

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

84661

POMZANIN HAFİF BETON BLOK DUVAR ELEMANI
OLARAK KULLANILMASININ ARAŞTIRILMASI

GÜNGÖR SERİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Yrd.Doç.Dr. Celalettin BAŞYİĞİT
(Danışman)

Yrd.Doç.Dr. Abdullah KADAYIFÇI

Prof.Dr. Ahmet APAY



**POMZANIN HAFİF BETON BLOK DUVAR
ELEMANI OLARAK KULLANILMASININ
ARAŞTIRILMASI**

Güngör.SERİN

**Yüksek Lisans Tezi
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 1999**

ÖZET

Bu çalışmada çeşitli hafif agregalarla üretilen beton bloklar incelendi. Hafif betonlarla yarı hafif ve normal betonların özellikleri karşılaştırıldı. Hafif beton blok agregası olarak Isparta yöresinde fazla miktarda bulunan pomza taşı agregası ve diatomit agregası, normal beton bloklarda Isparta-Atabey agregası kullanılmıştır. Agregaların mekanik özellikleri, fiziksel özellikleri ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Pomza agregası ve diatomit kullanarak çeşitli yoğunluklarda hafif beton bloklar üretilmiş ve normal beton bloklarla karşılaştırılmıştır.

Ayrıca ülkemizde elektrometalurji sanayilerinde atık madde olarak meydana gelen silis dumanı, çimento yerine ağırlığının % 10'u ikame edilerek betonların mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Deneyel çalışmalarda üretilen beton bloklarda agrega granülometrisi, su/çimento oranı ve maksimum tane boyutu (16 mm) sabit tutulmuştur.

Diatomit, pomza ve Atabey çakılı ile normal beton, yarı hafif ve hafif beton bloklar 18 seri halinde üretilmiştir. Üretilen numuneler 7. ve 28. günlerde deneye tabi tutulmuşlardır.

Deneyel çalışmalar sonucunda pomzalı ve diatomitli beton blokların taşıyıcı beton olarak kullanılmayacağı fakat ara bölme duvar elemanı (bimsblok) veya yalıtım blokları olarak kullanılabilir özellikte olduğu görülmüştür.

Çalışmalarda kullanılan silis dumanının düşük dozajlarda ve erken yaşlarda beton blokların dayanımını artırdığı, yüksek dozajlarda ise dayanımını etkilemediği deneyler sonucunda elde edilmiştir.

ABSTRACT

In this study, different kinds of concrete block which are produced from lightweight aggregate were studied. The characteristics of lightweight, semi-lightweight and normal concrete blocks were compared. Pumice stone and diatomite aggregate, which are found large amounts in Isparta region, were used as lightweight concrete aggregate and also the aggregate from Atabey and Isparta region were used as normal concrete aggregate. The mechanical, chemical and physical characteristics of all aggregates were tested. By using pumice and diatomite aggregates, the lightweight concrete blocks were produced in different densities and these blocks compared with normal concrete block.

In this study also, silica fume, the waste products of electrometallurgy industries in Turkey, were used instead of 10 percent of cement in concrete blocks and their effects to the mechanical characteristics of concrete were tested.

In the concrete block produced from these investigations, the granulometry of aggregate, water/cement ratio and maximum piece length (16 mm) were kept constant.

By using diatomite, pumice and Atabey gravel, 18 series of normal, semi-lightweight and lightweight concrete blocks were produced. The produced samples were tested in 7th and 28th days. According to the test results it was understood that the concrete block including pumice and diatomite, could not be used for being a parted-wall member (bimsblok), but for being a isolation blocks.

It was also understood that the silica fume used in these studies decreased the concrete blocks compressive strength in early ages and less dosages, and did not make any sense in high dosages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu araştırmada Isparta yöresinde bulunan hafif agregalardan “pomza ve diatomit kullanılarak hafif beton blok üretilmesi” amaçlanmıştır.

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı Programı çerçevesinde gerçekleştirilen bu çalışmayı yürüten bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım hocam Yrd. Doç.Dr. Celalettin BAŞYİĞİT’e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarında silis dumanını gönderen Antalya Eti Elektrometalurji Genel Müdürlüğü’ne, pomza agregasını temin eden ve laboratuvarından istifade ettiğim Isparta Belediyesi Bimsblok Anonim Şirketi ve personeline, Jeoloji Mühendisi Yıldız YİĞİT’e teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm Araştırma Görevlisi Osman ÇANKIRAN’a ve bölüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yapı Malzemesi Laboratuvarı Teknisyeni Erol YILMAZ’a, tezin yazılmasında emeği geçen Süleyman GÜLPER’e teşekkür ederim.

Öğretim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi yardımlarını sunan aileme ve sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
SEMBOLLER.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. HAFİF AGREGALAR.....	7
3.1. Doğal Agregalar.....	7
3.1.1. Diatomit.....	7
3.1.1.1. Tanımı ve oluşumu.....	7
3.1.1.2. Diatomitin özellikleri.....	8
3.1.1.3. Diatomit kullanımının tarihi gelişimi.....	9
3.1.1.4. Diatomitin kullanıldığı alanlar.....	11
3.1.1.5. Diatomitin inşaat sektöründeki yeri.....	11
3.1.2. Pomza.....	12
3.1.2.1. Tanımı ve oluşumu.....	12
3.1.2.2. Pomzanın özellikleri.....	13
3.1.2.3. Pomzanın kullanımının tarihi gelişimi.....	14
3.1.2.4. Pomzanın kullanıldığı alanlar.....	18
3.1.3. Volkanif Curuf.....	19
3.2. Yapay Agregalar.....	19
3.2.1. Genleşmiş kil, şist, kayraktaşı.....	19
3.2.2. Genleşmiş yüksek fırın curufu.....	20
3.2.3. Perlit.....	20
3.2.4. Vermikülit.....	21
3.2.5. Organik agregalar.....	22

4. HAFİF BLOK DUVAR ELEMANLARI.....	23
4.1. Gazbeton Blok Duvar Elemanları.....	24
4.2. Alçıdan Üretilen Duvar Elemanları.....	27
4.3. Kilden Üretilen Duvar Elemanları.....	28
4.4. Perlitten Üretilen Duvar Elemanları.....	32
4.5. Pomzadan Üretilen Duvar Elemanları.....	35
4.5.1. Bimsblok üretimi ve çeşitleri.....	35
4.5.2. Bimsblokların özellikleri.....	46
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	49
5.1. Kullanılan Malzemeler.....	49
5.1.1. Kum.....	49
5.1.2. Çakıl.....	49
5.1.3. Pomza agregası.....	50
5.1.3.1. Pomza agregasının birim ağırlık deneyi.....	51
5.1.3.2. Pomza agregasının su emme deneyi.....	52
5.1.3.3. Pomza agregasının kimyasal özellikleri.....	52
5.1.4. Diatomit agregası.....	53
5.1.5. Çimento.....	53
5.1.6. Silis dumanı.....	54
5.1.6.1. Silis dumanının fiziksel özellikleri.....	55
5.1.7. Karma suyu.....	56
5.2. Beton Karışımları.....	57
5.2.1. Kabul edilen esaslar.....	57
5.2.2. Bileşim hesapları.....	57
5.2.3. Beton üretimi, karıştırma, yerleştirme ve kür.....	58
5.2.4. Numune boyutları, sayıları ve kullanıldığı yerler.....	60
5.3. Beton Üzerinde Yapılan Deneyler.....	60
5.3.1. Taze beton deneyleri.....	60
5.3.2. Sertleşmiş beton deneyleri.....	61
5.3.2.1. Basınç dayanımının tesbiti.....	61
5.3.2.2. Ultrases geçiş süresi.....	62
5.3.2.3. Su emme deneyi.....	62
5.3.2.4. Birim hacim ağırlık.....	63
5.3.2.5. Kılcallık deneyi.....	63

6. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	64
6.1. Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	96
6.2. Ultrases Hızı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	96
6.3. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	97
6.4. Su Emme Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	97
6.5. Kılcallık Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	97
6.6. Komposite Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	98
7. ÖNERİLER.....	99
KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	106



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1	Bimsblok üretim şeması	36
Şekil 4.2	Bimsbeton mamül boşluklu duvar blokları	38
Şekil 4.3	Bimsbeton mamül asmolen bloklar	39
Şekil 5.1	Karışımın granülometrik eğrisi	50
Şekil 5.2	Isparta-Gölcük pomza agregasının granülometrik eğrisi	51
Şekil 6.1	300 Dozajlı normal betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	70
Şekil 6.2	300 Dozajlı yarı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	70
Şekil 6.3	300 Dozajlı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	71
Şekil 6.4	400 Dozajlı normal betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	71
Şekil 6.5	400 Dozajlı yarı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	72
Şekil 6.6	400 Dozajlı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	72
Şekil 6.7	300 Dozajlı normal betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması	73
Şekil 6.8	300 Dozajlı yarı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması	73
Şekil 6.9	300 Dozajlı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması	74
Şekil 6.10	400 Dozajlı normal betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması	74
Şekil 6.11	400 Dozajlı yarı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması	75
Şekil 6.12	400 Dozajlı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması	75
Şekil 6.13	300 Dozajlı normal betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması	76
Şekil 6.14	300 Dozajlı yarı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması	76
Şekil 6.15	300 Dozajlı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması	77
Şekil 6.16	400 Dozajlı normal betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması	77

Şekil 6.17	400 Dozajlı yarı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması	78
Şekil 6.18	400 Dozajlı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması	78
Şekil 6.19	300 Dozajlı normal betonların su emme oranlarının karşılaştırılması	79
Şekil 6.20	300 Dozajlı yarı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması	79
Şekil 6.21	300 Dozajlı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması	80
Şekil 6.22	400 Dozajlı normal betonların su emme oranlarının karşılaştırılması	80
Şekil 6.23	400 Dozajlı yarı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması	81
Şekil 6.24	400 Dozajlı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması	81
Şekil 6.25	300 Dozajlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarları	82
Şekil 6.26	300 Dozajlı yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarları	82
Şekil 6.27	300 Dozajlı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarları	83
Şekil 6.28	300 Dozajlı silis dumanlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	83
Şekil 6.29	300 Dozajlı silis dumanlı yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	84
Şekil 6.30	300 Dozajlı silis dumanlı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	84
Şekil 6.31	300 Dozajlı silis dumanlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	85
Şekil 6.32	300 Dozajlı diatomitli yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	85
Şekil 6.33	300 Dozajlı diatomitli hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	86
Şekil 6.34	400 Dozajlı diatomitli normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	86
Şekil 6.35	400 Dozajlı diatomitli yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	87
Şekil 6.36	400 Dozajlı diatomitli hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	87
Şekil 6.37	400 Dozajlı silis dumanlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	88
Şekil 6.38	400 Dozajlı silis dumanlı yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	88

Şekil 6.39	400 Dozajlı silis dumanlı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	89
Şekil 6.40	400 Dozajlı diatomitli normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	89
Şekil 6.41	400 Dozajlı diatomitli yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	90
Şekil 6.42	400 Dozajlı diatomitli hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı	90
Şekil 6.43	300 Dozajlı normal betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması	91
Şekil 6.44	300 Dozajlı yarı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması	91
Şekil 6.45	300 Dozajlı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması	92
Şekil 6.46	400 Dozajlı normal betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması	92
Şekil 6.47	400 Dozajlı yarı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması	93
Şekil 6.48	400 Dozajlı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması	93
Şekil 6.49	Normal betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	94
Şekil 6.50	Yarı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	94
Şekil 6.51	Hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması	95

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1	Diatomitin ticari değer bakımından kimyasal bileşim sınır değerleri	8
Çizelge 3.2	Türkiye'nin bilinen diatomit yatakları	10
Çizelge 3.3	Asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimleri	14
Çizelge 3.4	Türkiye pomza rezerv dağılımı	17
Çizelge 4.1	Teçhizatsız bimsbetondan mamül duvar bloklarının et kalınlıkları ve alın yüzlerindeki harç cebinin ortalama boyutları	40
Çizelge 4.2	Bimsbetondan mamül asmolen blokların et kalınlıkları	41
Çizelge 4.3	Teçhizatlı bimsbetondan mamül yapı elemanlarının boyutları	42
Çizelge 4.4	Teçhizatsız bimsbetondan mamül yapı elemanlarının boyutları	42
Çizelge 4.5	Beton blok, briket ve bimsbloklara ait standart ısı iletkenlikleri	43
Çizelge 5.1	Isparta-Atabey kumunun özellikleri	49
Çizelge 5.2	Isparta-Atabey çakılının özellikleri	50
Çizelge 5.3	Gölcük pomza agregasının granülometrik elek analizi	51
Çizelge 5.4	Gölcük pomza agregasının birim ağırlık değerleri	52
Çizelge 5.5	Gölcük pomza agregasının su emme değeri	52
Çizelge 5.6	Gölcük pomzasının kimyasal bileşimleri ve %'si	52
Çizelge 5.7	Isparta-Keçiborlu diatomitinin kimyasal bileşimleri ve %'si	53
Çizelge 5.8	Isparta-Keçiborlu diatomitinin kimyasal bileşimleri ve %'si	53
Çizelge 5.9	Çimentonun ortalama kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri	54
Çizelge 5.10	Silis dumanının özellikleri	55
Çizelge 5.11	Çalışmada kullanılan beton karışım oranları	58
Çizelge 6.1	300 dozajlı betonların deney sonuçları	67
Çizelge 6.2	400 dozajlı betonların deney sonuçları	68
Çizelge 6.3	Kılcallık deney sonuçları	69

SEMBOLLER LİSTESİ

- NB : Normal beton (kum ve çakıllı)
- YHB : Yarı hafif beton (kum, çakıl ve pomzalı)
- HB : Hafif beton (kum, çakıl ve pomzalı)
- DNB : Diatomitli normal beton (kum, çakıl ve diatomitli)
- DYHB : Diatomitli yarı hafif beton (kum, çakıl, pomza ve diatomitli)
- DHB : Diatomitli hafif beton (kum, çakıl, pomza ve diatomitli)
- SNB : Silisli normal beton (kum, çakıl ve çimento yerine %10 silis dumanı ikameli)
- SYHB : Silisli yarı hafif beton (kum, çakıl, pomza ve çimento yerine %10 silis dumanı ikameli)
- SHB : Silisli hafif beton (kum, çakıl, pomza ve çimento yerine %10 silis dumanı ikameli)

1. GİRİŞ

Normal agregalı beton ve beton blokları yapı sektöründe çok yaygın uygulama alanı bulan bir malzemedir. Normal agregalı beton ve blokları iyi bir taşıyıcı olmasına karşın birim ağırlığı büyük, dolayısıyla ısı iletkenlik katsayısı yüksektir. Normal agregalı beton ve blokların sakıncalı yönlerini ortadan kaldırmak, olumlu özellikler kazandırmak için hafif agregalı beton ve blokların kullanılması gerekmektedir.

İnşaat sektöründe hafif agrega, kullanımı çok çeşitli olduğu için önemli bir yer tutmaktadır. Bu alandaki yapılan gelişmeler ekonomik ve teknik alanlardaki gelişmelere paralel olarak ilerlemiştir. Hafif beton ve blokların birim ağırlıkları $700-2000 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Betonun birim ağırlığının düşürülmesiyle yapı elemanlarının kendi ağırlıkları azaltılıp kesitleri küçültülebilir. Bu şekilde zâti (ölü) yüklerin azaltılmasıyla aynı zamanda ısı iletkenlik katsayısı küçültülüp ses yutuculuğu artabilmektedir [1]. Isı yalıtımı bakımından normal agregalı beton ve bloklardan üstün olan hafif agregalı beton ve blokları günümüzde enerji sorunu nedeniyle, konut yapımında kullanılması önem kazanmıştır.

Hafif agregalardan üretilen beton blokların, düşük yoğunluğu, ısı yalıtımı, yangına karşı dayanımı, ısı şoku dayanımı ve deformasyonla ilgili özellikleri önemli avantajlardır. Bugün gelişmiş ülkelerde hafif betonlar yapılarda ölü yükü azaltmak amacıyla halâ kullanılırken, ısı yalıtımı amacı ile kullanılan çok hafif beton ve blokların üretilmesine gayret edilmektedir [2].

Günümüzde hafif beton blokların üretimi çeşitli malzeme ve yapım metotlarıyla gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla doğal ve yapay agregalar kullanılmaktadır.

Hafif beton ve blok üretiminde üç değişik metot vardır.

1- Normal ağırlıklı agrega yerine, boşluklu doğal ve yapay agrega kullanmak. (Genişletilmiş kil ve şist perlit, pomza gibi)

2-Fiziksel veya kimyasal yolla beton ve bloklar içerisinde boşluklar oluşturmaktır. (Gaz beton, köpük beton gibi)

3- İnce agregasını çıkartarak büyük boşluklar oluşturarak kumsuz beton blokları üretmektir.

Üç metotta da beton yoğunluğunun düşmesinin nedeni meydana getirilen hava boşluklarıdır. Bu boşluklar agreganın içinde, harç içinde veya iri agregaların arasında olabilir. Bu boşlukların beton mukavemetini düşüreceği bir gerçektir.

Hafif betonları kullanım amaç ve yerlerine göre; taşıyıcı hafif betonlar, taşıyıcı olmayan duvarlar ve yalıtım blokları olarak sınıflandırabiliriz. Taşıyıcı hafif betonlarda havada kurumuş haldeki ağırlığının 2000 kg/m^3 den az silindir basınç dayanımının 17 N/mm^2 den az olmaması istenir. Yalıtım bloklarının ise $800\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$ ve dayanımları $0,7\text{-}7\text{N/mm}^2$ değerleri arasındadır [1].

Bu çalışmada; hafif beton ve blok üretiminde kullanılmak üzere Isparta yöresinde bol miktarda bulunan pomza ve diatomit agregaları kullanılmıştır. Pomza, ponza, süngertaşı veya Bims olarak da isimlendirilen bu malzeme, volkanik tüf olup erimiş halde iken absorbe ettiği bol miktardaki gazların soğuma sırasında kütleden ayrılması ile boşluklu süngerimsi bir görünüm gösteren katılaşmış doğal cam köpüğünden ibarettir.

Diatomit, Diatom adı verilen silisli bir kabuğa sahip olan deniz bitkisini ve silisli artıkların birikmesiyle oluşmuş bir kayaç çeşididir[3]. Ayrıca Antalya Etibank Elektrometalurji Sanayi işletmesinden temin edilen ve yan ürün olarak meydana gelen silica fume (silis tozu, silis dumanı) % 10 çimento yerine ikame edilmiştir.

Silis dumanı ilavesinin betonların performansını artırabilir hale geleceğini destekleyen bilgiler toplanmıştır. Günümüzde ise silis dumanının çimento ve betonda kullanımına müsaade eden çok sayıda Avrupa standardı bulunmaktadır [4].

Isparta yöresi pomza ve diatomit 3. Bölümde, Antalya Elektrometalurji Sanayi işletmesinden temin edilen silis dumanı 5. Bölümde ayrıntılı bir şekilde açıklanacaktır.

Bu çalışmanın amacı Isparta Yöresinde bulunan pomza ve diatomitin hafif beton bloklarda kullanılabilirliği, silis dumanını beton bloklar üzerindeki etkilerini araştırmaktır.

Yapılan bu çalışmada 3 farklı seride beton numuneler dökülmüştür.

1. seride 300, 400 dozajlarında,

Şahit beton; % 40 kum (0-4 mm), % 60 çakıl (% 35'i 4-8 mm kırma taş, % 25'i 8-16 mm kırma taş).

Yarı hafif beton; % 40 kum (0-4 mm), % 25 (4-8 mm, kırma taş), % 35 pomza (% 15'i 4-8 mm, % 20'si 8-16 mm).

Hafif beton, % 40 kum (0-4 mm), % 15 (4-8 mm, kırma taş), % 45'i pomza (% 25'i 4-8, % 20'si 8-16 mm). Yukarıda verilmiş olan oranlara göre karışımlar hazırlanmıştır.

2. seride 300 ve 400 dozajlı betonlarda çimento yerine % 10 silis dumanı ikame edilmiş silis dumanı normal beton, yarı hafif ve hafif beton numuneler üretilmiştir.

3. Seride 300 ve 400 dozajlı betonlarda kum miktarı hacimce % 50, azaltılmıştır. Yerine diatomit ikame edilmiş, diatomitli normal beton, yarı hafif ve hafif betonlar üretilmiştir.

Yapılan üç seride 7. ve 28. günlerde; basınç dayanımları, ultrases hızı geçirimsizliği, su emme ve kılcallık deneyleri, birim hacim ağırlık ölçümleri yapılmıştır.

Bu ölçümler sonucu pomza ve diatomitin hafif beton blok (bimsblok) üretiminde kullanılabilirliği ve silis tozunun normal şartlarda beton üzerindeki etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2- KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Pomza agregasıyla ilk çalışmayı 1949 yılında Niederhoff yapmıştır [5]. Pomza agregasıyla beton yaparak, bu betonların yapısal davranışlarını ve özelliklerini incelemiştir.

ERCIYAS, 1963 yılında yaptığı çalışmada bims agregası ile yaptığı beton duvarların özelliklerini incelemiştir [6].

AĞIRDİR, Konya Altınapa bims agregası ile beton bloklar üretmiş, bims agregalı beton blokların ısı iletim katsayısının normal agregalı bloklara göre düşük olduğunu belirlemiştir. Bimsblok kullanımı ile yapılarda yakıt maliyetinin düşeceğini ifade etmiştir [7].

TAŞDEMİR, yaptığı çalışmada en büyük agrega boyutu ve çimento miktarını sabit tutarak, agrega granülometrisinin çeşitli bölümlerini pomza agregasıyla değiştirerek yaptığı hafif agregalı normal beton, yarı hafif ve hafif betonlar üzerinde elastik ve elastik olmayan davranışlarını incelemiştir [8].

İHTİYAROĞLU, 1976 yılında doğal hafif agregalarla yaptığı ve duvar olarak kullanılan hafif beton blokların davranışlarını incelemiştir [9].

KARS, Türkiye'de üretilen briketlerin ısı davranışlarını incelemiş, pomza agregalı bimsblokların ısı iletkenliği hesap değerinin standartlarda verilen değerlerden daha düşük olduğunu belirlemiştir. Bu özelliği ile bimsblok düşey konstrüksiyonların oluşturulmasında kullanılan tuğla ve benzeri yapı bileşenlerinden daha iyi ısı yalıtımlı olduğunu ifade etmiştir. Isı yalıtımlı olması ve dayanıklılığı ile geleneksel bir sistem olan yığma yapılarda özellikle tercih sebebi olduğu enerji tasarrufu ve yapı maliyeti açısından ülke ekonomisine fayda sağlayacağını belirtmektedir [10].

KOÇ ve KILIÇ, Madenşehri (Karaman) güney batısındaki pomzanın hafif beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır [11].

ŞİMŞEK, Madenşehri (Konya-Karaman) doğusundaki pomzanın hafif beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmış, Soma B Termik Santrali uçucu külü kullanarak çimento ve ince agrega oranları yüzde olarak azaltılmak suretiyle yapı malzemesinin ekonomik olması amaçlanmıştır [12].

ÇANKIRAN, Pomza agregalı hafif betonun mekanik özellikleri ve kimyasal katkılarla dayanımının arttığını ve yoğunlukta azalma olduğunu tespit etmiştir [13].

SANCAK, Hafif agregalı beton blokların mekanik özellikleri üzerine çelik lif kullanımının etkisini araştırmıştır [14].

OĞUZ, Pomza betonda fiziksel ve mekanik özellikleri araştırmış, dozajın artmasında, su/çimento oranının azaltılmasında basınç dayanımının arttığını fakat üretilen yarı hafif ve hafif betonların yük taşıyıcı elemanlarda kullanılmayacağını açıklamıştır [15].

KAN, Türkiye briketlerinin (bims agregalı bloklarda dahil) nemsel davranışlarını araştırmış, briketlerin buhar difüzyon direnç katsayılarının malzemenin birim ağırlığına bağlı olarak arttığını görmüştür [16].

SEZGİN, Diatomitin hafif yapı eldesinde değerlendirilebilirliğini araştırmış, Isparta diatomitin yüksek ısı ve ses yalıtımı özelliğine haiz, rezerv yönünden iyi ve ucuz bir endüstriyel kaynak olduğunu tespit etmiştir. Sonuçta alçı, beyaz çimento vb. bağlayıcı malzemeler ile dekoratif ve kaliteli inşaat ürünleri, hazır paneller prefabrik elemanların üretilmesinin mümkün olabileceğini belirtmiştir [17].

BAŞYİĞİT, Yüksek oranda, yüksek kalsiyumlu uçucu kül katılmasının beton özelliklerine etkisini araştırmıştır. Bir puzzolan olan uçucu külün yanısıra, başka bir puzzolan olan silis dumanının da betona katkı olarak katılmasının değişimleri incelenmiştir [18].

ÖZBEK, Silis dumanının betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini araştırmış silis dumanı katkısının betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımı gelişiminde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Silis dumanı ilavesinin tüm karışımlarda su gereksinimini artırdığı dolayısıyla taze betondaki çökme miktarını azalttığı gözlenmiştir [4].

YAŞAR ve PEHLEVAN, ülkemizde üretilen pomza agregalı beton bloklar ile oluşturulan dış duvarların higro-termik irdelemesini yapmışlardır [19].

ÖZDENİZ ve arkadaşları briketlerin dış duvar bileşeni olarak özellikleri saptanarak iyileştirilmesi amacıyla yeni bir briket tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Bu briket, gerek malzeme, gerekse yapı elemanı olarak, yapı fiziği ve maliyeti açısından sınınanmıştır. Yeni briketlerin sıcak, soğuk, yağmurlu, rüzgarlı her türlü iklim

koşullarında kullanılabilirliği, küçük veya büyük işletmelerde üretilebileceği, uygulamada geleneksel ve gelişmiş yapım tekniklerinde kullanılabilirliğini belirtmişlerdir [20].

ARUNTAŞ, yaptığı çalışmada diatomitin çimentolu sistemlerde puzolanik katkı maddesi olabileceğini betonda bağlayıcı olarak kullanılabilirliğini tespit etmiştir [3].

TONAK ve arkadaşları, diatomitin çimento üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Diatomiti farklı oranlarda portland çimentosu klinkerine katarak çimentolar elde etmişlerdir. % 10 diatomit katkılı çimentonun, dayanımı % 30 civarında artırdığını tesbit etmişlerdir [21].

TAŞDEMİR ve arkadaşları, silis dumanının betonun basınç altındaki mekanik davranışına etkisini araştırmışlardır. Betonda silis dumanı kullanımının agrega-harç temas yüzeyinin mikroyapısal özelliklerini değiştirdiği, bu arayüz bölgesinin daha yoğun ve daha homojen hale geldiği, bunun sonucu olarak malzemenin daha gevrek davranış sergilediğini belirtmişlerdir [22].

UYAN ve arkadaşları, uçucu kül ikamesinin erken yaşlarda basınç ve eğilme dayanımlarını benzer biçimde olumsuz olarak etkilediği ancak bu olumsuzluğun % 10 ikame oranı için 28. günde kaybolduğunu, % 20 ikame oranında ise oldukça azaldığını, % 30'luk ikamelerin şahit betona göre basınç dayanımlarının düşük olduğu, 300-400 dozajlı betonlarda % 10 - % 20 mertebesindeki oranlarda uçucu kül ikamesinin dayanımı olumsuz etkilemeyeceğini ifade etmişlerdir [23].

ERDOĞDU ve arkadaşları, silis dumanının farklı oranlarda ikamesini incelemişler. Düşük dozajlarda % 9 oranında silis dumanı ilavesinin betonun erken yaşlarda % 50 mertebesinde dayanımda artış sağladığını ortaya koymuşlardır [23].

EKİNCİ, silis dumanı ilave edilmesiyle çimentolu sistemlerin dayanımlarının arttığını, harcın hazırlanış süresini kısalttığını, silis dumanı katkı ile birlikte normal su ihtiyacını da artırdığını ortaya koymuştur [24].

3. HAFİF AGREGALAR

Hafif beton yapımı için hafif agrega, su, çimento ve gerektiğinde katkı maddeleriyle karıştırılarak imal edilen gevşek birim ağırlığının en büyük değeri 1200 kg/m³'ü aşmayan kırılmış ve kırılmamış gözenekli inorganik agregadır [25].

Beton blok (bimsblok) için bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında, vibrasyonla sıkıştırılıp kür edilen ve gerektiğinde kuvars kumu da ilave edilerek üretilen yapı elemanıdır [26].

Hafif beton ve hafif blok elemanlarında doğal ve sunî agregalar kullanılmaktadır. Diatomit, pomza, ve volkanik curuf doğal agregalar sınıfındadır. Sunî agregalar ise, genleşmiş kil, şist, perlit, vermikülit, genleşmiş yüksek fırın curufu, uçucu küller ve klinger agregasıdır.

3.1. Doğal Agregalar

Bu sınıftaki agregalar diatomit, pomza ve volkanik curuftur.

3.1.1. Diatomit

3.1.1.1. Tanımı ve oluşumu

Diatomit su yosunları sınıfından tek hücreli mikroskobik alglerin fosilleşmiş silisli kavkılarından oluşmuş bir çökeldir [27].

Diatomit toprağı ve kizelgur olarak bilinen bu malzeme volkanik faaliyet bölgelerine yakın tatlı ve tuzlu göl ve deniz sularında yaşayan tek hücreli, mikroskobik, şilis yapılı çift karapaslı esmer bir yosun çeşidi olan diatomellerin ölmesi ve silisli kabuklarının bir araya toplanmasıyla meydana gelen bir mineral olarak tanımlanmaktadır [28]. Mineral, Almanca ve Fransızca kaynaklarda Kieselguhr, İngilizce yayınlarda diatomaceous earth veya diatomite olarak geçmektedir.

Diatome fosil kalıntılarından başka kil, karbonat mineralleri, kırıntıları, bir miktar demir oksit ve alkali metaller de içerir. Saf diatomit ise opal veya hidrosilisten oluşmuştur. Doğada bulunuş şekliyle kayaç % 10-60 arasında değişen oranda serbest su da içerir. Hafif, kireç benzeri açık renkli ve gözeneklidir. Yumuşak olup kolayca

kırılabilir. Asitlerden etkilenmez. Diyatome partükülleri mikroskopa tanımlanabilir. Organik madde içeren yataklarda görüntü tümüyle değişik olabilir. Böyle durumlarda rengi gri-kahverengi, yeşilimsi veya siyaha yakındır [29].

3.1.1.2. Diatomitin özellikleri

A) Fiziksel özellikler

Diatomit, amorf silis yapılıdır ($\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$). Tebeşir görünümünde olup kavkı iriliği 2-200 μm arasında değişir. En önemli fiziksel özelliği gözeneklik, düşük özgül ağırlık ve beyazlıktır. Kuru halde özgül ağırlığı 0,15-0,40 gr/cm^3 arasında değişir.

Diatomit taneciklerinin sertliği, mohs sertliğine göre 4-6 arasında olup kayaç sertliği 1,5 civarındadır Porozitesi % 80-85 arasındadır. Yüksek su emme ile ağırlığının 3 katı kadar su alabilir [23].

B) Kimyasal özellikler

Diatomitin kimyasal bileşimi için kesin bir standart verilememektedir. Genellikle yapısında % 70-90 arasında SiO_2 bulunur [3-30].

Diatomitin birçok kimyasal maddeye karşı tepkisizdir. Diatomitin ticari değer taşınması ve mineralin üretimde kullanılabilmesi için Tablo 1'de verilen sınır değerlere uygun olması gerekir [31].

Çizelge 3.1 Diatomitin ticari değeri bakımından kimyasal bileşim sınır değerleri [31]

Bileşenler	Sınır Değeri (%)
SiO_2	En az 85
Al_2O_3	En çok 5
Fe_2O_3	En çok 1,5
CaO	En çok 1
MgO	En çok 0,5
Alkali oksitler	En çok 1
Kızdırma kaybı	En çok 6

Diatomitin erime noktası, bileşimine göre 1000-1590 °C arasında değişir. PH değeri, yataktan alındığında 5-9 dır. Kalsinasyon işleminden sonra flaks kalsine ise pH-10 dolayına yükselir.

Diatomitin bileşiminde bulunan demirin ayrılması için, % 2-8 arasında eriyebilen bir alkali tuzu mineral içine katılarak, döner fırında hammaddenin özelliğine göre 600-1000°C arasında ısıtılmak suretiyle kalsinasyon işleminden geçirilir. Elde edilen ürün flaks kalsine, doğrudan kalsinasyondan geçirilen ise kalsine ürün olarak adlandırılır [31].

C) Isıl özellikler

Diatomitin yüksek gözenekliliği, ısı iletkenliğinin düşük olmasını sağlar. Isı iletkenliği, 300 °C de 0.08, 800 °C de 0,10 ve 1200 °C de 0,11 kcal/m² h °C'dir [30].

D) Mekanik özellikler

Diatomit mineralinin basınç dayanımı 3-18 kg/cm² arasında değişmektedir [3].

3.1.1.3. Diatomit kullanımının tarihi gelişimi

Yapılan araştırmalarda, İstanbul'da inşa edilen Ayasofya'nın kubbesinde hafifliği nedeniyle diatomit tuğlasının kullanıldığı belirlenmiştir [3-32]. Avrupa'da 30 yıl savaşları sırasında, diatomit una karıştırılarak ekmeek yapılmıştır. Bu ekmeğin lezzetli fakat çiğnenmesi ve hazminin güç olduğu bildirilmiştir [28-33].

