

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PERLİTLİ BETON BLOKLARDA
DAYANIM OPTİMİZASYONU

(Lisansüstü Tezi)

Hazırlayan
İnş. Müh. Osman ÜNAL

Yöneten
Doç. Yük. Müh. Ü. Rıza AKGÜN

Eskişehir - 1986

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ÖNSÖZ	v
BÖLÜM I- PERLİTİN TANITILMASI	1
1.1. Giriş	1
1.2. Perlitin Tanımı ve Yapısı	2
1.3. Perlit Yataklarının Dağılımı ve Üretimi	4
1.3.1. Dünya'daki Dağılımı	4
1.3.2. Türkiye'deki Dağılımı	4
1.3.3. Dünya'daki Perlit Üretiminin Dağılımı	6
1.3.4. Türkiye'de Perlit Üretimi	8
1.4. Perlitin Çeşitleri ve Sınıflandırılması	8
1.5. Perlit ve Genleştirilmiş Perlitin Özellikleri	9
1.5.1. Perlitin Fiziksel Özellikleri	9
1.5.2. Genleştirilmiş Perlitin Fiziksel Özellikleri	11
1.6. Genleşmiş Perlitin Teknik Özellikleri	12
1.6.1. Tane Granül Büyüklüğü	12
1.6.2. Genleşmiş Perlitin Gözenek Yapısı	13
1.6.3. Genleşmiş Perlitin Hafifliği	14
1.6.4. Ses Geçirmezliği ve Ses Yutuculuğu	15
1.6.5. Isı Yalıtımı ve Isı Geçirgenliği	15
1.6.6. Ateşe Karşı Dayanımı	16
1.6.7. Suya ve Nem'e Karşı Dayanımı	17
1.7. Genleşmiş Perlitin İnşaat Sektöründe Kullanıldığı Alanlar	17
1.8. Türkiye'nin Yapı Endüstrisi 1985 Yılı Perlit İhtiyacı	17

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM II- DENEY ÇALIŞMALARI	18
2.1. Giriş	18
2.2. Kullanılan Malzemeler	19
2.2.1. Genleştirilmiş Perlit	19
2.2.2. Kum	20
2.2.3. Çimento	20
2.3. Perlitli Beton Blokların Elde Edilmesi	20
2.3.1. Karışım Hesapları	20
2.3.2. Perlitli Beton Blokların Karışımı, Yerleştirme ve KUR Edilmesi	21
2.4. Perlitli Beton Blok Elemanları Üzerinde Yapılan Deneyler	23
2.4.1. Yoğunluklarının Tayini	24
2.4.2. Ultrases Geçiş Sürelerinin Ölçülmesi	24
2.4.3. Basınç Deneyleri	25
2.4.4. Su Emme Deneyi	26
BÖLÜM III- DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	28
3.1. Tanımlar	28
3.2. Mukavemet İle Bileşenler Arasındaki MÜNasebet	32
3.3. Bileşenlerin Mukavemet Üzerine Etkisi	33
3.3.1. Perlitin Mukavemete Etkisi	33
3.3.2. Çimentonun Mukavemete Etkisi	34
3.3.3. Kum Miktarının Mukavemete Etkisi	35
3.3.4. Su Miktarının Mukavemete Etkisi	36
3.3.5. Ultrases Geçiş Süresi İle Mukavemet Arasındaki Bağını	37
3.3.6. Yoğunluğun Mukavemetle İlişkisi	38
3.3.7. Su Emme Deneyi Sonuçları	39
BÖLÜM IV- ÜRETİLEN SERİLERİN MALİYET ANALİZLERİ	41

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM V- SONUÇ	45
BÖLÜM VI- KAYNAKLAR	47
EKLER	50

Bu çalışmada her turlu yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç.Yük.Müh.Ö.Rıza AKGÜN'e, A.Ü.Müh.Mim.Fakültesi İnş.Müh.Bölüm Başkanı Sayın Doç.Yük.Müh.M.Ruhi AYDIN'a, A.Ü.Isparta Müh.Fak.İNş.Müh.Bölüm Başkanı Sayın Doç.Dr.Ali DOĞAN'a şükranlarımı, Yapı Malzemesi Laboratuvar Teknisyenlerine ve tezin yazımında emeği geçen daktilo memuru H.BÜLBÜL'e teşekkürlerimi sunmayı kendime vazife sayarım.

Ö Z E T

Yapılarda aranan özelliklerden birisi de ısı ve ses yalıtımıdır. Bu konuda Ülkemiz şartlarına daha uygun olan yapı malzeme ve elemanları üzerinde araştırmalar devam etmektedir. Genel olarak tuğla türü elemanların yanı sıra, hafif malzemeler kullanılarak üretilen hazır yapı elemanları ile, ısı yönetmeliklerinin öngördüğü dirençler, yapıda zâti ağırlıklar artırılmadan sağlanabilmektedir. Ancak hafif malzemeler düşük mukavemetli olduğundan, genelde taşıyıcı olmayan, bölme elemanları üretiminde önemli olmaktadır.

Bu çalışmada önce hafif malzeme olarak İnşaat Sektöründe kullanımı yeni olan geliştirilmiş perlitin özellikleri tanıtılmıştır. Genleşmiş perlit volkanik bir kayaç olan perlitin 1925 yılında Almanya'da yüksek ısı altında ısıtılmasıyla elde edilmiş hafif bir malzemedir.

Daha sonraki bölümlerde yalıtım bakımından ideal bir malzeme olan genleşmiş perlit, çimento ile karıştırılarak, blok eleman üretiminde kullanılmıştır. Üretilen blok elemanlar üzerinde yapılan mekanik deneyler sonunda mukavemetleri bulunmuştur. Ayrıca taşıyıcı olmayan bölme elemanların mukavemeti ile karşılaştırılarak hafif yapı elemanı olarak kullanılması araştırılmıştır.

Son olarak da Çoklu Regrasyon analizine deney sonuçları uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bileşenlerin blok elemanın mukavemeti üzerine olan münasebetlerinin tutarlılığı araştırılmıştır. Ayrıca mukavemeti yeterli görülen blok elemanların maliyetleri hesaplanmıştır.

Ö N S Ö Z

Yapılarda önemli problemlerden birisi ısı ve ses yalıtımının sağlanmasıdır. Bu konuda, ülkemizde uygulanan geleneksel yapı tipi ve malzemesi olarak tuğla elemanların kullanılmasına geniş yer verilmektedir. Bu elemanlar yığma yapılarda taşıyıcı, karkas yapılarda bölme elemanıdırlar.

Isı ve ses yalıtımı tuğla duvar kalınlığı ve malzemenin ısı iletkenliği ile orantılıdır. Duvar kalınlığının artırılması halinde ısı ve ses yalıtımı daha iyi sağlanmaktadır. Bu durumda ise duvar zati ağırlığı artmakta ve binanın çalışan fonksiyonlarında değişiklik olmaktadır. Yapının maliyeti, taşıyıcı elemanlarda kullanılan çimento ve demir miktarlarına bağlı olarak artmaktadır.

Yapılarda ısı yalıtımının yetersiz olması durumunda tüketilen enerji, doğrudan doğruya ısı kaybıyla ilişkilidir. A.B.D.'de princeton Üniversitesinde yapılan Twin Rivers araştırmasına göre ısı kayıplarının yaklaşık % 40 hava sızmaları, % 30 pencereden iletme, % 10 çatıdan iletme, % 10 duvardan iletme ve % 10'da bodrumdan iletme ile olduğu bulunmuştur.

Halbuki betonarme karkas yapılarda bölme elemanı olarak hafif yapı elemanlarının kullanılması, ısı kayıplarını azaltacağı gibi, yapının ekonomikliği açısından da önemlidir. Bunun için ülkemiz şartlarına daha uygun olan hafif ve izolasyonlu yapı malzeme ve elemanları yapımında pomza, volkanik tuf ve perlit gibi kayalardan yapılan malzemelerin önemi hızla artmaktadır. Bu malzemelerin kullanılması ile prefabrike hazır yapı elemanları, bölme panoları ve blok elemanlar üretilmektedir.

Üretilen hafif yapı elemanları yapının ağırlığını artırmadan ısı ve ses yalıtımını büyük ölçüde sağlamaktadır. Bunun yanında elemanlarda kesit büyümesi olmadığından yapının maliyeti, çimento ve demir miktarlarına bağlı olarak azalmaktadır.

Bu çalışmada, beton blok elemanı üretiminde malzeme olarak PERLİT'in kullanılması halinde blok elemanın mekanik özellikleri araştırılacaktır.

Perlit; gözenekli $40-220 \text{ kg/m}^3$ yoğunlukta, ısı ve ses yalıtımı yüksek, hafif bir malzemedir. Bu teknik özelliklerinden dolayı genellikle dolgu ve sıva yapımında kullanılmaktadır.

Genleştirilmiş perlit, alçı veya çimento gibi bağlayıcı malzemelerle karıştırılarak hafif yapı elemanları üretiminde kullanılan bir malzemedir. Bu şekilde üretilen perlitli yapı elemanlarının yoğunlukları $600-900 \text{ kg/m}^3$, ısı iletkenlikleri $0.16-0.22 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$ olduğu bilinmektedir. Genellikle ısı ve ses yalıtımı için kullanılmakta olan perlitli bölme elemanlarının basınç dayanımları $40-90 \text{ kg/cm}^2$ arasındadır. Buna rağmen prefabrike yapı elemanı ve bölme panosu üretiminde perlitin malzeme olarak kullanılması sınırlıdır. Çünkü perlitin genleştirilmesinde akaryakıt kullanılmakta, bu da maliyetini artırmaktadır. Perlit ve Perlitli hazır yapı elemanları deneme olarak üretimini gerçekleştiren Etibank'ın sosyal tesislerinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, mekanik özelliklerini araştıracağımız perlitli beton blok elemanlarına ait mukavemet değerinin 25 kg/cm^2 ve yoğunluklarının da 1 kg/dm^3 olması amaçlanmaktadır. Taşıyıcı olmayan bu elemanların karışımları için perlit ve çimento malzemeleri kullanılacaktır. Ayrıca bu karışıma kum katılmak şartıyla mukavemete etkisi de araştırılacaktır.

Yapılan deney çalışmalarında bulunan sonuçlar, EN KÜÇÜK KARELER METODU'na göre çoklu regrasyon analizine uygulanarak karışımlara ait regrasyon ve korelasyon katsayıları hesaplanacaktır. Bu katsayılar yardımıyla blok elemanın mekanik özelliklerine göre aralarındaki münasebetin derecesi ve önemi açıklanacaktır.

Ayrıca mukavemeti 25 kg/cm^2 'yi sağlayan perlitli beton blok elemanların maliyet analizleri araştırılacaktır.

BÖLÜM I

PERLİTİN TANITILMASI

1.1. GİRİŞ

Perlit, beyaz agrega veya hafif malzeme olarak bilinmektedir. Gelişen teknoloji de önemi artan geliştirilmiş perlitin hammaddesi volkanik kayadır.

İlk defa 1836 yılında bulunan perlit, 1925 yılında Almanya'da yüksek ısı altında geliştirilmiştir. Nihayetinde, hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olan perlitin, inşaat sektöründe kullanılması araştırılmıştır.

Yapılan çalışmalar, perlitin önemli endüstriyel hammadde ürünü olduğunu göstermektedir. Bu nedenle 1946 yılında A.B.D.'de Dünya Perlit Enstitüsü kurulmuştur. Bu enstitünün çalışmaları ile perlitin önemi diğer ülkelere tanıtılmıştır.

Ülkemizde ise mevcut perlit yataklarının araştırılması M.T.A. Enstitüsü tarafından yapılmaktadır. Bu araştırmalar neticesinde, Türkiye'de yaklaşık 8 MİLYAR ton perlit rezervinin bulunduğu görülmektedir. Buna göre Türkiye, Dünya'nın zengin perlit yataklarına sahip ülkelerden birisidir (1).

Perlit, geliştirilmesinden sonra kazandığı teknik özellikler açısından, çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe, hafif yapı elemanları üretiminde, kullanılmasına 1970'lerde özel müteşebbislerin (PABALK Tic. ve Perlit San. A.Ş.) çalışmaları ile başlanılmıştır. Aynı dönemlerde ETİBANK devleti temsilen büyük proje ve yatırımlarıyla İzmir'in Cumaovası bölgesinde perlit tesisleri işletmesini kurmuştur.

Bu tesislerde perlit ve perlitli hafif yapı elemanları üretimi için çalışmalar yapılmaktadır.

1.2. PERLİTİN TANIMI VE YAPISI

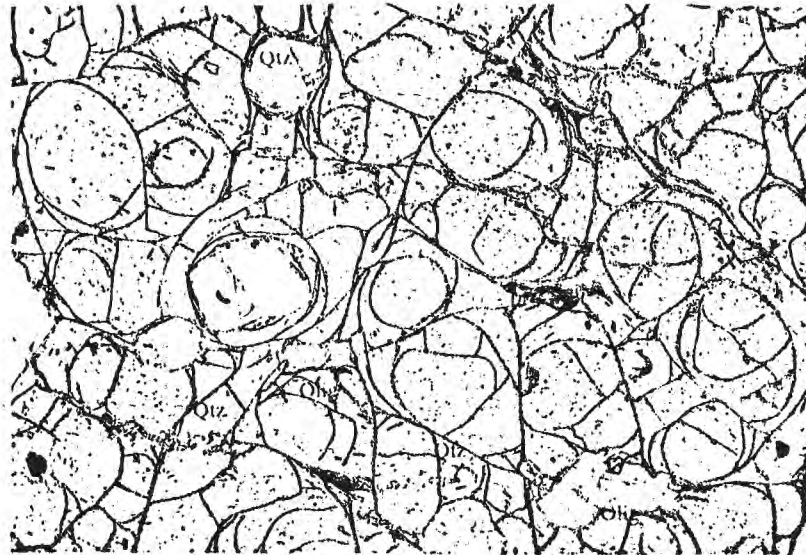
Petrografik olarak konsantrik çatlaklı olup, bünyesinde % 2-6 oranında su ihtiva etmektedir.

Perlit; magmanın asit fazında teşekkül eden lavların hızla soğuması sonucu meydana gelen silisli, asidik özellikli, volkanik bir kayadır.

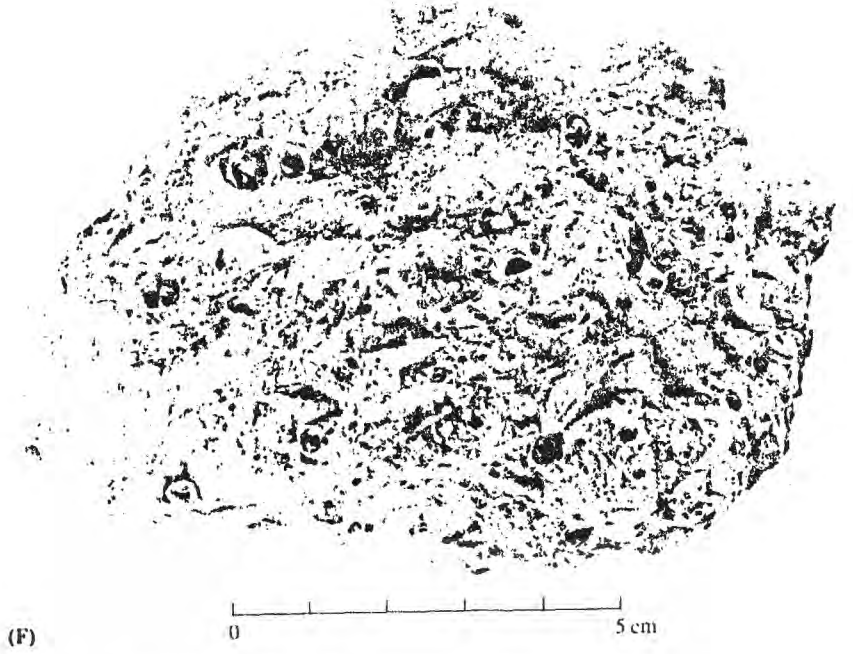
Bazı perlit türleri kırıldığı zaman inci parlaklığında küçük kürecikler görülmektedir. Bu yüzden perlit ismi inci anlamına gelen Latince "Perlstein" (Perl= inci, stein= taş) kelimesinden gelmektedir.

Perlitin yapısı, volkanik bir kayaç olarak ince taneli, gözenekli, gevşek kolay kırılabilir, kum veya kumtaşı yapısında, el ile ufanabilir nitelikler taşımaktadır.

