi 24
4.4. Türkiye'de Bulunduğu Yerler 24
4.5. Tüketim Alanları 25
4.6. Özellikleri 26
4.6.1. Fiziksel özellikler 26
4.6.2. Kimyasal özellikler 29
4.6.3. Mekanik özellikler 30
4.7. İlgili Standartlar 31

5. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİMS KULLANIMI **33**
5.1. Donatısız Yapı Malzemeleri 33
5.1.1. Bimsblok 34
5.1.1.1. Tanımı ve Sınıflandırılması 34
5.1.1.2. Üretim Teknolojisi 34
5.1.1.3. Ürünler (TS 2823'e göre) 39
5.1.1.4. Özellikleri 44
5.1.2. Bims agregalı hafif beton 48
5.1.2.1. Tanımı 48
5.1.2.2. Karışım oranları ve deney koşulları 48
5.1.2.3. Özellikleri 51
5.2. Donatılı Yapı Elemanları 53
5.2.1. Taşıyıcı düşey duvar elemanları 53
5.2.2. Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları 54
5.2.3. Baca ve şömine elemanları 56

6. MALZEME OLARAK GAZBETONUN İNCELENMESİ **58**
6.1. Tanımı ve Sınıflandırılması 58
6.2. Üretim Teknolojisi 60
6.3. Tüketim Alanları 61
6.4. Özellikleri 62
6.4.1. Fiziksel özellikler 62
6.4.2. Kimyasal özellikler 68
6.4.3. Mekanik özellikler 69
6.5. İlgili Standartlar 71

7. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE GAZBETON KULLANIMI **73**
7.1. Donatısız Yapı Malzemeleri 73
7.1.1. Duvar blokları 73
7.1.1.1. Düz bloklar 74
7.1.1.2. Geçmeli bloklar 74
7.1.2. Asmolen bloklar 74
7.1.3. U bloklar 75
7.1.4. Yalıtım plakaları 76
7.2. Donatılı Yapı Elemanları 77
7.2.1. Taşıyıcı olmayan elemanlar 77
7.2.1.1. Düşey duvar elemanları 77
7.2.1.2. Yatay duvar elemanları 78
7.2.1.3. Bölme duvar elemanları 79
7.2.1.4. Kapı-pencere lentoları 80
7.2.2. Taşıyıcı Elemanlar 81
7.2.2.1. Taşıyıcı düşey duvar elemanları 82

7.2.2.2. Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları 82

8. MALZEME OLARAK PERLİTİN İNCELENMESİ 86
8.1. Tanımı ve Sınıflandırılması 86
8.2. Oluşumu 87
8.3. Üretim Teknolojisi 87
8.4. Türkiye'de Bulunduğu Yerler 88
8.5. Tüketim Alanları 88
8.6. Özellikleri 89
8.6.1. Fiziksel özellikler 89
8.6.2. Kimyasal özellikler 91
8.6.3. Mekanik özellikler 92
8.7. İlgili Standartlar 92

9. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE PERLİT KULLANIMI 93
9.1. İnşaat Malzemesi Olarak Kullanımı 93
9.1.1. Perlitli Sıvalar 93
9.1.2. Isı ve ses yalıtıcı gevşek dolgu maddesi olarak perlit kullanımı 94
9.1.3. Alçılı Perlitli Hafif Yapı Elemanları 94
9.1.3.1. Blok Tuğla 96
9.1.3.2. Bölme Panosu 96
9.2. Taşıyıcı Malzeme Olarak Kullanımı 96
9.2.1. Perlit agregalı hafif yalıtım betonu (Çimento veya alçı bağlayıcılı) 96

10. PİŞMİŞ TOPRAK TUĞLA, BİMSBETON, GAZBETON VE ALÇILI PERLİTTEN ÜRETİLEN ÜRÜNLERİN ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 98
10.1. Bims, Gazbeton ve Perlitin Özelliklerinin Karşılaştırılması 98
10.1.1. Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması 98
10.1.2. Kimyasal Özelliklerin Karşılaştırılması 100
10.2. Pişmiş toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton ve Alçılı Perlitten Üretilen Donatısız Ürünlerin Özelliklerinin Karşılaştırılması 101
10.2.1. Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması 101
10.2.2. Mekanik Özelliklerin Karşılaştırılması 102

11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 105

KAYNAKLAR 108

ÖZGEÇMİŞ 112

KISALTMALAR

TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
DIN	: Alman Endüstrisi Standartları (Deutsche Industrie Normen)
EN	: Avrupa Standartları (European Norms)
ARGE	: Araştırma Geliştirme
M.Ö.	: Milattan Önce

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1.	Tuğlaların anma boyutları	6
Tablo 2.2.	Tuğla gerçek boyutlarının sınır değerleri ve bu boyutlar arasında kabul edilebilecek farklar	8
Tablo 2.3.	Fabrika tuğlalarının hacim ağırlığı ve basınç dayanımı değerleri	9
Tablo 4.1.	Bims agregası tane büyüklüğü dağılımı (Granülometrik bileşim)	27
Tablo 4.2.	Asidik ve bazik özellikteki Bimslerin tipik kimyasal bileşimleri	30
Tablo 5.1.	Boşluklu duvar Bimsblokları için boyut sınırlandırmaları	39
Tablo 5.2.	Çift sıra delikli (ÇD) Bimsblokların teknik özellikleri	42
Tablo 5.3.	Bimsblokların ısı iletkenlik değerleri	45
Tablo 5.4.	Dış duvarlar için istenen ses yalıtım değerleri	46
Tablo 5.5.	Bimsblok ile örülmüş duvarların sağladığı değerler	46
Tablo 5.6.	Bimsbetondan mamul bloklar için basınç mukavemet değerleri	47
Tablo 5.7.	Bimsbeton türleri ve basınç mukavemet değerleri	48
Tablo 6.1.	Gazbetonun çeşitli birim hacim ağırlıkları için porozitesi	62
Tablo 6.2.	Kuru gazbetonun ısı iletkenlik değerleri	63
Tablo 6.3.	Gazbetonun kuru birim hacim ağırlığı-elastisite modülü değerleri	70
Tablo 6.4.	Gazbetonun birim hacim ağırlığı-kayma gerilmesi değerleri	71
Tablo 8.1.	Perlitin tipik kimyasal birleşimi	91
Tablo 10.1.	Bims, gazbeton ve perlitin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması	98
Tablo 10.2.	Bims, gazbeton ve perlitin kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması	98
Tablo 10.3.	Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitten üretilen donatısız ürünlerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması	104
Tablo 10.4.	Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitten üretilen donatısız ürünlerin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması	104

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	: Çeşitli tuğla tiplerinin sembolik görünümü	4
Şekil 3.1	: Yığma tuğla duvarda çeşitli örgü şekilleri	13
Şekil 3.2	: Dolu tuğladan volta döşeme	15
Şekil 3.3	: Delikli tuğladan volta döşeme	15
Şekil 3.4	: Pişmiş toprak tuğla putrelli döşeme kesiti	15
Şekil 3.5	: Prefabrike pişmiş toprak tuğla putrelli döşeme kesitleri	16
Şekil 3.6	Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin hazırlanması sırasında dökülen döşemeler	16
Şekil 3.7	: Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin yerlerine yerleştirilmesinden sonra dökülen döşemeler	16
Şekil 3.8	: Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin hazırlanması sırasında dökülen döşemeler	17
Şekil 3.9	: Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin yerlerine yerleştirilmesinden sonra dökülen döşemeler	17
Şekil 3.10	: Maya Sitesi	18
Şekil 3.11	: Hilal Konakları	18
Şekil 3.12	: EGS Holding Binası	18
Şekil 3.13	: Asmolen tuğla dolgulu betonarme dişli döşeme örneği	19
Şekil 4.1	: Bims taşının sembolik görünümü	20
Şekil 4.2	: Asidik Bimsin sembolik örnekleri	21
Şekil 4.3	: Bazik (Bazaltik) Bimsin sembolik örnekleri	21
Şekil 4.4	: Bir volkanın aktivite dinamiğinin sembolik gösterimi	22
Şekil 4.5	: Bims oluşumunun sembolik gösterimi	23
Şekil 4.6	: Bims oluşumlarının taşınmasının sembolik gösterimi	23
Şekil 4.7	: Isparta yöresi Bims oluşumlarından genel bir görünüm	24
Şekil 4.8	: Bimsin nem içeriği-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi	28
Şekil 4.9	: Bimsin kuru birim hacim ağırlık-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi	28
Şekil 4.10	: Bimsin yüzeyler arası sıcaklık farkı-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi	29
Şekil 4.11	: Bimsin sıcaklık-yapısal değişim ilişkisi	29
Şekil 5.1	: Bimsbloğun sembolik görünümü	34
Şekil 5.2	: Yükleyici ve kamyonlarla Bimsin ocaktan üretimi	35
Şekil 5.3	: Bimsin ocaktan kamyonlarla nakledilmesi	35
Şekil 5.4	: Kırma ünitesi (Rebaunt Kırıcı) ve ön elek	35
Şekil 5.5	: Ana eleme ünitesi ve tasnif edilmiş cevher stok bant konveyörleri	36
Şekil 5.6	: Boyut tasnifi yapılan Bimsin, silolarda toplanması	36
Şekil 5.7	: Hafif beton karışımının mikser ünitesinde hazırlanması	36
Şekil 5.8	: Miks hafif betonun vibrasyon+baskı ünitesinde preslenmesi	37
Şekil 5.9	: İlk prizlerini almak üzere kamaralarda bekletilen ürünler	37
Şekil 5.10	: Priz süresini tamamlamak için stok sahasında istiflenen ürünler	37

Şekil 5.11 : Nakledilmek üzere ürünlerin forklift ile kamyonlara yüklenmesi 38
Şekil 5.12 : Bimsblok üretim sürecinin sembolik akım şeması 38
Şekil 5.13 : Bimsblok ürünlerinin sembolik görünümü 40
Şekil 5.14 : Bimsblokların ölçüm prensipleri 40
Şekil 5.15 : Bimsblokların ölçüm prensipleri 41
Şekil 5.16 : Tek sıra delikli Bimsblokların yük taşıma kapasitesi 42
Şekil 5.17 : Kenar-köşe elemanı dolu Bimsblokların sembolik görünüşü 43
Şekil 5.18 : Kemer elemanı Bimsblokların uygulama prensibi 43
Şekil 5.19 : Bahçe duvar elemanı halka Bimsblok tipleri 43
Şekil 5.20 : Çok sıra boşluklu Bimsbloğun ses yutuculuk değerleri (190/390/185) 46
Şekil 5.21 : Çok sıra boşluklu Bimsbloğun ses yutuculuk değerleri (250/390/240) 46
Şekil 5.22 : U-Formlu donatılı taşıyıcı düşey duvar elemanı 53
Şekil 5.23 : Panel şeklinde donatılı taşıyıcı düşey duvar elemanı 54
Şekil 5.24 : Bimsbeton tuğlalı betonarme döşemenin şematik kesiti 54
Şekil 5.25 : Bimsbetondan çatı plaklarının perspektifi ve kesitleri 54
Şekil 5.26 : Bimsbetondan çatı plağı uygulama detayı 55
Şekil 5.27 : Bimsbetondan çatı plağı uygulama detayı 55
Şekil 5.28 : Bimsblok döşeme tuğlası uygulama detayı 55
Şekil 5.29 : Çift delikli baca ve şömine elemanı 56
Şekil 5.30 : Kamuya açık hizmet binası, Hunsrück, Almanya 56
Şekil 5.31 : Depo binası, Boppard, Almanya 56
Şekil 5.32 : Çok katlı apartman bloğu, Andernach, Almanya 57
Şekil 6.1 : Gazbetonun sembolik görünümü 58
Şekil 6.2 : Gözenekli yapısının sembolik görünümü 58
Şekil 6.3 : Gazbetonu oluşturan malzemelerin sembolik görünümü 59
Şekil 6.4 : Gazbetonun şematik üretim süreci 61
Şekil 6.5 : Gazbetonun kuru birim hacim ağırlığı-ısı iletkenlik ilişkisi 63
Şekil 6.6 : Gazbetonun ağırlıkça nem içeriği-ısı iletkenlik ilişkisi 63
Şekil 6.7 : Gazbetonun ağırlıkça nem içeriği-rötre ilişkisi 64
Şekil 6.8 : Gazbetonun yıllar içerisinde geçirdiği nem içeriği değişimi 65
Şekil 6.9 : Gazbetonun malzeme sıcaklığı-basınç mukavemeti değişimi ilişkisi 67
Şekil 6.10 : Gazbetonun malzeme sıcaklığı-hacim değişimi ilişkisi 67
Şekil 6.11 : Yapı malzemelerinde birim alan ağırlığı-ses yalıtımı ilişkisi 68
Şekil 6.12 : Gazbetonun basınç mukavemeti-kuru birim hacim ağırlığı ilişkisi 69
Şekil 6.13 : Gazbetonun basınç mukavemeti-ağırlığı malzeme nemi ilişkisi . 70
Şekil 7.1 : Düz gazbeton duvar blok örneği 74
Şekil 7.2 : Geçmeli gazbeton duvar blok örneği 74
Şekil 7.3 : Asmolen gazbeton blok örneği 75
Şekil 7.4 : Üzeri çatı ile örtülmüş asmolen döşeme detayı 75
Şekil 7.5 : Isıtılmayan bodrum+bina girişi üzerindeki asmolen döşeme detayı 75
Şekil 7.6 : Gazbeton U-blok örneği 76
Şekil 7.7 : Gazbeton yalıtım plaka örneği 76
Şekil 7.8 : Gazbeton yalıtım plaka kaplı döşeme detayı 77
Şekil 7.9 : Gazbeton düşey duvar elemanları ile oluşturulan cephe örneği ... 78
Şekil 7.10 : Gazbeton yatay duvar elemanı örneği 78

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Şekil 7.11 : Gazbeton yatay duvar elemanı profil yapısı 79
Şekil 7.12 : Gazbeton bölme duvar elemanı örneği 79
Şekil 7.13 : Gazbeton bölme duvar elemanı profil yapısı 80
Şekil 7.14 : Gazbeton kapı lentosu örneği 80
Şekil 7.15 : Gazbeton kapı lentosu örneği 81
Şekil 7.16 : Gazbeton taşıyıcı düşey duvar elemanı örneği 82
Şekil 7.17 : Gazbeton taşıyıcı düşey duvar elemanı profil yapısı 82
Şekil 7.18 : Gazbeton taşıyıcı çatı ve döşeme elemanı örneği 83
Şekil 7.19 : Üzeri çatı ile örtülmüş döşeme detayı 83
Şekil 7.20 : Isıtılmayan bodrum+bina girişi üzerindeki asmolen döşeme detayı 83
Şekil 7.21 : Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı bir konut (Türkiye) 84
Şekil 7.22 : Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı mağaza binası (Almanya) 84
Şekil 7.23 : Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı bir konut (İtalya) 84
Şekil 7.24 : Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı bir hizmet binası (Japonya) 85
Şekil 8.1 : Ham perlitin sembolik görünümü 86
Şekil 8.2 : Genleştirilmiş perlitin sembolik görünümü 86
Şekil 8.3 : Perlitin genleşme eğrisi (birim hacim ağırlık-zaman ilişkisi) 88
Şekil 8.4 : Perlitin birim hacim ağırlık–ısı iletkenlik ilişkisi 90
Şekil 8.5 : Perlitin sıcaklık değişimi–ısı iletkenlik ilişkisi 91
Şekil 9.1 : Perlitli sıva uygulamalarından örnekler 93
Şekil 9.2 : Alçılı perlitli blok tuğlanın görünüş ve detayları 95
Şekil 9.3 : Alçılı perlitli blok tuğla duvarın perspektif çizimi 95
Şekil 9.4 : Döşemeden ısıtılan binalarda perlit betonu döşeme yalıtım detayı 97

SEMBOL LİSTESİ

b	: En (mm)
l	: Boy (mm)
h	: Yükseklik (mm)
d	: Çap (mm)
λ_k	: Kuru ısı iletkenlik katsayısı (W/mK)
R_m	: Ortalama ses yalıtımı (dB)
μ	: Buhar geçirgenlik direnç faktörü

ÖZET

Pişmiş toprak tuğla ve Bims binlerce yıldan beri, gazbeton ve perlit ise 20. yy.'dan itibaren kullanılan yapı malzemeleridir.
1999 yılında Türkiye'nin yaşadığı deprem felaketlerinden sonra yapıda malzeme tasarımı, seçimi ve konstrüksiyonu konuları ile ilgili çeşitli tartışmalar başlamıştır.
Bu çalışmada, adı geçen yapı malzemelerinin TSE'ye göre tanımı, sınıflandırılması, üretim teknolojisi, tüketim alanları, özellikleri ve inşaat sektöründe kullanımı örnekler eşliğinde verilecektir.
TS 705'e göre pişmiş toprak tuğla (fabrika tuğlası), "Kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri karıştırılarak makinelerle şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir."
Yine TS 705'e göre tuğlalar, delik oranlarına ve dona dayanıklılıklarına göre sınıflandırılabilirken, yapı standartları ve delik yönleri gibi özelliklerine göre de sınıflandırılabilir.
Pişmiş toprak tuğla, binlerce yıllardan beri ağırlıklı olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Pişmiş toprak tuğla, yığma yapıların duvarlarında ve seramik putrelli döşemelerde taşıyıcı olarak kullanıldığı gibi, betonarme yapıların duvar ve döşemelerinde de dolgu olarak kullanılır.
Bims, volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetlerle oluşmuştur. Volkanik bir cam yapısındadır. TSE tarafından yapılan tanımı, birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü, silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1g/cm³ ten büyük, sertliği Mohs skalasına göre yaklaşık 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir maddedir.
Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan Asidik Bims, beyaz, kirli renkte olanıdır. Bazik Bims ise yabancıların Scoria dedikleri, Türkçe'deki Bazaltik Bims olarak bilinen kahverengimsi siyahımsı renkteki Bims türüdür.
Bims, dünya üzerinde (Türkiye'den başka) A.B.D., Almanya, İngiltere, İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda ve Yunanistan'da çıkarılmaktadır.
Bims başlıca inşaat sektöründe, tarım sektöründe ve çeşitli sanayii sektörlerinde aşındırıcı olarak kullanılır.
TS 2823'te Bims ürünleri şöyle tanımlamıştır: "Bimsten mamul yapı elemanları, Bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında, vibrasyonla sıkıştırılıp kür edilen ve gerektiğinde kuvarz kumu da ilave edilerek üretilen yapı elemanlarıdır." Aynı standartta bu yapı elemanları genel olarak donatılı ve donatısız olarak ikiye ayrılmıştır.
Donatısız yapı malzemeleri, genel anlamda Bimsblok ve Bims agregalı hafif beton olarak iki alt gruba ayrılmaktadır. Bimsbloklar da, boyut, şekil ve geometrik durumlarına göre Bims tuğla, boşluklu duvar bimsblokları ve asmolen bloklar 3 ayrı grupta sınıflandırılabilir. Bunların yanında yapılan ARGE çalışmaları ile yeni ürün tiplemeleri de geliştirilmiştir.

TS 2823'e göre "Bimsbeton, agrega olarak Bims agregaları kullanılan, gerektiğinde kuvars kumu da ilave edilerek yapılan hafif betondur." Bimsbetonların sınıflandırılması ise 28 günlük basınç mukavemetlerine göre yapılmıştır.
Donatılı yapı elemanları, taşıyıcı düşey duvar elemanları, taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları ile baca ve şömine elemanları olarak sınıflandırılmaktadır.
TS 453'e göre "Gazbeton, ince öğütülmüş silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç ve/veya çimento) ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturucu bir madde ilavesi ile hafifletilmesi ve buhar kürü ile serleştirilmesi ile elde edilen gözenekli hafif betondur."
Gazbetonun tarihçesine bakıldığında; tarih boyunca yapılarda kullanılan hafif ve gözenekli doğal malzemelerin yapay olarak üretilmesi fikri, 19. yüzyılın sonlarında ortaya atılmıştır. Gaz meydana getiren bir katkı ilavesi ile gözenekli harç imalatı için ilk patent 1889'da verilmiştir. Bunu takiben 1914'te, çimento harca kabartıcı katkı maddesi olarak alüminyum tozu, çinko tozu veya diğer madeni tozların katılması yoluyla hafif beton üretilebileceği görüşü ortaya atılmış ve 1919-1920'de beton harcına kabartıcı madde olarak alüminyum tozu katılarak bugünkü gazbeton üretim teknolojisinin temeli atılmıştır.
Gazbeton, ağırlıklı olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır.
TS 453'e göre, gazbetondan elde edilen ürünler, donatısız yapı malzemeleri ve donatılı yapı elemanları olarak iki ana başlık altında toplanmıştır.
Donatısız yapı malzemeleri, genel anlamda duvar blokları, asmolen bloklar, U bloklar ve yalıtım plakaları dört alt gruba ayrılmaktadır.
Donatılı yapı elemanları, genel olarak taşıyıcı olmayan elemanlar ve taşıyıcı elemanlar şeklinde ikiye ayrılmıştır.
Taşıyıcı olmayan elemanları kendi içinde düşey duvar elemanları, yatay duvar elemanları, bölme duvar elemanları ve kapı-pencere lentoları olarak dörde ayrılır.
Taşıyıcı elemanlar da kendi içinde, taşıyıcı düşey duvar elemanları ve taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları olarak ikiye ayrılır.
Ham perlit, erime bölgesi içinde 760-1200 °C arasında bir sıcaklıkta, bünyesindeki suyun uzaklaşması ile hacminin 4-30 katına kadar genişleme özelliğine sahip silisli volkanik bir camdır.
Perlit yatakları, dünyada üç volkanik kuşak üzerinde bulunmaktadır. Bu kuşaklar, Akdeniz, Pasifik ve Atlantik Volkanik Kuşakları'dır. Adı geçen kuşaklarda bulunan Türkiye, Yunanistan, ABD ve BDT en büyük perlit üreticileridir.
Akdeniz Volkanik Kuşağı'nda bulunan Türkiye'de toplam perlit rezervinin 8 milyar ton olduğu (dünyadaki toplam rezervin %70'i) hesaplanmıştır.
Perlitin en büyük avantajı genleştirilebilme özelliğine sahip olmasıdır. Bu işlem sırasında, yüksek sıcaklıkta (750-1200°C) birkaç saniyede kayaç içindeki su, su buharına dönüşerek genleşmeye neden olur ve yumuşayan danecikler içinde sayısız hava boşluğu oluşur. Bu boşluklar perlitin hacmini 4-30 kat arttırırken, yoğunluğunu da büyük ölçüde düşürür. Bu özelliği sayesinde, perlitten istenilen tipte malzeme kısa zamanda ve minimum enerji tüketimi ile üretilebilmektedir.
Perlit başlıca, inşaat sektöründe, tarım sektöründe ve sanayii sektörlerinde kullanılmaktadır.
İnşaat sektöründe perlit kullanımı genel anlamda, inşaat malzemesi olarak ve taşıyıcı malzeme olarak kullanımı şeklinde iki alt başlıkta incelenebilir.
İnşaat malzemesi olarak kullanımı, perlitli sıvalar, ısı ve ses yalıtıcı gevşek dolgu maddesi olarak kullanımı ve alçılı perlitli hafif yapı elemanları başlıkları altında sınıflandırılabilir.

Taşıyıcı malzeme olarak kullanımı da, perlit agregalı çimento veya alçı bağlayıcılı hafif yalıtım betonu başlığı altında incelenebilir.

Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitli yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini içeren bir karşılaştırma yapıldığında şu genel sonuçlara varılmaktadır:

a) Pişmiş toprak tuğla, geçmişten gelen geleneksel bir malzeme olması ve hammaddesi olan kilin çok kolay bulunmasının da etkisiyle, halen betonarme ve çelik yapıların duvar ve döşemelerinde dolgu olarak en fazla kullanılan yapı malzemesi olma özelliğini korumaktadır. Bu çalışmada incelenen diğer malzemelere göre daha yüksek bir birim hacim ağırlığa sahip olması nedeniyle taşıyıcı sisteme ek bir yük getirmekte, buna karşılık yüksek bir Elastisite modülü ve basınç mukavemetine sahip olduğu için aynı zamanda taşıyıcı sisteme deprem yükü karşısında yardımcı olmaktadır. Bunun yanında, başka yapı malzemeleri ile birlikte kullanılmadığında, ısı yalıtımı ve ses emiciliğinin düşük olması ve bünyesinin bozulmaya uğramadan fazla su emmeye uygun olmaması dezavantajlı yönleri olarak sayılabilir.

b) Bims, kaynak açısından Türkiye'nin şanslı olarak görülebileceği doğal bir yapı malzemesidir. Birbiri ile bağlantısız boşluklu yapısı sayesinde yüksek ısı yalıtımı ve ses tutuculuğuna sahiptir. Düşük birim hacim ağırlığı nedeniyle duvar ve döşemelerde blok olarak kullanıldığında taşıyıcı sisteme binen yükü azaltmakta, hafif beton olarak kullanıldığında da demirden belli oranda tasarruf edilmesini sağlamaktadır. Isıl genleşme ve rötre değerlerinin düşük olması ona iklim koşullarına karşı belli oranda dayanıklılık kazandırmaktadır. Erime noktasının yüksekliği ve belli bir sıcaklığa kadar iç yapısında herhangi bir bozulma olmaması, onu yangına karşı yüksek mukavemetli kılmaktadır. Bu avantajlarının yanında, diğer hafif yapı malzemelerinde de görülebileceği üzere, su etkisi karşısında tutarlı bir davranış sergileyememesi, belli ortamlarda kullanılmasını sakıncalı kılmaktadır.

c) Gazbeton, boşluklu yapısı sayesinde – bims gibi – yüksek ısı yalıtımı ve ses emiciliği sağlamaktadır. Erime noktası, diğerlerine göre biraz daha düşük olmakla beraber, yine de yüksek yangın mukavemeti nedeniyle yanmayan yapı malzemeleri sınıfına girmektedir. Bazik yapıda olan gazbetonun malzeme yapısı, asitlerle tepkimeye girdiğinde bozulduğundan bu tip ortamlardan uzak tutulması yararlı olacaktır.

d) Perlit, bims gibi, hammadde kaynağı açısından Türkiye'nin şanslı olduğu başka bir doğal yapı malzemesidir. Basınç mukavemetinin aşırı düşük olması nedeniyle tek başına taşıyıcı olarak kullanılamamakta, bunun yanında çeşitli olumlu özellikleriyle iyi bir dolgu malzemesi olarak göze çarpmaktadır. Genleştirilme işleminden sonra ağırlığı, dolayısıyla dolgu malzemesi olarak yapıya aktardığı yük büyük ölçüde azalmaktadır. Ayrıca kolay işlenebilirliği, yüksek ısı ve ses tutuculuğu ve alçı katkısıyla yüksek yangın mukavemetine sahip olması diğer olumlu özellikleri olarak sayılabilir. Bunun yanında suya karşı aşırı duyarlı olması, (özellikle alçılı perlitin) uygulamada çeşitli sorunlara neden olabilmekte ve ek tedbirlerin alınmasını gerektirmekte, dolayısıyla maliyetin artması gündeme gelebilmektedir.

Aslında her yapı malzemesinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır ve standartlara uygun üretilip, belirtilen ortam şartlarında kalifiye işçilikle uygulanan her yapı malzemesi kendisinden beklenen performansı göstermektedir. Önemli olan, yapı malzemesi tasarımında, seçiminde ve uygulanmasında bilimsel etiğe uygun bir yaklaşımda bulunabilmektir.