Endüstride ilk kullanımı Alfred Nobel tarafından olmuştur. 1867 yılında 3/1 oranında nitrogliserin - diatomit karışımı ile dinamitin taşınabilen patlayıcı madde olarak üretilmesini sağlamıştır [3-17].

20. yüzyılın başına kadar dolgu ve izolasyon malzemesi olarak kullanılmıştır. ABD'nin California eyaletinde önemli diatomit yataklarının bulunmasıyla üretim teknolojisinde büyük ilerlemeler sağlanmıştır.

Ülkemizde ise MTA Genel Müdürlüğünün tespitinden önce diatomitin köylerde badana işlerinde kullanıldığı bilinmektedir.

1940 yılından itibaren diatomit yataklarının araştırılmasına başlanılmış olup 1968 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından, Türkiye Diatomit Envanteri adında bir kitap yayınlanmıştır. Hazırlanan bu envantere göre ülkemiz diatomit rezervi bakımından oldukça zengin sayılmaktadır.

Türkiye'deki diatomit yataklarını 5 grupta toplayabiliriz [17].

1- İç Anadolu'nun güneydoğusu (Kayseri, Nevşehir, Niğde)

2- Ankara-Çankırı bölgesi,

3- Batı Anadolu Bölgesi (Afyon, Balıkesir, Bursa, Kütahya, Uşak),

4- Doğu Anadolu Bölgesi,

5- Akdeniz bölgesi (Isparta)

Bu gruplardan Akdeniz bölgesinde yer alan Isparta'daki diatomit yatakları 1996 yılında bir araştırma grubu tarafından bulunup, envantere geçirilme çalışmaları için başvurulmuştur [17]. Diatomit yatakları ile ilgili bilgiler tablo 2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Türkiye'nin bilinen diatomit yatakları [28]

Sıra no	İl	İlçe	Köy	Bilinen rezerv	Kimyevi Analiz	
					SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)
1	Afyon	Emirdağ	Seydiler	-	81.86	3.91
2	Ankara	Kızılcahamam	Gürcü	-	69.31	-
3	Ankara	Ayaş	Başbereket	-	34.57	1.72 (+FeO ₃)
4	Ankara	Ayaş	Gücügöz	-	-	-
5	Çanakkale	Çan	Keçialan	-	-	-
6	Çankırı	Çerkeş	Akhasan	-	-	-
7	Çankırı	Orta	Karaağaç	870 000 m ³	85.87	2.31
8	Çankırı	Orta	Bastak	1 5000 000 ton	81.60	0.73
9	Denizli	Sarayköy	Karakıran	-	-	-
10	Denizli	Sarayköy	Tırkaz	-	-	-
11	Kayseri	-	Hırka	106 000 000 ton	87-83	3-3.9
12	Kütahya	-	Alayunt	-	-	-
13	Uşak	-	Kayağıl	-	-	-
Toplam				107.5 milyon ton + 870 000 m ³		

Dünyanın en önemli diatomit yatakları hem tatlı hem de tuzlu su kaynaklarıdır. En büyük yataklar Amerika'da yer almaktadır. Avrupa'da Danimarka, Fransa ve Almanya başta olmak üzere, İspanya, Portekiz, Romanya, Macaristan, Kuzey İrlanda, İskoçya, İsveç, Norveç, Finlandiya ve İngiltere'de diatomit yatakları vardır. Afrika'da Cezayir, Kenya, Mısır, Asya'da ise Rusya, Kore, Kafkasya, Ermenistan ve Japonya'da yataklar bulunmaktadır. Okyanus ülkeleri Filipinler, Endonezya ve Avustralya da diatomit yataklarına sahiptir [3, 17, 28].

3.1.1.4. Diatomitin kullanıldığı alanlar

Diatomit, günümüzde farklı endüstri dallarında kullanılmaktadır. Diatomitin kullanıldığı alanlar şunlardır:

- a. Hafif aşındırıcı ve temizleyici,
- b. Kimyasal gübreler için sertleşmeyi önleyici,
- c. Sertlik silikat üretimi,
- d. Absorbon (emici),
- e. Refrakter malzeme,
- f. Katalizör taşıyıcısı,
- g. Çimento puzolonik malzemesi,
- h. Süzme (filtrasyon) maddesi,
- i. Dolgu maddesi,
- j. Yalıtım malzemesi,
- k. Temizlik maddeleri, diş macunu, ilaç, kağıt, ince film, plastik, seramik,

kozmetik, boya, cila, sır, yangın söndürücü, kibrit, cam, petrol gibi çeşitli alanlarda [3, 21, 28, 31, 34, 35].

3.1.1.5. Diatomitin inşaat sektöründeki yeri

Diatomit pomza taşı tuf gibi betonda kullanılan doğal hafif agregalar sınıfında yer alan bir malzemedir [1]. Diatomit ile ilgili Türk standardı 1114'de doğal hafif agregalar grubunda gösterilmektedir. Mineral betonda agrega olarak kullanıldığında, kendi adını alan diatomit betonu elde edilmektedir.

Hafif agrega olmasının yanısıra volkanik orijinli olmayan tek doğal puzolandır. Diatomit hem öğütülmeden önce hem de öğütüldükten sonra puzolonik özellik göstermektedir. Diatomitler kalsine edildikten sonra baraj yapımında kullanılabilceği belirtilmektedir.

Diatomit çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilir. Betonlarda işlenebilmeyi kolaylaştırmak için diatomit kullanılmıştır. Diatomit yapı malzemesi sahasında tuğla blok, kiremit, sıva, harç, bimsbloklarda ve benzeri imalatlarda kullanılmaktadır.

Dünyada diatomitin boya üretiminde kullanıldığı çok eskiden beri bilinmektedir. Türkiye’de bazı firmalar tarafından çok ince toz halinde dolgu maddesi olarak boya üretiminde kullanıldığı görülmektedir [17].

3.1.2. Pomza

3.1.2.1. Tanımı ve oluşumu

Pomza (bims, sünger taşı), birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm^3 ’tan küçük, sertliği Mohs ıskalasına göre 6 civarında, camsı doku gösteren volkanik bir maddedir [26].

Pomza (ponza) terimi İtalyanca bir sözcüktür. Fransızca’da Ponce, İngilizce’de (iri taneli olanına) pumice, (ince tanelisine) pumicite, Almanca’da (iri tanelisine) bims, (ince tanelisine) bimstein adı verilmektedir.

Türkiye’de ise süngertaşı, köpüktaşı, hışırtaşı, nasırtaşı, küvek, kisir gibi adlarla anılmaktadır. Diğer dillerin ve teknoloji ithalinin etkisiyle Türkçe’de pomza, ponza, bims, pümis ve pümisit terimleri olarak yerleşmiştir.

Pomza, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Bir başka deyişle, pomza çok poroz olan volkanik taş camıdır da denilebilir.

Oluşumu sırasında, bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir.

Gözenekler arası genelde (özellikle mikro gözenekler) bağlantısız boşluklu olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir.

Pomzanın oluşumu genelde şu şekilde açıklanmaktadır. Asidik magma bazik magmaya nazaran daha vizkozder ve yüksek silis içerir. Bazik magmanın sıvı olduğu sıcaklıklarda asidik magma katı halde bulunur. Volkanik aktivitenin durduğu zamanlarda magma akışı da durarak asidik kayaç ve kütleler oluşur. Volkanik bacanın tıkanmasıyla doğal basınç birikimleri oluşur. Basıncın artmasıyla asidik malzemeyle birlikte magmadaki erimiş gazlar büyük patlamalarla bacadan püskürmeye başlar. Ani basınç sertleşmesi ani genişmeleri oluşturur. Bu sırada bünyedeki uçucu bileşenlerin ani olarak kaçmasına neden olur. Uçucuları takiben,arkada kalan erimiş küresel parçalar, atmosferle temas eder etmez hızla soğurlar. Böylelikle pomza oluşur [36].

3.1.2.2. Pomzanın özellikleri

A) Pomzanın fiziksel özellikleri

Pomza, kendisine özgü bazı özellikleri ile benzer volkanik camı kayaçlardan ayrılır. Bunlardan rengi gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılmaktadır. Pomza oluşumuna göre ikiye ayrılır. Bunlar, asidik pomza ve bazik pomzadır. Bazik pomza; koyu renkli, kahverengimsi, siyahımsı olabilmektedir. Özgül ağırlığı $1-2 \text{ gr/cm}^3$ civarındadır. Asidik pomza; beyaz, kirli görünümde ve grimsi beyaz renktedir.

Her iki pomza da, oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Asidik pomzanın özgül ağırlığı $0,5-1 \text{ gr/cm}^3$ sertliği "moha" skalasına göre 5-6 civarındadır. Pomzanın su emme özelliği % 50'den fazladır. Pomzanın porozitesi % 75-80 civarındadır.

B) Pomzanın kimyasal özellikleri

Pomzanın kimyasal bileşimi, bulunduğu yöreye göre bazı farklılıklar göstermektedir. Kimyasal olarak % 75'e varan silis (SiO_2) içeriğine sahiptir. Asidik ve bazik özellikler taşıyan pomzaların tipik kimyasal özellikleri tablo 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. 3 Asidik ve bazik pomzanın kimyasal bileşimleri [36]

BİLEŞİM	ASİDİK POMZA (%)	BAZİK POMZA (%)
SiO ₂	70	45
Al ₂ O ₃	14	21
Fe ₂ O ₃	2.5	7
CaO	0.9	11
MgO	0.6	7
Na ₂ O+K ₂ O	9	8
A.K	3	1

Tablodan da görüleceği üzere, asidik karakterli pomzalarda silis oranı daha yüksek olup, inşaat sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir.

C) Pomzanın ısı özelliği

Pomzanın boşluklu yapıya sahip oluşu, ısı iletkenliğinin düşük olmasını sağlar. Isı iletkenliği 0,10-0,60 kcal/m² h °C dir [34].

D) Mekanik özellikler

Yüksek gözeneklilik derecesiyle (% 85'e varan poroziteye) pomza tanelerinin büyük dayanıklılıkları yoktur. Ancak bu dayanıklılık, taşıyıcı duvar yapımında kullanılan taş dayanıklılıklarına uygundur [37].

3.1.2.3. Pomzanın kullanımının tarihi gelişimi

Pomza taşı Yunanlılar ve daha sonra Romalıların görkemli yapılarının bir çoğunda hala görülebilir. Roma duvarlarının inşaatında, su kanallarında ve diğer tarihi eserlerde kullanılmıştır. Amerika'da sağlamlaştırılmış pomza Kaliforniya'da 1851'den beri bina inşaatlarında kullanılmaktadır. Bu tarihten 1963'e kadar yerli pomza endüstrisi 15 eyalette 103 işletmeye kadar genişlemiştir. San Fransisko yakınlarındaki Mercet Gölü'nden aşındırıcı pomza olarak kullanılmak üzere 1983'te 70 ton üretilmiştir. Pomza çimento ile karıştırılarak Los Angles su kemerinin yapımında 1908'den 1918'e kadar kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde beton agregası olarak 1935'te

kullanılmaya başlanmıştır ve bundan sonra da düzenli bir artış göstermiştir. Pomza Pozzolan ve Portland çimentoları birleştirilerek Kaliforniya'daki Friant ve Pardee barajlarında, su kanallarında, Oklahoma'daki Altus barajında kullanılmıştır. Ayrıca Los Angeles'ta yapılan bir binada hafif agrega olarak betonda kullanılmasıyla normal agregaya göre 10800 \$'lık fazla harcama yapılmıştır. Buna karşılık hafif agregalı betonda 39000 \$'lık bir tasarruf sağlanmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde pomzanın yerli inşaat endüstrisinde erken kullanılmasına rağmen hafif agrega kullanım alanında diğer ülkelere nazaran geri kalmıştır. Almanya II. Dünya savaşıdan önce hafif bina yapım ünitelerinde sağlam bir dış ticarete sahip olmuştur. M.S. IV. yüzyıldan 1800'lere kadar Almanya'nın Ren bölgesindeki şehirlerde yeniden kullanılmaya başlandığı görülmüştür.

Almanya'da 1980 yılından önce önemli bir pomza üretimi olmasına rağmen son yıllarda üretimde önemli düşüşler olmuştur. Mevcut üretilen pomza sadece inşaat sektöründe kullanılmakta olup diğer alanlarda kullanılan pomza ise ithal edilmektedir. 1982-1986 döneminde pomza ithalatı 62000 tondan 80000 tona yükselmiştir. Ham veya şekilsiz parçalar halindeki pomza ithalatı 1982 yılında 59000 ton (yaklaşık 2.375 milyon \$ değerinde) iken 1986 yılında 78000 tona (yaklaşık 3.75 milyon \$ değerine) yükselmiştir.

İtalya'da yıllık üretim (1987'ye göre) 1 milyon tondur. İtalya'nın pomza ihracatı 1982 yılında 167000 ton (6 milyon \$ değerinde) iken 1986 yılında 91000 tondur. (10.625 milyon \$). İhracatı miktar olarak azalmasına karşın kaliteli pomza üretiminden dolayı fiyatında yükselme gözlenmiştir.

İtalya'nın işlenmiş pomza ihracatı 1982-1986 yılları arasında 21000 tondan 16000 tona gerilemiştir. Gerçi 1985 yılında 23000 tona çıkmıştır. Bununla beraber fiyatı da 1982 yılında 4.125 milyon \$ iken 1986 yılında 7.625 milyon \$ olmuştur.

İngiltere'de pomza üretimi yapılmasına rağmen tüketim fazla olduğundan dolayı ithalat yapılmaktadır. 1982 yılında 179000 ton üretim (5.6 milyon \$) iken 1985 yılında 172000 tona (6 milyon \$) düşmüştür. Buna karşın fiyatta bir yükselme olduğu gözlenmiştir.

Yunanistan, İzlanda ve Yeni Zelanda'da düşük yoğunluğa sahip kaliteli pomza yatakları bulunmaktadır.

Mevcut kaynaklardan elde edilen bilgilere göre Türkiye'de 1972 yılından bu yana pomza üretimi yapıldığı tespit edilebilmiştir.

Türkiye, pomza rezervleri bakımından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Araştırılmış alanlarda yaklaşık 3 milyar metreküp bir potansiyele sahiptir. Pomza rezervleri İç Anadolu bölgesinde yoğunlaşmış olmasına karşın, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde de pomza oluşumlarına önemli derecelerde rastlanmakta ve üretim yapılmaktadır. Ülkemizde varlığı bilinen pomza yatakları ve bunların rezerv durumları tablo 4'de verilmiştir.

Türkiye 1983 yılında 16 ton (8000 \$) ihracat yapabilmıştır. 1987 Ekim ayına kadar 60959 ton ihracat yapılmıştır. Ancak 1983 yılında 500 \$/ton olan pomza 1987 yılında yaklaşık 200 \$/tona düşmüştür. Türkiye'de hafif beton agregası ve tekstil sanayisi başta olmak üzere az miktarda diğer sanayi dallarında da kullanımı artmaktadır.

1986-1987 dönemleri karşılaştırıldığında ihracatın % 1600'lere çıktığı, fakat ihraç birim fiyatlarında dikkat çekici bir gerilemenin olduğu gözlenmiştir.

Türkiye'nin ihraç ettiği pomza 3-7 cm boyutunda ve daha irisidir. 3 cm'nin altındaki pomza atılmakta ve bu kayıp % 40-50 civarındadır. Bu atık pomzanın genelde inşaat sektörü olmak üzere kullanımı giderek artmaktadır. Yine son zamanlarda kot kumaşlarında desen vermede kullanım alanı bulmuş ve yüksek fiyat kazanmıştır.

Dördüncü beş yıllık yatırım programına göre pomza kullanılarak 30.2 milyon adet/yıl beton briket, 27 milyon adet/yıl kaldırım taşı, 1.4 milyon adet/yıl bordür taşı üretecek yatırım planlanmıştır [37].

Çizelge 3.4 Türkiye pomza rezerv dağılımı [36].

Yeri	Rezerv Miktarı (M ³)	Rezerv Kategorisi
Nevşehir-Avanos-Ürgüp	400.412.834	A+B
Derinkuyu	48.660.500	C
Kayseri-Gömeç	13.250.000	A+B
Kayseri-Develi	58.500.000	A+B
Kayseri-Talas-Tomarza	241.000.000	A
Kayseri-Talas-Tomarza	284.000.000	B
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000	A+B
Bitlis-Ahlat	210.000.000	A+B
Van-Erciş-Kocapınar	154.625.000	A+B
Van-Mollakasım	5.950.000	A+B
Ağrı-Patnos	27.812.000	A+B
Ağrı-Doğubeyazıt	26.875.000	A+B
Kars-Iğdır-Kavaktepe	40.156.250	B
Kars-Digor	11.718.750	B
Kars-Sarıkamış	1.875.000	B
Ankara-Güdül-Tekköy	8.070.000	A+B
Isparta-Gölcük (*)	30.983.250	A+B+**
TOPLAM (A +B+C)(m ³)		

A: Görünür Rezerv, B : Muhtemel Rezerv, C: Mümkün Rezerv

(*) MTA pomza envanterine Isparta ve yöresi pomza yataklarından sadece Gölcük yöresi yatakları dahil edilmiştir.

** : Mümkün rezerv bilinmemektedir (Isparta ve yöresinde 150.000.000 ton civarında jeolojik rezerv tahmin edilmektedir. Ancak resmi kayıtlara geçmediği için tabloya dahil edilmemiştir.

3.1.2.4. Pomzanın kullanıldığı alanlar

Pomza agregası genellikle ülkemizde ve dünyada inşaat sektöründe kullanılmaktadır. İnşaat sektörü haricinde tarım, tekstil, kimya, metal, plastik, su arıtımı, biyoteknoloji, yol stabilizasyonu ve asfalt betonunda kullanılmaktadır.

Yapı sektöründe aşağıdaki temel konularda kullanılmaktadır.

A) Hafif beton olarak kullanımı

Pomza agregası, inşaat sektöründe hafif beton elde edilmesinde kullanılmaktadır. Pomza normal kumun 1/3'ü kadar ağırlığa eşit olduğu için pomza ile yapılan betonun normal betondan daha hafif olduğu görülmektedir. Ayrıca kullanılmasındaki kolaylık nedeniyle zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Zemin mekaniği açısından ise temele iletilen yük azalacağından yaklaşık % 17 oranında inşaat demirinden tasarruf sağlanmaktadır.

B) Bimsblok olarak kullanımı

Yapıda hafif malzeme kullanmak ihtiyacı tarihte çok eski zamanlarda dahi hissedilmiş olup, Roma'lılar zamanında pomza taşı gibi hafif taşlar inşaatlarda kullanılmıştır. İnşaat sektöründe hafif agregalı yapı elemanları ekonomik olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Hafif agregalı yapı malzemelerinden en çok kullanılan ise pomza taşıdır. Pomzadan imal edilen bimsbloklar, yüksek ısı ve ses yalıtımı ve depreme dayanıklı mekanları en ucuza mal etme gibi özelliklerinden dolayı inşaat sektöründe vazgeçilmez olmuştur. Pomza, özellikle gelişmiş ülkelerin inşaat endüstrisinde ısı ve ses izolasyonunu sağlamak için çok miktarda tüketilen ucuz ve önemli bir hammaddedir.

Bimsbloklarla inşası yapılan binalarda yüksek ses ve gürültülere karşı sessiz ortamlar meydana getirilmektedir. Pomza ve mamulü bimsbloklarda homojen olarak dağılmış eşsiz doğal boşluklu yapısı, hafifliği, kristal suyu içermemesi, ısı ve sese karşı mükemmel yalıtım özelliği gibi niteliklerinden dolayı kullanım miktarı her geçen senede artma trendi göstermektedir. Ayrıca yapısal konfor, gürültünün neden olduğu stres ve fazladan enerji tüketimi ve bunun neticesinde meydana gelen hava kirliliği açısından, yapılarımızda bu hammaddenin kullanılmasında birçok faydalar getireceği görülmüştür [38].

3.1.3. Volkanik curuf

Volkanik curuf kabarcıklı ve camsı bir kayadır. Pomzaları oluşturan magmalardan daha bozuk bileşimli, vizkositesi daha düşük magmanın aniden yüzeye çıkıp gazlarını kaybetmesi sonucu oluşurlar.

Renkleri daha koyu olup gözenek yapısı düzensizdir. Mekanik performansları düşük olduğundan kullanımı sınırlıdır. Çimento sanayinde katkı ve traslı çimento imalinde, hafif blok üretiminde kullanılabilir.

3.2. Yapay Agregalar

Yapay hafif agregalar, genellikle ticari adlarıyla anılırlar. Fakat en iyi sınıflandırma üretim metoduna göre yapılan sınıflandırmadır. Birinci grup ısı uygulamasıyla üretilmiş agregaları içerir. Bunlar genişmiş kil, genişmiş şist, perlit ve vermikülit'dir. İkinci grup, yüksek fırın curufunun özel bir soğutma işlemi ile genişletilmesiyle elde edilir. Üçüncü grup ise endüstriyel kül ve curufları oluşturur.

3.2.1. Genleşmiş kil, şist ve kayraktaş

Genleştirilmiş kil ve şist tuğla üretim metoduna benzer bir metotla küçük silindirler haline getirilmiş parçacıkların özel fırınlarda ani ısı şoku ile genleştirilmeleri sonucunda üretilir. Genellikle dış rengi siyahımsı, içleri siyah ve gözeneklidir. Genleştirilmiş kil ve şist agregaları genellikle kimyasal yapı olarak benzer olup, biraz puzolanik özellik gösterirler. Bu agregaların kullanımı ile beton içerisinde mukavemet daha iyi sağlanmaktadır. Ayrıca don hareketleri ve deniz suyu hücumuna dayanıklı olup ısı ve ses izolasyon kalite değerleri daha mükemmeldir [13].

Genleşmiş kayraktaş kırılmış, elenmiş kayraktaşının özel fırınlarda ani ısı şoku genleştirilmesi sonucu elde edilir. Kullanılan fırın, kil genleştirilen fırınlarla aynı türdendir. Kullanım alanları, taşıyıcı olmayan hafif blok elemanları, köprü inşaatları ve tarımda (toprak hafifletilmesinde) kullanılır.

3.2.2. Genleşmiş yüksek fırın curufu

Demir cevherleri doğada esas olarak içerdikleri demir oksit bileşenlerinin yanısıra silis, alümin, kükürt, fosfor gibi bazı yabancı maddelerle bir arada bulunmaktadır. Cevher içerisindeki demir oksitten demir elde edebilmek için cevher yüksek fırınlarda kok kömürü (karbon) ve arıtma işleminde yardımcı madde (flux) olarak kullanılan kalker taşı ile birlikte yüksek sıcaklığa tabi tutulurlar. Redüklenme sonucunda, demir oksitteki oksijen, kok kömürünün karbonuyla birleşerek karbonmonoksit ve karbondioksit olarak cevheri terk ederken, geride eriyik durumda, demir ile birlikte kireç, kok kömürünün külü, silis, alümin ve diğer yabancı maddelerden oluşan “curuf” adı verilen yabancı maddeler topluluğunu bırakır. Eriyiğin üst kısmında yer alan curuf, buradan yan ürün olarak dışarı çıkartılarak geride sadece demirin kalması sağlanır.

Yüksek fırından çıkartıldığı zaman yaklaşık 1400-1600 °C sıcaklıkta ve eriyik durumda bulunan curufun soğutulması için değişik yöntemler kullanılır ve bu yöntemler soğutulmuş curufun iç yapısını önemli derecede etkiler. Sıcak ve eriyik durumundaki curufun soğutulmasında en çok kullanılan yöntem, sıcak curufu ani olarak bol suda soğutup, granüle (taneli) duruma getirmektir. Amorf bir yapının olduğu “granüle yüksek fırın curufları”, daha çok çimento ve beton üretiminde kullanılmaktadır. Curufun soğutulması havada ve yavaş olarak yer alıyor ise “havada soğutulmuş curuf” adını alır. Yavaş soğutmadan dolayı taş gibi sert, kristalli bir yapıya sahip olur. Bu tür curuflar konkasörde kırılarak istenilen boyutlara getirildiklerinde beton agregası olarak kullanılabilir. Bu tür agregalar, çok fazla kükürt içerdikleri takdirde, beton dayanıklılığında bazı problemler oluşabilmektedir. Kontrollü olarak su ile soğutulan curuf, bu işlem esnasında içerisinde buhar hapsolmesi olduğundan genişletilmiş ve köpürtülmüş duruma gelir. Bu tür curufa “köpürtülmüş curuf” adı verilmektedir. Gözenekli yapıya sahip köpürtülmüş curuflar kırılarak hafif agrega elde edilmekte ve hafif beton yapımında kullanılmaktadır [39].

3.3.3. Perlit

Hammadde, riyolitik-bazitik magmanın denizel veya gölsel ortama boşalıp veya su içeriğinin magmanın yüzde hızlı çıkması ile ani soğuması sonucu perlit oluşur. Ani ısı şoku (700-800 °C) yumuşamış halde bulunan perlitten buharlaşan suyun kaçmasının yol açtığı, iç basınç perlitin genişmesini sağlar.

Perlit bünyesinde % 2-6 oranında su bulunduran camsı bir kayaç olup gri, koyu gri ve siyah renktedir. Perlit 700-800 °C de ısıtıldığında genişerek 10-30 misli bir hacim büyümesi göstermektedir. Hacim artmasıyla patlamış mısır gibi, hafif bir malzeme elde edilmektedir. Isıl işleme tabi tutularak elde edilen düşük yoğunluktaki bu malzemeye geliştirilmiş perlit denir. Rengi beyazdır. Perlit agregası ilk defa 1940 yılında Amerika'da kullanılmıştır. Beton yapımında kum-çakıl yerine geliştirilmiş perlit kullanıldığı taktirde hafif ve ısı yalıtımı yüksek olan perlit betonu elde edilmektedir. Taşıyıcı olmayan bina birimlerinde kullanılmaktadır [39].

3.3.4. Vermikülit

Vermikülit, monoklinik kristal yapısına sahip, tabiatta yapraklı yapıda bulunan, sertliği Mohs sertlik cetveline göre 1,5-2,5 arasında değişen ve yoğunluğu 2,3-2,6 gr/cm³ olan mika grubu bir hidratlı Mg-Al-Fe silikat mineralidir[39].

Vermikülitler ultrabazik derinlik kayalarının hidrotermal bozuşmaları sonucunda oluşan flogopit ve biotit türü hidromika mineralleridir.

Vermikülit volkanik bir kökene sahiptir. Bir miktar kombine su beraberinde bulundurur. Isıtıldığı zaman içindeki suyun su buharına dönüş yapması ile bir genişleme ve bunun sonunda da fazla miktarda boşluklar elde edilir. Vermikülit böyle bir işlemin sonunda, ilk hacminin 30 misli kadar çok büyük bir genişleme yapabilir. Vermikülitin özgül ağırlığı 1,35 kg/dm³, birim ağırlık 0,16 kg/dm³ ve su emme miktarı % 128,5'tir. Vermikülit'in genişleme yapabilmesi için sıcaklık derecesinin 700-800 °C'ye hatta bazen 1200 °C'ye çıkarılması gerekir. Uygulanacak sıcaklık derecesi kullanılan ilkel malzemeye göre değişmekte olup muhtelif deneyler sonunda saptanır. Vermikülit kullanılarak taşıyıcı hafif betonların elde edilmesi kabildir [41].

Açılmış vermikülit'in en büyük tüketicisi yapı endüstrisidir. Ateşe dayanıklı ısı yalıtım plakaları, yalıtım sıvası ve betonu imalinde kullanılır. Önemli hammadde rezervleri ABD ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nde bulunmaktadır [13].

3.3.5. Organik agregalar

Organik agregalar elyaf, talaş ve şerit (hizar) tozu halindeki ahşap artık maddeleridir.

Çeltik kapçığı ve odun talaşı çimento ile karıştırılarak beton yapımında kullanılabilir. Çimento ve odun talaşı karışımı sıkıştırılmış panolar şeklinde üretilmektedir. Genleştirilmiş polistren ise hammaddesi olan stren bir petrol türevi olan etilen ve kömür türevi olan benzenden elde edilir. Genleştirici madde katılmış polimerize strenin ısı şoku ile (10-120 °C) genleştirilmesi sonucu elde edilir.

Ambalaj sanayii ve ısı yalıtımında kullanılmak üzere özel kalıplarda da genişletilebilir. Gelişmiş ülkelerde inşaat sanayiinde özellikle yalıtım sıvaları imalinde kullanılır [39].

4. HAFİF BLOK DUVAR ELEMANLARI

Hafif blok duvar elemanlarının üretiminde doğal agregalar ile birlikte yapay agregalarla da hafif duvar elemanları imal edilmektedir. Isı, ses yalıtımı ve özgül ağırlığı bakımından yüksek izolatif özelliklere sahip olması nedeniyle hafif blok elemanları eldesinde kullanımı üzerine birçok örnekler görmek mümkündür. Isı-ses yalıtımının sağlanmasının yanı sıra birim ağırlıklarının normal betona nazaran çok daha az olması sebebi ile, hafif yapı malzemeleri ile yapılarda hafif beton kullanımı bir çok avantajlar sağlamaktadır.

Kullanım amacına göre hafif betonun birim hacim ağırlığı önemli derecede farklılık gösterir. Yapıda taşıyıcı panolarda bu ağırlık $1000-1200 \text{ kg/m}^3$ betonun dayanımı $10-15 \text{ N/mm}^2$ ve ısı iletkenliği $0,30 \text{ kcal/mh}^0\text{c}$ dir. Yalıtım betonlarının birim ağırlıkları $700-1400 \text{ kg/m}^3$ basınç dayanımları 10 N/mm^2 küçüktür. Ülkemiz de hafif beton birim ağırlığı üst sınırı 1900 kg/m^3 olarak kabul edilmiştir. Basınç dayanımları $7-17 \text{ N/mm}^2$ arasında değişen hafif betonlar yalıtım betonu veya orta dayanımlı beton sınıfına girerler.

Hafif yapı elemanı için gerekli olan hafif agregalar genişletilmiş kil, genişletilmiş şistin kullanımı ile elde edilmiş günümüzde yapı elemanlarının gelişimi, ülkemizde bol miktarda bulunan doğal hafif agregaların değerlendirilmesini gündeme getirmiş ve pomza taşı, volkanik tuf ve volkanik curuf gibi malzemeler kullanım alanı bulmuştur.

Hafif blok duvar elemanlarını kullanılan hammaddeye ve üretim şekline göre beşe ayırabiliriz. Bunlar :

- 1- Gazbeton,
- 2- Alçı ürünleri,
- 3- Kil ürünleri
- 4- Perlit ürünleri,
- 5- Pomzalı bloklardır.

4.1. Gazbeton blok duvar elemanları

Gazbeton, ince ve silisli bir agregası ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç veya çimento) ile hazırlanan karışımın, gözenek oluşturucu bir madde katılarak hafifletilmesi ve buhar kütüyle sertleştirilmesi ile elde edilen gözenekli bir hafif betondur [42].

Gazbetonun endüstrileşmiş üretiminde genellikle silisli agregası olarak silisçe zengin olan kum, kuvarsit veya uçucu kül, gözenek oluşturucu olarak ise alüminyum tozu veya macunu kullanılmaktadır. Gazbetonun yapı elemanlarının önemli niteliklerinden biri gözenekli dokuya sahip olmalarıdır. Betona gözenekli bir doku kazandırma fikri ilk kez E.Hoffman tarafından ortaya atılmıştır. 1889-1925 yılları arasında bu konuda önemli adımlar atılarak pek çok gözenek oluşturma yöntemi üzerinde çalışılmıştır. Bunlar arasında J.W.Aylsworth ile E.A.Dyer'in birlikte geliştirdikleri alüminyum veya çinko tozu kullanılmasını öngören yöntem en çok benimsenen yöntem olmuştur. Yapay yapı taşlarının önce gözenekli bir dokuya kavuşturulması daha sonra da buhar kütü yardımı ile dış etkilere karşı dayanıklı hale getirilmesi yönünde en önemli adım ise J.A.Erickson tarafından atılmıştır. Günümüzde gazbeton üretiminde, J.A.Erickson yöntemi özde izlenmekle birlikte çağın sağladığı olanaklardan yararlanılarak ürünün niteliklerinin geliştirilmesi yönünde ilerlemeler sağlanmıştır [43].

Gazbetonun üretiminde ana hammaddelerinden kuvarsit kırma tesisinden geçirilerek kum haline getirilir. Daha sonra kuvarsit kumuna az miktarda alçı taşı ilave edilerek bilyalı değirmende öğütülür ve elde edilen karışım sürekli olarak karıştırılan silolara alınır. Bu işleme paralel olarak kırılıp öğütülen sönmemiş kireç de istenilen inceliğe geldikten sonra siloya alınır. Kireç silosu yanında portland çimentosu bulunur. Uygulanacak karışımın reçetesi seçildikten sonra bilgisayar yardımıyla hammaddeler dozajlanıp karıştırılır. Sıcaklık ve viskozitesi istenilen düzeye ulaşınca karışıma alüminyum şerbeti ilave edilir. Kısa bir karışmadan sonra hazırlanan harç kalıplara dökülür. Sıcaklığı sürekli kontrol altında tutulan bekleme tüneline harç, oluşan hava kabarcıkları yardımı ile kabarır ve sertleşmeye başlar. Oluşan gazbeton peltesi bilgisayar kumandalı kesme tezgâhına alınır ve istenilen boyutlarda çok hassas ve düzgün bir biçimde kesilir. Kesim işleminden sonra kür arabalarına yerleştirilen gazbeton, basınçlı buhar kütüne tabi tutulacağı otoklavlara alınır. Yüksek basınçlı

doygun buhar ortamında oluşan reaksiyonlar gazbetona, hafif ve gözenekli olmasına rağmen yüksek basınç dayanımı sağlarlar. Yaklaşık 10 saat süren bu kürden sonra gazbeton bloklar otomatik paketleme tesisine alınır ve paketlenir. İnşaatlarda kullanıma hazır hale getirilmiş olur.

