

**VOLKANİK CURUFUN YAPI MALZEMESİ  
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

( YÜKSEK LİSANS TEZİ )

**FUAT AKPINAR**

**Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü**

**Tez Yöneticisi : Doç A. Sayıl ERDOĞAN**

Fırat Üniversitesi  
Merkez Kütüphanesi



\*0069247\*

255.07.02.03.00.00/08/0069247

İM YL/2

**E L Â Z İ Ğ**

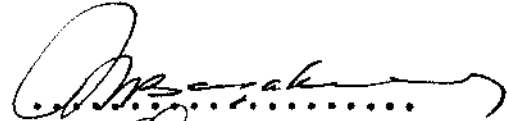
**Ocak - 1988**

Okuduğum ve jüriye sunulmasını uygun gördüğüm  
bu tez, kanımca bir Yüksek Mühendislik (MS) tezinde bu-  
lunması gereken tüm nitelikleri taşımaktadır.

  
Doç. Ali Sayıl ERDOĞAN  
Tez Yöneticisi

Tez Jürisi:

Prof. Dr. Mutlu BAŞAKMAN  
Doç. Ali Sayıl ERDOĞAN



......

.....

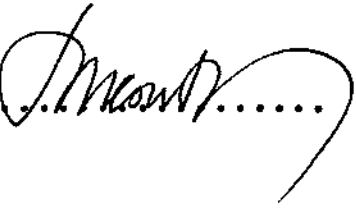
.....

.....

.....

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Mesut AYAN

......

Bu tez, Yüksek Mühendislik (MS) tezi olarak onaylanmıştır.

Fırat Üniversitesi  
Merkez Kütüphanesi



\*0069247\*

255.07.02.03.00.00/08/0069247

İM YL/2

## ÖZET

İnş.Müh.Fuat AKPINAR

F.U. Mühendislik Fakültesi, 1988

Ülkemiz ısı ve deprem haritaları incelendiğinde yapılardaki fiziksel kalitenin önemi görülür. Konut ihtiyacı fiziksel kalite ile birleşince yapılarda yeni malzemelere ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada Elazığ-Yeniköy yöresinden temin edilen volkanik curuf yapı malzemesi olarak incelenmiştir.

Bu inceleme; yapılarda fiziksel kalite ile hafif betonun önemi, volkanik curuf ile potansiyeli, hafif beton ve uygulamaları konusundaki genel bilgiler, volkanik curufun mikroskopik özellikleri; birim ağırlık, elek analizi, organik madde, kil topakları, yanıcı madde ile sülfat miktarının araştırıldığı volkanik curufun hafif agregata olarak incelenmesi; karışım elemanlarının tanıtılıp özgül ağırlık faktörü metodu kullanılarak karışım oranlarının tesbitini içeren volkanik curuf agregalı hafif beton; değişik su/çimento oranlarına göre her seriden üç adet standart volkanik curuf agregalı hafif beton numuneleri hazırlanarak basınç ve çekme dayanımı, basınç dayanımını artırmak için kum katkısı, elastisite modülü ve ısı iletkenliğinin incelendiği materyal ve metod bölümlerinden oluşmaktadır.

Sonuçta; volkanik curuf agregalı betonun basınç dayanımı ile birim ağırlık ve elastisite modülü, su/çimento oranı ile birim ağırlık ve basınç dayanımı, ağırlıkça kum

orani ile birim ağırlık ve basınç dayanımındaki artış grafiklerle gösterilmiştir. Birim ağırlıktaki artışın malzemenin hafifliğine, ısı ve ses yalıtım özelliklerine olumsuz etkisi göz önüne alınarak ES14-ES16 betonu için malzeme miktarı verilmiştir. Enerji bedelinin giderek artması, yapı ihtiyacı, kullanım konforundan fedakârlık gerektirmemesi volkanik curuf agregalı betonun önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler:

Volkanik curuf

Lav curufu

Hafif agregâ

Hafif beton

Hafif agregalı beton

## ZUSAMMENFASSUNG

Bauing. Fuat AKPINAR

Fakültät für Ingenieurwesen

Die bauphysikalischen Randbedingungen der Bauwerke gewinnen eine besondere Aufmerksamkeit, wenn die thermographischen Karten und die Erdbebenkarten unseres Landes berücksichtigt werden, dabei erhöht sich der Bedarf an neuen Baustoffen in besonderer Masse, wenn der Bedarf für Wohnungsbau und die physikalische Qualität der Bauwerke zusammenbetrachtet werden! In dieser Arbeit wurde unter besonderer Berücksichtigung der o.a. Richtungsweisen, die vulkanische porige Zuschläge als Baustoffelement untersucht.

Diese Arbeit misst eine besondere Bedeutung zur Erhaltung einer physikalischen Qualität in Bauwerken und der Wichtigkeit des Leichtbetons, dem vulkanischen Porigen Zuschlag und dessen Potential, der allgemeinen Verwendung des Leichtbetons, den mikroskopischen Eigenschaften der porigen Zuschläge und dessen Untersuchung als Leichtzuschlag hinsichtlich des Eigengewichts, den Siebeeigenschaften des Inhalts von organischen Stoffen sowie des Toherds, der Untersuchung der vulkanischen Porigen Zuschläge als Leichtbaustoff aus einer Mischung von brennbaren Material und Sulfatsalzen, der Untersuchung der Mischungsverhältnisse mit Hilfe der Eigengewichts-Faktor-Verfahren, der Bestimmung der Zug- und Druckfestigkeit des Leichtbetons aus porigen vulkanischen Zuschlägen durch Untersuchung der drei

Probekörper aus jeder serie bei verändertem wasser-Zement-Faktor, der Untersuchung des Einflusses von sandzuschlag auf die Druckfestigkeit, der Bestimmung des Elastizitätsmoduls, sowie der wärmeleitfähigkeit des Leichtbetons.

Die Ergebnisse wurden in der Arbeit graphisch dargestellt für die Druckfestigkeit, das Eigengewicht, den Elastizitätsmodul in Abhängigkeit von Wasser-Zement-Faktor, sandzuschlag und anderen porigen zuschlägen. Unter Berücksichtigung des negativen Einflusses der Erhöhung des Eigengewichts auf die wärmeleitfähigkeit und schalldämmung, wurden für die Betone BS14-BS16 die Baustoffverhältnisse angegeben. Es wurde festgestellt, dass Leichtbeton eine zunehmende Bedeutung in der Bauindustrie gewinnen wird, wenn die Energiekosten, Wohnungsbedarf und eine komfortable Wohnkultur miteinander optimal im Einklang gebracht werden müssen.

Schlüsselwörter:

Volkanischer Poriger Zuschlag

Lavazuschlag

Leichtzuschlag

Leichtbeton

Beton mit leichtem Zuschlag.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında, sürekli yakın ilgi ve büyük yardımlarını gördüğüm tez yöneticisi değerli hocam Sayın Doç. Ali Sayıl ERDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bizlere master yapma olanağı sağlayan Elazığ Fırat Üniversitesi ve Erzurum Atatürk Üniversitesi Yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Öğretim süresince yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm hocalarım ve mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                    | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------|--------------|
| Özet .....                                         | i            |
| Zusammenfassung .....                              | iii          |
| Teşekkür .....                                     | v            |
| İçindekiler .....                                  | vi           |
| Çizelgeler .....                                   | ix           |
| Şekiller .....                                     | x            |
| Semboller.....                                     | xi           |
| <br>1. GENEL BİLGİLER                              |              |
| 1.1. Giriş .....                                   | 1            |
| 1.2. Deprem Yönünden Fiziksel Kalitenin Önemi..... | 1            |
| 1.3. Isı Yönünden Fiziksel Kalitenin Önemi .....   | 2            |
| 1.4. Yapılarda Hafif Betonun Önemi .....           | 4            |
| 1.5. Türkiye'nin Volkanik Curuf Potansiyeli.....   | 5            |
| 1.6. Volkanik Curuf .....                          | 5            |
| 1.7. Hafif Beton .....                             | 6            |
| 1.7.1. Tanım .....                                 | 6            |
| 1.7.2. Betonda Yük Taşıma Mekanizması .....        | 6            |
| 1.7.3. Hafif Agregalı Betonun Fiziksel             |              |
| Özellikleri .....                                  | 7            |
| 1.7.3.1. Yoğunluk .....                            | 7            |
| 1.7.3.2. Basınç Dayanımı .....                     | 8            |
| 1.7.3.3. Çekme Dayanımı .....                      | 8            |
| 1.7.3.4. Deformasyonlar .....                      | 9            |
| 1.7.3.5. Isı İletimi .....                         | 10           |
| 1.7.3.6. Su Emme Miktarı .....                     | 10           |



Sayfa

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 1.7.3.7. Donatının Korozyona Karşı                  |    |
| Korunması .....                                     | 11 |
| 1.7.3.8. Yangın Dayanımı .....                      | 11 |
| 1.8. Hafif Agregalı Betonla İnşa Edilen Strüktür-   |    |
| lerden Örnekler .....                               | 11 |
| 2. VOLKANİK CURUF                                   |    |
| 2.1. Mikroskopik Özellikleri .....                  | 17 |
| 3. VOLKANİK CURUFUN HAFİF AGREGA OLARAK İNCELENMESİ |    |
| 3.1. Birim Ağırlık .....                            | 19 |
| 3.2. Elek Analizi .....                             | 20 |
| 3.3. Organik Madde Miktarı .....                    | 22 |
| 3.4. Kil Topakları Miktarı .....                    | 22 |
| 3.5. Yanıcı Madde Miktarı .....                     | 23 |
| 3.6. Sülfat Miktarı .....                           | 24 |
| 4. VOLKANİK CURUF AGREGALI HAFİF BETON              |    |
| 4.1. Karışım Elemanları .....                       | 25 |
| 4.1.1. Su .....                                     | 25 |
| 4.1.2. Bağlayıcı .....                              | 25 |
| 4.1.3. Agregası .....                               | 25 |
| 4.2. Karışım Hesabı .....                           | 25 |
| 4.2.1. Su Miktarı .....                             | 26 |
| 4.2.2. Çimento Özgöl Ağırlığı .....                 | 26 |
| 4.2.3. Su Çimento Oranı .....                       | 26 |
| 4.2.4. Suyun Özgöl Ağırlığı .....                   | 26 |
| 4.2.5. Hava Miktarı .....                           | 26 |
| 4.2.6. Su Emme Miktarı .....                        | 26 |

## ÇİZELGELER

|             | <u>Sayfa</u>                                            |
|-------------|---------------------------------------------------------|
| Çizelge 3.1 | Agrega gevşek birim ağırlık raporu ..... 19             |
| Çizelge 3.2 | Tüvenan agrega elek analiz raporu ..... 20              |
| Çizelge 3.3 | Organik madde miktarı raporu ..... 22                   |
| Çizelge 3.4 | Kil topakları miktarı raporu ..... 23                   |
| Çizelge 3.5 | Yanıcı madde miktarı raporu ..... 23                    |
| Çizelge 3.6 | Sülfat miktarı raporu ..... 24                          |
| Çizelge 4.1 | Su emme miktarı raporu ..... 27                         |
| Çizelge 4.2 | Karışım oranları ..... 28                               |
| Çizelge 5.1 | Basınç dayanımı ..... 30                                |
| Çizelge 5.2 | Basınç dayanımını artırmak için kum<br>katkısı ..... 31 |
| Çizelge 5.3 | Karakteristik çekme dayanımı ..... 33                   |
| Çizelge 5.4 | Isı iletkenlik katsayısı ..... 34                       |
| Çizelge 5.5 | Elastisite modülü ..... 36                              |

## ŞEKİLLER

|                                                                                     | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 1.1 Türkiye deprem bölgeleri haritası .. ....                                 | 2            |
| Şekil 1.2 Türkiye ısı bölgeleri haritası .....                                      | 3            |
| Şekil 1.3 Türkiye volkanik bölgeler haritası .....                                  | 5            |
| Şekil 1.4 Betonda yük taşıma mekanizması .....                                      | 7            |
| Şekil 1.5 Betonun basınç dayanımı .....                                             | 8            |
| Şekil 1.6 Birim deformasyon-basınç ilişkisi .....                                   | 9            |
| Şekil 1.7 Isı iletim direnci .....                                                  | 10           |
| Şekil 3.1 Elek analiz grafiği .....                                                 | 21           |
| Şekil 5.1 Elastisite modülü .....                                                   | 35           |
| Şekil 6.1 Basınç dayanımı ve birim ağırlık arasın-<br>daki ilişki .....             | 39           |
| Şekil 6.2 Basınç dayanımı ve elastisite modülü<br>arasındaki ilişki .....           | 39           |
| Şekil 6.3 Su çimento oranı ve basınç dayanımı ara-<br>sındaki ilişki .....          | 40           |
| Şekil 6.4 Su çimento oranı ve birim ağırlık ara-<br>sındaki ilişki .....            | 40           |
| Şekil 6.5 Ağırlıkça kum oranı ve birim ağırlıktaki<br>artış arasındaki ilişki ..... | 41           |
| Şekil 6.6 Ağırlıkça kum oranı ve dayanımındaki ar-<br>tış arasındaki ilişki .....   | 41           |