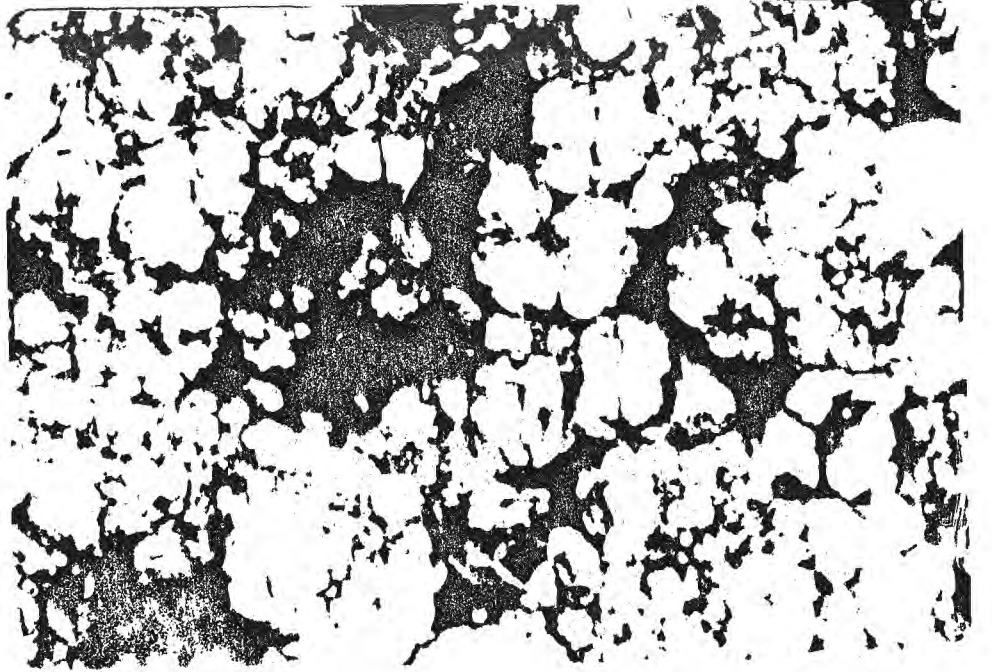
Ticari anlamda ise perlit, 900-1100°C'de ısıtıldığında genişerek gözenekli bir yapı oluşturan volkanik kayaçın genişleştirilmiş ürünü olarak bilinmektedir. Genleştirilmiş perlitin rengi beyaz veya grimsi beyazdır. Ham perlitin rengi ise yarı saydam açık griden, parlak siyaha kadar değişmektedir. Şekil 1,2 ve 3'de perlitin değişik yapıları görülmektedir.



Şekil 1. Dasitik volkan camında görülen perlitik yapı
(Qtz = Kuvars, Olig= Oligoklas)



Şekil 2. Perlitin Tabii Yapısından Görünüş.



Şekil 3. Sarıkamış Yöresindeki Perlitlerin İnce Kesitinin Mikroskoptan Görünüşü x 100.

1.3. PERLİT YATAKLARININ DAĞILIMI VE ÜRETİMİ

1.3.1. DÜNYA'DAKİ DAĞILIMI

Perlit yataklarının bulunduğu ülkeler makro düzeyde genç volkanların teşekkül ettiği bölgeler olmaktadır. Rittmann, A. (1960-1963)'e göre genç volkanların bulunduğu bölgeler yeni kıvrımlar ile ilgilidir. Bununla beraber Dünya'daki perlit yataklarının coğrafi dağılımı ile volkanların dağılımı birbirine benzemektedir.

Araştırmalara göre, Dünya perlit yataklarının dağılımı, uç kuşak üzerinde toplanmaktadır (2). Bunlar;

- 1) Pasifik Volkanik Kuşağı
- 2) Atlantik " "
- 3) Akdeniz " "

1.3.2. TÜRKİYE'DEKİ DAĞILIMI

Perlitin, dünya'da endüstriyel hammadde olarak, değeri önem kazanmaktadır. Genç volkanların bulunduğu Türkiye'de de zengin perlit yataklarının, jeolojik, teknik, teknolojik ve ekonomik yönden etüd edilerek potansiyelinin tespiti yapılmaktadır.

M.T.A.Enstitüsü tarafından Türkiye çapında etüd ve arama çalışmalarına, 1968 yılında hazırlanan proje gereğince, 1969 yılında başlanılmıştır. Değerlendirme durumunda, ekonomik faktörlerin elverişli görüldüğü, Batı Anadolu perlit yataklarının araştırılmasına öncelik tanındığı görülmektedir.

Türkiye jeoloji haritasına bakıldığı zaman, 155.000 km² alanı kaplayan volkanik kayaların varlığı görülmektedir. Türkiye yüzölçümünün yaklaşık 1/5'ini oluşturan volkanik kayaç alanlarının pek çoğunda da perlit yatakları vardır. Türkiye perlit yataklarını uç ana grupta topladığımız zaman yaklaşık 8 MİLYAR 34 MİLYON ton rezervin bulunduğu görülmektedir. Perlit rezervinin bölgelere göre dağılımları şöyledir.

1) BATI ANADOLU BÖLGESİ

Bu bölgedeki perlit yatakları rezervi 24443 milyon ton civarında olup dağılımı tablo 1'de verilmektedir.

Tablo: 1. Batı Anadolu Perlit Yatakları Dağılımı.

No	Perlit yataklarının bulunduğu kesim	rezerv milyon ton
1	İzmir-Cumaovası kesimi	60
2	İzmir-Foça kesimi	16
3	İzmir-Dikili kesimi	8
4	İzmir-Bergama kesimi	11.9
5	İzmir-Zeytindağ kesimi	16.5
6	Manisa-Saruhanlı kesimi	17.7
7	Balıkesir-Sındırgı kesimi	25.780
8	Balıkesir-Savaştepe kesimi	25.780
9	ve diğer	-

2) ORTA ANADOLU BÖLGESİ

Bölgede bulunan toplam perlit rezervi miktarı 1.508.515 milyon ton olup dağılımları tablo 2.de verilmektedir.

Tablo: 2 . Orta Anadolu Perlit Yatakları Dağılımı.

Perlit yataklarının bulunduğu kesim	rezerv milyon ton
Nevşehir-Acıgöl ve Derin kuyu kesimi	800
Ankara-Kızılcahamam kesimi	37.5
Eskişehir-Kütahya kesimi	19
Ankara-Çubuk ve Çankırı kesimi	92.913

3) DOĞU ANADOLU BÖLGESİ

Bölgede bulunan perlit yataklarının dağılımı tablo 3.de verilmektedir.

Tablo: 3. Doğu Anadolu Perlit Yatakları Dağılımı

Perlit yataklarının bulunduğu kesim	rezerv
Van ili Erciş-Mayandağ, Çatal Dere havzası	1.4 milyar t.
Bitlis Adilcevaz-Tatvan kesimi	940 mily. t.
Kars ili Göle ilçesi kesimi	2 milyar t.
Erzincan Molla Köy kesimi	80 mily. t.
Erzurum ili Pasinler ilçesi kesimi	336.824 mily.t.
Kars ili Sarıkamış kesimi	2.100.500.000 t.

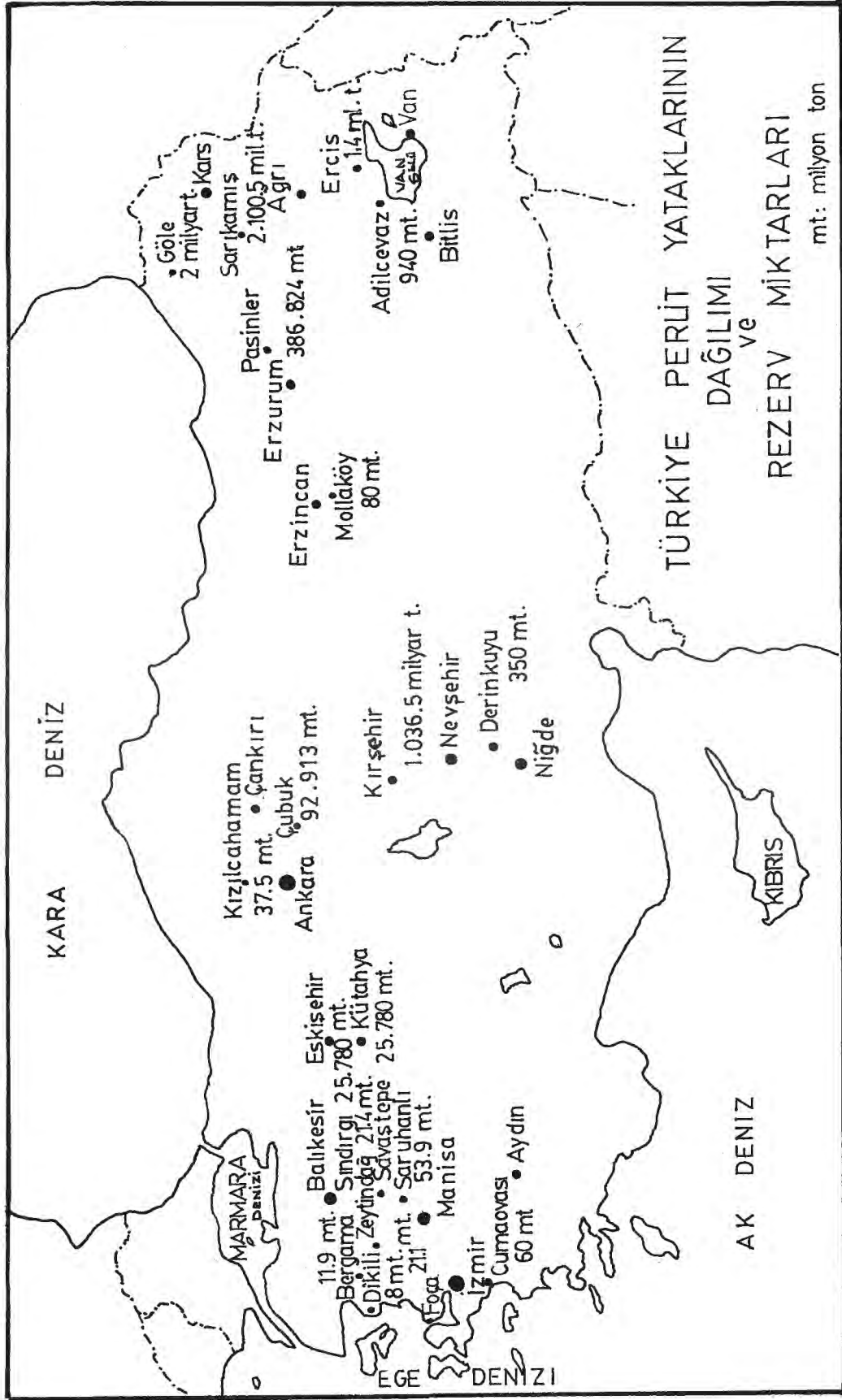
1.3.3. DÜNYADA'KI PERLİT ÜRETİMİNİN DAĞILIMI

Dünya'da perlit yataklarına sahip ülkelerin üretim miktarları 1980 yılı tahminlerine göre Tablo 4.'de verilmektedir.

Tablo: 4. Perlit Üretimi Yapan Ülkeler

Ülke Adı	Üretim (ton/yıl)
A.B.D.	580.000
S.S.C.B.	355.000
Yunanistan	235.000
İtalya	100.000
Macaristan	99.207
Türkiye	40.000
Meksika	30.000
Japonya	95.000
Arjantin	10.000
G.Afrika	10.000
Yugoslavya	22.000
Avustralya	2.000
Filipinler	2.000

Dünya yıllık perlit üretimi, A.B.D.'nin "Bureau of Mines" yayınlarına göre 1.7 milyon ton'dur (3).



Şekil 4. Türkiye Perlit Yataklarının Dağılımı ve Rezerv Miktarları.

1.3.4. TÜRKİYE'DE PERLİT ÜRETİMİ

Türkiye, Dünyanın en zengin perlit yataklarına sahip olmasına rağmen, perlit üretiminde 17 ülkeden birisidir. Yurdumuzda İzmir, Eskişehir, Erzincan ve Biga yörelerinde perlit üretimi yapılmaktadır. Perlit üretimine katkıları olan kuruluşlar çalışma kapasitelerine göre şunlardır (4).

- Etibank.....Cumaovası ve Manisa	200.000 t/yıl
- Anadolu Per-Mer Madencilik ve Ticaret Ltd..... Eskişehir	10.000 t/yıl
- Düzgün Üretim Erzincan Mollaköy	10.000 t/yıl
- İzmir Perlit Madencilik ve Sa.A.Ş. İbrahim Ağa	3.000 t/yıl
- Pabalk Ticaret ve Perlit Sa.A.Ş. Biga ve Sarıbeyler	6.000 t/yıl
- Zihni Turgut Gümeri Succs S.Şirketi..... İzmir	30.000 t/yıl

Kalkınma programlarında 1982 yılı için 166.000 ton 1987 yılı için 246.000 ton perlit üretimi amaçlanmıştır. Üretilen perlitin bir kısmı ülkemizde tüketimi yapılırken bir kısmı da Fransa, B.Almanya, İngiltere ve İtalya'ya ihraç edilmektedir (5).

1.4. PERLİTİN ÇEŞİTLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

Genel olarak perlit çeşitleri;

- 1) Taneli perlit,
- 2) Pomzalı perlit,
- 3) Feno kristalli perlit,
- 4) Konsantrik yapılı perlit,
- 5) Lifli perlit,
- 6) Kum halinde perlit dir.

Perlit yapılarına göre sınıflandırıldığında;

- 1) Lithoidal perlit,
- 2) Granüler perlit,
- 3) Süngerimsi perlit,
- 4) Soğan zarlı perlit.

Yukarıdaki perlit çeşitleri yapısal farklılıkların yanı sıra ihtiva ettikleri su miktarlarına göre de farklılık gösterirler.

Perlitin genleşmesini sağlayan su miktarının fazla olması genleştirmeyi kolaylaştırır. Bu tür perlitlere "AKTİF PERLİT" denir. Aktif perlitler 750-800°C'de genleşir. Bağlı su miktarının az oluşu genleştirmeyi zorlaştırmaktadır. Bu perlitlere de "PASİF PERLİT" denir. Pasif perlitler de 800-1100°C de genleşir (5).

1.5. PERLİT VE GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTİN ÖZELLİKLERİ

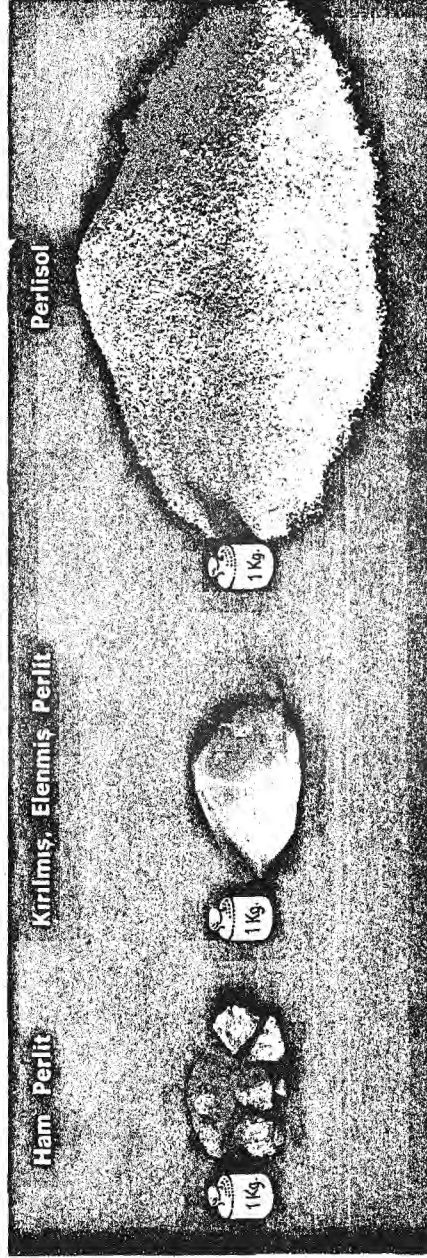
1.5.1. PERLİTİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Perlit, tabii haliyle beyaz, siyah, gri veya bunların değişik tonlarındaki renklerde bulunur. Yapısı itibariyle volkanik camsı bir kayattır. Bundan dolayı ham perlit ile genleşmiş perlit farklı özellikler göstermektedir (4).

A) HAM PERLİT MALZEMESİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Renk	: Gri, beyaz, siyah ve tonları
Yumuşama noktası	: 800-1100°C
Ergime noktası	: 1315-1390°C
PH	: 6.6-8
Spesifik ısı	: 0.20 Kcal/kg°C
Sertlik	: 4-5 (Mohr Cetveline göre 5,6-7)
Özgül ağırlığı	: 2200-2400 kg/m ³
Reaktif indeksi	: 1.5
Serbest nem (%) max.	: 0.5
Ağırlık kaybı	: 0.005
Erime özelliği	: Sıcak konsantre alkali ve % 2 konsantre mineral asitlerde az, % 0.1 seyreltik mineral veya konsantre zayıf asitlerde çok az erir.

Kırılmış ve tane boyutuna göre ayrılmış ham perlitin gevşek birim ağırlığı : 1.03-1.2 gr/cm³



Şekil 5. Perlitin Değişik Safhalarda Görünüşü.