Gazbeton malzeme yapısında 0.5 mm ile 1.5 mm arasında yuvarlak makro gözenekler vardır. Bu gözenekler ayrıca mikro gözenekler ile çevrelenmiştir. Katı madde gözenek oranı malzemenin birim hacim ağırlığı ve tüm fiziksel özelliklerini belirler. Gazbeton malzemesi kullanılan hammaddenin cinsine bağlı olarak beyaz, gri veya pembe renkler olabilir. Malzeme kuru birim hacim ağırlığı malzemenin 105⁰C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulması ve tartılması suretiyle tesbit edilir. Gazbeton bünyesindeki kılcal yapı zayıf teşekkül etmektedir. Teşekkül eden kılcal yapıda da bünyedeki gözenekler dolayısı ile suyun hareketi engellenmektedir. Bunun sonucu su emmenin gazbetonda tuğlaya nazaran 5 ile 10 kat daha az ve yavaş olduğu görülmektedir.

Gazbeton yanmaz bir yapı malzemesidir. 1000 ⁰C civarında sinterleşmeye 1100-1200 ⁰C arasında erimeye başlar. Malzeme bünyesinde 225 ile 450 ⁰C arasında kılcal çatlaklar teşkil etmektedir. Ancak bu çatlakların basınç mukavemetini etkilemediği gözlenmiştir. Basınç mukavemetinin 400 ⁰C civarından bir zirveden geçtikten sonra 740 ⁰C civarında başlangıç noktasına geçtiği görülmektedir. Bu noktadan sonra mukavemet sürekli düşmektedir. Bu noktanın gerçek sinterleşme başlangıcı olduğu anlaşılmaktadır. Benzer durum hacim değişimlerinde de görülmektedir. 300 ⁰C sıcaklığa kadar az bir hacim değişmesi görülmekte, bu değer 740 ⁰C sıcaklığa kadar sabit kalmakta, bundan sonra büyük değerlere ulaşmaktadır [44].

Ön yapımlı donatılı elemanların donatılı hasırları otomatik çalışan punto kaynak makinalarında hazırlanır. Daha sonra hasırlar pas koruyucu bitüm kaplaması müteakip döküm arabalarına monte edilerek döküm yapılır. Malzemenin kendine özgü düşük yoğunlukta basınç mukavemeti, otoklavlardaki buhar sertleşmesi sonucu elde edilir. Kesimden geçen döküm arabaları otoklavlara alınarak doymuş buharda 12 atmosfer basınç ve 190 ⁰C sıcaklık altında 10 saat süre ile sertleştirilir. Bu şekilde malzeme mukavemete ve hacim sabitliğine erişmiş olur.

Konutlarda taşıyıcı ve bölme maksadı ile harçlı, tutkallı veya ısı blokları şeklinde kullanılmaktadır. Kuzey Avrupa ülkelerinde statik tahkik yapılmak sureti ile 8 kat yağma kâgir olarak gazbeton blokları ile inşaat yapmak mümkün olabilmektedir.

Gazbeton dış duvarlar tek tabaka halinde ülkemizin her iklim bölgesinde yapı için yeterli ısı korunumu sağlamaktadır. Bunun anlamı, çok defa yapı fiziği ve deprem yönünden sorunlar çıkaran çok tabakalı ısı tutuculu duvarlar yerine tek tabaka duvar ile basit ve güvenli bir yoldan sorunun çözümlenmesidir. Ayrıca ısı tutucu malzemeler genellikle rutubete karşı hassas olmakta, zaman içinde özelliği bozulmakta, küflenmekte, hacim değişikliğine uğramakta veya yanıcı olmaktadır. Gazbeton malzemesinin fizik değerlerinin bir uyum içinde olması (ısı depolama yeteneği, ısı iletkenlik değeri, kuru birim ağırlığı gibi) yapı dış kabuğuna yüksek bir ısı ataleti kazandırarak yaz ve kış aylarında iç ortamda konfor şartlarını sağlamaktadır.

Hafif bölme duvarları iç hacimlerde taşıyıcı olmayan, narinliği yüksek, bölme maksadı ile kullanılan, gazbeton blok malzemesi ile örülmüş duvarlardır. Bu duvarlar yüksek narinliği ve taşıyıcı olmaması dolayısıyla betonarme karkasdan gelebilecek yüklere karşı hassastırlar.

Gazbeton blok düşey duvar ve yatay duvar elemanları, çift hasır demir donatılı olarak imal edilirler.

Bu elemanların kullanım yerleri şunlardır:

- 1- Dış duvar örülmesinde,
- 2- Taşıyıcı betonarme ve çelik iskelet giydirilmesinde,
- 3- Bölme duvar teşkilinde,
- 4- Sanayi ve ticari yapıların örtüsünde,
- 5- Trapez kesitli imal edildiklerinde cephe mimarisine hareket getirirler.

Gazbeton taşıyıcı düşey duvar elemanları demir donatılı olarak üretilirler. Bu elemanların özellikleri şunlardır:

1- En fazla 3 tam kata kadar konutlarda ve dinamik yüklerin önemli olmadığı işyerlerinde taşıyıcı iç ve dış duvar yapımında,

2- Ateşe mukavim ve yüksek mukavim taşıyıcı duvar teşkilinde,

3-Yangın duvarı teşkilinde,

4- Havalandırılmalı dış duvarların iç tabakasının teşkilinde kullanılırlar.

Gazbeton blok duvar elemanları ile her mevsim ve iklim şartında çalışabilmektedir. Donatılı duvar elemanları arzu edildiğinde trapez kesitli elemanlar olarak üretildiğinden cephelerde bu elemanlar ile çeşitli bileşimler yapılabilmekte, farklı renklerde yüzey kaplama tatbikatı ile dekoratif cephe mimarisi elde edilmektedir [45].

4.2. Alçıdan üretilen duvar elemanları

Alçı kalsiyum esaslı bir malzeme olup, doğal kristalize taş olarak tanımlanmaktadır. Alçının hammaddesini, doğada yaygın olarak bulunan doğal alçı (Jips) oluşturmaktadır.

Alçı, öğütülüp, pişirilmesi ile elde edilen, genellikle bina bölümlerinde veya yapıda dekoratif amaçları ile altı bin yıldan beri kullanıla geldiği bilinmektedir. Yapı alçıları, alçıtaşının uygun sıcaklıklarda dehidratasyonu kısmen uğratılması ile elde edilmektedir. Alçı taşı 120 °C de kristal suyunu kaybetmekte ve 170 °C den itibaren 2/3 molekül su kaybederek yarım-hidrat haline geçmektedir. Alçı hamurlarının ısı iletkenlik değerleri, birim ağırlıklarına bağlı olarak, genelde düşük değerler almaktadır [46].

Özel amaçlı, yavaş katılaşp genişleyen tipte tavan veya duvar yüzeyi için kullanılan pano yüzey alçıları ve betona bağ yapan alçılar mevcuttur. Bazı alçı çeşitleri ise püskürtme uygulaması için düzenlenmiştir. Özel veya hafif agrega içeren hazır sıvalar da vardır. Bunlar, ısı izolasyonu, akustik amaçlı, yoğuşmayı önleyici, yangına karşı dayanıklı yüzeyli, iyi bağ yapan, işlenebilirlik ve esneklik amaçları için sıva işlerinde kullanılan alçılardır. Hazır sıvalara ilave olarak yumuşatıcı da katılabilir [47].

Alçı ile yapılan sıvalar, bölme paneller ve tavan kaplamaları inşaat için iç işlerde kullanılır. Alçı sıvaların inşaat içinde kullanılması durumunda olduğu gibi bırakmamak

ve iyice kuruduktan sonra üzerine duvar kağıdı ve benzeri bir malzemeyle kaplamak, yağlı veya tutkallı boya ile örtmek gereklidir.

Alçı ile yapılan duvar ve tavan kaplama sistemleri çok hafif olduğu için ölü yükü azaltır ve kullanım alanının geniş olmasını sağlar. Özel birleşme sistemiyle ek yerleri takviye edilerek alçı paneller, yapısal termal ve higrometrik değişimlerden etkilenmeyen, kırılmaya dirençli duvarlar oluşturmaktadır. Normal atmosferik koşullar altında genişleme ve çekmesi minimum mertebede olup, sarkma ve deforme olmazlar [48].

4.3. Kilden üretilen duvar elemanları

Bütün killer ilkel volkanik kayaların bozulup parçalanması ile oluşmuşlardır ve bileşimleri değişmektedir. Killer esas olarak silis ve alümin (alüminyum oksit) içermekle birlikte diğer bileşenleri demir oksit, kireç, manganez ve sudur. Ham kil içerisinde alümin ve genellikle silis ile hidratlı alüminyum silikatlar şeklinde kimyasal olarak birleşir, fakat silis, kil içerisinde kum ile birbirine karışık olarak da bulunabilir. Bu şekilde aşırı kum içeren killer balçık olarak nitelendirilir. Diğer bazı killer belli miktarda tebeşir içerirler, bunlar ise marn (kireçli balçık), olarak bilinirler.

Plastik veya saf kil yüksek oranda alümin içerir ve bunlar çok işlenebilir ham killeri oluştururlar. Killerin dokuları, çok işlenebilir veya plastik şekillerden, şeyl olarak bilinen arduvaz özelliği gösteren çok katı tabakalaşmış killere kadar değişmektedir. Ham killerin bileşimleri ve dokularındaki değişikliğin çok geniş oranda olması, pişmiş kilin fiziksel özelliklerinde de benzer değişikliklere yol açar ve kilin kendi doğal yapısı uygun olacağı ürünü belirler.

Çoğu doğal killer herhangi bir malzeme ilave yapılmaksızın tuğla yapımı için elverişlidirler, fakat bazılarında uygun bileşime ulaşmak için bazı katkılara gerek vardır. Kil tuğlalar ham ve plastik halde iken kalıplanarak şekillendirilir. Bunlar gerekirse ilk kurutma süresinden sonra pişirilir. Pişirme süresince tuğlanın nihai şeklinde katılaşmasına sebep olan bazı fiziksel ve kimyasal değişimler olur. Kurutma ve pişirme süresince tuğlada önemli derecede büzülme olur. İstenilen nihai ölçüleri elde etmek için bu büzülmeler kalıplama sırasında dikkate alınmalıdır.

Ham kilin hazırlanıp işlenmesindeki işlem sırası bileşimine ve katılığına göre değişmektedir. Kil tuğlaların üretiminde şu safhalar uygulanmaktadır.

1- Kilin çıkartılması

2- Havalandırma (kilin parçalanması için)

3- Yıkama ve eleme

4- Öğütme (sert killer ve şeyller için)

5- Harmanlama (tebeşir, kireç, kum,kömür parçası gibi)

6- Su verme (su ilavesi ve istenen kıvam için yoğurmak)

7- Kalıplama (şekillendirme) veya presleme. Tuğlanın bir veya daha fazla yüzeyinin kumlanarak kum yüzeyli tuğla üretimi işlemi bu adımda olabilir.

8- Kurutma

9- Pişirme.

Bu safhalardan havalandırma safhası genellikle uygulanmaz, şimdi sadece kaliteli kaplama tuğlaları için kullanılmaktadır. Kil blokları normalde delikli veya boşluklu olarak yapılır ve bunlar boşluklu kil bloklar olarak bilinir. Bu boşluklar kuruma ve pişirmeden dolayı aşırı biçim değişikliklerini önler. Aynı zamanda ağırlığı azalttığı için ham malzemedeki tasarruf ve ısı izolasyonunu artırır.

Kil ürünleri fırından çıkartıldıktan sonra atmosferden nem almaya başlar ve böylece genleşme süreci ortaya çıkar. Bu uzun süreli genleşmenin büyük bir kısmı fırından çıktıktan sonraki ilk on gün içerisinde olduğundan, tuğlaları veya diğer kil ürünlerini bu süre geçinceye kadar kullanmamak gerekir [47].

Kilden elde edilen ve bölme duvar elemanında kullanılan ürünler şunlardır:

A- İnşaat tuğlaları: Tuğlalar; el, mekanik el aletleri veya tamamen mekanik araçlarla kalıplanırlar. İçi dolu veya kısmen boş dikdörtgen biçimindedir.

Tuğlalar fabrika veya harman tuğlası olarak ikiye ayrılırlar. Harman tuğlaları şöyle tanımlanabilir: “Kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu ve benzerleri karıştırılarak el veya aletlerle şekillendirildikten sonra kurutulup genellikle harmanlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir”. Harman yerine ocaklarda pişirilenler de harman tuğlası sayılır. Basınç dayanımlarına göre 50 kg/cm² taşıyacak biçimde imali istenir. İçi kısmen boş olanlar hafif olmaları nedeniyle daha kullanışlı ve ses ve ısıyı daha az geçirmeleri nedeniyle daha iyi koruyucudur. Daha düzgün olması amacıyla kalıplananlara pres tuğla denir.

Fabrika tuğlaları ise aynı karışımın genellikle suni olarak kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir. Bu arada şekillendirilmiş tuğla ham maddesi erimeye yakın bir duruma kadar pişirilirse, birim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek ve dona dayanıklı duvar tuğlaları elde edilir. Bu işleme sinterleşme, bu tip tuğlalara klinker tuğlaları denir. Fabrika tuğlaları klinker tipi, dolu düşey delikli ve yatay delikli olarak çeşitli boyutlarda imal edilir. Harman tuğlasından daha dayanıklı ve düzgün olurlar.

Pişmiş toprak malzemelerde aranan en önemli özellikler, pişme derecesine bağlı olarak homojen, sert ve geçirimsiz dokuda olması istenir. Ayrıca yüzeyleri düzgün olup, pul pul dökülme, vb. kusurları göstermemeli ve dona karşı dayanıklı olmalıdır.

Pişmiş toprak ürünleri ısı yalıtımı açısından üstün malzemelerdir. Örneğin, 20 cm kalınlıkta bir tuğla duvar yaklaşık, 60 cm kalınlıkta bir beton duvara eşdeğer ısı yalıtımı sağlar.

B- Özel tip tuğlalar:

a) Hafif tuğlalar : Hamur içine pişme sırasında yanabilen saman, talaş vb. malzemeler karıştırılır. Bu tip malzemeler yanınca tuğla içinde boşluklar oluşur. Bu tip tuğlalar daha çok izolasyon amacıyla kullanılır.

b) Cilalı tuğlalar: Yüzeyi pişirme anında tamamen veya kısmen camlaştırılmış tuğlalardır. Normal inşaat tuğlalarına kıyasla daha dayanıklı olup, çok daha az su emerler. Yapıların dış yüzeyinde sıvasız olarak kullanılırlar.

c) Beyaz tuğlalar : Kumlu killerden yapılırlar. Basınç dayanımı yüksek ve don olayına iyi dayanıklıdırlar.

d) Döşeme tuğlalar : Taşıyıcı döşeme içinde betonarme kirişler arasına asmolen ve reks adı altında özel formlarda fabrika tuğlaları yerleştirilir. Bu malzemelerin kullanım amacı, döşemeyi hafifletmek, ısı ve ses yalıtımı sağlamak, kalıp işçiliğinden ekonomi yapmak ve kirişleri saklayarak düz bir tavan görünümü elde etmektir.

C- Kerpiç

Kilin su ile yoğrularak güneşte kurutulması sonucu elde edilen toprak blok malzemeye kerpiç adı verilir. Kerpiç insanlığın kullandığı en eski ve ekonomik yapı malzemesidir.

Ekonomikliği ve temininin kolaylığı nedeniyle günümüzde de özellikle kırsal yörelerde en çok kullanılan yapı malzemesidir. Kururken çok fazla şekil değişimi yapması, çatlama, fazla su emerek dağılabilmesi ve düşük dayanımı olumsuz özellikleridir. Ancak saman gibi lifli malzemeler, çimento, kireç, alçı, uçucu kül gibi katkı malzemeleri ekleyerek kerpicing özelliklerini ıslah etmek mümkündür.

D- Refrakter malzeme

Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olan malzemeye, refrakter malzeme denir. Ateş tuğlaları adı da verilen bu malzemenin şekillerinin normal tuğlalara benzemesi de şart değildir. Değişik biçim ve boyutlarda yapılırlar. Genellikle 1500-1800 °C sıcaklıklara dayanmaları gerekir. Refrakter malzemeler en zorlu işlerde kullanılır. Mekanik dış etkilere, en yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması, aynı zamanda korozyondan etkilenmemesi gerekir.

Bu malzemeler yapılarda, şömine, ocak ve fırın yapımında kullanılırlar.

Refrakter malzeme birkaç grupta toplanabilir:

Ateş tuğlaları, silika tuğlaları, manyezi-krom tuğlaları, özel refrakter tuğlalar.

Ateş tuğlaları plastik ateş kili, çakmaktaşı, kili ve şamottan elde edilir. Bu tür malzemenin yapımı, diğer seramik eşyanın yapımından pek farklı değildir. Ancak,

pişirme sıcaklıkları çok daha yüksektir (1700 °C). Ayrıca kullanılacak kilin yapısında da mümkün olduğu kadar az mika, feldspat ve alkali bulunması gerekir. Bunu karşın Al_2O_3 miktarları normal tuğlalara kıyasla çok fazladır (% 30-%46).

Bu tip tuğlalarda yüksek sıcaklık nedeniyle kil daha çok bağlayıcılık görevi yapar, taşıyıcı görevini ise antiplastik katkı maddeleri yapar. Şamot adı verilen daha önce pişirilip, sonra ufalanmış keramik tozu bu amaçla kullanılır. Şamot yerine bazı tiplerde iskelet görevini boksit, magnezyum oksit, dolomit gibi malzemeler yerine getirir.

Silika refrakter tuğlaları, öğütülmüş saf kuvarzitten elde edilir. % 2 oranında yağlı kireç eklenip pişirilen karışım sırasıyla kuvarz, tridimit, kristobalit ve cam haline dönüşür. Silika tuğlaları yüksek sıcaklıklarda bile dayanıklılıkları koruduklarından, fırın kemerlerinin örülmesinde kullanılır.

Krom ve manyezi tuğlaları ise daha üstün özelliklere sahip minerallerin öğütülüp, karıştırılıp pişirilmesi ile elde edilen pahalı tuğlalardır.

Bunlardan başka Zirkonyumlu (% 99.5 ergimiş Al_2O_3 ve Na_2O_3), alüminli, silisyum karbürü tuğlalar vardır. Bu değişik tuğlalar hem sıcaklığa, hem de kimyasal etkilere dayanıklı pahalı malzemelerdir [49].

4.4. Perlitden üretilen duvar elamanları

Perlit, 700 °C- 1200 °C arasındaki sıcaklıklarda, bünyesindeki bağdaşık suyun buhar basıncıyla 4-20 kez genleşme niteliğine sahip, genleştiğinde hafif ve gözenekli yapı oluşturan, genellikle % 70- %75 SiO_2 %12 - % 20 $Al_2 O_3$ ve az miktarda diğer mineral bileşikleri içeren asitik özellikli, püskürük, camsı kayalara verilen genel addır [40].

Perlit, % 70-75 oranında silisyumoksit ihtiva eden bir silikat türüdür. Bünyesinde % 12-16 oranında alümina bulunur. Diğer bileşenleri; sodyum, potasyum, demir, manganez, titanoksit ve sülfürdür. Bünye suyu ve serbest su diye isimlendirilen su muhtevası perlitin genleşmesinde esas etkindir.

Bünye suyu dolayısıyla 900 °C ısıtıldığı zaman kombine olmuş su buharlaşırken, mısır patlamasına benzer bir tarzda patlar ve cam gibi partikülleri yumuşatan ısıda sayısız ufak kabarcıklar meydana gelir. Silikonla işlem görmüş ve suya karşı korunmuş olan perlit agregası, duvar ve döşemeler için pratik ve ucuz bir yalıtım malzemesidir [50].

Genleştirilmiş perlitin inşaat alanında kullanılması oldukça yenidir. Perlit daha çok sıva, tesviye işlerinde kullanılmakla birlikte salt perlit ile üretilen prefabrike taşıyıcı elemanlarının kullanılması genellikle sakıncalı varsayılmıştır. Perlitli hazır yapı elemanlarının üretiminde çimento, alçı, bitüm, su camı, kil, kireç, alüminyum fosfat ve sentetik reçineler bağlayıcı olarak kullanılmaktadır.

Perlitden imal edilen hafif blok elemanları, inşaat sektöründe ölü yükleri azaltma, ısı ve ses yalıtımı sağlama amaçlarıyla kullanılmaktadır. Genellikle taşıyıcı olmayan bina birimlerinde kullanılmakla 35 kg/cm² ve daha yüksek mukavemete sahip perlit betonları araduar ve dış duvar elemanlarının yapımında da kullanılmaktadır. Bu konuda perlit agregası kullanılarak üretilen beton blok elemanlarının dayanımlarının 30-60 kg/cm² arasında olduğu görülmüştür.

Hafifliği esas alınarak hazırlanan duvar elemanlarında perlit agregası daha ziyade ince agrega olarak kullanılır. Karışım hesaplarında da granülasyonu sağlamak için normal kaba agrega kullanılır. Briket imalinde sıkıştırma mukavemet yönünden çok önemlidir. Perlitli karışımda, ancak yüksek bir sıkıştırma enerjisi tatbikinde, standartla belirtilen en küçük basınç mukavemetinden yüksek bir değere erişebilmektedir. Bu bakımdan perlitin hafif beton briket agregası olarak kullanılması kısıtlanmaktadır.

Perlitli bölme duvarı elemanları blok ve pano olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Blok bölme duvar elemanları tuğla veya alıılmış duvar bloklarına kıyasla daha büyük yüzey boyutları olan, kalınlığı, bölme duvarı kalınlığı, yüksekliği tavan yüksekliğinden az olan, genellikle dolu gövdeli fakat boşluklu da yapılabilen, kenarları uygun şekilde geçmeli yapılmış bölme duvarı elemanlarıdır. Pano bölme duvarı elemanları, kalınlığı bölme duvarı kalınlığı olan, yüksekliği tavan yüksekliğinde olan genellikle hafiflik ve tesisat döşeme kolaylığı sağlamak amacıyla gövdesinde düşey yönde silindirik boşluklar bulunan, gerektiğinde dolu gövdeli de yapılabilen kenarları düz ve pahlı bölme duvarı elemanlarıdır.

Perlitli hazır yapı elemanları üretiminde yaygın olarak kullanılan bağlayıcılardan biri alçıdır. Alçılı perlit bölme duvarı elemanları binaların suya maruz olmayan iç duvarlarında kullanılmaktadır. Alçının priz süresinin kısa oluşu önyapımda üretim miktarını artırmaktadır.

Seramik bağlayıcı perlitli hazır yapı elemanları sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde ısı yalıtımı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Alüminyum fosfat bağlayıcılı perlitli hazır yapı elemanları refrakter özelliklere sahiptir. Basınç dayanımları, bağlayıcı miktarı ve sıkışmaya bağlı olarak 10-150 kg/cm² arasında değişmektedir.

Perlitli hazır yapı elemanları üretiminde eğilme dayanımı artırmak amacıyla pekiştirici mineral veya bitkisel esaslı çoğunlukla cam elyafı, selülozik lifler ve sentetik lifler, asbest, curuf yönü kullanılmaktadır.

Perlitli hazır yapı elemanlarının üretimi genel olarak beş safhada gerçekleşir.

- 1- Perlit, çimento, lif ve su karışımı elde edilir.
- 2- Hazırlanan karışım kalıplara dökülür.
- 3- Kalıplardaki bloklara 6 saat süre ile buhar kürü uygulanır.
- 4- Bloklar daha sonra 7 gün süreyle açık hava bırakılır.
- 5- Kullanıma sunulmak üzere istiflenir.

Uygulama alanları kapsamına blok ve pano bölme duvarı elemanları, yalıtım levhaları, borulu yalıtım elemanları ve çeşitli kaplama elemanları girmektedir. Blok ve panolar bölme duvarı elemanları olarak kullanılmaktadır. Dolu gövdeli veya su ve elektrik tesisatı geçirilmesi amacıyla delikli olarak üretilmektedir. Kenarları düz veya geçmeli yapılmaktadır. Perlitli elemanlarla yapılan bölme duvarlarının yüzeylerin duvar kağıdıyla kaplanması uygundur. Yüzeylerin çıplak bırakılması veya boyanması uygulamaları da görülmektedir. Metal çerçeveli panolar şantiye binaları, depolar gibi geçici yapılarda kullanılabilir [50].

4.5. Pomzadan üretilen duvar elemanları

Pomza volkanik olaylar sonucunda oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, ani soğumadan ve gazların ani terk etmesinden dolayı oldukça gözenekli yapıya sahip volkanik bir kayadır.

Isparta ve yöresinde çıkartılan pomza taşı, Gölcük kraterinin volkan bacasından çıkan küllerin sulu bir yüzeye düşerek ani soğumaya uğrayıp gözenekli bir yapıya dönüşmesiyle meydana gelmiştir. Bu durumdaki taşlara pomza taşı veya süngerimsi yapılarından dolayı süngertaşı adı verilir. Pomza taşlarının içindeki boşlukların birbirine bağlı olmaması, malzemeye yalıtkanlık özelliği kazandırmakta olduğu yapılan çalışmalardan bilinmektedir. Bu sebeple uygulamada briket elemanların yapımında kullanılmaktadır [51].

Briket çeşitli agregalar, su ve gerektiğinde katkı maddeleriyle hazırlanan harcın, kalıplarla sıkıştırılması yoluyla elde edilen bir çeşit boşluklu bloktur.

Ülkemizde üretilen briketlerin agregaları hafif ve ağır olmak üzere iki gruba ayrılır. Hafif agrega olarak daha çok bims, yüksek fırın curufu ve perlit kullanılır. Normal agrega olarak deniz ve dere çakılı, kırmataş ve kum kullanılır.

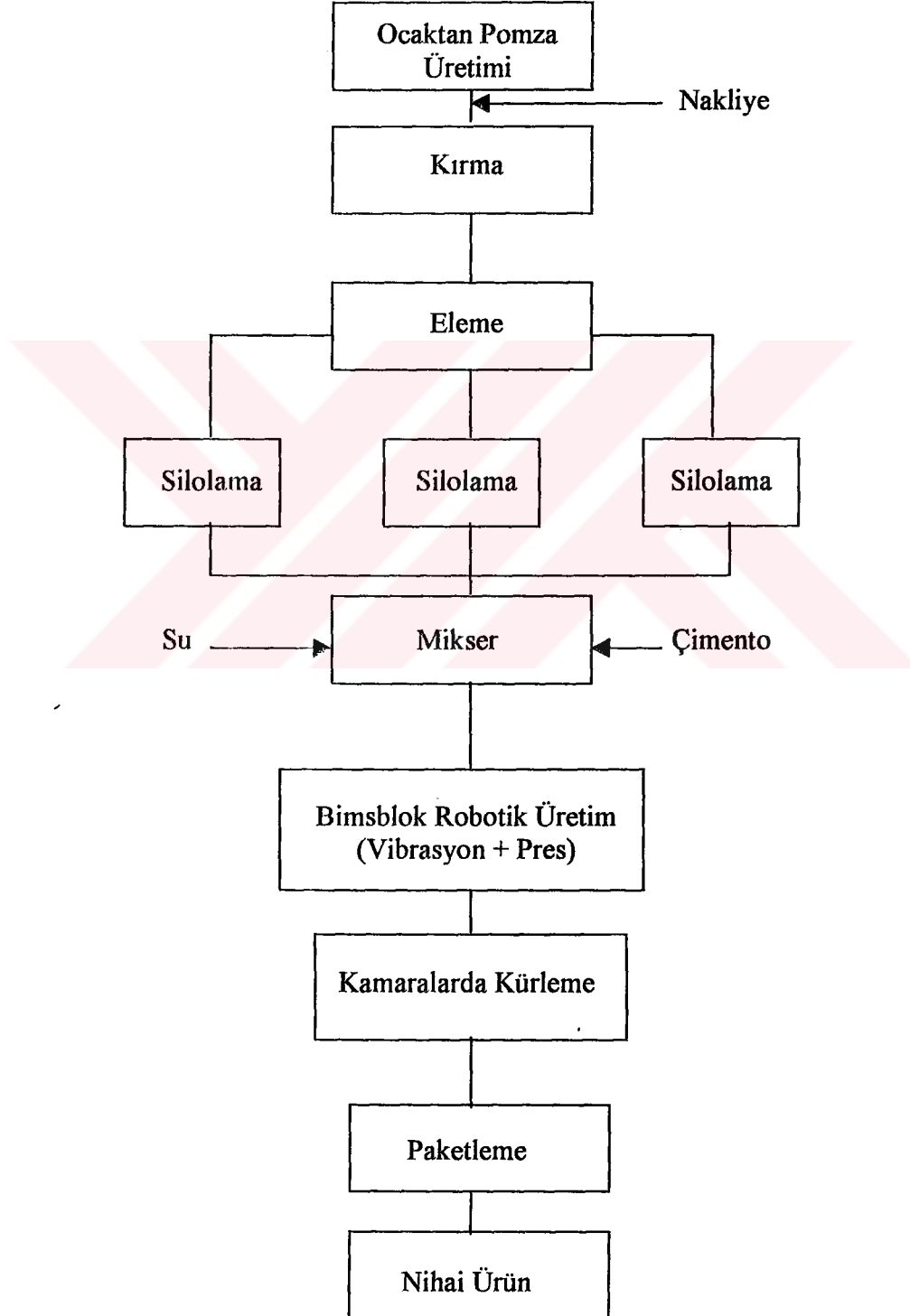
Pomzadan mamul hafif yapı elemanları Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılan gelişmiş ve gelenekselleşmiş bir malzeme konumundadır. Pomza agregasından imal edilen yapı malzemelerinin en önemlisi bimsbloklardır.

Bimsblok, bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında, vibrasyonla sıkıştırılıp kür edilen ve gerektiğinde kuvars kumu da ilave edilerek üretilen yapı elemanıdır.

4.5.1. Bimsblok üretimi ve çeşitleri

Pomza taşı fabrikada uygun kırma eleme sistemlerinde sınıflandırılarak bimsblok agregası haline dönüştürülür. Boyutlandırılmış olarak ayrı ayrı silolara nakledilir. Bimsblok üretim sistemi tamamen bilgisayar otomasyonlu robot teknolojisi ile donatılmış olan mekanize bir sistemle, silolarda toplanan bims agregası ve çimentonun su ile homojen olarak karıştırılması için mikserine alınır. Oluşturulan karışım

yüksek basınç ve vibrasyon altında kalıplara preslenir. Kalıp içerisinde istenen şekle giren pomza, paletler, elevatör ve taşıyıcı robot vasıtasıyla priz kazanmak üzere kamaralara yerleştirilir. Bimsbloklar istenen dayanıma ulaştıktan sonra, yine taşıyıcı ve istifleyici robot vasıtası ile stok alanına sevk edilir. Bimsblok üretim şeması şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Bimsblok üretim şeması

TS 2823 “Bimsbetondan mamül yapı elemanları” standardına göre bimsblok ürünleri genelde teçhizatsız olarak bims betondan imal edilmektedir. Bimsblok ürünleri boyut, şekil ve geometrik durumlarına göre:

a) Bims tuğla

b) Boşluklu duvar bimsblokları

1- Tek sıra boşluklu bimsbloklar

2- İki sıra boşluklu bimsbloklar

3- Üç sıra boşluklu bimsbloklar

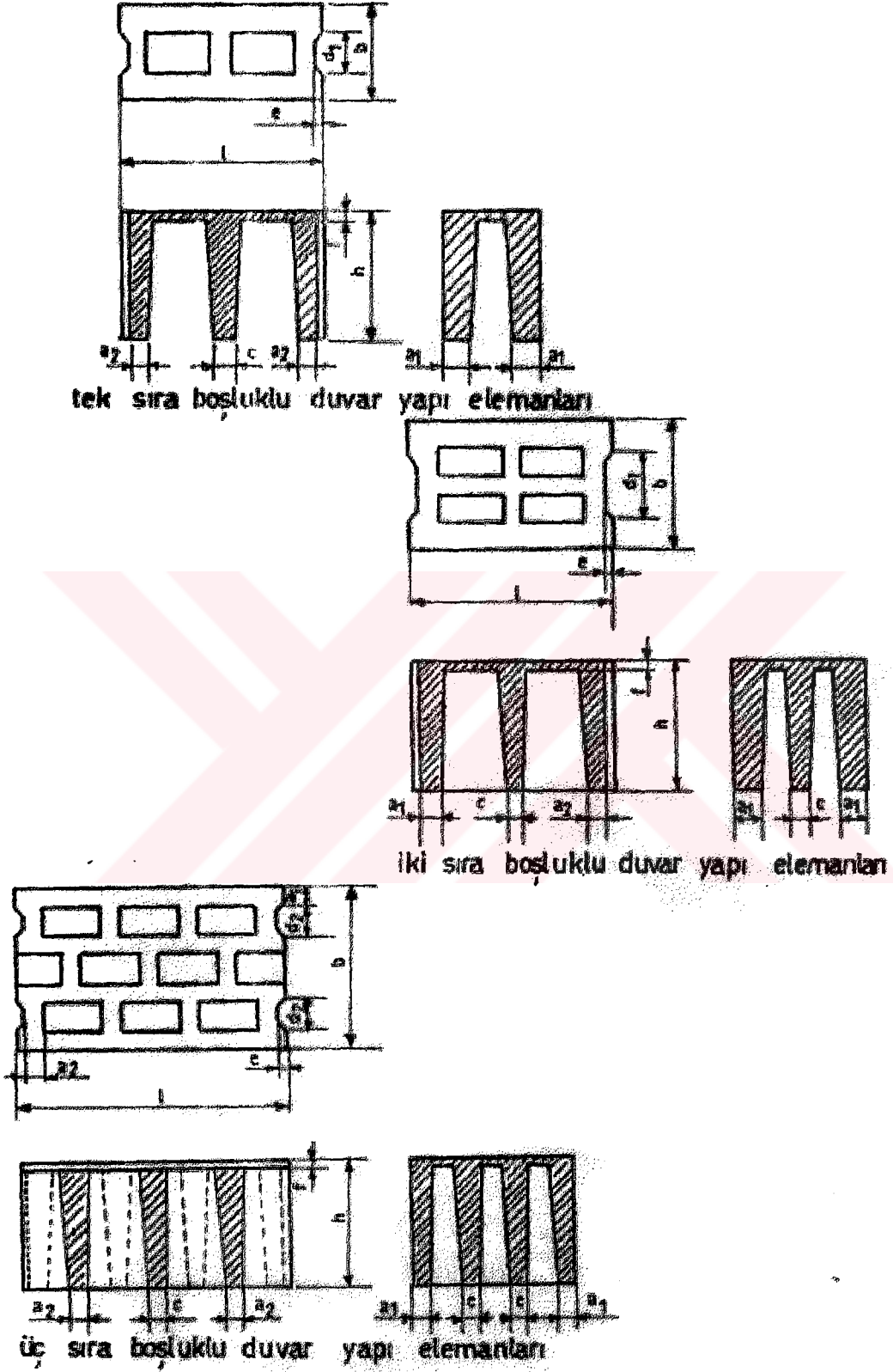
4- Dört sıra boşluklu bimsbloklar

c) Asmolenler

1- Düz asmolenler

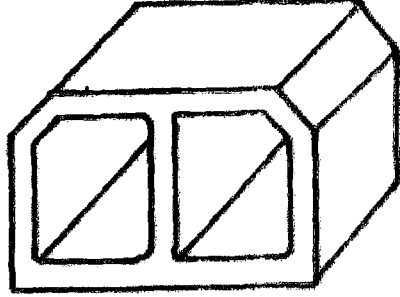
2- Fligran tipi asmolenler

olmak üzere üç ayrı ana grupta toplanmaktadır. Boşluklu duvar blokları ve bims tuğlalar isteğe bağlı renkli olarak da üretilebilmektedir.