A COMPARATIVE STUDY OF BRICK, PUMICE CONCRETE, AUTOCLAVED AERATED CONCRETE AND PERLITE CONSTRUCTION MATERIALS INCLUDING PHYSICAL, CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

SUMMARY

Brick and pumice are traditional construction materials used for thousands of years, the history of autoclaved aerated concrete and perlite is about a hundred years.
After the earthquake disasters in Turkey in 1999 there were many discussions about the design, choice and application of construction materials.
This study includes information about the definitions and classifications (according to TSE), the technology used by production, consumption areas, physical, chemical and mechanical properties and finally the usage in construction sector of brick, pumice concrete, autoclaved aerated concrete and perlite construction materials.
According to TS 705, brick can be defined as following, "The material used by masonry which contains a mixture of clay, water, sand, ashes (if necessary) etc. formed, dried and claved by machines."
Bricks can be classified according to their perforation percentage, direction of perforation and frost resistance.
Brick is consumpted mostly in the construction sector. It's used structurally active by masonry and slabs with ceramic I-beam, also used structurally inactive by the walls and slabs of reinforced concrete buildings.
Pumice is a kind of rock which is formed through acid and alkali volcano facilities.
According to TSE pumice can be defined as following, "A volcanic material which has an open structure and a specific weight bigger than 1 g/cm^3, is sponge-looked and glass-textured, based on silicates."
The mostly found type is acidic pumice with its dirty-white colour. Scoria is the name for alkaline pumice with its brown-black colour.
There are pumice mines (except Turkey) in USA, Germany, Great Britain, Italy, Iceland, New Zealand and Greece.
Pumice is mostly used in construction, agriculture sectors and other several industries.
According to TS 2823, pumice concrete construction materials and structural members can be defined as following, "The construction materials which are based on pumice aggregate (also cement and water) which is compressed, vibrated and cured (quartzite is added if necessary)."
Pumice concrete construction materials are classified as not reinforced and reinforced.
Firsrt group contains pumice blocks and lightweight concrete with pumice aggregate.
Pumice blocks are divided in three sub-groups according to geometric form, pumice brick, perforated pumice blocks for walls and pumice blocks for slabs.

According to TS 2823, pumice concrete is defined as following, "Lightweight concrete which is based on pumice aggregate (quartzite added if necessary). The classification of pumice concretes are made according to compressive strength.
The reinforced structural (load bearing) members are classified as vertical wall members, roof and slab members, camine and chimney members.
According to TS 453, autoclaved aerated concrete can be defined as following, "Lightweight concrete with open structure which is based on a mixture of quartzite aggregate and inorganic material (lime and/or cement) which is cured."
The basic idea of making an artificial lightweighted and porous construction material came out at the end of the 19^{th} century. The first patented porous mortar with a gas addition was found in 1889. After that in 1914, there was the idea of producing of a lightweight concrete with addition of aluminium, zinc or other metal powders to the porous mortar. Finally that idea was realized in 1919-20.
Autoclaved aerated concrete is mostly used in construction sector.
According to TS 453, autoclaved aerated concrete construction materials are classified as not reinforced and reinforced.
Not reinforced construction materials have four sub-groups: Wall blocks, slab blocks, U-blocks and insulation plates.
Reinforced structural members are divided into two: Not load bearing and load bearing.
The first group contains vertical wall members, horizontal wall members, inner wall members and lentiles for windows and doors.
The load bearing members are vertical wall members, roof and slab members.
Perlite is a volcanic glass which can be expanded to 4-30 times of its volume by a temperature of 760-1200 °C.
Perlite mines on the Earth are located on three volcanic zones. These are Mediterrian, Pacific and Atlantic Zones. Turkey, Greece, USA and Russia are the biggest perlite producers. It's supposed that there are 8 billion tons in Turkey (70% of the total reserves on the Earth).
The most important advantage of perlite is its expansion ability. During this procedure the water in perlite is converted to water vapor and there are too many pores in perlite which on one hand cause an expansion to 4-30 times of the volume and on the other hand the decrease of the density.
Perlite is mostly used in construction, agriculture sectors and other several industries.
The use of perlite in construction sector can be classified as construction materials and structural materials.
The construction materials are perlite plasters, slack materials for thermal and noise insulation and lightweight construction members with gypsum and perlite.
The lightweight insulation concrete with cement or gypsum can be mentioned as structural material.
After the comparison between these four types of construction materials including their physical, chemical and mechanical properties, such conclusions can be made:

a) Brick is the most used construction material by the walls and slabs of reinforced concrete and steel framed buildings because it's an traditional material and clay (raw material of brick) is easily available. According to other three, brick has a bigger density which causes extra load for the structural system, but its high E-Module and compressive strength also helps the structural system against horizontal loads like earthquake. Besides, if not used with any addition, its low thermal insulation, noise absorbtion and frost resistance can be named as bricks disadvantages.

b) Pumice is a natural material which is found very frequently in Turkey. Its thermal insulation and noise absorbtion values are high due its open structure. Because of its low density, pumice blocks are lightweight materials for walls and slabs. As lightweight concrete it helps to save a certain percentage of iron. Due to low thermal extansion and shrinkage values, pumice is resistant against climatic conditions. However, pumice is instable against the water effect which makes it diffucult to use under such conditions.
c) Due to its open structure autoclaved aerated concrete also has a high thermal insulation and noise absorbtion. Although its melting point is lower than pumice and perlite, autoclaved aerated concrete has a high fire resistance. It's highly recommended to keep away this material from acids because of its alkali character.
d) Perlite is another natural material found very frequently in Turkey. Due to his low compressive strength it cannot be used without any addition, but it has some other advantages which make perlite a very useful construction material. These are its low density after the expansion, high thermal and noise insulation and fire resistance (with gypsum addition). Besides, the instability of gypsum-perlite materials can cause some problems by application, so its cost may be higher than expected.

It's obvious that every construction material has some advantages and disadvantages. Again every construction material will fulfill the required performance, if it's produced and applicated under acceptable conditions required by the common norms. The main point is to make an approach approven by the scientific etique when designing, choosing and applicating a construction material.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Pişmiş toprak tuğla ve Bims binlerce yıldan beri, gazbeton ve perlit ise 20. yy.'dan itibaren kullanılan yapı malzemeleridir. Özellikle pişmiş toprak tuğla, betonarme bulunana kadar yığma yapılarda vazgeçilmez bir taşıyıcı malzeme olmuştur.

Günümüzde bu malzemelerden elde edilen ürünler, çoğunlukla betonarme yapıların duvar ve döşemelerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmakta, ayrıca Bims ve gazbeton ürünleri ile deprem riski az olan (veya hiç olmayan) bölgelerde sınırlı yükseklikte yığma yapılar da inşa edilmektedir.

1999 yılında Türkiye'nin yaşadığı deprem felaketlerinden sonra yapı tasarımı, konstrüksiyonu ve malzeme seçimi konuları ile ilgili çeşitli tartışmalar başlamıştır. Bu tartışmalardan birisi de, çelik ve betonarme yapıların duvarlarında ve döşemelerinde hafif yapı malzemelerinin kullanılarak, taşıyıcı sisteme getirilen yükün azaltılabileceği; buna karşılık yine aynı yapı malzemelerinin duvar ve döşemelerde dolgu işlevli olarak kullanılmasının (nemli ortamlarda basınç mukavemetlerinin büyük ölçüde azalabilmesi nedeniyle) deprem yükü karşısında yapıda ek hasarlara yol açabileceği ikilemi üzerine kuruluydu.

Bu çalışmanın amacı, yukarıda adı geçen yapı malzemelerinin artı ve eksi yönlerini ortaya koyarak onlar arasında belirli özellikleri içeren bir karşılaştırma yapmak ve özellikle Türkiye'de kısıtlı olan Bims, gazbeton ve perlit ile ilgili literatürün toplu bir özetini yapabilmektir.

Bu çalışmada, pişmiş toprak tuğla, Bims, gazbeton ve perlit yapı malzemelerinin TSE standartlarına göre tanımlama ve sınıflandırması, üretim teknolojisi, tüketim alanları, özellikleri ve ilgili standartlar verilecektir. Bunun yanında her malzemenin inşaat sektöründe kullanımı, örnekler eşliğinde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

2. MALZEME OLARAK PİŞMİŞ TOPRAK TUĞLANIN İNCELENMESİ

2.1. Tanımı ve Sınıflandırılması

TS 705'e göre pişmiş toprak tuğla (fabrika tuğlası), "Kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri karıştırılarak makinelerle şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir." [1, 1] (x)

Pişmiş toprak tuğlanın önemli bir hammaddesi olarak kabul edilen kil, "Ayrışma Kuşağı" adı verilen ve yeryüzü ile yeraltı su seviyesi arasında yer alan kuşaktaki mineral ve kayaların bir takım fiziksel ve kimyasal değişiklikler geçirmesi sonucunda oluşur. Bu mineral ve kayalar, sıcaklık değişimleri, su, buz, rüzgâr, suyun buza dönüşmesi ve bitkiler gibi etkenlerin etkisi sonucunda parçalanırlar. Kil oluşumuna neden olan etkenler, toprağın yerkabuğu içindeki yeri, iklimsel değişkenler, topoğrafik durum, bitki örtüsü, ana maddelere ilişkin etkenler ve zamandır.

Fiziksel ve mekanik olarak parçalanan mineral ve kayalarda kimyasal bir değişiklik oluşmaz. Buna karşılık, bu tür parçalanma ile mineral ve kayalar daha küçük parçalara bölünerek geniş bir yüzey alanına sahip olurlar. Kimyasal ayrışma, mineral ve kayalarda doğrudan doğruya oluşabileceği gibi, fiziksel ve mekanik etkenlerle parçalanmış olanlarda daha da kolay ve hızlı oluşabilir. Bu ayrışma, minerallerde büyük değişikliklere neden olur. Bazı mineraller tamamıyla veya bir miktar eriyip ortamdan uzaklaşırken, yerlerine yenileri oluşur. Kilin ana maddesi olan kaolinit, feldspat ortoklas'ın karbonizasyon ve hidroliz yolları ile kimyasal şekilde ayrışması sonucu oluşur. [2, 5-6]

(x): Köşeli ayraç içinde belirtilen sayılardan birincisi atıfta bulunulan kaynağın, ikincisi ise konu ile ilgili sayfanın (veya sayfaların) numarasını göstermektedir.

Tuğla-kiremit killeri adı verilen bu tip killerde, tane boyutu 3 mm'den büyük tanelerin %1'den fazla olması istenmeyen bir durumdur. Saf killerin kuruma ve pişme küçülmeleri çok olduğundan, bu tip malzemenin %60 kadar ince kum içermesi istenirken, %25-30'dan fazla $CaCO_3$ istenmez. Ayrıca %5 civarında demir bileşikleri bulunması istenir, çünkü bu durum hem pişmeyi kolaylaştırır, hem de ürüne estetik açıdan avantaj kazandırır. Bunun yanında, tuğla-kiremit killerinde suda çözünen tuzlar, jips, kükürt pirit ve mika gibi maddelerin bulunması istenmez. [3, 14]

TS 705'e göre tuğlalar, delik oranlarına ve dona dayanıklılıklarına göre sınıflandırılabilir.

Delik oranlarına göre;

a) Dolu tuğlalar

b) Seyrek delikli tuğlalar

c) Az delikli tuğlalar olmak üzere üç sınıfa ve hacim ağırlıklarına göre alt sınıflara ayrılırlar.

Dona dayanıklılıklarına göre de;

a) Dona dayanıklı tuğlalar

b) Dona dayanıksız tuğlalar olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Bunun dışında tuğlalar, yapı standartları ve delik yönleri gibi özelliklerine göre de sınıflandırılabilir. Yapı standartlarına göre;

a) Taşıyıcı tuğlalar

b) Karkas tuğlalar

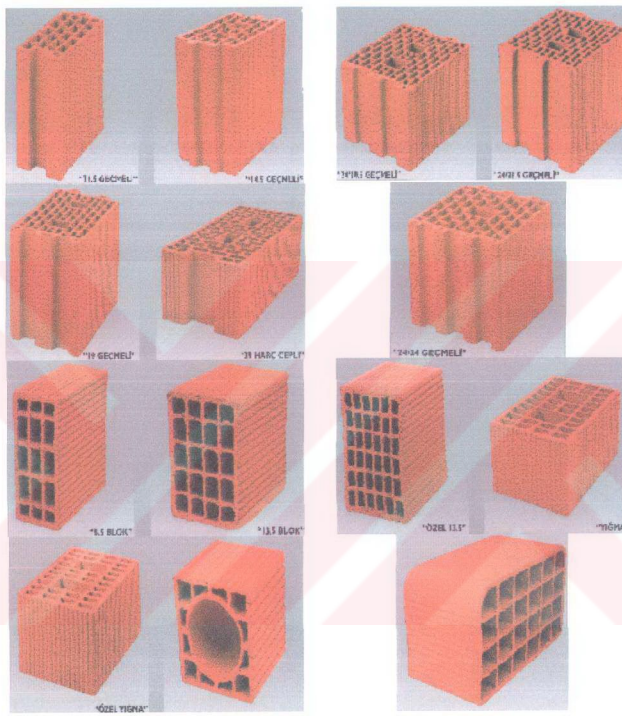
c) W Sınıfı tuğlalar olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar.

Delik yönlerine göre;

a) Düşey delikli tuğlalar

b) Yatay delikli tuğlalar olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Tuğla duvar yapımında sadece düşey delikli tuğlalar kullanılabilir. [4, 26]

Şekil 2.1'de çeşitli tuğla tiplerinin sembolik görünümü verilmiştir. Bu örnekler, Delta Toprak ve Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasının kataloğundan alınmıştır.



Şekil 2.1 Çeşitli tuğla tiplerinin sembolik görünümü

2.2. Üretim Teknolojisi

Pişirilerek tuğla yapılacak olan killi toprağın, bir miktar kum, bir miktar da yabancı organik madde içermesi istenir. Çünkü kum, işlenmeyi kolaylaştırır, kuruma ve pişirmede fazla hacim değişikliklerini ve çatlakları önler. Yabancı organik maddeler ise, pişirme sırasında yanarak gaz haline geçtikleri için kütle içinde gözle

görülmeyen küçük, ancak kapalı boşluklar sistemi doğurarak hafiflik ve yalıtım yeteneği sağlarlar.

Tuğla üretiminde uygun killi toprak rezervi seçildikten sonra, burada bir ocak açılır. Ocaktan kazılarak çıkartılan toprak bir havuza getirilip, ıslatılıp dinlendirilir ve böylece içindeki bütün topakların çözülmesi sağlanır. Buradan alınan toprak, Kollergang adı verilen özel değirmenlerde ağır çelik tekerleklerle çiğnenerek yoğrulur ve homojen bir hamur haline getirilir. Değirmenden çıkan hamur şekil verme makinelerine nakledilir. Bu iş ekstrüzyon veya presleme metotları ile yapılır. Bu arada vakum uygulanarak hamurun içindeki fazla hava da alınır. Şekil verme makinesinden çıkan yaş tuğla, kurutma ambarındaki raflara yerleştirilip sıcak hava akımı ile bir süre kurutulduktan sonra fırına nakledilir ve fırında 950-1200°C'de pişirilir. [5, 131-132]

2.3. Tüketim Alanları

Pişmiş toprak tuğla, binlerce yıllardan beri ağırlıklı olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Pişmiş tuğla, duvar ve döşeme inşasında en sık kullanılan yapı malzemelerinden biridir.

Bunun yanında pişmiş toprak (killi toprak), çömlek, vazo gibi eşyaların yapımında da kullanılmaktadır.

2.4. Özellikleri

Bu bölümde pişmiş toprak tuğlada aranan fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler ele alınacaktır.

2.4.1. Fiziksel Özellikler

a) Geometrik özellikler: Tuğlaların yüzleri düzgün, köşeleri keskin ve açıları dik olmalı, kısaca dikdörtgen prizma şeklinde olmalıdır. Boyutlardaki farklılık, standartlarda belirtilen toleranslardan (5 mm) daha fazla olmamalıdır. [5, 133-134] Tablo 2.1'de tuğlaların anma boyutları, Tablo 2.2'de de tuğla

gerçek boyutlarının sınır değerleri ve bu boyutlar arasında kabul edilebilecek farklar verilmiştir.

Tablo 2.1 Tuğlaların anma boyutları [1, 4]

Sıra No.	Semboller		Anma Boyutları (mm)		
	Normal Tuğla Boyutuna Göre 1)	Modüler Tuğla Boyutuna Göre 2)	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik
1	NT	2/3 MT	190	90	50
2	1.7 NT	MT	190	90	85
3	2.7 NT	3/2 MT	190	90	135
4	3.6 NT	2 MT	190	190	85
5	5.7 NT	3 MT	190	190	135
6	7.2 NT	3 3/4 MT	190	240	135
7	7.8 NT	4 MT	190	190	185
8	8.7 NT	4 1/2 MT	290	190	135
9	15.1 NT	15/2 MT	290	190	235
10	15.0 NT	7 1/2 MT	290	240	185
11	19.1 NT	9 1/3 MT	290	240	235
12	18.2 NT	9 MT	290	290	185
13	23.1 NT	11 1/4 MT	290	290	235
14	11.7 NT	6 MT	390	190	185
15	25.7 NT	12 1/2 MT	390	240	235
16	24.5 NT	12 MT	390	290	185
17	31.1 NT	15 MT	390	290	235
18	41.8 NT	20 MT	390	390	235
19	32.3 NT	15 2/3 MT	490	240	235
20	39.1 NT	18 3/4 MT	490	290	235

NOT: 1) Sembollerdeki rakamlar, tuğlanın delikleri ile birlikte gerçek hacminin Normal Tuğla (NT) gerçek hacmi cinsinden büyüklüğünü göstermektedir.
2) Sembollerdeki rakamlar, yaklaşık derz kalınlıkları da göz önünde tutularak tuğlaların duvarda işgal edecekleri hacmi Modüler Tuğla (MT) nınki cinsinden göstermektedir.

Tablo 2.2 Tuğla gerçek boyutları sınır değerleri ve kabul edilebilecek farklar [1, 5]

Anma Boyutları (mm)	Sınır Değerler		Kabul Edilecek En Büyük fark (mm)
	En Çok (mm)	En az (mm)	
50	52	48	3
85	88	82	5
90	93	86	6
135	139	130	7
185	188	178	8
190	193	180	8
235	239	225	9
240	244	229	10
290	294	279	10
390	395	379	11
490	496	480	12

b) Birim-hacim ağırlık: Tuğlalarda ısı yalıtımı, yapının hafifliği, taşıma ve duvar örme işlerinin kolaylığı bakımından mümkün olduğu kadar küçük birim-hacim ağırlık aranır. Hafifliği arttırmak için delikli tuğlalar ve boşluklu blok tuğlalar geliştirilmiştir.

c) Porozite: Genellikle tuğlanın bütün geometrik hacminde bulunan boşluk yüzdesi olarak ifade edilir. Tuğlanın porozitesinin %25'in üzerine çıkması durumunda, basınç dayanımının azalmaya başladığı belirtilmektedir.

d) Su emme: Tuğlanın normal koşullar altında belli bir miktar su emdiği bilinen bir gerçektir. Emilen su miktarına göre, tuğlada çeşitli hasarlar oluşabilmektedir. Bunun yanında, özellikle ısı yalıtımı işlevine sahip olan tuğlalarda porozitenin yüksek olması ve dolayısıyla su emmenin de fazla olması istenmektedir. Buna dayanarak, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından, dış cephede kullanılacak tuğlalar dışındaki tuğlalara su emme ile ilgili bir standart getirilmemiştir. (Dış cephede kullanılacak presse ve Klinker tuğlalarda su emmenin %8'den daha az olması beklenir) Bu durumda dikkat edilmesi gereken, eğer malzeme bünyesine su girişi tümüyle engellenemiyorsa, malzemenin suya karşı dayanıklılığının arttırılmasıdır.

e) Donmaya karşı dayanıklılık: Temel olarak tuğlanın su emme oranına bağlıdır; çünkü tuğlanın içine giren suyun donarak genişlemesi sonucu malzemede, çatlak, pullanma ve kopma gibi hasarlar oluşmaktadır.

f) Isı iletkenlik: Bir yapıda kullanıcı konforu açısından, özellikle duvarlarda kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik katsayısının mümkün olduğunca düşük olması istenir. Bu nedenle üreticiler, tuğlaların porozitesini arttırarak (birim hacim ağırlığını küçültülerek), içine bazı katkı maddeleri katarak ve delikleri şaşırtmalı yaparak, ısı iletkenlik katsayısını olabildiğince düşük düzeylere getirmeye çalışmaktadırlar. Örnek olarak, Dolu Tuğla'da 0.87 W/mK olan bu katsayı, birim ağırlığı daha düşük olan Az Delikli Tuğla'da 0.37 W/mK'ya kadar inebilmektedir. [6, 3-6]

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

2.4.2. Kimyasal Özellikler

a) Zararlı maddeler: Tuğla içinde kireç ve manyezi topraklarının bulunmamasıdır, çünkü tuğla ıslandığında bu maddeler hidroksit haline gelirler ve oluşan hacim artması tuğlanın kısmen veya tamamen patlamasına ve/veya parçalanmasına neden olur. Kireç ve manyezinin varlığı, tuğla 2 saat suda kaynatıldıktan sonra, gözle döküntü ve çatlak muayenesi yapılmak yoluyla araştırılır. [5, 134]

b) Çiçeklenme: Tuğlanın bünyesinde bulunan suda eriyebilen tuzların (sülfat, klorür, nitrat, karbonat vb.) kılcal boşluklardan hareket ederek yüzeye çıkmaları ve burada suyun buharlaşması sonucu birikmeleri olayına verilen addır. Çiçeklenme, dış yüzeylerde (cephede) estetik açıdan bozulmaya yol açtığı gibi, bazı durumlarda da tuğlanın yüzeyinde pullanmaya neden olabilir. [6, 7]

2.4.2. Mekanik Özellikler

a) Basınç mukavemeti: Tuğlanın yapıldığı toprağın cinsine, porozitesine, pişirilme sıcaklığına, üretim biçimine, delikli ise deliklerin miktarına ve yerine, kenarların biçimine ve yükleme yönüne bağlıdır. TS 705'e göre fabrika tuğlalarında istenen minimum ve aritmetik ortalama basınç mukavemeti değerleri (hacim ağırlığına bağlı olarak) Tablo 2.3'te verilmiştir.

b) Elastisite modülü: Kısaca malzemenin gerilmesinin, bu esnada yaptığı deformasyona bölünmesinden bulunan değer olarak tanımlanabilir. Literatürde, yapılan deneylerle tuğlanın elastisite modülünün, genelde basınç dayanımının 1000 katı civarında bir değere sahip olduğu sonucuna varıldığı belirtilmekte ve bunun nedeni de, kırılma sırasında tuğla örnekleri arasında farklı gerilme değerleri elde edilmesine karşın, uzama veya kısalmanın birbirine çok yakın değerlerde kalması olarak açıklanmaktadır. [6, 5-6]

Tablo 2.3 Fabrika tuğlalarının hacim ağırlığı ve basınç dayanımı değerleri [1, 2]

Tuğla Sınıfı	Tipi	Basınç Dayanımı			Hacim Ağırlığı kg/m³		Delik Oranı %
		Tuğla Sembolleri	Aritmetik Ortalama kgf/cm² (N/mm²)	En Küçük Değer kgf/cm² (N/mm²)	Maks.	Min.	
Dolu Tuğla	2000 kg/m³	2.0/240	240 (23.5)	190 (18.6)	2000	1801	15
		2.0/180	180 (17.6)	145 (14.2)			
		2.0/120	120 (11.8)	95 (9.3)			
	1800 kg/m³	1.8/220	220 (21.6)	175(17.2)	1800	1601	
		1.8/150	150 (14.7)	120 (11.8)			
		1.8/100	100 (9.8)	80 (7.8)			
Seyrek Delikli Tuğla	1600 kg/m³	1.6/220	220 (21.6)	175 (17.2)	1600	1401	20
		1.6/150	150 (14.7)	120 (11.8)			
		1.6/100	100 (9.8)	80 (7.8)			
	1400 kg/m³	1.4/200	200 (19.6)	160 (15.7)	1400	1201	25
		1.4/120	120 (11.8)	95 (9.3)			
		1.4/80	80 (7.8)	65 (6.4)			
Az Delikli Tuğla	1200 kg/m³	1.2/150	150 (14.7)	120 (11.8)	1200	1001	35
		1.2/100	100 (9.8)	80 (7.8)			
		1.2/60	60 (5.9)	45 (4.4)			

2.5. İlgili Standartlar

Bu bölümde pişmiş tuğla ile ilgili araştırmalarda kullanılabilecek TSE standartlarının bir dökümü verilecektir.

- TS 543 Tuğlalı Döşemelerin Hesap ve Yapım Kuralları
- TS 704 Harman Tuğlası (Duvarlar İçin)
- TS 705 Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli
- TS 1260 Taşıyıcı Döşeme Tuğlaları (Statik Çalışmaya Katılan)
- TS 1261 Döşeme Dolgu Tuğlaları (Statik Çalışmaya Katılmayan)
- TS 2332 Refrakter Tuğlalar-Dikdörtgen Tuğlalar-Boyutlar
- TS 2333 Refrakter Tuğlalar-Kemer Tuğlaları-Boyutlar
- TS 2510 Kargir Duvarlar Hesap ve yapım Kuralları
- TS 2902 Sırlı Tuğlalar

- TS 4377 Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Düşey Delikli-Hafif
- TS 4401 Refrakter Tuğlaların Suda Soğutma Metodu ile Isıl Şoka Dayanımlarının Tayini
- TS 4402 Refrakter Tuğlaların Havada Soğutma Metodu ile Isıl Şoka Dayanımlarının Tayini
- TS 4486 İzole Refrakter Tuğlalarının Soğukta Basınç Dayanımlarının Tayini
- TS 4562 Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin-Klinker Tuğla
- TS 4563 Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin-Yatay Delikli
- TS 4790 Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu
- TS 4824 Yüksek Alüminalı Refrakter Tuğlalar-Genel Maksatlı
- TS 4825 Silika Refrakter Tuğlalar-Genel Maksatlı
- TS 4826 Şamot ve Sömi-Silika Refrakter Tuğlalar-Genel Maksatlı
- TS 4973 Ateş Kili-Öğütülmüş-Alümina Silikat Refrakter Tuğlaların Örülmesinde Kullanılan
- TS 5027 Manyezit Refrakter Tuğlalar-Genel Maksatlı
- TS 5028 Manyezit-Krom ve Krom Manyezit Refrakter Tuğlalar-Genel Maksatlı
- TS 5231 Manyezit-Krom Refrakter Tuğlalar-Çimento Döner Fırınlarında Kullanılan
- TS 5279 Refrakter Tuğlalar-Kısım:3: Rejeneratör Fırınları İçin Kafes Örgü Dikdörtgen Tuğlaları-Boyutlar

- TS 5280 Refrakter Tuğlalar-Kısım 5: Yastık Tuğlaları-Boyutlar
- TS 5281 Refrakter Tuğlalar-Kısım 6: Oksijen Konvektörlerinde Kullanılan Bazik Tuğlalar-Boyutlar
- TS 5288 Silika Refrakter Tuğlalar-Kok Fırınlarında Kullanılan
- TS 5410 Şamot ve Yüksek Alüminalı Refrakter Tuğlalar-Çimento Döner Fırınlarında Kullanılan
- TS 5480 Şamot ve Sömi Silika Refrakter Tuğlalar-Kupol Ocaklarında Kullanılan
- TS 5535 Şamot ve Sömi Silika Refrakter Tuğlalar-Kazanlarda Kullanılan
- TS 5790 Refrakter Tuğlalar-Boyutlar-Kısım 4: Elektrik Ark Ocakları İçin Kubbe Tuğlaları
- TS 6272 Asit Tuğlaları-Genel Maksatlı
- TS 6276 Refrakter Tuğlalar-Yüksek Sıcaklıkta Cüruf Atağına Mukavemet Karşılaştırması Deneyi Pota Metodu
- TS 8049 Bazik Refrakter Tuğlalar-Zift Bağlı-Hidratasyon Derecesi Tayini
- TS 8050 Refrakter Astar Tuğlaları-Fabrika Bacalarında Kullanılan
- TS 9599 Refrakter Tuğlalar-Karbon ve Karbon Seramik Esaslı-Kimyasal Analiz Metotları Alkali Oksitleri Tayini-Alev Fotometre Metodu
- TS 9926 Refrakter Tuğlalar-Karbon ve Karbon Seramik Esaslı Kimyasal Analiz Metotları-Toplam Karbon Tayini

- TS 10968 Refrakter Tuğlalar-Cam Ergitme Fırınlarında Kullanılan- Sınıflandırma ve Boyutlar
- TS 10969 Refrakter Tuğlalar-Potalarda Kullanılan- Sınıflandırma ve Boyutlar [7, 911-914, 989-1005]

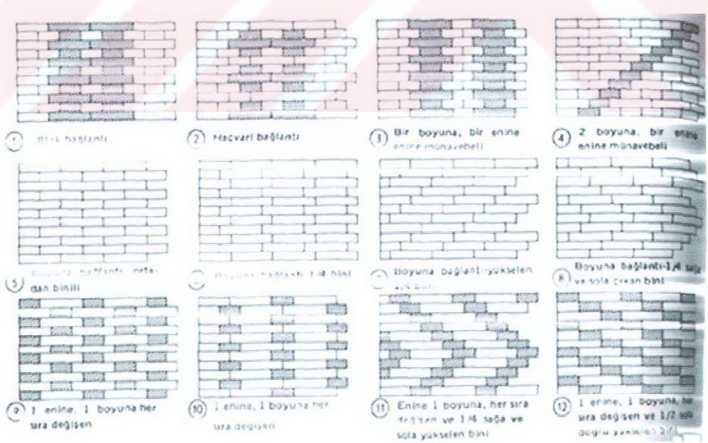
3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE PİŞMİŞ TUĞLA KULLANIMI

3.1. Taşıyıcı Olarak Kullanımı

Tuğla, yığma yapıların duvarlarında ve seramik putrelli döşemelerde taşıyıcı olarak kullanılır.