B) HAM PERLİTİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Perlit, kimyasal bakımından bağlı su ihtiva eden, alüminyum silika bileşimidir. Genel olarak kimyasal bileşimi şöyledir (6).

SiO ₂	: % 71-75
Al ₂ O ₃	: % 12.5-18
H ₂ O	: % 3.05-5.16
Na ₂ O	: % 1.8-5.4
K ₂ O	: % 3.1-5.5
CaO	: % 0.5-2
Fe ₂ O ₃	: % 0.1-1.5
MgO	: % 0.03-0.5
FeO	: % 0.0-0.1
Cr	: % 0.0-0.1
Ba	: % 0.0-0.05
PbO	: % 0.0-0.03
S	: % 0.02-0.04
NiO	: % Eser
Cu	: % Eser
B	: % Eser
Be	: % Eser
Serbest silis	: 0.0-0.2
Toplam klorürler	: Eser-0.2
Toplam sülfatlar	: Hiç yok

1.5.2. GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Perlit, yüksek ısı altında bünyesinde bulunan suyun buharlaşması ile genişir. Hafif ve gözenekli yapıya sahip perlitin fiziksel özellikleri şöyledir:

Renk	: Beyaz
Erime noktası	: 1300°C
Spesifik ısı	: 0.20 Kcal/kg°C
Özgül ağırlığı	: 2200-2400 kg/m ³
Kaba yoğunluk	: 30-190 kg/m ³
Isı iletim katsayısı	: 0.034-0.040 Kcal/mh°C

Ses yalıtkanlığı	: 18 dB.(125 Hz'de
Ayrılmış perlitin yoğun.	: 1200-1600 kg/m ³
Genleşmiş perlitin yoğun.	: 40-220 kg/m ³
En yüksek ısı dayanımı	: 830°C
Genleştirilmiş perlitin gev-	: 0.03-0.06 gr/cm ³
şek birim hacim ağırlığı	

1.6. GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1.6.1. TANE GRANÜL BÜYÜKLÜĞÜ

Genleştirilmiş perlit hafif malzeme olarak kullanılmaktadır. Uygun birim ağırlık ve tane büyüklüğü dağılımında hazırlanmış olup gevşek kuru birim ağırlığına göre Uç sınıfa ayrılmaktadır (7).

a) Hafif agregası	80-120 kg/m ³ arası,
b) Orta "	121-150 " "
c) Ağır "	151-200 " "

Ayrıca tane granül büyüklüğü dağılımına göre, T.S. 3530'da belirtilen metodla yapılan elek analizi sonucunda, iki ayrı sınıfa ayrılmaktadır (7).

Tablo: 5. Genleştirilmiş perlit agregası tane büyüklüğü dağılımı

Kare gözlü elek Göz açıklığı TS.1227(mm)	Elek üzerinde kalan			
	TIP I		TIP II	
	En çok	En az	En çok	En az
5.00	-	-	-	-
2.50	15	-	5	-
1.25	60	15	60	5
0.63	80	40	95	45
0.315	95	75	98	75
0.160	100	90	100	88

Genleştirilmiş perlitin kullanılan yerlere göre tane granül büyüklüğü şöyle olmaktadır.

Beton agregalarında kullanılacak perlit 0.6-2.4 mm,
Alçı ile agregalarda kullanılacak perlit 0.3-1.2 mm,
Sıva da kullanılacak perlit 0.15-0.8 mm,

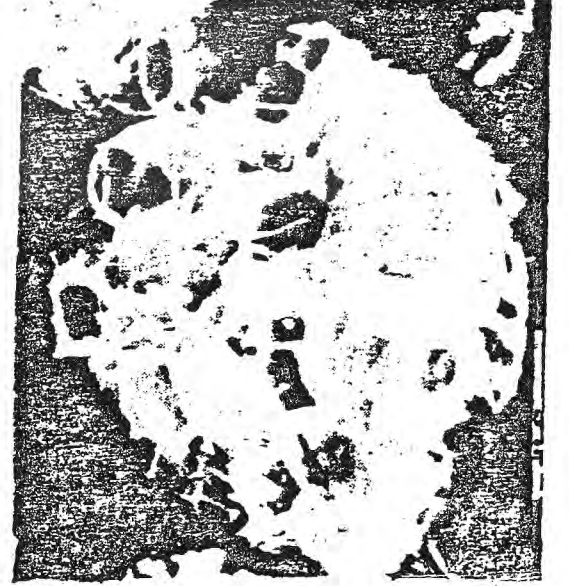
1.6.2. GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİTİN GÖZENEK YAPISI

Genleşmiş perlitin mekanik özellikleri, su emmesi, ısı iletkenliği gözenek yapısı ile ilgilidir. Gözenek yapısına göre aynı birim hacim ağırlıktaki genleşmiş perlitlerin farklı özellikler göstermektedir.

Gözenek yapısını gözle veya büyüteç ile incelemek zordur. Genleşmiş perlitten ince kesit yapılamamaktadır. Süpürmeli elektronik mikroskop (Scanning Electronic Microscop) ile genleşmiş perlitin gözenek yapısı incelenmektedir. Bu gözenek yapıları Şekil 6,7,8,9'de görülmektedir.



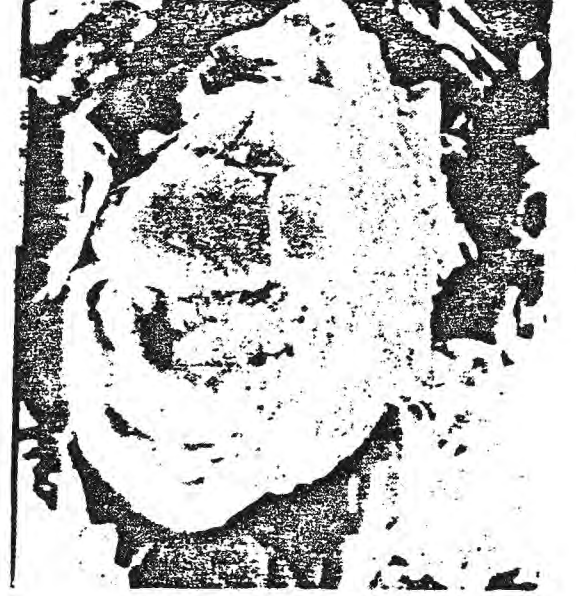
Şekil 6. Genleşmiş Perlit
Gözeneklerinin Genel Görünüşü.



Şekil 7. Mekanik Nedenli Açık
Gözenekler.



Şekil 8. Fazla Genleşme Nedeniyle Açık Gözenekler.



Şekil 9. Kapalı Gözenekli Genleşmiş Perlit.

Ham perlitin genleşmesinden sonra kazandığı gözenek yapısı, perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranı olarak tanımlanabilir. Gözeneklilik, perlite emicilik (adsorptif) ve yüzeyde soğurma özellikleri kazandırmakta, bu nedenle bu özelliklerin gerekli olduğu uygulama alanlarında önem taşımaktadır.

1.6.3. GENLEŞMİŞ PERLİTİN HAFİFLİĞİ

Perlit hafif bir malzemedir. M^3 'ün ağırlığı 80-240 kg arasında değişmektedir. Perlitin yüksek ısı altında geniştirilmesi sonucu hacminin 4-20 kez büyümesi neticesinde bu özelliğe sahip olmaktadır. Tane büyüklüğü dağılımına ve genleşme oranına bağlı olarak geniştirilmiş perlitin birim hacim ağırlıkları oldukça farklı değerlerde olabilmektedir. $1 M^3$ betonun 2200-2400 kg olduğu hatırlanacak olursa, perlitin çok hafif bir malzeme olduğu ortaya çıkar. Perlitli betonun ağırlığı da $400-1120 kg/m^3$ arasında değişmektedir (8). Normal beton ile kıyaslandığında 2-6 kat bir ağırlık farkı görülmektedir.

Gözenekli yapısından dolayı hafif bir malzeme olan perlit, özellikle prefabrike yapı malzemesi üretiminde ve çeşitli dolgu maddeleri kul-

lanımında önemini artırmaktadır.

1.6.4. SES GEÇİRMEZLİĞİ VE SES YUTUCULUĞU

Genleştirilmiş perlit, gözenekli ve hafif olmasıyla, ses yalıtımında avantaj sağlayan bir malzemedir. Perlitli beton normal betona göre daha az ses geçirir. Çünkü yapısında boşluk oluşacağından ses hızı daha yavaş dağılmaktadır.

Bağlayıcı malzemelerle karıştırılarak, bölme panoları üretildiğinde, ses yalıtım özelliğinden yararlanmak mümkündür. Bu malzemelerin başında alçı ve çimento gelmektedir. Alçı ile karıştırılmasında ses yutuculuğu özelliğinden yararlanılarak akustik sıva yapımında kullanılmaktadır. Bilindiği gibi ses yutuculuğu yüksek olan malzemeler çok kötü ses yalıtıcılarıdır. Bundan dolayı ses emicilik ve ses yalıtıcılık konusunda da perlit ve perlitli ürünler önem kazanmaktadır. Perlit gözenekli yapısından dolayı sesi emer. Perlitin ses yutma katsayısı;

125 Hz'de 0.18 db

400 Hz'de 0.90 db olarak bilinmektedir.

ortalama olarak bu katsayı 0.60 db olarak alınabilmektedir (8).

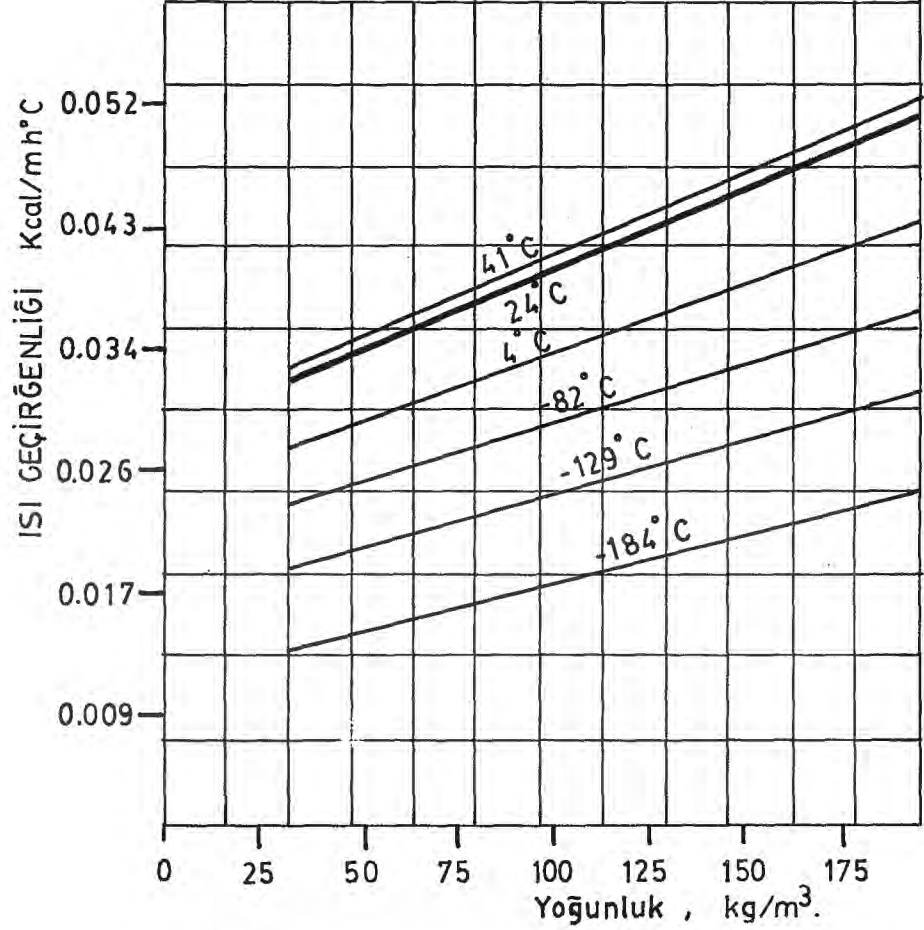
1.6.5. ISI YALITIMI VE ISI GEÇİRGENLİĞİ

Genleşmiş perlite ısı yalıtımı ve hafiflik özelliğini kazandıran, perlit taneleri içinde bulunan sayısız hava kabarcıklarıdır. Bu kabarcıklar, perlit yoğunluğunun 35-190 kg/m³ ve ısı iletkenlik değerinin de 0.021-0.06 Kcal/m²h^oC arasında olmasını sağlamaktadırlar. Genleşmiş perlitin ısı iletkenlik katsayısı yoğunluğuna bağlı olarak değişmekte olduğu Şekil 10'de görülmektedir (9).

Şekilden de anlaşılacağı gibi kuru perlit dolgusunun ortalama 24^oC'deki ısı iletkenlik hesap değeri, kuru birim ağırlığına bağlı olarak 32 kg/m³ yoğunluğunda 0.032 Kcal/mh^oC'dir. 180 kg/m³ yoğunluğunda ise 0.050 Kcal/mh^oC değerini almaktadır (6).

Aynı sıcaklıkta cam yününün 0.032 Kcal/mh^oC ısı yalıtıcılığına sahip olurken, gazlı betonun ısı geçirgenliği 0.71, poliüretanın 0.16 Kcal/mh^oC'dir. Kum ve çakıl agregalı betona nazaran perlit betonunun

ısı yalıtımı 15 kat daha iyidir. Bundan da anlaşıldığına göre perlit diğer malzemelerle kıyaslandığında iyi bir yalıtım özelliğine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 10. Genleşmiş Perlitin Yoğunlukla Isı Geçirgenliği Arasındaki İlişki

1.6.6. ATEŞE KARŞI DAYANIMI

Perlit belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında bir değişim göstermez. 840°C'yi geçince yumuşamaya başlar. 1200-1300°C'de eriyik haline geçmesine rağmen akışkanlığı az bir malzemedir. Bu açıdan perlit yangına karşı koruyucu olarak kullanılabilir. A.B.D.'de çelik konstrüksiyon binaların yangından korunması için perlitli sıva kullanılması öngörülmüştür. Uygun detayda düzenlenen koruyucu perlit katmanları 700-900°C arasındaki yangın sıcaklığında 4-5 saat taşıyıcı çelik elemanları koruyabilmektedir (6).

1.6.7. SUYA VE NEME KARŞI DAYANIMI

Perlit gözenekli oluşundan dolayı nem çeken malzemedir. Perlitin ağırlığına göre su emmesi % 10-30 arasındadır. 2 saatteki su emme değeri 0.015, 2 günde ise hacminin % 3'ü, ağırlığının da % 15'i kadar su emer. Perlitin en büyük dezavantajı bu nem çekme özelliğinin yüksek oluşudur (8).

1.7. GENLEŞMİŞ PERLİTİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILDIĞI ALANLAR

Genleştirilmiş perlit ısı ve ses yalıtımı özelliğinden dolayı, çeşitli birim hacim ağırlıklarına göre, yapılarda kullanıldıkları yerler şunlardır (6).

- 1- Taşıyıcı olmayan hafif ısı yalıtımı betonlarda.....120-195 kg/m³
- 2- Isı yalıtıcı ve yangından koruyucu hafif duvar..... 90-150 " " sivalarında
- 3- Alçı ve çimento bağlayıcısı ile hafif duvar e- 80-150 " " lemanlarında
- 4- Zemine oturan döşemelerde, yalıtıcı taban be- 120-195 " " tonu yapımında
- 5- Yüzer döşeme, akustik sıvalar veya plakalar 70- 85 " " yapımında
- 6- Perlit-bitüm betonu yapımında60-100 " "

1.8. TÜRKİYE'NİN YAPI ENDÜSTRİSİ 1985 YILI PERLİT İHTİYACI

Genleşmiş perlitin yapı endüstrisinin çeşitli kısımlarında kullanılan miktarları şöyledir:

Tablo 6. İnşaat Endüstrisi Perlit İhtiyacı

İnşaat Endüstrisi	Genleştirilmiş perlit (m ³)
Taban döşeme	4.845.047
Yan duvar bölme işlemi	204.360
Tavan kaplama işlemi	1.062.672
Tesisat çukur dolgularında	531.336
Sıvalarda	1.788.150
Çatı izolasyonunda	51.102

BÖLÜM II

DENEY ÇALIŞMALARI

2.1. GİRİŞ

Yapılarda enerji tasarrufu söz konusu olunca yalıtım malzemeleri büyük önem kazanmaktadır. Malzemenin ısı yalıtım özelliği ısı geçirgenlik dirençlerine, bir başka ifadeyle ısı iletkenliği ve kalınlığa bağlıdır. Yalıtımı artırmak için de ısı iletkenliği düşük olan malzeme kullanılmalıdır. Bunun için ülkemiz iklim şartlarına daha uygun olan hafif ve izolasyonlu yapı malzemesi ve elemanları yapımında pomza, volkaniktüf ve perlit gibi kaynaklardan yapılan malzemelerin kullanılması için araştırmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada ısı ve ses yalıtımı bakımından önemli bir malzeme olan perlitin, taşıyıcı olmayan blok elemanı üretiminde, kullanılması araştırılacaktır. Blok elemanı üretiminde bağlayıcı olarak çimento kullanılacaktır.