## SEMBOLLER

|           |                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $A$       | Isıtıcı plaka alanı                                                         |
| $d$       | Numunenin ortalama kalınlığı                                                |
| $E_c$     | Betonun elastisite modülü                                                   |
| $f_c$     | Silindir basınç dayanımı                                                    |
| $G_c$     | Çimentonun özgül ağırlığı                                                   |
| $G_{ft}$  | Deneme karışımından deney ve hesaplara elde edilen<br>özgül ağırlık faktörü |
| $G_w$     | Suyun özgül ağırlığı                                                        |
| $t_c$     | Soğuk yüzey sıcaklığı                                                       |
| $t_s$     | Sıcak yüzey sıcaklığı                                                       |
| $V_h$     | Bir birim hacim betondaki hava hacmi                                        |
| $W$       | Betonun ağırlığı                                                            |
| $W_a$     | Bir birim hacim betondaki agreganın ağırlığı                                |
| $W_c$     | Bir birim hacim betondaki çimentonun ağırlığı                               |
| $W_w$     | Bir birim hacim betondaki suyun ağırlığı                                    |
| $Q$       | Kararlı durumda numune yüzeyine dik yönde numune-<br>den geçen ısı miktarı  |
| $\lambda$ | Isı iletkenliği                                                             |

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

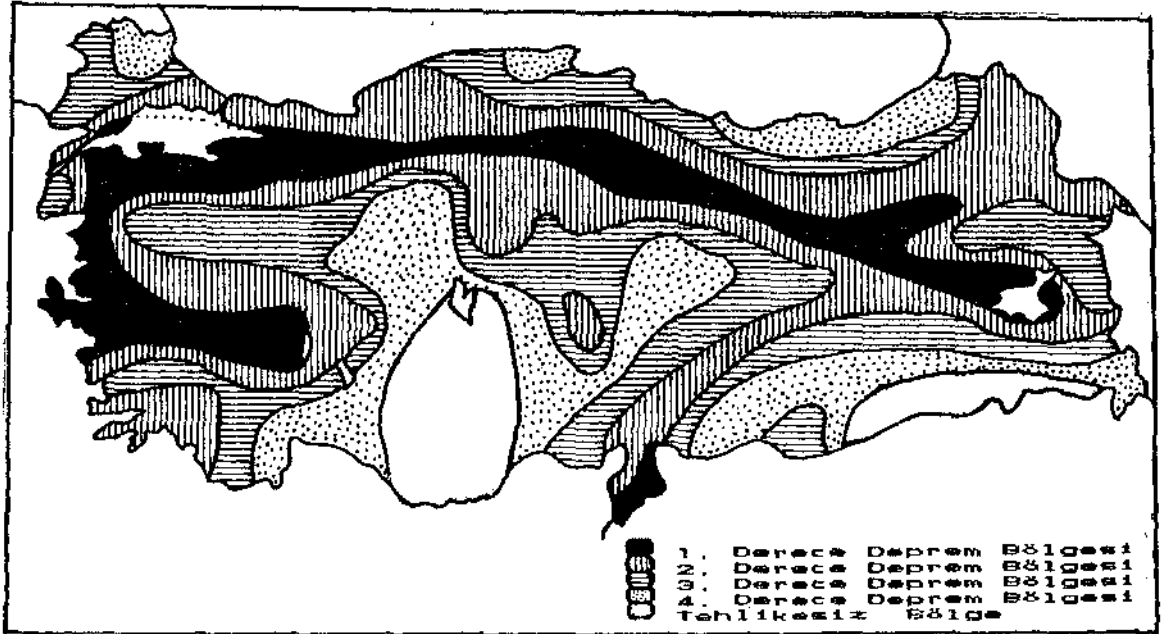
Kalkınma plânında ve diğer resmi belgelerde belirtildiği gibi, yapı üretimindeki sayısal yetersizlik tüm açıklığı ile ortadadır.

Bu sayısal eksiklik nedeni ile üzerinde hemen hemen hiç durulmayan önemli nokta, yapıların fiziksel kalitelerinin yetersizliğidir.

Ülkemiz açısından ihmal edilmemesi gereken fiziksel kalitenin önemi Türkiye ısı ve deprem haritaları incelendiğinde görülür.

### 1.2. Deprem Yönünden Fiziksel Kalitenin Önemi

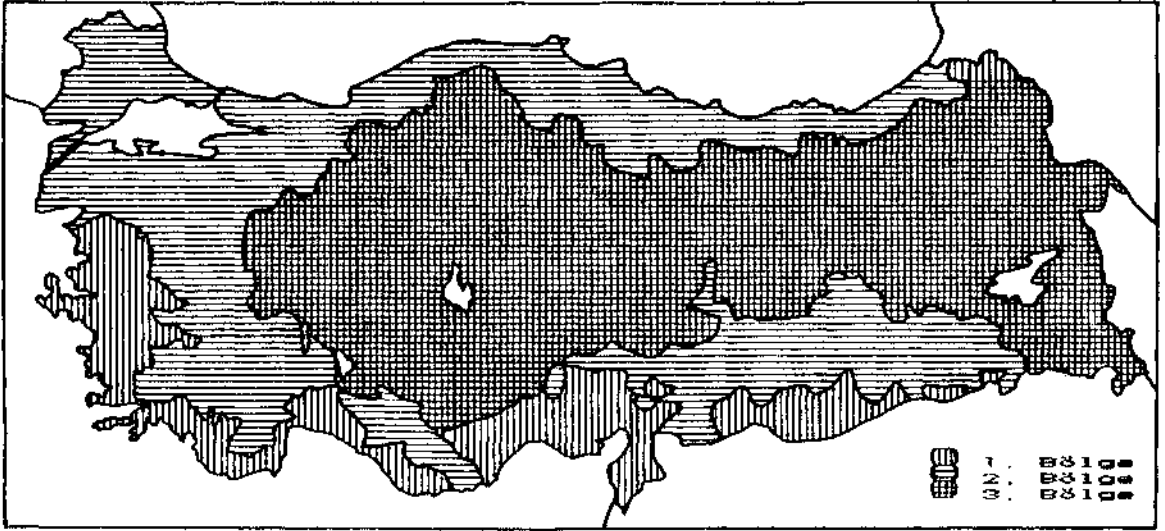
Bugün yürürlükte bulunan deprem haritasına göre Türkiye topraklarının % 92 si deprem kuşağında ve nüfusunun % 96 sı bu kuşağa giren bölgelerde yaşamaktadır. Oysa yapılan bir incelemeye göre, Türkiye'de inşa edilen yapıların ancak % 10'u deprem yönetmeliğinin öngördüğü genel esaslara uygun olarak inşa edilmiştir. Diğer taraftan deprem hesabı yapılan yapıların bir çoğu da 1975'den önce yürürlükte bulunan Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmeliğe göre projelendirilmiştir. O yönetmelikte deprem kuvvetlerinin hesaplanması bugün öngörülenden küçük olduğundan bu yapılarında depreme karşı sağlanmak istenilen güvenliğe sahip olduklarını söylemek mümkün değildir (8).



Şekil 1.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası.

### 1.3. Isı Yönünden Fiziksel Kalitenin Önemi

1985 tarihli imar yönetmeliğine göre düzenlenen Türkiye ısı bölgeleri haritası da yapılarda ısı yalıtımının önemini vurgulamaktadır.



Şekil 1.2. Türkiye ısı bölgeleri haritası.

Kalite yetersizliğinin oluşturduğu diğer problemler ise; vakitsiz onarım, iş gücü, malzeme ve binaların uzun süreler devre dışı kalmalarıdır.

Tüm dünyanın ve ülkemizin birinci sıradaki sorunu olan enerji yetersizliği, maliyetin yüksekliği ve petrole dayalılığı yapı sektörüyle büyük ölçüde ve çok yönlü olarak ilişkilidir.

Yapıda ekonomik enerji tasarrufu ise üretim, taşıma ve yapının doğa ile ısı alış-veriş süreçlerinde sağlanır.

#### 1.4. Yapılarda Hafif Betonun Önemi

Betonarme inşaatlarda kullanılan geleneksel betonun birim hacim ağırlığı genellikle betonun bir sakıncasıdır. Bu sakıncaların başında taşıyacağı yükün büyük bir kısmını yapı ya da yapı elemanının kendi öz ağırlığının teşkil etmesi gelmektedir. Yüksek yapılarda önemli sorunlar yaratmakta, büyük açıklıkların bulunması halinde kendi öz ağırlıklarını bile taşıyamaz hale gelmektedir. Ağırlıklarının fazlalığı sebebiyle bu yapıların depremden önemli derecede etkilendikleri bilinen bir gerçektir.

Hafif betonun kullanım sebepleri arasında;

- Hafif olduklarından binanın ölü yükünün azalması

81

- Taşıyıcı elemanların kesitinin küçülmesi

- Donatı azalması

- Depreme ve yangına karşı güvenlik sağlanması

- Isıya ve sese karşı yalıtkanlığı

- Bazı bölgelerde normal agreganın olmayışı ya da çok az oluşu sayılabilir (9).

Günümüzde hafif beton bütün dünyada özellikle konut inşaatında en önemli inşaat malzemesi haline gelmiştir.

Birçok metotla hafif beton üretilmekte ve sayıları gün geçtikçe artmaktadır.



### 1.5. Türkiye'nin Volkanik Curuf Potansiyeli

Türkiye yüzölçümünün yaklaşık % 20 sini volkanik kayalar oluşturmaktadır. Üstelik bu kayalar dünyanın en kaliteli kayalarıdır. Bu bakımdan Türkiye hafif agrega malzemesi yönünden çok zengindir (8).

Doğal hafif agregalar herhangi bir teknoloji, fabrikasyon ve enerji girdisi gerektirmedikinden çok ucuzdur. Bunlardan yapılacak inşaat elemanı da çok ucuz olacaktır.



Şekil 1.3. Türkiye volkanik bölgeler haritası

### 1.6. Volkanik Curuf

Boşlukları fazla olan lav parçacıklarıdır. Renkleri genellikle siyah ve koyu kahverengidir. Bileşimi %50 silikat olup birim hacim ağırlıkları  $450 \sim 1200 \text{ kg/m}^3$  kadardır (9).

Yurdumuz volkanik bir yapıya sahip olduğundan; İzmir-Kula, Manisa-Salihli, Kayseri-Himmetdede, Konya-Karapınar, Adana-Osmaniye, Van-Tendürek, Elazığ-Yeniköy yörelerinde bol ve yaygın olarak bulunmaktadır.

## 1.7. Hafif Beton

### 1.7.1. Tanım

Birim hacim ağırlığı  $2 \text{ t/m}^3$  den daha az olan beton hafif beton olarak tanımlanmaktadır (8).

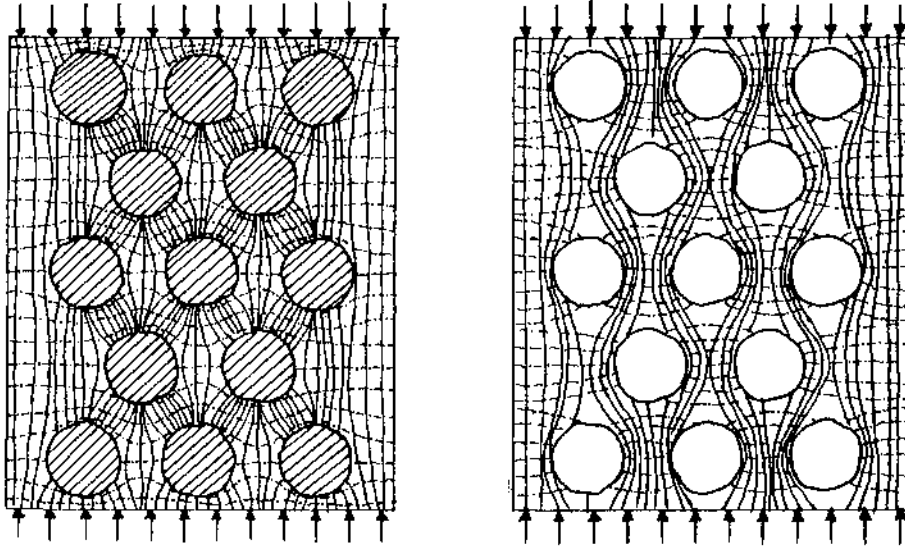
### 1.7.2. Betonda Yük Taşıma Mekanizması

Donatısız veya donatılı olarak kullanılan beton, ait olduğu elemanın taşıyıcılığına esas itibariyle basınca çalışarak katkıda bulunur.

Beton taşıyıcılığının en yüksek değerine daha büyük boyutlu agregalar arasındaki boşlukların giderek daha küçük daneler tarafından ve yükü birbirine doğrudan aktaracak şekilde doldurulması halinde ulaşır. Geri kalan daha küçük boşlukları dolduran çimento hamuru, zaten agregaya tarafından büyük ölçüde sağlanmış olan dayanım ile bunun kararlılığına katkıda bulunur ve geçirimsizliği artırır.

Hafif agregalı betonda boşluk doldurma bakımından benzerlik varsa da, agreganın dayanımı çimento hamuruna göre daha düşük olduğundan, yükün agregaya dokusu içinde bir daneden diğerine geçmesi yerine çimento hamuru tara-

fından karşılanması durumu mevcuttur (18).



a) Normal Beton

b) Hafif Beton

Şekil 1.4. Betonda yük taşıma mekanizması (6).