3.1.1. Yığma yapıların duvarlarında kullanımı

Tuğlanın, yığma yapıların duvarlarında taşıyıcı olarak kullanılması M.Ö. 4000'lere uzanır. Mezopotamya, Selçuklu, Ceneviz, Bizans, Osmanlı ve daha birçok uygarlık tuğlayı taşıyıcı bir yapı malzemesi olarak kullanmışlardır. Tuğla yığma duvar, tuğla ve harçtan oluşur. Duvarın sağlam olması açısından tuğla ile harç arasında iyi bir aderansın olması istenir. Yığma tuğla duvarda çeşitli örgü şekilleri vardır. Bunlardan bazıları Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Yığma tuğla duvarda çeşitli örgü şekilleri [8, 66]

Tuğla yığma duvarlar işlevine, kalınlığına ve donatı durumuna göre sınıflandırılabilir.

İşlevine göre tuğla duvarlar ikiye ayrılır:

a) Taşıyıcı duvarlar: Bir üst duvar yükü ile gerek kendi katından ve gerekse diğer katlardan gelen çatı ve döşeme yüklerini taşıyarak temele nakleden ve binanın ayakta durmasını sağlayan duvarlardır.

b) Bölme duvarları: Bina içerisinde üzerine döşeme ve duvar yükü verilmeden iki hacim arasında bölme işlevi görmek üzere kullanılan duvarlardır.

Kalınlığına göre tuğla yığma duvarlar dörde ayrılır:

a) ½ tuğla yığma duvarlar: Taşıyıcı işlevleri yoktur.

b) 1 tuğla yığma duvarlar

c) 1½ tuğla yığma duvarlar

d) 2 tuğla yığma duvarlar

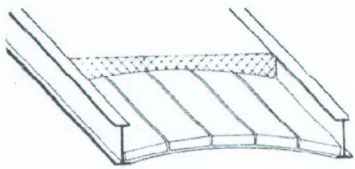
Donatı durumuna göre tuğla yığma duvarlar ikiye ayrılır:

a) Donatısız yığma tuğla duvarlar

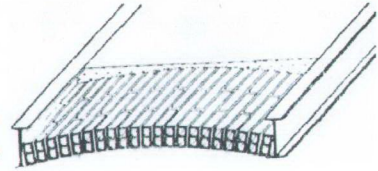
b) Donatılı tuğla yığma duvarlar [9, 147-151]

3.1.4. Pişmiş toprak tuğla putrelli döşemelerde kullanımı

Pişmiş toprak tuğla, 100 yılı aşkın süredir döşemelerde kullanılmaktadır. İlk şekliyle, pişmiş toprak tuğlanın döşemede kullanılması, çelik putreller arasına ufak kemerler şeklinde tuğlaların dizilmesi ile (Volta döşeme) olmuştur (Şekil 3.2). Dolu tuğla ile yapılan bu şekli, delikli tuğla ile yapılanları takip etmiştir (Şekil 3.3). Betonarmenin bulunması ile birlikte, asmolen blokların kullanıldığı betonarme döşemeler ortaya çıkmıştır. 1930'lardan sonra pişmiş toprak tuğlalar, eğilmeye çalıştırılmaya başlanmıştır.

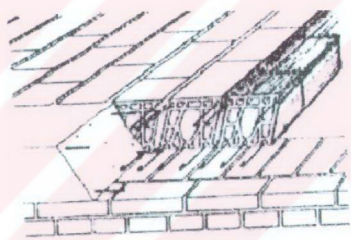


Şekil 3.2 Dolu tuğladan volta döşeme [10, 9]



Şekil 3.3 Delikli tuğladan volta döşeme [10, 9]

Bu düzende, pişmiş toprak tuğlalar yanyana dizilerek, mevcut donatı kanallarına çimentosu zengin bir harç donatı ile yerleştirilmekte ve böylece kendi kendini taşıyan pişmiş tuğla putreller oluşmaktadır. Kalıpsız olarak duvarlara oturtulan putrellerin aralarına veya basınç tablası olan döşemelerde ayrıca blokların üstlerine beton dökülmesi yoluyla döşeme bitmektedir (Şekil 3.4). Blokların alt ve üst taraflarında küçük çaplı dairesel demirlerin yerleştirileceği kanallar mevcuttur. Kullanılacak demirlerin elastik limitlerinin yükseltilmiş olması iyi sonuçlar vermektedir.



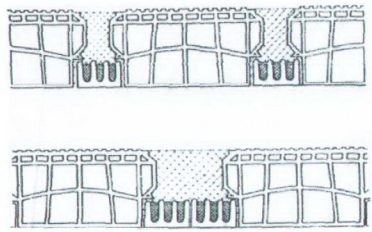
Şekil 3.4 Pişmiş toprak tuğla putrelli döşeme kesiti [10, 11]

Daha ileri olarak, yüksekliği, bitmiş döşemeden daha az olan prefabrike putreller ile bu putreller arasına pişmiş toprak tuğlaların yerleştirilmesi ve en sonunda bunların üzerine beton dökülmesinden oluşan döşeme türleri de geliştirilmiştir (Şekil 3.5).

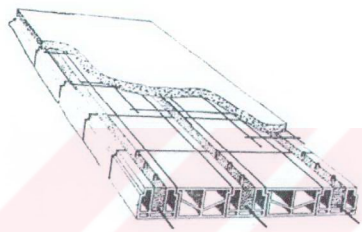
Pişmiş toprak tuğla ile yapılan döşemeler şu şekilde sınıflandırılabilir:

a) Beton basınç tablası olan döşemeler

aa) Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin hazırlanması sırasında dökülen döşemeler (Şekil 3.6).

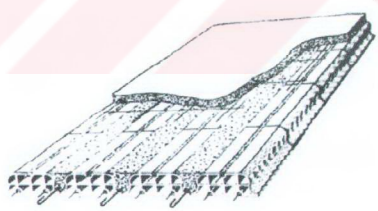


Şekil 3.5 Prefabrike pişmiş toprak tuğla putrelli döşeme kesitleri [10, 11]



Şekil 3.6 Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin hazırlanması sırasında dökülen döşemeler [10, 13]

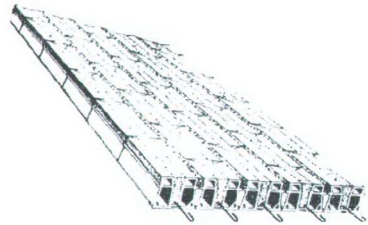
ab) Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin yerlerine yerleştirilmesinden sonra dökülen döşemeler (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin yerlerine yerleştirilmesinden sonra dökülen döşemeler [10, 14]

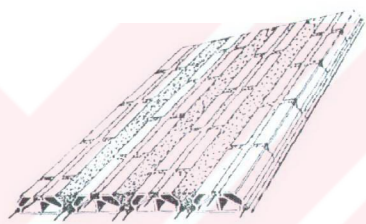
b) Beton basınç tablası olmayan döşemeler

ba) Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin hazırlanması sırasında dökülen döşemeler (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin hazırlanması sırasında dökülen döşemeler [10, 16]

bb) Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin yerlerine yerleştirilmesinden sonra dökülen döşemeler (Şekil 3.9). [10, 8-17]



Şekil 3.9 Taşıyıcı nervür betonu, pişmiş toprak tuğla putrellerin yerlerine yerleştirilmesinden sonra dökülen döşemeler [10, 17]

3.2. Dolgu olarak kullanımı

Tuğla, betonarme yapıların duvar ve döşemelerinde dolgu olarak kullanılır.

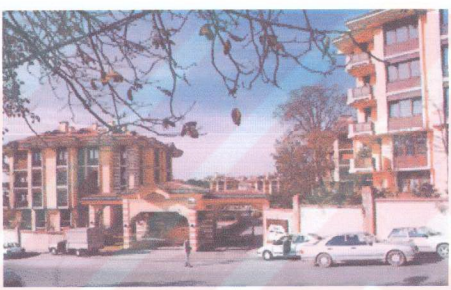
3.2.1. Betonarme yapıların duvarlarında kullanımı

Betonarme yapılar yapılmaya başlanana kadar duvarlarda taşıyıcı işlevi gören tuğla, bu tarihten sonra bu işlevini büyük ölçüde bırakarak (özellikle betonarme yapılara ağırlık veren ülkelerde), betonarme yapıların iç ve dış duvarlarında dolgu işlevini üstlenmiştir. Betonarme iskelet taşıyıcı sistemin statik hesaplarında tuğla duvarların etkisi hesaba katılmaz; ancak tuğlanın harç ile aderansının güçlü olmasının, standartlara uygun tuğla kullanılmasının ve işçiliğin iyi olmasının (doğru uygulama), tuğla duvarın taşıyıcı sistemin rijitliği üzerindeki olumlu etkisini arttırdığı bilinmektedir.

Şekil 3.10-3.12'de tuğla duvarların dolgu olarak kullanıldığı betonarme yapılardan bazı örnekler verilmiştir.



Şekil 3.10 Maya Sitesi, İstanbul, Türkiye [11, 13]



Şekil 3.11 Hilal Konakları, İstanbul, Türkiye [11, 13]



Şekil 3.12 EGS Holding Binası, İstanbul, Türkiye [11, 13]

3.2.2. Betonarme yapıların döşemelerinde kullanımı

Tuğla, dişli (nervürlü) betonarme döşemelerde dolgu malzemesi olarak kullanılır. Nervürlü döşemeler, serbest aralıkları en çok 70 cm olan kirişli döşemelerdir. Büyük açıklıklarda kalınlaşan plak döşemeler yerine dişli döşeme kullanılması ile basınç bölgesinde gerekli betonun bulunmasına karşılık dişler arasının boş bırakılmasından ileri gelen önemli hafiflik bu tür döşemelerin üstün taraflarıdır. Dişler arası boş bırakılarak tavanda sarkan dişler görülebileceği gibi, dişlerin arasına boşluklu tuğla bloklar konarak düz bir tavan yüzeyi elde edilebilir.

Asmolen adı verilen bu bloklar, maliyeti arttırmakta, bununla birlikte bazı yararları da beraberinde getirmektedir.Bunlar;

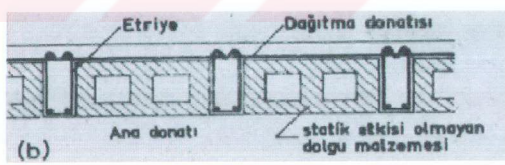
a) Estetik açıdan göze hoş gelen düz bir tavan yüzeyi elde edilir.

b) Toz girintilerini önledikleri için sağlık bakımından olumlu bir etki yaparlar.

c) Dişli döşemenin ses ve ısı geçirgenliğini azaltarak yalıtım işlevini üstlenirler.

d) Statik hesaplarda dikkate alınmaz, ancak döşemenin rijitliğini arttırıcı bir etkisinin bulunduğu düşünülebilir.

Şekil 3.13'te asmolen tuğla dolgulu betonarme dişli döşeme örneği verilmiştir. [12, 98-99]



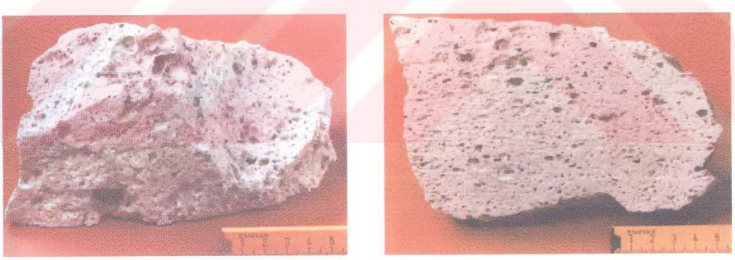
Şekil 3.13 Asmolen tuğla dolgulu betonarme dişli döşeme örneği [12, 99]

4. MALZEME OLARAK BİMSİN İNCELENMESİ

4.1. Tanımı ve Sınıflandırılması

Bims adı Almanca'dan gelir. Değişik dillerde farklı adlandırılır. İtalyanca'da Ponza veya Bims, Fransızca'da Ponce, İngilizce'de orta daneli olanlara Pumice denir. Doğal olarak ince daneli olanlara Pumicite denir. Türkçe'de ise süngertaşı, nasırtaşı, topuktaşı, hasırtaşı gibi adlarla bilinmektedir.

Bims, volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetlerle oluşmuştur. Volkanik bir cam yapısındadır. TSE tarafından yapılan tanımı, birbirine bağlantısız boşluklu, süngerimsi görünümlü, silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1g/cm³ ten büyük, sertliği Mohs skalasına göre 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir maddedir. [13, 1] Bimsin sembolik görünümü Şekil 4.1'de verilmiştir.



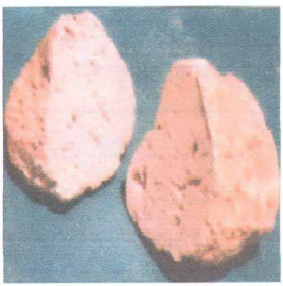
Şekil 4.1 Bims taşının sembolik görünümü [14, 33-34]

Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan Asidik Bims, beyaz, kirli renkte olanıdır. (Şekil 4.2) Bazik Bims ise yabancıların Scoria dedikleri, Türkçe'deki Bazaltik Bims olarak bilinen kahverengimsi siyahımsı renkteki Bims türüdür. (Şekil 4.3) Her iki türü de oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terketmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Gözenekler birbirleri ile bağlantılı değildir. Asidik magmanın yoğunluğu bazik olanlara göre

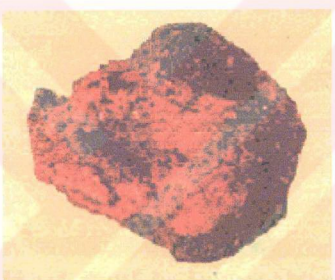
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

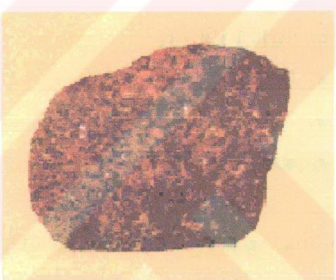
daha az olup 0,5-1 gr/cm³ arasında değişmektedir. Bazik Bimsin yoğunluğu ise daha fazladır ve 1-2 gr/cm³ arasında değişmektedir.





Şekil 4.2 Asidik Bimsin sembolik örnekleri [15, 9]





Şekil 4.3 Bazik (Bazaltik) Bimsin sembolik örnekleri [15, 8]

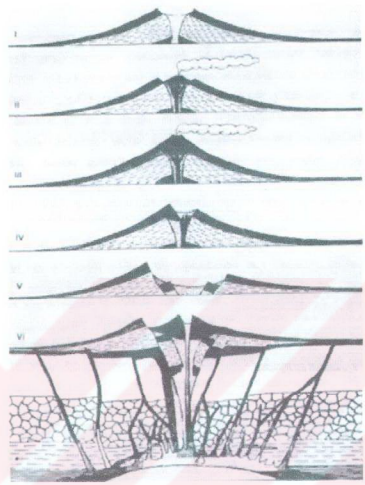
Bimsin fazla gözenekliğinden dolayı ısı ve ses geçirgenliği oldukça düşüktür. Bünyesinde kristal suyu yoktur. Kimyasal olarak % 75'e varan silis içeriğine sahiptir. Kimyasal bileşiminde % 60-75 SiO_2, % 13-17 Al_2O_3, % 1-3 Fe_2O_3, % 1-2 CaO, % 7-8 Na_2O-K_2O ve ayrıca eser miktarda TiO_2 ve SO_3 bulunmaktadır.

Bims, dünya üzerinde (Türkiye'den başka) A.B.D., Almanya, İngiltere, İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda ve Yunanistan'da çıkarılmaktadır. [15, 6-9]

4.2. Oluşumu

Bimsin oluşumu özet olarak şu şekilde açıklanabilir: Asidik magmanın vizikozitesi, bazik magmaya göre daha yüksektir ve ayrıca yüksek oranda silis içerir. Bazik

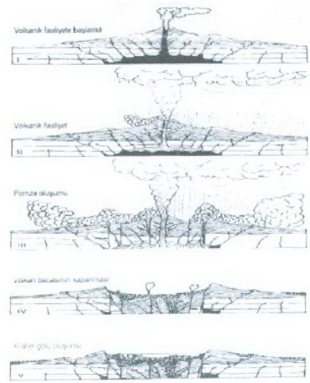
magmanın sıvı olduğu sıcaklıklarda asidik magma katı halde bulunur. Bu nedenle volkanik aktivitenin durduğu zamanlarda magma akışı da durarak kayaç ve kütleler oluşur. Volkanik baca içinde tıkanma sonucu doğal basınç birikimleri oluşur. (Şekil 4.4)



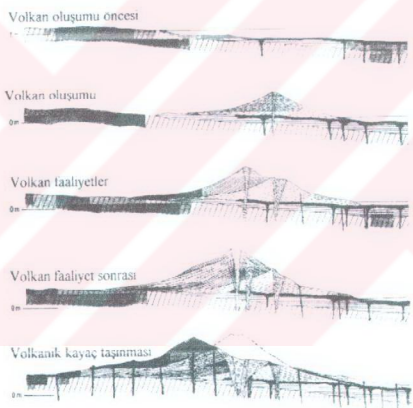
Şekil 4.4 Bir volkanın aktivite dinamiğinin sembolik görünümü [15, 14]

Basıncın artmasıyla, asidik malzeme ile birlikte magmadaki erimiş gazlar da büyük patlamalar şeklinde bacadan püskürmeye başlar ve ani basınç serbestleşmesi ani genleşmeleri oluşturur. Bu da bünyedeki uçucu bileşenlerin ani olarak serbest kalmasına neden olur. Uçucu maddeleri takiben, arkada kalan erimiş küresel parçalar, atmosferle temas eder etmez hızla soğurlar ve böylece Bimsin oluşumu tamamlanmış olur. (Şekil 4.5)

Bu oluşan Bims yatakları, volkan bacalarının yakınından itibaren uzaklara doğru hava akımının da etkisiyle, eski yüzey şekline uygun olarak depolanır. Bu durumdaki Bims yatakları zamanla akarsular tarafından taşınarak uygun havzalarda depolanabilir. Genellikle içlerinde %1-3 oranında andezit, traki-andezit, bazalt, obsidyen gibi volkanik kayaç parçaları bulunur. (Şekil 4.6)



Şekil 4.5 Bims oluşumunun sembolik gösterimi [15, 16]



Şekil 4.6 Bims oluşumlarının taşınmasının sembolik gösterimi [15, 17]

Bimsin taşınma mekaniği genel olarak 3 ana grupta ele alınabilmektedir:

1. Düşme (buluttan çökelme) ile yığılma,
2. Fırlatma ile yığılma,
3. Akma ile yığılma. [13, 13-18]

4.3. Üretim Teknolojisi

İlk işletme aşaması olan, ocaktan ham Bims elde edilmesi çok büyük yatırım gerektirmemektedir. Ocağın konumu, nitelikleri, cevher zonunun sekli, dekapaj çalışması ve kaldırılan örtü malzemesinin yerlerinin belirlenmesi aşamalarından sonra üretime kolaylıkla geçilebilir. En önemli problem, Bims içindeki yabancı maddelerdir. Bu maddelerden kayaç parçaları havuzda yüzdürme, kül ve killer ise yıkama yöntemi ile Bimsden ayrılabilir. [16, 10-12]

4.4. Türkiye'de Bulunduğu Yerler

Ülkemizde üretilen Bims, kalite olarak sert ve yumuşak olarak değerlendirilmektedir. Sert Bims olarak nitelendirilen Bims, Kayseri Develi mevkiinde, yumuşak olarak nitelendirilen Bims ise Ürgüp, Nevşehir ve Aksaray bölgelerinde bulunmaktadır. Bu değerlendirme, Bims yataklarının ihraç kabiliyetine sahip tekstil sanayiinde kullanılan cinsleri için yapılmakta, inşaat sektörünün kullandığı Bimsler ise homojen tane yapısı ve ağır minerallerden arınmışlık durumuna göre değerlendirilmektedir.

Nevşehir ilindeki inşaat Bimslerinin içerisinde % 3-5 oranında istenmeyen maddeler (Andezit, Bazalt, kil) bulunmakta, Kayseri Develi Bölgesi Bims yataklarında bu oran % 1'e kadar düşmektedir. [17] Şekil 4.7'de Isparta ilindeki Bims yataklarından bir görünüm verilmiştir.



Şekil 4.7 Isparta yöresi Bims oluşumlarından genel bir görünüm [15, 172]

4.5. Tüketim Alanları

Bims başlıca 3 sektörde kullanılır:

a) İnşaat sektöründe

b) Çeşitli sanayii sektörlerinde aşındırıcı olarak

c) Tarım sektöründe

Bims, ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayiinde kullanılmaktadır. Ülkemizde üretilen Bimsin % 90'ı yurt içinde inşaatlarda kullanılmaktadır. Bims, perlitin kullanıldığı alanların genellikle tümünde kullanılır. Perlit gibi genleştirmek için enerji ve yatırım gerekmediğinden, inşaat sektöründeki kullanımı son yıllarda artış göstermektedir. Bu artışın nedenleri şöyle sıralanabilir:

Bims, normal kumun ve çakılın 1/3 ile 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum Bims ile yapılan betonlarda da görülür.

Bimsbeton, normal betondan hafif olması nedeni ile zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca zemin mekaniği açısından temele iletilen yük azalacağından yaklaşık % 17 civarında inşaat demirinden tasarruf sağlanması mümkündür.

Bimsin düşük ısı geçirgenlik kat sayısı, ona normal betondan 6 kat daha fazla yalıtım özelliği sağlamakta ve bu özelliğinden dolayı da büyük çapta ısı ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Tabii ki bunun en büyük nedeni gözenekli oluşudur.

Bimsin sanayii sektöründeki kullanım alanlarının başında abrazif sanayii gelmektedir.

Oldukça hafif aşındırıcı olarak sınıflandırılan Bims, gerek doğal, gerek doğal olmayan madeni eşyaları ve yumuşak metalleri (gümüş gibi) cilalamakta kullanılır.

Abrazif sanayii dışında Bims aşağıda sıralanan sanayiilerde de kullanılır :

a) Boya sanayiinde: Pürüzlü kaplamada, ses izole edici duvar boyası, motifi boya için astar macunu düzeltmede;

b) Kimya sanayiinde: Kimyasal taşıyıcı ve filtrasyon malzemesi olarak;

c) Metal ve plastik sanayiinde: Temizleme ve cilalama, titreşim özelliği olan malzemeler yapımında son ameliye için, elektriksel kaplama, taş basma kalıplarını temizlemede;

d) Cam sanayiinde: Televizyon tüpü düzeltme, cam cilalama, kesik cam tamamlama malzemesi olarak ;

e) Mobilya sanayiinde: Cilalama, piyano anahtarı ve resim çerçevede motif vermede;

f) Elektronik sanayiinde: Devre plaketlerini temizlemede;

g) Seramikte: Asta malzemesi olarak; tekstilde de kot kumaşının ağartılmasında;

h) Tarım sektöründe: Toprağın özelliklerini ıslah etmek ve suni gübrenin topaklaşmasını önlemek amacı ile anti-kek olarak. [15, 22-27]

4.6. Özellikleri

Bu bölümde Bimsde aranan fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerden bazıları ele alınacaktır. "İnşaat Sektöründe Bims Kullanımı" bölümünde ise malzeme özelliklerine daha geniş şekilde değinilecektir.

4.6.1. Fiziksel Özellikler

a) Özgül ağırlık: Bimsin ortalama saf özgül ağırlığı (gözenek hacmi hariç) 2.2 kg/dm³ olup, tane özgül ağırlığı da 0.45-0.75 kg/dm³ arasında değişmektedir. [14, 34]

b) Porozite: Bimsin porozitesi, %70-85 arasında değişmektedir. [14, 34 ve 16, 87]

c) Su emme: Boşluklu bir yapıya sahip olan Bimsin ağırlıkça su emmesi %15-35 arasında değişmektedir. Bu değerin üzerine çıkıldığında malzemenin dona karşı dayanıklılığı azalmakta ve bünyesinde çeşitli hasarlar oluşmaktadır. [16, 114] [18, 33]

d) Sertlik: Bimsin sertliği, malzemenin aşınmaya karşı gösterdiği dayanım ile doğrudan ilişkilidir. Bu durum, taşı oluşturan bileşenlerin bağ yapılarına, kohezyon kuvveti değerine ve sertliğine bağımlıdır. Genelde temel alınan sertlik sınıflaması Mohs Sertlik Skalası, standart 10 mineralin sertlikleri temel alınarak (1 en yumuşak, 10 en sert) düzenlenmiş olup, bu mineraller veya bunların özdeşi mineraller ile Bims üzerinde yapılacak çizme işlemine göre tayin yapılmaktadır. Bims türleri üzerinde yapılan incelemelerde, sertliğin 5-6.5 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. [15, 83-84]

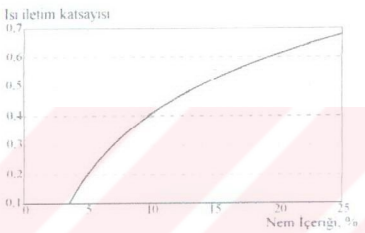
e) Granülometrik Bileşim: Agregaların tane dağılımı, granülometri eğrileri (elek eğrileri) ve gerektiğinde bu eğrilere bağlı olarak tayin edilen incelik modülü, özgül yüzey ve su istek katsayıları ile belirtilir (TS 706). Burada granülometri eğrileri biri sürekli ve diğeri kesikli olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal karışık agregaların dışındaki agregaların granülometrik bileşimi için, TS 1226 ve 1227'de verilen granülometri bölgeleri içinde kalmak şartı ile amaca uygun olan belirli granülometri eğrisi kararlaştırılabilir. Bu durumda TS 3530'a göre açıklıklı elekten geçen kısım en çok %3 ve daha büyük açıklıklı eleklerden geçen kısımlar en çok %5 kadar kararlaştırılan granülometri eğrisinden farklı olabilir. Agrega tanelerinin şekli olabildiği kadar küresel veya kübik olmalıdır. Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'den büyük olan tanelere, şekilce hatalı taneler denir. Şekilce hatalı taneler (yassı veya uzun taneler) oranı, 8 mm tane büyüklüğü üzerindeki agrega içinde ağırlıkça %50'den fazla olmamalıdır. [15, 84-87] Tablo 4.1'de Bims agregası için kabul edilebilir tane büyüklüğü dağılımı (granülometrik bileşim) gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Bims agregası tane büyüklüğü dağılımı (Granülometrik bileşim) [15, 87]

Tane Sınıfları		Kare gözlü ve kare delikli eleklerden geçen									
		0.125	0.25	0.50	1	2	4	8	16	31.5	63
İnce Agrega	0/2	1	1	1	1	>90	100		-	-	-
	0/4	1	1	1	1		>90	100	-	-	-
	2/4		<5			<15	>90	100	-	-	-
Karışık Agrega	0/8	-	1	-	-	-	-	>90	100	-	-
	0/16	-	1	-	-	-	-		>90	100	-
	0/32	-	1	-	-	-	-		-	>90	100
İri Agrega	4/8	-	<5	-	-	-	<15	>90	100	-	-
	4/16	-	<5	-	-	-	<15	-	>90	100	-
	8/16	-	<5	-	-	-		<15	>90	100	100
	16/32	-	<5	-	-	-		-	<15	>90	-

f) Özgül ısı: Bir cismin birim ağırlığının sıcaklığını 1°C yükseltebilmek için gerekli ısıl enerjiye verilen addır. Bims için bu değer 0.32 kcal/kg°C dir.

g) Isı iletkenlik: Bimsin ısı iletkenlik katsayısı, kuru birim hacim ağırlığına, nem içeriğine ve ortamdaki sıcaklık farklarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değer 0.12-0.70 W/mK arasındadır. [15, 91] Şekil 4.8'de Bimsin nem içeriği-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi, Şekil 4.9'da kuru birim hacim ağırlık-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi, Şekil 4.10'da da yüzeyler arası sıcaklık farkı-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Bimsin nem içeriği-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi [15, 93]



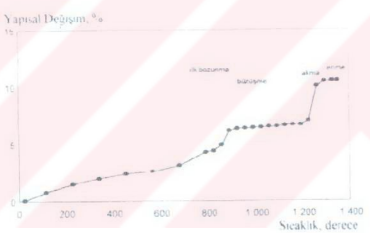
Şekil 4.9 Bimsin kuru birim hacim ağırlık-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi [15, 93]

h) Isıl genleşme: Isıl genleşme katsayısı, birim sıcaklık değişmesinde birim boyda oluşan artma olarak tanımlanır. Bimste bu katsayı 0.003-0.007 mm/m°C değerindedir. [16, 129] [18, 34]



Şekil 4.10 Bimsin yüzeyler arası sıcaklık farkı-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi [15, 92]

i) Erime noktası ve yanma mukavemeti: Bims, yanmaz olarak kabul edilen yapı malzemelerindendir. Bu nedenle yangına karşı yüksek bir mukavemet göstermektedir. 760°C'ye kadar hacimsel değişiklikler oluşmamakta, bu ilk bozunma noktasından sonra ise, 1200-1250°C'ye kadar büzüşme gerçekleşmektedir. Bu sıcaklıktan sonra malzeme akma sınırına gelmekte ve 1300°C'de erimeye başlamaktadır. [16, 76-77] Şekil 4.12'de Bimsin sıcaklık dayanım ilişkisi verilmiştir.