Perlit ve çimento karışımlarına kum katılmak şartıyla mukavemet üzerindeki etkisi de araştırılacaktır. Her iki karışıma ait üretilen blok elemanlarının mukavemetlerinin 25 kg/cm^2 ve yoğunluklarının da 1 kg/dm^3 civarında olması arzulanmaktadır.

2.2. KULLANILAN MALZEMELER

2.2.1. GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT

Hafif beton blokların üretiminde kullanılan süper perlit, beyaz ve grimsi beyaz renklerde, ince ve orta irilikte tane dağılımına sahip bir malzemedir. Genellikle 0.3-1.2 mm arasında tane büyüklüğü dağılımı kullanıldı.

Yapılan literatür araştırmasına göre, genleştirilmiş süper perlitin, 40-220 kg/m³ kuru yoğunlukta hafif bir malzeme olduğu bilinmektedir. Hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olduğundan ısı ve ses yalıtımı da yüksektir. Ancak bir dezavantajı su emme değerinin fazla olmasıdır. Bu değer, ağırlıkça yüzde 50 civarında olduğu fiziksel özelliklerinden görülmektedir.

Deneylerde kullanılan süper perlit malzemesi torbalara ambalajlanmış olup, 70-100 dm³ hacminde, ortalama 12 kg ağırlığında bulunmaktadır Şekil 11.



Şekil 11. Deneylerde Kullanılan Genleşmiş Perlit.

2.2.2. KUM

Perlitli beton blokların karışımına, kum ilave edilerek mukavemet üzerindeki etkisi araştırılacaktır.

Karışımlarda, 0-3 mm arasında tane dağılımı kullanıldı. İnce agregâ, karışıma girmeden önce, içindeki mil'in temizlenmesi için yıkanmaktadır. Bu esnada bünyesine bir miktar su emmekte olduğu görülmüştür. Buna göre gerekli olan su miktarı, karışımın normal kıvamda olması için, azaltılarak katılmıştır. Bunun yanında ince agregâ'nın mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmamıştır.

2.2.3. ÇİMENTO

Deneylerde bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri bakımından TS.19 standartlarına uygun olduğu bilinmektedir. Karışımlarda, Eskişehir çimento fabrikasında üretilen, KPÇ 325 çimentosu kullanıldı. Bu çimentonun yoğunluğu 2.8-3 kg/dm³ arasında değişmektedir.

2.3. PERLİTLİ BETON BLOKLARIN ELDE EDİLMESİ

2.3.1. KARIŞIM HESAPLARI

Genel olarak hafif beton bileşim hesaplarında başlıca şu metodlar kabul edilmektedir (10).

- a) Mutlak hacim metodu,
- b) Piknometre ile bulunan özgül ağırlık metodu,
- c) Deneme karışımlarından bulunan özgül ağırlık faktörü metodu,
- d) Hacımsal metod,
- e) Ağırlık metodu,
- f) su/çimento oranı metodu

Görüldüğü gibi normal beton karışımlarından daha karışık olan hafif betonların karışım hesapları üzerine birden çok metod kabul edilmiştir. Bu karışıklığa sebep hafif agregânın su emme özelliğinin fazla olmasıdır. Bundan dolayı harç fazındaki su ve hava hacmi devamlı değişmektedir.

Bu çalışmada, çimento/perlit hacim oranına göre karışımlar hazırlandı. Buna göre çimento/perlit hacim oranı 1/4 olduğu zaman, 1 ölçü çimento ile 4 ölçü perlit karışımı düşünülmektedir. Ayrıca beton blok elemanların karışımında, perlit hacminin bir kısmı kum ile değiştirilerek çimento/perlit/kum hacim oranlarına ait karışımlar da hazırlandı.

Deney çalışmaları, hazırlanan karışımlara göre, iki seri halinde yapılmaktadır. Birinci seri denemelerde, hazırlanan çimento/perlit ve çimento/perlit/kum hacim oranlarına ait blok elemanlarının mukavemetleri araştırıldı. İkinci seri karışımlarda, perlit hacmi sabit tutularak çimento hacmi artırılmaktadır. Böylece bileşenlerin mukavemete etkisi arasındaki münasebetin araştırılması yapılmaktadır.

Perlitli beton blok elemanının toplam hacmini, karışımı oluşturan bileşenler cinsinden, şöyle ifade etmek mümkündür.

$$H = \frac{Ç}{dç} + V_p + V_k + V_s$$

Burada:

H: dm^3 olarak karışımın toplam hacmi,

Ç: kg olarak karışımdaki çimento ağırlığı,

dç: kg/dm^3 olarak çimento yoğunluğu,

V_p : dm^3 olarak perlit hacmi,

V_k : dm^3 olarak kum hacmi,

V_s : dm^3 olarak su hacmi.

Yapılarda taşıyıcı olmayan blok elemanı olarak perlitli beton blokların kullanılması için yapılan bu çalışmada; diğer bölme elemanlarına göre daha az yoğunlukta ve bunların mukavemetine yakın dayanım sağlayacak karışımların, çimento/perlit hacim oranları, üzerinde araştırma yapılacaktır.

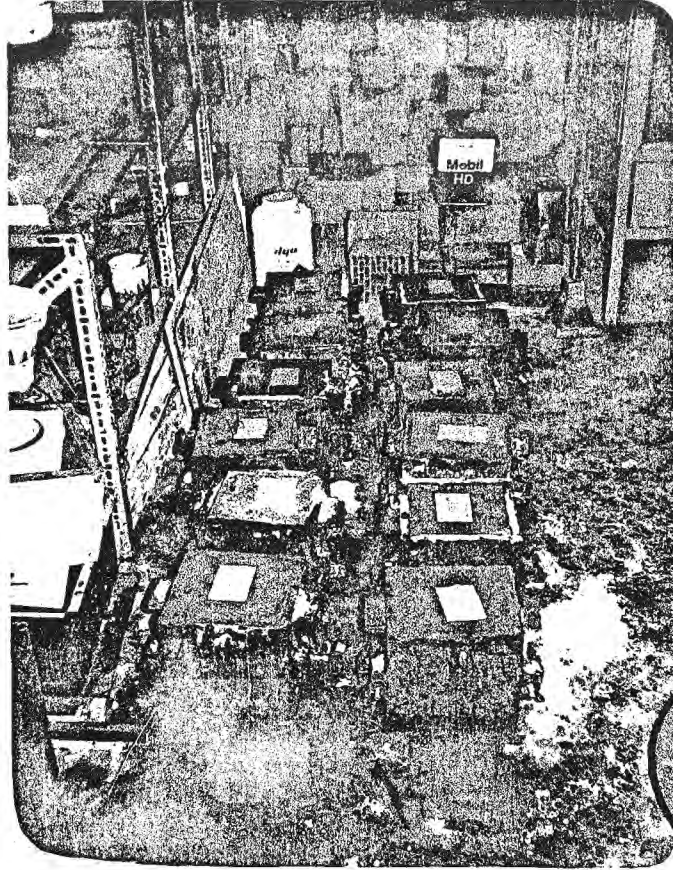
2.3.2. PERLİTLİ BLOK ELEMANLARININ KARIŞIMI, YERLEŞTİRME VE KÜR EDİLMESİ

Perlitli beton blok elemanları için hazırlanan karışımlar, değişik çimento/perlit hacim oranlarına sahiptir. Karışımlarda perlit ile çimento, belirli hacim oranlarında alınarak kuru olarak üç sefer harmanlan-

dı. Karışıma daha sonra gerekli su miktarı ilave edildi ve 5-10 dakika karıştırılarak homojen bir karışımın sağlanmasına çalışıldı. Perlit gözenekli bir yapıya sahip olmasından dolayı suyun bir kısmı bünyesi tarafından tutulmaktadır. Dolayısıyla karışım, kuru bir kıvamda olmasına rağmen, kalıba yerleştirme ve sıkıştırma işlemlerinin yapılması sırasında, bünyesindeki bir miktar suyun dışarı çıktığı görüldü. Bu durumda ise bünyesinde, suyun zamanla kaybolması halinde, kılcal boşluklar oluşmaktadır. Bu boşluklar yapının zayıflamasına sebep olmaktadır.

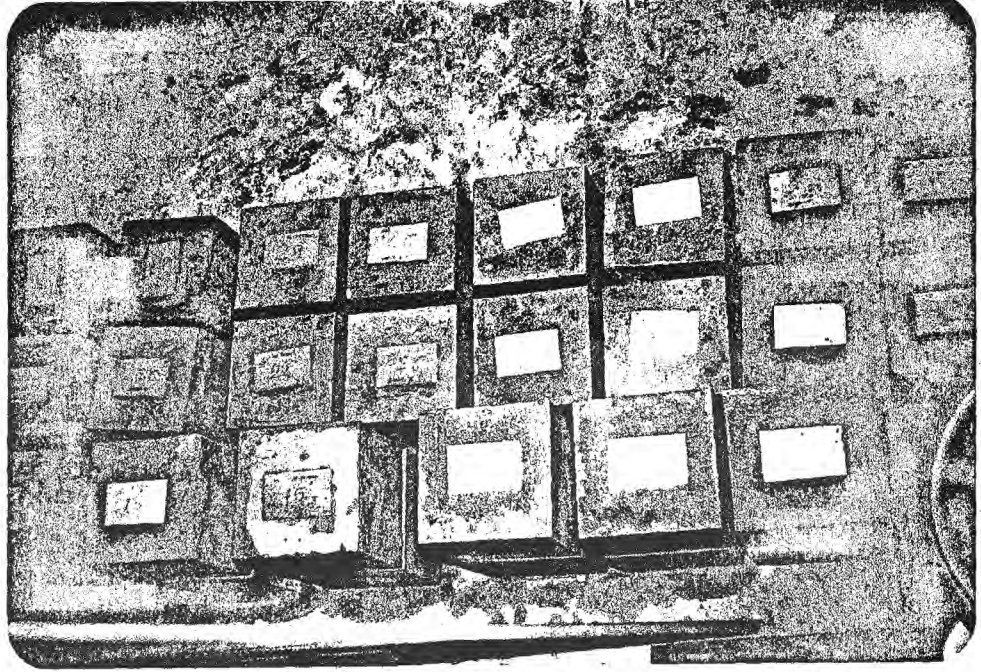
Hazırlanan karışımlar kenarları 20 cm olan küb kalıplara yerleştirildi. Yerleştirmeden önce kalıplar, blokların kalıplara yapışmasını önlemek için, sıvı yağ ile yağlandı. Kalıplara konan karışımın homojen yerleştirilmesi için üç tabaka halinde sıkıştırma yapıldı. Her tabakaya 10 kg ağırlığındaki sıkıştırma tokmağı ile 5-10 darbe vuruldu.

Bütün kalıplar tam olarak doldurulduktan sonra perlitli beton bloklar 24 saat kalıpta bekletildi. Şekil 12' de prizini alması için kalıplara yerleştirilmiş numuneler görülmektedir.



Şekil 12. Kalıplara dökülmüş Perlitli Bloklar.

Kalıptan çıkarılan numuneler 7. güne kadar $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. su banyosu tabii tutuldu. Bundan sonra mekanik deneylerin yapıldığı 28. güne kadar belirli bir rutubette ve sıcaklığı $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ olan bir ortamda beklendi. Şekil 13' de mekanik deneylerin yapılması için üretilen perlitli beton bloklar görülmektedir.



Şekil 13. Perlitli beton blok elemanları

2.4. PERLİTLİ BETON BLOK ELAMANLARI ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

Genleştirilmiş perlit kullanılarak üretilen blok elemanlar üzerinde 7.ci ve 28.ci günlerde, ultrasonik yöntemle ses geçiş süreleri ölçümü, mekanik yöntemle basınç deneyleri yapıldı.

Çoklu Regrasyon analizi, elde edilen deney sonuçlarına uygulanarak korelasyon ve regrasyon katsayıları hesaplandı. Korelasyon katsayısına göre bileşenlerin mukavemet üzerine etkileri araştırıldı.

Üretilen blok elemanlar üzerinde sırasıyla şu deneyler yapıldı.

- a) Yoğunluklarının tayini,
- b) Ultrases geçiş sürelerinin ölçülmesi,
- c) Mekanik yöntemle basınç deneyi,
- d) Su emme deneyi.

2.4.1. YOĞUNLUKLARININ TAYİNİ

Üretilen perlitli beton blok elamanlarının yoğunluklarının belirlenmesi için, hassas terazi kullanılarak, ayrı ayrı ağırlıkları okundu. Küp şeklinde üretilen elamanların hacmi belli olduğundan aşağıdaki bağıntı ile yoğunlukları hesaplandı.

$$d = \frac{M}{V}$$

Burada;

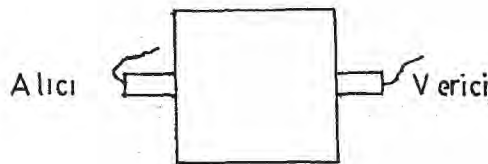
M: 28 günlük blok elamanın ağırlığı (kg),

V: blok elamanın hacmi ($8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$),

d: blok elamanın yoğunluğu (kg/m^3).

2.4.2. ULTRASES GEÇİŞ SÜRELERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Ultrases geçiş sürelerinin ölçümünde Alman yapımı EG-c2 markalı deney cihazı kullanıldı. Cihaz bir alıcı, bir verici, üreteç, zaman sayacı ve kuvvetlendirici Osiloskoptan ibarettir. Alıcı ve verici birer transdüser olup, üreteçte üretilen titreşimlerle mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmektedir. Alıcı μsn cinsinden geçiş süresini veya rezonans frekansını ölçüyor.



Şekil 14. Alıcı ve Verici Transdüserlerin Tatbik Şekli.

Bu ölçümde alıcı ve verici transdüserler numunenin karşılıklı iki yüzeyine temas ettirilerek ölçümler yapıldı. Yüzeye tam temas ettirilmesi için de, yüzeyler gress yağı ile düzgün yüzey haline getirildi. Ult-

rases geçiş süreleri kullanılarak, mekanikte bilinen hız formlu yardımıyla, hesaplanan ultrases hızı ile mukavemet arasında bir münasebetin olduğu bilinmektedir. Şekil 15'de ultrases geçiş süresini ölçmek için kullanılan cihaz, çalışma esnasında görülmektedir.



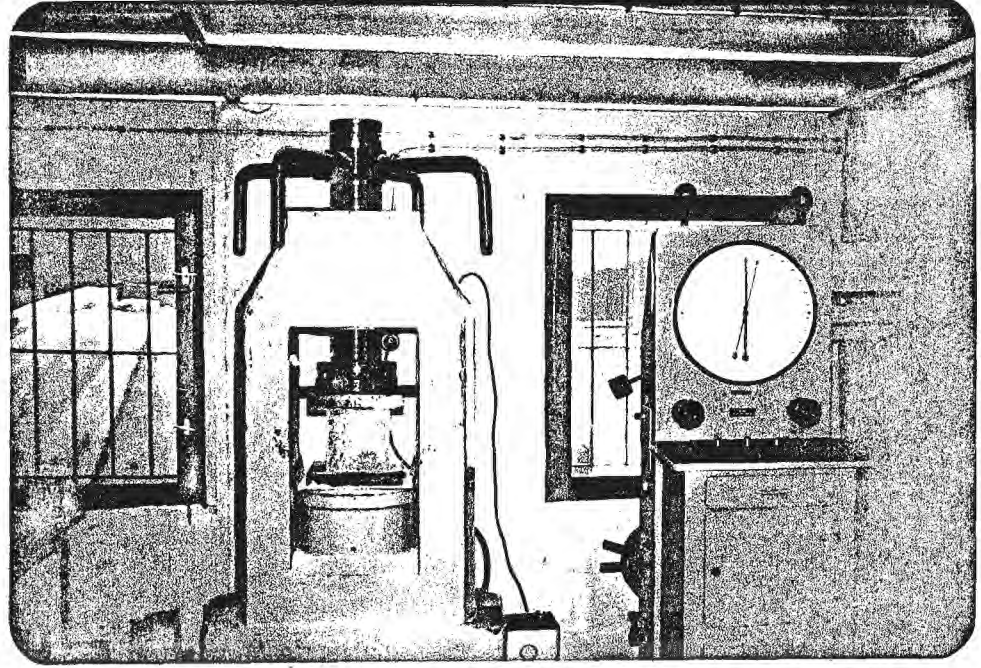
Şekil 15. Ultrases geçiş süresini ölçen cihaz

2.4.3. BASINÇ DENEYLERİ

Perlitli beton blok elamanlarının mukavemetlerinin hesaplanması için basınç deneyleri yapıldı.

Basınç deneyleri ALŐA marka 300 ton kapasiteli presde yapıldı. Yüklemenin kontrolü bu presle birlikte çalışan hidroreglatr ile sağlandı. Deney düzeninin genel görünüşü Şekil 16' da görülmektedir.