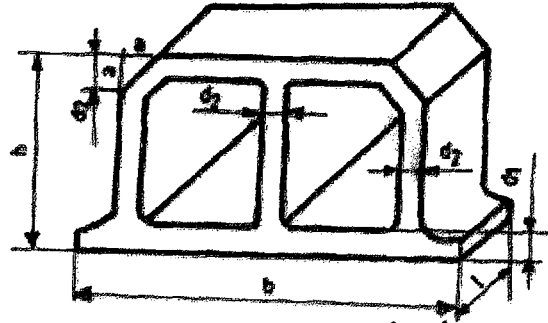


Şekil 4.2 Bimsbetondan mamûl boşluklu duvar blokları [21]

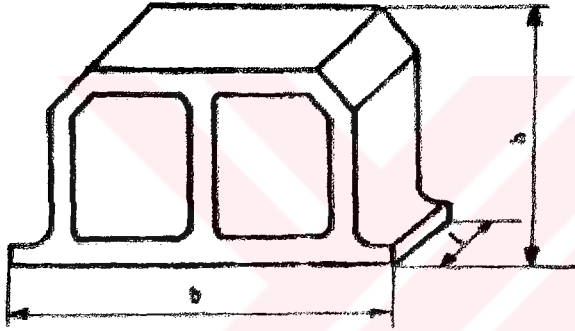
Ölçüler mm'dir



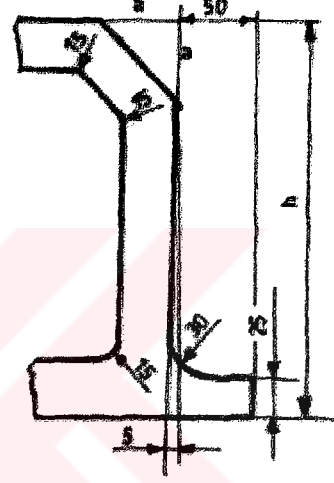
Kulaksız asmolen



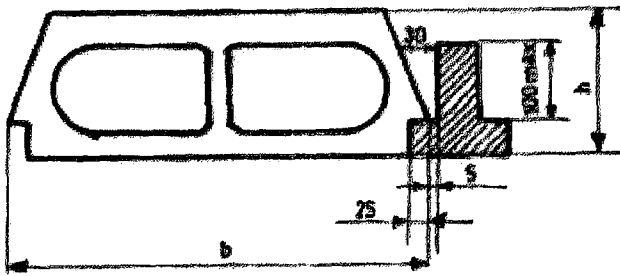
Normal tavan asmoleni
(Boşluklar boydan boy)



Uç asmoleni



Kulak ve pah detayı



Nervürlü betonarme döşemelerinde kullanılan çentikli
asmolenler (Filiгран tipi)

Şekil 4.3 Bimsbetondan mamül asmolen bloklar

Bimsbloklara ait standart ölçüler çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir [26].

Çizelge 4.1 Teçhizatsız bimsbetondan malul duvar bloklarının et kalınlıkları ve alın yüzlerindeki harç cebinin ortalama boyutları

Boyutlar			Boşluk Biçimi ve Sayısı	Dış Et Kalınlığı		İç Et Kalınlığı (min)c	Alın Yüzeyindeki Harç Cebi		
En	Boy	Yük		Boyuna (min)a ₁	Enine (min)a ₂		Genişlik d ₁ ±5	Genişlik d ₂ ±	Derinlik o ± 2
b	l	h							
100	390	185/240	1 sıra Boşluk	30	30	25	40	-	20 ¹
150	390			30	30	25	80	-	
190	390			30	30	25	120	-	
100	390		2 sıra boşluk	30	30	25	40	-	
150	390			30	30	25	80	-	
190	390			30	30	25	120	-	
200	390			50	35	30	80	-	
250	390/240			50	35	30	140	-	
300	390/240			55	35	40	140	-	
200	390		3 Sıra Boşluk 3)	35	30	30	80	60	
250	390/240			35	30	30	140	60	
300	390/240			35	35	35	140	60	
200	390	4 sıra Boşluk 2)	30	30	30	80			
250	390/240		30	30	30	140			
300	390/240		30	30	30	140			
365	490/240		30	30	30	160			

1) 365 mm ve 490 mm boyundaki yapı elemanlarının alın yüzeyindeki harç cebi derinliği 15 mm olmalıdır.

2) 365 mm enindeki blokların içteki enine bağlantısı olmaması halinde bütün et kalınlıkları 5 mm daha artırılır.

3) 3 sıra boşluklu 250 mm enindeki bloklarda a₁, a₂ ve c et kalınlığı 30 mm olabilir.

Çizelge 4.2 Bimsbetondan mamul asmolen blokların et kalınlıkları

Yükseklik		Et Kalınlığı En Az		Köşe Pahtı	
h	Tolerans	d ₁	d ₂	a	Tolerans
120	±2	32	30	30	± 2
140		32	30	40	
150		32	30	40	
160		35	30	50	
180		35	30	50	
200	±3	35	32	50	
220		35	32	50	
250		38	32	50	
280		40	32	50	
300		40	32	50	
320		40	35	50	
400		42	35	50	

Çizelge 4.3 Teçhizatlı bimsbetondan mamul yapı elemanlarının boyutları

Ölçüler mm'dir

Tipler Boyutlar	Uzunluk (l)	Genişlik (b)	Kalınlık (d)	Yükseklik (h)
Döşeme ve Çatı Planları	1000-6000 (100 mm ara ile)	500	75. 100	-
Düşey Duvar Elemanları			125. 150	
Yatay Duvar Elemanları			175. 200 225. 250 275. 300	
Kapı e Pencere Lentoları	1000-3000	75. 100 125. 150 175. 200 225. 250 275. 300	-	250-500 (50 mm ara ile)

Çizelge 4.4 Teçhizatsız bimsbetondan mamul yapı elemanlarının boyutları

Ölçüler mm'dir

Tip	Uzunluk (l)	Genişlik (b)	Yükseklik (h)
Duvar Blokları	240, 390, 490	100, 150, 190,200, 250, 300, 365	185, 240
Boşluklu			
Dolu			
Asmolen Blokları	200, 250	250, 400	120, 140,150, 160,180, 200, 220, 250, 280, 300, 320, 400
Yalıtım Plakları	500	333, 500, 666	50, 75, 100, 125, 150, 175, 200

Beton blok, briket ve bimsbloklarda kuru birim ağırlık azaldıkça mekanik dayanım ve ısı iletkenliği azalır. Standart ısı iletkenlikleri bileşenlerin biçimine ve kullanılan agrega türüne bağlıdır.

Çizelge 4.5'de mevcut betonblok, briket ve bimsblokların standart ısı iletkenlikleri verilmiştir.

Çizelge 4.5 Beton blok, briket ve bimsblokların standart ısı iletkenlikleri [52]

Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (w/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)
Beton briket veya duvar blokları ile duvarlar	500	0.32	5-10
Hafif betondan dolu biriket veya dolu bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla)	600	0.34	"
	700	0,37	"
	800	0.40	"
	900	0.43	"
	1000	0.46	"
	1200	0.54	"
	1400	0.63	10-15
	1600	0.74	"
	1800	0.87	"
	2000	0.99	"
Doğal bims betondan dolu bloklarla duvarlar (TS 2823'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	500	0.29	5-10
	600	0.32	"
	700	0.35	"
	800	0.39	"
	900	0.43	"
	1000	0.46	"
	1200	0.54	"
	1400	0.63	10-15
	1600	0.74	"
	1800	0.878	"
	2000	0.99	"

Çizelge 4.5 (Devam)

Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isıl iletkenlik hesap değeri (λ_h W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)	
Kuars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla duvarlar (TS 2823'e uygun SW türü bloklarla)	500	0.20	5-10	
	600	0.22	"	
	Uzunluk \geq 490 mm	700	0.25	"
	800	0.28	"	
	240 mm \leq Uzunluk < 490 mm	500	0.22	5-10
		600	0.24	"
		700	0.28	"
		800	0.31	"
Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS 3681'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla)	500	0.26	5-10	
	600	0.29	"	
	700	0.32	"	
	800	0.35	"	
Boşluklu briket veya bloklarla duvarlar				
Hafif betondan boşluklu bloklarla duvarlar (Kuars kumu katılmaksızın TS 2823 uygun BDB türü bloklarla)				
2 sıra boşluklu; genişlik \leq 240 mm,	500	0.29	5-10	
3 sıra boşluklu; genişlik \leq 300 mm,	600	0.32	"	
4 sıra boşluklu; genişlik \leq 365 mm,	700	0.35	"	
5 sıra boşluklu; genişlik \leq 490 mm,	800	0.39	"	
6 sıra boşluklu; genişlik \leq 490 mm,	900	0.44	"	
olan bloklarda	1000	0.49	"	
	1200	0.60	"	
	1400	0.73	"	

Çizelge 4.5 (Devam)

Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m^3)	Isıl iletkenlik hesap değeri ($\lambda_{hw/mK}$)	Su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)
2 sıra boşluklu; genişlik = 30 mm,	500	0.29	5-50
3 sıra boşluklu; genişlik = mm	600	0.34	"
olan bloklarda	700	0.39	"
	800	0.46	"
	900	0.55	"
	1000	0.64	"
	1200	0.76	"
	1400	0.90	"
Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun)			
2 sıra boşluklu; genişlik ≤ 240 mm,			
3 sıra boşluklu; genişlik ≤ 300 mm,			
4 sıra boşluklu; genişlik ≤ 365 mm,	≤ 1800	0.92	20-30
olan bloklarda			
2 sıra boşluklu genişlik = 300 mm,			
3 sıra boşluklu genişlik = 365 mm,			
olan bloklarda	≤ 1800	1.3	20-30
Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar			
Taşın birim hacim kütlesi;			
$< 1600 \text{ kg/m}^3$		0.81	
$\geq 1600 < 2000 \text{ kg/m}^3$		1.16	
$\geq 2000 < 2600 \text{ kg/m}^3$		1.74	
$\geq 2600 \text{ kg/m}^3$		2.56	

4.5.2. Bimsblokların özellikleri

a) Dayanım

Hafif agregalı beton blok elemanlardan pomza agregalı olanların bir kısmı taşıyıcı özellik de gösterir [19].

Özellikle bims bloklarda basınç dayanım değeri minimum $2N / mm^2$, ortalama $2,5 N/mm^2$ ve üzerinde bir değerde olması gerekmektedir. Asmolenlerde kesme yükü değeri minimum $20 N / mm^2$ olması istenmektedir [26-53].

b) Isı yalıtımı

Hafif beton bloklarda kuru birim ağırlık azaldıkça ısı iletkenliği hesap değerleri azalmaktadır. Briket üretiminde kullanılan agrega konsantrasyonunun pomza, kum, çimento ve sudan oluşması halinde, aynı konsantrasyonda kum yerine mıcır kullanılması ile elde edilen ısı iletkenlik hesap değerlerinden daha büyük bir değere ulaşılmaktadır. Bunun sebebi ise mıcırın kuma oranla daha gözenekli bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Beton blok ve bimsblokların ısı iletkenlik değerleri çizelge 4.5'de verilmiştir.

c) Birim ağırlık

Normal agregalı ve boşluklu beton briketin ağırlığı ortalama 20 kg civarındadır. Bu ağırlık tuf beton briketle % 28, curuf brikette % 42 ve bims bloklarda ise % 50 değerinde ağırlıkta bir tasarruf sağlanabildiği görülmektedir. Özellikle pomzadan imal edilen betonlarda normal kum yerine pomza agregası kullanıldığı zaman, bina ağırlığında 1/3 oranında bir azalma ve temele iletilen yük miktarının azalmasından dolayı inşaat demirden yaklaşık % 17 miktarında tasarruf sağlanmaktadır [53].

d) Ses yalıtımı

Gürültü seviyesindeki sesin işiticiye ulaşmasını önlemek için yapılan önlemlere ses yalıtımı denir. Sesin sönümlenmesi olayı, kaynaktan yayılan ses dalgalarının, kısmen veya tamamen geçirimsiz bir yüzeye çarptıklarında yansıyan dalgalarda yansıma nedeniyle birbirlerinin etkilerini azaltma veya yok etmeleridir. Hava sesinin

sönümlenmesi yanında ayrıca darbесesinin sönümlenmesi söz konusudur. Özellikle katı maddeler darbeye maruz kaldıklarında madde içerisinde meydana gelen titreşimler, darbe sesi olarak kendisini hissettirir. Darbe sesinin yayılması malzemenin birim hacim ağırlığına ve malzemenin içerdiği hava boşluğu ve suya bağlıdır. Maddenin yapısındaki boşluk, bu boşluğun homojen dağılıp dağılmadığı, bünye suyu ve nem içeriği ses iletiminde önem taşımaktadır. Yapı bileşenlerinin içerdikleri nem miktarlarının ses iletimine pozitif katkısı vardır. Çünkü, su ortamında sesin iletimi hava ortamına göre daha fazladır. Bu da yapı bileşeninin bünyesinde uzun süre nem tutması istenmeyen bir durumdur. Bimsblok homojen dağılmış eşsiz boşluklu yapısı, hafifliği, kristal suyu içermemesi gibi özellikleri ile iyi bir ses yalıtımı sağlar.

Bimsbloklar üzerinde yapılan ses ölçümlerinde ortalama olarak 42-46 dB'lik ses yalıtım değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir [53].

e) Nemsel özellikler ve buhar difüzyonu

Bimsblok'un ısı iletkenlik katsayısı yaklaşık $\lambda = 0,16 \text{ kcal /mh}^0\text{c}$ dir. iletkenlik katsayısı tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Yalıtımı devamlı kılan ve ortamın bağıl nemini ayarlayan pomzalı bloklar buhar difüzyon olayını sağlayabilmektedir. Pomza mevcut nem miktarının yükselmesi durumunda, mevcut nemin bir kısmını bünyesine alarak hacim içerisindeki havanın bağıl nem miktarına ulaşmasını sağlar. Ancak, gözeneklerin sayılamayacak derecede çok oluşu, bu gözeneklerin bir birinden camsı bir zarla yalıtılmış olması, yani kılcal bağlantılar içermemesi, petrografik yapısının volkanik cam liflerinden oluşması sebebiyle, bünyesinde suyu tutmaz. Bims ortamdaki nemi deneyler, bu nemi kesinlikle bünyesinde tutmaz. Ortamda nem azalınca geri verir. Bu da buhar difüzyon kabiliyetinin iyi olduğu gösterir. Pomzadan mamül bimsblokların buhar difüzyon direnç faktörü (μ) yaklaşık 5-10 dır.

f) Yangına karşı dayanım

Bimsblok pomza madeninden imal edildiği için yüksek sıcaklıklara karşı mükemmel dayanım göstermektedir. Hafif agregalı beton bloklar, normal beton bloklara kıyasla daha fazla gözenekli olduklarından ısı akımına daha fazla bir dayanım gösterirler. Başlıkları hafif agregalı beton bloklarla örülen duvarlarda yangına karşı dayanım daha da artmaktadır.

g) Hacim değişimi (Rötre)

Rötre, sulu bir ortamda veya yüksek rutubete maruz kalan malzemelerde meydana gelen hacimsel genişleme farklılığıdır. Su ve rutubet ortamında hacimsel genişlemeye uğrayan yapı bileşenleri rötre çatlağı yapar. Zamanla bu çatlaklar malzemenin dayanımını azaltır ve deformasyonu hızlandırır. Malzeme yüzeyindeki sıvalarda da çatlak gelişimine neden olur. Bimsblokun sınıfındaki yapay olarak üretilen benzer yapı elemanlarına karşı en önemli özelliğinden biri de rötre çatlağı yapmamasıdır. Pomzanın volkanik camsı lifli mineralojik yapısı bimsbloka bu özelliği sağlar.

h) Sıva tutma özelliği

Bimsblokların gözenekli yapısı, agreganın bağlayıcılarının çimento olması ve pomzanın doğal çimentonun hammaddesi olması gibi özellikleri onun iyi sıva tutucu bir eleman olmasını sağlamaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Kullanılan Malzemeler

5.1.1. Kum

Beton numuneleri üretiminde Isparta-Atabey kum ocaklarından temin edilen kum kullanılmıştır. Çalışmada 4 nolu elek kullanılmış olup, elekten elenen kum üzerinde yapılan deney sonuçları çizelge 5.1. de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Isparta-Atabey kumunun özellikleri

Agrega cinsi	Elek çapları	Elek Çapları (mm)					Özgül Ağırlık (Kg/m ³)	Su emme	Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³)	Sıkışık Birim Ağırlık (kg/m ³)
		0.25	0.5	1.0	2.0	4.0				
Atabey Kum		29	55	72	86	97	2690	8.50	1415	1518
% Geçen										

Kum üzerinde TS 3526'ya göre özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapılmış olup, 5.1'de gösterilmiştir.

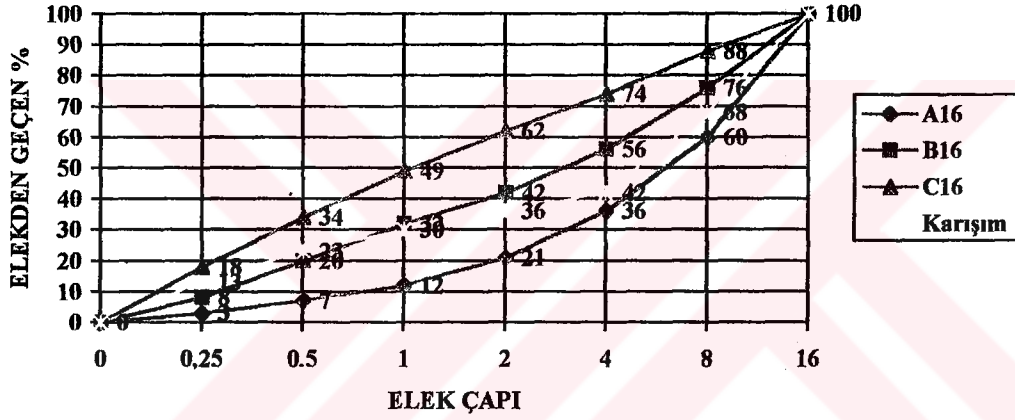
5.1.2. Çakıl

Beton numunelerin üretiminde Isparta-Atabey çakıl ocaklarında temin edilen çakıl kullanılmıştır. Çakıl 3 mm elek üzerinde yıkanmış olup, kum ile beraber kullanılmak üzere karışımın iri kısmını oluşturmaktadır. Çakıldaki ince malzeme oranını azaltmak için 4 nolu elekten elenmiş olup, 4- 8 mm ve 8 - 16 mm'lik iki kısma ayrılmıştır.

Çakılın elek analizi TS 706'ya göre yapılarak granülometri değerleri, özgül ağırlık, su emme değeri, gevşek ve sıkışık birim ağırlık değerleri çizelge 5.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 Isparta-Atabey çakılının özellikleri

Agrega cinsi	Elek çapları	Elek Çapları (mm)							Özgül Ağırlık (Kg/m ³)	Su emme	Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³)	Sıkışık Birim Ağırlık (kg/m ³)
		0.25	0.5	1	2	4	8	16				
Atabey Kum	% Geçen	0.5	0.98	1	2	5	44	100	2750	2.30	1500	1616



Karışımın granülometrik eğrisi şekil 5.1. de gösterilmiştir.

Şekil 5.1 Karışımın granülometrik eğrisi

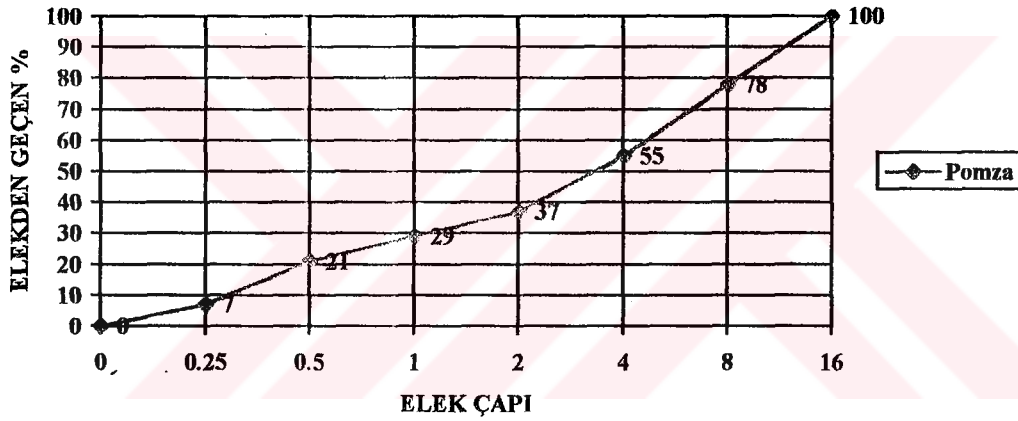
5.1.3. Pomza agregası

Pomzataşı agregası Isparta-Gölcük civarından temin edilmiş olup agregası 4-8 mm ve 8-16 mm'lik tanae sınıflarına ayrılmıştır. Yapılan granülometrik elek analizi çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Gölcük pomza agregasının granülometrik elek analizi

Agrega cinsi	Elek çapı	Elek Çapları (mm)						
		0.25	0.5	1	2	4	8	16
Elekt Serisi		0.25	0.5	1	2	4	8	16
Gölcük Pomzası % Geçen		0.5	0.98	1	2	5	44	100

Pomza agregasının granülometrik eğrisi şekil 5.2’de çizilmiştir.



Şekil 5.2 Isparta-Gölcük pomza agregasının granülometrik eğrisi.

5.1.3.1. Pomza agregasının birim ağırlık deneyi

Pomza agregası grupları için ayrı ayrı birim ağırlık deneyleri yapılmış olup, sonuçlar TS. 707, TS 1114 ve TS 3529’a göre bulunmuştur. Deney sonuçları çizelge 5.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Gölcük pomza agregasının birim ağırlık değerleri

Pomza agregası grubu (mm)	Gevşek Birim ağırlık (kg/m ³)	Suyun Doymuş Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)
4-8	820	1650
8-16	685	1870

5.1.3.2. Pomza agregasının su emme deneyi

Pomza agregasının hava kurusu durumundaki her iki tane grubu için 30 dakika süresindeki su emme oranları bulunmuştur. Sonuçlar çizelge 5.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 Gölcük pomza agregasının su emme değeri

Pomza agregası grubu (mm)	Su emme (%) (30 dakika)
4-8	3.9
8-16	4.7

5.1.3.3. Pomza agregasının kimyasal özellikleri

Gölcük bölgesi pomza agregasının kimyasal bileşimleri çizelge 5.6.'da verilmiştir [36].

Çizelge 5.6 Gölcük pomzası kimyasal bileşimleri ve % 'si

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₅	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	Ateş Kaybı
55-60	15-18	4-6	1-2	4-6	4-5	5-6	0.5-1	0.5-1	0.5-1	0.3-0.5	1-2

5.1.4. Diatomit agregası

Isparta-Keçiborlu Değirmendere mevkisinden temin edilmiş olup diatomit parçaları SDÜ cevher hazırlama laboratuvarındaki çeneli kırıcı ve merdaneli kırıcı ile kırılmıştır. Daha sonra elekler ile elenerek sınıflara ayrılmıştır.

Diatomitli beton karışımındaki serilere hacimce % 50 kum azaltılarak yerine diatomit agregası ikame edilmiştir.

Diatomit agregaları üzerinde özgül ağırlık, su emme deneyleri yapılmış olup sonuçlar çizelge 5.7 de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Diatomit agregası özgül ağırlık ve su emme değerleri

Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Su emme (%) 30 dakika
1410	46.35

Isparta yöresi diatomitinin M.T.A. da yapılan kimyasal analizleri çizelge 5.8'de gösterilmiştir [17].

Çizelge 5.8 Isparta Keçiborlu diatomitinin kimyasal bileşimleri ve %'si

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	Na ₂ O	Ateş Kaybı
80-86	4-6	1-2	0.2-0.4	1-3	0.75-1	0.2-0.5	2-3	0.5-1	2-3

5.1.5. Çimento

Deneysel çalışmalarda Isparta Göлтаş Çimento fabrikasının TS 19'a uygun olan PÇ 42.5 Portland çimentosu kullanılmıştır.

TS 19'a göre kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Çimentonun ortalama kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

BİLEŞEN	PÇ 42.5 (%)
Kimyasal Özellikler	
MgO	1.91
Al ₂ O ₃	6.20
SiO ₂	20.60
CaO	61.40
Fe ₂ O ₃	3.01
SO ₃	2.53
K ₂ O	1.03
Na ₂ O	0.19
CL	0.007
Kızdırma kaybı	1.35
Çözünmeyen kalıntı	0.30
Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	3.10
İncilik (cm ² /gr)	2914
7 günlük basınç dayanımı N/mm ²	37.7
28 günlük basınç dayanımı ₁ (N/mm ²)	49.8
7 günlük eğilme-çekme dayanımı (N/mm ²)	5.9
28 günlük eğilme-çekme dayanımı (N/mm ²)	7.5

5.1.6. Silis dumanı

Silis dumanı yüksek saflıktaki kuvarsitin silisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının elektrik ark fırınlarında taş kömürü ile indirgenmesi sonucu bir yan ürün olarak elde edilmektedir [23].

Deneysel çalışmalarda Antalya Etibank Elektrometalurji işletmesinden temin edilen FeSi tozu kullanılmıştır. Çoğunlukla küresel olan dumanları 0.1 mikron civarında olan çimento tünellerinden 100 kere daha küçüktürler. Bileşimindeki yüksek silis oranı bu dumanları aktif bir puzolan yapmakta, fakat çok fazla olan incelik kıvam için gerekli su miktarını artırmaktadır [23].

Silis dumanının (FeSi) fiziksel ve kimyasal analizleri çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Silis dumanının özellikleri [54].

Kimyasal Özellikler	FeSi
SiO ₂	94.94
Al ₂ O ₃	0.70
Fe ₂ O ₃	0.60
CaO	0.83
MgO	0.71
SO ₃	0.15
Kızdırma kaybı	0.74
Tayin edilemeyen	1.46
Fiziksel özellikler	
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	2.11
Özgül yüzey (cm ² /gr)	-

5.1.6.1. Silis dumanının fiziksel özellikleri

a) Renk

Silisyum tozunun rengi, açık sarı ve koyu gri arasında değişmektedir. Renkteki koyuluk karbon miktarı ile orantılıdır.

b) Özgül ağırlık

Normal bir portland çimentosunun 3.10 t/m^3 olan değeri ile kıyaslandığında silisyum tozunun özgül ağırlığı 2.20 t/m^3 'dür. Bazen 2.50 t/m^3 'e çıkabilir.

c) Birim ağırlık

Silisyum tozunun birim ağırlığı portland çimentosu için verilen 1200 kg/m^3 ile kıyaslandığında 300 kg/m^3 'dür.

d) Özgül alan

Silis dumanının taneleri $0.1 \text{ } \mu\text{m}$ civarında ölçülen çapları ile çimento tanelerinden 100 kere daha küçüktür. Yüksek silis oranı silis dumanını etkin bir puzolan yapmaktadır. Silis özgül alanı klasik Blaine ile ölçülemez. Ölçüm için nitrajen absorpsiyonundan yararlanılan yöntem kullanılır. $2000 \text{ cm}^2/\text{gr}$ yüzey alanına sahip ince partiküllerden oluşur.

e) Tane şekli

Silis dumanının taneleri küreler şeklindedir. Elektron mikroskobu altında taneler bir araya gelerek küre yığınları halinde gözükürler.

f) Puzolanik reaksiyonlar

Silis dumanı ince oluşu ve yüksek silika içeriğiyle oldukça etkili bir puzoloniktir. Çimentolu ortamda bulunduğu en önemli yeni bir kalsiyum silikat hidrat jeli meydana getirmektir. Bu durum silisyum tozunun büyük kristaller yerine çok sayıda daha küçük ve daha sağlam Ca(OH)_2 kristallerinin oluşmasına yardımcı olmaları şeklinde düşünülebilir. Silis dumanı beton karışımlarda uygun oranlarda katıldığı zaman büyük Ca (OH)_2 kristalleri ile porozitenin azalması sonucu ilave dayanım kazanabilmektedir [55].

5.1.7. Karma Suyu

Deneysel çalışmada SDÜ Çünür kampüsü içme suyu kullanılmıştır.

5.2. Beton Karışımları

5.2.1. Kabul edilen esaslar

Betonların üretiminde maksimum tane boyutu 16 mm alınmıştır. Beton agregası karışımının granülometrisi A16 ve C16 eğriler arasında kalacak şekilde düzenlenmiştir. Kullanılan agregalara ait karışım granülometri eğrisi Şekil 5.1 ve 5.2'de çizilmiştir.

Beton bileşimlerinde çimento 300 ve 400 dozajlı olacak şekilde karışımlar yapılmıştır. Su/çimento oranı 0.49 olarak seçilmiş, fakat özellikle pomza agregasının nem içeriği durumuna göre yeterli çökme değeri elde edilinceye kadar değiştirilmiştir.

Farklı dozajda silis dumanı performansını görmek amacıyla çimento ağırlığının %10 çimento yerine silis dumanı konmuştur. Ayrıca numunelerin birim hacim ağırlığını azaltmak için kum miktarı hacimce % 50 azaltılmış yerine diatomit agregası konmuştur.

5.2.2. Bileşim hesapları

Bu çalışmada en büyük agrega boyutu 16 mm sabit alınarak 18 seri beton imal edilmiştir. Beton bileşim hesaplarında kullanılan agrega oranları çizelge 5.11'de verilmiştir.

Beton bileşim hesaplarında mutlak hacim metodu kullanılmıştır. Çimento dozajı çimentonun özgül ağırlığına bölünerek çimento hacmi hesaplanmış ve su/çimento oranından su miktarı bulunmuştur. TS 802'ye göre önerilen hava boşluğu hacmi tahmin edilmiştir. $1m^3$ hacim için çimento, su ve hava hacimleri toplanarak $1m^3$ hacimden çıkartılarak toplam agrega hacmi bulunmuştur.

Daha sonra agrega tane sınıflarının özgül ağırlıklarıyla kullanılan agregaların kullanım oranları çarpılarak her sınıf ve her cins agreganın miktarları ağırlık cinsinden hesaplanmıştır.

Çizelge 5.11 Çalışmada kullanılan beton karışımı oranları

Karışım No	Dozaj	Su/Çim oranı	AGREGALAR (%)							Bağlayıcı %		Adet	
			Kum (0-4 mm)	Çakıl		Pomza		Diato-mit (0-4 mm)	Silis	Çimento			
				(4-8 mm)	(8-16 mm)	(4-8 mm)	(8-16 mm)						
Katkısız	1	NB	300	49	40	35	25	-	-	-	-	100	15
	2	YHB	300	49	40	25	-	15	20	-	-	100	15
	3	HB	300	49	40	15	-	25	20	-	-	100	15
Diato-mitli	4	DNB	300	49	20	35	25	-	-	20	-	100	15
	5	DYHB	300	49	20	25	-	15	20	20	-	100	15
	6	DHB	300	49	20	15	-	25	20	20	-	100	15
Silisli	7	SNB	300	49	40	35	25	-	-	-	10	90	15
	8	SYHB	300	49	40	25	-	15	20	-	10	90	15
	9	SHB	300	49	40	15	-	25	20	-	10	90	15
Katkısız	10	NB	400	49	40	35	25	-	-	-	-	100	15
	11	YHB	400	49	40	25	-	15	20	-	-	100	15
	12	HB	400	49	40	15	-	25	20	-	-	100	15
Diato-mitli	13	DNB	400	49	20	35	25	-	-	20	-	100	15
	14	DYHB	400	49	20	25	-	15	20	20	-	100	15
	15	DHB	400	49	20	15	-	25	20	20	-	100	15
Silisli	16	SNB	400	49	40	35	25	-	-	-	10	90	15
	17	SYHB	400	49	40	25	-	15	20	-	10	90	15
	18	SHB	400	49	40	15	-	25	20	-	10	90	15

Ön deneyler yapılarak, karışım hesaplarının sonuçları test edilmiştir.