Şekil 4.11 Bimsin sıcaklık-yapısal değişim ilişkisi [16, 77]

4.6.2. Kimyasal Özellikler

Volkanik olarak yeryüzüne çıkan magma çözeltisi, bünyesinde içerdiği yüksek miktardaki Flor, Klor ve Su buharını bünyesinden atarak, gözenekli yapıdaki Bims şekillenmektedir. Kayaçların çeşitli iç yapı ve özelliklerinin tanımlanmasında Minerolojik ve Petrografik Analizler (MINPET Analizi) kullanılır. Bu incelemeler şu başlıklar altında sıralanabilir:

a) Göz ile inceleme: Taşın cinsi, rengi, çatlak karakterleri, damar çeşitleri ve görünümü bu incelemede belirlenir.

b) Büyüteç ile inceleme: Kayaçta mevcut mineral bileşimi ve özellikleri gözlenmeye çalışılır.

c) Binoküler ile inceleme: Kayacın parlatılmış yüzeyinde yapılır. Mineral cinsleri, boyutları ve iyi parlayan kısımların dağılımı belirlenmeye çalışılır.

d) Polarizan mikroskop ile inceleme: Kayaçta mevcut şeffaf minerallerin incelenmesi için petrografi mikroskobu kullanılır. Bu incelemede, oluşturulan minerallerin cinsleri, kristal boyutları, mineraller arasındaki dokusal ilişkiler, gözeneklilik, kılcal çatlakların varlığı, çatlak ve damar dolgu tip ve karakterleri ile mineral, çatlak ve damar yönlenmeleri, bozuşma ürünleri ve dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. [15, 49-52]

Tablo 4.2'de asidik ve bazik özellikler taşıyan Bimslerin tipik kimyasal bileşimleri verilmiştir.

Tablo 4.2 Asidik ve bazik özellikteki Bimslerin tipik kimyasal bileşimleri [15, 9]

Bileşim	Asidik Bims %	Bazik Bims %
SiO_2	70	45
Al_2O_3	14	21
Fe_2O_3	2.5	7
CaO	0.9	11
MgO	0.6	7
Na_2+K_2O	9	8
TiO_2 ve SO_3	3	1

4.6.3. Mekanik Özellikler

a) Basınç mukavemeti: Bimsin basınç dayanımı, belirli boyutlardaki Bimsten blok örneklerinin belirli ve farklı doğrultularda etkiyen gerilmeler karşısında davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç karakteristiğidir. Bu değer 25-50 kgf/cm² arasındadır.

4.7. İlgili Standartlar

Bu bölümde Bims ile ilgili araştırmalarda kullanılabilecek TSE ve DIN (Almanya) standartlarının bir dökümü verilecektir.

a) Türk Standartları:

- TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
- TS 706 Beton Agregaları
- TS 1114 Hafif Agregalar-Beton İçin
- TS 1247 Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları-Anormal Hava Şartlarında
- TS 2511 Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesap Esasları
- TS 2871 Taze Beton Kıvam Deneyi (Çökme Hunisi Metodu ile)
- TS 2940 Taze Betondan Numune Alma Metodları
- TS 3114 Beton Basınç Mukavemeti Deneyi
- TS 3115 Taze Beton Kıvam Deneyi (Vebe Metodu ile)
- TS 3234 Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metodları
- TS 3452 Beton-Kimyasal Katkı Maddeleri (Priz Süresini Ayarlayan ve Karışım Suyunu Azaltan)
- TS 3456 Betona Hava Sürükleyici Katkı Maddeleri
- TS 3529 Beton Agregalarında Hafif Madde Oranı Tayini [15, 160-161]

Alman (DIN) Standartları:

- DIN 1164 Portland, Demir Portland ve Yüksek Fırın Çimentosu
- DIN 4226/2 Beton Agregası; Gözenekli Agrega (Hafif Agrega)
- DIN 4028 Bimsbetondan betonarme döşemeler
- DIN 4158 Bimsbetondan betonarme çatılar için ara yapı elemanları
- DIN 18150 Bimsbetondan baca ve şömine elemanları
- DIN 18151 Bimsbetondan içi boş bloklar
- DIN 18152 Bimsbetondan içi dolu bloklar
- DIN 18162 Bimsbetondan duvar plakaları [14, 47-51]

5. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİMS KULLANIMI

İnşaat sektöründe son yıllarda hafif yapı malzemelerine verilen önemin giderek artmasına paralel olarak, hammadde tüketiminde Bims taşının yapı malzemesi olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ayrıca, inşaat sektöründe, tarihsel gelişim süreci içerisinde, yapılarda hafif beton karışımlarının kullanım gerekliliğinin çok eskilere dayandığı da bilinen bir gerçektir. Bimsin, ilk olarak Nevşehir ve Niğde bölgesindeki (Kapadokya) soğuk hava depolarında kullanıldığı belirtilmektedir. [19] Arkasından da Roma Dönemi'nde kullanılmıştır. [18, 10] Yakın tarihe bakıldığında ise, 20. yüzyılın başından itibaren başta Almanya ve ABD olmak üzere birçok ülkede Bimsten mamul hafif yapı elemanları ve hafif beton üretilmiş ve özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra büyük çapta tüketilmeye başlanmıştır. [16, 8]

Türk Standartları Enstitüsü, TS 2823'te Bimsten mamul yapı elemanlarını şöyle tanımlamıştır: "Bimsten mamul yapı elemanları, Bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında, vibrasyonla sıkıştırılıp kür edilen ve gerektiğinde kuvarz kumu da ilave edilerek üretilen yapı elemanlarıdır." Aynı standartta bu yapı elemanları genel anlamda donatılı ve donatısız olarak ikiye ayrılmıştır. [20, 1] Bu bölümde de, Bimsin inşaat sektöründe kullanımı, TSE 2823'te olduğu gibi, donatısız yapı malzemeleri ve donatılı yapı elemanları başlıkları altında ele alınacaktır.

5.1. Donatısız Yapı Malzemeleri

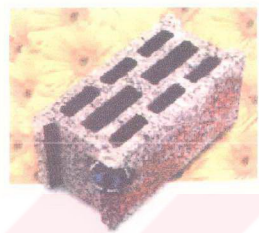
Donatısız yapı malzemeleri, genel olarak iki alt gruba ayrılmaktadır:

1. Bimsblok
2. Bims agregalı hafif beton

5.1.1. Bimsblok

5.1.1.1. Tanımı ve Sınıflandırılması

Bimsten imal edilen yapı malzemeleri içinde üretimi en fazla olan Bimsbloklardır. Günümüzde dünyanın pek çok ülkesinde bu ürünün tüketimi 20 milyon m^3'ü geçmektedir. Bimsbloğun sembolik görünümü Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Bimsbloğun sembolik görünümü [16, 10]

Bimsbloklar, boyut, şekil ve geometrik durumlarına göre 3 ayrı grupta sınıflandırılabilir:

a) Bims tuğla

b) Boşluklu duvar bimsblokları

c) Asmolen bloklar

Bu genel sınıflandırma, "Ürünler (TS 2823'e göre)" bölümünde daha geniş bir biçimde açıklanacaktır. [16, 9]

5.1.1.2. Üretim Teknolojisi

Bims taşı, Bims maden ocağından bir lastik tekerlekli yükleyici ile kazılmak suretiyle, kamyonlara yüklenir. Endüstriyel önem taşıyan yataklardan açık işletme metodu ile üretilen Bims madeni, kamyonlar ile Bimsblok üretim süreci için fabrikaya nakledilir. (Şekil 5.2-5.3)



Şekil 5.2 Yükleyici ve kamyonlarla Bimsin ocaktan üretimi [16, 193]



Şekil 5.3 Bimsin ocaktan kamyonlarla nakledilmesi [16, 194]

Fabrikada besleme bunkerine boşaltılan Bims, uygun kırma-eleme sistemlerinde boyut küçültülerek (8-16 mm, 4-8 mm, 0-4 mm) sınıflandırılır ve Bimsblok agregası haline dönüştürülür. (Şekil 5.4-5.5)



Şekil 5.4 Kırma ünitesi (Rebaund Kırıcı) ve ön elek [16, 195]

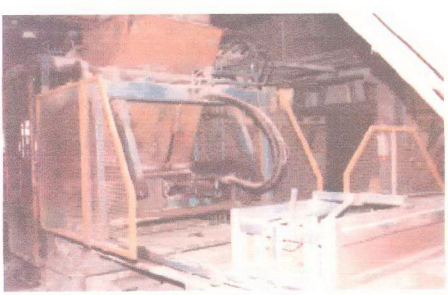


Şekil 5.5 Ana eleme ünitesi ve tasnif edilmiş cevher stok bant konveyörleri [16, 196]

Boyutlandırılmış olarak ayrı ayrı silolara nakledilir. Bilgisayar otomasyonlu robot teknolojisi ile donatılmış bir sistemle, silolarda toplanan Bims agregası ve çimentonun, su ile homojen olarak karıştırılması için miksere alınır. (Şekil 5.6-5.7)



Şekil 5.6 Boyut tasnifi yapılan Bimsin, silolarda toplanması [16, 196]



Şekil 5.7 Hafif beton karışımının mikser ünitesinde hazırlanması [16, 198]

Oluşturulan karışım, yüksek basınç ve vibrasyon altında kalıplara preslenir. Kalıp içerisinde istenen şekle giren Bims, paletler, elevatör ve taşıyıcı robot aracılığıyla kamaralardaki raflara yerleştirilir. (Şekil 5.8-5.9)



Şekil 5.8 Miks hafif betonun vibrasyon+baskı ünitesinde preslenmesi [16, 198]



Şekil 5.9 İlk prizlerini almak üzere kamaralarda bekletilen ürünler [16, 200]

Arkasından açık alana nakledilen Bimsbloklar, istenen dayanıma ulaştıktan sonra, yine taşıyıcı ve istifleyici robot aracılığıyla nakledilir. (Şekil 5.10-5.11)



Şekil 5.10 Priz süresini tamamlamak için stok sahasında istiflenen ürünler [16, 202]



Şekil 5.11 Nakledilmek üzere ürünlerin forklift ile kamyonlara yüklenmesi [16, 203]

Bimsblok üretiminde malzemelerin alınması, basınç ve vibrasyon miktarları gibi değişkenler tamamen bilgisayar ünitesince belirlenerek uygulanmaktadır. Bimsblok üretim sürecinin sembolik akım şeması Şekil 5.12'de verilmiştir. [16, 190-203]



Şekil 5.12 Bimsblok üretim sürecinin sembolik akım şeması [16, 12]

5.1.1.3. Ürünler (TS 2823'e göre)

Önceki bölümde yapılan Bimsblok sınıflandırılması genişletilirse;

a) Bims tuğla

b) Boşluklu duvar Bimsblokları

ba) Tek sıra boşluklu Bimsbloklar

bb) İki sıra boşluklu Bimsbloklar

bc) Üç sıra boşluklu Bimsbloklar

bd) Dört sıra boşluklu Bimsbloklar

c) Asmolenler

ca) Düz asmolenler

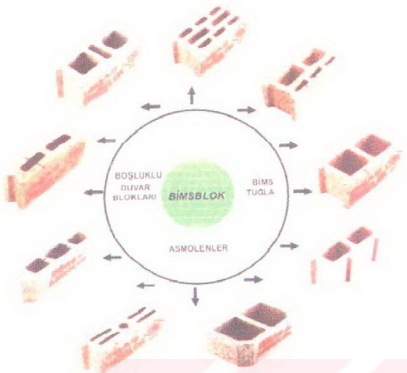
cb) Filigran tipi asmolenler [16, 13]

TS 2823'te, bu ürünlerden boşluklu duvar Bimsblokları için bütün boyutlarda sınırlandırılma getirililirken, asmolenler için yükseklik sınırlandırılması getirilmiş; Bims tuğla için ise herhangi bir boyutsal sınırlandırmaya gidilmemiştir. Tablo 5.1'de boşluklu duvar Bimsblokları için getirilen boyut sınırlandırmaları belirtilmiştir.

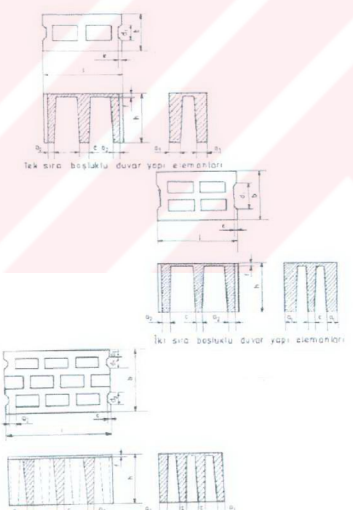
Tablo 5.1 Boşluklu duvar Bimsblokları için boyut sınırlandırmaları [20, 5]

Boşluk Biçimi ve Sayısı	Boyutlar		
	En b (mm)	Boy l (mm)	Yükseklik h (mm)
1 Sıra Boşluklu	100	390	185/240
	150	390	185/240
	190	390	185/240
2 Sıra Boşluklu	100	390	185/240
	150	390	185/240
	190	390	185/240
	200	390	185/240
	250	390/240	185/240
	300	390/240	185/240
3 Sıra Boşluklu	200	390	185/240
	250	390/240	185/240
	300	390/240	185/240
4 Sıra Boşluklu	200	390	185/240
	250	390/240	185/240
	300	390/240	185/240
	365	490/240	185/240

Bu ürünlerin sembolik görünümü Şekil 5.13'te verilmiş olup, TS normlarına göre boyutlandırma ölçüm prensibi şematik olarak Şekil 5.14 - 5.15'te verilmiştir.

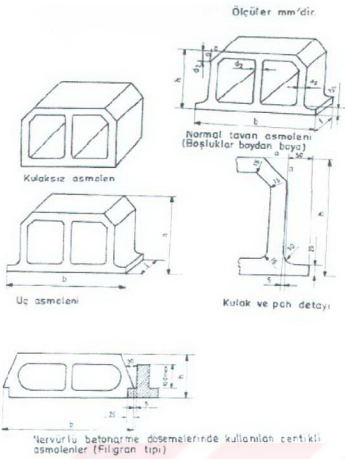


Şekil 5.13 Bimsblok ürünlerinin sembolik görünümü [16, 15]



Şekil 5.14 Bimsblokların ölçüm prensipleri [20, 19]

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ



Şekil 5.15 Asmolenlerin ölçüm prensipleri [20, 20]

Bimsblok ürünlerinin çeşitliliğini arttırmak ve kalite etkenlerinin malzeme dinamiği, süreç teknolojisi, boyut ve dayanım ölçütlerinde belirlenerek, inşaat sektöründe Bimsblok uygulamalarına yeni bir boyut kazandırmak olanaklıdır. Yapılan araştırma-geliştirme (ARGE) çalışmalarında yeni ürün tiplemeleri geliştirilmiştir. Bimsten mamul yeni tip Bimsblok ürünleri şu şekilde gruplandırılmaktadır: [16, 23-24]

a) Özel tasarım Bims tuğlalar

b) Özel boşluklu Bimsbloklar

   ba) Tek sıra delikli Bimsbloklar

   bb) İki sıra oval boşluklu Bimsbloklar

   bc) Dilinimli boşluklu Bimsbloklar

   bd) Karışık sıra boşluklu Bimsbloklar

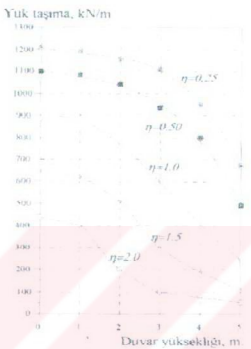
c) Kenar-köşe elemanı Bimsbloklar

d) Kemer elemanı Bimsbloklar

e) Bahçe duvar elemanı halka Bimsbloklar

Özel tasarım Bimstuğlalar, genelde farklı granülometrik Bims dağılımları ile elde edilmektedirler. Uyumlu bir yapısı olduğundan yaygın kullanıma açıktır.

Bimsblokların boşlukları üzerinden yola çıkılarak yapılan yeni tasarımların (tek ve çift sıra delikli Bimsbloklar), yük taşıma kapasiteleri Şekil 5.16'da ve teknik özellikleri Tablo 5.2'de verilmiştir.



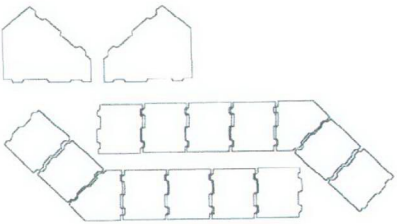
Şekil 5.16 Tek sıra delikli Bimsblokların yük taşıma kapasitesi [16, 30]

Tablo 5.2 Çift sıra delikli (ÇD) Bimsblokların teknik özellikleri [16, 33]

Özellik	ÇD 100	ÇD 120	ÇD 150	ÇD 175
Genişlik	100	120	150	175
Ağırlık kg	1.25	1.50	1.33	1.37
Basınç Dayanımı N/mm²	-	14	11	12
Ses Yutuculuk dB	44	46	48	50

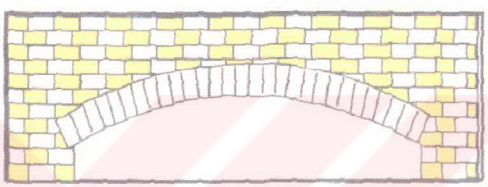
Dilinimli boşluklu Bimsblokların tasarımında, Bimsbloklar ölçülü bir şekilde yiv ve tarak sistemiyle donatılmış olduklarından, oluşan boşluklar ve kenarlar geçmeli yivli olarak boyutlandırılmıştır. Böylece uygulaması kolay bir malzeme elde edilmeye çalışılmıştır.

Kenar-köşe elemanı dolu Bimsblokların uygulamadaki sembolik görünüşü Şekil 5.17'de verilmiştir.



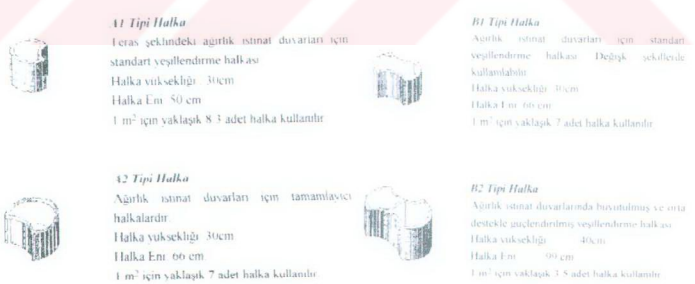
Şekil 5.17 Kenar-köşe elemanı dolu Bimsblokların sembolik görünüşü [16, 45]

Kemer elemanı Bimsblokların uygulama prensibi Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.18 Kemer elemanı Bimsblokların uygulama prensibi [16, 45]

Bahçe duvar elemanı halka Bimsbloklar, genellikle halka şekilli boşluklu beton yapı elemanlarıdır. İki ayrı tip Bimsblok halkası tasarlanmıştır. Bunlar A1, A2 ve B1, B2 olarak adlandırılmış olup boyutlandırılmaları ve sembolik görünüşleri Şekil 5.32'de verilmiştir. [14, 24-47]



Şekil 5.19 Bahçe duvar elemanı halka Bimsblok tipleri [16, 49-50]

Bu bölümde verilmiş olan bütün örnekler ISBAŞ (Isparta Belediyesi Bims Yapı Elemanları Sanayi ve Ticaret A.Ş.) firmasının kataloğundan alınmıştır.

5.1.1.4 Özellikleri

Bu bölümde Bimsblokların birim hacim ağırlık, rötre, ısı iletkenlik, nem ve buhar geçirgenliği, ses yalıtımı, sese karşı akustik olma ve basınç mukavemeti özellikleri ele alınacaktır.

a) TSE 2823'e göre; Bimsbetondan mamul Bimsblok yapı elemanlarının birim hacim ağırlıkları aşağıdaki gibidir:

Bimstuğla	0.8 kg/dm³
Tek sıra boşluklu Bimsbloklar	0.8 kg/dm³
İki sıra boşluklu Bimsbloklar	0.9 kg/dm³
Üç sıra boşluklu Bimsbloklar	1.0 kg/dm³
Asmolenler	0.7-0.9 kg/dm³

b) Rötre: Yapı bileşenlerinde rötre, sulu bir ortamda veya yüksek nem altında kalan malzemelerde oluşan hacimsel genleşme farklılığına verilen addır. Genleşmeye uğrayan yapı bileşenleri rötre çatlağı yaparlar ve bu çatlaklar zamanla malzemenin mukavemetini azaltır. Bimsblok, volkanik camsı lifli minerolojik yapısı nedeniyle rötre çatlağı yapmamaktadır. Laboratuar koşullarında, 24 saat su içerisinde bekletildikten sonra periyodik kurutma işlemi sonucunda, Bimsbloğun boyutlarında görülen değişim miktarı 0.05 mm'den küçüktür.

c) Isı iletkenlik: Bimsblok ürünlerinden bazılarının ısı iletkenlik değerleri Tablo 5.3'te verilmiştir.

d) Nem ve buhar geçirgenliği: Günümüzde iyi bir yapı malzemesinin, ısı iletkenliği düşük, hacim içerisindeki nem oranını yoğuşmaya yol açmadan ayarlayabilen ve yapısal özelliklerini değişik iklim şartlarına bağlı kalmadan koruyabilen nitelikte olması istenmektedir. Bims, hacim içerisindeki mevcut nem miktarının yükselmesi durumunda, mevcut nemin bir kısmını bünyesine alarak hacim içerisindeki havanın, gerekli bağıl nem miktarına ulaşmasını sağlamaktadır. Ancak, gözeneklerin sayıca çok fazla oluşu ve bu

gözeneklerin birbirinden bir zarla yalıtılmış olması, yani kılcal bağlantılar içermemesi, petrografik yapısının volkanik cam liflerinden oluşması gibi nedenlerden dolayı bünyesinde de su tutmamaktadır. Hacim içerisinde nem miktarının bağıl nem miktarının altına düşmesi durumunda, her bir gözenekteki su buharı, hacim içerisine geri verilmektedir. Yani Bims ortamdaki nemi dengelemekte, bu nemi bünyesinde tutmamaktadır. Bu da buhar geçirgenlik yeteneğinin iyi olduğu yönünde bir işarettir. Bimsbetondan mamul Bimsblokların buhar geçirgenlik direnç faktörü yaklaşık μ=2.0 dır.

Tablo 5.3 Bimsblokların ısı iletkenlik değerleri [16, 69]

Ürün	Birim Hacim Kütle kg/m³	Isı İletkenlik Değeri W/mK
Asmolenler	0.6-0.7	0.19-0.20
Tek sıra boşluklu bimsblok	0.7-0.8	0.25-0.27
İki sıra boşluklu bimsblok	0.8-1.0	0.22-0.25
Üç sıra boşluklu bimsblok	0.9-1.0	0.20-0.24
Bimstuğla	0.8-0.9	0.27-0.30

e) Ses yalıtımı: Genel olarak, gürültü derecesindeki seslerin, kullanıcıya ulaşmasını önlemeye yönelik önlemler olarak tanımlanabilir. Sesin sönümlenmesi, bir kaynaktan yayılan ses dalgalarının, kısmen veya tamamen geçirimsiz bir yüzeye çarptıklarında, yansıyan dalgalarda yansıma nedeniyle birbirlerinin etkilerini azaltma veya yok etmeleridir. Bu olayın dışında, bir de darbe sesinin sönümlenmesi vardır. Darbe sesinin madde içerisinde yayılımı malzemenin birim hacim ağırlığına ve malzemenin içerdiği ortamlara (hava boşluğu, su) bağlıdır.

Birim ağırlığı fazla yoğun maddelerin, ses titreşimleri atomik yapıda daha iyi iletildiklerinden dolayı, sönümleme yetenekleri zayıftır. Bununla beraber, maddenin yapısındaki boşlukların homojen dağılıp dağılmadığı da ses iletimi konusunda önem taşımaktadır.

Yapı bileşenlerinin içerdikleri nem miktarları ve/veya kristal suyunun ses iletimine pozitif katkısı vardır. Bu nedenle, bir yapı bileşeninin bünyesinde uzun süre nem tutması ve kristal suyu içermesi istenmeyen bir durumdur.

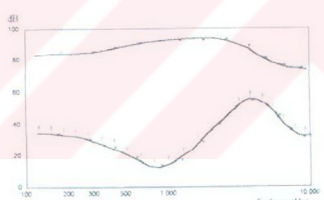
Bu etkenlerin ışığında bakıldığında Bimsblok, homojen boşluklu yapısı, hafifliği ve kristal suyu içermemesi gibi özellikleri ile sürekli ses yalıtımı yapabilen bir malzemedir. Dış duvarlar için istenen ses yalıtım değerleri Tablo 5.4'te, kalınlıklarına göre Bimsblok ile örülmüş duvarların sağladığı değerler Tablo 5.5'te, boyutları farklı iki adet çok sıralı boşluklu Bimsbloğun ses yutuculuk değerleri de Şekil 5.20 - 5.21'de verilmiştir.

Tablo 5.4 Dış duvarlar için istenen ses yalıtım değerleri [16, 74]

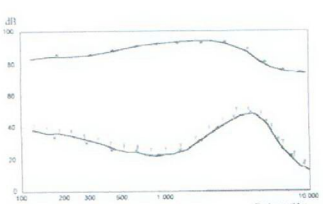
Dış Duvarlar İçin İstenen Ses Yalıtım Değerleri, dB				
Gürültü Sınıfı	**Dış Gürültü Seviyesi, dB**	**Yatak Odası Hastane, dB**	**Oturma Odası, Otel, Dershane, dB**	**Büro, dB**
I	<50	30	30	30
II	51-55	35	30	30
III	56-60	40	35	30
IV	60-70	50	45	35
V	70	55	50	45

Tablo 5.5 Bimsblok ile örülmüş duvarların sağladığı değerler [16, 74]

Bimsblok	100 mm'lik duvar	150 mm'lik duvar	190 mm'lik duvar
Ortalama Yalıtım, dB	42	44	45



Şekil 5.20 Çok sıra boşluklu Bimsbloğun ses yutuculuğu (190/390/185) [16, 75]



Şekil 5.21 Çok sıra boşluklu Bimsbloğun ses yutuculuğu (250/390/240) [16, 75]

f) Akustik olma: Akustik, genel olarak karmaşık ve belli oranlar taşımayan ses dalgalarının düzenli hale getirilmesi olarak açıklanabilir. Yapı malzemelerinde ses yalıtımı kadar yapı akustiği de önem taşımaktadır. Yapı bileşenlerinin akustiği, onun sönümleme yeteneğiyle orantılıdır. Bu da gözenekli ve elastik davranış gösterebilen yapı bileşenleri ile sağlanabilir. Bimsblok, içerisinde çok sayıda gözenek barındırmasıyla, sesin sönümlemesini sağlamaktadır.

g) Basınç mukavemeti: TS 2823'te, Bimsbloklarda basınç mukavemet değerlerinin minimum 20 kgf/cm², ortalama 25 kgf/cm² veya üzerinde bir değer olması gerektiği belirtilmiştir. Asmolenlerde ise kesme yükü değerinin minimum 200 kgf/cm² değerlerinde olması istenmektedir. [16, 66-77] Tablo 5.6'da Bimsbetondan mamul bloklar için basınç mukavemet değerleri verilmiştir.