Okumalar esnasında yük artışı durdurulmadı. Yük başlangıçtan kırılıncaya kadar aralıksız ygulandı. Basınç deneyleri sonunda, blok elamanlara ait mukavemet değerleri mekanikte bilinen Şu bağıntı ile hesaplandı.



Şekil 16. Basınç Deney Cihazından Genel Görünüş.

$$M = \frac{P}{A}$$

Burada;

P: Blok elamana uygulanan kuvvet (kg),

A: Blok elamanın yüzey alanı (cm²),

M: Blok elamanın mukavemet değeri (kg/cm²).

2.4.4. SU EMME DENEYİ

Çeşitli hacim oranlarını ihtiva eden perlitli blok elamanlarına ait normal atmosfer basıncı altında su emme değerleri ölçüldü. Ağırlıkça yüzde su emmeleri bulundu.

Su emme deneyleri kenarları 10'ar cm olan küp numuneleri üzerinden ölçüldü. Bu numuneler, perlit ve perlit-kum karışımının bağlayıcı olarak çimento ile karışımından oluşmaktadır.

Numuneler önce sabit ağırlığa gelinceye kadar 105°C de etüvde tutuldu, daha sonra çeşitli sürelerde numunelerin kuru ağırlıklarına o-

ranla su emme yüzdeleri aşağıdaki bağıntıyla hesaplandı.

$$\text{Su emme (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

W_2 : Numunenin ıslak ağırlığı (kg),

W_1 : Numunenin kuru ağırlığı (kg).

BÖLÜM III

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. TANIMLAR

Yapılan araştırmada, elde edilen sonuçlara göre bileşenler arasındaki münasebetin mukavemete etkisi açıklanmaya çalışılacaktır.

Genellikle iki veya ikiden fazla değişken arasında bir münasebetin araştırılması halinde istatistik metodlardan yararlanılmaktadır. Bu durumda, ikiden çok değişken arasındaki münasebetin matematiksel bir fonksiyonla ifade edilebilmesi için REGRASYON ANALİZİ, bu fonksiyonun derecesinin ve yönünün belirlenmesinde de KORELASYON ANALİZİ'nden yararlanılmaktadır. Buna göre deney sonuçlarından mukavemet bağımlı değişken, blok elemanı oluşturan bileşenler bağımsız değişken olarak tanımlanmaktadır(11).

Sonuçların serpmeye diyagramındaki umumi seyrine göre münasebetin fonksiyon şekli ve derecesi, doğru veya ikinci derece polinom eğrisi denklemleri kabul edilerek açıklanmaktadır. Bunları genel olarak şöyle ifade etmek mümkündür.

$$Y = A_0 + A_1 X_1 \quad (\text{Doğru denklemi})$$

$$Y = A_0 + A_1 X_1^1 + A_2 X_1^2 \dots, \quad (\text{İkinci derece polinom denklemi})$$

Denklemlerdeki A_1, A_2, \dots, A_n gibi katsayılar EN KÜÇÜK KARELER metoduna göre hesaplanan, doğru veya ikinci derece parabol eğrisine ait

regresyon katsayılarını veya eğimlerini göstermektedir. Metoda göre noktaların, doğru veya eğriye uzaklıkları toplamı minimum olma şartı da sağlanması gerekmektedir. Bu şart sağlandığı takdirde bileşenler arasındaki münasebet etkili olmaktadır.

Elde edilen sonuçların bileşenler arasındaki dağılımlarının, kabul edilen denklemler için uygunluğu, çoklu regresyon analizine göre hesaplanan, korelasyon katsayısına bağlı olarak açıklanmakta ve regresyon katsayılarına göre denklemler düzenlenmektedir. Korelasyon katsayısının değeri (-1) ile (+1) arasında değişmektedir. Sonucun 1 çıkması iki değişken arasında tam münasebet bulunduğuna, (+) olması münasebetin münasebet, (-) çıkması münasebetin menfi olduğuna, sıfır çıkması ise münasebetin bulunmadığını gösterir. Buna göre münasebet bir'e yakınlaştığı zaman kuvvetli, sıfıra yakınlaştığı zaman zayıf olduğu anlaşılmaktadır.

Çoklu regresyon analizine uygulanan değerler tablo 7 ve Tablo 8 da verilmektedir. Bu tablodaki değerler herbir blok eleman için şu şekilde hesaplanmıştır.

Karışımın toplam hacmi = Çimento hacmi + Perlit hacmi + Kum hacmi + Su hacmi

$$\text{Çimento (dm}^3/\text{m}^3) = \frac{\text{Çimento hacmi}}{\text{Toplam hacim}} \times 1000$$

$$\text{Perlit (dm}^3/\text{m}^3) = \frac{\text{Perlit hacmi}}{\text{Toplam hacim}} \times 1000$$

$$\text{Kum (dm}^3/\text{m}^3) = \frac{\text{Kum hacmi}}{\text{Toplam hacim}} \times 1000$$

$$\text{Su (dm}^3/\text{m}^3) = \frac{\text{Su hacmi}}{\text{Toplam hacim}} \times 1000$$

Hesaplanan bu değerlere göre korelasyon katsayıları ve regresyon katsayıları bulundu.

Deney sonuçlarından faydalanılarak hesaplanan regresyon katsayılarına göre yazılan doğru ve ikinci derece parabol eğrisi denklemlerinde;

Tablo 7. Çoklu Regrasyon Analizinin Uygulandığı Değerler.

MUKAVEMET Kp/cm ²	PERLIT dm ³ /m ³	CIMENTO dm ³ /m ³	SU dm ³ /m ³	YÖE. Kg/m ³	U. SES psn
25.000	739.370	63.460	197.170	780	119
25.340	753.650	48.520	197.830	887	118
25.380	765.960	46.810	187.230	795	119
25.630	777.810	49.270	172.860	953	114
25.920	739.900	66.590	193.510	858	106
26.250	780.740	63.110	156.150	868	111
26.500	748.420	67.360	184.230	875	104
26.500	736.960	70.290	192.740	892	110
26.630	778.440	65.870	155.690	743	112
26.880	736.200	67.480	196.320	913	102
26.880	760.230	64.330	175.440	900	110
27.050	794.440	56.600	148.960	1045	112
27.480	785.470	57.440	157.890	1105	110
27.500	754.060	71.930	174.010	755	115
27.750	733.050	71.470	195.480	940	108
28.130	739.900	66.590	193.510	858	102
28.250	745.410	71.100	183.490	855	108
28.350	748.600	64.250	187.150	828	108
28.500	769.230	65.090	165.680	858	104
28.750	775.590	58.950	165.460	1010	102
28.750	760.950	65.510	177.550	890	107
29.150	762.910	72.770	164.320	825	107
30.430	771.970	73.630	154.390	935	102
31.250	738.920	76.350	184.730	968	103
31.350	787.880	66.670	145.450	838	102
31.500	745.340	68.320	186.340	795	121
31.880	762.390	72.430	165.180	973	108
32.500	758.050	65.070	176.880	875	99
32.800	757.130	68.140	174.720	850	101
32.880	757.580	78.280	164.140	963	104
33.150	781.250	74.520	144.230	918	95
34.380	748.130	77.310	174.560	988	100
34.630	742.180	72.360	185.530	873	100
35.000	729.930	75.430	194.650	950	104
35.100	767.750	65.900	166.350	865	101
35.360	764.330	70.060	165.610	910	103
38.130	767.260	79.280	153.450	938	87
38.750	766.060	68.950	165.000	910	98
40.150	784.550	70.610	144.840	840	95
40.630	754.720	69.180	176.100	1018	96
41.880	738.920	76.350	184.730	837	95
42.250	775.190	69.770	155.040	820	92
43.750	777.710	66.750	155.540	929	99
45.000	751.410	73.260	175.330	916	98
46.630	770.710	75.140	154.140	801	97
47.750	774.190	70.970	154.840	828	92
49.130	774.190	70.970	154.840	856	88
60.000	760.940	74.190	164.670	860	86

Tablo 8. Çoklu Regrasyon Analizinin Uygulandığı Değerler.

MUKAVEMET Kg/cm ²	PERLİT dm ³ /m ³	CİNENTO dm ³ /m ³	KUM dm ³ /m ³	SU dm ³ /m ³	YÖS. Kg/m ³	U. SES psn.
25.080	523.100	49.690	261.550	165.650	1342	130
25.180	537.150	51.030	268.580	143.240	1375	123
25.250	555.860	68.930	208.450	166.760	1384	100
25.500	583.660	75.880	145.910	194.550	1163	103
25.750	584.800	74.070	146.200	194.930	1189	99
26.250	588.650	70.970	193.550	154.840	1148	95
26.250	591.330	76.870	147.830	183.970	1169	102
26.350	599.200	77.900	149.600	173.100	1212	99
26.720	575.820	65.090	191.940	166.350	1148	97
27.400	549.120	75.660	228.800	146.430	1263	93
27.500	594.450	75.300	198.150	132.100	1225	95
27.500	607.290	78.950	151.820	161.940	1176	100
28.130	470.220	59.560	313.480	156.740	1247	107
28.140	579.150	70.630	185.870	185.870	1262	99
28.750	596.420	75.550	149.110	178.930	1095	97
28.950	608.520	77.080	152.130	162.270	1180	101
29.450	550.360	64.390	220.140	165.110	1315	105
31.150	565.290	70.100	211.980	152.630	1387	94
31.250	584.800	74.070	211.180	129.950	1215	98
31.880	626.960	59.560	156.740	156.740	1187	99
32.400	581.020	80.050	145.260	193.670	1246	97
32.500	629.330	78.040	141.600	151.040	1234	89
33.130	530.350	68.950	235.710	165.800	1287	100
33.750	575.450	72.890	223.790	127.880	1240	98
33.750	529.720	72.980	220.720	176.570	1344	89
33.850	600.960	74.520	180.590	144.230	1296	92
34.380	421.350	87.080	351.120	140.450	1410	92
34.580	464.040	71.930	290.020	174.010	1350	94
35.000	564.620	77.730	188.210	169.390	1263	94
36.750	580.050	71.930	174.010	174.010	1246	98
36.880	579.150	73.360	195.850	154.440	1099	95
37.500	554.190	76.350	184.730	184.730	1212	99
37.600	606.430	75.220	136.450	181.930	1211	100
38.750	539.250	74.300	224.690	161.770	1336	96
38.750	575.450	79.680	191.820	153.450	1183	95
40.000	590.320	73.200	177.100	159.390	1228	94
42.400	592.500	81.630	148.120	177.750	1228	96
42.500	604.430	83.280	151.110	161.180	1221	98
42.700	617.670	76.590	138.970	166.770	1295	92
47.500	575.040	71.310	215.640	138.010	1392	86

- M: Blok elamana ait mukavemet değeri,
P: Blok elamana ait perlit miktarı,
Ç: Blok elamana ait çimento miktarı,
K: Blok elamana ait kum miktarı,
S: Blok elamana ait su miktarı'nı göstermektedir.

3.2. MUKAVEMET İLE BİLEŞENLER ARASINDAKİ MÜNASEBET

Perlitli beton blok elamanları üretiminde bileşenlerin mukavemete etkisi söz konusudur. Bu durumda perlit, çimento, kum ve su bileşenlerinin mukavemet değerlerine göre, dağılma diyagramında aralarından geçirilecek doğru veya parabol eğrisine bağlı olarak, münasebetleri açıklanmaktadır.

a) Perlit, Çimento ve Su, karışımlarının mukavemet değeri ile münasebeti araştırıldığında elde edilen sonuçlar;

1) Doğru denklemine göre,

$$M = -96334.4 + 96.36P + 96.84Ç + 96.20S$$

Korelasyon katsayısı 0.59 bulundu.

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M = -163886 + 169.55P - 0.006P^2 + 159.75Ç + 0.01Ç^2 + 160.01S + 0.001S^2$$

Korelasyon katsayısı 0.63 bulundu.

b) Perlit, Çimento, Kum ve Su karışımlarının mukavemet değeri ile münasebeti arasında elde edilen sonuçlar;

1) Doğru denklemine göre,

$$M = 109.55 - 0.09P + 0.22Ç - 0.092K - 0.15S$$

Korelasyon katsayısı 0.43 bulundu.

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M = 122.41 - 0.47P + 0.0004P^2 - 0.49Ç + 0.06Ç^2 + 0.16K - 0.0006K^2 + 0.92S - 0.0032S^2$$

Korelasyon katsayısı 0.50 bulundu.

Elde edilen denklemlerde, bileşenlerin deneylerde karışıma giren miktarları yerine yazıldığında mukavemetin 25 kg/cm^2 'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Buna rağmen münasebet araştırılmasında, korelasyon katsayısının birden çok küçük olması veya sıfıra yakın çıkması bileşenler arasındaki münasebetin zayıf olduğunu göstermektedir. Yani bileşenlerle mukavemet değerleri arasındaki dağılım diyagramında, noktalar doğru veya parabol eğrisi etrafında geliş güzel dağıldığını göstermektedir.

Sonuç olarak perlitli blokların ortalama mukavemeti 33.18 kg/cm^2 olurken, kum ilaveli perlitli beton bloklarda 32.43 kg/cm^2 bulunmuştur.

3.3. BİLEŞENLERİN MUKAVEMET ÜZERİNE ETKİLERİ

3.3.1. PERLİTİN MUKAVEMETE ETKİSİ

Sonuçlara göre karışımlara giren geliştirilmiş perlit miktarı arttıkça blok elamanın yoğunluk ve mukavemet değerleri azalmaktadır. Yoğunluğun azalması halinde ısı geçirgenlik katsayısı küçülmekte, ses yutuculuğun artmakta olduğu literatür araştırmasından bilinmektedir.

Blok elamanlarının mukavemetleri üzerinde perlitin etkisi araştırıldığında şu sonuçlar elde edildi.

a) Perlit, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar:

1) Doğru denklemine göre,

$$M = 24.61 + 0.076P$$

Korelasyon katsayısı 0.16

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M = -3608.32 + 9,51P - 0.006P^2$$

Korelasyon katsayısı 0.27

b) Perlit, Çimento, Kum ve Su karışımlarına ait sonuçlar:

1) Doğru denklemine göre,

$$M = 26.048 + 0.011P$$

Korelasyon katsayısı 0.01

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M = 104.49 - 0.28P + 0.0003P^2$$

Korelasyon katsayısı 0.15 olarak bulundu.

Bu sonuçlara göre, perlitin her iki karışımda da miktarı artarken mukavemet değeri azalmaktadır. Bu karışımlarda, perlit malzeme olarak mukavemeti artırıcı bir fonksiyon göstermemekle beraber, blok elamanın teşkilinde dolgu malzemesi vazifesini yapmaktadır.

Korelasyon katsayılarının sıfıra yakın çıkması da perlit malzemesinin mukavemete etkisinin zayıf olduğunu göstermektedir.

3.3.2. ÇİMENTONUN MUKAVEMETE ETKİSİ

Deneylerde perlitli blok elamanların teşkilinde bağlayıcı olarak çimento kullanıldı. Sonuçlardan görüldüğü gibi çimento miktarı arttıkça mukavemet değeri artmakta, ancak literatür araştırmasından da bildiği gibi çimentonun artması halinde ısı yalıtkanlığı azalmaktadır. Deney sonuçlarına göre çimentonun mukavemete etkisi araştırıldığında şu sonuçlar bulundu.

a) Perlit, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar:

1) Doğru denklemine göre,

$$M = -2.61 + 0.53Ç$$

Korelasyon katsayısı 0.49

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M = 35.88 - 0.7Ç + 0.0096Ç^2$$

Korelasyon katsayısı 0.50

b) Perlit, Çimento, Kum ve Su karışımlarına ait sonuçlar:

1) Doğru denklemine göre:

$$M = 10.62 + 0.298Ç$$

Korelasyon katsayısı 0.39

2) Parabol eğrisi denklemine göre;

$$M = 11.71 + 0.274Ç + 0.0002Ç^2$$

Korelasyon katsayısı 0.39

Sonuçlara göre salt perlit karışımlarında çimento ile mukavemet arasındaki korelasyonun daha etkili olduğu görüldü. Korelasyon katsayısının doğru ve parabol eğrisi denklemlerinde, birbirine yakın değerler alması çimentonun mukavemete etkisinin kuvvetli olduğunu göstermektedir.

3.3.3. KUM MIKTARININ MUKAVEMETE ETKİSİ

Perlitli blok elamanlarının kimyasal reaksiyon sonunda büzülmesini ve çatlak oluşmasını azaltmak için karışıma katılan kum aynı zamanda mukavemeti artırıcı bir malzemedir. Çimento ve perlit hacmi sabit tutulup kum miktarı arttırıldığında mukavemetde lineere yakın bir şekilde artış görülmektedir. Karışımın yoğunluğu da çimento ve kum miktarına bağlı olarak değişmektedir. Perlitle beraber katılan kumun mukavemeti arttırması için öncelikle karışımın homojenliğinin sağlanması gerekmektedir. Elde edilen değerlere göre kum'un mukavemete etkisi araştırıldığında şu sonuçlar bulundu.