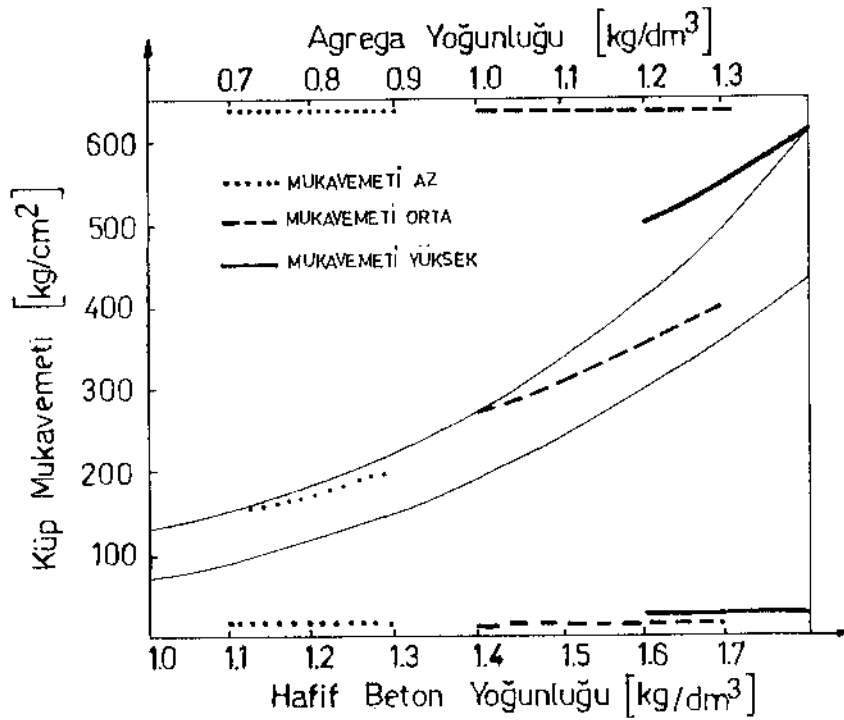
### 1.7.3. Hafif Agregalı Betonun Fiziksel Özellikleri

#### 1.7.3.1. Yoğunluk

Betonun yoğunluğu kullanılan agreganın yoğunluğuna büyük ölçüde bağlıdır. Genel olarak, hafif agreganın basınç dayanımı yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Yoğunluğun düşük olması boşlukların çok olduğu duruma karşılıktır ki, bu durum ısı yalıtımı için arzu edilir. O halde basınç dayanımı ile ısı yalıtım özelliği, birbirine karşıt isteklerdir. Yüksek yoğunluk donatısının korozyondan korunması, aderansın yeterli olması ve yeterli elastisite modülü elde edilmesi bakımından önem taşır(18).

### 1.7.3.2. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı normal beton gibi 28 günlük numuneler üzerinden ölçülür. Basınç dayanımını belirleyen en önemli özellikler agreganın yoğunluğu ve su-çimento oranıdır. Belirli bir agrega türü ile yoğunluğunun tayin ettiği dayanım sınırı üzerine çıkmak mümkün değildir (18).



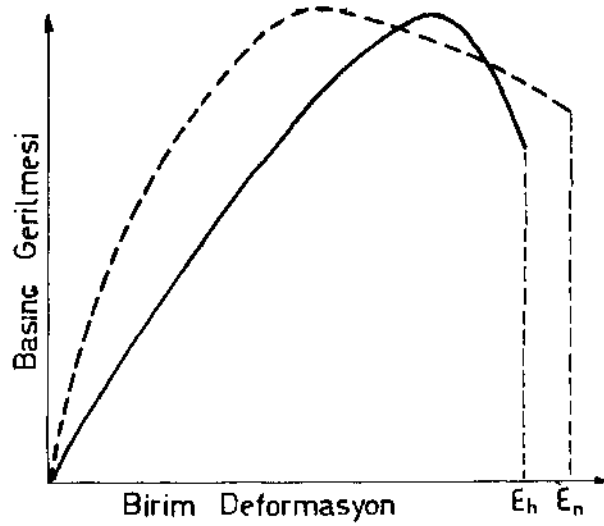
Şekil 1.5. Betonun basınç dayanımı.

### 1.7.3.3. Çekme Dayanımı

Hafif agregalı betonda çekme çatlaklarının iri agregaları katettiği görülür. Bu durum normal betonda ancak dayanımın çok yüksek olması halinde rastlanır. Çekme dayanımının basınç dayanımına oranı, düşük ve orta daya-

nımlı hafif betonlarda, normal betonda olduğu gibidir. Yüksek dayanımlı hafif betonda ise, çekme dayanımının aynı basınç dayanımına sahip normal betonunkinden %25 kadar daha düşük olması beklenir (18).

#### 1.7.3.4. Deformasyonlar



Şekil 1.6. Birim deformasyon-basınç ilişkisi (18).

Hafif agregalı betonda;

- $\sigma$ - $\epsilon$  bağıntısı doğruya yakındır.
- E modülü daha küçüktür.

E modülünün küçük olması zor kesit tesirlerini azaltan bir özellik olduğundan, hafif betondan yapılmış yapılar genellikle çatlaklardan yoksun kalırlar.

Normal betona göre basınç bloğunun yüksek olması deformasyonların fazlalığına sebep olur (6).

edilir. Yüksek dayanımlı hafif betonlarda su emme normal betondakine eşdeğerdir (18).

#### 1.7.3.7. Donatının Korozyona Karşı Korunması

Hafif agregalı betonda agreganın porozitesi ve gaz difüzyonunun kolaylığından dolayı koruma etkisi azdır. Pas payı normal betona oranla en büyük agreganın çapı veya 5 mm artırılmalıdır (6).

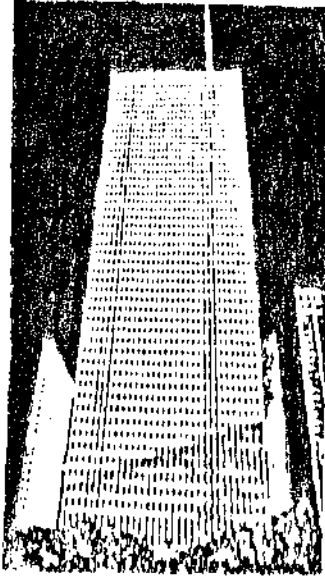
#### 1.7.3.8. Yangın Dayanımı

Boşluklar nedeniyle hafif agregalı beton ısıyı daha güç iletir. Yangına dayanımı da normal betonunkinden yaklaşık %30 daha iyidir. Ancak hafif beton yaş ise gözeneklerdeki suyun buharlaşması basıncı artıracığından parçalanmalar ve dökülmeler görülebilir. Ayrıca yüksek gerilmeler altındaki kesimlerin yüzeyleri yangına maruz kalması halinde normal betona kıyasla zayıflık görülür (6).

### 1.8. Hafif Agregalı Betonla İnşa Edilen Strüktürlerden

#### Örnekler

Birçok ülkede, hafif agregalı betondan, alışılmışın çok üzerindeki yükseklik ve açıklıklarda görkemli binalar, köprüler, gemi dokları, kuleler, kabuklar ve temel kazıkları yapılmıştır. Aşağıda bunlardan bazı örnekler, bir fikir oluşturmak amacıyla verilmiştir:

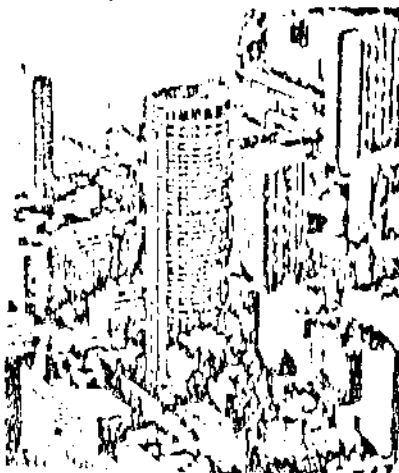


Shell Plaza Tower, Houston, A.B.D.

1967-1969 yıllarında inşa edilen bu bina 218 m yüksekliğe varan 52 kat-tan meydana gelmektedir. Binanın plan-daki boyutları ise 59.00 m X 40.00 m dir. Taşıyıcı sistem, 16.50 m X 26.00 m boyutundaki bir merkezi çekirdek perde ile, plan çevresine dik bir şekilde dizilmiş kolonlardan oluşmaktadır.

Strüktürün yapımında, radye temel dahil, tümüyle hafif agregalı beton kullanılmıştır. Prefabrike elemanların kullanılmadığı bu binada iri agregası genleştirilmiş şeyl ince agregası da doğal kumdur. Beton yoğunluğu 1850 kg/m<sup>3</sup>, basınç dayanımı perde, kolon ve radye temelde 420 kg/cm<sup>2</sup>, döşemelerde ise 230 kg/cm<sup>2</sup> civarındadır.

Australia Square Tower, Sydney,  
Avusturalya



184 m yükseklikte ve 42.50 m çapındadır. Tümüyle hafif agregalı betondan yapılmıştır. 50 katlı olup, ortasında 18.80 m çapında bir strüktürel tüp yer almaktadır. Tüpün cidar kalınlığı aşağıda 24 cm'den başlayıp, yukarıda 18 cm'ye düşmektedir. Bu tüp, asansörleri, merdivenleri ve servis hat-

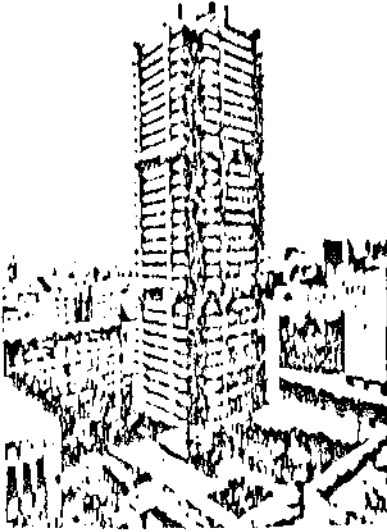
larını içermektedir. Tüpten çevreye doğru, 11.00 m uzun-

luğunda yerinde dökme konsol kirişler uzanmakta ve bunlar bir yandan stabilite için birbirlerine, bir yandan da çevredeki 20 adet kolona bağlanmaktadır.

Döşeme kalınlığı 11.5 cm'dir ki, bu incelik ve hafiflik toplam yükte çok önemli bir azalma sağlamaktadır. Çevre kolonlarının kalıpları prefabrike olup, onlar da hafif betondan imal edilmiştir. Kolon kesitleri yükseklikle azalmaktadır.

Yapıda  $36,400 \text{ m}^3$  hacminde hafif beton kullanılmıştır. İri agregaya genleştirilmiş şeyl ince agregaya da doğal kumdur.

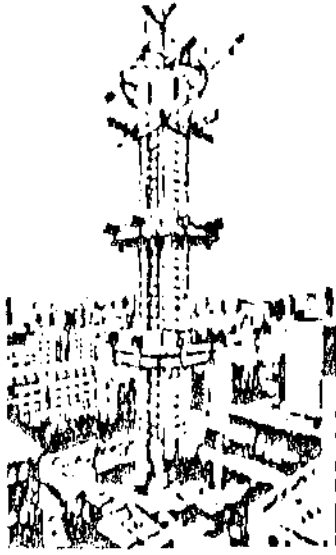
#### Standard Bank Tower, Johannesburg, Güney Afrika



1967-1970 yıllarında inşa edilen bu banka binası 139 m yüksekliğinde olup 30 katlıdır. Planı kare şeklinde ve boyutları 34 m X 34 m'dir. Plan içinde 14.17 m X 14.17 m boyutunda bir çekirdek strüktür yer almakta ve bu, bir kenarı 5.64 m uzunluğunda olan dört adet kare kesitli ve içi boş kolondan oluşmaktadır. Bu kolonlar birbirlerine kat hizalarındaki kirişlerle bağlanmışlardır. Herbir kolon iki asansör ve bir merdiven yuvasını içermektedir.

Onuncu, yirminci ve otuzuncu katta olmak üzere, yapı yüksekliği boyunca üç seviyede, çekirdek tarafından taşınan 12.65 m uzunlukta sekiz adet konsol içeren bir

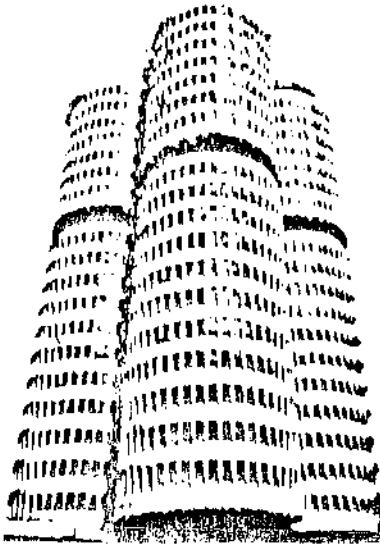




mesnet parçası, yerinde döküm tekniği ile oluşturularak çekirdek strüktüre bağlanmaktadır. Herbir konsoldan yeterli sayıda çelik kablo içeren prefabrike asma kolonlar sarmakta ve bunlar alttaki 9 katın, 24.85 m uzunluğundaki döşeme kenar kirişlerini taşımaktadır. Bu kenar kirişleri ile çekirdek strüktür arasına çift-T kesitli prefabrike döşeme elemanları oturtularak döşemeler tamamlanmaktadır.