Tablo 5.6 Bimsbetondan mamul bloklar için basınç mukavemet değerleri [20, 7]

Yapı Elemanı Tipi, Türü ve Cinsi		En Büyük Birim Hacim Ağırlığı kg/m³	Basınç Mukavemeti kgf/cm²	
			Minimum	Ortalama
Boşluklu Bloklar		600	20	25
			40	50
		700	20	25
			40	50
		800	20	25
			40	50
		1000	20	25
			40	50
Dolu Bloklar	Dolu Duvar Blokları	800	20	25
		900	40	50
		1100	60	75
		1600	120	150
	Özel Yarıklı Dolu Duvar Blokları	600	20	25
		700	20	25
		800	40	50
Asmolen Bloklar	Statik Çalışan	1600	150	200
	Statik Çalışmayan	1000	15	20

5.1.2. Bims agregalı hafif beton

5.1.2.1. Tanımı ve Sınıflandırılması

TS 2823'e göre "Bimsbeton, agrega olarak Bims agregaları kullanılan, gerektiğinde kuvars kumu da ilave edilerek yapılan hafif betondur." [20, 1]

Bimsbetonların sınıflandırılması ise 28 günlük basınç mukavemetlerine göre yapılmıştır. Bu sınıflandırma Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 Bimsbeton türleri ve basınç mukavemet değerleri [13, 1]

Bimsbeton Türleri	15 cm lik Deney Küplerinin 28 Günlük En Az Basınç Dayanımları kgf/cm²
BB 40	40
BB 80	80
BB 120	120
BB 160	160

5.1.2.2. Karışım oranları ve deney koşulları

Bims taşı agregası, yaklaşık %70 oranında boşluk içermektedir. Bims agregalı hafif betonda sağlanması istenen agrega şartları şunlardır:

a) Zararlı maddeler: Sülfat (SO_3) miktarı, ağırlıkça %1.0'dan çok olmamalıdır. Hafif agregada humus ve benzeri organik maddeler ince dağılmış halde iken betonun sertleşmesine zarar verebilirler. [21, 3]

b) Kil topakları: Agregadaki kil topakları, kuru agrega ağırlığının %2'sini geçmemelidir. [22, 2]

c) Dane Biçimi ve Yüzey Yapısı: Değişik yerlerde elde edilen Bims agregalar, dane biçimi ve yüzey yapısı bakımından farklılıklar göstermektedir. Bims agregaların dane biçimi ve yüzey yapısı, karışım içindeki ince ve iri agrega miktarlarını, betonun işlenebilirliğini, ince agrega/iri agrega oranını, su ve çimento miktarını etkiler. [13, 3]

d) Su emme ve nem yüzdesi: Bims agregalarının 24 saatlik su emme yüzdeleri, ince agregada %20, iri agregada ise %30 civarındadır. Bu değerler, agreganın

sağlandığı yere, granülometrisine, dane biçimi ve yüzey yapısına göre değişir. Normal depolama şartlarındaki nem yüzdesi su emme kapasitesinin 2/3'ünü geçmemelidir. [13, 3]

e) Yanıcı madde: Agregada yanıcı madde oranı %5'i geçmemelidir. [21, 3]

f) Maksimum dane çapı: Bimsbeton agregalarında dane çapı 20.0 mm'den büyük olmamalı, yerine göre 12.5 mm veya 10.0 mm'lik maksimum dane çaplı karışımlar tercih edilmelidir. [13, 2]

Deney örneklerinde kullanılan esas boyut d, verilen boyutların ± %10 sınırı içinde olmalıdır. Numunelerin her biçimi için alınacak esas boyut d, beton agregasının en büyük dane büyüklüğünün en az 4 katı olarak seçilmelidir. Küp deney örneklerinde d (mm cinsinden) 100-150-200-250-300 olmalıdır. Biçim toleransı olarak, küpün yükleme uygulanacak yüzlerinin düzgünlük toleransı 0.0005 d olmalıdır. Küp kalıplarda, kenar uzunluklarındaki toleranslar 150 mm boyutlarına kadar ± 1.5 mm olmalıdır. [23, 1-3]

Kalıplar çelik, dökme demir veya hidrolik çimentolarla reaksiyona girmeyen uygun bir malzemeden yapılmalıdır. Kalıplar birden fazla parça halinde imal edilmişse, bu parçaların sıkıca birleştirilmesini sağlayacak bir kelepçe sistemi bulunmalıdır. Kalıpların iç yüzeyleri pürüzsüz ve kaygan olmalıdır.

Deney presi kırılma yükünün en az %1'ini gösterecek hassasiyette olmalıdır. [24] Yükleme hızı 0.5-2 kgf/cm²/s olmalıdır. [25, 1] Örnek miktarı, her harmandan en az 4 adet basınç dayanım deneyi örneği hazırlanabilecek miktarda olmalıdır. Beton malzemesinin hazırlanmasında homojen olarak aynı sıcaklıkta (tercihen 20-25°C) bulunması gerekmektedir. [13, 5]

Çimentonun ise, kullanılmadan önce iyice karıştırılarak homojenliği sağlanmalı ve göz açıklığı 1 mm olan kare delikli elekten elenmelidir. Betonun el ile kırılması işleminde çimento, ince agrega ve varsa suda erimeyen toz katkı maddesi ile birlikte tamamen ve su ilave edilmeden karıştırılır. İri agrega harmana katılır ve daneleri harman içinde düzgün olarak dağılıncaya kadar su ilave edilmeden karıştırılır. Karma suyu veya suda eritilmiş katkı maddesi harmana katılır ve harman istenilen kıvamda,

homojen bir beton elde edilinceye kadar karılır. Karma işlemi tamamlandıktan sonra kaplara doldurulur. [26, 5]

Su miktarının saptanmasında çeşitli agregalarda yaklaşık 5 cm çökme verecek kıvamda 1 m^3 beton için gerekli net su miktarı 180-270 kg arasında değişir. İnce agreganın toplam agregaya oranında oluşan her %1'lik artış (azalış) için 1 m^3 deki su miktarı yaklaşık 1.5 kg, çimento dozu da %1 kadar arttırılır (azaltılır). Çökmedeki her 2.5 cm'lik artış (azalış) için her m^3 te su miktarı ortalama 6 kg ve çimento dozu da %3 arttırılır (azaltılır). Çökme değerinin 7.5 cm'den küçük olması halinde, bir miktar daha su ve (doğru kıvamı tutturabilmek için) bir miktar daha çimentoya gerek duyulur. [27, 3]

Kalıplara doldurulan betonun üst yüzeyi düzlenip perdahlanır. Elde edilen örnek yüzeyi, kalıp kenarlarıyla aynı seviyede olmalı, yüzeyde kalabilecek girinti veya çıkıntıların boyutları 3 mm'yi geçmemelidir. Küp örnekler için başlık yapılmayabilir. Kalıplar, örneğin bozulma tehlikesi ortadan kalkmadan sökülmemeli, ancak bekleme süresi dökümden sonra 7 günü geçmemelidir. Örnekler, hazırlanmalarından itibaren en erken 20, en geç 48 saat sonra kalıplardan çıkarılmalıdır. [26, 7]

Deneylerde her kür süresi için en az 3 adet deney örneği olmalıdır. Deney örneğinin kütlesinin tayini için, nemli bir ortamda veya su içerisinde bırakılmış örnekleri tartmadan önce üzerlerindeki artık su silinmelidir. Bütün deney örneklerinin kütlesinin ±%0.25 hassasiyetle tayin edilmesi gerekir. Örneklerin nem durumu ile ilgili not alınmalıdır. Deney örnekleri, yukarıdaki işlemlerden sonra deneye tabi tutulabilir. Deney presinin çelik yükleme plakaları ve bunlarla temas edecek örnek yüzeyleri iyice temizlenir. Silindir örneklerinin alt yüzü, küp deney örneklerinin dökme yönüne dik yüzeylerden biri alt plaka üzerine yerleştirilir. Yüklemeye sabit bir hızla ve darbe tesiri yapmayacak tarzda, deney örneği kırılıncaya kadar devam edilir. Örnek kırılıncaya kadar yükün uygulanmasına devam edilmeli ve maksimum yük tesbit edilmelidir. [24]

5.1.2.3. Özellikleri

Bu bölümde bir tür hafif beton olan Bimsbetonun su emme miktarı, rötre, donmaya karşı dayanıklılık, ısıl genleşme, ısı yalıtımı, ses emme, yangına dayanıklılık, aşınma dayanımı, korozyona karşı dayanım, basınç mukavemeti, Elastisite modülü, sünme şekil değiştirmesi, çekme mukavemeti, aderans özellikleri ve onları etkileyen faktörler hakkında bilgi verilecektir.

a) Su emme miktarı: Normal betona göre ortalama %12-22 fazla su emilme görülmüştür.

b) Rötre: Çimento miktarının fazlalığı ve agreganın düşük rijitliliği rötreyi arttırırken, gerçek su/çimento oranının değerinin az oluşu da düşürmektedir. Sonuçta, çok zayıf agregalar için, normal betonunkine kıyasla %20 daha fazla rötre değerleri görülmüştür.

c) Donmaya karşı dayanıklılık: Hafif agrega içindeki boşluklar su ile tam dolu olmamak koşuluyla, yani betonun tam kuru olmaması halinde donmaya dayanıklılık bakımından, normal betonlara eş bir dayanıklılık gösterdiği görülmüştür. Bunun yanında çimento oranının artması ve toplam su oranının azalmasının bu özelliği iyileştirdiği de belirtilmektedir.

d) Isıl genleşme: Hafif agregaların ısı genleşme katsayısı daha düşük olduğu için, hafif betonda ısı genleşme katsayısının agrega çeşidine ve katılan doğal kum miktarına bağlı olarak normal betondan yaklaşık %20-25 daha az olduğu belirtilmektedir.

e) Isı yalıtımı: Hafif betonun ısı yalıtımının normal betona göre, beton birim ağırlıklarına ve hafif agrega cinslerine bağlı olarak olumlu yönde değiştiği belirtilmektedir. [16, 94-96]

f) Ses emme: Hafif betonun ses emme özelliğinin, havadaki ses enerjisinin betonun çok küçük kanallarında ısıya dönüştürülmesi nedeniyle iyi olduğu belirlenmiş, dolayısıyla ses emme katsayısının normal betona oranla yaklaşık iki kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. [28, 34-37]

g) Yangına dayanıklılık: Hafif betonun yangına dayanıklılığı, ısı yalıtımının daha fazla, ısıl genleşmesinin ise daha az olması nedeniyle normal betonunkinden daha iyidir. Belirli bir yangın yüküne dayanma süresinin normal betona göre %20-30 daha fazla olduğu açıklanmaktadır.

h) Aşınma dayanımı: Hafif betonun aşınma dayanımının normal betona göre çok daha fazla olduğu belirtilmektedir.

i) Korozyona karşı dayanım: Bims agregalı hafif betonun korozyona karşı dayanımı normal betonunkine yakındır. Bu tür betonun özellikle deniz suyuna karşı dayanımı çok yüksek olduğu görülmektedir.

j) Basınç mukavemeti: Karışımın su/çimento oranı ve çimentonun standart basınç mukavemeti, normal betondaki gibi etki yapmaktadır. Ancak hafif betonda, mukavemet üzerinde hafif agreganın zayıflatıcı etkisi olduğundan, normal betondaki su/çimento oranına karşılık gelen mukavemetin çok altında kalınmakta ve su/çimento oranı mukavemet bağıntısı agrega mukavemetine de bağlı olarak değişmektedir. Betonda çimento miktarını etkileyen başlıca özelliğin, agrega dayanımı ile daneler arasındaki boşluk olduğu görülmüştür.

k) Elastisite modülü: Betonun Elastisite modülü agrega ve çimento hamuru fazlarının Elastisite modüllerine bağlıdır. Normal betonda agrega artışı betonun rijitliğini arttırırken, hafif betonda bu durumun tam tersi görülmektedir. Hafif betonların Elastisite modülleri genel olarak aynı dayanımdaki normal betona oranla %20-50 daha düşük olabilir.

l) Sünme şekil değiştirmesi: Hafif betonlarda çimento hamurunun mukavemet üzerindeki olumsuz etkisine karşın, hafif agreganın çimento hamurundaki suyu emme yolu ile değiştirmesi, böylece gerçek su-çimento oranının düşmesi, bu zararı minimize etmekte, sonuçta normal betonunkine yakın bir sünme özelliği görülmektedir. Bunun yanında düşük dayanımlı hafif betonların aynı yüklenme altında %20-40 oranında daha fazla sünme yaptığı da göz önünde tutulmalıdır.

m) Çekme mukavemeti: Bims agregalı hafif betonların çekme mukavemeti, yaklaşık olarak normal betonun çekme mukavemetine yakın değerlerdedir.

Ancak bu mukavemet değerinin, kuru havalarda önemli derecede azaldığı gözlemlenmektedir.

n) Aderans: Donatı ile aderans bakımından, düşey konumdaki donatı çubukları için normal betondaki kenetlenme boyunun, yatay konumdaki donatı çubukları içinse aderansı geliştirilmiş donatılarla, kenetlenme boyunun 1.5 katının kullanılması önerilmiştir. Aderanstaki bu azalma, beton dökümünde boşluk oluşma olasılığının normal betona göre daha büyük olmasından ileri gelmektedir. [16, 94-96]

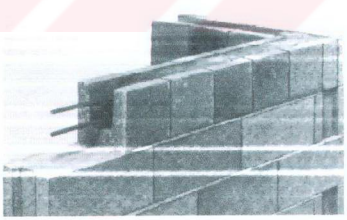
5.2. Donatılı Yapı Elemanları

Bu bölümdeki elemanlar şu alt gruplarda toplanmaktadır:

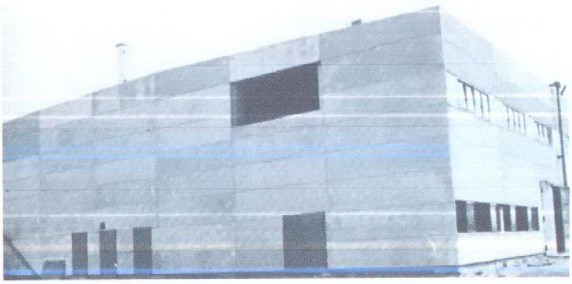
1. Taşıyıcı düşey duvar elemanları
2. Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları
3. Baca ve şömine elemanları

5.2.1. Taşıyıcı düşey duvar elemanları

Örnekleri Şekil 5.22 – 5.23'te verilmiştir.



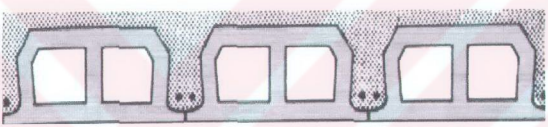
Şekil 5.22 U-formlu donatılı taşıyıcı düşey duvar elemanı [14, 64]



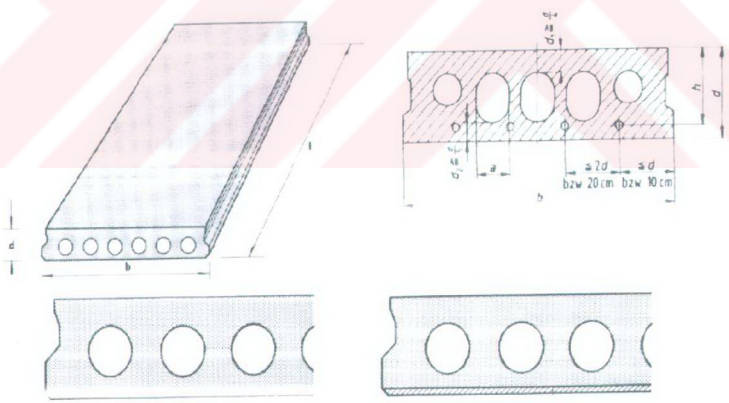
Şekil 5.23 Panel şeklinde donatılı taşıyıcı düşey duvar elemanı [14, 69]

5.2.2. Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları

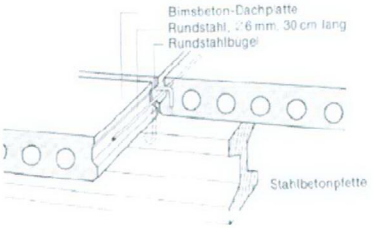
Örnekleri Şekil 5.24 – 5.28'de verilmiştir.



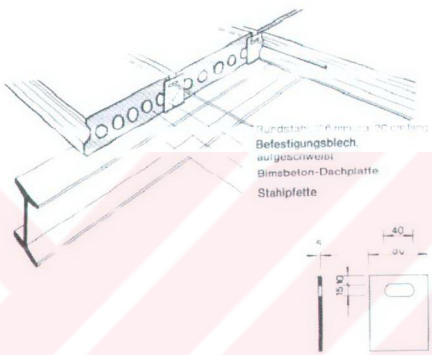
Şekil 5.24 Bimsbeton tuğlalı betonarme döşemenin şematik kesiti [14, 76]



Şekil 5.25 Bimsbetondan çatı plaklarının perspektifi ve kesitleri [14, 78]



Şekil 5.26 Bimsbetondan çatı plağı uygulama detayı [14, 79]



Şekil 5.27 Bimsbetondan çatı plağı uygulama detayı [14, 79]

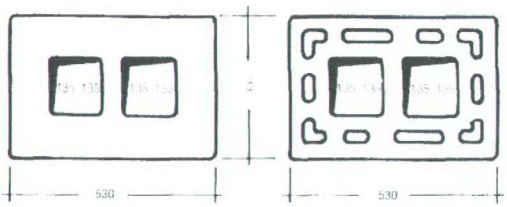


Şekil 5.28 Bimsblok döşeme tuğlası uygulama detayı [14, 72]

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

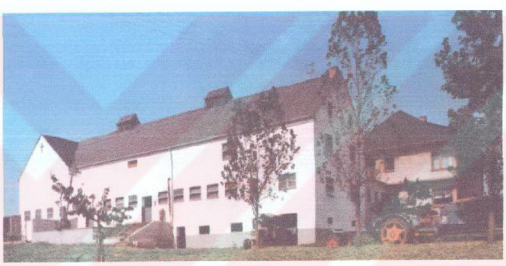
5.2.3. Baca ve şömine elemanları

Örneği Şekil 5.29'da verilmiştir.



Şekil 5.29 Çift delikli baca ve şömine elemanı [14, 81]

Bimsbeton ürünleri ile inşa edilmiş yapılar Şekil 5.30 – 5.32'de verilmiştir.



Şekil 5.30 Kamuya açık hizmet binası, Hunsrück, Almanya [14, 163]



Şekil 5.31 Depo binası, Boppard, Almanya [14, 167]

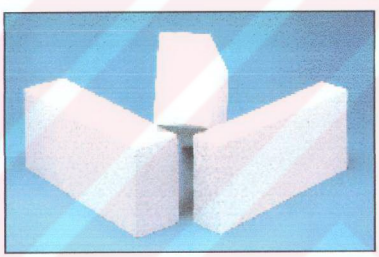


Şekil 5.32 Çok katlı apartman bloğu, Andernach, Almanya [14, 162]

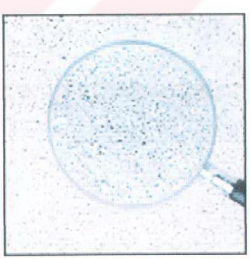
6. MALZEME OLARAK GAZBETONUN İNCELENMESİ

6.1. Tanımı

TS 453'e göre "Gazbeton, ince öğütülmüş silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç ve/veya çimento) ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturucu bir madde ilavesi ile hafifletilmesi ve buhar kürü ile sertleştirilmesi ile elde edilen gözenekli hafif betondur." [29, 1] Gazbetonun sembolik görünümü Şekil 6.1'de, gözenekli yapısı ise Şekil 6.2'de verilmiştir.



Şekil 6.1 Gazbetonun sembolik görünümü [30]



Şekil 6.2 Gazbetonun gözenekli yapısının sembolik görünümü [30]

Gazbetonun oluşturan ana maddelerden biri olan kuvarsit, genel olarak kuvars kumu tanelerinin, silisten meydana gelmiş bir çimento ile birbirlerine çok sağlam şekilde bağlanmalarıyla oluşmuş bir kayaç olup, sedimanter ve metaformik olmak üzere 2

çeşidi vardır. Kuvarsit, direnci yüksek, sağlam ve aşındırıcı bir kayaçtır ve öğütülmesi oldukça güç ve pahalıdır. Bu nedenle kuvarsit üretimi, aynı kimyasal bileşimde bulunan kuvars kumu ve kumtaşından (kuvarslı gre), ayrıca daha saf olan kuvarstan sonra tercih edilmektedir. Kuvarsitin kimyasal bileşimi, kuvars, kumtaşı ve kuvars kumu gibi SiO_2 olup, ancak içerisinde çeşitli miktarlarda feldspat, mika, kil, manyetit, hematit, granat, rutil, kireçtaşı vb. bulunabilir. Gazbeton üretiminde kullanılan kuvarsitte, SiO_2 miktarının en az %90, Fe miktarının en fazla %2 olması istenir. [31] Gazbetonu oluşturan malzemelerin sembolik görünümü Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3 Gazbetonu oluşturan malzemelerin sembolik görünümü [32]

Gazbetonun tarihçesine bakıldığında; tarih boyunca yapılarda kullanılan hafif ve gözenekli doğal malzemelerin yapay olarak üretilmesi fikri, 19. yüzyılın sonlarında ortaya atılmıştır. Gaz meydana getiren bir katkı ilavesi ile gözenekli harç imalatı için ilk patent 1889'da verilmiştir. Bunu takiben 1914'te, çimento harca kabartıcı katkı maddesi olarak alüminyum tozu, çinko tozu veya diğer madeni tozların katılması yoluyla hafif beton üretilebileceği görüşü ortaya atılmış ve 1919-1920'de beton harcına kabartıcı madde olarak alüminyum tozu katılarak (basınçlı buhar sertleştirmesinin olumlu etkilerinin de tesbiti ile) bugünkü gazbeton üretim teknolojisinin temeli atılmıştır. [33, 11]

Bugün gazbeton, çeşitli isimler altında dünya üzerindeki birçok ülkede, yıllık 15 milyon m^3 civarında üretilmektedir.

6.2. Üretim Teknolojisi

Gazbeton, gözenekli bir yapı malzemesi olup, hammaddesi kuvarsit, bağlayıcıları ise çimento ve kireçtir.

Çok ince toz kıvamında öğütülen bu malzemeler, su ve alüminyum tozu ilavesi ile karıştırılarak döküm arabalarına aktarılır. Yanmış kirecin su ile reaksiyona girmesi sonucu açığa yüksek ısı açığa çıkar ve alüminyum tozu da reaksiyona girerek hidrojen açığa çıkarır. İnce toz taneleri halindeki alüminyum tozunun açığa çıkardığı bu gaz habbeleri (tanecikleri), gazbeton döküm hamurunun kabarmasına ve ana özelliği olan mikro gözenekli yapısına kavuşmasını sağlar. Malzemede oluşan kalsiyum hidrosilikat ve alüminyum hidrosilikat sonucunda sertleşme süreci başlar. Belli bir mukavemet derecesine erişildiğinde otomatik çalışan bir kesme makinesinde özel çelik teller aracılığıyla istenen ölçülerde kesilir.

Prefabrike donatılı elemanların donatı hasırları, otomatik punto kaynak makinelerinde hazırlanır. Arkasından hasırlar pasa karşı bitümle kaplanır ve döküm arabalarına monte edilerek döküm yapılır.

Gazbetonun düşük yoğunlukta yüksek basınç mukavemeti, otoklavlardaki buhar sertleşmesi sonucu elde edilir. Kesimden geçen döküm arabaları otoklavlara alınarak, doymuş buharda 12 atm basınç ve 190°C sıcaklık altında 10 saat süre ile sertleştirilir. Böylece malzeme, otoklav çıkışında son mukavemetine ve hacim sabitliğine erişmiş olur.

Gazbetonun geçirdiği kimyasal reaksiyonlar özet olarak aşağıdaki gibidir:

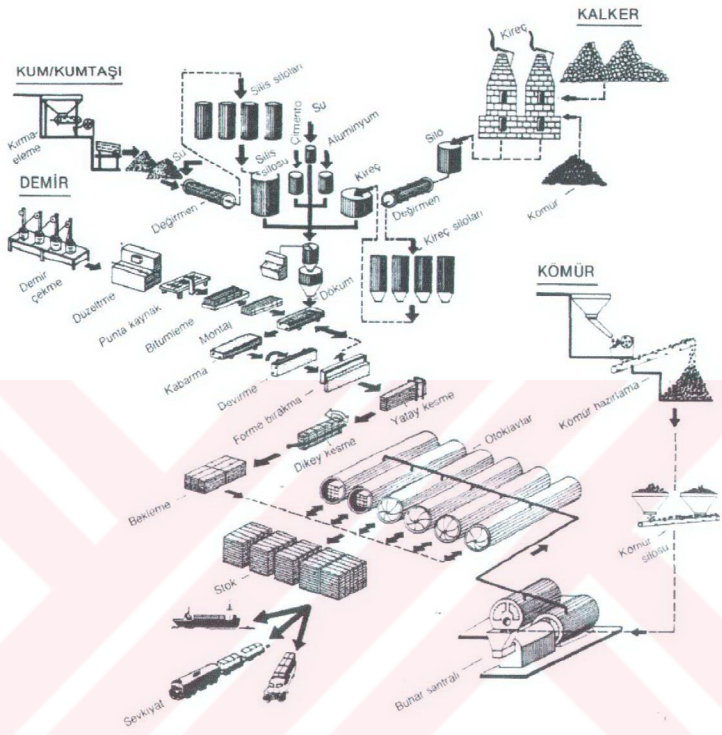
$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 278$ Kcal/kg

$2\ Al + 3\ Ca(OH)_2 \rightarrow 3\ CaO\ .\ Al2O_3 + 3H_2 + 3676$ Kcal/kg

$5\ Ca(OH)_2 + 6\ SiO_2 + 5{,}5\ H_2O \rightarrow 5\ CaO\ .\ 6SiO_2\ .\ 5{,}5\ H_2O + 5H_2O$

Otoklavlardaki buhar sertleşmesi sonucu, malzemenin bünyesinde çeşitli kalsiyum hidrosilikatlar oluşur. En çok rastlananı 11 A° Tobermorit ($C_5S_6H_5$) kristalidir. Seyrek olarak da Xonotlit (C_6S_6H), Gyrolit ($C_2S_3H_2$), Hillebrandit (C_2SH) va Afwillit ($C_3S_2H_3$) kristallerine rastlanır. [33, 11]

Gazbetonun üretim süreci şematik olarak Şekil 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.4 Gazbetonun şematik üretim süreci [33, 12]

6.3. Tüketim Alanları

Gazbeton, ağırlıklı olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Gazbetondan, harçlı ve tutkallı duvar blokları, ısı blokları, asmolen bloklar, yalıtım plakaları, kapı ve pencere lentoları, bölme elemanları, yatay ve düşey duvar elemanları, taşıyıcı düşey duvar elemanları, hazır duvarlar, taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları üretilmekte ve tüketilmektedir.

6.4. Özellikleri

Bu başlık altında gazbetonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri ele alınacaktır.