5.2.3. Beton üretimi, karıştırma, yerleştirme ve kür

Homojen bir karışım sağlanması için foto 1'de görülen düşey eksenli zorlamalı karıştırıcı betonyer kullanıldı. Agregalar ve çimento kuru olarak 1 dakika karıştırıldıktan sonra su ilave edilerek, karıştırma işlemine 2 dakika daha devam edilmiştir. Hafif agregalara üretimden önce 10 dakikalık bir ön emdirme uygulandı. Agregalara emdirilen su, hafif agregalar ağırlığının % 15'i kadardır. Bu emdirilen su ile betonun

işlenebilme ve yerleştirebilme imkanı sağlanmış oldu. Beton üretimi için 15 dm³'lük karışım hazırlandı. Laboratuvarında geliştirilen vibrasyon-baskın ünitesinde %20 sıkıştırma yapacak şekilde karışımlardan 10 x 10 x 10 cm³'lik küp numuneler üretildi.

Numuneler 22 ± 3 °C'de % 60 \pm 10 bağıl nemli ortamda kür süresini tamamlaması için beklemeye bırakıldı. Numunelere 36 saat sonra Foto 2'de görüldüğü gibi numara verildi. Numuneler üzerinde 7. ve 28. günlerde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

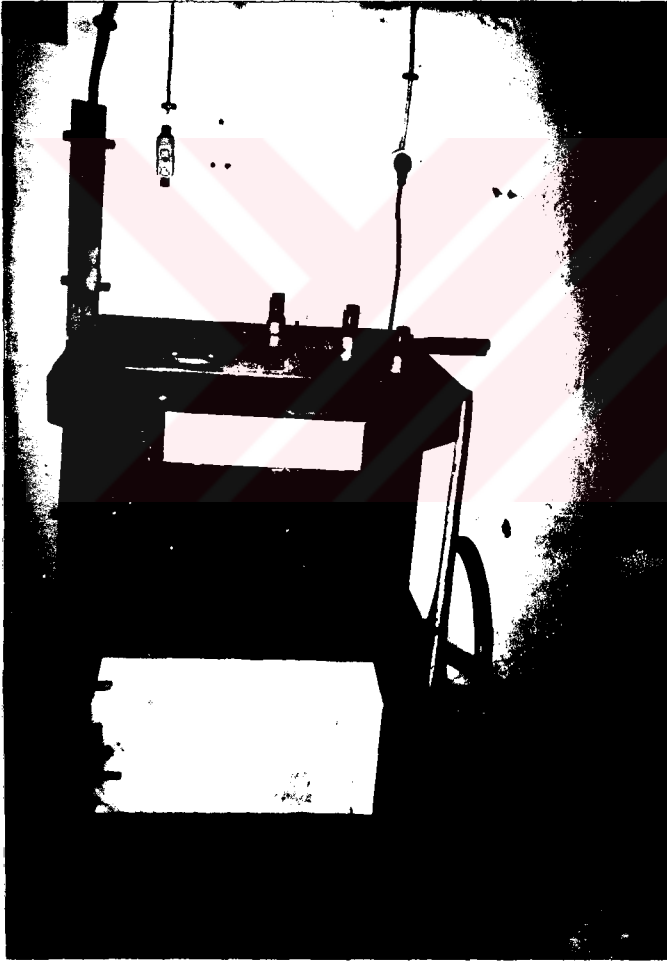


Foto 1. Karışımında kullanılan betoniyer



Foto 2. Deney numuneleri

5.2.4. Numune boyutları, sayıları ve kullanıldığı yerler

Numuneler küp şeklinde olup, boyutları TS.. uygun olarak $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ 'dür. Her seri beton numuneleri 15-17 adet üretilmiştir. Bu numuneler üzerinde 7. günlük basınç dayanımı deneyi yapılmak üzere her seriden 3'er adet olmak üzere toplam 54 adet, 28. gün basınç dayanımı deneyinde kullanılmak üzere her seriden 3'er adet olmak üzere toplam 54 adet ayrıca kılcallık deneyi, ultrases deneyin birim hacim ağırlık ve su emme deneyi için 216 adet numune olma üzere toplam 270 adet numune üretilmiş ve üzerlerinde deneyler yapılmıştır.

5.3. Betonlar Üzerinde Yapılan Deneyler

5.3.1. Taze beton deneyleri

Beton karışımlarının işlenebilme özelliğini belirleyebilmek için çökme (slamp) deneyi yapılmıştır. Bu deney için slump (abrams) konisi kullanılmıştır. Slamp konisi kesik koni şeklinde bir kalıptır. Karışımın 1/3'lük kısmı doldurulup 16 mm çaplı şişleme çubuğuyla 25 defa şişlenir. Daha sonra 2/3'lük kısmı doldurularak tekrar şişleme çubuğuyla şişlenir. Şişleme esnasında vuruşlar bir önceki tabakaya 2-3 cm geçecek şekilde şişlenir.

işlenebilme ve yerleştirebilme imkanı sağlanmış oldu. Beton üretimi için 15 dm^3 lük karışım hazırlandı. Laboratuvarında geliştirilen vibrasyon-baskın ünitesinde %20 sıkıştırma yapacak şekilde karışımlardan $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ lik küp numuneler üretildi.

Numuneler $22 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de % 60 ± 10 bağıl nemli ortamda kür süresini tamamlaması için beklemeye bırakıldı. Numunelere 36 saat sonra Foto 2'de görüldüğü gibi numara verildi. Numuneler üzerinde 7. ve 28. günlerde deneysel çalışmalar yapılmıştır.



Foto 1. Karışımda kullanılan betoniyer



Foto 2. Deney numuneleri

5.2.4. Numune boyutları, sayıları ve kullanıldığı yerler

Numuneler küp şeklinde olup, boyutları TS.. uygun olarak $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ 'dür. Her seri beton numuneleri 15-17 adet üretilmiştir. Bu numuneler üzerinde 7. günlük basınç dayanımı deneyi yapılmak üzere her seriden 3'er adet olmak üzere toplam 54 adet, 28. gün basınç dayanımı deneyinde kullanılmak üzere her seriden 3'er adet olmak üzere toplam 54 adet ayrıca kılcılık deneyi, ultrases deneyin birim hacim ağırlık ve su emme deneyi için 216 adet numune olma üzere toplam 270 adet numune üretilmiş ve üzerlerinde deneyler yapılmıştır.

5.3. Betonlar Üzerinde Yapılan Deneyler

5.3.1. Taze beton deneyleri

Beton karışımlarının işlenebilme özelliğini belirleyebilmek için çökme (slamp) deneyi yapılmıştır. Bu deney için slamp (abrams) konisi kullanılmıştır. Slamp konisi kesik koni şeklinde bir kalıptır. Karışımın 1/3'lük kısmı doldurulup 16 mm çaplı şişleme çubuğuyla 25 defa şişlenir. Daha sonra 2/3'lük kısmı doldurularak tekrar şişleme çubuğuyla şişlenir. Şişleme esnasında vuruşlar bir önceki tabakaya 2-3 cm geçecek şekilde şişlenir.

Kalan 1/3'lük kısım doldurulup aynı şekilde şişlenir ve üzeri mala ile düzeltilir. Koni karışımdan düşey olarak yukarı doğru kaldırılıp çökme (slamp) miktarı ölçülür. Bu ölçüm sayesinde karışıma su ilave yapılıp yapılmayacağına karar verilir.

5.3.2. Sertleşmiş beton deneyi

5.3.2.1. Basınç dayanımının tespiti

Üretilen 18 farklı serideki numunelerden 3'er adet alınarak 7. ve 28. günlerde basınç dayanımları foto 3 de görülen preste ölçüldü. Daha sonra her numunenin basınç dayanım değerlerini yüzey alanının bölerek gerilme değerleri hesaplandı.



Foto 3. Basınç dayanım cihazı

5.3.2.2. Ultrases geçiş süresi

Titreşim frekansı 20 KHz'den fazla olan ses dalgalarına ultrasonik dalgalar denir. Malzeme testinde kullanılan ultrasonik dalgalar piezo-elektrik özellik gösteren transdüserler yardımıyla elde edilmektedir. Betonun bir yüzeyinden gönderilen ultrases dalgalar beton içinde ilerlerken yolları üzerinde boşluklara rastlarlar. Bu dalgalar boşluk kenarına gelince karşı tarafa geçemediğinden boşluğun etrafını dolaşacaktır. Bu olayın çok sayıda tekrarlanması ultrases dalgaların belirli iki nokta arasındaki yolunu artıracaktır [56].

Üretilen beton numunelerden ultrases geçiş süresi foto 4'de görülen cihazla lld. Farklı 18 seriden imal edilen numuneler üzerinde ses geçiş hızlarının tesbitinde numune boyunu, ses geçiş süresine bölerek ve gereken birim değişikliğini yaparak km/sn cinsinden hesabı yapılmıştır.

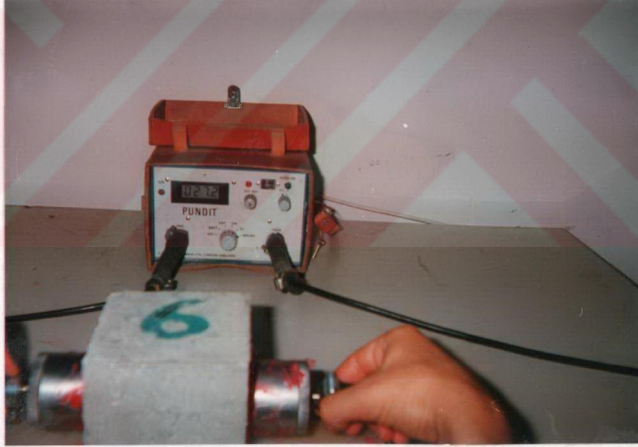


Foto 4. Ultrases geçiş süresi lme cihazı

5.3.2.3. Su emme deneyi

Farklı 18 seriden 3'er adet 10 x 10 x 10 cm'lik numuneler TS 3624'e göre önce, 105  C sabit sıcaklıktaki etüde 24 saat bekletilerek sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar etüde bırakıldı. Daha sonra etden alınan numuneler ortam sıcaklığına gelinceye

kadar soğutuldu. Numuneler su dolu havuzda 24 saat bekletildi ve tartım yapıldı. Tekrar su içerisine bırakıldı. 48. saatte sudan çıkarılıp yüzey suyu kurulan numuneler hassas terazide tartılarak bulunan değerler kaydedildi. Her numunenin suya doymun ağırlığı etüv kurusu ağırlığından çıkarılıp etüv kurusu ağırlığına bölerek yüzde cinsinden su emme değerleri hesaplandı.

5.3.2.4. Birim hacim ağırlık

Üretilen 18 farklı serideki beton numunelerin 28. günde ağırlıkları hassas terazide tartılarak bulundu. Bulunan ağırlıkları numunelerin dış hacmine bölünerek birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır.

5.3.2.5. Kılcallık deneyi

Numuneler önce 105⁰c lik etüvde kuru ağırlığa gelene kadar 24 saat süreyle kurutulmuştur. Etüvden çıkarıldıktan sonra alt kısımları suyla temas edecek şekilde yan yüzeyleri 1-2 cm yüksekliğince parafillenmiştir. Numuneler hassas terazide tartıldıktan sonra, 10x10 cm²'lik tabanlarından kapilarite yoluyla su emecek şekilde deney düzeneğine yerleştirilip ağırlık artışları zamanın fonksiyonu olarak bulunmuştur.

6. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Beton numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı, birim hacim ağırlık, kompozite ve ağırlıkça su emme oranları Çizelge 6.1 ve 6.2'de, kılcallık deney sonuçları Çizelge 6.3'de verilmiştir. Basınç dayanımı deneylerinin değerlendirilmesinde mukavemetten bilinen basit gerilme formülü kullanılmış ve sonuçlar N/mm^2 olarak bulunmuştur.

$$T = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

T = Basınç dayanımı (N/mm^2)

P = Tekil yük (N)

A : Numunenin yük doğrultusundaki ortalama kesit alanı (mm^2)

Ultrases hızı deneyi sonuçlarının değerlendirilmesinde ise mikrosaniye (μsn) olarak okunan ultrases hızı geçiş süresi değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanarak ultrases hızı km/sn olarak bulunmuştur.

$$V = \frac{L}{T} \text{ (km / sn)}$$

V = Ultrases hızı (km/sn)

L = Numune boyu (km)

T : Numune içinde ultrases geçiş süresi (sn)

Burada μsn olarak ölçülen ultrases geçiş süresi formülde sn cinsinden belirtilmiştir.

Kılcallık deneylerinin değerlendirilmesinde, her numune grubundan üç tanesi kılcallık deneyine tabi tutulmuşlardır. Deneyden önce numuneler $105^{\circ}C$ 'lik etüvde kuru ağırlığa gelene kadar 24 saat süreyle kurutulmuşlardır. Etüvden çıkarıldıktan sonra numunelerin yan yüzeylerinin, sadece alt kısımları suyla temas edecek şekilde parafinlenmiştir. Numuneler deney düzeneğine $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 'lik tabanlarından kapilarite

yolu ile su emecek şekilde yerleştirilmiş ve ağırlık artışları zamanın fonksiyonu olarak saptanmıştır.

Kılcallık deneyinde tabandan kılcal olarak emilen su miktarı, numunelerin 1,4,9,16 ve 25'inci dakikalarda 0.01gr. duyarlıktaki terazide tartılması ile belirlenmiştir.

Emilen su miktarına bağlı olarak, numunelerin K kılcallık katsayıları aşağıdaki formüle göre saptanmıştır.

$$Q_t = G_t - G_o$$

$$\left[\frac{Q_t}{A} \right]^2 = K.t$$

Q_t = Emilen su miktarı (cm³)

G_t = Numunenin t zaman sonraki emilen su miktarı (cm³)

G_o = Numunenin ilk andaki su miktarı (cm³)

A = Su ile temas eden kesit alanı (cm²)

K = Kılcallık katsayısı (cm²/dakika)

Ağırlıkça su emme miktarının belirlenmesi için her seriden 3'er adet numune alınarak 105⁰C'de değişmez ağırlığa erişinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra numuneler su dolu havuzun içine bırakılmıştır. Numuneler 24 saat sonra havuzdan çıkarılıp tartılmış olup değerler kaydedilmiştir. Numuneler su dolu havuzun içinde tekrar bırakılmış 48.'inci saat sonunda tekrar 0.01 gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Değişmez ağırlığa erişildiği saptanınca deneye son verilmiştir. Numunelerin ağırlıkça su emme değerleri aşağıdaki formülle bulunmuştur.

$$S = \frac{B-a}{A} \times 100$$

S = Ağırlıkça su emme yüzdeki (%)

A= Etüv sonrası ortam sıcaklığındaki ağırlığı (gr)

$B = 48$ saat sonraki suyu doymun ağırlığı (gr)

Birim hacim ağırlıklarının saptanmasında numunelerin 28. gündeki ağırlıkları tartılıp, numunenin dış hacmine bölünmesiyle bulunmuştur.

Komposite değerleri ise birim hacim ağırlıklarının özgül ağırlıkları oranından hesap edilmiştir.



Çizelge 6.1 300 Dozajlı betonların deney sonuçları

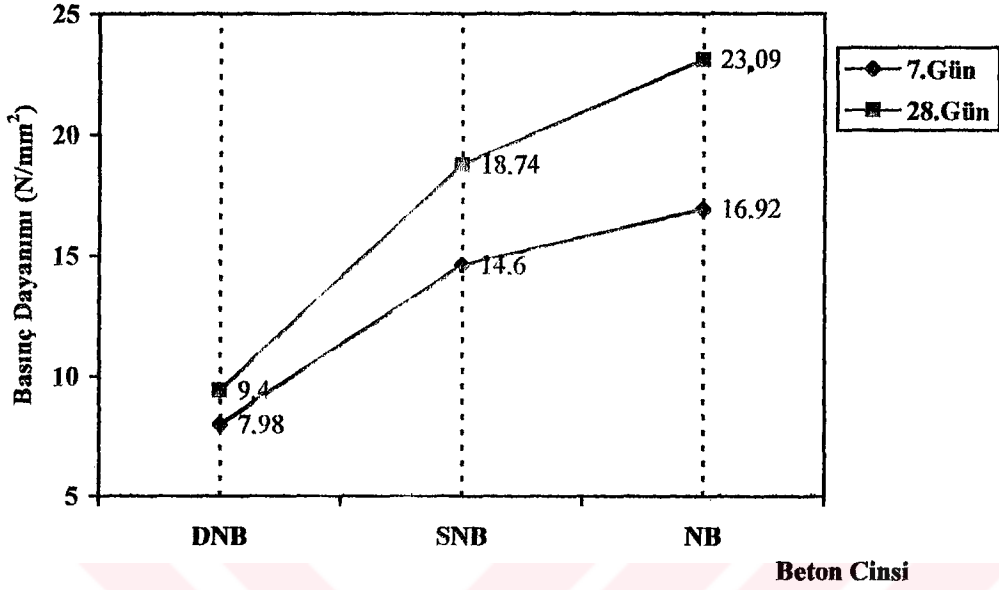
Katkısız	Karişim No	Basınç Dayanımı (N/mm ²)		Ultras ses geçiş hızı (km/sn)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Komposite (%)	Su emme (%)
		7. Gün	28. Gün	7. Gün	28. gün				
Katkısız	1 NB	16.92	23.09	3.72	3.49	2272	2767	82.00	6.04
	2 YHB	8.80	13.36	3.10	3.02	1799	2601	69.00	11.77
	3 HB	6.93	10.42	2.94	2.84	1930	2554	75.50	10.64
Diatomit	4 DNB	7.98	9.14	2.92	2.74	1931	2641	73.11	12.01
	5 DYHB	4.23	5.20	2.53	2.33	1685	2453	68.69	15.18
	6 DHB	5.81	6.97	2.47	2.36	1623	2393	67.83	20.05
Silisli	7 SNB	14.60	18.74	3.49	2.67	2199	2755	79.81	6.29
	8 SYHB	12.25	14.82	3.13	3.39	1910	2590	73.74	8.34
	9 SHB	8.79	13.26	2.94	3.18	1895	2560	74.03	10.08

Çizelge 6.2 400 Dozajlı betonların deney sonuçları

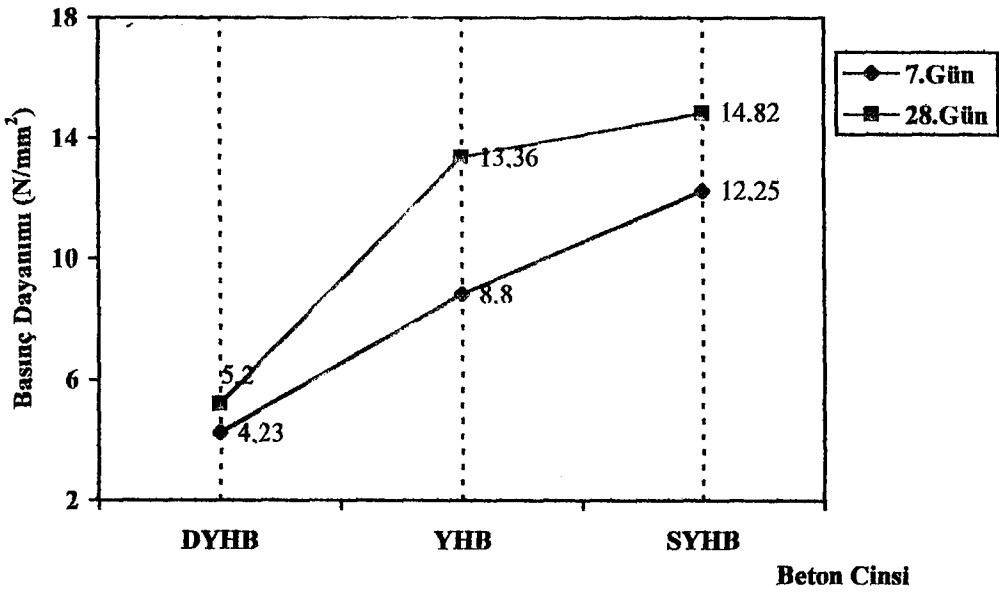
Karışım No	Basınç Dayanımı (N/mm ²)		Ultrases geçiş hızı (km/sn)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Kompozite (%)	Su emme (%)		
	7. Gün	28. Gün	7. Gün	28. gün						
Katkısız	10	NB	21.41	32.37	3.75	3.62	2217	2779	79	5.04
	11	YHB	20.58	27.05	3.71	3.54	1949	2626	74	6.16
	12	HB	20.35	22.05	3.68	3.48	1925	2575	74	7.00
Diatomit	13	DNB	9.18	11.09	2.77	2.95	1921	2657	72	14.32
	14	DYHB	8.62	10.14	2.78	2.76	1783	2482	79	15.70
	15	DHB	7.60	9.45	2.68	2.80	1657	2427	68	17.64
Silisli	16	SNB	12.27	18.74	3.33	3.58	2207	2765	80	7.20
	17	SYHB	10.91	14.82	3.03	3.08	1773	2609	68	10.67
	18	SHB	10.19	13.26	3.26	3.44	1795	2643	68	10.28

Çizelge 6.3 Kılcallık deney sonuçları

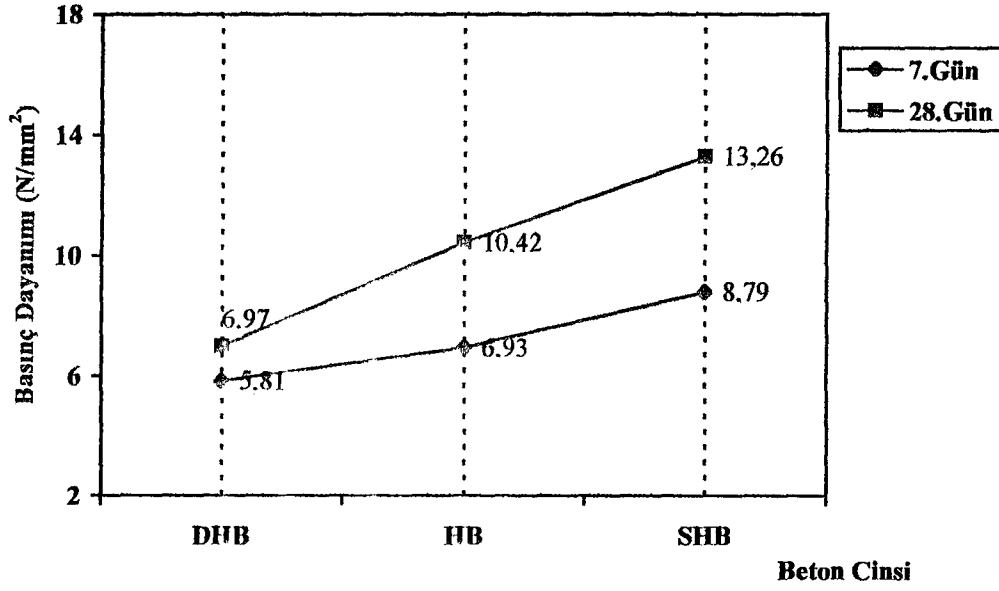
Karışım No		Kapilarite yolu ile emilen su miktarı (gr)				
		1.dk	4.dk.	9.dk.	16.dk.	25.dk.
1	NB	2.35	5.70	7.90	9.45	10.50
2	YHB	1.25	3.85	5.50	7.15	8.95
3	HB	2.80	5.35	7.05	8.85	10.40
4	DNB	21.20	34.40	41.55	46.05	50.65
5	DYHB	35.66	66.76	83.91	111.71	124.26
6	DHB	68.82	93.48	104.08	111.40	123.20
7	SNB	14.00	22.35	24.95	29.00	31.08
8	SYHB	23.75	26.70	33.20	36.90	39.40
9	SHB	37.97	48.37	54.37	61.82	69.12
10	NB	11.75	23.10	28.80	30.20	34.75
11	YHB	44.75	68.15	77.20	83.20	86.70
12	HB	58.90	78.00	87.35	96.25	103.70
13	DNB	68.55	128.80	158.60	176.00	188.20
14	DYHB	23.40	35.85	44.50	48.65	53.30
15	DHB	32.86	43.80	52.42	55.54	59.38
16	SNB	3.90	7.60	11.95	15.70	20.65
17	SYHB	5.85	21.60	28.70	33.40	34.95
18	SHB	18.80	23.45	30.65	36.25	38.20



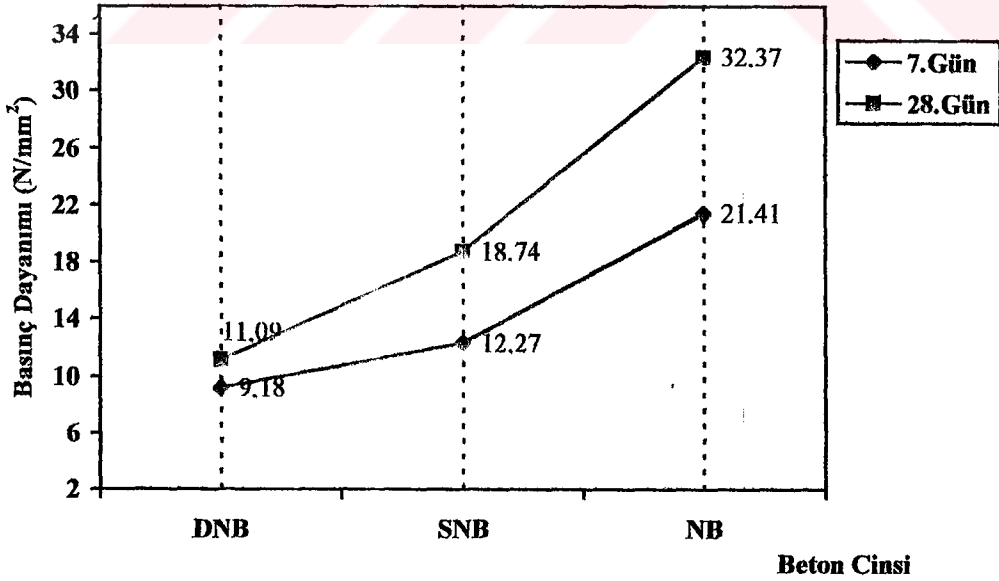
Şekil 6.1. 300 Dozajlı normal betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması



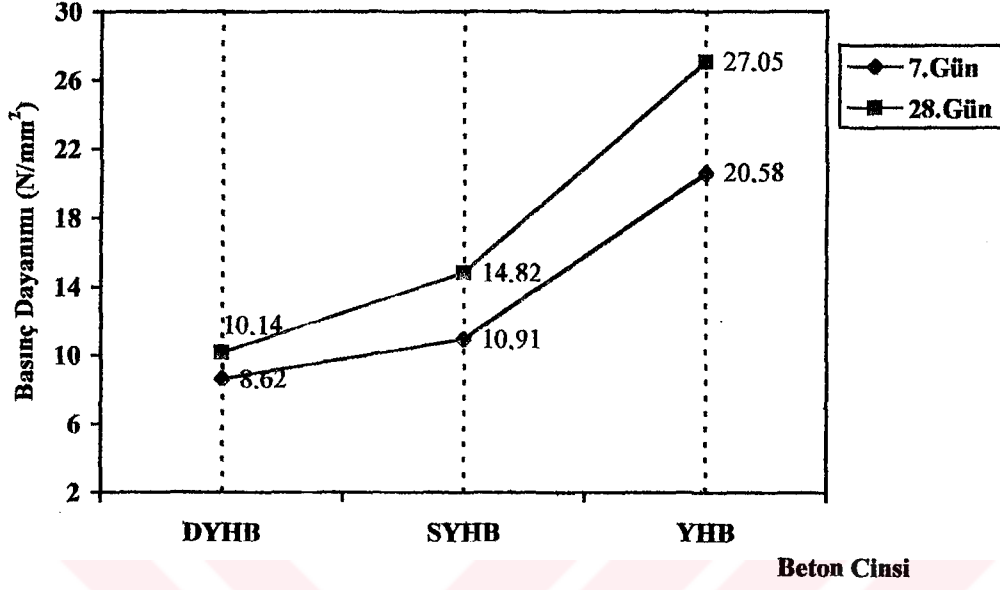
Şekil 6.2. 300 Dozajlı yarı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması



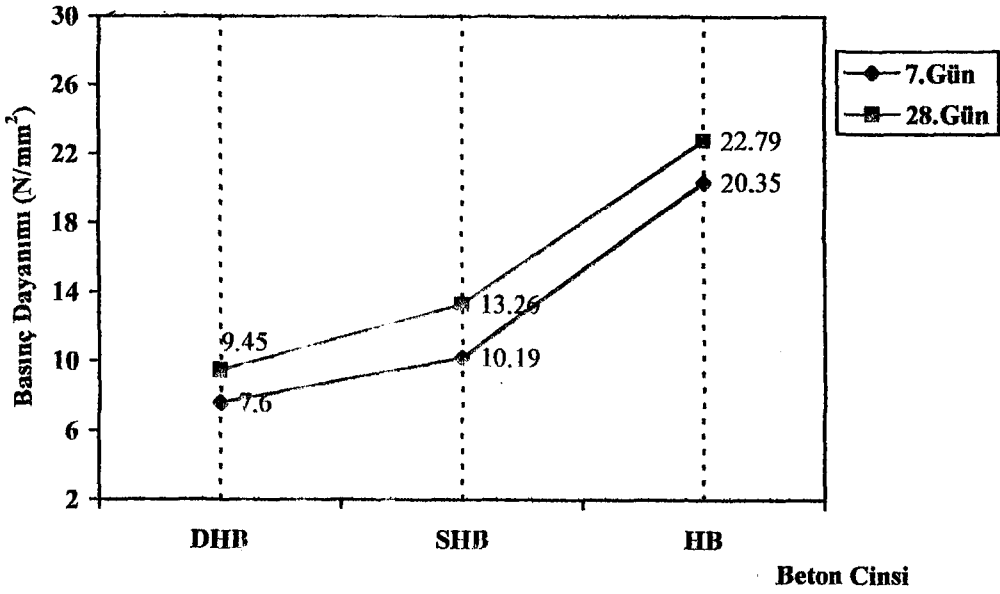
Şekil 6.3. 300 Dozajlı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması



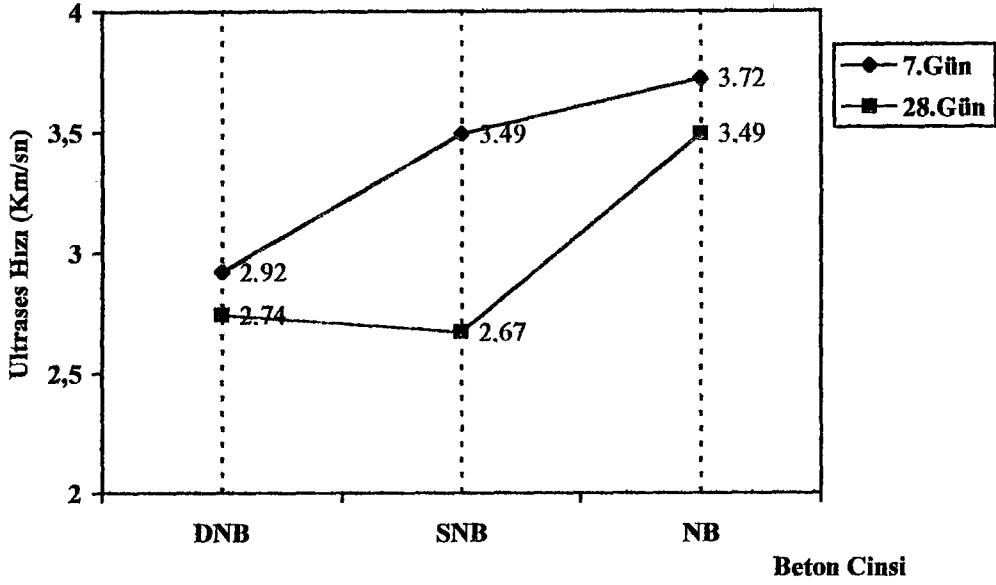
Şekil 6.4. 400 Dozajlı normal betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması



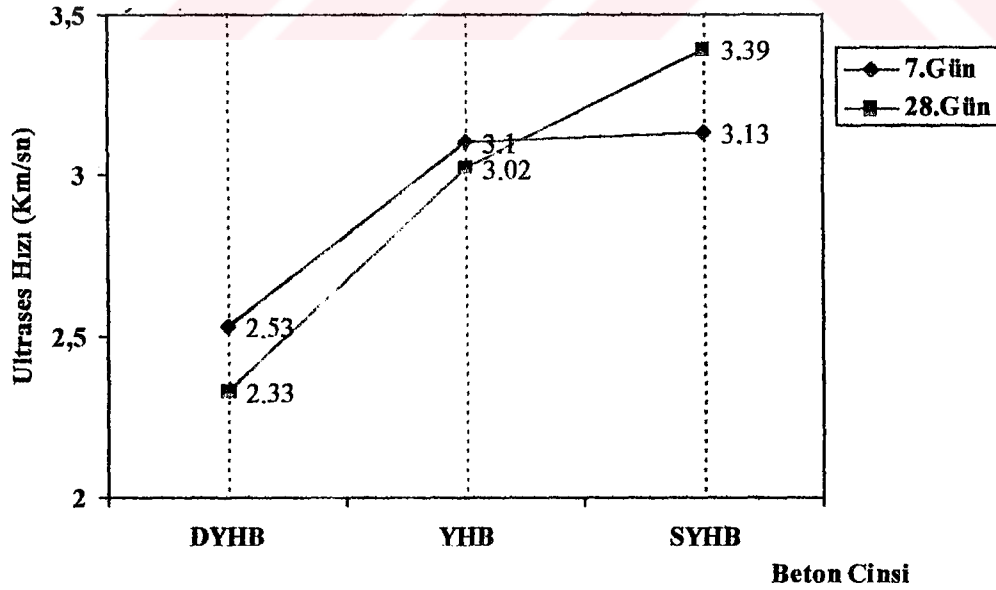
Şekil 6.5. 400 Dozajlı yarı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması



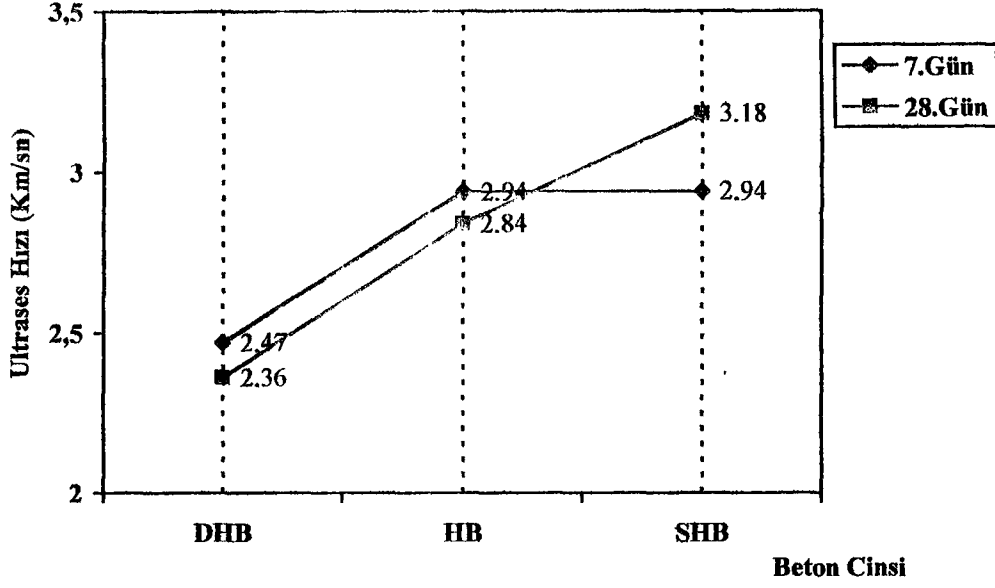
Şekil 6.6. 400 Dozajlı hafif betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması



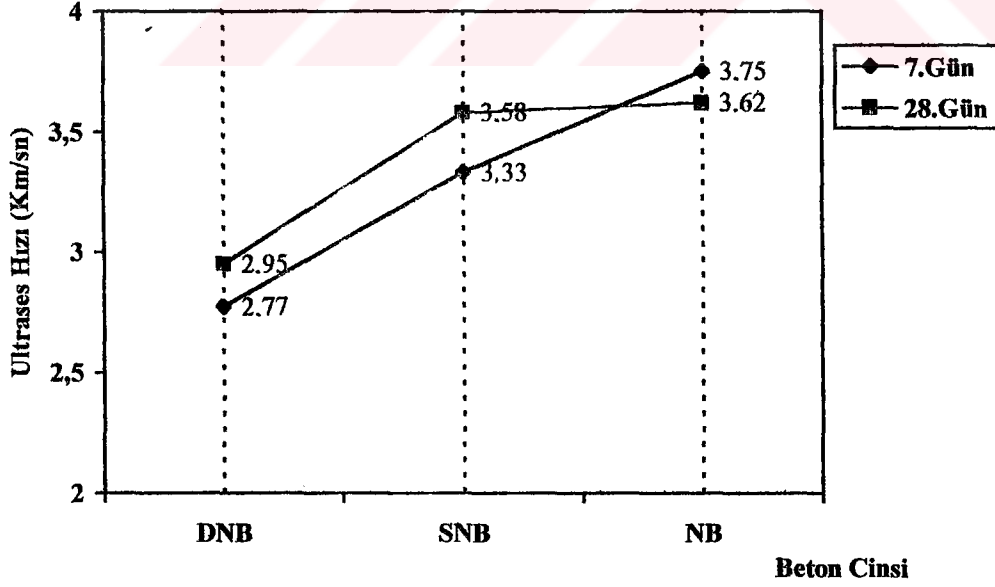
Şekil 6.7. 300 Dozajlı normal betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması



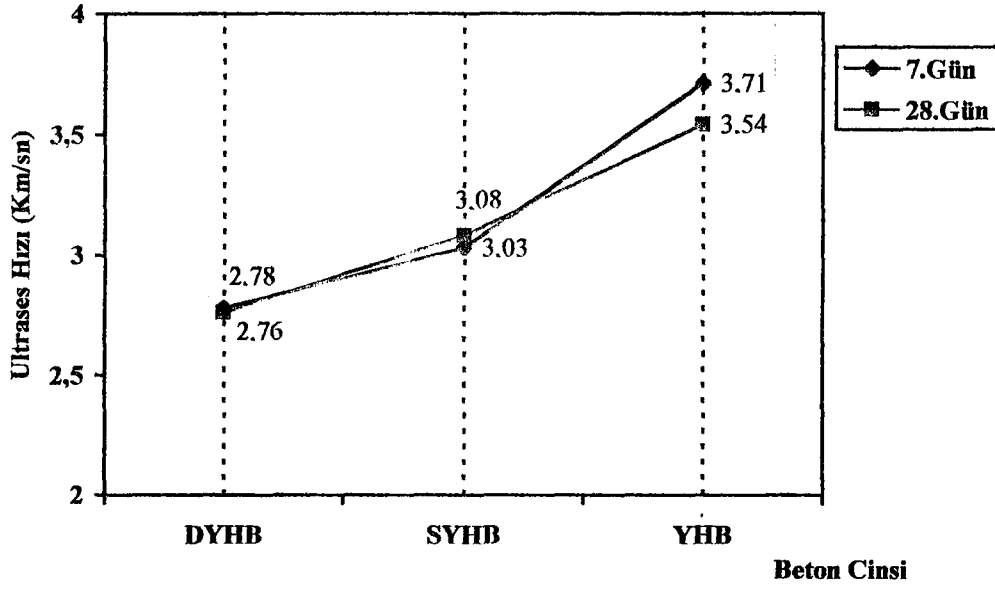
Şekil 6.8. 300 Dozajlı yarı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması



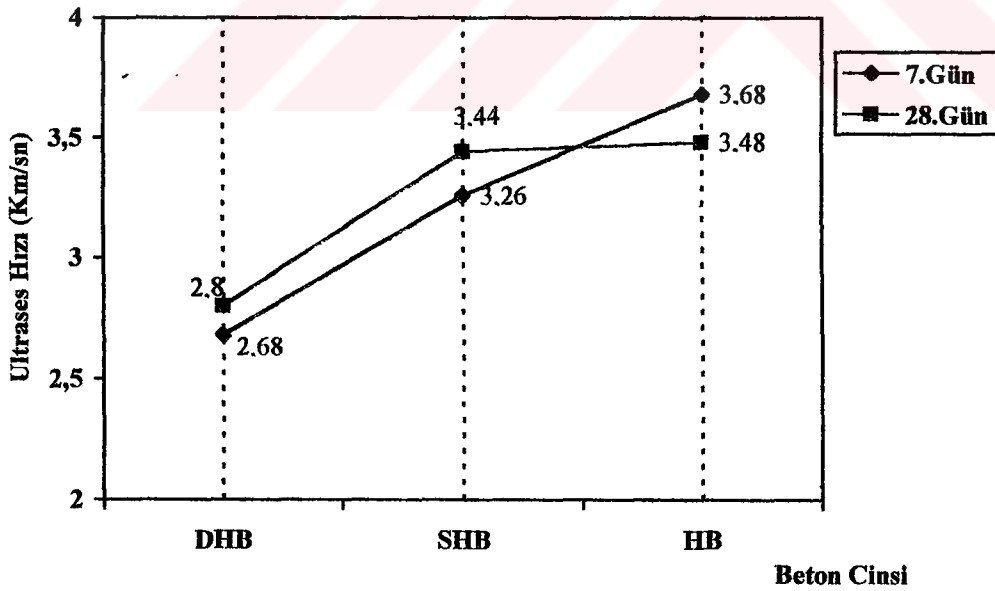
Şekil 6.9. 300 Dozajlı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması



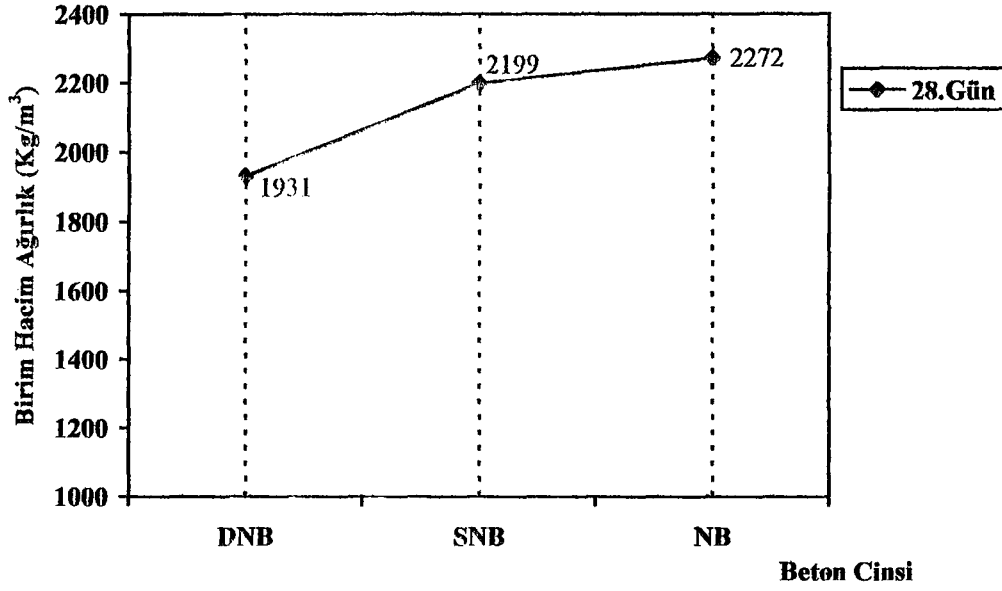
Şekil 6.10. 400 Dozajlı normal betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması



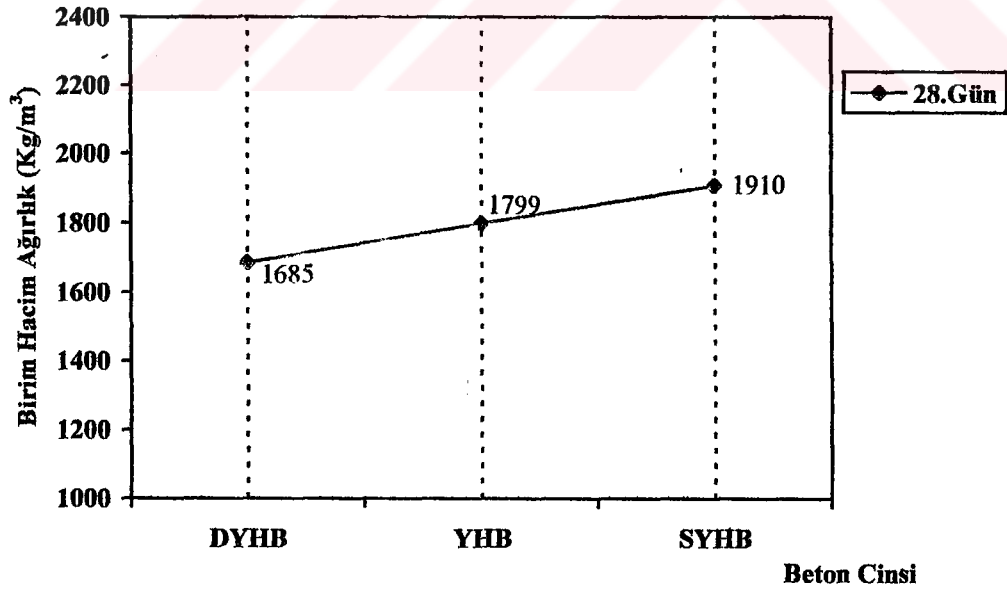
Şekil 6.11. 400 Dozajlı yarı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması



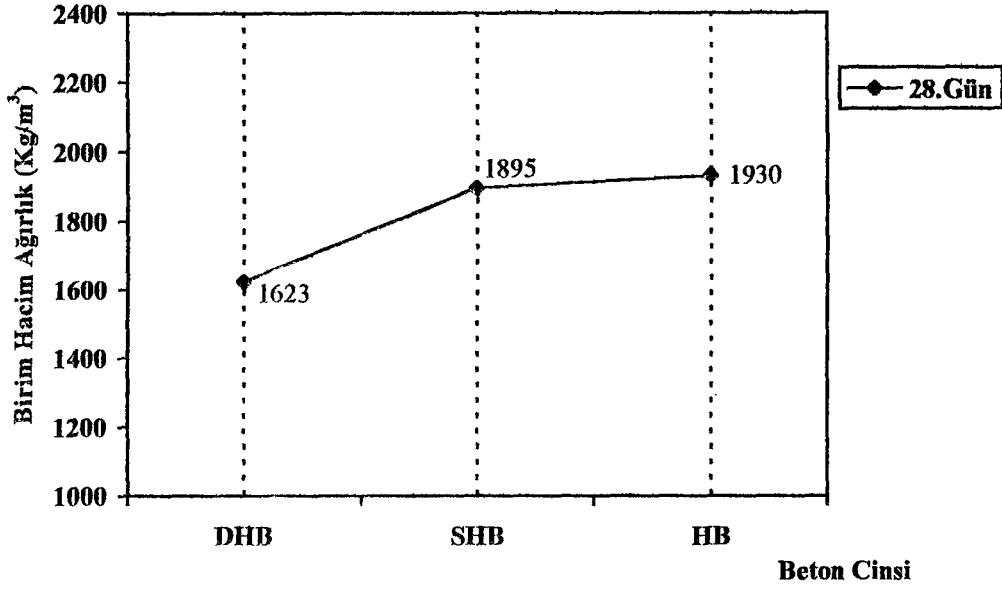
Şekil 6.12. 400 Dozajlı hafif betonların ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması



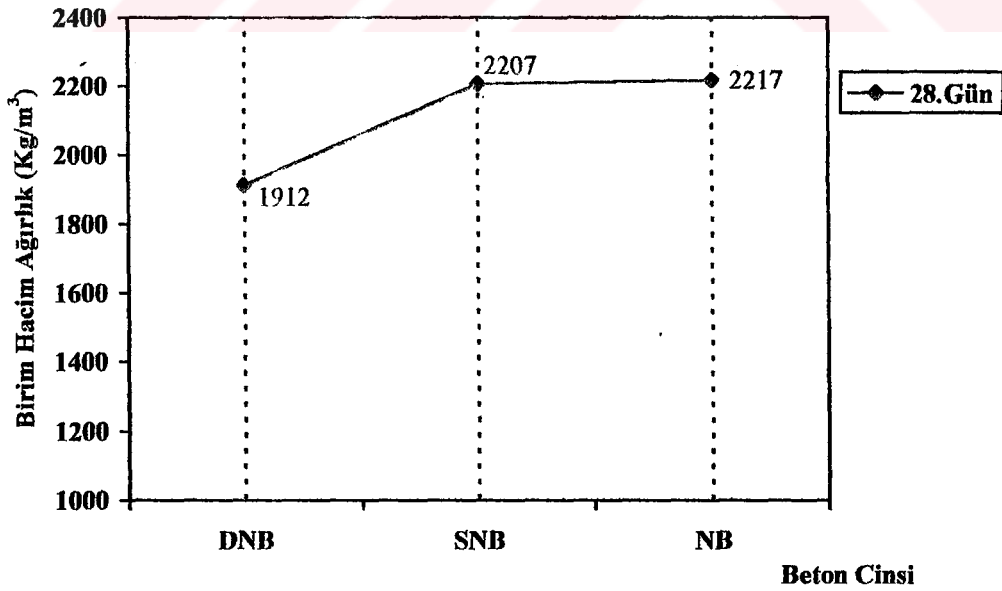
Şekil 6.13. 300 Dozajlı normal betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması



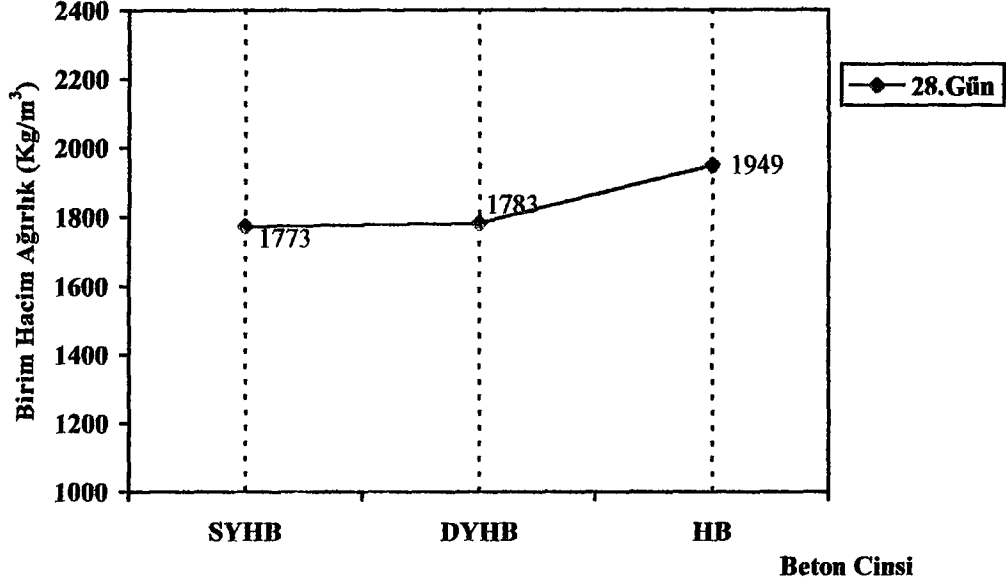
Şekil 6.14. 300 Dozajlı yarı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması



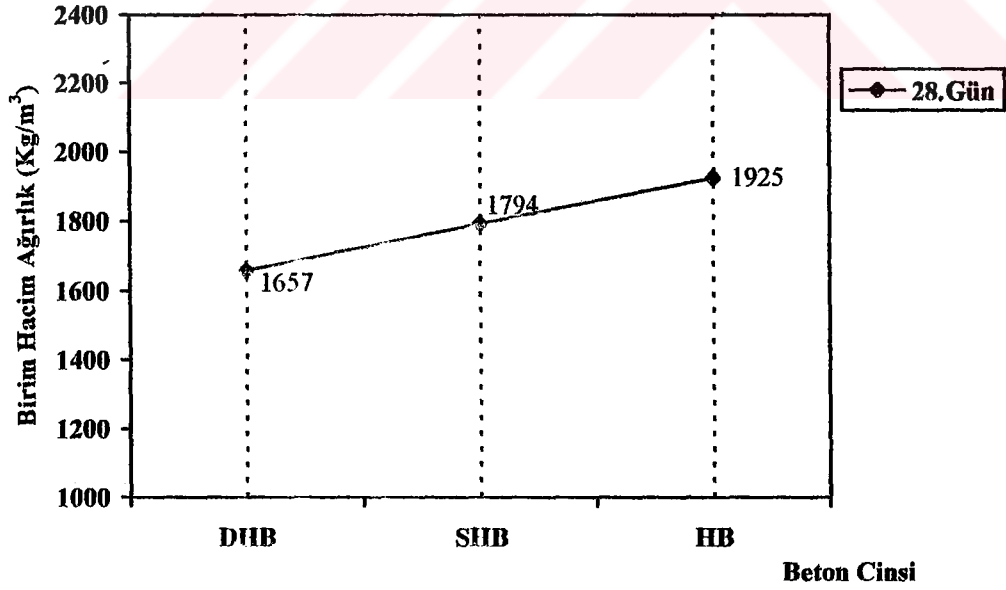
Şekil 6.15. 300 Dozajlı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması



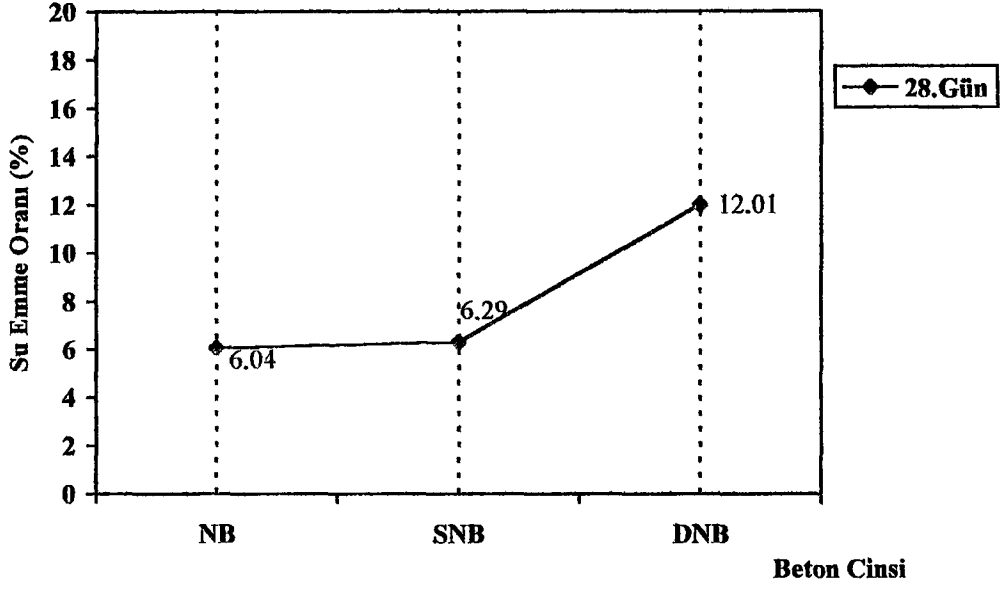
Şekil 6.16. 400 Dozajlı normal betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması



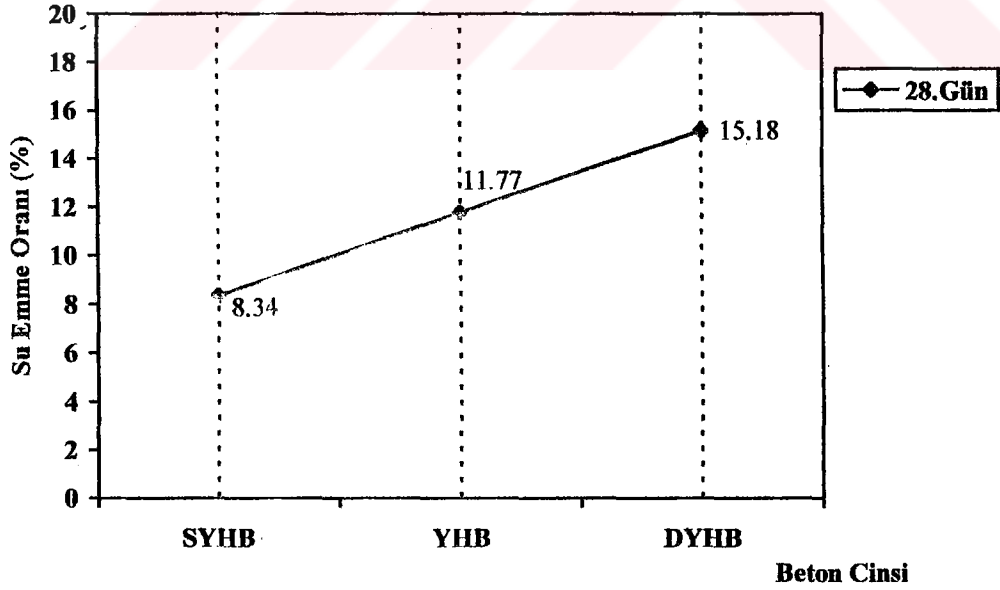
Şekil 6.17. 400 Dozajlı yarı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması



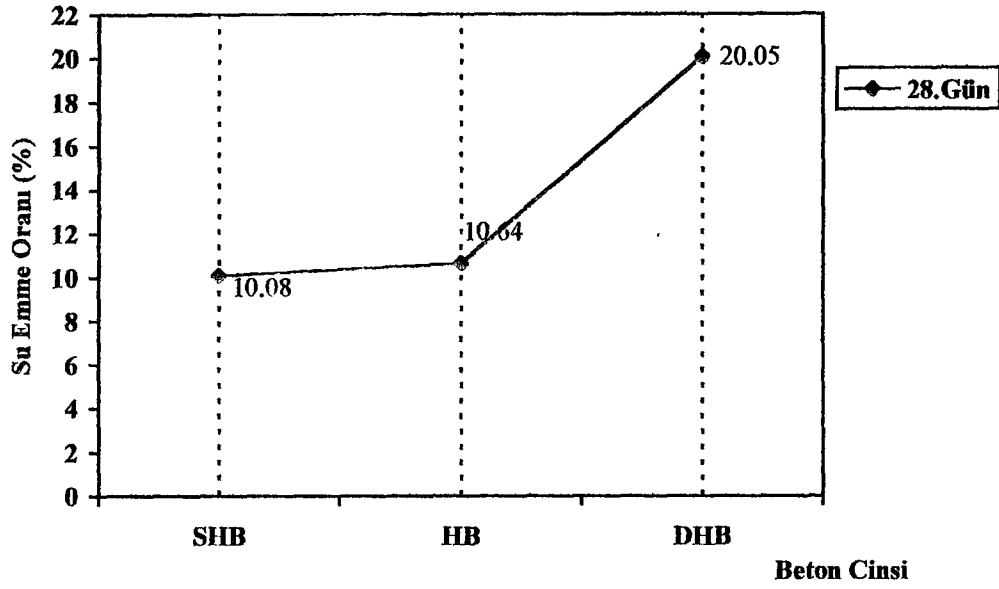
Şekil 6.18. 400 Dozajlı hafif betonların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılması



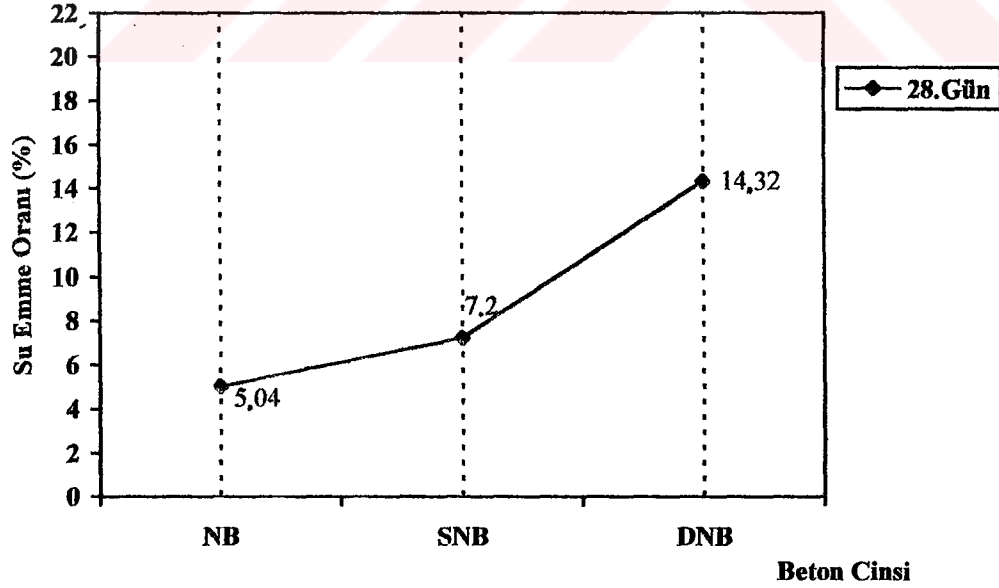
Şekil 6.19. 300 Dozajlı normal betonların su emme oranlarının karşılaştırılması



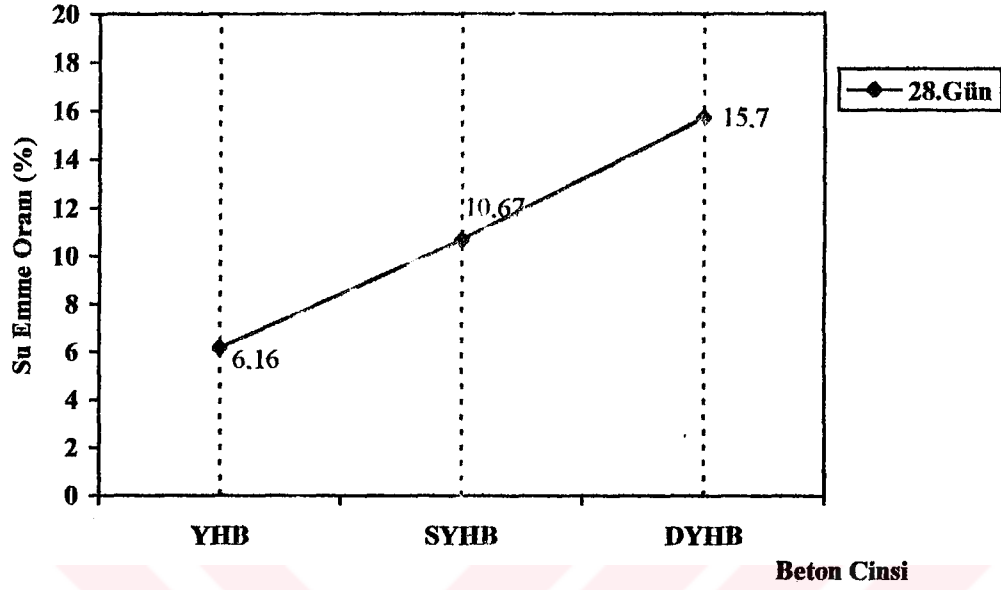
Şekil 6.20. 300 Dozajlı yarı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması



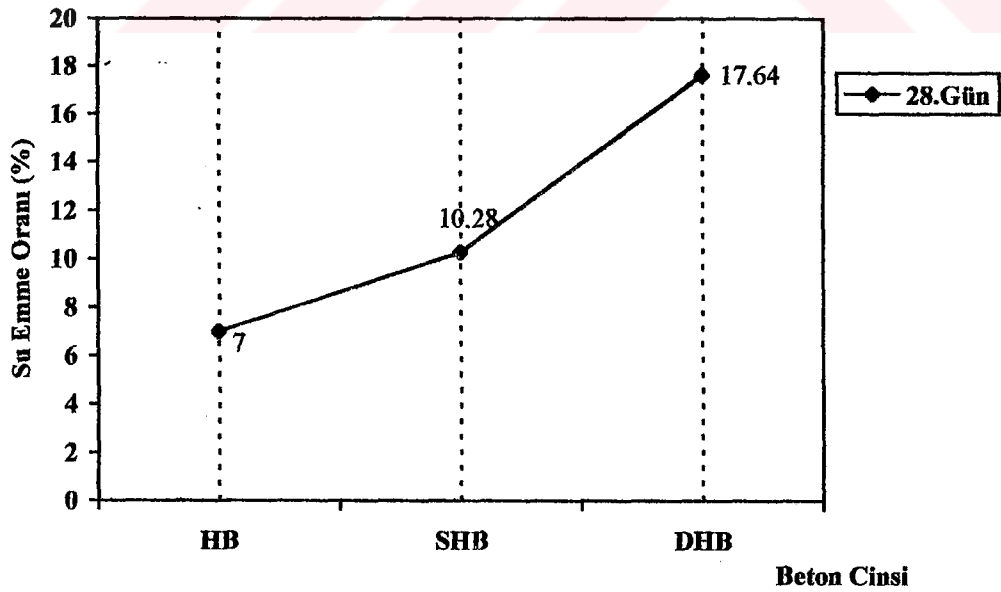
Şekil 6.21. 300 Dozajlı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması



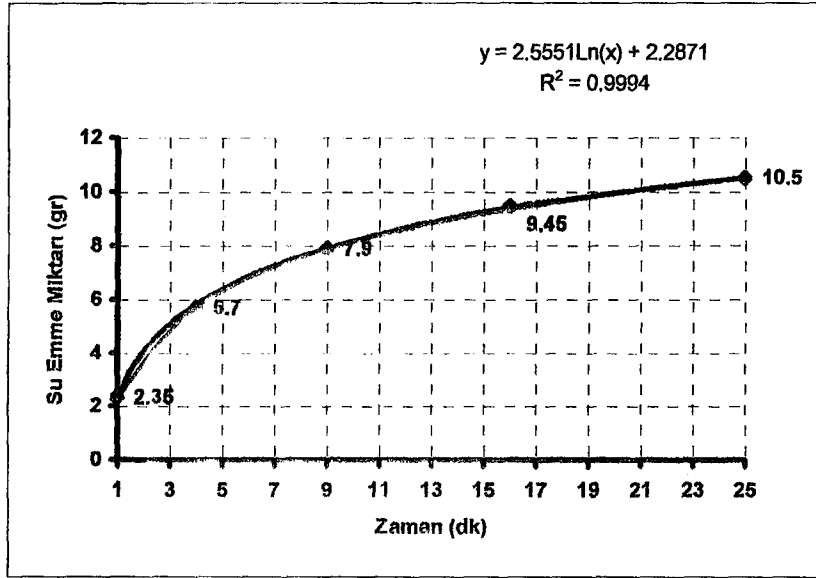
Şekil 6.22. 400 Dozajlı normal betonların su emme oranlarının karşılaştırılması