Bu inşaatla, sadece döşemelerde hafif agregalı beton kullanılmıştır. Çekirdek strüktür ve mesnet parçaları normal betondandır. İri agregata olarak genleştirmiş kilin, ince agregata olarak da doğal kumun kullanıldığı hafif betonun yoğunluğu  $1950 \text{ kg/m}^3$ , 28 günlük basınç dayanımı da  $210-310 \text{ kg/cm}^2$  dir. Elastisite modülü ise  $150.000 \text{ kg/cm}^2$  olarak ölçülmüştür.

B.M.W. İdari Binası, Münich, Batı Almanya



1970-1972 yıllarında inşa edilen bu bina simetrik ve dört parçalı yonca yaprağı şeklinde bir plana sahiptir. Kavisli çevreye dıştan teğet olan karenin bir kenarının uzunluğu 43.30 m dir. İçeride yine kavisli bir çekirdek perde mevcuttur. Çekirdek perde içinde asansörler, merdivenler ve

servis hatları yer almaktadır. Yükseklik 100 m, kat adedi 18'dir.

Çekirdek perdenin tepesinde, planla uyumlu olarak, asma kolonların tesbit edildiği dört parçalı bir başlık-mesnet yer almakta, bina yarı yüksekliğinin üstündeki katların prefabrike döşeme elemanları bundan sarkan dört asma kolona asılmaktadır. Bu asma sistemin inşası, döşemelerde hafif agregalı betonun kullanılması sayesinde mümkün olmuştur. Döşemelerin dışındaki taşıyıcı kısımlar normal betondandır. Hafif betonda kullanılan iri agrega genişletilmiş kil ince agrega da doğal kumdur. Hafif betonun yoğunluğu  $1660 \text{ kg/m}^3$ , dayanımı da  $410 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Kullanılan hafif betonun hacmi  $3400 \text{ m}^3$  tür. Bu, temel yüklerinde %6'lık, kaldırılan toplam döşeme yükünde de %19'luk bir azalma sağlamıştır.

#### Wiesbaden'de (Batı Almanya) Öngerilmeli Konsol Sistemi İle İnşa Edilen Kemer Köprü

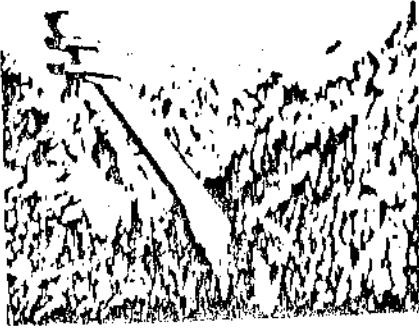


Planda toplam uzunluğu 153 m olup, ana kemer 96.40 m açıklıktadır. Kemer yüksekliği 12 m, yol genişliği de 3.00 m'dir. Konsol sistemi ile inşa edilen ilk öngerilmeli hafif beton köprü olma özelliğini taşımaktadır.

İki taraftaki rampalar normal betondan, ana kemerin 64.20 m'lik orta kısmı ise hafif agregalı betondan imal edilmiştir.

İri agregâ olarak genleştirilmiş şeyl kullanılmış olup, ince agregâ doğal kumdur. Sömel ve kazıklar dışında beyaz portland çimentosu kullanılmıştır. Beton yoğunluğu  $1610 \text{ kg/m}^3$ , basınç dayanımı da  $395 \text{ kg/cm}^2$  civarındadır.

#### Oberstdorf'ta (Batı Almanya) Kayakla Atlama Platformu



Bu strüktürün gerçekteřtirilmesi ancak hafif beton kullanarak ve öngerilme uygulayarak mümkün olmuştur. 100 m uzunluğundaki konsol, kayaya ankre edilmiştir (18).

## 2. VOLKANİK CURUF

Deneylerde kullanılan volkanik curuf Elazığ, Yeniköy yöresinde bulunan volkanik curuf ocağından temin edilmiştir.

Yeniköy volkanik curuf ocağı Elazığ şehir merkezinin 7 km güneyinde bulunan Yeniköy köyünün sırtlarındadır.

### 2.1. Mikroskopik Özellikleri

Bol hava kabarcıklı boşluklar içerip; siyah renkli, kırıldığı zaman keskin kenarlı olup, minarelleri gözle görülmektedir.

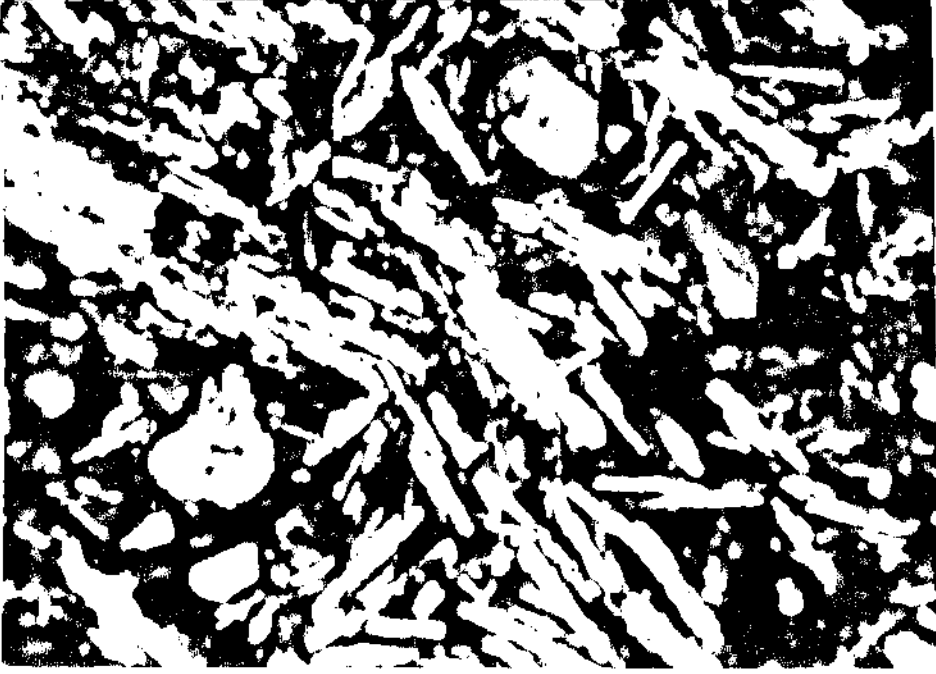
Kayaç genel olarak belirli yönde dizilim gösteren plajiyoklas mikrolitleri ile bunlar arasındaki olivin kristalleri ve oksitlenmiş camsı malzemelerden oluşmuştur.

Olivinler çoğunlukla şekilsiz, bazen yarı özşekilli olup ane boyutları farklıdır. Büyük kristaller kenarları boyunca iddingsit'e dönüşmüştür.

Plajiyoklas mikrolitleri çok küçük olduğundan anortit yüzdesi tayin edilememektedir. Amigdaller (Gaz boşlukları) herhangi bir ikincil minarelle doldurulmamıştır.

Olivin kayacın %25~30'unu oluşturmaktadır.

Kayacın adı: Olivinli bazalt.



Fotoğraf 2.1. İncekesit fotoğrafı.

### 3. VOLKANİK CURUFUN HAFİF AGREGA OLARAK İNCELENMESİ

#### 3.1. Birim Ağırlık

Gevşek birim ağırlık iri ve ince agregalar için ayrı ayrı tesbit edilmiştir.

Ölçek kabı 5 cm den yüksek olmayacak şekilde agregalar ile doldurulup elle fazla çıkıntıların boşlukları doldurması sağlanarak düzeltilmiştir. Ölçek kabı ve içindeki agregalar tartılıp, ölçek kabının darası düşülerek agregaların net ağırlığı bulunup, bu ağırlık, ölçek kabının hacmine bölünerek, o agreganın gevşek birim ağırlığı hesaplanmıştır(13).

Sonuçlar TS 1114- 1.2.1 Maddesiyle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Agregalar gevşek birim ağırlık raporu.

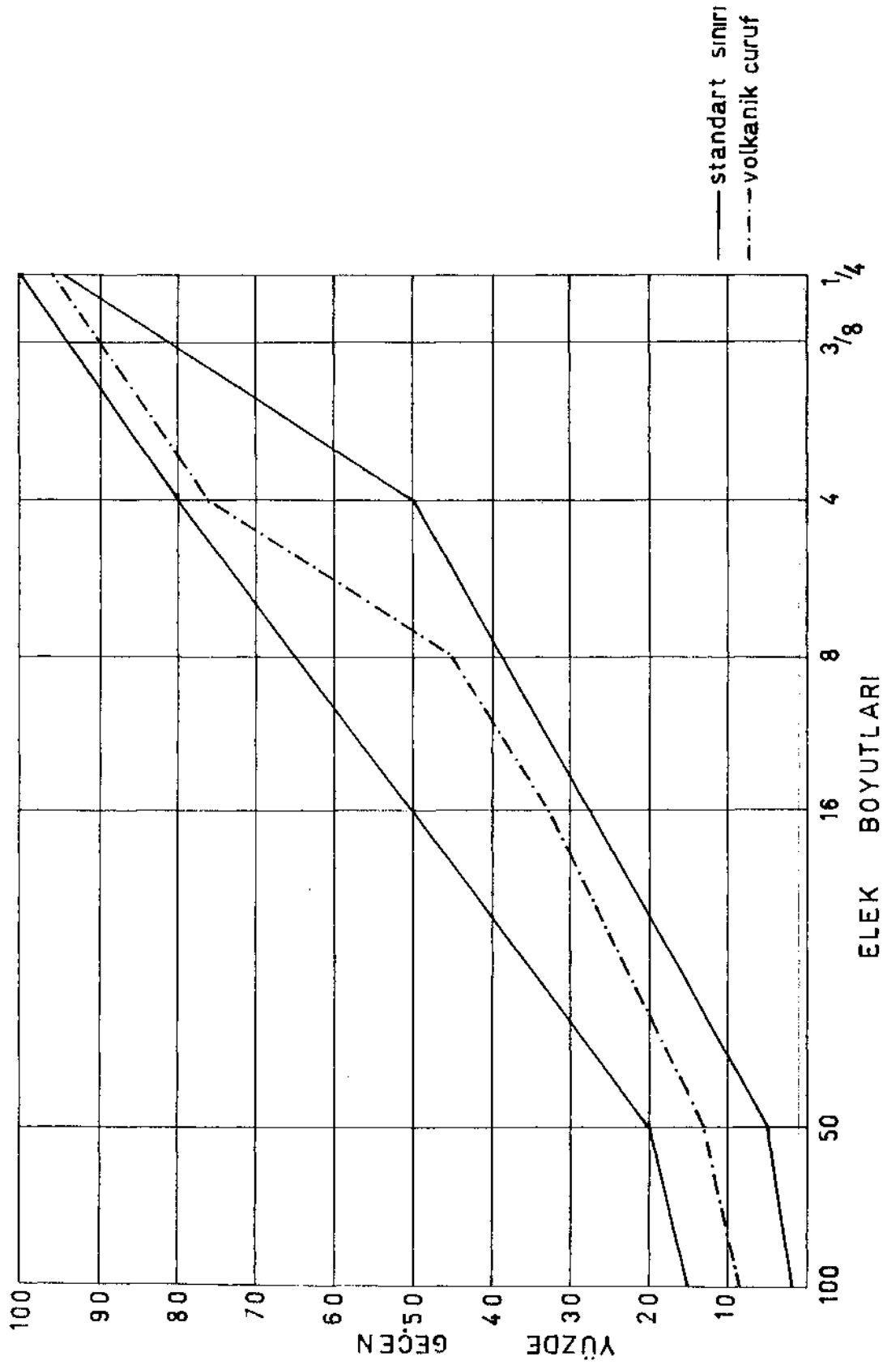
| METOD                                                                             | ince Agregalar | iri Agregalar |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
| En Büyük Agregalar Dane Çapı [mm]                                                 | 4.760          | 19.100        |
| Ölçeğin Su ile Dolu Ağırlığı (a) [kg]                                             | 6.890          | 22.930        |
| Ölçeğin Boş Ağırlığı (b) [kg]                                                     | 3.530          | 8.800         |
| Ölçeğin Hacmi $(a-b/100)$ [ $m^3$ ]                                               | 0.00336        | 0.01413       |
| Ölçeğin Agregalar ile Dolu Ağırlığı (d) [kg]                                      | 6.190          | 15.320        |
| Agregaların Gevşek Birim Ağırlığı<br>$\{(d-b/a-b)*100\}$ [ $kg/m^3$ ]             | 791.7          | 461.4         |
| TS 1114 [ $kg/m^3$ ]                                                              | 1200           | 1000          |
| NOT: 16.5 °C 'deki suyun birim ağırlığı metrik sistemde 1000 $kg/m^3$ alınmıştır. |                |               |

### 3.2. Elek Analizi

Tane boyutunun büyütülmesiyle dayanımda bir artışın bulunmadığı, özellikle yüksek çimento dozajlarında en büyük tane boyutunun artırılması dayanımı düşürdüğü (2) göz önüne alınarak agrega granülometresi için TS 1114 Çizelge 2'nin 7. satırı esas alınmıştır.