6.4.1. Fiziksel Özellikler

a) Malzeme iç yapısı, rengi ve yüzey yapısı: Gazbeton malzemenin yapısında 0.5-1.5 mm arasında dairesel makro gözenekler vardır. Bu makro gözenekler mikro gözeneklerle çevrelenmiştir. Gazbeton, kullanılan silisli hammaddenin cinsine bağlı olarak beyaz, gri veya pembe renklerde olabilir. Yaygın olarak kuvarsit kullanıldığından renk genellikle beyazdır. Kesme makinesinde kullanılan çelik tellerin özelliğine bağlı olarak imalat yüzeyleri düz veya çizgili-pürüzlü olabilir.

b) Özgül ağırlığı: Gazbeton malzemenin ortalama boşluksuz özgül ağırlığı 2.60 kg/dm³'dir.

c) Porozite: Gazbetonun porozitesi kuru birim hacim ağırlığı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Tablo 6.1'de çeşitli birim hacim ağırlıkları için porozite değerleri verilmiştir.

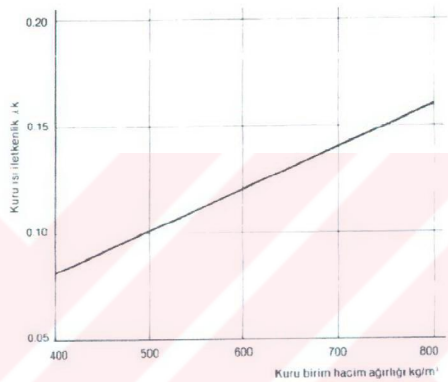
Tablo 6.1 Gazbetonun çeşitli birim hacim ağırlıkları için porozitesi [33, 13]

Birim Hacim Ağırlığı kg/m³	Porozite %
0.31-0.40	85-88
0.41-0.50	81-85
0.51-0.60	77-81
0.61-0.70	73-77
0.71-0.80	69-73

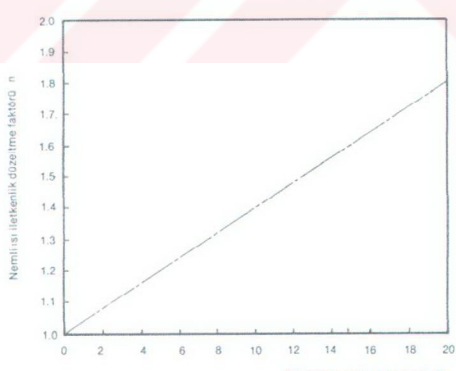
d) Isı iletkenlik: Gazbetonun %80'ini oluşturan mikro ve makro gözenekler, malzemeye düşük bir ısı iletkenlik değeri sağlamaktadır. Isı iletkenlik katsayısı, malzemenin kuru birim hacim ağırlığı ve nem içeriğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kuru gazbetonun ısı iletkenlik değerleri Tablo 6.2'de, kuru birim hacim ağırlığı-ısı iletkenlik ilişkisi Şekil 6.5'te ve ağırlıkça nem içeriği-ısı iletkenlik ilişkisi de Şekil 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.2 Kuru gazbetonun ısı iletkenlik değerleri [33, 16]

Kuru Birim Hacim Ağırlığı kg/m³	Isı İletkenlik Değeri W/mK
300	0,08
400	0,09
500	0,12
600	0,14
700	0,16
800	0,19



Şekil 6.5 Gazbetonun kuru birim hacim ağırlığı-ısı iletkenlik ilişkisi [33, 17]



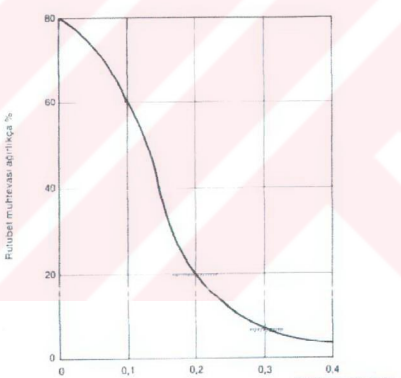
Şekil 6.6 Gazbetonun ağırlıkça nem içeriği-ısı iletkenlik ilişkisi [33, 18]

e) Isıl genleşme: Gazbetonun ısı genleşme katsayısı, 20-100°C arasında 0.008 mm/m°C'dir.

f) Özgül ısı: Özgül ısı katsayısı, malzemenin ağırlıkça %2-5 denge neme sahip olduğu durumda 0.24-0.26 Kcal/kg°C'dir.

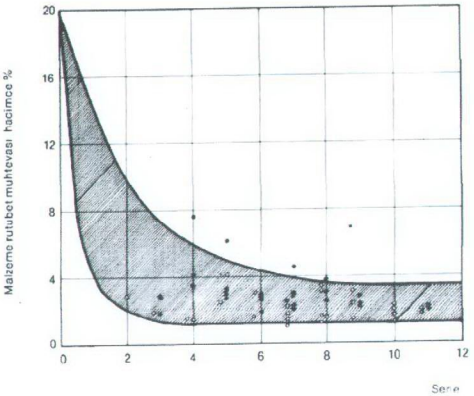
g) Erime noktası: Gazbeton, 1000°C civarında sinterleşmeye (camsılaşmaya), 1100-1200°C civarında da erimeye başlamaktadır.

h) Rötre: Gazbeton, bünyesindeki nem miktarı azaldıkça hacim kaybetmekte, arttıkça da hacim kazanmaktadır. Bu değişim, 4x4x16 cm'lik dikdörtgen prizma örneklerle tespit edilir. TS 453, ağırlıkça %3.5 ve %20 arasındaki nem durumunda, hacim değişmesini 0.5 mm/m olarak sınırlandırmıştır. Üretilen örneklerde bu değer 0.15 mm/m'ye kadar düşebildiği belirtilmektedir. Gazbetonun ağırlıkça nem içeriği-rötre ilişkisi Şekil 6.7'de verilmiştir.



Şekil 6.7 Gazbetonun ağırlıkça nem içeriği-rötre ilişkisi [33, 26]

i) Denge nemi: Yapı malzemeleri, başlangıçta içerdikleri üretim, nakliye ve inşaat nemini zaman içinde atarak, belli bir sabit nem derecesine gelirler. Denge nemi adı verilen bu durum, gazbetonun kuru birim ağırlığına ve ortamın bağıl hava nemine bağlı olarak küçük farklılıklar gösterir. Gazbetonun yıllar içerisinde geçirdiği nem içeriği değişimi Şekil 6.8'de gösterilmiştir.



Şekil 6.8 Gazbetonun yıllar içerisinde geçirdiği nem içeriği değişimi [33, 29]

j) Su emme-kuruma: Yapay taş malzemelerin su emmesinin başlıca nedeni (üretim hataları dikkate alınmazsa), üretim suyunun açığa çıkan kısmının bünyeden atılırken oluşturduğu kılcal yapıdır. Üretim sırasında karışıma verilen suyun pek az miktarı kimyasal bağlantı ile bünyede kalmakta, serbest kalan diğer kısım buharlaşma yolu ile bünyeden atılmaktadır. Atılan su miktarı gazbetonda %50 civarında olmaktadır. Bu arada bir diğer önemli nokta da, bu suyun bünyeden atılış hızıdır. Kuruma ne kadar hızlı olursa, bünyede oluşan kılcal yapı da o kadar gelişmiş olacaktır. Gazbeton üretiminde açığa çıkan suyun az olması, üretim sırasında kurutma ve pişirme işlemi olmayıp, tersine yoğun su buharında kimyasal sertleştirme işlemi olmasından ileri gelmektedir. Bunun sonucunda zayıf bir kılcal yapı oluşmakta ve suyun hareketi gözenekler dolayısıyla engellenmektedir.

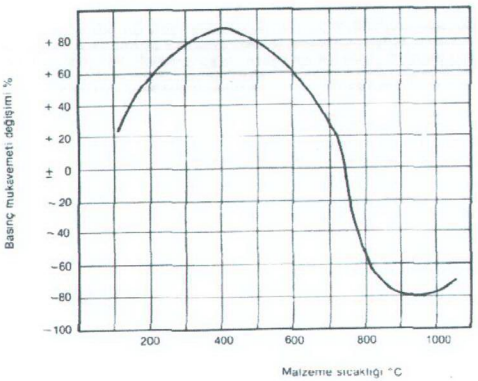
Suya doymuş duruma gelen yapı malzemesinin içerdiği nem miktarı, o malzemenin su kapasitesini belirlemektedir. Yapı malzemelerinde su kapasitesi toplam boşluk miktarına yaklaştığı oranda, malzeme donmaya karşı hassas duruma gelmekte, ayrıca nemin etkisi ile ısı yalıtım özelliğini kaybetmektedir. Gazbeton malzemenin, suya doygun durumdayken dahi, bünyesindeki boşlukların yaklaşık %60'ının kuru kaldığı belirtilmektedir.

k) Buhar geçirgenlik: Gazbeton, gözenekli yapısı sayesinde düşük bir buhar geçirgenlik direncine (μ=5-7) sahiptir. Bu özellik, malzemenin yapıda rahatlıkla nefes almasını sağlamaktadır. Ancak, özellikle don bölgelerinde gazbeton duvar çıplak (korumasız) bırakıldığı durumlarda, bu özelliğin malzemenin bünyesine büyük zarar verebildiği gözlemlenmiştir.

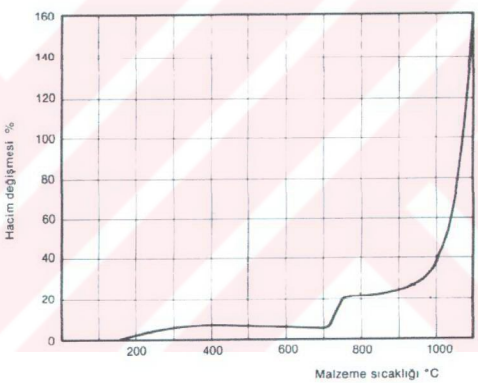
l) Dona karşı dayanıklılık: Malzemenin nem miktarına bağlıdır. Normal şartlarda, suya doymuş gazbeton malzemenin erişebileceği en yüksek nem miktarının hacimce %30-35 civarında olduğu belirtilmektedir. Gazbetonun bünyesindeki toplam boşluk miktarının hacimce %70-85 olduğu göz önüne alınırsa, malzeme bünyesinde buz kristallerinin genleşebileceği kuru bir hacmin bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum, malzemeye dona karşı dayanım sağlamaktadır.

Bunun yanında, özellikle şiddetli bir yağış sonrası ani bir don durumunda, malzemenin keskin kenar, köşe ve profillerinde suya doymuş durum oluşarak kritik nem miktarı aşılabileceğinden, bu bölgelerde don hasar yapabilmektedir. Kış aylarında, yapıdaki malzemenin bir yüzey kaplaması ile korunması bu sorun ile ilgili iyi bir çözüm olabilmektedir.

m) Ateşe karşı dayanım: Gazbetonun yanmadığı kabul edilmektedir. Malzeme bünyesinde 225-450°C arasında basınç mukavemetine etki etmeyen kılcal çatlaklar oluşmaktadır. 500°C'den sonra çatlak sayısında sıcaklığa doğru orantılı olarak artış gözükmektedir. Basınç mukavemeti, 400°C civarında bir zirveden geçtikten sonra, 740°C civarında başlangıç mukavemetine eşit bir düzeye gelmektedir. Bu noktadan sonra ise, mukavemet büyük bir hızla düşmekte, bu da gerçek sinterleşme başlangıcı anlamına gelmektedir. Benzer durum hacim değişimlerinde de görülmektedir. 300°C sıcaklığa kadar az bir hacim değişmesi olmakta, bu değer 740°C sıcaklığa kadar sabit kalmakta, bundan sonra ise büyük değerlere ulaşmaktadır. Önceden de belirtildiği üzere malzeme, 1000°C civarında sinterleşmeye, 1100-1200°C arasında da erimeye başlamaktadır. Malzeme sıcaklığı-basınç mukavemeti değişimi ilişkisi Şekil 6.9'da, malzeme sıcaklığı-hacim değişimi ilişkisi ise Şekil 6.10'da gösterilmiştir.

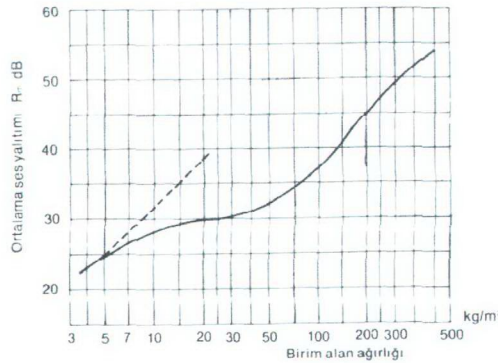


Şekil 6.9 Gazbetonun malzeme sıcaklığı-basınç mukavemeti değişimi ilişkisi [33, 38]



Şekil 6.10 Gazbetonun malzeme sıcaklığı-hacim değişimi ilişkisi [33, 39]

n) Ses yalıtımı: Yapılan araştırmalar, gazbeton malzemelerin yüksek gözenekli bir yapıya sahip olmasından ve bu gözeneklerde ses enerjisinin kolaylıkla ısı enerjisine dönüşebilmesinden dolayı, birim alan ağırlıklarına göre ortalama ses yalıtım değerlerinin, gazbeton malzemelerde diğer bazı yapı malzemelerine göre 2dB daha yüksek olduğunu göstermektedir. (Şekil 6.11)



Şekil 6.11 Yapı malzemelerinde birim alan ağırlığı-ses yalıtımı ilişkisi [33, 43]

o) Ses yutma: Malzeme yüzeyine çarpan ses enerjisinin bir kısmı yapı elemanının malzeme cinsine ve yüzey yapısına bağlı olarak yutulmakta, kalanı ise yansıtılmaktadır. Yutulan ses enerjisinin yüzeye gelen ses enerjisine oranı, ses yutma katsayısı olarak ifade edilmektedir. Katsayının 1'e yaklaşması ile malzemenin ses yutma özelliği artmakta, 1 olduğunda tüm gelen ses enerjisi yutulmaktadır. Gazbeton, gözenekli yüzeyi ve yüksek porozitesi nedeniyle ses yutma özelliği bakımından iyi bir malzemedir. Frekansın 125-4000 Hz arasındaki değişiminde, gazbeton 0.10-0.27 arasında bir ses yutma katsayısına sahip olmaktadır.

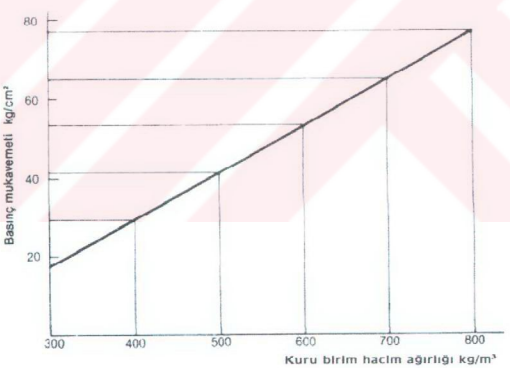
6.4.2. Kimyasal Özellikler

a) Kimyasal etkenlere karşı direnç: Gazbeton, silika hidratlardan oluşan alkali bir yapıya sahiptir. pH değeri 9.5-11.0 arasında değişir. Bu bakımdan asidik ortamlardan olumsuz yönde etkilenir. Sülfirik asit, hidroklorid asit, asetik asit malzeme yapısını, kloridler, sülfatlar ve nitratlar ise donatıyı hasara uğratırlar. Bu bakımdan da gazbeton, deniz suyuna karşı korunmalıdır. Ortamda yoğun ve devamlı kimyasal agresif maddelerin bulunması halinde, gazbeton malzeme, bu maddelere dayanıklı yüzey kaplamaları ile korunmalıdır.

b) Suda çözülme: Gazbetonun mukavemetini sağlayan hidro silikatlar suda çözülmezler. Ancak üretime giren diğer maddeler (kum, kireç, çimento veya su) suda çözülebilen tuzlar içerirlerse, ortam şartlarına göre bu tuzlar malzeme yüzeyinde kristalleşerek çiçeklenme yaratabilirler. Çiçeklenme, öncelikle eriyik tuz miktarına bağlı olmayıp gazbeton bünyesindeki kılcal su hareketinin hızına ve yüzeydeki kuruma hızına bağlıdır.

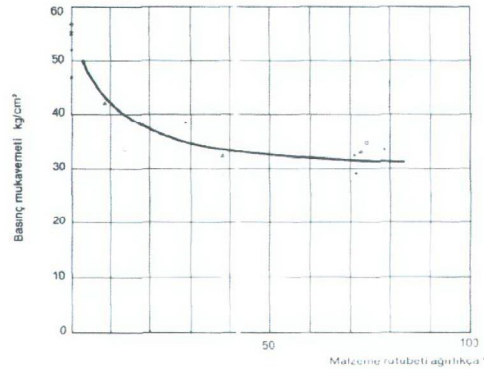
6.4.3. Mekanik Özellikler

a) Basınç mukavemeti: Gazbetonun basınç mukavemeti, kuru birim hacim ağırlığına ve içerdiği nem miktarına bağlıdır. TS 453'e göre gazbeton malzemelerin basınç mukavemeti küp deneyine göre belirlenir. Bu deneyde, malzemenin basınç mukavemeti 15x15x15 cm boyutlarındaki küplerin ağırlıkça %10 neme erişinceye kadar kurumasının ardından kırılması ile bulunur. Gazbetonun basınç mukavemeti ile kuru birim hacim ağırlığı arasındaki ilişki Şekil 6.12'de gösterilmiştir.



Şekil 6.12 Gazbetonun basınç mukavemeti-kuru birim hacim ağırlığı ilişkisi [33, 14]

Gazbeton, içerdiği nem oranında mukavemet kaybetmektedir. Bu değişim, tam kuru malzeme ile suya doymuş malzeme arasında %35 derecesindedir. Şekil 6.13'te gazbetonun basınç mukavemeti ile ağırlıkça malzeme nemi arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 6.13 Gazbetonun basınç mukavemeti-ağırlığı malzeme nemi ilişkisi [33, 15]

b) Elastisite modülü: Gazbetonun elastisite modülü, kuru birim hacim ağırlığına ve küp mukavemetine bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3 Gazbetonun kuru birim hacim ağırlığı-elastisite modülü değerleri [33, 16]

Kuru Birim Hacim Ağırlığı kg/m³	Elastisite Modülü kg/cm²
300	3800
400	7500
500	12500
600	20000
700	30000
800	42000

c) Çekme mukavemeti: Gazbetonun çekme mukavemeti, basınç mukavemetinin yaklaşık 1/6'sı, yani 2-12 kg/cm² arasında değişmektedir.

d) Eğilme-çekme mukavemeti: Gazbetonun eğilme-çekme mukavemeti, basınç mukavemetinin 1/5'i, yani 3-15 kg/cm² arasında değişmektedir.

e) Kayma mukavemeti: Gazbetonda izin verilen en yüksek kayma gerilmesi Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.4 Gazbetonun birim hacim ağırlığı-kayma gerilmesi değerleri [33, 16]

Birim Hacim Ağırlığı kg/m³	Kayma Gerilmesi kg/cm²
300-500	0.8
400-600	0.8
500-700	1.2
600-800	1.2

f) Sünme: Devamlı yük altında gazbeton sünme yapmaktadır. Yapılan araştırmalar, izin verilen yük sınırları içinde gazbetonun sünmesinin, ağır betondan daha az olduğunu ortaya koymuştur. Bunun nedeni, gazbetonun otoklav çıkışında kimyasal bağlantılarını tamamlamış olması, buna karşılık ağır betonun yük altında kristal değişimine uğramasının yanında, uzun süre bünyesinde kimyasal değişimin devam etmesidir. [33, 13-50]

6.5. İlgili Standartlar

- TS 453 Gaz ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları
- TS 802 Beton Karışımı Hesap Esasları
- TS EN 679 Gaz ve Köpük Beton-Basınç Mukavemeti Tayini
- TS EN 680 Gaz Beton-Kuruma Büzülmesi Tayini
- TS EN 989 Gaz Beton-Donatı Çubuklarının Aderans Davranışının Sıyırma Deneyi ile Tayini
- TS EN 991-1356 Gaz Beton veya Hafif Agregalı Gözenekli Beton-Önyapımlı Donatılı Bileşenlerin Yanal Yükler Altında Performans Deneyi
- TS EN 992 Hafif Agregalı Gözenekli Beton-Kuru Yoğunluk Tayini
- TS prEN 1351 Gaz Beton-Eğilmede Çekme Dayanımı Tayini
- TS prEN 1352 Gaz Beton veya Hafif Agregalı Gözenekli Beton-Basınç Altında Statik Elastisite Modülü Tayini

- TS prEN 1353 Gaz Beton-Rutubet Muhtevası Tayini
- TS prEN 1355 Gaz Beton veya Hafif Agregalı Gözenekli Beton-Basınç Altında Sünme Tayini
- TS 3289 EN 1354 Gözenekli Beton-Hafif Agregalı-Basınç Mukavemeti Tayini [6, 1006-1009]

7. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE GAZBETON KULLANIMI

Avrupa'da uzun yıllardan beri kullanılan ve ülkemizde de son 10 yılda kullanımı artan gazbeton, özellikle hafif ve yanmayan bir malzeme olması ve yüksek ısı tasarrufu sağlaması gibi nedenlerden dolayı birçok yapıda tercih edilmektedir. Örneğin, deprem riski olmayan bazı Avrupa ülkelerinde gazbeton yapı elemanları ile 8 katlı yapılar inşa edilebilmektedir. Buna karşılık, gazbetonun (özellikle nem aldıktan sonra) deprem yükü karşısındaki mukavemeti konusunda çeşitli ve birbirine karşıt fikirler bulunmaktadır.

Bu bölümde inşaat sektöründe gazbeton kullanımı, TS 453'e uygun olarak, donatısız yapı malzemeleri ve donatılı yapı elemanları olarak iki ana başlık altında incelenecektir.

7.1. Donatısız Yapı Malzemeleri

Donatısız yapı malzemeleri, genel olarak dört alt gruba ayrılmaktadır:

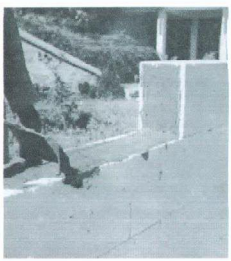
1. Duvar blokları
2. Asmolen bloklar
3. U Bloklar
4. Yalıtım Plakaları

7.1.1. Duvar blokları

Hafif yığma yapılarda yığma duvar ve betonarme yapılarda da dolgu duvar yapımında kullanılırlar. İnce bir sıva tabakası ile kaplanmaları yeterlidir. İki alt gruba ayrılırlar: [34, 12-16]

7.1.1.1. Düz bloklar

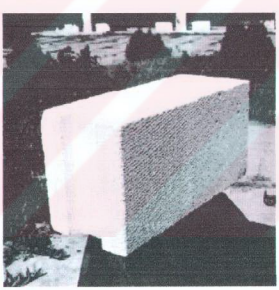
Örneği Şekil 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1 Düz gazbeton duvar blok örneği [34, 13]

7.1.1.2. Geçmeli bloklar

Örneği Şekil 7.2'de verilmiştir.



Şekil 7.2 Geçmeli gazbeton duvar blok örneği [34, 16]

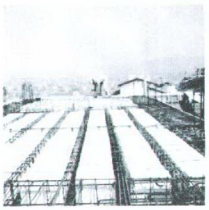
7.1.2. Asmolen bloklar

Asmolen bloklar,

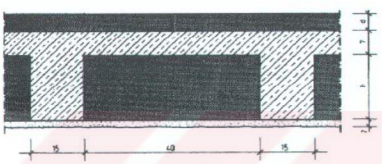
a) Yüksek diş yüksekliğinde, dolgulu dişli döşemelerin oluşturulmasında,

b) Ortalama ısı geçirgenlik direnci yüksek dişli döşemelerin oluşturulmasında kullanılırlar. [34, 49-51]

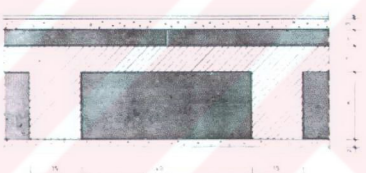
Örneği Şekil 7.3'te, teras çatı ve döşeme uygulamaları ise Şekil 7.4-7.5'te verilmiştir.



Şekil 7.3 Asmolen gazbeton blok örneği [34, 49]



Şekil 7.4 Üzeri çatı ile örtülmüş asmolen döşeme detayı [34, 50]



Şekil 7.5 Isıtılmayan bodrum+bina girişi üzerindeki asmolen döşeme detayı [34, 50]

7.1.3. U bloklar

U bloklar, duvarlar içinde bulunması gereken betonarme hatıl, kolon veya kirişlerin üretilmesinde ahşap kalıp yerine kullanılırlar. Böylece ortaya çıkması olası ısı köprüleri de izole edilmiş olur. Özellikle yığma yapıların duvar üst betonarme hatıllarının üretiminde kullanıldığında, dış ve iç duvar yüzeylerinde homojen bir yüzey oluşumu sağlanmış olur. Bunun dışında;

a) Yüksek duvarlarda, ara hatıl üretiminde,

b) Çatı kalkan duvarlarının üst hatıl üretiminde,

c) Baca üretimlerinde,

d) Yağmur iniş borularının gizlenmesinde,

e) Yangın duvarları yapımındaki betonarme yüzeylerin gizlenmesinde kullanılmaktadırlar. [34, 10]

Örneği Şekil 7.6'da verilmiştir.



Şekil 7.6 Gazbeton U-blok örneği [35, 10]

7.1.4. Yalıtım plakaları

Yalıtım plakaları;

a) Isı yalıtımı yetersiz kalan eski veya yeni dış duvarların ısı yalıtımında,

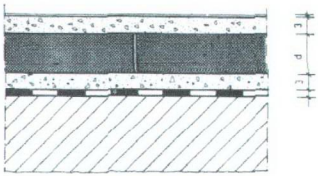
b) Yatay veya düşey, beton dış yüzeylerin yalıtımı ve ısı köprülerinin ortadan kaldırılmasında,

c) Üzerinde gezilen yüzeylerin yalıtılmasında kullanılırlar. [34, 43-47]

Örneği Şekil 7.7'de, teras çatı uygulama detayı ise Şekil 7.8'de verilmiştir.



Şekil 7.7 Gazbeton yalıtım plaka örneği [34, 43]



Şekil 7.8 Gazbeton yalıtım plaka kaplı döşeme detayı [34, 44]

7.2. Donatılı Yapı Elemanları

Donatılı yapı elemanları genel olarak iki gruba ayrılmaktadır:

1. Taşıyıcı olmayan elemanlar
2. Taşıyıcı elemanlar

7.2.1. Taşıyıcı olmayan elemanlar

Bu grup kendi içinde dörde ayrılır:

1. Düşey duvar elemanları
2. Yatay duvar elemanları
3. Bölme duvar elemanları
4. Kapı-pencere lentoları

7.2.1.1. Düşey duvar elemanları

Düşey duvar elemanları, boyuna pahlı ve lamba-zıvana profilli olarak üretilirler. Eleman kesiti istenilirse, trapez kesit olabilir. Bu elemanlar;

a) Rüzgâr yüküne karşı mukavemetli olması istenen (90 km/m²'ye kadar) dış duvarlarda,

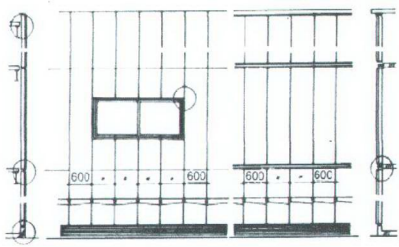
b) 6m açıklığa kadar, taşıyıcı olmayan iç ve dış duvarlarda,

c) Taşıyıcı betonarme veya çelik iskeletin giydirilmesinde,

d) Bölme duvar oluşturulmasında,

e) Sanayii veya ticari yapıların örtüsünde kullanılırlar. [34, 62]

Düşey duvar elemanları ile oluşturulan cephe örneği Şekil 7.9'da verilmiştir.



Şekil 7.9 Gazbeton düşey duvar elemanları ile oluşturulan cephe örneği [34, 71]

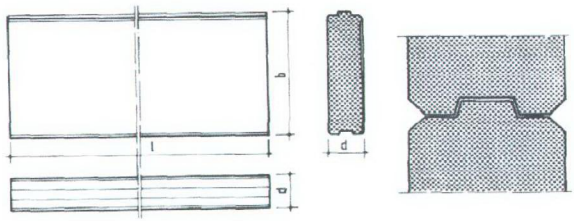
7.2.1.2. Yatay duvar elemanları

Yatay duvar elemanları, düşey duvar elemanları ile aynı şekilde üretilir ve aynı yerlerde kullanılırlar. [34, 61]

Örneği Şekil 7.10'da, profil yapısı da Şekil 7.11'de verilmiştir.