1) Doğru denklemine göre,

$$M = 34.44 - 0.011K$$

Korelasyon katsayısı 0.01

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M = 35.71 - 0.023K + 0.0K^2$$

Korelasyon katsayısı 0.01

Bu sonuçlara göre karışıma giren kum miktarlarının mukavemet değerlerine göre dağılımları doğru ve parabol eğrisi etrafında geliştiği güzeldir. Çünkü karışımın korelasyon katsayısı sifıra çok yakın çıkmaktadır. Bu da deneylerde kullanılan kum'un mukavemete etkisi arasındaki

münasebetin uygun olmadığını göstermiştir. Ancak burada kum'un mukavemeti artırmadığı söylenemez. Çünkü deney sırasında malzemenin nemi, sıcaklığı ve granülometrisi gibi sebeplerde mukavemete etki etmektedir.

3.3.4. SU MİKTARININ MUKAVEMETE ETKİSİ

Deneylerde istenilen mukavemeti veren karışım hesaplarında çimentodan sonra önemli olan su miktarının belirlenmesidir. Su miktarının fazla olması ve zamanla buharlaşması halinde blok elamanların bünyelerinde kılcal boşluklar oluşmaktadır. Bu boşluklar yapıyı zayıflatmakta ve buna bağlı olarak mukavemeti azaltmaktadır.

Perlit gözenekli bir yapıya sahip olduğu için su emme değeri yüksektir. Bunun için hafif agregalar karışıma girmeden önce belirli bir miktar su emdirilmektedir. Ancak perlit için böyle bir uygulama bu çalışmada yapılmadı. Karışımlara kuru olarak katıldı. Su miktarının artması halinde mukavemetle beraber yoğunluğunda azaldığı görüldü. Elde edilen değerlere göre su miktarının mukavemet üzerindeki etkisi araştırıldığında şu sonuçlar bulundu.

a) Perlit, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar:

1) Doğru denklemine göre,

$$M = 66.01 - 0.195S$$

Korelasyon katsayısı 0.39

2) Parabol eğrisi etrafındaki dağılımlarına göre,

$$M = -71.42 + 1.42S - 0.0047S^2$$

Korelasyon katsayısı 0.42

b) Perlit, Kum, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar

1) Doğru denklemine göre,

$$M = 39.55 - 0.044S$$

Korelasyon katsayısı 0.13

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M = -19.75 + 0.69S - 0.0023S^2$$

Korelasyon katsayısı 0.19

Sonuçlardan görülmüştür ki çimento miktarından sonra önemli olan karışım için gerekli su miktarının hesaplanmasıdır. Korelasyon katsayısı salt perlit karışımlarında daha yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada her iki durumda da korelasyon katsayısının sifıra yakın çıkması, suyun mukavemet üzerine münasebetinin zayıf olduğunu göstermektedir.

3.3.5. ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ İLE MUKAVEMET ARASINDAKİ BAĞINTI

Perlitli beton blok elamanlarına ait ultrasonik yöntemle m/sn cinsinden ultrases geçiş süreleri ölçüldü. Elde edilen sonuçlara göre mukavemet artarken ses geçiş süreleri azalmakta olduğu görüldü.

Literatür araştırmasından bilindiği gibi ultrases hızı, betonda tahribatsız deney metodlarından birisidir. Bu metoda göre ultrases hızı ile mukavemet arasında bir bağıntının olduğu bilinmektedir. Ultrases hızı, elamanın boyutuna ve ses geçiş süresine bağlı olarak şu şekilde tanımlanmaktadır (9).

$$V = \frac{L}{t}$$

V: Ultrases hızı (km/sn),

L: Transdüserler arası mesafe (km),

t: Ultrases geçiş süresi (sn).

Bu bağıntıya göre, ultrases hızı arttıkça betonun basınç mukavemeti artmaktadır. Ancak elamanın deney sırasındaki sıcaklığı, nem miktarı, şekli ve boyutu, mukavemete etki etmektedir. Ultrases hızı mukavemet ve elastik özelliklere göre değişmektedir. Bu çalışmada ultrases hızı hesaplanmadığından sadece ultrases geçiş süresi ile mukavemet arasında münasebet araştırıldı. Elde edilen sonuçlar şunlardır.

1) Perlit, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar

a) Doğru denklemine göre,

$$M= 110.63 - 0.75U$$

Korelasyon katsayısı 0.80

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M= 405.12 - 6.46U + 0.027U^2$$

Korelasyon katsayısı 0.86

b) Perlit, Kum, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar

1) Doğru denklemine göre,

$$M= 69.18 - 0.38U$$

Korelasyon katsayısı 0.51

2) Parabol eğrisi denklemine göre,

$$M= 222.4 - 3.27U + 0.014U^2$$

Korelasyon katsayısı 0.57

Bu sonuçlara göre bilhassa perlit- çimento karışımlarında, korelasyonun bir'e yakın çıkması, ultrases geçiş süresi ile mukavemet arasında kuvvetli bir münasebetin olduğunu göstermektedir.

3.3.6. YOĞUNLUĞUN MUKAVEMETLE İLİŞKİSİ

Ultrases geçiş süresi gibi, yoğunlukta mukavemete bağlı olarak değişmektedir. Mukavemetin artması için çimento miktarının arttırılması veya malzemenin arttırılması halinde yoğunluk artmaktadır. Yoğunluğu artan elamanda ısı yalıtımı özelliği azalmaktadır. Araştırmada yoğunluğu 1 kg/dm^3 civarında olan karışımların mukavemet değerleri de 25 kg/cm^2 nin üzerinde değer vermektedir. Elde edilen denklemlere göre sonuçlar şunlardır.

a) Perlit, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar:

1) Doğru denklemine göre,

$$M= 38.27 - 0.0058Y$$

Korelasyon katsayısı 0.05

2) Parabol eğrisine göre,

$$M = -110.15 + 0.32Y - 0.0002Y^2$$

Korelasyon katsayısı 0.19

b) Perlit, Kum, Çimento ve Su karışımlarına ait sonuçlar:

1) Doğru denklemine göre,

$$M = 12.6 + 0.0159Y$$

Korelasyon katsayısı 0.23

2) Parabol denklemine göre,

$$M = -63.85 + 0.139Y - 0.0Y^2$$

Y Korelasyon katsayısı 0.24

Bu sonuçlara göre yapılan çalışmada, yoğunluk ile mukavemet arasındaki münasebet korelasyon katsayılarına göre zayıf olduğu görüldü.

3.3.7. SU EMME DENEYİ SONUÇLARI

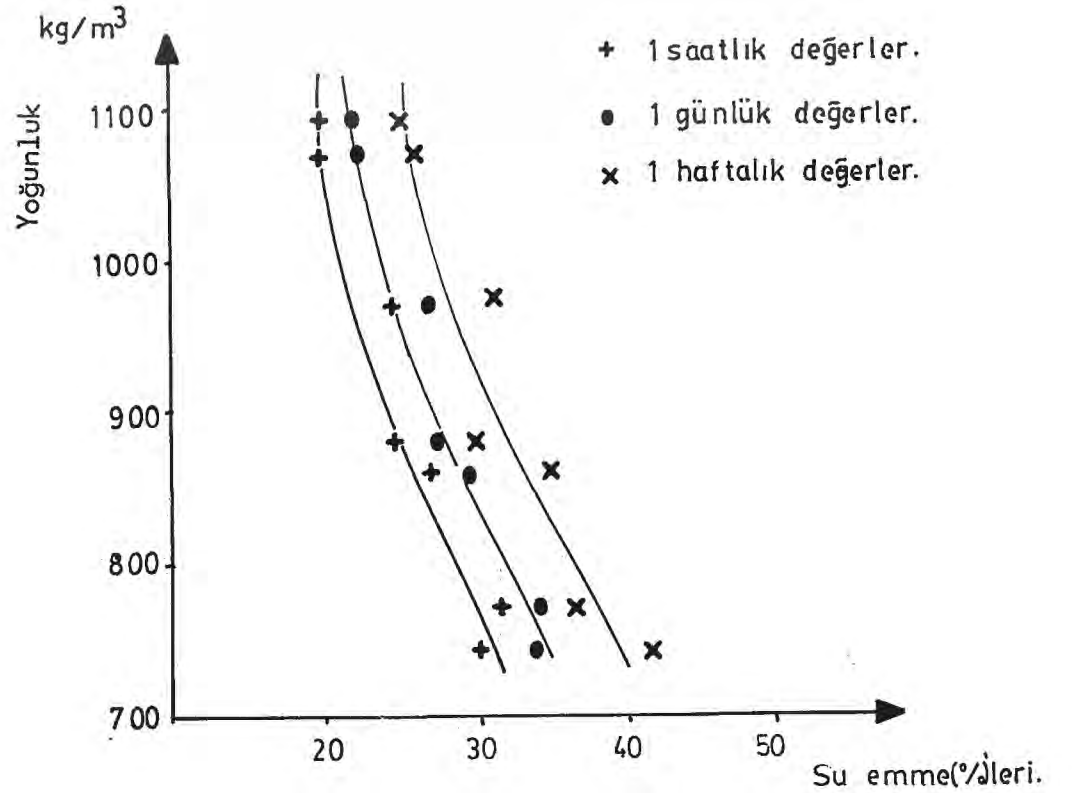
Deney sonuçlarının şekil 17'deki grafikten görüldüğü gibi yoğunluğu az olan perlitli hafif bloklar, yoğunluğu daha fazla olan perlitli kum kompozit karışımlı blok elamanlara oranla daha fazla su emmektedir. Yani su emme ile yoğunlukları arasında ters bir oran söz konusudur. Bu da perlitli bloklar için bir dezavantajdır. Ancak kullanma gayelerine göre tecrid edilerek su emme miktarı azaltılabilir.

Deneylerde ortalama olarak su emme yüzdesi, ağırlıkça 20 dakika sonunda 24.5, 1 hafta sonunda 33.3 olarak ölçülmüştür. Bu sonucu veren karışımın ortalama yoğunluğu da 0.88 kg/dm^3 'tür. Elde edilen sonuçlar tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. Perlit blokların su emme (%) leri

Numune No (Hacim oranı)	105°C kuru Ağırlık kg/m ³	Su emme (%)'leri (Ağırlıkça)				
		20 dakı.	40 dak.	60 dak .	24 saat	1.hafta
(1/6) 1	870	25.3	25.8	27	28.7	34.5
(1/5) 2	890	22.5	23.6	24.7	26.9	30.3
(1/7) 3	760	30	30.9	32.3	34	36.8
(1/3) 4	750	28	29.3	30.1	33.3	41.3
(1/4/1)5	990	23	25	25.8	26.7	29.3
(1/3/1)6	1080	20.41	21.30	21.5	21.8	25.9
(1/3/2)7	1100	20	20.4	20.9	21.5	25.4
(1/6)Gev- şek	630	26.9	31.7	32.5	34.9	42.8

Deney sonuçlarından ağırlıkça su emme yüzdesi değerleri ile yoğunlukları arasındaki dağılımlar şekil 17'de belirtilmektedir.



Şekil 17. Perlitli Beton Blokların Su Emme Yüzdeleri ile Yoğunlukları Arasındaki İlişki.

BÖLÜM IV

4. ÜRETİLEN SERİLERİN MALİYET ANALİZLERİ

Bu bölümde Perlit, Çimento ve Kum malzemeleri kullanılarak üretilen hafif beton blok elemanların maliyetleri araştırılmaktadır. Bu bakımdan basınç deneyleri sonucunda 25 kg/cm^2 mukavemet değerini sağlayan blok elemanların , tablo 7,8' deki birim hacim miktarları üzerinden, malzemelerin Ağustos ayı fabrika satış fiyatlarına bağlı olarak maliyetleri hesaplandı. Buna göre, blok elemanın maliyeti genel olarak şu şekilde ifade edilmektedir.

$$\text{Maliyet} = P.P_F + Ç.Ç_F + K.K_F$$

Burada,

P_F : 1 dm^3 Perlitin fabrika satış fiyatı,

$Ç_F$: 1 dm^3 Çimentonun fabrika satış fiyatı,

K_F : 1 dm^3 Kum'un piyasa satış fiyatını göstermektedir.

Maliyet hesaplarında malzemelerin Ağustos ayı satış fiyatları; Perlit $10\ 000 \text{ TL/m}^3$, Çimento $20\ 500 \text{ TL/ton}$ ve Kum $2\ 500 \text{ TL/m}^3$ olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo 10 ve tablo 11de verilmektedir. Sonuçlara göre beton blok elemanların ortalama maliyetleri, Perlit, Çimento ve Su karışımlarına göre $11\ 782 \text{ TL}$, Perlit, Çimento, Kum ve Su karışımlarına göre de $10\ 285 \text{ TL}$ olarak bulundu.

Blok elemanların ^(hacimce) maliyete etkisi araştırıldığında, yüzde olarak malzeme miktarlarının dağılımı şöyle olmaktadır. ($\sqrt{25 \text{ kg/cm}^2}$)

a) Perlit, Çimento ve Su karışımlarına göre,

Perlit % 72

Çimento % 7

Su % 21

b) Perlit, Çimento, Kum ve Su karışımlarına göre,

Perlit % 54

Çimento % 7

Kum % 22

Su % 17, oranlarında maliyete etkisi görülmüştür.

Bu sonuçlardan blok elamanın maliyeti, karışımdaki perlit miktarına bağlı olarak artmakta olduğu görüldü. Burada çimentonun yüzde olarak maliyete etkisi az olmasına rağmen, çimentonun miktarı da maliyetin artmasında perlit kadar önemlidir.

Karışımlara kum ilave edilerek elde edilen blok elemanların mukavemetleri salt perlit karışımlarına göre yakın değerler sağlamakta, buna karşı maliyetleri daha az olmaktadır. Bunun için karışımlara kum katılması maliyeti azaltmakta, aynı zamanda mukavemeti artıracığından ekonomik olmaktadır.

Tablo 10. Karışımların Maliyetleri.

MUKAVEMET Kg/cm ²	PERLİT dm ³ /m ³	SİMENTO dm ³ /m ³	SU dm ³ /m ³	MALİYET TL/m ³
25.000	739.370	63.460	197.170	11611
25.340	753.650	48.520	197.830	10879
25.380	765.950	46.810	187.230	10875
25.630	777.810	49.270	172.660	11102
25.920	739.900	66.590	193.510	11751
26.250	780.740	63.110	156.150	11502
26.500	748.420	67.360	184.230	11898
26.500	736.960	70.290	192.740	11977
26.630	778.440	65.870	155.690	12140
26.880	735.200	67.480	196.320	11813
26.880	762.230	64.300	175.440	11817
27.050	794.440	55.600	140.960	11639
27.400	785.470	57.440	157.090	11619
27.530	754.060	71.930	174.010	12197
27.750	733.250	71.470	195.400	12014
28.130	739.900	66.590	193.510	11751
28.250	745.410	71.100	183.490	12086
28.350	748.600	64.250	187.150	11725
28.500	769.230	65.090	165.680	11927
28.750	775.590	58.950	165.460	11629
28.750	760.950	65.510	177.550	11898
29.150	762.910	72.770	164.320	12311
30.430	771.970	73.630	154.390	12427

Tablo 11. Karışımların Maliyetleri.

MUKAVEMET Kg/cm ²	PERLIT dm ³ /m ³	CIMENTO dm ³ /m ³	KUM dm ³ /m ³	SU dm ³ /m ³	MALİYET TL/m ³
25.000	523.100	49.690	261.550	165.650	8801.7
25.100	537.150	51.030	260.500	143.240	9038.4
25.250	555.060	60.930	208.450	166.760	10125.9
25.500	583.660	75.800	145.910	194.550	10655.5
25.750	584.000	74.070	146.200	194.930	10561.4
26.250	580.650	70.970	193.550	154.840	10456.3
26.250	591.330	76.870	147.830	183.970	10795.1
26.350	599.200	77.900	149.800	173.100	10939.2
26.720	575.820	65.090	191.940	166.350	10058.8
27.400	549.120	75.660	220.000	146.430	10504.4
27.500	594.450	75.300	198.150	132.100	10060.0
27.500	607.290	70.950	151.820	161.940	11006.8
28.130	470.220	59.560	313.480	156.740	8982.1
28.140	579.150	70.630	185.070	105.070	10402.2
28.750	596.420	75.550	149.110	178.930	10771.0
28.950	608.520	77.000	152.130	162.270	10990.1
29.450	550.360	64.390	220.140	165.110	9833.6

BÖLÜM V

5. SONUÇ

Bu çalışmada, betonarme karkas yapılarda, bölme elemanı olarak perlitli beton blokların kullanılma imkanları araştırıldığında şu sonuçlar elde edilmiştir.