Çizelge 3.2. Tüvenan agrega elek analiz raporu.

| Elek No     | Her Elek<br>üstünde Kalan<br>[gr] | Kümülatif<br>Ağırlık<br>[gr] | Kümülatif Ağırlık |         |
|-------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|---------|
|             |                                   |                              | % Kalan           | % Geçen |
| 3/4         | -                                 | -                            | -                 | 100     |
| 1/2         | 52.6                              | 52.6                         | 4                 | 96      |
| 3/8         | 85.3                              | 137.9                        | 10                | 90      |
| 4           | 177.9                             | 315.8                        | 24                | 76      |
| 8           | 405.4                             | 721.2                        | 55                | 45      |
| 16          | 171.6                             | 892.8                        | 68                | 32      |
| 50          | 250.3                             | 1143.1                       | 87                | 13      |
| 100         | 54.7                              | 1197.8                       | 91                | 9       |
| Kapta Kalan | 117.5                             | 1315.3                       | 100               | -       |



Şekil 3.1. Elek analiz grafiği.



Çizelge 3.4. Kil topakları miktarı raporu

|                                                                                                   |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| ince Agregada Numunesinin ilk Kuru Ağırlığı (A) [gr]                                              | 246    |
| ince Agregada Numunesinin Kil Topakları Ayrıldıktan Sonraki Kuru Ağırlığı (B) [gr]                | 244.1  |
| ince Agregada Kil Topakları % Olarak Miktarı<br>( $(A-B/A)*100$ )                                 | 0.0077 |
| NOT: TS 1114 'de Kil topakları miktarının agregada kuru ağırlığının % 2 'sini geçmemesi önerilir. |        |

3.5. Yanıcı Madde Miktarı

Numune toz haline getirilerek 24 saat  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  lik etüvde kurutulup, kurutulan numunedan yaklaşık olarak 2 gr deney numunesi ( $T_1$ ) alınarak  $1000^{\circ}\text{C}$  lik fırında 1 saat süre ile kızdırılarak daha sonra desikatörde soğutulularak tartılmıştır ( $T_2$ ) (15). Standartta öngörülen formül yardımıyla agregadaki yanıcı madde miktarı tayin edilmiştir.

Sonuç TS 1114-1.2.5 maddesiyle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.5. Yanıcı madde miktarı raporu

|                                                                                       |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| $T_1$ [gr]                                                                            | 2      |
| $T_2$ [gr]                                                                            | 1.9928 |
| Yanıcı Madde Miktarı % Olarak ( $(T_1-T_2/T_1)*100$ )                                 | 0.36   |
| NOT: TS 1114 'de yanıcı madde miktarı kuru ağırlığın % 5 'ini geçmemesi önerilmiştir. |        |

### 3.6. Sülfat Miktarı

Numune toz haline getirilerek 24 saat  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  lik etüvde kurutulup, kurutulan numuneden yaklaşık olarak 10 gr deney numunesi ( $T_1$ ) alınarak cam kapaklı şişe içerisinde 150 ml damıtık su katılarak 30 dakika çalkalamak suretiyle oluşan süspansiyon süzgeç kağıdından süzülüp süzüntü behere toplanmıştır. Süzgeç kağıdı üzerinde kalan çökelti 50 ml damıtık su ile yıkanarak, süzgecin altına geçen suyla birleştirilip, süzüntü birkaç damla derişik hidroklorik asit (HCl) ile asitlendirildikten sonra kaynama noktasına kadar ısıtılıp, ısıtılan çözeltiye sıcak halde iken yeteri kadar %5'lik baryum klorür ( $\text{BaCl}_2$ ) çözeltisi katılmıştır. Böylece tüm sülfatın baryum sülfat ( $\text{BaSO}_4$ ) şeklinde çöktürülmesi sağlanıp, bu çökelti süzgeç kağıdından süzülerek, içinde ıslak çökelti bulunan süzgeç kağıdı  $900^{\circ}\text{C}$  de kızdırılarak tartılıp ( $T_2$ ) net  $\text{BaSO}_4$  ağırlığı bulunmuştur (13).

Sonuç TS 1114-1.2.6 maddesiyle karşılaştırılmıştır.

#### Çizelge 3.6. Sülfat miktarı raporu

|                                                                                                         |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| $T_1$                                                                                                   | 10     |
| $T_2$                                                                                                   | 0.0025 |
| sülfat miktarı % olarak<br>( $34.3 \cdot T_2 / T_1$ ) * 100                                             | 0.0086 |
| Not: TS 1114 'de sülfat miktarı sodyum sülfat cinsinden kuru ağırlığın % 1.5 'i geçmemesi önerilmiştir. |        |

#### 4. VOLKANİK CURUF AGREGALI HAFİF BETON

##### 4.1. Karışım Elemanları

###### 4.1.1. Su

İçilebilir kıvamda çeşme suyu.

###### 4.1.2. Bağlayıcı

Elazığ çimento fabrikasının Üretimi

PÇ 325

###### 4.1.3. Agreg

Volkanik curuf, agreg

doğal durumuyula gevşek yapıda olduğundan laboratuvar

da kırma, parçalama gibi mekanik işlemler uygulanmamıştır.

##### 4.2. Karışım Hesabı

Karışım hesabı, betonun hem plastik ve hem de sertleşmiş halinde istenen belli özelliklere sahip olabilmesi için karışım

da kullanılması gereken agreganın, çimentonun ve suyun miktar ve oranlarının en ekonomik biçimde belirlenmesi olarak tarif edilebilir.

Deneme karışımından imal edilen beton istenen özelliklere sahip olur veya olmayabilir. Fakat olmasa bile ikinci aşamada ayarlamalar yapılarak istenen özelliklere erişilmeye çalışılır. Deneme karışımındaki oranlar da bu

ayarlamada başlangıç noktası olarak alınır. Bu deneme karışımı yaklaşımı, taşıyıcı hafif betonlar için daha geçerlidir.

Ülkemizde henüz hafif betonların karışım hesabı konusunda standart mevcut değildir. Karışım hesabı için deneme karışımıyla bulunan özgül ağırlık faktörü (1) kullanılmıştır.

#### 4.2.1. Su Miktarı

$$185 \text{ kg/m}^3 \text{ (TS 802-Çizelge 4)}$$

#### 4.2.2. Çimento Özgül Ağırlığı

$$3150 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.2.3. Su Çimento Oranı

0,5 den 1'e kadar değiştirilmiştir.

#### 4.2.4. Suyun Özgül Ağırlığı

$$1000 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.2.5. Hava Miktarı

$$\%4 \text{ (TS 802-Çizelge 4)}$$

#### 4.2.6. Su Emme Miktarı

Hafif agregaların hidratasyon suyunu etkilememesi için tesbit edilmiştir.

Numune etüvde değişmez ağırlığı kadar kurutularak (A) 24 saat suda bekletilip, daha sonra numunenin serbest suyu süzülerek kurumaya bırakılmıştır. Mala ile numune düşey olarak ikiye bölündüğünde şevde yıkılma oluştuğu andaki ağırlığı (B) tesbit edilerek bulunmuştur (13).

#### Çizelge 4.1. Su emme miktarı raporu

|                                                              |       |
|--------------------------------------------------------------|-------|
| Etüvde Kurutulmuş Malzemenin Değişmez Kuru Ağırlığı (A) [gr] | 10000 |
| Doygun Kuru Yüzey Malzeme Ağırlığı (B) [gr]                  | 10350 |
| Su Emme Yüzdesi $\{(B-A/A)*100\}$                            | 3.5   |

#### 4.2.7. Özgül Ağırlık Faktörü

Deney ve hesap yoluyla bulunan özgül ağırlık faktörünün tesbiti prensip olarak  $1 \text{ m}^3$  betonda bulunan su, çimento, hava miktarı tahmin edilerek deneme yoluyla birim betonun ağırlığı tesbit edilip, birim ağırlıktan hareketle de agrega miktarının tespit edilmesidir.

$$G_{ft} = 12320 \text{ N/m}^3$$

#### 4.2.8. Karışım Oranları

Örneğin su/çimento oranı 0,5 için karışım oranları (  $1 \text{ m}^3$  için)

$$\text{Su} = 1850 \text{ N}$$

$$\text{Çimento} = 3700 \text{ N}$$

$$\text{Hava miktarı} = 0,04$$

Agrega miktarı:

$$W_a = G_{ft} \times \left( 1 - \left( \frac{W_c}{G_c} + \frac{W_w}{G_w} + V_h \right) \right) (2).$$

$$W_a = 8100 \text{ N}$$

Çizelge 4.2. Karışım oranları

| Numune | Su<br>[N] | $\frac{\text{Su}}{\text{Çimento}}$ | Çimento<br>[N] | Özgül<br>Ağırlık<br>Faktörü | Agrega<br>[N] | Agrega<br>Su Emme<br>Miktarı [N] | Birim Hacim<br>Ağırlığı<br>[kN/m³] |
|--------|-----------|------------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------|
| I      | 1850      | 0.5                                | 3700           | 12320                       | 8100          | 280                              | 13.65                              |
| II     |           | 0.6                                | 3080           |                             | 8340          | 290                              | 13.27                              |
| III    |           | 0.7                                | 2640           |                             | 8510          | 300                              | 13.00                              |
| IV     |           | 0.8                                | 2310           |                             | 8640          | 300                              | 12.80                              |
| V      |           | 0.9                                | 2060           |                             | 8740          | 310                              | 12.65                              |
| VI     |           | 1                                  | 1850           |                             | 8820          | 310                              | 12.52                              |

## 5. MATERYAL VE METOD

Deneyler için değişik oranlardaki volkanik curuf agregalı betonlardan standart silindir ( $2r=15$  cm,  $h=30$ cm) numuneler hazırlanmıştır.

Silindir numuneler hazırlanırken karışım suyunun %67 si ile volkanik curuf 1 dakika karıştırılarak arta kalan karışım suyu ile birlikte çimento eklenerek kıvamda aynılık sağlanıncaya kadar karıştırma işlemi (2-4 dakika) sürdürülmüştür.

Hazırlanan numunelerdeki nem kaybını önlemek için, cam levha ile sıkıca kapatılıp, sarsıntısız bir yerde sertleştirilmeye bırakılmıştır. 24 saat sonra kalıptan çıkarılan örnekler daha önce hazırlanan ve sıcaklığı  $22 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$  olan kirece doymun su bulunan tanka konularak 6 gün süreyle su kürü uygulanmıştır (1).

Deneyden 3 gün önce, yükün numunelere üniform olarak etkimesini sağlamak amacıyla her iki yüzeye başlık yapılmıştır. Bu başlık, toz kükürt içerisine % 25'i kadar grafit katılarak, karışım eritilip, özel kalıbında beton numuneler üzerine dökülmüştür (16).

### 5.1. Eksenel Basınç Dayanımı

Her grup için 3 adet numune hazırlanmıştır. Numuneler 5000 kN'luk basınç test makinasına, cihaz basınç plakası yükleme eksenini ile beton numune düşey ekseninin çakışmasına dikkat edilerek yerleştirilmiştir.

Bu işlemden sonra cihaz üst plâkası mekanik olarak hareket ettirilip, numune üst başlığına kadar indirilerek statik yükleme yapılmıştır. Diyagramdan okunan maksimum değer, silindir alanına bölünerek basınç dayanımı tesbit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Basınç dayanımı

| Numune | Silindir Dayanımı [N/mm <sup>2</sup> ] |      |      | Ort. Silindir Dayanımı [N/mm <sup>2</sup> ] |
|--------|----------------------------------------|------|------|---------------------------------------------|
| I      | 12                                     | 12.3 | 12.1 | 12                                          |
| II     | 11                                     | 10.8 | 10.8 | 10.5                                        |
| III    | 9                                      | 9.2  | 9.2  | 9                                           |
| IV     | 8.7                                    | 8.7  | 8.5  | 8.5                                         |
| V      | 7.6                                    | 7.6  | 7.5  | 7.5                                         |
| VI     | 6.6                                    | 6.5  | 6.5  | 6.5                                         |

### 5.2. Basınç Dayanımını Artırmak İçin Kum Katkısı

Ağırlıkça %15, 30, 45 oranlarında kum katılarak, numunelerin basınç dayanımı tesbit edilmiştir.

### 5.3. Çekme Dayanımı

Deney numunesi paralel iki düzlem içine konarak eksene göre simetrik iki doğrultmanı çizilip, bu doğrultmanlar üzerinde uçlara yakın iki yerden ve bir de ortadan olmak üzere 0,1 mm duyarlılıkta üç çap ölçümü yapılmıştır.



Çizelge 5.2. Basınç dayanımını artırmak için kum katkısı

| Numune |              | Kum<br>[N] | Volkanik<br>Curuf<br>[N] | Çimento<br>[N] | Su<br>[N] | Silindir dayanımı<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |      |      | Ort. Silindir<br>Dayanımı<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | Birim Hacim<br>Ağırlığı<br>[kN/m <sup>3</sup> ] |
|--------|--------------|------------|--------------------------|----------------|-----------|-------------------------------------------|------|------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| VII    | Ağırlık [N]  | 2155       | 7276                     | 3083           | 1850      | 12.6                                      | 12.7 | 12.6 | 12.5                                              | 14.36                                           |
|        | Ağırlıkça(%) | 15         | 51                       | 21             | 13        |                                           |      |      |                                                   |                                                 |
|        | Hacimce (%)  | 8          | 63                       | 10             | 19        |                                           |      |      |                                                   |                                                 |
| VIII   | Ağırlık [N]  | 4751       | 6151                     | 3083           | 1850      | 15.3                                      | 15   | 15.2 | 15                                                | 15.83                                           |
|        | Ağırlıkça(%) | 30         | 39                       | 19             | 12        |                                           |      |      |                                                   |                                                 |
|        | Hacimce (%)  | 18         | 53                       | 10             | 19        |                                           |      |      |                                                   |                                                 |
| IX     | Ağırlık [N]  | 7937       | 4768                     | 3083           | 1850      | 18.7                                      | 18.7 | 18.8 | 18.5                                              | 17.64                                           |
|        | Ağırlıkça(%) | 45         | 27                       | 17             | 11        |                                           |      |      |                                                   |                                                 |
|        | Hacimce (%)  | 30         | 41                       | 10             | 19        |                                           |      |      |                                                   |                                                 |

Sonra tam üç çap ölçümünün aritmetik ortalaması alınarak ortalama çap bulunmuştur (d).