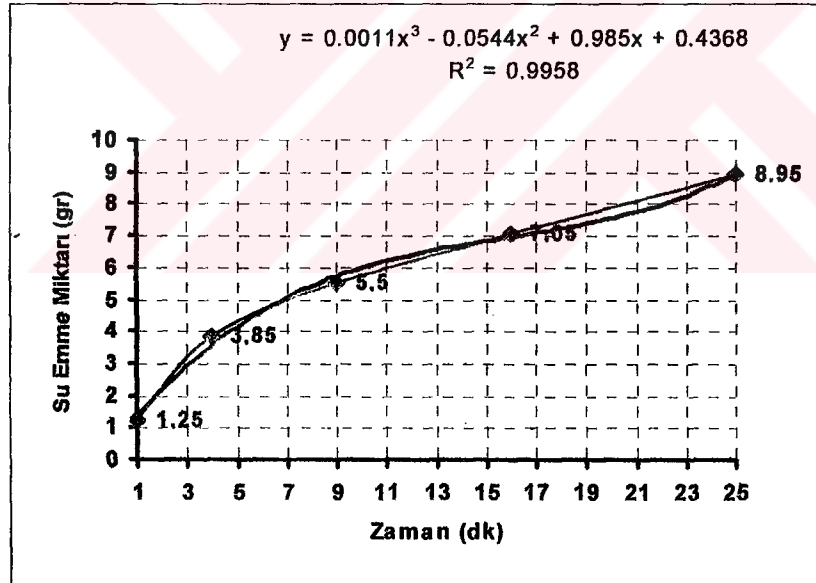
Şekil 6.23. 400 Dozajlı yarı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması



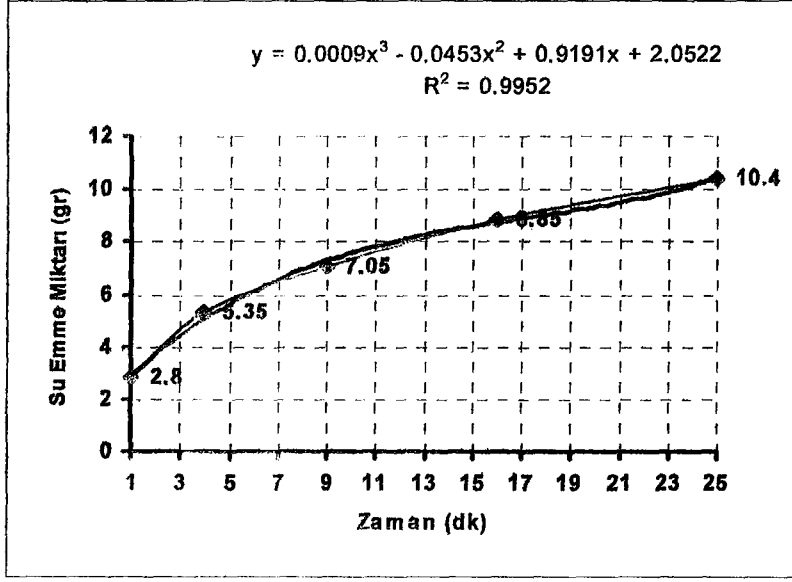
Şekil 6.24. 400 Dozajlı hafif betonların su emme oranlarının karşılaştırılması



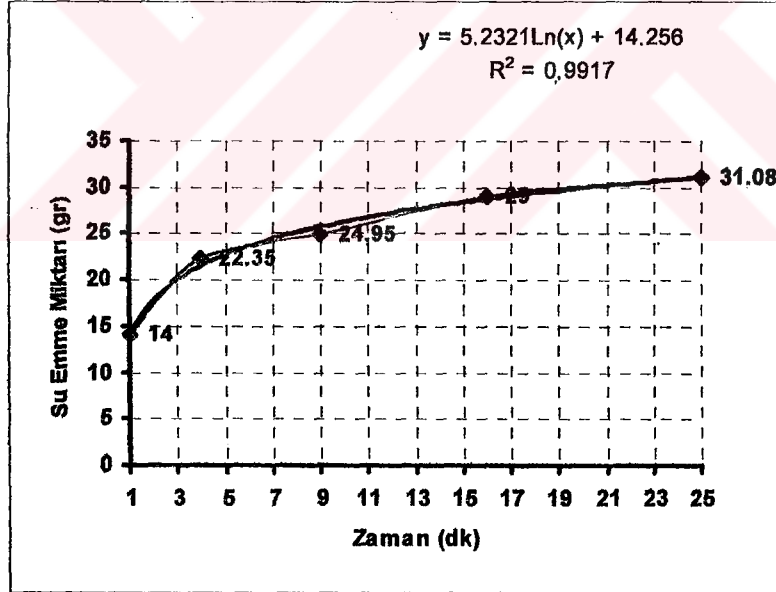
Şekil 6.25 300 dozajlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



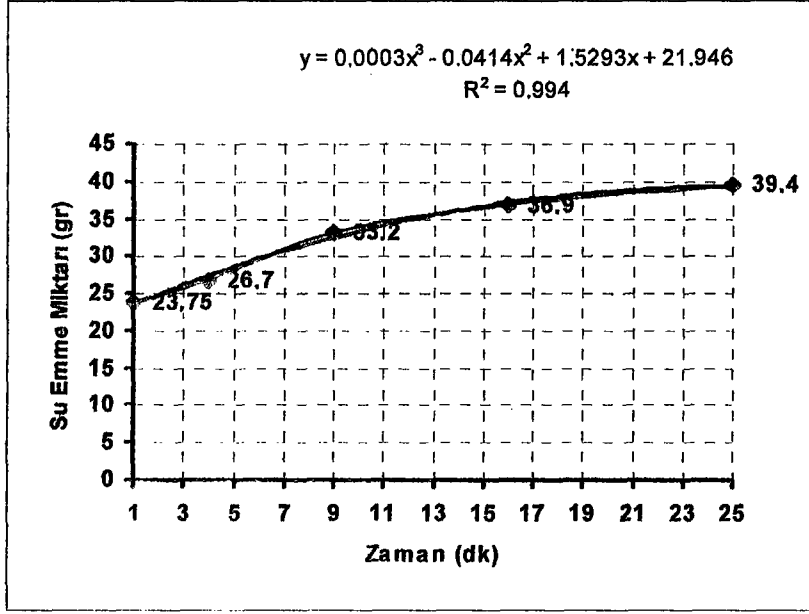
Şekil 6.26 300 dozajlı yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



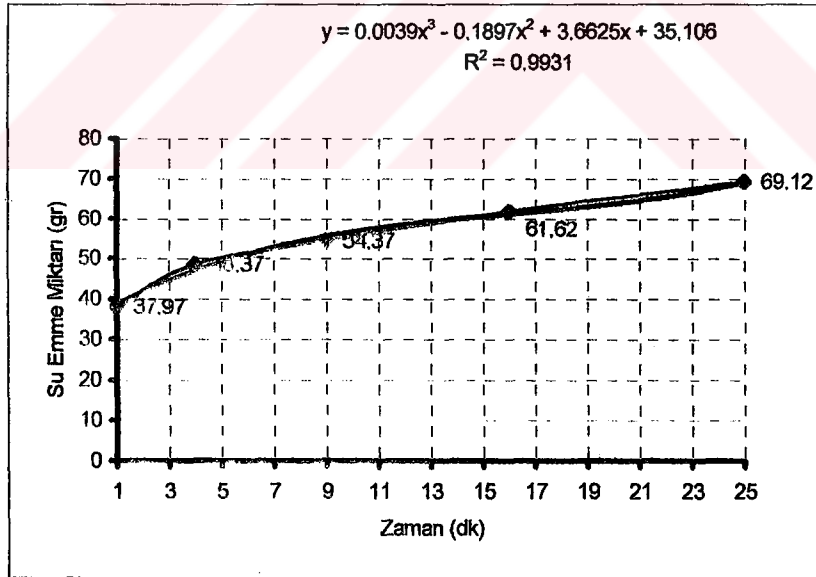
Şekil 6.27 300 dozajlı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



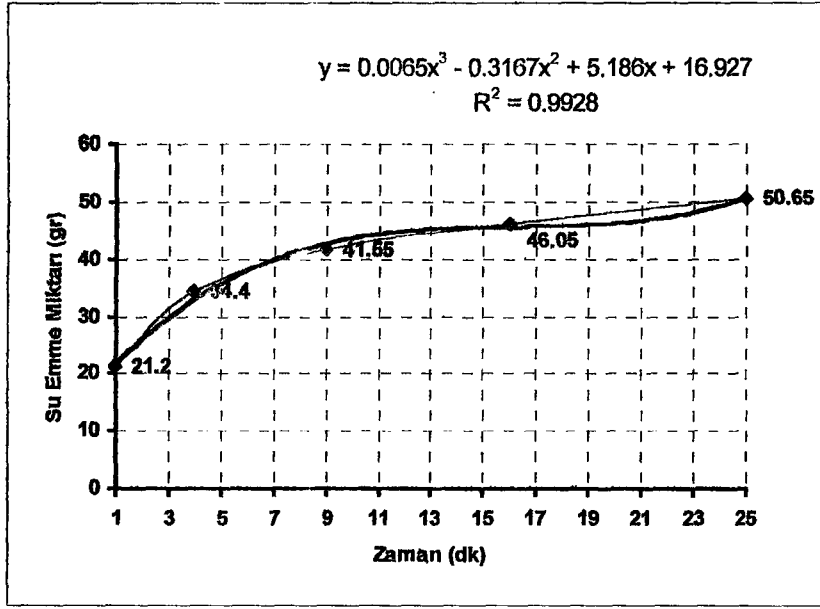
Şekil 6.28 300 dozajlı silisli dumanlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



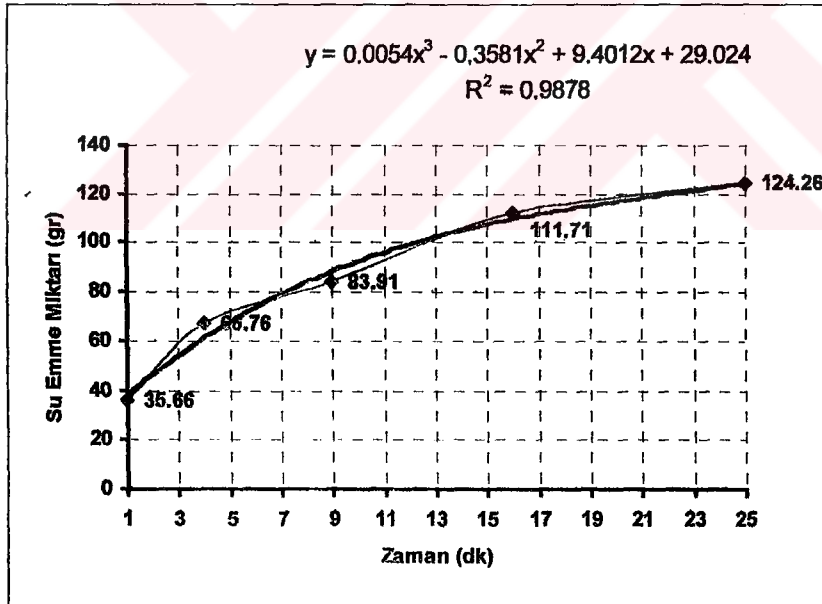
Şekil 6.29 300 dozajlı silis dumanlı yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



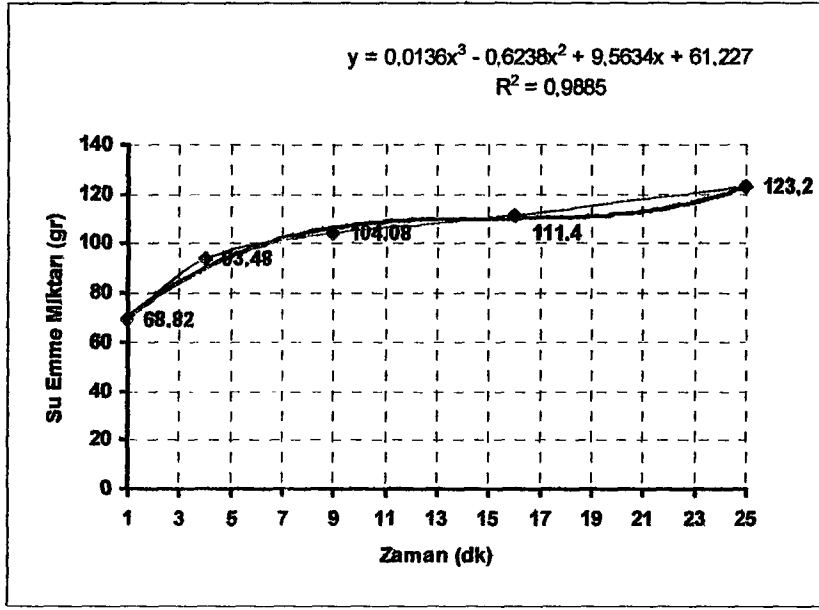
Şekil 6.30 300 dozajlı silis dumanlı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



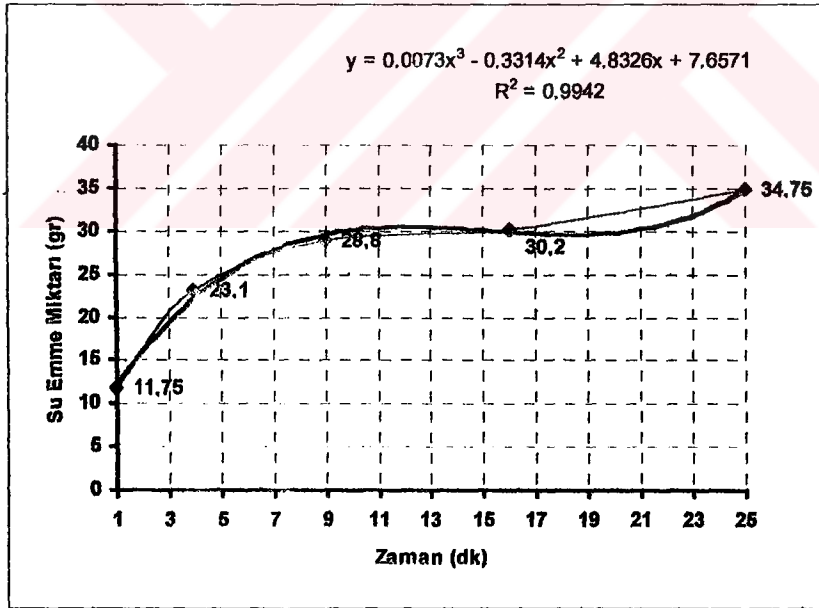
Şekil 6.31 300 dozajlı diatomitli normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



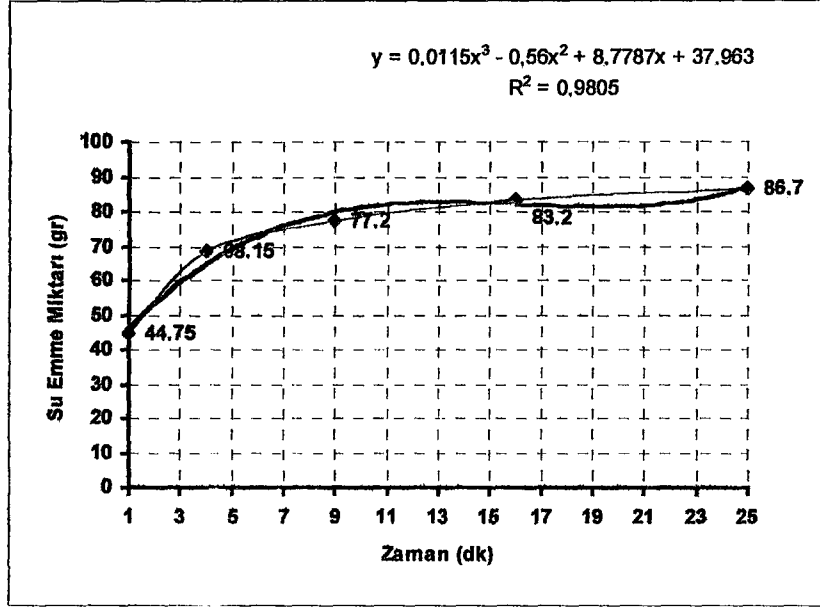
Şekil 6.32 300 dozajlı diatomitli yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



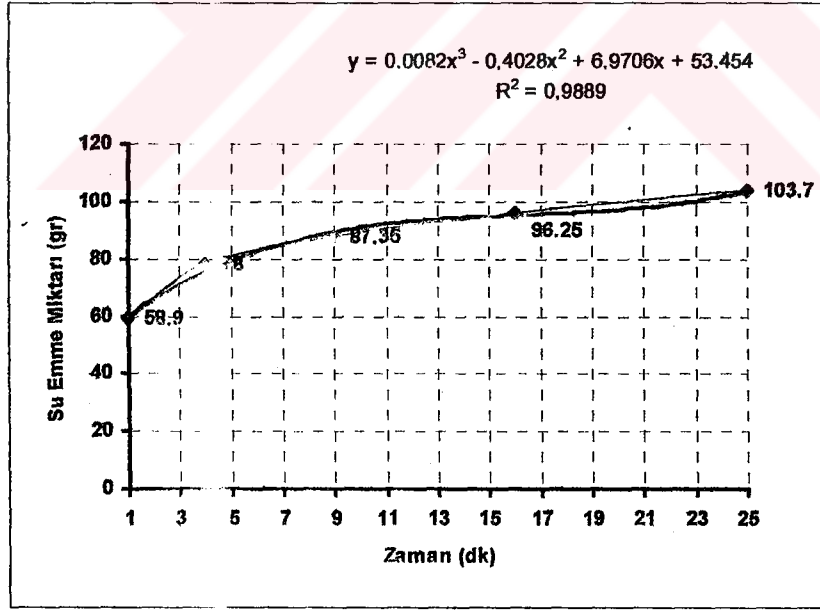
Şekil 6.33 300 dozajlı diatomitli hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



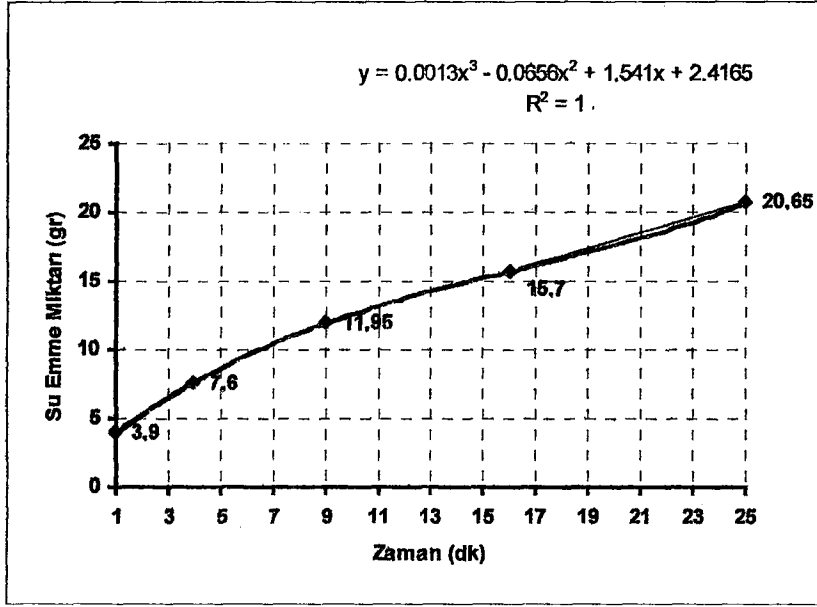
Şekil 6.34 400 dozajlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



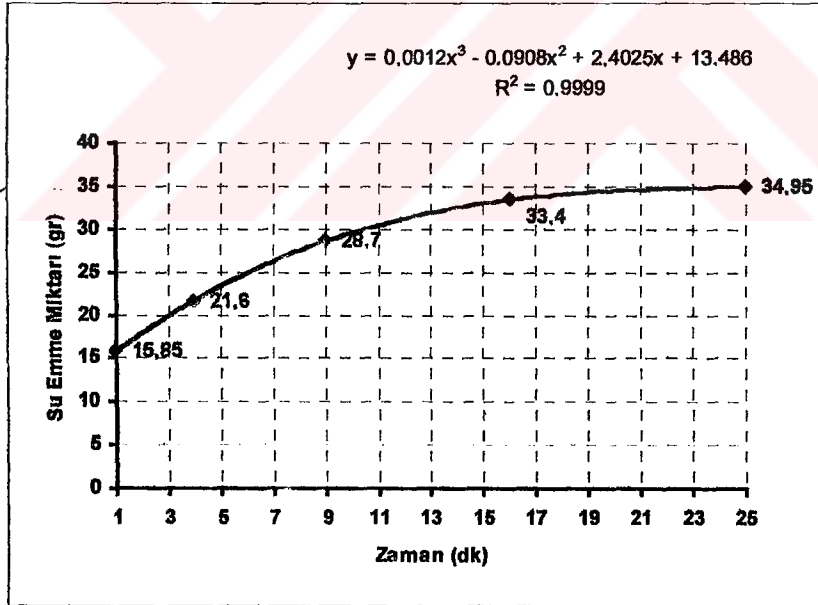
Şekil 6.35 400 dozajlı yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



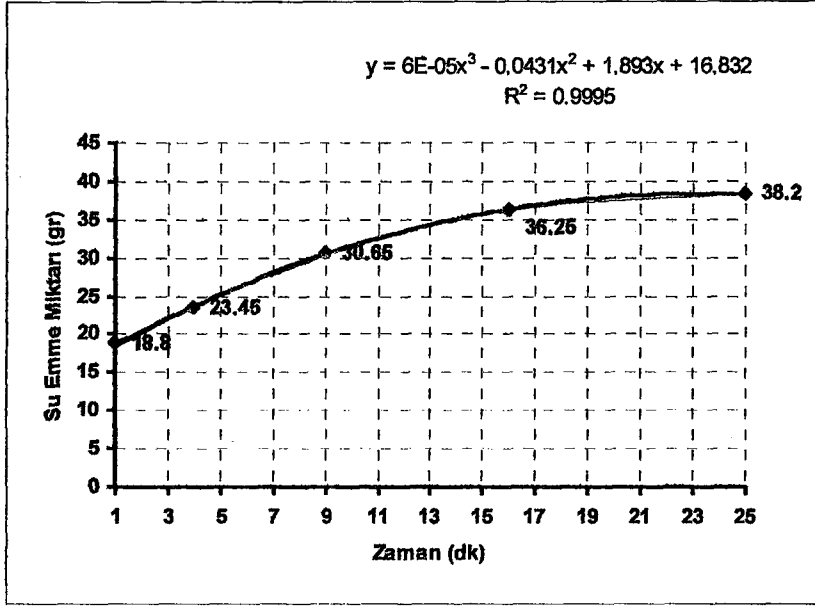
Şekil 6.36 400 dozajlı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



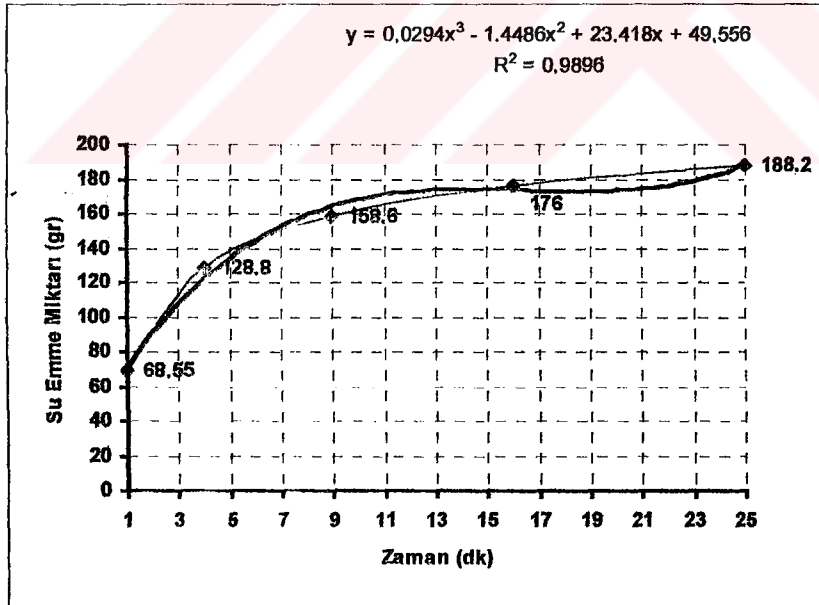
Şekil 6.37 400 dozajlı silisli dumanlı normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



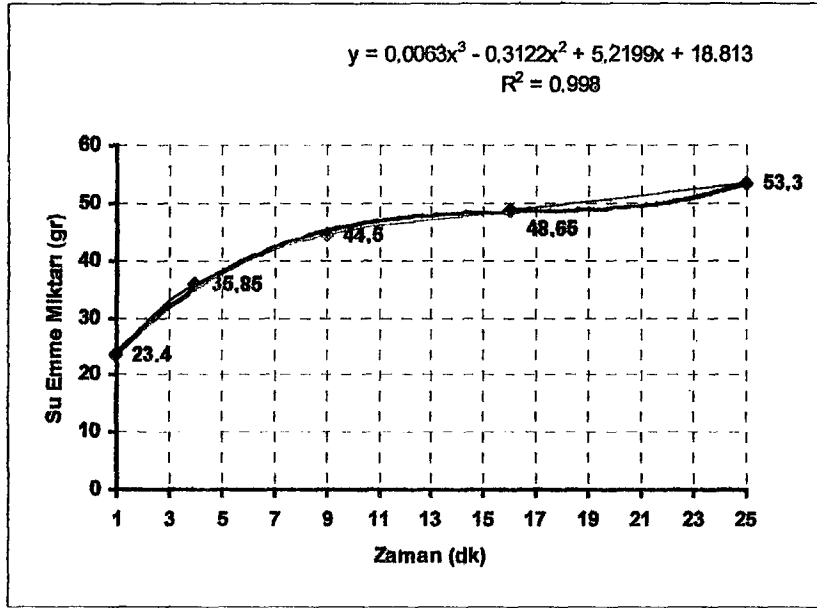
Şekil 6.38 400 dozajlı silisli dumanlı yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



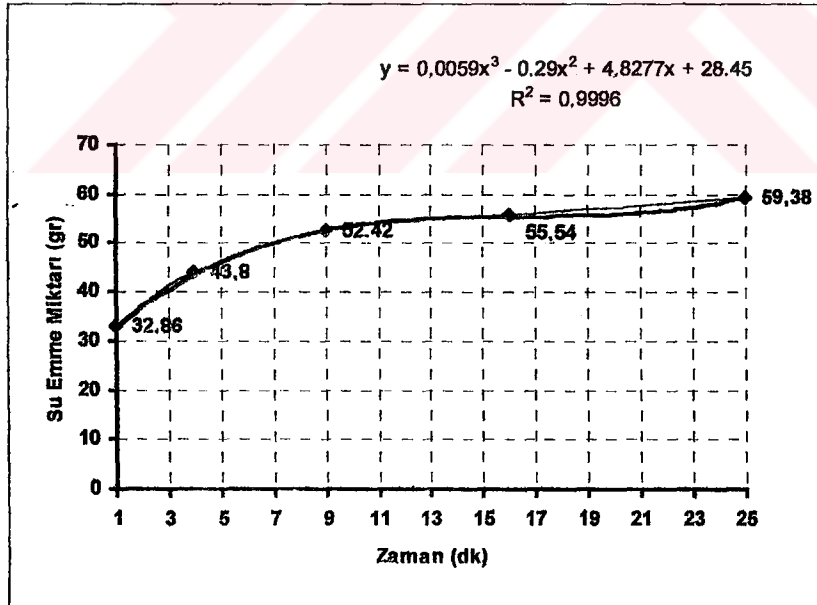
Şekil 6.39 400 dozajlı silis dumanlı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



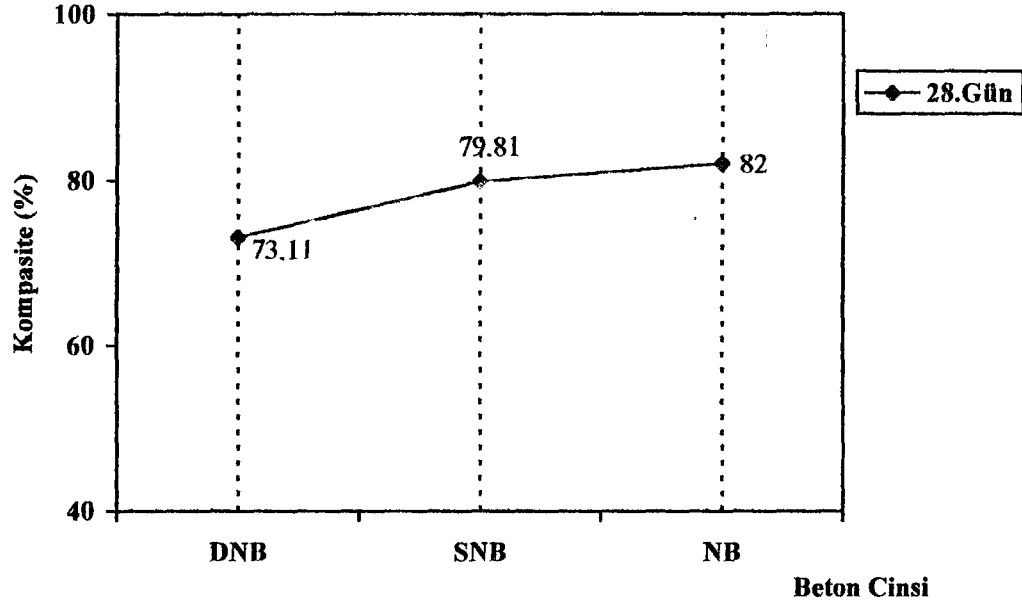
Şekil 6.40 400 dozajlı diatomitli normal betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



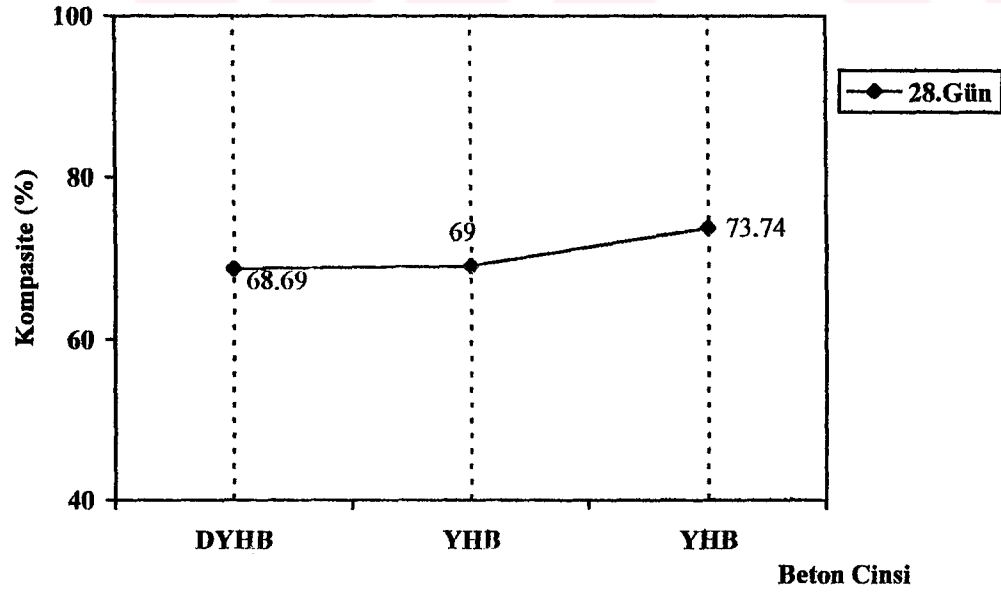
Şekil 6.41 400 dozajlı diatomitli yarı hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



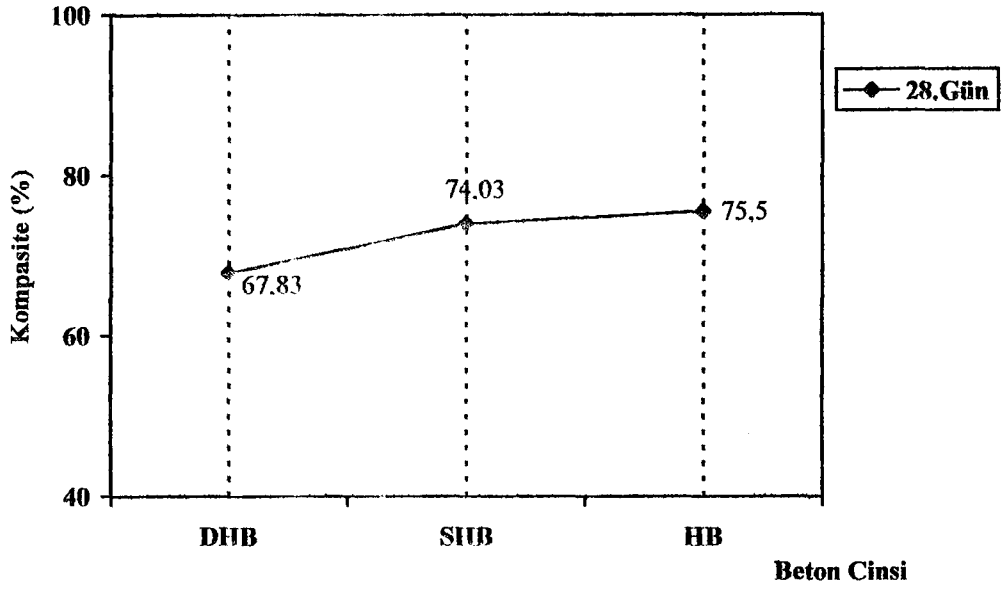
Şekil 6.42 400 dozajlı diatomitli hafif betonun zamana bağımlı olarak su emme miktarı