Şekil 7.10 Gazbeton yatay duvar elemanı örneği [34, 61]



Şekil 7.11 Gazbeton yatay duvar elemanı profil yapısı [34, 61]

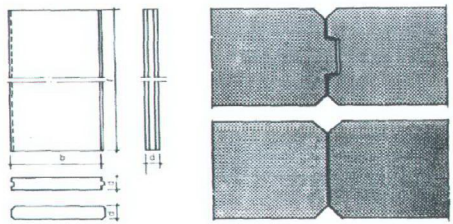
7.2.1.3: Bölme duvar elemanları

Bölme duvar elemanları, boyuna, pahlı veya pahsız, küt veya lamba-zıvana profilli olarak üretilirler. Bu elemanlar, konut, sanayii ve ticari yapılarda taşıyıcı olmayan hafif duvar oluşturulmasında kullanılırlar. Bu duvarlar, gerektiğinde sökülebilen kuru montajlı olarak da uygulanabilir. [34, 55]

Örneği Şekil 7.12'de, profil yapısı da Şekil 7.13'te verilmiştir.



Şekil 7.12 Gazbeton bölme duvar elemanı örneği [34, 55]

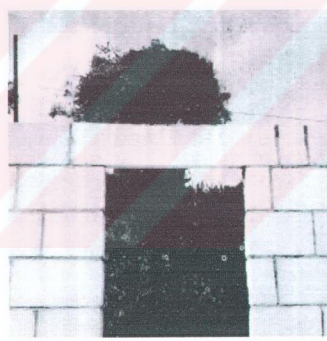


Şekil 7.13 Gazbeton bölme duvar elemanı profil yapısı [34, 55]

7.2.1.4. Kapı-pencere lentoları

Kapı ve pencere üstlerinde kullanılan bu lentolar, her iki tarafa da eşit bindirme payı ile yerleştirilmelidir. Lentoların oturtulduğu karşılıklı duvarlar eşit yükseklikte olmalı ve lentolar, pencere ve kapı kasasına kesinlikle oturtulmamalıdır. [34, 53-55]

Örnekleri Şekil 7.14 - 7.15'te verilmiştir.



Şekil 7.14 Gazbeton kapı lentosu örneği [34, 53]



Şekil 7.15 Gazbeton kapı lentosu örneği [36, 9]

7.2.2. Taşıyıcı elemanlar

Bu grup da kendi içinde ikiye ayrılır:

1. Taşıyıcı düşey duvar elemanları
2. Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları

7.2.2.1. Taşıyıcı düşey duvar elemanları

Taşıyıcı düşey duvar elemanları, boyuna pahlı veya pahsız, şerbet kanallı olarak üretilirler. Bu elemanlar;

a) En fazla 3 tam kata kadar konut ve dinamik yüklerin önemli boyutlara ulaşmadığı büro yapılarında, taşıyıcı iç ve dış duvar oluşturulmasında,

b) Ateşe dayanıklı taşıyıcı duvar oluşturulmasında,

c) Yangın duvarı oluşturulmasında,

d) Havalandırmalı dış duvarların iç tabakasının oluşturulmasında kullanılırlar.

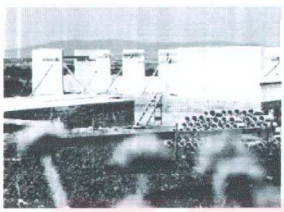
Bunun yanında;

a) Bodrum kat taşıyıcı dış duvarlarının oluşturulmasında,

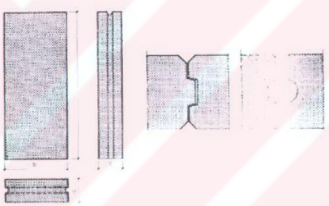
b) Baca oluşturulmasında,

c) Taşıyıcı dış duvar su basman kotunun zemin kotuna göre yüksekliğinin 30 cm'den az olması halinde, bu elemanlar kullanılmamalıdırlar. [34, 73]

Örneği Şekil 7.16'da, profil yapısı da Şekil 7.17'de verilmiştir.



Şekil 7.16 Gazbeton taşıyıcı düşey duvar elemanı örneği [34, 73]



Şekil 7.17 Gazbeton taşıyıcı düşey duvar elemanı profil yapısı [34, 73]

7.2.2.2. Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları

Taşıyıcı çatı ve döşeme elemanları, boyuna pahlı ve şerbet kanallı, lamba-zıvana profil veya kırlangıç kuyruğu profilli olarak imal edilirler. Bu elemanlar;

a) 90 kg/m² yayılı yüke dayanıklı ısı yalıtımlı çatılarda,

b) Dinamik yüklerin etkilemediği döşemelerde,

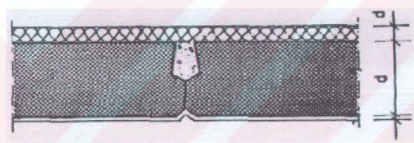
c) Ateşe karşı yüksek dayanımı olan döşemelerde,

d) Sanayii, ticaret yapılarının ve konutların sıcak ve soğuk düz çatı uygulamalarında kullanılırlar. [34, 82-85]

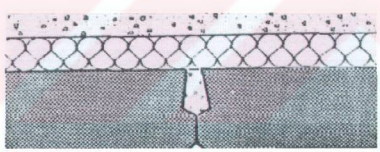
Örneği Şekil 7.18'de, teras çatı ve döşeme uygulamaları ise Şekil 7.19-7.20'de verilmiştir.



Şekil 7.18 Gazbeton taşıyıcı çatı ve döşeme elemanı örneği [34, 82]



Şekil 7.19 Üzere çatı ile örtülmüş döşeme detayı [34, 84]



Şekil 7.20 Isıtılmayan bodrum+bina girişi üzerindeki asmolen döşeme detayı [34, 84]

Yukarıda söz edilen gazbeton ürünlerin kullanıldığı yapılar Şekil 7.21-7.24'te verilmiştir.



Şekil 7.21 Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı bir konut, Türkiye [37]



Şekil 7.22 Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı bir mağaza binası, Almanya [37]



Şekil 7.23 Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı konut, İtalya [37]



Şekil 7.24 Gazbeton ürünlerinin kullanıldığı bir hizmet binası, Japonya [37]

Bu bölümde verilmiş olan bütün örnekler Türk YTONG Sanayi A.Ş. firmasının kataloğundan alınmıştır.

8. MALZEME OLARAK PERLİTİN İNCELENMESİ

8.1 Tanımı ve Sınıflandırılması

Perlit ismi bazı perlit tiplerinin kırıldığı zaman inci parlaklığında küçük küreler elde edilmesi nedeni ile inci anlamına gelen "Perle" kelimesinden türetilmiştir. (Almanca'da Perlstein = inci taşı) Sözcük, hem ham perlit hem de genleştirilmiş perlit için kullanılmaktadır. [38, 8]

Ham perlit, erime bölgesi içinde 760-1200°C arasında bir sıcaklıkta, bünyesindeki suyun uzaklaşması ile hacminin 4-30 katına kadar genişleme özelliğine sahip silisli volkanik bir camdır. [39, 35] Perlitin sembolik görünümü Şekil 8.1'de verilmiştir.



Şekil 8.1 Ham perlitin sembolik görünümü [40]



Şekil 8.2 Genleştirilmiş perlitin sembolik görünümü [40]

Çeşitli perlit kayaçlarının renkleri ve yapıları birbirinden çok farklı olabilir. Bu bakımdan perliti gözle tanımak oldukça zordur. Ham perlitin rengi saydam açık griden parlak siyaha kadar değişmekte olup, genleştiğinde renk tamamen beyazlaşır.

Perlitte en önemli özellik % 2 ile 6 oranında değişen içeriğindeki sudur ve bu su perlitin kararlılığını sağlamaktadır.

Perlit yatakları, dünyada üç volkanik kuşak üzerinde bulunmaktadır. Bu kuşaklar, Akdeniz, Pasifik ve Atlantik Volkanik Kuşakları'dır. Adı geçen kuşaklarda bulunan Türkiye, Yunanistan, ABD ve BDT en büyük perlit üreticileridir. [38, 8]

8.2 Oluşumu

Perlitin oluşumu konusunda iki ayrı teori bulunmaktadır.

a) Bates 1960 – Richter 1961: Asidik karaktere sahip magmanın yüzeye çıktıktan sonra ani soğuması sırasında yüzeyden derine doğru oluşan kılcal çatlak ve yarıklara, atmosfer, deniz, göl vb. suları girerek perliti oluşturmaktadır.

b) Membel 1968: Perlit, SiO_2 bakımından zengin bir kayacın soğuyarak katılaşması sürecinde bünyesine su girmesi ile oluşmaktadır. [38, 8]

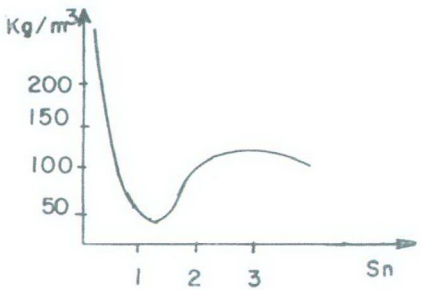
8.3 Üretim Teknolojisi

Perlitin üretimi şu aşamalardan oluşmaktadır:

Çıkarılan perlit cevheri önce çeneli kırıcılardan geçirilir. Daha sonra kemik ve dişli merdaneli kırıcılardan geçirilerek, kullanılacak dane iriliğine getirilir ve sınıflandırılır.

Bu aşamanın ardından esas operasyon olan fırınlama gerçekleştirilir. Bu aşama ön ısıtma ve genleştirme işlemlerinden oluşur. Ham perlit, önce gevşek bağlı suyu buharlaştırmak amacıyla ön ısıtmaya tabi tutulur. Yaklaşık 20-30 dakika süren bu işlemden sonra, perlit genleştirme fırınlarına gönderilir. Yüksek sıcaklıkta (750-1200°C) birkaç saniyede kayaç içindeki su, su buharına dönüşerek genleşmeye neden olur ve yumuşayan danecikler içinde sayısız hava boşluğu oluşur. Bu boşluklar perlitin hacmini 4-30 kat arttırırken, yoğunluğunu da büyük ölçüde düşürür.

Bu özelliği sayesinde, perlitten istenilen tipte malzeme kısa zamanda ve minimum enerji tüketimi ile üretilebilmektedir. Ancak bu malzemenin dayanımının düşük olduğunu ve kolayca ufalandığını da unutmamak gerekmektedir. [38, 10-11]



Şekil 8.3 Perlitin genleşme eğrisi (birim hacim ağırlık-zaman ilişkisi) [41]

8.4 Türkiye'de Bulunduğu Yerler

Akdeniz Volkanik Kuşağı'nda bulunan Türkiye'de İzmir, Manisa, Balıkesir, Eskişehir, Kütahya, Ankara, Nevşehir, Çankırı, Bitlis, Van, Kars, Erzurum ve Erzincan'da perlit yatakları bulunmaktadır. Türkiye'nin toplam perlit rezervinin 8 milyar ton olduğu (dünyadaki toplam rezervin %70'i) hesaplanmıştır. [38, 13]

8.5 Tüketim Alanları

Perlit en yaygın olarak kullanıldığı alan inşaat sektörüdür. Toplam tüketimin %70'i bu sektörde gerçekleştirilmektedir.

Perlitin tüketim alanları aşağıda sıralanmaktadır:

a) İnşaat sektörü: Perlitli sıvalar, perlit agregalı hafif yalıtım betonu (Çimento veya alçı bağlayıcılı), perlit agregalı hafif yapı elemanları, ısı ve ses yalıtıcı gevşek dolgu maddesi olarak perlit kullanımı, yüzey döşemelerde ısı ve ses yalıtıcı olarak perlit kullanımı, çimento ve alçı dışındaki bağlayıcılarla yapılan özel amaçlı perlit betonları;

b) Tarım sektörü : Toprağın fiziksel özelliklerini arttırıcı "substrat" maddesi olarak, tarla tarımında, bahçe tarımı ve seracılıkta (fide yetiştiricilik, kültür tarımı vb.), çimli spor alanlarında;

c) Sanayii sektörü: Gıda, ilaç ve diğer kimyasal maddelerin üretiminde süzme yardımcı maddesi olarak, sanayide ısı yalıtımında, metalurjide, seramik ve cam sanayiinde katkı maddesi olarak, ilaç ve kimya sanayiinde dolgu maddesi olarak

Perlitin kullanım nedenleri, hafiflik, ısı ve ses yalıtımı, ateşe dayanıklılık, kimyasal etkenlerden etkilenmeme ve uygulama kolaylığı olarak sıralanabilir. [42]

8.6 Özellikleri

8.6.1. Fiziksel özellikler

Ham perlit ile genleştirilmiş perlit farklı fiziksel özellikler göstermektedir. Bu nedenle ikisinin fiziksel özellikleri ayrı verilecektir.

Ham perlitin fiziksel özellikleri:

a) Renk: Ham perlitin rengi siyah ve grinin tonları şeklindedir.

b) Özgül ağırlık: Perlitin özgül ağırlığı 2.2-2.4 g/cm^3 değerindedir. [43, 10]

c) Birim hacim ağırlık: Ham perlitin birim hacim ağırlığı 950-2700 kg/m^3 arasında değişmektedir. [39, 36]

d) Porozite: Çok gözenekli bir yapıya sahip olan perlitin porozitesi %90'a yakındır. [44]

e) Sertlik: Perlitin Mohs Skalası'na göre sertliği 5.5-7.0 arasında değişmektedir. [39, 36]

f) Özgül ısı: Perlitin özgül ısısı 0.20-0.23 kCal/kg$^\circ$C değerindedir. [43, 10] [38, 9]

g) Su emme: Perlitin su emmesi % 20-35 arasında değişmektedir. [16, 114]

h) Erime noktası: 800-1100°C arasında yumuşamaya başlayan perlitin erime noktası 1315-1390°C arasındadır. [43, 10]

Genleştirilmiş perlitin fiziksel özellikleri:

a) Renk: Genleştirilmiş perlitin rengi beyazdır.

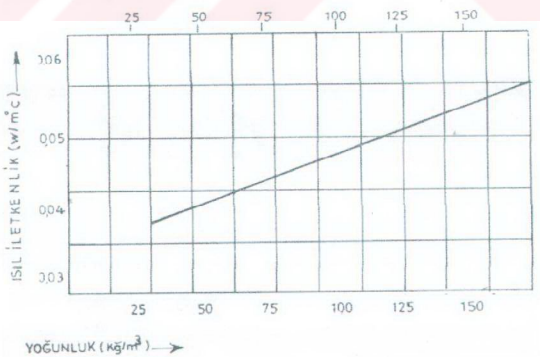
b) Özgül ağırlık: Genleştirilmiş perlitin özgül ağırlığı (ham perlit gibi) 2.2-2.4 g/cm³ değerindedir.

c) Kaba yoğunluk-gevşek yoğunluk: Genleştirilmiş perlitin kaba yoğunluğu 30-190 kg/m³ arasında değişirken, gevşek yoğunluğu da 32-400 kg/m³ arasında bir değer almaktadır.

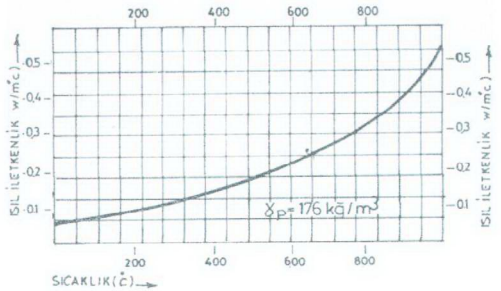
d) Erime noktası: Genleştirilmiş perlitin erime noktası 1300°C civarındadır.

e) Özgül ısı: Perlitin özgül ısısı (ham perlit gibi) 0.20-0.23 kCal/kg°C değerindedir. [43, 10]

f) Isı iletkenlik: Genleştirilmiş perlit, düşük birim hacim ağırlığı ve çok gözenekli yapısı sayesinde 0.039-0.046 W/mK gibi düşük bir ısı iletkenlik katsayısına sahip olmaktadır. [38, 9] Şekil 8.4'te perlitin birim hacim ağırlık–ısı iletkenlik ilişkisi, 8.5'te de sıcaklık değişimi–ısı iletkenlik ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 8.4 Perlitin birim hacim ağırlık–ısı iletkenlik ilişkisi [43, 15]



Şekil 8.5 Perlitin sıcaklık değişimi–ısı iletkenlik ilişkisi [43, 22]

g) Isıl Genleşme: Genleştirilmiş perlitin ısıl genleşme katsayısı 0.004-0.011 mm/m°C arasında değişmektedir. [16, 128]

h) Ateşe karşı dayanım: Perlit yanmayan yapı malzemesi sınıfına girmektedir. Belirli bir sıcaklığa kadar değişim göstermeyen perlit, yangına karşı geciktirici sıvalarda kullanılmaktadır.

i) Ses yutma: Perlit çok gözenekli yapısının da etkisiyle yüksek bir ses yutma katsayısına sahiptir. Bu değer 0.60'a kadar çıkabilmektedir. [45, 34-35]

8.6.2. Kimyasal özellikler

a) Kimyasal etkenlere direnç: Perlitin pH değeri 6.6-8.0 arasındadır. Bu nedenle perlit, konsantre sıcak alkali ve hidroklorik asitte erirken, konsantre mineral asitler ile seyreltik mineral veya konsantre zayıf asitlerde az erir. [43, 10]

Perlitin tipik kimyasal birleşimi % olarak Tablo 8.1'de gösterilmiştir.

Tablo 8.1 Perlitin tipik kimyasal birleşimi [46]

Bileşim	Perlit %	Bileşim	Perlit %
SiO_2	71.0 - 75.0	FeO	0.0 - 0.1
AlO_3	12.5 - 18.0	Cr	0.0 - 0.1
Na_2O_3	2.9 - 4.0	Ba	0.0 -
K_2O	0.5 - 5.0	PbO	0.0 -
CaO	0.5 - 0.2	NiO	Eser
Fe_2O_3	0.1 - 1.5	Cu	Eser
MgO	0.02 - 0.5	B	Eser
TiO_2	0.03 - 0.2	Be	Eser
MnO_2	0.0 - 0.1	Serbest silis	0.0 - 0.2

8.6.3. Mekanik özellikler

a) Basınç mukavemeti: Perlit düşük bir basınç mukavemetine sahiptir. (5-70 kg/cm²) Bu nedenle tek başına taşıyıcı beton agregası olarak kullanılması olanaklı değildir. [45, 35]

b) Elastisite Modülü: Perlitten imal edilen betonların elastisite modülünün 13000-25000 N/mm² arasında olduğu belirtilmektedir. [47, 43]

8.7. İlgili Standartlar

- TS 3649 Perlitli Isı Yalıtımı Betonu-Yapım-Uygulama Kuralları ve Deney Metodları
- TS 3681 Genleştirilmiş Perlit Agregası
- TS 3682 Alçılı Perlit Bölme Duvarı Elemanları
- TS 3722 Perlitli Sıva ve Sıva Harçlarının Yapım, Bakım ve Uygulama Kuralları
- TS 4619 Perlit (Tarımda Kullanılan)
- TS 6233 Öğütülmüş Perlit
- TS 6433 Perlitli Sıva ve Harçlar
- TS EN 12914 İnce Öğütülmüş (Toz) Perlit - İçme ve Kullanma Sularının Arıtımında Kullanılan [48]

9. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE PERLİT KULLANIMI

İnşaat sektöründe perlit kullanımı genel olarak iki alt başlık halinde incelenebilir:

1. İnşaat malzemesi olarak kullanımı
2. Taşıyıcı malzeme olarak kullanımı

9.1. İnşaat malzemesi olarak kullanımı

9.1.1. Perlitli sıvalar

Perlit sıvası, alçı veya çimento bağlayıcılarla genleştirilmiş perlit agregasının karışımından elde edilir. Normal sıva yapım tekniği ile yapılan ve normal sıvalardaki kumun yerine perlit agregası kullanılarak oluşturulan bu sıvıların hafiflik, yüksek ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangına karşı korunum, kolay kullanım ve dayanıklılık gibi avantajları bulunmaktadır. [43, 80] Özellikle yangına karşı getirdiği yüksek dayanım nedeniyle alçı içeren perlitli sıvalar için, bazı gelişmiş ülkelerde yönetmeliklerle yangın tehlikesi olan mekanlarda kullanım zorunluluğu getirilmiştir. [49] Şekil 9.1'de perlitli sıva uygulamalarından örnekler verilmiştir.



Şekil 9.1 Perlitli sıva uygulamalarından örnekler [50]

9.1.2. Isı ve ses yalıtıcı gevşek dolgu maddesi olarak perlit kullanımı

Gevşek dolgu olarak kullanılacak genleştirilmiş perlit danelerinin suya olan ilgisinin azaltılması amacıyla, perlit yanma özelliği olmayan silikonla işleme sokulur ve suya karşı daha dayanıklı hale getirilir.

Bu işlemlerden geçen genleştirilmiş perlit, bağlayıcı madde kullanımına gerek kalmadan gevşek dolgu agregası olarak ısı ve ses yalıtımı amacıyla binalarda duvar sistemlerinde, yüzer döşemelerde ve sanayii tesislerinde kullanılabilir.

Genleştirilmiş perlit, duvarlarda üç şekilde uygulanabilir: Boşluklu duvar, briket veya delikli tuğla duvar ve kaplama duvar uygulamalarında.

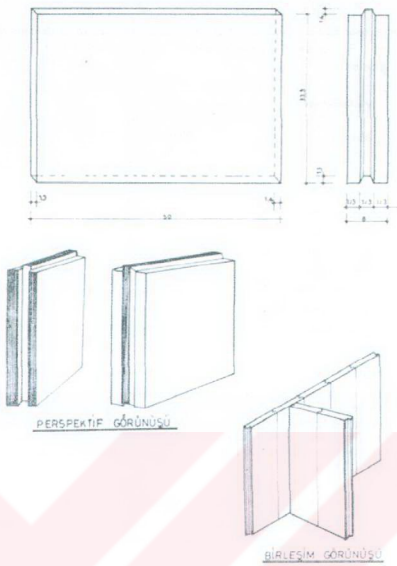
Döşemelerde de ısı ve ses yalıtımında kullanılan genleştirilmiş perlit, düşük birim yoğunluklarda daha iyi sonuç vermektedir. (70-85 kg/m^3) Bunun yanında, eğer perlit yukarıda sözü edilen suya karşı dayanıklılaştırma işleminden geçirilmemişse, su yalıtımı kullanılarak korunması gerekmektedir.

Sanayii tesislerinde ısı yalıtımı amaçlı kullanılan genleştirilmiş perlitin yoğunluğunun binalarda kullanılan tipine göre daha fazla olması istenmektedir. (128 kg/m^3) [43, 14-21]

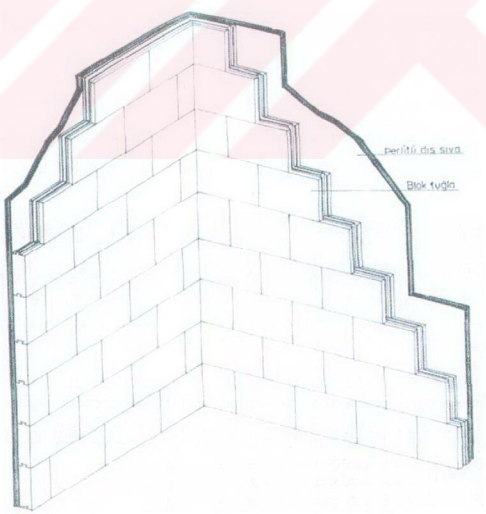
9.1.3. Alçılı perlitli hafif yapı elemanları

9.1.3.1 Blok tuğla

Blok tuğla, perlit, alçı, katkı maddeleri ve su kullanılarak elde edilen bir hazır yapı elemanıdır. Hafifliği, yüksek ısı ve ses tutuculuğu ile yangına karşı dayanımı öne çıkan özellikleridir. Dezavantajı ise direkt su etkisi altında özelliklerini kaybetmesidir. (binaların dış cepheleri gibi) [43, 77] Şekil 9.2'de alçılı perlitli blok tuğlanın görünüş ve detayları, Şekil 9.3'te de alçılı perlitli blok tuğla duvarın perspektif çizimi verilmiştir.



Şekil 9.2 Alçılı perlitli blok tuğlanın görünüş ve detayları [43, 78]



Şekil 9.3 Alçılı perlitli blok tuğla duvarın perspektif çizimi [43, 79]

9.1.3.2 Bölme panosu

Bölme panoları da, blok tuğlalar gibi, perlit, alçı, katkı maddeleri ve su kullanılarak elde edilirler. Yükseklikleri, kat yüksekliğine göre ayarlanabilir. Bina içlerinde kullanılabilirler. Lamba-zıvana yapılı olan panolar, birbirlerine geçirildikten sonra arada kalan derzler özel bir harçla kapatılmaktadır. Nem oranı %70'in üzerinde olan ve sürekli olarak bu nem oranına sahip mekanlarda, panoların üzerine koruyucu bir tabaka kaplamak gereklidir. [43, 45]

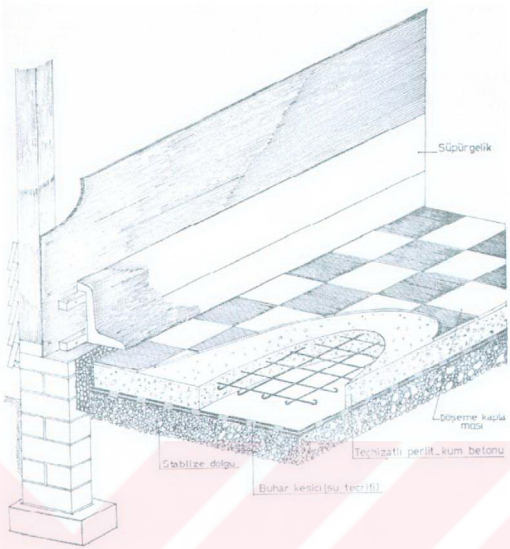
9.2. Taşıyıcı malzeme olarak kullanımı

9.2.1. Perlit agregalı hafif yalıtım betonu (Çimento veya alçı bağlayıcılı)

Perlit agregalı hafif yalıtım betonu, döşemelerde ve çatılarda kullanılmaktadır. Burada perlitin hafifliği ve yüksek ısı yalıtım özellikleri ön plana çıkmaktadır.

Çok katlı binalarda ölü yükleri azaltmak amacıyla katlar arası döşemelerde perlit betonu kullanılmaktadır. Özellikle geniş alana kurulu binalarda, perlit betonu gösterdiği performansla kış aylarında ısıtma giderlerinde tasarruf sağlamakta, yaz aylarında da ortam nemini ayarlayarak yoğuşmanın önüne geçmektedir. [43, 27-30] Şekil 9.4'te döşemeden ısıtılan binalarda perlit betonu döşeme yalıtım detayı gösterilmiştir.

Çatılarda ise, kullanılan diğer yalıtım malzemelerine göre daha mukavemetli ve yangına karşı daha dayanıklı olduğu için tercih edilmektedir. Ayrıca perlit betonu, diğer betonlara göre daha az su kullanılarak oluşturulduğu için daha kısa sürelerde kurumaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken, çatı kaplaması yapıldıktan sonra ortamda kalan suyun uzaklaştırılmasıdır. Böylece perlitin yüksek ısı yalıtımı özelliği korunmuş olacaktır. [43, 32] Şekil 9.5'te döşeme betonlu çatılarda perlit betonu yalıtım detayı gösterilmiştir.



Şekil 9.4 Döşemeden ısıtılan binalarda perlit betonu döşeme yalıtım detayı [43, 31]

10. PİŞMİŞ TOPRAK TUĞLA, BİMSBETON, GAZBETON VE ALÇILI PERLİTTEN ÜRETİLEN ÜRÜNLERİN ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

10.1. Bims, Gazbeton ve Perlitin Özelliklerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde Bims, gazbeton ve perlitin fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılacaktır.