Deney numunesi uzunluğu ise 0,1 mm duyarlılıkla aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur (h).

Silindirlerin her iki taban yüzüne çap işaretlenmesi için silindirler 100 mm lik bir U profil çeliği üzerine oturtulup, U profili boyunca serbestçe hareket edebilen bir sürgüye yerleştirilmiş olan çubuk silindir taban yüzüne değdirilerek bu çubuk içinde bulunan 1,5 mm genişliğinde yarıktan, silindir taban yüzü merkezinden geçen silindir çapı çizilmiştir. (silindir çap çizme düzeneği Ek 1'de).

Deney silindiri pres tablasına yerleştirilirken, çizilmiş bulunan silindir çap çizginin tam düşey olmasına dikkat edilerek, gerektiğinde uzatıcı plaklar kullanılmıştır. Deney silindiri alt ve üst yan yüzüne kontrplak bantlar konarak deneye başlanmıştır. (Betonda yarma çekme dayanımı saptama deneyi, deney düzeneği Ek 2'de) Deneyden sonra bu kontrplak bantlar tekrar kullanılmamıştır..

Deney yükü deney presinin yükleme hızı devamlı ve darbesiz olarak saniyede 1,5-3,5 kg/cm<sup>2</sup> olacak tarzda deney silindiri kırılincaya kadar artırılmış, kırılma anında ki deney presi kadranındaki en büyük değer okunmuştur (P).

Deney numunesinin silindir yarma metoduna göre silindir yarma çekme dayanımı değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\sigma_{YÇ} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot d \cdot h} \quad (17)$$

Çekme dayanımını tesbit edebilmek için silindir yarma dayanımı (17) tesbit edilip, sonuçlar TS 500 de öngörülen (1,5) katsayısına bölünerek tesbit edilmiştir.

Çizelge 5.3. Karakteristik Çekme dayanımı

| Numune | Silindir Yarma Dayanımı [N/mm <sup>2</sup> ] |     |     | Ort. Silindir Dayanımı [N/mm <sup>2</sup> ] | Karakteristik Çekme Dayanımı [N/mm <sup>2</sup> ] |
|--------|----------------------------------------------|-----|-----|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| XII    | 2.2                                          | 2.3 | 2.3 | 2.2                                         | 1.5                                               |
| IX     | 2.6                                          | 2.7 | 2.7 | 2.7                                         | 1.8                                               |

#### 5.4. Isı İletkenliği

Yalıtım katsayısı ( $\lambda$ ) elemanın dış ve iç yüzeyleri arasında 1 kalorilik ısı farkı için birim alandan birim zamanda geçen ısı miktarıdır (6).

Volkanik curuf agregalı betonun ısı iletkenlik katsayısı, 50 cm x 50 cm x 5 cm boyutlarında dökülen deney numuneleri alt ve üst yüzeylerinden yalıtılmıştır. Bir yüzeyinden sabit ısı akısı altında ısıtılan deney elemanının diğer yüzeyinden soğuk su geçirilerek yüzey sıcaklığı sabit tutulmuştur. Her iki (sıcak ve soğuk) yüzey arasında 10°C lik fark olduğu andaki değerler kullanılarak standartta öngörülen formülle tesbit edilmiştir.

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A(t_s - t_c)} \quad (10)$$

Çizelge 5.4. Isı iletkenlik katsayısı

| DENEY<br>NO                                        | Numüne Yüzeylerinin<br>Ort. Sıcaklığı |                | Ortalama<br>Sıcaklık<br>Farkı | Ortalama<br>Sıcaklık | Isı iletkenliği<br>[kcal/mh°C] |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|
|                                                    | Sıcak<br>Yüzey                        | Soğuk<br>Yüzey |                               |                      |                                |
| 1                                                  | 35.4                                  | 25.4           | 10                            | 30.4                 | 0.382                          |
| 2                                                  | 40.2                                  | 30.2           | 10                            | 35.4                 | 0.384                          |
| 3                                                  | 45.6                                  | 35.6           | 10                            | 40.6                 | 0.389                          |
| $\lambda_{ort}=0.38 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ |                                       |                |                               |                      |                                |

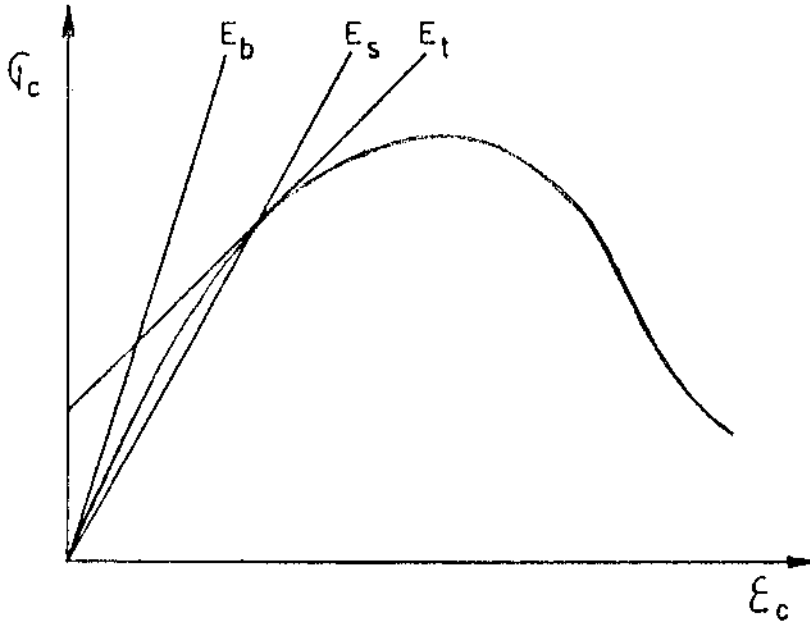
#### 5.4. Elastisite Modülü

Doğrusal olmayan bir davranış gösteren betonun elastisite modülünü tanımlamak zor bir sorundur. Elastisite modülü  $\sigma - \epsilon$  eğrisinin eğimine eşit olduğuna göre, gerilme mertebesine göre değişecektir. Literatürde betonun elastisite modülü için çeşitli tanımlar yapılmıştır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan üç tanesi aşağıda tanıtılacaktır.

- Başlangıç elastisite modülü,  $\sigma - \epsilon$  eğrisinin başlangıç noktasına çizilen teğetin eğimi olarak tanımlanabilir. Bu, bazı yayınlarda dinamik modül olarak da adlandırılmıştır. Beton çok düşük gerilmelere maruz ise, başlangıç modülü kullanılarak gerçekçi sonuçlar alınabilir.

- Teğet modülü,  $\sigma - \epsilon$  eğrisine herhangi bir noktada çizilen teğetin eğimidir. Pratikte bu teğet, yaklaşık

olarak  $0.4 f_c$  gerilmesi temel alınarak çizilir.



Şekil 5.1. Elastisite modülü (4).

- Sekant modülü, orijinden, eğride herhangi bir gerilmeye tekabül eden noktaya çizilen sekantın eğimi olarak tanımlanır. Betonun, emniyet gerilmelerine yakın gerilmelere maruz olduğu durumlarda bu modül iyi sonuçlar verir. Genelde sekant modülü  $0.5 f_c$  gerilmesine göre hesaplanır.

Bu nedenle beton gibi elastik ve doğrusal olmayan ve zamana bağlı deformasyon gösteren bir malzemenin elastisite modülünü doğru ve kesin olarak tanımlamak olanaksızdır. Hesap için önerilecek elastisite modülünü, bütün değişkenleri dikkate alarak tanımlamak da elbette pratik olmayacaktır (4).

Çeşitli yönetmeliklerde elastisite modülü, beton basınç dayanımının bir fonksiyonu olarak ifade edilmek-

tedir. Hafif betonda ise beton ağırlığı da dikkate alınmıştır.

$$E_c = w^{1,5} \times 0,07 \times f_c \quad (3)$$

Çizelge 5.5. Elastisite modülü

| Numune | Elastisite Modülü<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] |
|--------|--------------------------------------------|
| I      | 38655                                      |
| II     | 34684                                      |
| III    | 31137                                      |
| IV     | 29556                                      |
| V      | 27274                                      |
| VI     | 24994                                      |

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Volkanik curuf agregalı hafif beton yapı öz ağırlığından %20-30'luk tasarrufla birlikte yapının ısı ve ses yalıtım özelliklerine de katkıda bulunur.

- Kum katkısıyla basınç dayanımı artırılarak BS14-BS16 betonarme betonu elde edilebilir.

Kum katkısız hafif betonun birim hacim ağırlığı 1 birim alınarak ağırlıkça kum oranları yatay ekseninde, birim ağırlıktaki artış ise, düşey ekseninde gösterilmiştir (Şekil 6.5).

Kum katkısız hafif betonun basınç dayanımı 1 birim alınarak ağırlıkça kum oranları yatay ekseninde, dayanımdaki artış ise, düşey ekseninde gösterilmiştir (Şekil 6.6).

Şekil 6.5 ve 6.6'dan görüldüğü gibi kum katkısı basınç dayanımındaki artışla birlikte birim ağırlıkta da artışa neden olmaktadır.

Birim ağırlıktaki artış basınç dayanımında (Şekil 6.1), elastisite modülünde (Şekil 6.2) artışa neden olmakla birlikte malzemenin hafifliği, ısı ve ses yalıtım özelliklerine olumsuz katkısı göz önüne alınarak  $16 \text{ N/mm}^2$  yi geçen basınç dayanımını elde etmek hafif beton özelliğini yitirmektedir.

1 m<sup>3</sup> BS14 betonarme betonu için malzeme miktarı,

|         |                         |        |
|---------|-------------------------|--------|
| Su      |                         | 185 kg |
| Çimento | PÇ 325                  | 310 "  |
| Agrega  | Yeniköy volkanik curufu | 695 "  |
|         | Kum                     | 300 "  |

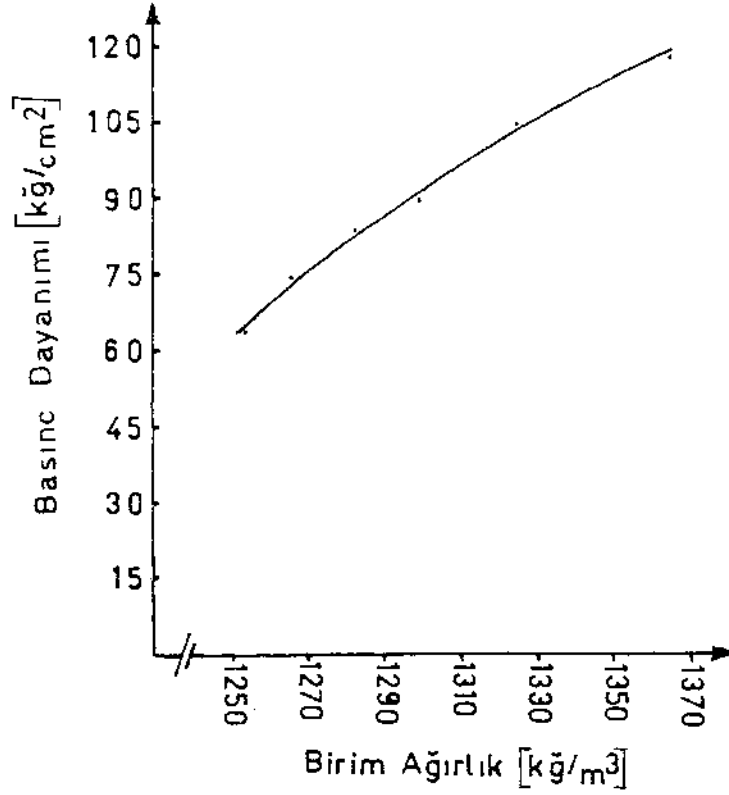
1 m<sup>3</sup> BS16 betonarme betonu için malzeme miktarı,

|         |                         |        |
|---------|-------------------------|--------|
| Su      |                         | 185 kg |
| Çimento | FÇ 325                  | 310 "  |
| Agrega  | Yeniköy volkanik curufu | 575 "  |
|         | Kum                     | 575 "  |

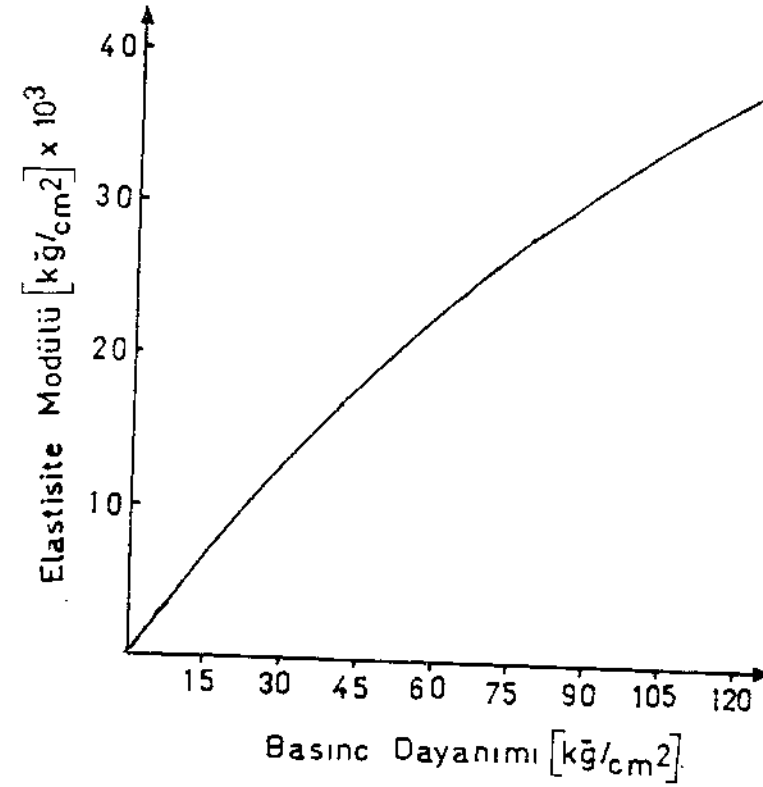
olmaktadır.