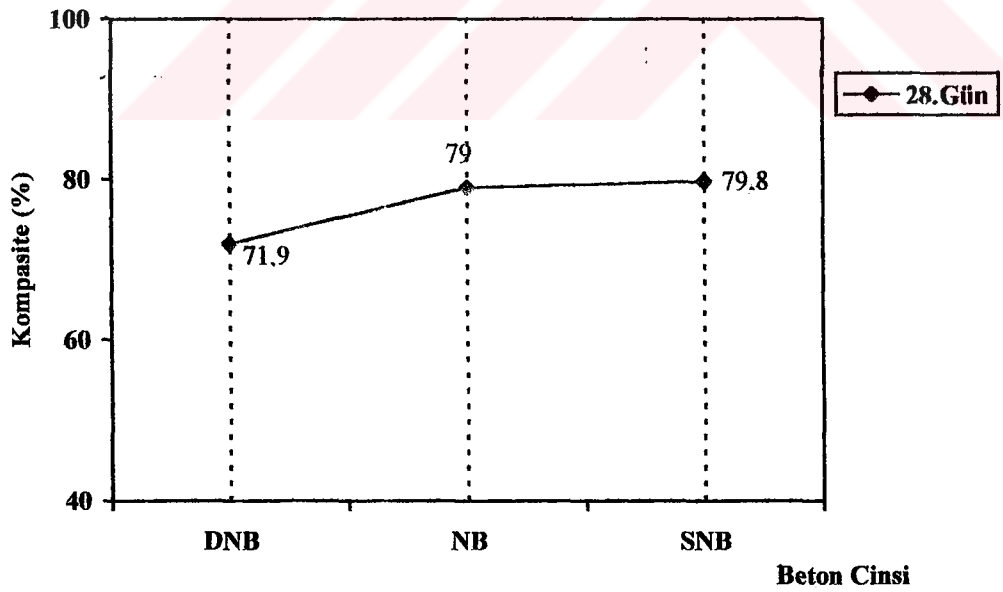
Şekil 6.43. 300 Dozajlı normal betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması



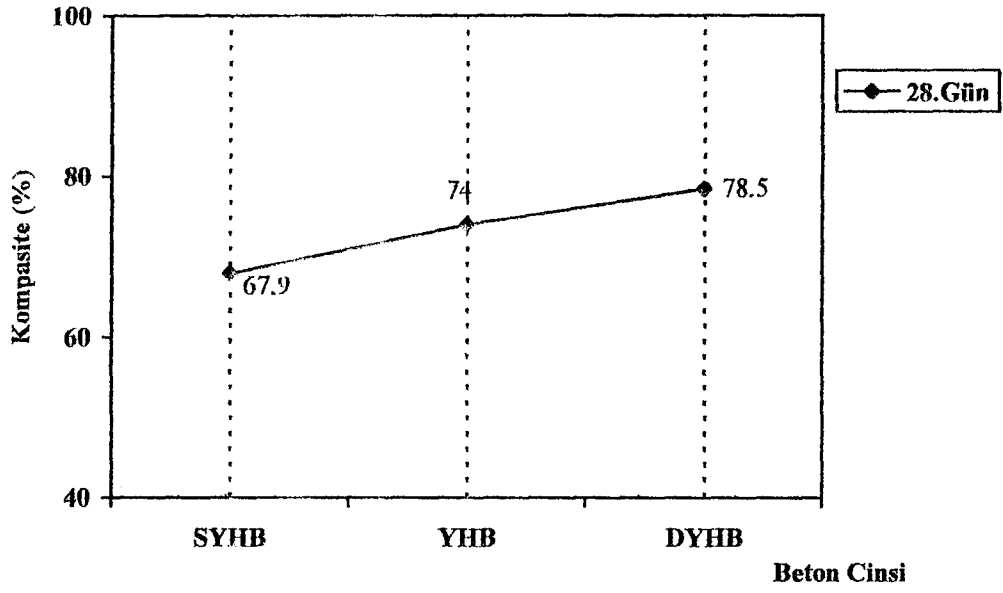
Şekil 6.44. 300 Dozajlı yarı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması



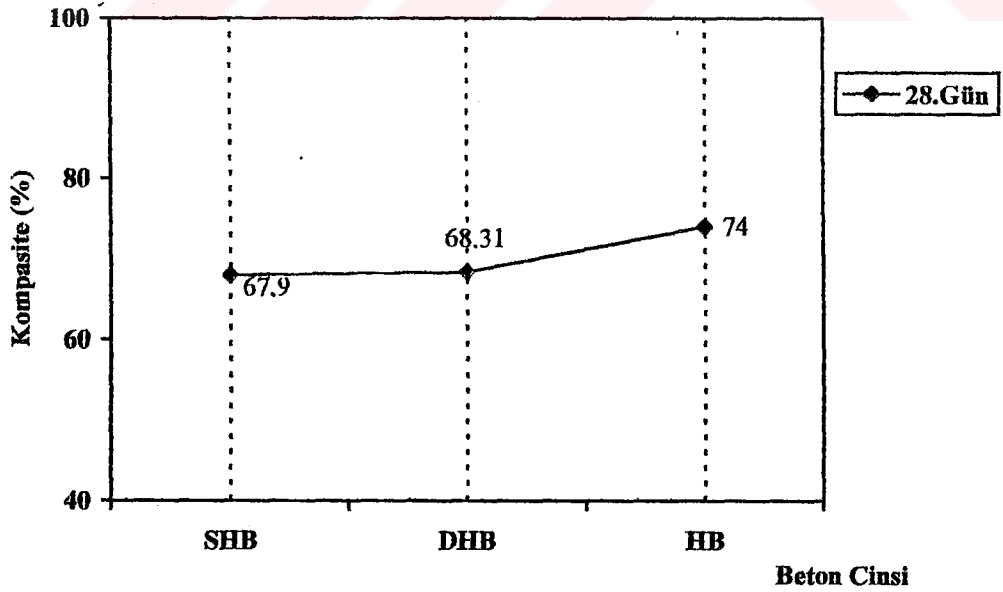
Şekil 6.45. 300 Dozajlı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması



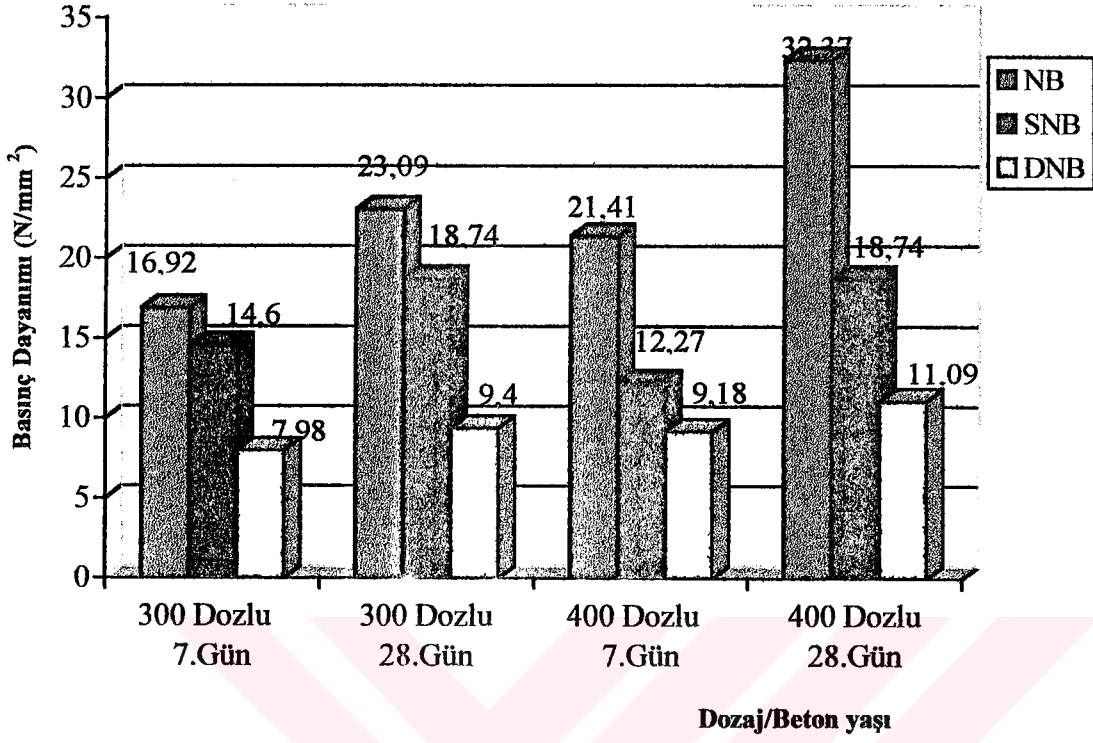
Şekil 6.46. 400 Dozajlı normal betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması



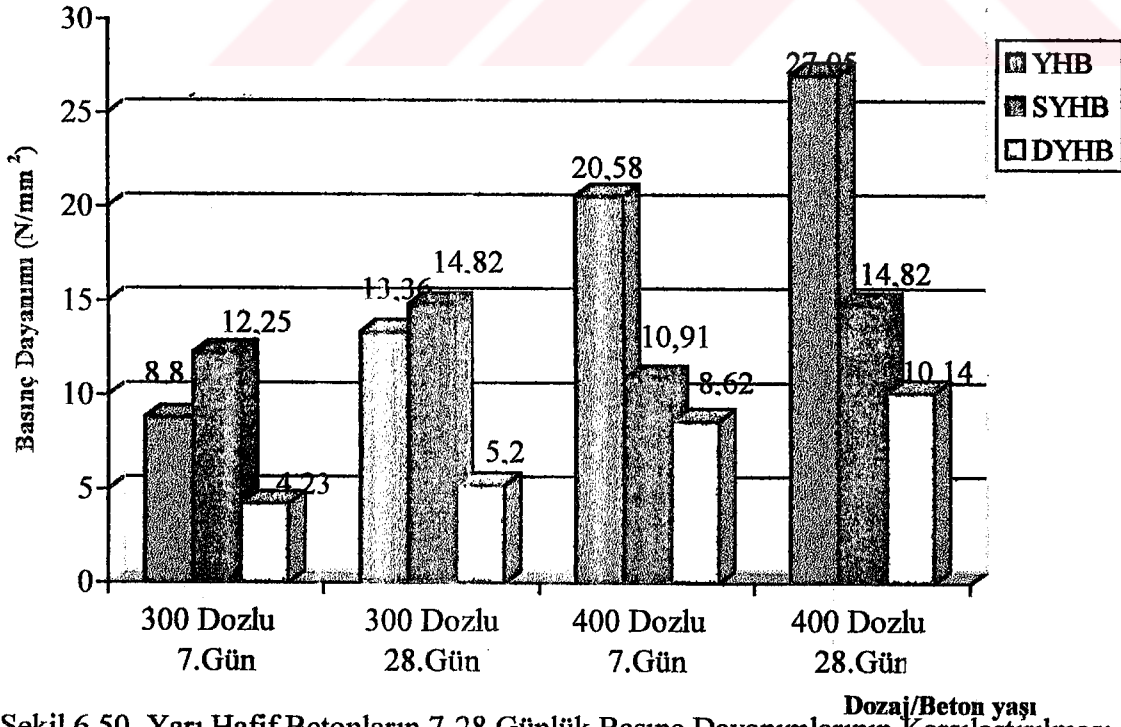
Şekil 6.47. 400 Dozajlı yarı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması



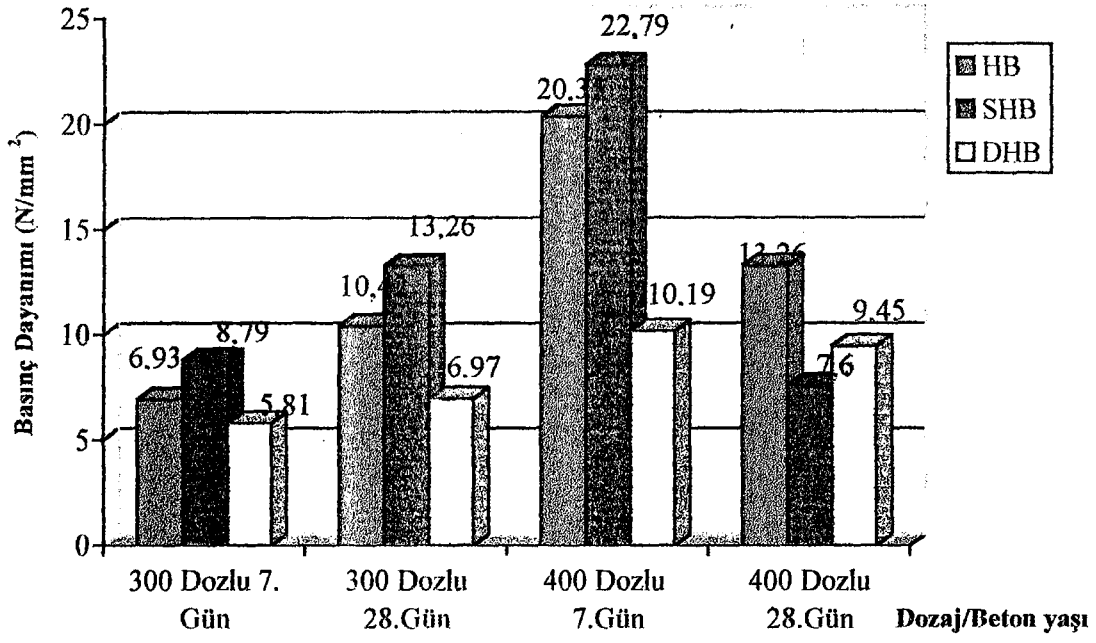
Şekil 6.48. 400 Dozajlı hafif betonların kompasite oranlarının karşılaştırılması



Şekil 6.49. Normal betonların 7-28 günlük basınç dayanımlarının karşılaştırılması



Şekil 6.50. Yarı Hafif Betonların 7-28 Günlük Basınç Dayanımlarının Karşılaştırılması



Şekil 6.51. Hafif Betonların 7-28 Günlük Basınç Dayanımlarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada, Isparta yöresinde büyük miktarda rezervi bulunan pomza ve diatomit agregası ile Isparta-Atabey agregası kullanılarak üretilen beton bloklar karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve bu malzemelerin hafif beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca elektrometalurji sanayilerinde, atık madde olarak ortaya çıkan silis dumanının, üretilen normal, hafif ve yarı hafif betonlara ilave edilerek, betonların mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Üretilen 18 farklı serideki normal, yarı hafif ve hafif beton bloklar üzerinde yapılan deneylerin sonuçları çizelge 6.1, çizelge 6.2 ve çizelge 6.3'de verilmiştir. Deney sonuçlarıyla ilgili grafikler oluşturulmuş ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

6.1. Basınç Dayanım Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Daha önce yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere hafif agregalı beton blokların basınç dayanımları düşüktür. Üretilen serilerde normal betonun basınç dayanım değerleri şekil 6.1 ve şekil 6.4 incelendiğinde diatomit agregalı normal betonun basınç dayanımının, silis dumanı katkılı ve normal agregalı betonlardan düşük olduğu ve silis dumanı ilavesinin düşük dozajlarda erken yaşlarda dayanımı artırdığı görülmektedir.

Yarı hafif ve hafif betonların basınç dayanımı değerleri, şekil 6.2, şekil 6.3, şekil 6.4 ve şekil 6.5 incelendiğinde diatomitli yarı hafif betonun basınç dayanımı, yarı hafif ve silisli hafif betondan düşüktür. Silis dumanı ilavesi yarı hafif betondan 300 dozajda dayanımı artırmakta 400 dozajda ise etkili olmamaktadır.

6.2. Ultrases Hızı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Şekil 6.7, şekil 6.8, şekil 6.9 ve şekil 6.10'daki grafikler incelendiğinde pomzalı ve diatomit agregalı betonların ultrases geçiş hızı değerlerinin düşük olduğu, bunun nedeninin de pomza ve diatomitli betonların boşluklu yapısından kaynaklanmaktadır.

Silis dumanı ilavesinin 300 dozajlı betonlarda erken yaşlardaki ultrases geçiş hızı değeri yüksek olup, bu özellik silis dumanının taneler arasındaki boşlukları doldurmalarından ileri gelmektedir.

6.3. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Betonların birim hacim ağırlıkları, şekil 6.13, şekil 6.14, şekil 6.15 ve şekil 6.16'da incelenmiştir. 300 dozajlı betonlarda kum yerine hacimce %50 oranında katılan diatomit agregası, betonların birim hacim ağırlıklarını, normal ve silisli betonlara göre düşürmektedir.

Çimento yerine %10 oranında ikame edilen silis, betonların birim hacim ağırlıklarını, normal betonlara göre arttırmaktadır. 400 dozajlı diatomitli betonların birim hacim ağırlıkları, normal ve hafif betonlara göre düşük olduğu ve yarı hafif betonlardan silis katkılı olanların birim hacim ağırlıkları, normal ve hafif betonlara göre düşük olduğu ve yarı hafif betonlardan silis katkılı olanların birim hacim ağırlıkları diğer yarı hafif betonlara göre düşüktür.

Buradan, hafif agregalı betonların birim hacim ağırlıklarının, agrega gözenekliliğine ve birim hacim ağırlığına bağlı olabileceği sonucu çıkarılabilir.

6.4. Su Emme Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Grafikler incelendiğinde, hafif beton serilerinin su emme oranlarının fazla olduğu görülmektedir. Şekil 6.19 ve şekil 6.22 incelendiğinde normal beton serilerinin su emme oranlarının %5-15, şekil 6.20 ve şekil 6.23'de yarı hafif betonların %6-16, hafif beton serilerinin ise %7-20 arasındadır. Diatomitli ve pomzalı betonların suyu fazla emdikleri anlaşılmaktadır. Bunun sebebi pomza ve diatomit agregalarının gözenekli yapıya sahip olmaları ve bu özelliğinden dolayı suyu fazla emdikleri söylenebilir.

6.5. Kılcallık Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Beton numunelerin zamana bağımlı su emme miktarları çizelge 6.3'den alınıp her seri için su emme miktarı/zaman ilişkisi grafikleri çizilmiştir. Grafikler incelendiğinde bütün serilerin 1. ve 9. dakika aralığında emdikleri su miktarının fazla olduğu tespit edilmiştir. Zaman ilerledikçe emilen su miktarı da azalmaktadır. Bütün grafikler excel 6.0 programında çizilmiş zamana bağımlı su emme miktarlarını veren formül ve regresyon analiz değeri şekiller üzerinde gösterilmiştir.

6.6. Komposite Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Grafiklerde, hafif agrega yoğunluğunun fazla olduğu beton serilerinin komposite değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Buradan hafif agregalı betonların porozite oranının fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Şekil 6.47 ve Şekil 6.48 incelendiğinde 400 dozajlı yarı hafif ve hafif betonlarda silis dumanının kompositeyi düşürdüğü yaklaşık % 32'lik bir porozite meydana getirdiği söylenebilir.

Normal betonlardaki doluluk oranı % 70-82, yarı hafif betonlarda % 69-79 ve hafif betonlar ise % 68-75 arasındadır. AnlaŐılacaęı üzere hafif betonlarda porozite oranı artmakta buna mukabil basınç dayanımına aynı oranda düşmektedir. Ancak birim hacim ağırlıkları da azalmakta, böylece hafif beton bloklar elde edilmiş olmaktadır.



7. ÖNERİLER

İnşaat sektörünün önemli sorunlarından biri olan binanın zati ağırlıklarının azaltılabilmesi için çok çeşitli yapay ve doğal malzemeler kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerin hafif olmasının yanısıra, bu malzemelerde ısı yalıtıcılık, ateşe dayanıklılık ve dayanım özellikleri de aranmıştır. Bu özelliklere cevap veren ve inşaat sektörünün temel elemanı haline gelen tuğla yerine, inşaat sanayisinin gelişmesi ve modern tekniklerin kullanılması ile günümüzde dayanımı yüksek hafif malzemelerin kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Modern teknikler bina elemanlarının mekanizasyon ve otomasyonla iklim şartlarına bağlı kalmaksızın inşaat bölgesinde ek işlemlere gerek duyulmayacak şekilde üretilmesini sağlamaktadır. Bu nedenlere bağlı olarak günümüz inşaat sektöründe hafif malzemelerin kullanılması giderek artış göstermektedir. Hafif malzemelerin özellikle doğal olanlarının ucuz olmaları, teknoloji ithali ve büyük yatırım gerektirmemeleri başta ısı yalıtımından sağlayacağı enerji tasarrufu olmak üzere işçilik, donatı tasarrufu ve benzeri nitelikleri ile önemli avantajlar sağladığı söylenebilir.

Yapılan çalışmada pomza agregalı ve diatomit agregalı beton bloklarının birim hacim ağırlıklarının normal agregalı beton bloklara göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Binalarda yapı hafifliği çok önemlidir. Özellikle temel ve alt katlara az yük yüklemek binanın dayanıklılığı bakımından çok önemlidir. 13 Mart 1992 tarihinde meydana gelen Erzincan depreminde yıkılan binalarda tespit edilen sebeplerden biri de bina ağırlığı olmuştur. Bu husus İstanbul İnşaat Mühendisleri Odasınınca hazırlanan Erzincan depremi hakkında bir raporda şöyle ifade edilmektedir. “Yapılara gelen deprem yükleri yapıların ağırlıkları ile orantılıdır. Mimari nedenlerle gereksiz yere ağır yapıların yapılmasından kaçınılmalı, mümkün olduğu kadar hafif yapı yapılmalıdır.”

Yine Erzincan depreminde görülen, çok katlı binalarda en çok hasar gören zemin ve 1.nci katlar olmuştur. Bunun sebebi bu katlara daha fazla yük bindiğindedir. Özellikle pomzadan imal edilen beton bloklarla yapılan binalarda bina ağırlığında 1/3 oranında bir azalma ve temele iletilen yük miktarının azalmasından dolayı demir donatıda yaklaşık % 17 miktarından tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca pomzanın ısı geçirgenlik kat sayısı normal betondan 4-6 kat daha iyi yalıtım sağlamakta olup bu özelliğinden dolayı ısı ve enerji sağlamaktadır.

Yapılan araştırmada pomzadan imal edilen bimsblokların şu özellikleri tesbit edilmiştir.

1- Doğal gözenekleri sayesinde ısı ve ses geçirgenliği,

2- Yangına karşı dayanıklılığı,

3- Hafifliği sayesinde binalara daha az yük yüklediği,

4- Daha az yakıtla daha iyi ısınma sağladığı,

5- Daha iyi sıva tutuculuğu,

6- Daha iyi nem tutuculuğu,

7- Duvar ve sıvada daha az ve ucuz işçilik sağladığı,

8- Tuğlaya nazaran çok daha az maliyetle elde edildiği gibi özellikleri sayesinde inşaatlarda bölme duvar elemanı olarak kullanılması uygun olacaktır.

Türkiye yüzölçümünün yaklaşık 1/5'ini volkanik kayalar oluşturmaktadır. Ekonomikliği ile bu doğal kaynaklarımızın değerlendirilmesi ÷lke ekonomisine fayda sağlayacaktır.

Pomza özellikle gelişmiş ÷lkelerde inşaat sektöründe ısı ve ses yalıtımı sağlamak için büyük miktarda tüketilmektedir. ÷lkemizde büyük rezervi bulunan pomzanın değerlendirilmesiyle yapısal konfor, gürültünün neden olduğu stres ve fazladan enerji tüketimi ve bunun neticesinde meydana gelen hava kirliliği ağıısından, yapılarda bu hammaddenin kullanılmasıyla büyük kazançlar sağlanacaktır.

Yapılan deneysel çalışmalarda, pomzalı blokların orta dayanımlı beton olduğu bu nedenle yalıtım betonları ve ara bölme duvar elemanlarında kullanılması uygun olacaktır. Ayrıca silis dumanının düşük dozajlı karışımlarda çimento yerine ikame edilmesiyle erken yaşlarda dayanım artışı sağlanmaktadır.

Atık madde olarak gör÷len silis dumanının beton karışımlarda kullanılmasıyla değer kazanmış ve ÷lke ekonomisine de fayda sağlamış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Neville, A. M., "Properties of concrete", Pitman publishing, pp. 606, 607, London, 1975
- [2] Urhan, S., "Hafif ve çok hafif betonların karakteristik özellikleri ve teknik kapasiteleri", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı: 370, Ankara, 1994
- [3] Aruntaş, H.Y., "Diatomitlerin çimentolu sistemlerde puzolonik malzeme olarak kullanılabilirliği", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1996
- [4] Özbek, R., "Silis dumanının betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi" Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1998
- [5] Niederhoff, A.E., Lightweight pumice concrete, "ASCE proceedings" 1949
- [6] Erciyas, Y., "Bims ve bims betonu üzerinde araştırmalar", İmar ve İskan Bakanlığı yayınları No: 5-17, Ankara, 1963
- [7] Ağırdir, L.M., "Altınapa bims agregasından TS 3234'e uygun hafif beton briket imali", Selçuklu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 1989
- [8] Taşdemir, M.A., "Taşıyıcı hafif agregalı betonların elastik ve elastik olmayan davranışları", İTÜ. Fen.Bil.Enst., Doktora Tezi, İstanbul, 1982
- [9] İhtiyaroğlu, E., "Tabii hafif agregalarla imal edilen hafif beton blokların duvar elemanı olarak özelliklerinin tayini üzerine araştırmalar", İmar ve İskan Bakanlığı yayınları, No 5, Ankara, 1976
- [10] Kars, F., "Türkiye briketlerinin ısı davranışları", KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sayfa 29, Trabzon, 1994
- [11] Koç, Ş. ve Kılıç, R., "Madeneşhri (Karaman) Güney Batısındaki pomza taşının etüdü ve hafif beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması", Doğa, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 12,1988

- [12] Şimşek, O., “Madenşehir (Karaman) Doğusundaki pomza taşının hafif beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması” Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1987
- [13] Çankıran, O., “Pomza agregalı hafif betonun mekanik özellikleri ve kimyasal katkılarla dayanımının artırılması”, SDÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta 1998
- [14] Sancak, E., “Hafif agregalı beton blokların mekanik özellikleri üzerine çelik lif kullanımının etkisi”, SDÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 1998
- [15] Oğuz, C., “Pomza betonda fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler”, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 1994
- [16] Kan, Ü., “Türkiye briketlerinin nemsel davranışı” KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 1994
- [17] Sezgin, M., “Diatomitin hafif yapı eldesinde değerlendirilebilirliği”, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 1998
- [18] Başyığıt, C., “Yüksek oranda, yüksek kalsiyumlu uçucu kül katılmasının beton özelliklerine etkisi” SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 1993
- [19] Yaşar, Y. ve Pehlevan, A., “Higrotermik koşullar açısından bimsbeton bloklu dış duvar konstrüksiyonları ve havalandırılmalı yeri bir bimsblok”, I. Isparta pomza sempozyumu, S: 71-80, Isparta, 1997
- [20] Özdemir, B. M., “Yeni briket”, IX. Mühendislik Sempozyumu, Mimarlık Bildirileri, S: 13-19, Isparta, 1996
- [21] Tonak, T., Sipahi F. ve Atay, Y., “Diatomit atıklarının çimento endüstrisinde kullanılabilirliği ve sağladığı tasarruflar”, TÇMB, Çimento Bülteni, 28, 1991
- [22] Taşdemir, M.A., “Silis dumanı içeren yüksek mukavemetli betonların basınç altındaki davranışları”, 3. Ulusal Beton kongresi, S: 175-187, İstanbul, 1994

- [23] "4. Ulusal Beton kongresi", S. 280, Maya basın yayın, İstanbul, 1996
- [24] Ekinci, C.M., "Antalya Etibank Elektrometalurji işletmesi silis dumanlarının çimento ve betonda katkı maddesi olarak değerlendirilmesi", Fırat Ün. SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Elazığ, 1995
- [25] TS 1114, "Hafif agregalar-beton için", T.S.E., Ankara, 1986
- [26] TS 2823, "Bimsbetondan mamûl yapı elemanları" TSE., Ankara, 1986
- [27] Köktürk, U., "Endüstriyel hammaddeler", D.E.Ü., Müh. Mím.Fak., yayın no: 205, İzmir, 1991
- [28] "Türkiye diatomit envanteri", Maden Teknik Arama Kurumu, No 138, Ankara, 1968
- [29] Okucu, A., "Hafif inşaat malzemeleri" Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, S: 76, Bursa, 1992
- [30] Mete, Z., "Kütahya-Alayunt yöresi diatomit yataklarının izole tuğla yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması", Seramik Teknik Kongresi, S: 253-256, 1985
- [31] Özbey, G. ve Atamer, N., "Diatomit hakkında bazı bilgiler" 10. Türkiye madencilik teknik kongresi, S: 493-501, Ankara, 1987
- [32] Neu, E.L. ve Aleiartore, A.F., "Diatomite, encyclopedia of chemical technology", 3rd edition, 1977
- [33] Desiyab, "Diatomit sektör araştırması", Devlet sanayi ve işçi yatırım bankası, Ankara, 1979
- [34] Massozza, F., "Puzolanlar", puzolanlı çimentolar ve kullanım alanları semineri", TÇMB, Ankara, 1989
- [35] DPT., "Refrakter Sanayii", V. Beş Yıllık Kalkınma planı özel ihtisas komisyonu raporu" Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 1986

- [36] Gündüz, L. ve Arkadaşları., "Pomza Teknolojisi" cilt I, S: 6-13-15-33, Isparta, 1988
- [37] Davraz, M., Gündüz, L., "Isparta yöresi pomza taşının hafif yapı elemanı olarak değerlendirmemesi üzerine bir analiz", I. Isparta pomza sempozyumu bildiriler kitabı, S: 63, Isparta 1997
- [38] Çankıran, O., Serin, G. ve Sancak, E., "Pomza taşı hammaddesinin kullanıldığı sektörler", SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 3, Sayı 1, Isparta, 1998
- [39] Sandar, P., "Concrete Materials" Second edition, pp. 518, Newjersey, 1992, U.S.A.
- [40] TS 3649, "Perlitli ısı yalıtım betonu", T.S.E., Ankara, 1982
- [41] Postacıoğlu, B., "Beton", S: 234-235, Teknik kitaplar yayınevi, İstanbul, 1987
- [42] TS 453., "Gazbeton ve köpük beton yapı malzeme ve elemanları", T.S.E., Ankara, 1975
- [43] "Çimentotaş-Gazbeton yapı elemanları el kitabı"
- [44] Borhan, B., "Ytong el kitabı-1", Türk ytong sanayi AŞ., 1990
- [45] Borhan, B., "Ytong el kitabı-2", Türk ytong sanayi AŞ., 1990
- [46] Ersoy, H.Y., "Alçı sünger taşı cam lifi kompoziti", İTÜ. Fen Bil.Ens. Doktora Tezi, İstanbul, 1985
- [47] Adams, E.C., "Yapı bilgisi-3" S: 52-53; Ankara, 1993
- [48] "Alçıpan kuru duvar ve asma tavanlar" Aspen yapı sistemleri San. ve Tic.Lid.Şrt., Katalogu, İstanbul, 1996
- [49] Baradan, B., "Yapı Malzemesi I" D.E.Ü., Müh.Fak.Basım Ünitesi, İzmir, 1998
- [50] Özfirat, L. ve Ergen, M., "Perlitli yapı malzemeleri ve hazır yapı elemanları",
- [51] "Isparta İl Yıllığı", T.C. Isparta Valiliği S: 9-10, Isparta, 1996
- [52] TS 825, "Binalarda ısı yalıtım kuralları", T.S.E., Ankara, 1998

- [53] Gündüz, L. ve arkadaşları., “Pomza Teknolojisi”, cilt II, Isparta, 1998
- [54] “Antalya Etibank Elektrometolurji İşletmesi Laboratuvar verileri” Antalya, 1998
- [55] Erdoğan, T.Y., “Admıxtures for concrete” Middle East Technical Universty, Ankara, 1997
- [56] Öztaş, M.E., “Betonun mekanik ve fiziksel özelliklerinin saptanmasında ultrasonik cihazların kullanılma olanakları üzerine bir araştırma”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1989



ÖZGEÇMİŞ

Güngör SERİN, 1968 yılında Isparta ilinin Şarkikaraağaç ilçesinde doğdu. İlkokulu Gelendost'ta, orta öğrenimini Senirkent Endüstri Meslek Lisesi Yapı Bölümü'nde tamamladı.

1985-1986 öğretim yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü'nü kazandı. 1989 yılının Haziran ayında mezun oldu. 1989 yılında Milli Eğitim Bakanlığı'nın açmış olduğu öğretmen yeterlilik sınavında Alt Yapı branşında ikinci olarak kazandı. Rize Mimar Sinan Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Alt Yapı Bölümü'ne Atelye ve Meslek dersleri Öğretmeni olarak atandı.

1993 yılında kendi isteği ile Isparta Senirkent Teknik ve Endüstri Meslek Lisesine tayin oldu. 1996 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Şarkikaraağaç Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü'nde Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı.

1996 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisansına başladı.

1997 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü'ne Öğretim Görevlisi olarak atandı.

Aynı Fakülte'deki görevine devam etmektedir.

Evli ve bir çocuk babasıdır.