1) Perlit malzemesi kullanılarak üretilen beton blok elemanlarının yoğunluk ve mukavemet değerleri araştırıldığında: Perlit, Çimento ve Su karışımlarının ortalama mukavemeti 33.18 kg/cm^2 ve ortalama yoğunluğu 0.89 kg/dm^3 . Perlit, Çimento, Kum ve Su karışımlarının ortalama mukavemeti 32.45 kg/cm^2 ve ortalama yoğunlukları da 1.2 kg/dm^3 olarak bulunmuştur. Buna göre, blok elemanın gerçek hacmi aynı kalmak şartıyla, perlit hacminin belirli bir bölümü kum ile değiştirildiğinde yoğunluk artmakta, mukavemet fazla değişmemektedir.

2) Yapılarda ısı ve ses yalıtımının sağlanması için yoğunluğu az olan hafif yapı elemanları tercih edilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre perlitli beton blokların, yoğunlukları 1 kg/dm^3 civarında olduğundan, ısı ve ses yalıtımı için elverişli olduğu söylenebilir. Isı yalıtımı 13.5 cm kalınlığındaki hafif blok elemanlarla sağlanabildiğinden, yapı içindeki faydalı olan artmaktadır.

3) Blok elemanların hafif olması nedeniyle, yapıdaki duvar yükü azalacağından, yapıda taşıyıcı elemanların maliyetleri açısından ekonomi sağlanır.

4) Perlit, hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olduğundan, çimento

mento ve su ile karıştırıldığında bünyesine bir miktar su emmektedir. Prizini tamamladıktan sonra, emilen suyun buharlaşması ile bünyesinde kılcal boşluklar oluşmaktadır. Bu boşluklar, bünyenin zayıflamasına ve mukavemetin de azalmasına neden olmaktadır. Yapılan deneylerde blok elemanların ağırlıkça yüzde 30-35 arasında su emme değeri bulunmuştur. Bilindiği gibi perlit, malzeme olarak da ağırlığının % 50 si kadar su emme değerine sahiptir. Bu perlit için dezavantaj olmaktadır.

5) Deney sonuçlarının Çoklu Regrasyon Analizine uygulanması ile karışımlara ait regrasyon ve korelasyon katsayıları bulunmaktadır.

Perlitli beton blok elemanların, mukavemet değerleri ile bileşenler arasında, dağılma diyagramındaki noktalar, doğru veya parabol eğri si etrafında EN KÜÇÜK KARELER METODU'na göre minimum olma şartını sağlamaktadır. Bundan dolayı bulunan korelasyon katsayıların genelde sifıra yakın çıkması bileşenlerin mukavemet üzerine etkisinin zayıf olduğunu göstermektedir. Sadece ultrases geçiş süresinin mukavemetle münasebetinin kuvvetli olduğu görülmektedir.

6) Perlitli beton blokların mukavemetinin az olmasında veya bileşenlerin mukavemetle münasebetinin zayıf olmasında bazı sebeplerin etkili olduğu söylenebilir. Bunların bazıları kullanılan perlitin su emme değerinin yüksek olması, farklı granülometriye sahip bulunması ile karıştırma, yerleştirme, sıkıştırma işlemleri ve kür'ün normal şartlarda yeterli olmasıdır.

Sonuç olarak, dünya rezervleri bakımından zengin olan ülkemiz yapılı teknolojisinde, hammadde olarak perlitin blok elemanlar üretiminde kullanılması halinde, karıştırma, yerleştirme, sıkıştırma ve kür edilmesi işlemlerinin normal şartlarda yapılması ile kaliteli elemanların üretiminin gerçekleşmesi mümkündür.

BÖLÜM VI

K A Y N A K L A R

- 1- Alpan, Sadrettin.: "Perlit", 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri, s.9, (M.T.A.-T.J.K.), Aralık,1977.
- 2- Taşkın, Celâl. : "Perlitin Jeolojisi", 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri, (M.T.A.-T.J.K.), s.129-158, Ar.1977.
- 3- Şahin, Fügen. : "Perlit Nedir?", No.41, Etibank Bülteni, Ankara 198 .
- 4- Yalçın, Salman. : "İnşaat Sektöründe Genleşmiş Perlit Kullanımı", Etibank, Yayın No.106, Nisan 1983, Ankara.
- 5- Taşkın, Celâl. : "Perlit Yataklarının Oluşumu, İşletilmesi ve Türkiye İçin Önemi", (M.T.A.-Rapor), Ankara, Ekim 1978.
- 6- Yücelen, Çağla. : "Isı Yalıtım Yönetmeliğine Uygun Perlitli Uygulama Detayları", Yayın No. 109, Etibank, Ekim 1984.
- 7- TS. 3681/Nisan 1982.: "Genleşmiş Perlit Agregası", T.S.E., Temmuz 1982. Ankara.
- 8- Gökhan, Çiğdem. : "İnşaat Malzemesi Olarak Perlit", 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri (M.T.A.-T.J.K.), s.33-39, Aralık 1977.
- 9- : "Perlite", Technical Data Sheet/No. 2-4, 1983, Perlite Institute INC.
- 10- Taşdemir, M.Ali. : "Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışları", (Doktora Tezi), İ.T.Ü., 1982.
- 11- Gürtan, Kenan . : "İstatistik ve Araştırma Metodları", 1982. İstanbul.
- 12- Çömlekçi, Necla. : "İstatistik", İstanbul.

- 13- Arkun,E.; Ergen,M.H.: "Toplu Konut Uygulamalarında Genleştirilmiş Perlit ve Perlitli Yapı Malzemeleri Kullanımı", Etibank Bülteni, No. 41, s.7-20, Ağus.1982.
- 14- Bozdoğan, İ. : "İnşaat Sanayiinde Perlit", Etibank Bülteni, No. 28, s.21-25.
- 15- Ergen, M.H. : "İnşaat Sektöründe Perlit Kullanılması", Etibank Bülteni, No. 39, s.4-5, Haz.1982.
- 16- Gökhan, Ç. : "Genleştirilmiş Perlitin İnşaat Alanında Kullanımı", Etibank Bülteni, No.28, s.26-30, Oc.-Şub.-Mart 1981.
- 17- Kırimer, H. : "Perlit", Madencilik, No.15(6), s.37-44, 1976.
- 18- Akman, S.M.; Taşdemir, M.A.: "Taşıyıcı Malzeme Olarak Perlit Betonu", 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri (M.T.A.-T.J.K.), s.40-48, Ar.1977.
- 19- Chestermen, C.W. : "Genesis of Perlite", Industrial Minerals and Rocks 1984.
- 20- Sumru, Timuçin. : "Perlitin Hafif Beton Agregası Olarak İncelenmesi", (D.S.İ.-Rapor), Ankara.
- 21- Yalgın, Selman. : "Isı Yalıtımında Genleşmiş Perlit ve Genleşmiş Perlit Ürünleri Kullanımı", Etibank Bülteni, No. 61, Nisan 1984.
- 22- Bates, Robert,L. : "Geology of The Industrial Rocks and Minerals", s.50-57.
- 23- Postacıoğlu, Bekir. : "Yapı Malzemesi Bilimi", İ.T.Ü.İstanbul.
- 24- TS. 3681/Nisan 1982.: "Alçılı Perlit Bölme Duvarı Elemanları", T.S.E.
- 25- TS. 802/Ocak 1976. : "Beton Karışım Hesap Esasları", T.S.E.
- 26- Gökteş, Abdurrahman.: "Perlit", Etibank Bülteni, No.28, Ankara.
- 27- Aybar, Mediha. : "Dünya'da Perlit", Etibank Bülteni, No.28.
- 28- Milanese, Robert.S. : "Perlit around the world", Isolatie Congres of Perlit Institute. September 14, 1979.
- 29- Demir, Ahmet. : "Madenlerimiz ve Perlit", Türkiye'de Yapı Malzemesi ve Sorunları (T.J.K.) 14-18 Şubat, 1983.
- 30- Arbatlı, Adnan. : "Türkiye Perlit Sanayii ve Hammadde Yataklarına Toplu Bir Bakış", PABALK A.Ş. İstanbul.

- 31- Seyhan, İsmail. : "Türkiye'de ve Dünya'da Perlitin ve Hafif İnşaat Malzemeleri Sanayinin Geleceği", 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri (M.T.A.-T.J.K.) Aralık 1977.
32. TS.3649/Nisan 1982.: "Perlitli Isı Yalıtım Betonu Yapımı Uygulama ve Deney Metodları", T.S.E.
- 33- TS.3608/Mart 1978.: "Laboratuvarda Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı", T.S.E.

E K L E R

Ek Tablo 1. Deneylerde Üretilen Blok Elemanlara Ait Karışım Miktarları ve Deney Sonuçları.

HACIM ORANLARI	KARIŞIMDAKI MİKTARLAR				7 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI			
	P	Ç	S	Karışım Toplam Hacmi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
P/Ç	dm ³	kg / dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn
5/1	16	3.4 / 1.17	3.2	20.37	Döküm	Yapı	1 m a d ı		8.840 / 1105	10990	27.48	110
5/1	16	3.4 / 1.17	3.4	20.14		"	"	"	8.360 / 1045	10820	27.05	112
3.5/1	12	3.6 / 1.24	2.4	15.64	7.950 / 994	9250	23.13	108	7.500 / 938	15250	38.13	87
3.5/1	12	3.6 / 1.24	2.6	15.84	8.020 / 1003	10000	25.0	106	7.700 / 963	13150	32.82	104
3.5/1	12	3.6 / 1.24	2.8	16.04	8.460 / 1057	9000	22.5	118	7.900 / 988	13750	34.38	100
3.5/1	12	3.6 / 1.24	3	16.24	8.120 / 1015	10250	25.63	103	7.740 / 968	12500	31.25	103
3.5/1	12	3.6 / 1.24	3.2	16.44	8.820 / 1103	6500	16.25	134	7.600 / 950	14000	35.0	104

Ek Tablo 1'den Devam.

HACIM ORANLARI	KARIŞIMDAKI MİKTARLAR				7 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI			
	P	Ç	S	Karışım Toplam Hacmi	N.Ağırlığı	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi	N.Ağırlığı	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
P/Ç	dm ³	kg/dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	msn	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	msn
3/1	12	3.6 1.24	3	16.24	7.09 886	11750	29.38	102	6.700 837	16750	41.88	95
3.5/1	13	3.4 1.17	3.4	17.57	8.200 1025	7750	19.38	107	6.800 850	11250	28.13	102
4/1	12	3.3 1.14	2.6	15.74	9.500 1188	9000	22.50	105	7.780 973	12750	31.88	98
5/1	15	3.3 1.14	3.2	19.34	9.250 1156	7250	18.10	110	8.080 1010	11500	28.75	102
6/1	18	3.3 1.14	4	23.14	8.150 1019	5000	12.50	118	7.620 953	10250	25.63	114
7/1	16	3 1.03	4.2	21.23	8.000 1000	3000	7.50	124	7.100 887	10130	25.33	118
8/1	18	3 1.03	4.4	23.5	8.500 1062	2000	5.00	145	6.360 795	10150	25.38	119

Ek Tablo 1'den Devam.

HACIM ORANLARI	KARIŞIMDAKİ MİKTARLAR				7 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI			
	P	Ç	S	Karışım Toplam Hacmi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
P/Ç	dm ³	kg/dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	msn	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	msn
4.5/1	12	3.4 1.17	2.4	15.57	6.520 815	16000	40	99	6.410 801	18650	46.63	97
4.5/1	12	3.4 1.17	2.6	15.77	7.040 880	14000	35	102	6.880 860	24000	60.0	86
4.5/1	12	3.4 1.17	2.8	15.97	8.240 1030	13750	34.38	101	7.330 916	18000	45.0	98
4.5/1	12	3.4 1.17	3	16.17	7.940 993	8750	21.88	111	6.980 873	13850	34.63	100
4.5/1	12	3.4 1.17	3.2	16.37	7.890 986	6500	16.25	108	7.520 940	11100	27.75	108
5.5/1	12	3.2 1.10	2.4	15.50	8.340 1043	14750	36.88	101	6.850 856	19950	49.13	88
5.5/1	12	3.2 1.10	2.4	15.50	Döküm	Yapı	İmadı		6.620 828	19100	47.75	92

Ek Tablo 1'den Devam.

HACIM ORANLARI	KARIŞIMDAKİ MİKTARLAR				7 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI			
	P	Ç	S	Karışım Toplam Hacmi	N.Ağırlığı	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi	N.Ağırlığı	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
P / Ç	dm ³	kg / dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn
5.5/1	12	3.2 1.10	2.6	15.70	8.600 1075	8750	21.88	119	7.280 910	14150	35.38	103
5.5/1	12	3.2 1.10	2.8	15.90	7.880 985	8250	20.63	122	8.144 1018	16250	40.63	96
5.5/1	12	3.2 1.10	3.0	16.10	8.350 1044	8000	20.0	123	6.360 795	12500	31.50	108
5.5/1	12	3.2 1.10	3.2	16.30	7.720 965	5000	12.5	136	7.300 913	10750	26.88	102
6.5/1	12	3.0 1.03	2.4	15.43	Döküm	Yapı	İmadı		7.430 929	17500	43.75	99
6.5/1	12	3.0 1.03	2.6	15.63		"	"	"	6.920 865	14040	35.10	101
6.5/1	12	3.0 1.03	2.8	15.83		"	"	"	7.000 875	13000	32.50	99

Ek Tablo 1'den Devam.

HACIM ORANLARI	KARIŞIMDAKİ MİKTARLAR				7 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI			
	P	Ç	S	Karışım Toplam Hacmi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
P/Ç	kg/dm ³	dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn
6.5/1	12	3.0	3.0	16.03	Döküm	ya	1 m a d 1		6.620	11340	28.35	108
		1.03							828			
6.5/1	12	3.0	3.2	16.23	"	"	"	"	6.240	10000	25.0	119
		1.03							780			
7.5/1	12	2.8	2.4	15.37	"	"	"	"	6.940	10500	26.25	110
		0.97							868			
7.5/1	12	2.8	2.8	15.77	"	"	"	"	7.120	11500	28.75	107
		0.97							890			
3.5/1	13	3.6	2.4	16.64	"	"	"	"	7.344	12180	30.45	102
		1.24							918			
3.5/1	13	3.6	2.6	16.84	"	"	"	"	7.480	13260	33.15	95
		1.24							935			
3.5/1	13	3.6	2.8	17.04	"	"	"	"	6.600	11660	29.15	107
		1.24							825			

Ek Tablo 1'den Devam.

HACIM ORANLARI	KARIŞIMDAKİ MİKTARLAR				7 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI			
	P	Ç	S	Karışım Toplam Hacmi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yüğü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
P / Ç	kg / dm ³	dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²	/msn
3.5/1	3.6 1.24	3.0	17.24	Döküm yapılmadı					6.030 755	11.000	27.5	115
3.5/1	3.6 1.24	3.2	17.44	"	"			"	6.840 855	11300	28.25	108
3.5/1	3.6 1.24	3.4	17.64	"	"			"	7.136 892	10600	26.50	110
4/1	3.4 1.17	2.4	16.57	"	"			"	6.720 840	16060	40.15	95
4/1	3.4 1.17	2.6	16.77	"	"			"	6.560 830	16900	42.25	92
4/1	3.4 1.17	2.8	16.97	"	"			"	7.280 910	15500	38.75	98
4/1	3.4 1.17	3.0	17.17	"	"			"	6.800 850	13120	32.80	101

Ek Tablo 2. Deneylerde Üretilen Blok Elemanların Karışımları ve Sonuçları.