- Volkanik curuf örneğinde olduğu gibi ülkemizde bol, yaygın ve de kaliteli olarak bulunan hafif agregaların değerlendirilip inşaat sektörüne kazandırılabilmesi için "Hafif beton" konusundaki standartın yayınlanması ülkemiz ekonomisi açısından büyük kazançtır.

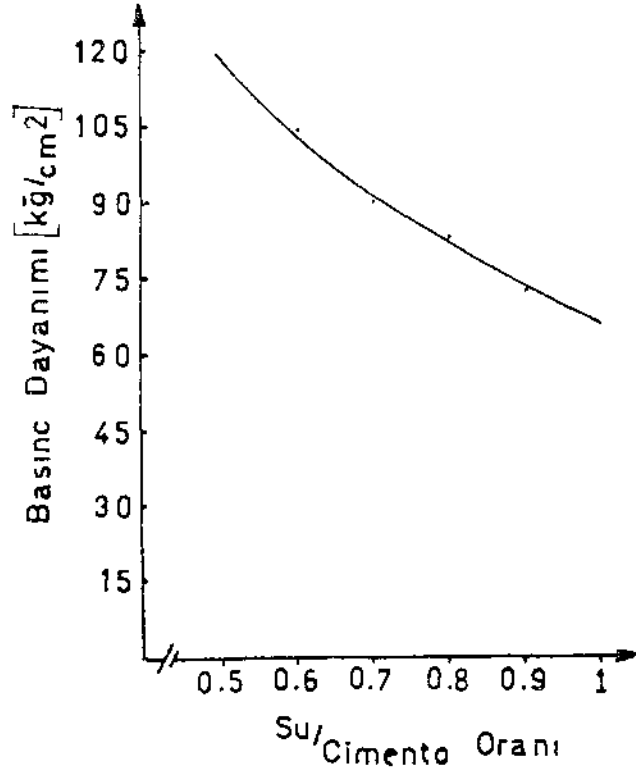




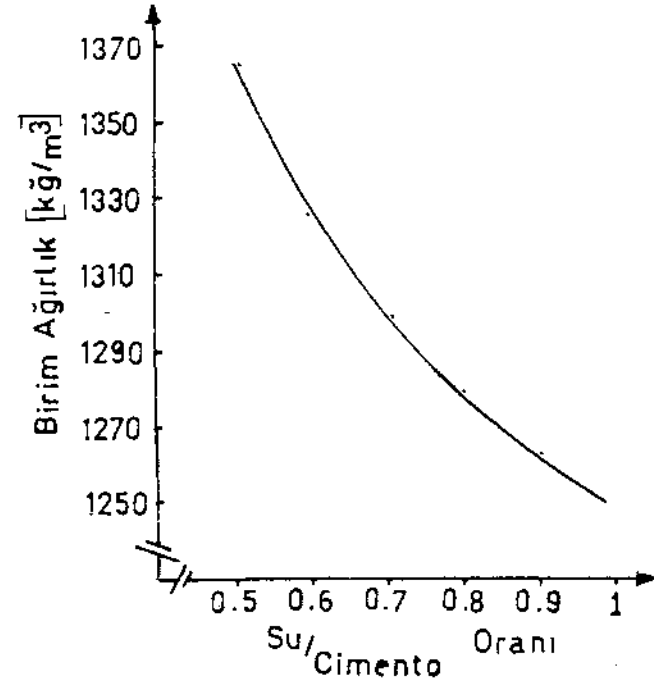
Şekil 6.1. Basınc dayanımı ve birim ağırlık arasındaki ilişki



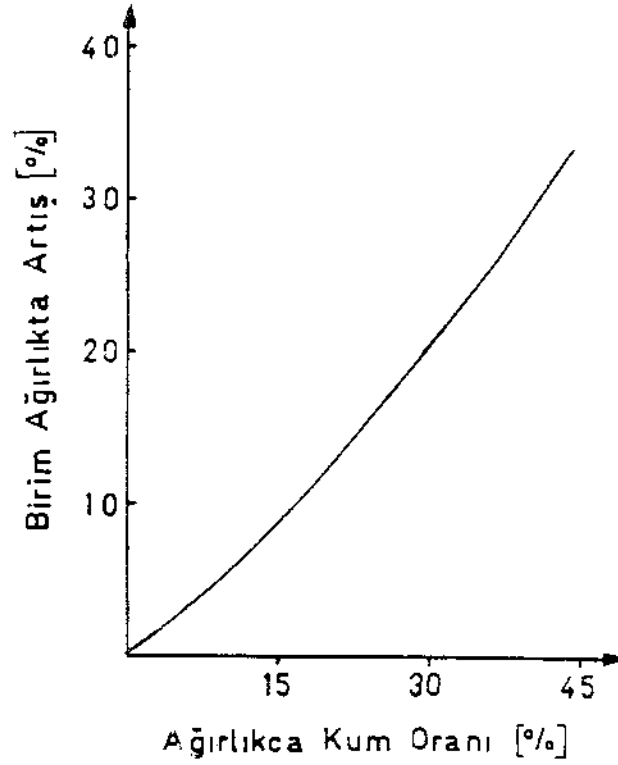
Şekil 6.2. Basınc dayanımı ve elastisite modülü arasındaki ilişki



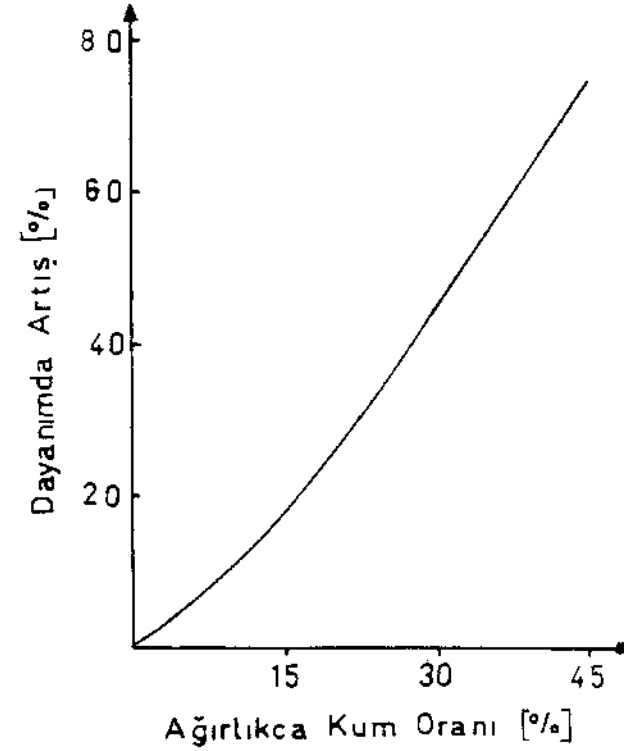
Şekil 6.3. Su/çimento oranı ve basınç dayanımı arasındaki ilişki



Şekil 6.4. Su/çimento oranı ve birim ağırlık arasındaki ilişki



Şekil 6.5. Ağırlıkça kum oranı ve birim ağırlıktaki artış arasındaki ilişki



Şekil 6.6. Ağırlıkça kum oranı ve dayanımındaki artış arasındaki ilişki

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. American Concrete Institute, "ACI 211, Recommended Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete", Detroit, 1969.
2. American Concrete Institute, "ACI 213, Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete", Detroit, 1967.
3. American Concrete Institute, "ACI 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete", Detroit, 1983.
4. Ersoy,U., "Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı", Cilt I, İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 1985.
5. İnşaat Mühendisleri Odası, "Bina Denetimleri Paneli", İstanbul Şubesi Yayın No:1, ss.16-29, İstanbul, 1983.
6. Leonhardt,F., "Vorlesungen Über Massivbau", Springer-Verlag, Zweiter Teil, pp.120-136, Berlin, 1975.
7. Postacıoğlu,B., "Yapı Malzemesi Problemleri", Çağlayan Kitabevi Yayını, İstanbul, 1975.
8. Türkiye Mühendis Mimar Odaları Birliği, "Haber Bülteni", İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Aylık Yayın Organı, Sayı.8,ss.12-15, İzmir, 1986.

9. Türkiye Mühendis Mimar Odaları Birliği, "Konut Kurultayı", İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, ss.187-208, Ankara, 1982.
10. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 388, Plaka Metodu İle Isı İletkenliğinin Tayini", Ankara, 1977.
11. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri", Ankara, 1987.
12. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Ankara, 1984.
13. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 707, Beton Agregaları (Kum-Çakıl) Numune Alma ve Deney Metotları", Ankara, 1969.
14. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 802, Beton Karışım Hesap Esasları", Ankara, 1985.
15. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 1114, Hafif Agregalar (Beton İçin)", Ankara, 1972.
16. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 3068, Laboratuvarında Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı", Ankara, 1978.
17. Türk Standartları Enstitüsü, "TS 3129, Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi", Ankara, 1978.
18. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, "Teknik Bülteni", Yapı Araştırma Enstitüsü Yayını, Sayı:20, 21, 22, Ankara, 1985.

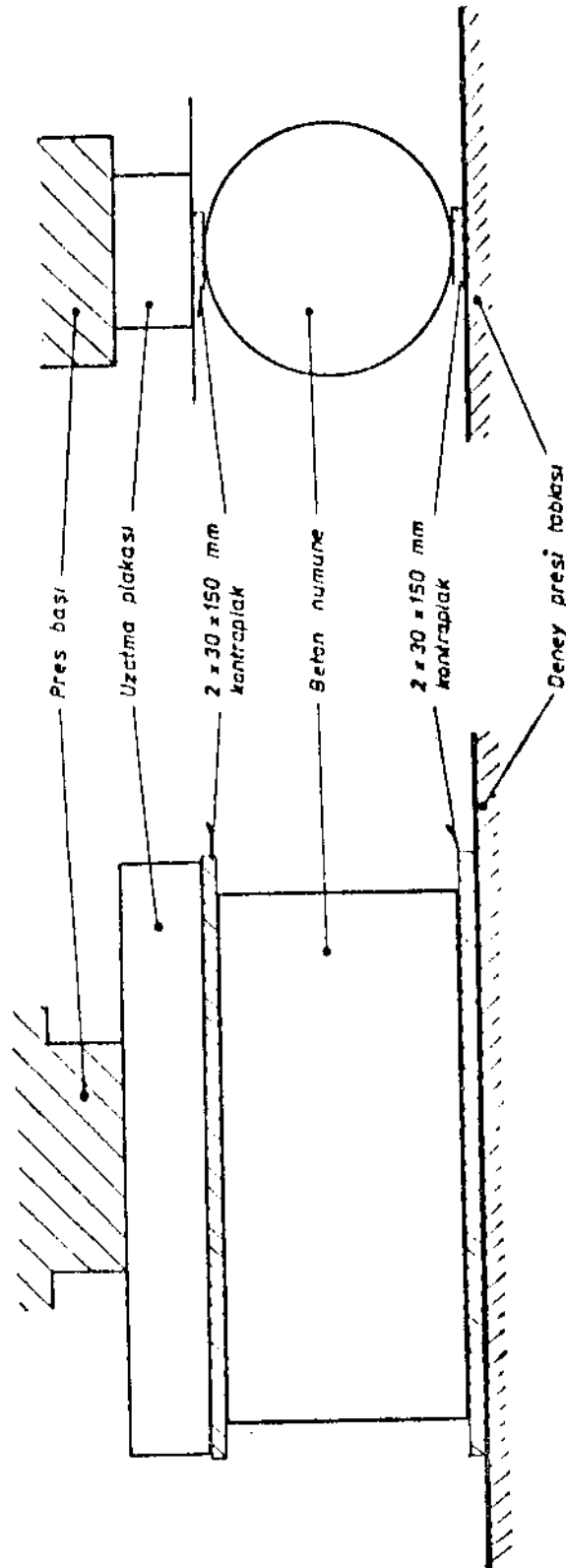




TÜRK STANDARTLARI

TS3129/Nisan 1978

UDK 691.32:620.1



ŞEKİL -1 Betonda yarma çekme dayanımı saptama deneyi.