10.1.1. Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması

Tablo 10.1'de Bims, gazbeton ve perlitin fiziksel özelliklerinin bir karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 10.1 Bims, gazbeton ve perlitin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması

Bims, Gazbeton ve Perlitin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması			
	Bims	**Gazbeton**	**Perlit**
Boşluksuz Özgül Ağırlık (kg/dm³)	2.2 (14) (x)	2.6 (33)	2.2 - 2.4 (43)
Porozite (%)	70 - 85 (14 , 16)	66 - 88 (33)	90'a yakın (44)
Su emme (ağırlıkça %)	15 - 35 (16, 18)	25 - 35 (33)	20 - 35 (16)
Sertlik (Mohs Sertlik Skalası'na göre)	5 - 6.5 (15)	- (44)*	5-5 - 7.0 (39)
Özgül ısı (kcal/kg°C)	0.32 (51)	0.24 - 0.26 (33)	0.20 - 0.23 (43)
Isıl Genleşme Değeri (mm/m°C)	0.003 - 0.007 (16)	0.008 (33)	0.004 - 0.011 (16)
Erime Noktası (°C)	1300 (16)	1100 - 1200 (33)	1300 (43)
Yanma Mukavemeti	Yanmaz (16)	Yanmaz (33)	Yanmaz (45)
* Gazbetonun sertliği 1,5-2 olarak tanımlanabilir, ancak pürüzlü bir yüzeye sahip olması nedeniyle değerlendirilmeye katılmamıştır.			

(x): Bu bölümde yer alan tablolarda bulunan parantez içindeki sayılar, ilgili değerin yer aldığı kaynağın referans numarasını belirtmektedir.

Tablo 10.1'in ışığında şu değerlendirmeler yapılabilir:

a) Her üç yapı malzemesinin de boşluksuz özgül ağırlığı birbirine yakındır. Aralarındaki fark, ürün haline getirilirken geçirdikleri işlemler sonucunda birim hacim ağırlıklarında ortaya çıkmaktadır.

b) Bu üç yapı malzemesinden en fazla boşluğa sahip olan perlittir. Isı tutuculuk ve ses yutuculuk açılarından diğer malzemelere tercih edilmesi bu şekilde açıklanabilir. Ancak perlitin de, genleştirilme nedeniyle ek bir maliyeti olduğu göz önüne alınmalıdır.

c) Üç malzemenin de ağırlıkça su emme yüzdeleri birbirine yakındır. Hafif yapı malzemelerinin fazla su emmeleri, ısı ve ses yalıtımı gibi özellikleri yanında basınç mukavemetlerini de düşürdüğü için istenmeyen bir durumdur. Bilindiği gibi, bir malzemenin su emmesi onun kılcal yapısının gelişmesi ile doğru orantılıdır. Bunun yanında hafif betonlarda su emme, agrega/çimento oranına da bağlıdır. Bu üç yapı malzemesinin iç yapısı göz önüne alındığında, özellikle su karşısında çok hassas olan perlitin direkt su etkisi altında bırakılmaması, gazbeton ile bimsbetonun da aşırı nemli ortamlarda kullanılmaması yerinde olur.

d) Mohs Sertlik Skalası'na göre bims ve perlitin hammadde olarak sertlikleri birbirine yakındır. (5.0-7.0) Bunun yanında yapay bir yapı malzemesi olan gazbeton oldukça düşük bir sertliğe sahiptir. (1.5-2.0) Ancak bu noktada gözden kaçırılmaması gereken, bims ve perlitin de çeşitli işlemlerden geçirilerek ürün haline getirildikten sonra, işlenebilirlik açısından gazbeton ile benzer düzeylere geldikleridir.

e) Bir yapı malzemesinin özgül ısısı, onun sıcaklık değişimleri karşısındaki davranışını belirlemek açısından oldukça önemlidir. Bu üç malzemeden bims diğerlerine göre daha yüksek bir değere sahiptir ve sıcaklık değişimlerinden göreceli olarak daha az etkilendiği kabul edilebilir.

f) Isıl genleşme değerleri, rötre değerleri ile birlikte düşünülmelidir. Eğer bir malzemenin bu iki değeri arasında belli oranda fark oluşuyorsa, yüzeyde çatlakların meydana gelmesi ihtimali ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında ısıl genleşme değeri farklı iki yapı malzemesinin bir arada kullanılması da sorun

yaratabilen bir durumdur. Özellikle hafif betonlarda donatıya yapışma sorunu oluşabilmektedir. Bu bağlamda bims, üç yapı malzemesi içinde ısı değişimlerinden en az etkilenen olarak öne çıkmaktadır. Diğer iki malzeme de daha büyük değerlere sahip olmakla birlikte kullanım açısından fazla sorun oluşturmamaktadır.

g) Gözenekli yapı malzemelerinin yangına dayanıklılığı uzun bir zamandır bilinen bir gerçektir. Her üç malzeme de çok yüksek sıcaklıklara kadar dayanımlarını koruyabilmekte ve yanmayan yapı malzemesi sınıfına girmektedirler. Özellikle perlit, alçı ile birlikte kullanıldığı zaman, 2-4 saat süreyle yangını geciktirebilen ürünler elde edilebilmektedir.

10.1.2. Kimyasal Özelliklerin Karşılaştırılması

Tablo 10.2'de Bims, gazbeton ve perlitin kimyasal özelliklerinin bir karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 10.2 Bims, gazbeton ve perlitin kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması

Bims, Gazbeton ve Perlitin Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması			
	Bims	**Gazbeton**	**Perlit**
pH Değeri	- *	9.5 - 11.0 (33)	6.6 - 8.0 (43)
Zarar veren maddeler	Sülfat (SO_4) (16)	Asit ve asit tuzları (33)	Konsantre asit ve baz (43)
* Asidik ve bazik bimsin pH değeri hakkında sağlıklı bir bilgi edinilemediğinden değerlendirmeye katılmamıştır.			

Tablo 10.2'nin ışığında şu değerlendirmeler yapılabilir:

a) Kimyasal yapılarına bakıldığında gazbeton bazik bir karakter gösterirken, perlit nötr kabul edilebilecek bir durumdadır. Bims ise doğada asidik ve bazik olarak bulunmakta; ancak büyük çoğunlukla asidik bims yüksek silis oranı nedeniyle inşaat sektöründe kullanılmaktadır.

b) Gazbeton, sülfürik asit, hidroklorik asit, asetik asit ve asit tuzları karşısında hasara uğramaktadır. Bu nedenle, malzemenin adı geçen ortamlardan uzak tutulması gereklidir. Nötr bir yapıya sahip olan perlit, konsantre asit ve bazlar karşısında yapısal hasara uğramaktadır. Asidik bims ise, sülfatlardan olumsuz yönde etkilenmektedir.

10.2. Pişmiş toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton ve Alçılı Perlitten Üretilen Donatısız Ürünlerin Özelliklerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitten üretilen donatısız ürünlerin fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılacaktır.

10.2.1. Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması

Tablo 10.3'te pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitten üretilen donatısız ürünlerin fiziksel özelliklerinin bir karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 10.3'ün ışığında şu değerlendirmeler yapılabilir:

a) Pişmiş toprak tuğla ürünleri, birim-hacim ağırlık bakımından diğerlerine göre çok daha yüksek değerlere sahiptirler. Bu fark, bir yandan dolgu olarak kullanıldıkları yapılarda taşıyıcı sisteme daha fazla yük binmesine neden olurken, diğer yandan da (hafif yapı malzemelerine göre) yüksek basınç mukavemetleri ile deprem yükü karşısında taşıyıcı sisteme olumlu yönde katkı yapmalarını sağlamaktadır.

   Buna karşılık bimsbeton, gazbeton ve alçılı perlit ürünleri ise düşük birim hacim ağırlıkları ile ısı ve ses yalıtımı yönlerinden avantajlı gözükmektedirler.

b) Bir malzemenin hacmine göre bünyesine alabileceği nem miktarının yüksek olması, düşük sıcaklıklarda suyun hacim arttırmasından dolayı, malzemede şişmeye ve hasara neden olmaktadır. Bu nedenle, malzemenin bünyesine alacağı nem miktarının belli sınırlar içinde kalması istenmektedir ve bu sınırlar içerisinde malzeme dona karşı dayanıklı kabul edilmektedir.

   TS 705 tarafından dış cephede kullanılanlar dışındaki pişmiş toprak tuğlalar için bir şart koşulmamakla birlikte, %18-20 hacimce nem miktarından itibaren bu ürünlerin dona karşı dayanıklılıklarını yitirdikleri çeşitli kaynaklarca belirtilmektedir. Bimsbeton, gazbeton ve perlit (alçısız) ürünlerinde bu sınır – boşluklu yapının da etkisiyle - %30'lara kadar yükselebilmektedir.

c) Bimsbeton, gazbeton ve alçılı perlit ürünleri, ısı iletkenliği konusunda pişmiş toprak tuğlaya göre çok daha düşük değerlere sahiptir. Bu farkın en belirgin nedenleri, adı geçen malzemelerin yüksek poroziteye ve gelişmemiş bir kılcal yapıya sahip olmalarıdır. Her ne kadar son zamanlarda "izotuğla" adı ile ısı iletkenlik değeri daha düşük pişmiş toprak tuğlalar piyasaya sürülmekteyse de, halen yukarıda adı geçen hafif yapı malzemelerinin ve ürünlerinin bu konudaki üstünlükleri devam etmektedir.

Bu ve bundan sonraki özelliklerde akıllarda tutulması gereken nokta, hafif yapı malzemelerinin hacimce belli bir nem miktarını bünyelerine aldıktan sonra bütün avantajlarını kaybetmeye başladıkları gerçeğidir.

d) Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton ve gazbeton ürünleri birbirlerine yakın rötre değerlerine sahipken, su etkisi karşısında aşırı duyarlı oldukları bilinen perlit ürünleri, diğerlerinden yaklaşık olarak 5-10 kat daha fazla rötre yapmaktadırlar.

e) Ses emme konusunda, pişmiş toprak tuğla diğer hafif yapı malzemelerinden üretilen ürünlerin çok gerisinde kalmaktadır. Porozitelerine ve kılcal yapılarının gelişmişlik durumlarına göre bimsbeton, gazbeton ve perlit ürünleri ses emme konusunda azdan çoğa doğru sıralanmaktadırlar. Bu noktada perliti diğerlerinin önüne geçiren bir başka etken de içindeki alçı katkısıdır.

10.2.2. Mekanik Özelliklerin Karşılaştırılması

Tablo 10.4'te pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitten üretilen donatısız ürünlerin mekanik özelliklerinin bir karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 10.4'ün ışığında şu değerlendirmeler yapılabilir:

a) Kuru durumdayken pişmiş toprak tuğlanın basınç mukavemeti konusunda diğer hafif yapı malzemelerinden üretilen ürünlere karşı bir üstünlüğü vardır ve bu özelliği, onun belli koşullar altında yığma yapılarda taşıyıcı olarak kullanılmasına olanak vermektedir. Ortamdaki nem miktarının yükselmesi ile birlikte bu üstünlük daha da artmaktadır; çünkü bimsbeton, gazbeton ve alçılı

perlit ürünleri yüksek nem altında basınç mukavemetlerinin büyük bir bölümünü kaybetmektedirler.

b) Elastisite modülü, bir yapı malzemesinin kendisine etkiyen yükler karşısındaki dayanıklılığı konusunda öne çıkan başka bir mekanik özelliktir. Pişmiş toprak tuğla, yüksek elastisite modülü değeri ile yük altında en az deformasyonu yapmakta, buna karşılık perlit ürünleri düşük elastisite modülleri ile bu konuda en dezavantajlı durumda gözükmektedirler.

Tablo 10.3 Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitten üretilen donatısız ürünlerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması

Pişmiş Toprak Tuğla ile Bimsbeton, Gazbeton ve Perlitten Üretilen Donatısız Ürünlerin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması				
	Pişmiş Toprak Tuğla	**Bimsbeton**	**Gazbeton**	**Alçılı Perlit**
Birim-Hacim Ağırlık (kg/m³)	Dolu tuğla 1800 - 2000 (1) S. Delikli tuğla 1400 - 1800 (1) Az delikli tuğla 1200 - 1400 (1)	Bimstuğla 800 - 900 (20) Boşluklu Bimsbloklar 700 - 1000 (20) Asmolen blok 600 - 700(20)	Harçlı bloklar 600 - 900 (33) Tutkallı bloklar 500 - 700 (33) Asmolen bloklar 400 - 500 (33)	Alçılı perlit blok 700 - 900 (43) Bölme Panosu 650 - 780 (43)
Donmaya Karşı Dayanıklılık * (hacimce maksimum nem miktarı %)	8 - 18 (16)	10 - 30 (16)	30 - 35 (33)	10 - 30 (39)
Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Dolu tuğla 0.79 - 0.87 (5) S. Delikli tuğla 0.52 - 0.79 (5) Az delikli tuğla 0.37 - 0.52 (5)	Bimstuğla 0.27 - 0.30 (16) Boşluklu Bimsbloklar 0.20 - 0.27 (16) Asmolen blok 0.19 - 0.20 (16)	Harçlı bloklar 0.14 - 0.27 (34) Tutkallı bloklar 0.16 - 0.24 (34) Asmolen bloklar 0.14 (34)	Alçılı perlit blok 0.17 (43) Bölme Panosu 0.19 (43)
Rötre (mm/m)	0.10	0.30 (16)	0.15 (33)	1 - 3 (16)
Ses Emme Katsayısı	0.01 - 0.04 (33)	0.45 (16)	0.10 - 0.27 (33)	0.60 (45)

* Bu başlık altında, ürünlerin donmaya karşı dayanıklılıklarını yitirmeden bünyelerine alabilecekleri nem miktarı % cinsinden ifade edilmiştir.

Tablo 10.4 Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitten üretilen donatısız ürünlerin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

Pişmiş Toprak Tuğla ile Bimsbeton, Gazbeton ve Perlitten Üretilen Donatısız Ürünlerin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması				
	Pişmiş Toprak Tuğla	**Bimsbeton**	**Gazbeton**	**Alçılı Perlit**
Basınç Mukavemeti (kg/cm²)	Dolu tuğla 120 - 240 (1) S. Delikli tuğla 80 - 220 (1) Az delikli tuğla 60 - 150 (1)	Bimstuğla 25 - 50 (20) Boşluklu Bimsbloklar 25 - 50 (20) Asmolen blok 15 - 20 (20)	Harçlı bloklar 35 - 75 (29) Tutkallı bloklar 25 - 50 (29) Asmolen bloklar 15 - 25 (29)	Alçılı perlit blok 40 - 90 (43) Bölme Panosu 50 - 90 (43)
Elastisite Modülü (kg/cm²)	60000 - 240000 (6)	70000 (19)	3800 - 42000 (33)	130000 - 250000 * (47)
Çekme Mukavemeti (kg/cm²)	- **	- **	1.5 - 7.5 (33)	- **
Eğilme Çekme Mukavemeti (kg/cm²)	- **	- **	1.5 - 9.0 (33)	20 - 40 (43)
Kayma Mukavemeti (kg/cm²)	- **	- **	0.8 - 1.2 (33)	- **

* Bu maddedeki değerler perlit betonunun dinamik elastisite modülüne aittir; alçılı perlit ile ilgili sağlıklı bir bilgi elde edilememiştir.
** Bu tabloda, hakkında sağlıklı bilgi elde edilemeyen özellikler boş bırakılmıştır.

11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Pişmiş toprak tuğla, Bimsbeton, gazbeton ve perlit ürünleri, günümüzde inşaat sektöründe büyük oranlarda kullanılmaktadır. Bu ürünler kendi aralarında karşılaştırıldığında, şu sonuçlar ve öneriler ortaya çıkmaktadır:

a) Pişmiş toprak tuğla, geçmişten gelen geleneksel bir malzeme olması ve hammaddesi olan kilin çok kolay bulunmasının da etkisiyle, halen betonarme ve çelik yapıların duvar ve döşemelerinde dolgu olarak en fazla kullanılan yapı malzemesi olma özelliğini korumaktadır. Bu çalışmada incelenen diğer malzemelere göre daha yüksek bir birim hacim ağırlığa sahip olması nedeniyle taşıyıcı sisteme ek bir yük getirmekte, buna karşılık yüksek bir Elastisite modülü ve basınç mukavemetine sahip olduğu için aynı zamanda taşıyıcı sisteme deprem yükü karşısında yardımcı olmaktadır. Bunun yanında, başka yapı malzemeleri ile birlikte kullanılmadığında, ısı yalıtımı ve ses emiciliğinin düşük olması ve bünyesinin bozulmaya uğramadan fazla su emmeye uygun olmaması dezavantajlı yönleri olarak sayılabilir.

   17 Ağustos 1999 Marmara ve 12 Kasım 1999 Bolu-Düzce Depremleri'nde standartlara ve bölge koşullarına uygun malzeme kullanılmaması ve kalitesiz işçiliğin ne gibi felaketlere yol açabileceği bütün çıplaklığıyla görülmüştür. Bu nedenle pişmiş toprak tuğla kullanımında, diğer bütün yapı malzemelerinde olduğu gibi, gerekli standart ve yönetmeliklere uyulması, ayrıca kalifiye işçiliğin üzerinde durulması gerekmektedir.

b) Bims, kaynak açısından Türkiye'nin şanslı olarak görülebileceği doğal bir yapı malzemesidir. Volkanik bir kayaç olan bims, birbiri ile bağlantısız boşluklu yapısı sayesinde yüksek ısı yalıtımı ve ses tutuculuğuna sahiptir. Düşük birim hacim ağırlığı nedeniyle duvar ve döşemelerde blok olarak kullanıldığında taşıyıcı sisteme binen yükü azaltmakta, hafif beton olarak kullanıldığında da demirden belli oranda tasarruf edilmesini sağlamaktadır. Isıl genleşme ve rötre

değerlerinin düşük olması ona iklim koşullarına karşı belli oranda dayanıklılık kazandırmaktadır. Erime noktasının yüksekliği ve belli bir sıcaklığa kadar iç yapısında herhangi bir bozulma olmaması, onu yangına karşı yüksek mukavemetli kılmaktadır. Bu avantajlarının yanında, diğer hafif yapı malzemelerinde de görülebileceği üzere, su etkisi karşısında tutarlı bir davranış sergileyememesi, belli ortamlarda kullanılmasını sakıncalı kılmaktadır.

Yukarıda anlatılanlara ek olarak, bimsin, hem hammadde hem de işlenmiş ürünleri açısından Türkiye'de hak ettiği yerde olduğunu söylemek mümkün değildir. Son zamanlarda dünyada, hafif yapı malzemelerine olan eğilimin arttığı göz önüne alınırsa, madencilik ve inşaat sektörlerinde doğru devlet politikaları ile Türkiye'nin ülke olarak bu malzemeden büyük bir kazanç sağlayabileceği söylenebilir.

c) Gazbeton, yapay bir yapı malzemesi olup, 20. yüzyılın başlarından beri üretilmekte ve kullanılmaktadır. Boşluklu yapısı sayesinde – bims gibi – gazbeton da yüksek ısı yalıtımı ve ses emiciliği sağlamaktadır. Erime noktası, diğerlerine göre biraz daha düşük olmakla beraber, yine de yüksek yangın mukavemeti nedeniyle yanmayan yapı malzemeleri sınıfına girmektedir. Bazik yapıda olan gazbetonun malzeme yapısı, asitlerle tepkimeye girdiğinde bozulduğundan, bu tip ortamlardan uzak tutulması yararlı olacaktır.

Yukarıda sayılan avantajlarının yanında, 1999 yılında yaşadığımız depremlerde ortaya çıkan bazı olumsuz örnekler, gazbetonun hacimce nem oranı-basınç mukavemeti ilişkisi konusunda soru işaretleri yaratmıştır. Bu nedenle, konu ile ilgili ARGE çalışmalarının yapılarak alternatif çözümler üretilmesi yararlı olacaktır.

d) Perlit, bims gibi, hammadde kaynağı açısından Türkiye'nin şanslı olduğu başka bir doğal yapı malzemesidir. Basınç mukavemetinin aşırı düşük olması nedeniyle tek başına taşıyıcı olarak kullanılamamakta, bunun yanında çeşitli olumlu özellikleriyle iyi bir dolgu malzemesi olarak göze çarpmaktadır. Genleştirilme işleminden sonra ağırlığı, dolayısıyla dolgu malzemesi olarak yapıya aktardığı yük büyük ölçüde azalmaktadır. Ayrıca kolay işlenebilirliği, yüksek ısı ve ses tutuculuğu ve alçı katkısıyla yüksek yangın mukavemetine sahip olması diğer

olumlu özellikleri olarak sayılabilir. Bunun yanında suya karşı aşırı duyarlı olması, (özellikle alçılı perlitin) uygulamada çeşitli sorunlara neden olabilmekte ve ek tedbirlerin alınmasını gerektirmekte, dolayısıyla maliyetin artması gündeme gelebilmektedir.

Perlit de, (yine bims gibi) Türkiye'de yapı sektörü açısından hak ettiği yere ulaşamamıştır. Bu nedenle malzeme üzerinde yapılan araştırmalar da belli bir noktadan ileri götürülememiştir. Şu anda ülke üretiminin yaklaşık %50'sinin yurtdışına hammadde olarak ihraç edildiği düşünülürse, perlitin işlenmiş olarak ihraç edilmesinden Türkiye'nin elde edeceği ulusal kazancın büyüklüğü daha iyi anlaşılabilir.

Bütün bu sonuçların ışığında son söz olarak şunlar söylenebilir: Görüldüğü gibi her yapı malzemesinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu bağlamda, hem her yapı malzemesini ideal performansına ulaştırmak için, hem de yapı malzemelerinden istenen performansı verebilecek kompozisyonlar oluşturmak için gerekli deneysel çalışmalara devam edilmelidir. Ayrıca belirtmek gerekir ki, hiçbir yapı malzemesini iyi veya kötü olarak yargılamak akademik anlamda doğru bir yaklaşım değildir. Çünkü her yapı malzemesi, standartlara uygun şekilde üretilir, yine bu standartların öngördüğü iklim, yöre vb. koşullarda kullanılır ve kalifiye bir işçilik ile uygulanırsa, kendisinden beklenen performansı gösterebilir. Önemli olan, yapı malzemesi tasarımında, seçiminde ve uygulanmasında bilimsel etiğe uygun bir yaklaşımda bulunabilmektir.

KAYNAKLAR

[1] **TS 705,** 1985. Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[2] **Toydemir, N.**, 1978. Pişmiş Toprak Malzemesinin Rasyonel Üretim Olanaklarının Araştırılması, *Doçentlik Tezi*, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

[3] **Müdüroğlu, M.**, 1999. Tuğla Yapımında Kullanılan Kil Hammaddelerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[4] **Batur, A.,** 1999. Donatısız Yığma Yapıların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Bazı Ülkelerin Şartnamelerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5] **Kocataşkın, F.**, 1973. Yapı Malzemesi Dersleri (Beton, Kâgir, Metal, Ahşap), İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

[6] **Genç, Ş.**, 1984. Duvarlar İçin Düşey Delikli Hafif Tür Tuğla Kagir Özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] **TSE Kataloğu-1998**, 1998. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[8] **Neufert, E.**, 1983. Neufert Yapı Tasarımı Temel Bilgileri, Güven Yayıncılık, İstanbul.

[9] **Güngör, İ.H.**, 1967. Kagir Yapı, ÇELTÜT Matbaacılık, İstanbul.

[10] **Toydemir, N.**, 1968. Toprak Taşıyıcı Döşeme Bloklarının Rasyonalizasyonu Üzerine Bir Deneme, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

[11] **Delta Toprak Sanayi ve Ticaret A.Ş.** Broşürü, 2000.

[12] **Aka, İ., Keskinel, F., Arda, T. S.**, 1992. Betonarme Yapı Elemanları, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[13] **TS 3234**, 1978. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[14] **Neunast, A. ve Theiner, J.**, 1981. Bims-Bauen mit Bimsbaustoffen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld.

[15] **Gündüz, L.**, 1998. Pomza Teknolojisi: Pomza Karakterizasyonu, Cilt 1, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Isparta.

[16] **Gündüz, L.**, 1998. Pomza Teknolojisi: Pomza Karakterizasyonu, Cilt 2, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Isparta.

[17] **İGEME**, 1989. İhracat Geliştirme Merkezi Pomza Pazar Araştırması, Ankara.

[18] **Karagüler, M.E.**, 1988. Isıl İşlem Parametrelerinin Hafif Beton Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[19] **ISIBİMS Hafif Yapı Elemanları Maden, İnşaat Sanayi Ticaret A.Ş.** Broşürü, 2001.

[20] **TS 2823**, 1986. Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[21] **TS 1114**, 1986. Hafif Agregalar-Beton İçin, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[22] **TS 707**, 1969. Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[23] **TS 5929**, 1988. Beton Deneyleri-Boyutlar, Toleranslar ve Deney Numunelerinin Uygunluğu, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[24] **TS 3114**, 1988. Beton Basınç Mukavemeti Deneyi, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[25] **TS 3289**, 1979. Gözenekli Beton-Hafif Agregalı-Basınç Mukavemeti Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[26] **TS 3068**, 1978. Laboratuarda Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[27] **TS 2511**, 1977. Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesap Esasları, Bakımı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[28] **Topçu, İ.B.**, 1988. Hafif Beton Özelliklerinin Kompozit Malzeme Olarak İncelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[29] **TS 453**, 1988. Gaz ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

[30] http://www.ytong.com.tr/malzeme_bilgileri/index.html.

[31] http://www.mining-eng.org.tr/www/7.BYKP/ ekutup95/ o477/kuvarsit/ kuvarsit.htm.

[32] http://www.ytong.com.tr/malzeme_bilgileri/html/cevre_dostudur.html.

[33] **Borhan, B.**, 1987. Ytong El Kitabı-1, Ytong Teknik Yayınları No:1, İstanbul.

[34] **Borhan, B.**, 1987. Ytong El Kitabı-2, Ytong Teknik Yayınları No:2, İstanbul.

[35] **Türk Ytong Sanayi A.Ş.**, Ytong Blok Uygulamaları Broşürü, 2000.

[36] **Türk Ytong Sanayi A.Ş.**, Ytong Donatılı Elemanları Broşürü, 2000.

[37] **Türk Ytong Sanayi A.Ş.**, Ytong Konut Sistemi Broşürü, 2000.

[38] **Büyükçulha, I.**, 1987. Perlit Katkısının Pişmiş Toprak Malzemenin Mekanik ve Fiziksel Davranışlarına Etkisinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[39] **Tanaçan, L.**, 1993. Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit ve Bazı Katkıların Etkilerinin Araştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[40] **Etibank Perlit İşletmesi**, Etiper Genleştirilmiş Perlit Broşürü.

[41] **Arbatlı, A.**, 1977. Perlitin Bizde ve Dünyada Tatbik Şekilleri, I. Ulusal Perlit Kongresi, Ankara.

[42] http://www.mta.gov.tr/turmaden/perlit.html.

[43] **Yalgın, S.**, 1983. İnşaat Sektöründe Genleşmiş Perlit Kullanımı, Etibank Matbaası, Ankara.

[44] **Gürdal, E.**, 2002. Kişisel görüşme.

[45] **Gökhan, Ç.**, 1977. İnşaat Malzemesi Olarak Perlit, I. Ulusal Perlit Kongresi, Ankara.

[46] http://www.mining-eng.org.tr/www/7.BYKP/ekutup96/o491/perlit/cimento_ hammaddeleri_perlit_giris.htm.

[47] **Akman, M. S. ve Taşdemir, M. A.**, 1977. Taşıyıcı Malzeme Olarak Perlit Betonu, I. Ulusal Perlit Kongresi, Ankara.

[48] http://www.tse.org.tr/tsenettr/welcome.asp.

[49] **Gürdal, E.**, 2002. Yangından Korunum Yönetmelikleri ve Yangına Karşı Malzeme Seçimi, Konferans Notları.

[50] http://www.bulak.net/duvarda.asp.

[51] **Yücesoy, L.**, 1984. Yapılarda Isı ve Buhar Etkisi Bağlantı, Çizelge, Şekil ve Yönetmelikler, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında İstanbul'da doğdu. 1987-1995 yılları arasında İstanbul Özel Alman Lisesi'nde okudu. 1995 yılında kazandığı İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen özel sektörde bir mimarlık bürosunda çalışmaktadır.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