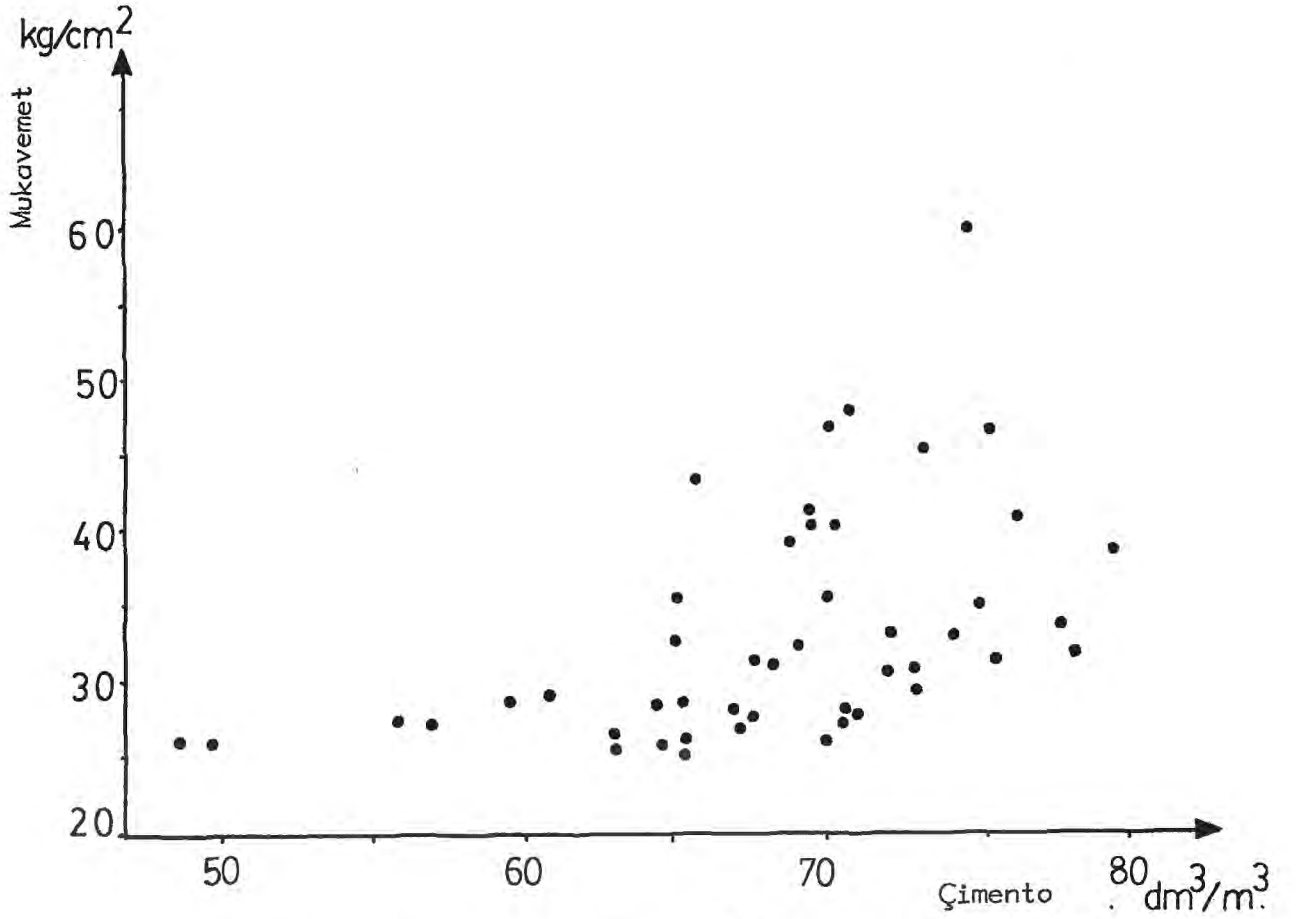
HACİM ORANLAR	KARIŞIMDAKİ MİKTARLAR				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				
	P	Ç	K	S	Toplam Hacim	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yükü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
	P/Ç/K	dm ³	kg dm ³	dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²
3/1/1	9	3.3	3	2.4	15.54	8.790	14 750	36.88	95
		1.14				1099			
3/1/1	3	3.3	3	3	16.14	10,100	11 260	28.14	99
		1.14				1262			
3/1/2	9	3.3	6	3	19.14	9.980	11 250	28.13	107
		1.14				1247			
4/1/1	12	3.3	3	3	19.14	8.860	12 750	31.88	99
		1.14				1107			
4/1/2	12	3.3	6	3.2	22.34	11.000	10 070	25.18	123
		1.14				1375			
4/1/2	12	3.3	6	3.8	22.94	10.740	10 030	25.08	130
		1.14				1342			
3/1/1	9	3.2	3	2.4	15.50	9.100	10 500	26.25	95
		1.10				1140			
3.6/1/1.6	9	3.4	4	2.8	16.97	10.300	13 250	33.13	100
		1.17				1287			
3.2/1/1.6	8	3.6	5	3	17.24	10.800	13 750	34.58	94
		1.24				1350			
2.9/1/2.4	6	3.6	5	2	14.24	11.300	13 750	34.38	92
		1.24				1410			
3/1/1.2	10	3.4	4	3	18.17	10.520	11 780	29.45	105
		1.17				1315			
3/1/1	9	3	3	2.6	15.63	9.185	10 680	26.72	97
		1.03				1148			

Ek Tablo 2'den Devam.

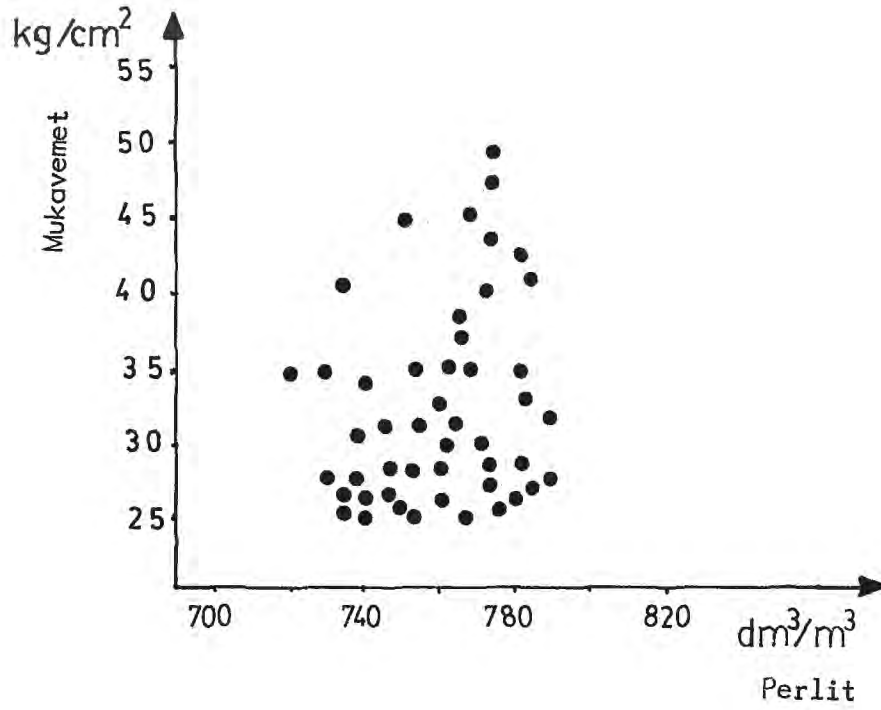
HACİM ORANLARI	KARIŞIMDAKİ MİKTARLAR				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				
	P	Ç	K	S	Toplam Hacim	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yükü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
	P/Ç/K	dm ³	kg dm ³	dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	ky/cm ²
3/1/0.75	9	3.6	2.25	2.4	14.89	9.768	17 000	42.50	98
		1.24				1221			
3/1/0.75	9	3.6	2.25	2.7	15.19	9.824	16 960	42.4	96
		1.24				1228			
3/1/0.75	9	3.6	2.25	3	15.49	9.968	12 960	32.4	97
		1.24				1246			
3/1/1	9	3.6	3	2.4	15.64	9.464	15 500	38.75	95
		1.24				1183			
3/1/1	9	3.6	3	2.7	15.94	10.104	14 000	35.0	94
		1.24				1263			
3/1/1	9	3.6	3	3	16.24	9.696	15 000	37.50	99
		1.24				1212			
3/1/1.25	9	3.6	3.75	2.4	16.39	10.104	10 960	27.4	93
		1.24				1263			
3/1/1.25	9	3.6	3.75	2.7	16.69	10.688	15 500	38.75	96
		1.24				1336			
3/1/1.25	9	3.6	3.75	3	16.99	10.762	13 500	33.75	89
		1.24				1344			
3.6/1/0.9	9	3.3	2.25	2.4	14.79	9.440	11 580	28.95	101
		1.14				1180			
3.6/1/0.9	9	3.3	2.25	2.7	15.09	8.680	11 500	28.75	97
		1.14				1085			
3.6/1/0.9	9	3.3	2.25	3	15.39	8.872	10 300	25.75	99
		1.14				1109			

Ek Tablo 2'den Devam.

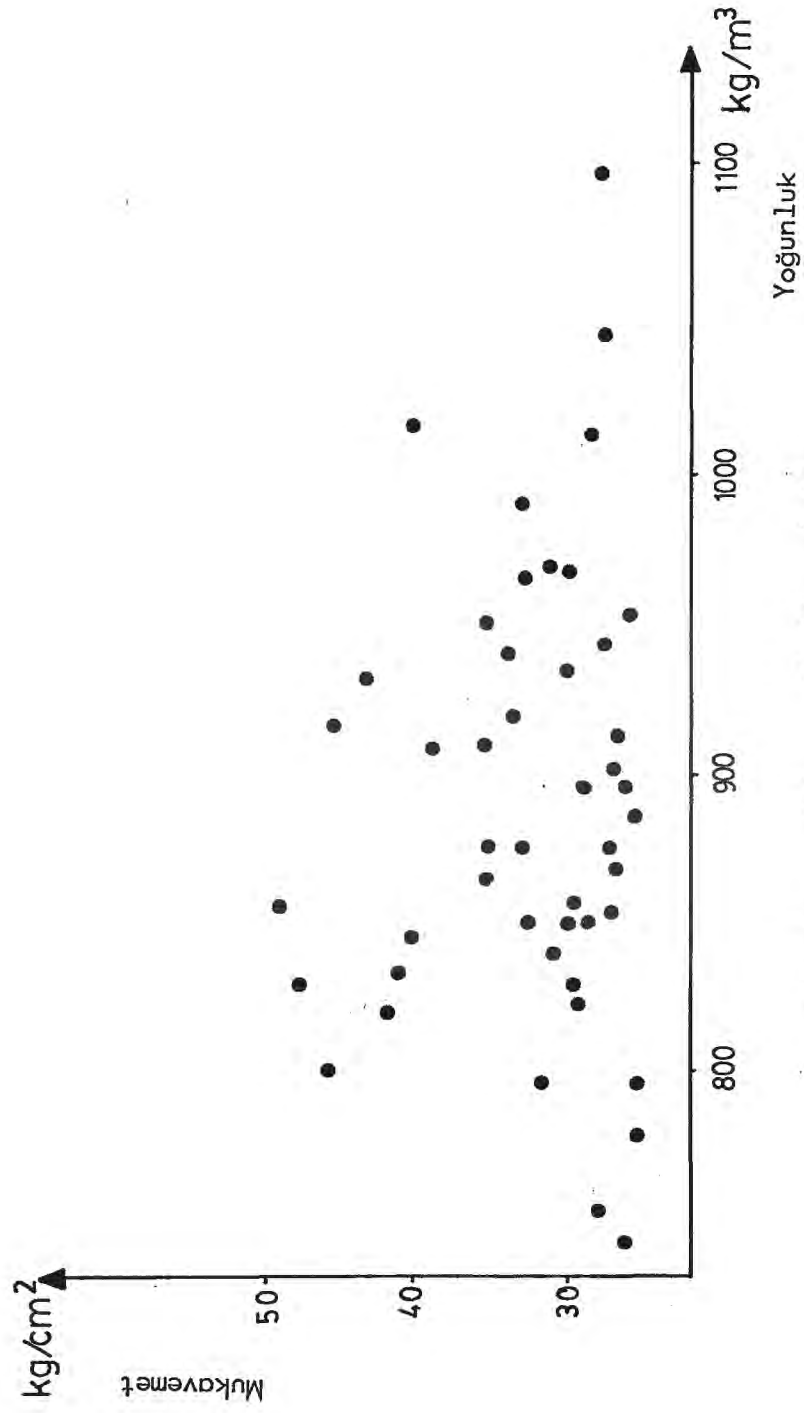
HACIM ORANLAR	KARIŞIMDAKİ MİKTARLAR				28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI				
	P	Ç	K	S	Toplam Hacim	N.Ağırlığı Yoğunluk	Kırılma Yükü	Kırılma Gerilmesi	Ultrases Geçiş Süresi
	P/Ç/K	dm ³	kg dm ³	dm ³	dm ³	dm ³	kg-kg/m ³	kg	kg/cm ²
3.6/1/1.2	9	3.3	3	2	15.14	9.800	11 000	27.50	95
		1.14				1225			
3.6/1/1.2	9	3.3	3.25	2	15.39	9.720	12 500	31.25	98
		1.14				1215			
3.6/1/1.2	9	3.3	3.50	2	15.64	9.408	13 500	33.75	98
		1.14				1176			
3.4/1/.75	9	3.4	2.25	2.4	14.82	9.408	11 000	27.50	100
		1.17				1176			
3.4/1/.75	9	3.4	2.25	2.6	15.02	9.696	10 540	26.35	99
		1.17				1212			
3.4/1/.75	9	3.4	2.25	2.8	15.22	9.352	10 500	26.25	102
		1.17				1169			
3.4/1/.75	9	3.4	2.25	3	15.42	9.304	10 200	25.50	103
		1.17				1163			
3.2/1/.75	10	3.6	2.25	2.4	15.89	9.872	13 000	32.50	89
		1.24				1234			
3.2/1/.75	10	3.6	2.25	2.7	16.19	10.360	17 080	42.7	92
		1.24				1295			
3.2/1/.75	10	3.6	2.25	3	16.49	9.688	15 040	37.6	100
		1.24				1211			
3.2/1/1	10	3.6	3	2.4	16.64	10.368	13 540	33.85	92
		1.24				1296			
3.2/1/1	10	3.6	3	2.7	16.94	9.824	16 000	40	94
		1.24				1228			



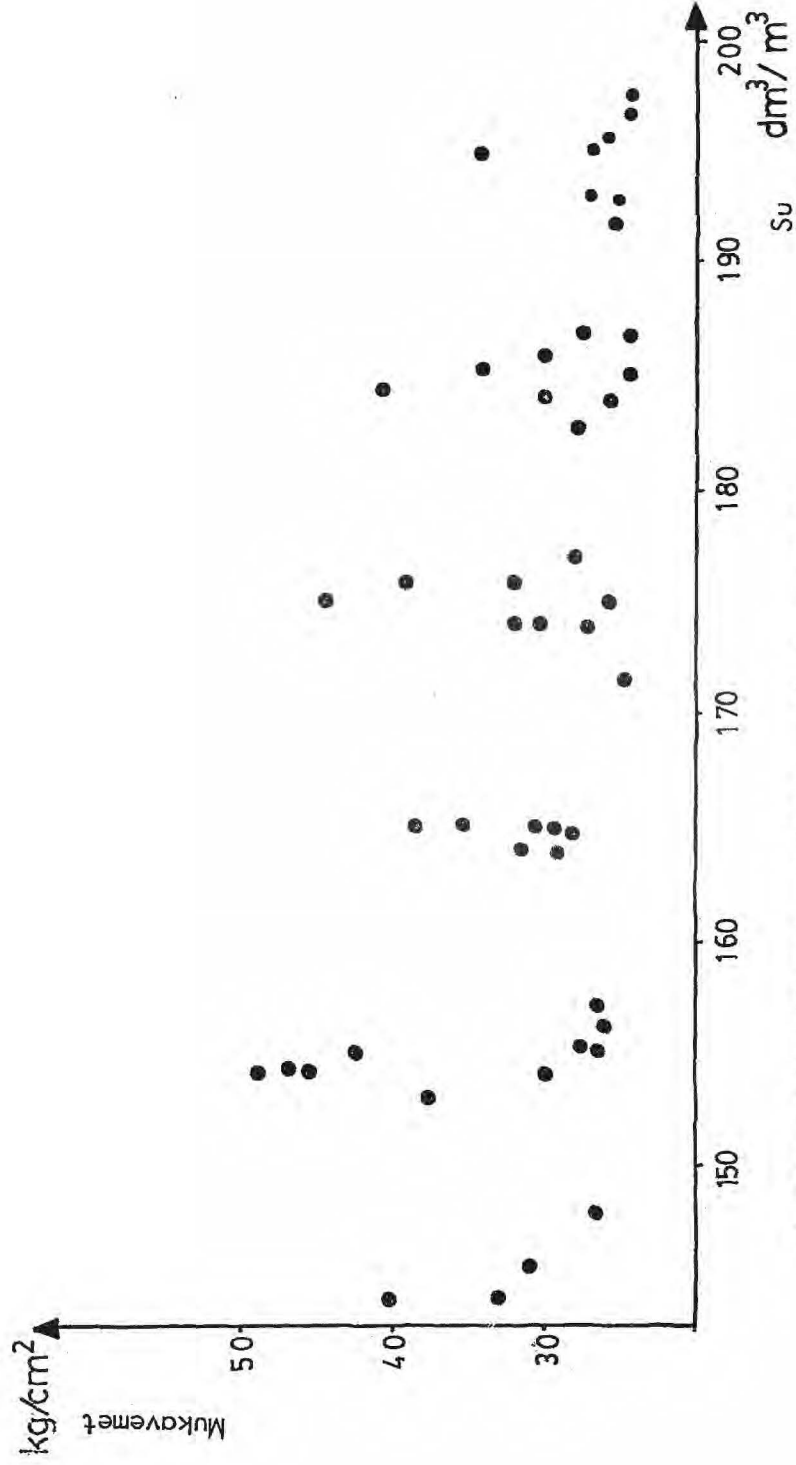
Ek Şekil 1. Mukavemetin Çimento İle MÜNasebeti.



Ek Şekil 2. Mukavemetin Perlit İle MÜNasebeti.



Ek Şekil 3. Yoğunluğun Mukavemetle Münasebeti.



Ek Şekil 4. Su Miktarının Mukavemetle Münasebeti.