## Ek 3

UDK 624.042-351.78 TÜRK STANDARTLARI TS 498/Kasım 1987

## İL VE İLÇELERE GÖRE ZATİ KARYÜKU BÖLGELERİ

| İL/İLÇE <sup>Deprem Böl.</sup> | BÖLGE NO. <sup>İl Böl.</sup> | İL/İLÇE <sup>Deprem Böl.</sup> | BÖLGE NO. <sup>İl Böl.</sup> | İL/İLÇE <sup>Deprem Böl.</sup> | BÖLGE NO. <sup>İl Böl.</sup> |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 01-ADANA,3                     | I,1                          | 05-AMASYA,1                    | III,2                        | Koyhanlı,1                     | I,1                          |
| Bahçe,2                        | III,1                        | Göynüç,2                       | II,3                         | Samandağ,1                     | I,1                          |
| Ceyhan,3                       | I,1                          | Gümüşhacıköy,1                 | II,3                         | Yayladağ,1                     | I,1                          |
| Düziçi,2                       | III,1                        | Morzipon,1                     | II,2                         | 08-ARTVİN,4                    | IV,2                         |
| Feke,4                         | III,1                        | Sulova,1                       | II,2                         | Ardanuç,3                      | III,2                        |
| Kadirli,3                      | III,1                        | Tayova,2                       | III,2                        | Arhavi,4                       | IV,2                         |
| Karaisalı,4                    | III,1                        | 06-ANKARA,4                    | II,3                         | Dorçka,4                       | IV,2                         |
| Karatay,3                      | I,1                          | Altındağ,4                     | I,3                          | Hopa,4                         | IV,2                         |
| Kozan,3                        | III,1                        | Ayaz,4                         | III,3                        | Sarp,4                         | IV,2                         |
| Mağara,4                       | III,1                        | Bala,4                         | I,3                          | Şavşat,3                       | IV,3                         |
| Osmaniye,2                     | III,1                        | Boypazarı,3                    | IV,3                         | Yumuközü,4                     | III,3                        |
| Pozanti,4                      | II,1                         | Çamlıdere,3                    | III,3                        | 09-AYDIN,1                     | I,1                          |
| Saimbeyli,4                    | III,1                        | Çankaya,4                      | II,3                         | Bozdoğan,3                     | I,1                          |
| Yumurtalık,3                   | I,1                          | Çubuk,4                        | III,3                        | Çine,3                         | I,1                          |
| 54-ADAPAZARI                   |                              | Dolice,2                       | II,3                         | Germencik,1                    | I,1                          |
| Sakarya,1                      | III,2                        | Elmadaga,4                     | IV,3                         | Karacasan,2                    | II,1                         |
| Akyazı,1                       | III,2                        | Elmouglu,4                     | I,3                          | Koçarlı,1                      | I,1                          |
| Geyve,1                        | III,2                        | Göğül,4                        | III,3                        | Kuşadası,1                     | I,1                          |
| Hendek,1                       | III,2                        | Haymana,4                      | II,3                         | Kuyucak,1                      | I,1                          |
| Karasu,2                       | III,2                        | Kalocik,3                      | III,3                        | Nazilli,1                      | I,1                          |
| Pamukova,1                     | III,2                        | Konuk,2                        | I,3                          | Söke,1                         | I,1                          |
| Sapanca,1                      | III,2                        | Kırıkkale,2                    | II,3                         | Sultanhisar,1                  | I,1                          |
| 02-ADİYAMAN,4                  | II,2                         | Kızılcethaman,3                | III,3                        | Yonilpazar,1                   | I,1                          |
| Besni,4                        | IV,2                         | Nallihan,2                     | II,3                         | 10-BALIKESİR,3                 | I,2                          |
| Çelikhan,3                     | III,2                        | Polatlı,4                      | II,3                         | Ayvalık,1                      | I,2                          |
| Göğser,3                       | III,2                        | Yonilmahalle,4                 | I,3                          | Balya,3                        | I,2                          |
| Gölbasi,2                      | IV,2                         | 07-ANTALYA,4                   | I,1                          | Bandırma,1                     | I,2                          |
| Kahta,4                        | II,2                         | Aksaklı,4                      | III,2                        | Bigadiç,3                      | I,2                          |
| Samsat,4                       | II,2                         | Alanya,4                       | I,1                          | Buchaniye,1                    | I,2                          |
| 03-AFYON                       | III,3                        | Elmalı,3                       | III,2                        | Dursunbey,3                    | III,2                        |
| Bolvadin,2                     | III,3                        | Finike,4                       | I,1                          | Edremit,1                      | I,2                          |
| Çay,2                          | II,3                         | Gazipaşa,4                     | I,1                          | Erdek,1                        | I,2                          |
| Dazkırı,1                      | II,3                         | Gündoğmuş,4                    | III,2                        | Göğün,1                        | I,2                          |
| Dinar,1                        | II,2                         | İbradı,4                       | III,1                        | Havran,1                       | I,2                          |
| Emirdağ,3                      | III,3                        | Kap,3                          | I,1                          | İvrindi,3                      | I,2                          |
| İhsaniye,2                     | III,3                        | Korkuteli,3                    | III,1                        | Kopru,3                        | III,2                        |
| Sandıklı,1                     | II,3                         | Kumluca,4                      | I,1                          | Manyas,1                       | I,2                          |
| Sincanlı,1                     | II,3                         | Manavgat,4                     | I,1                          | Savaştepe,3                    | I,2                          |
| Şuhut,1                        | II,3                         | Sarı,4                         | I,1                          | Sindirgi,3                     | III,2                        |
| Sultandağ,1,2                  | II,3                         | 31-ANTAKYA,1                   |                              | Suurluk,3                      | III,2                        |
| 04-AĞRI,3                      | IV,3                         | (Hatay)                        | I,1                          |                                |                              |
| (Karaköpe)                     |                              | Altınözü,1                     | I,1                          |                                |                              |
| Diyadin,3                      | II,3                         | Arauz                          | I                            |                                |                              |
| Doğubayazıt,3                  | II,3                         | Belen,2                        | I,1                          |                                |                              |
| Elazığ,3                       | IV,3                         | Dört Yol,2                     | I,1                          |                                |                              |
| Hamur,3                        | IV,3                         | Kızın,2                        | III,1                        |                                |                              |
| Patnos,2                       | IV,3                         | Mağusa,1                       | III,1                        |                                |                              |
| Taşlıca,3                      | IV,3                         | İskenderun,2                   | I,1                          |                                |                              |
| Tutak,3                        | IV,3                         | Kırıkhan,1                     | I,1                          |                                |                              |



Ek 4

UDK 624.042-351.78 TÜRK STANDARTLARI TS 498/Kasım 1987

## İL VE İLÇELERE GÖRE ZATİ KANYUKU BÖLGELERİ

| İL/İLÇE <sup>Deprem Böl.</sup> | BÖLGE NO. <sup>1/2</sup> | İL/İLÇE <sup>Deprem Böl.</sup> | BÖLGE NO. <sup>1/2</sup> | İL/İLÇE <sup>Deprem Böl.</sup> | BÖLGE NO. <sup>1/2</sup> |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 11- BİLECİK, 2                 | III, 2                   | Blga, 1                        | III, 2                   | İlca, 3                        | II, 2                    |
| Bozüyük, 2                     | III, 2                   | Çan, 1                         | I, 2                     | Silvan, 3                      | II, 2                    |
| Gölpazarı, 2                   | III, 2                   | Eceabat, 2                     | III, 2                   | 22- EDİRNE, 3                  | III, 2                   |
| Osmaneli, 2                    | III, 2                   | Ezine, 3                       | I, 2                     | Enez, 3                        | III, 2                   |
| Pazaryeri, 2                   | III, 2                   | Gelibolu, 2                    | III, 2                   | Havsa, 3                       | III, 2                   |
| Söğüt, 2                       | III, 2                   | Lapseki, 2                     | III, 2                   | İpsala, 3                      | III, 2                   |
| 12- BİNGÖL, 2                  | IV, 3                    | Yenice, 1                      | I, 2                     | Kesun, 3                       | III, 2                   |
| Genç, 2                        | II, 3                    | 18- ÇANKIRI, 2                 | III, 3                   | Lalapaya, 3                    | III, 2                   |
| Karlıova, 1                    | IV, 3                    | Çorkeş, 1                      | III, 3                   | Morile, 3                      | III, 2                   |
| Kığı, 1                        | IV, 3                    | Eldivan, 2                     | III, 3                   | Uzunköprü, 3                   | III, 2                   |
| Solhon, 2                      | IV, 3                    | Eskipazar, 1                   | IV, 3                    | 23- ELAZIĞ, 2                  | III, 3                   |
| 13- BİTLİS, 3                  | IV, 3                    | İlgaz, 1                       | III, 3                   | Ağın, 3                        | IV, 3                    |
| Adilcevaz, 1                   | IV, 3                    | Kurğunlu, 1                    | III, 3                   | Bağkil, 2                      | III, 3                   |
| Ahlat, 1                       | IV, 3                    | Orta, 2                        | III, 3                   | Karakoçan, 2                   | III, 3                   |
| Hizan, 3                       | IV, 3                    | Ovacık, 2                      | IV, 2                    | Keban, 3                       | IV, 3                    |
| Kotum                          | IV                       | Şabanözü, 2                    | III, 3                   | Maden, 3                       | III, 3                   |
| Mutki, 3                       | II, 3                    | Yapraklı, 1                    | III, 3                   | Palu, 2                        | III, 2                   |
| Tatvan, 2                      | IV, 3                    | 19- ÇORUM, 2                   | II, 3                    | Sivriç, 2                      | III, 3                   |
| 14- DOLU, 1                    | III, 3                   | Alaca, 2                       | II, 3                    | 24- ERZİNCAN, 1                | III, 3                   |
| Akçakoca, 2                    | III, 3                   | Bayat, 2                       | II, 3                    | Çayırlı, 1                     | III, 3                   |
| Düzce, 1                       | III, 2                   | İnkilip, 2                     | II, 3                    | İliç, 3                        | III, 3                   |
| Gerede, 1                      | IV, 3                    | Kargı, 1                       | II, 2                    | Kemah [2]                      | III, 3                   |
| Göynük, 1                      | III, 2                   | Mecitözü, 2                    | II, 3                    | Kemaliye, 3                    | IV, 3                    |
| Kıbrısçık, 2                   | IV, 3                    | Ortaköy, 2                     | II, 3                    | Refahiye, 1                    | III, 3                   |
| Manşon, 1                      | IV, 3                    | Osmancık, 1                    | II, 2                    | Tarcan, 1                      | III, 3                   |
| Mudurnu, 1                     | III, 3                   | Sungurlu, 2                    | II, 3                    | 25- ERZURUM, 1                 | III, 3                   |
| Seben, 2                       | IV, 2                    | 20- DENİZLİ, 1                 | II, 2                    | Aşkale, 1                      | III, 3                   |
| Yığılca, 2                     | III, 2                   | Acıpayam, 2                    | II, 2                    | Çat, 2                         | III, 3                   |
| 15- BURDUR, 1                  | II, 2                    | Babadağ, 1                     | II, 2                    | İspir, 3                       | III, 3                   |
| Ağlasun, 2                     | II, 2                    | Buldan, 1                      | II, 2                    | Hinış, 2                       | IV, 3                    |
| Bucak, 2                       | II, 2                    | Çal, 1                         | II, 2                    | Hocasın, 2                     | III, 3                   |
| Göhlisar, 3                    | II, 2                    | Çamoll, 2                      | II, 2                    | Karayazı, 3                    | IV, 3                    |
| Tefenni, 2                     | II, 2                    | Çardak, 1                      | II, 2                    | Narman, 2                      | III, 3                   |
| Yeşilova, 2                    | II, 2                    | Çivril, 1                      | II, 2                    | Olur, 3                        | III, 3                   |
| 16- BURSA, 1                   | IV, 2                    | Günay, 1                       | II, 2                    | Olta, 2                        | III, 3                   |
| Armutlu, 1                     | III, 2                   | Kale, 3                        | II, 2                    | Pasinler, 1                    | III, 3                   |
| Gemlik, 1                      | III, 2                   | Sarayköy, 1                    | II, 2                    | Şenkaya, 2                     | III, 3                   |
| İnegöl, 2                      | IV, 2                    | Tavas, 3                       | II, 2                    | Tekman, 2                      | III, 3                   |
| İznik, 1                       | III, 2                   | 21- DİYARBAKIR, 4              | II, 2                    | Tortum, 2                      | III, 3                   |
| Karacabey, 1                   | III, 2                   | Blamıl, 4                      | II, 2                    | 26- ESKİŞEHİR, 3               | II, 3                    |
| Keles, 2                       | IV, 2                    | Çermik, 3                      | III, 2                   | Çiftözü, 3                     | II, 3                    |
| Mudanya, 1                     | III, 2                   | Çınar, 4                       | II, 2                    | Mahmudiye, 3                   | II, 3                    |
| M. Komalpaya, 1                | III, 2                   | Çüngüş, 3                      | III, 2                   | Mihalıççık, 3                  | II, 3                    |
| Orhaneli, 2                    | IV, 2                    | Diçlo, 3                       | III, 2                   | Sarıkaya, 2                    | II, 3                    |
| Orhangazi, 1                   | III, 2                   | Kığı, 4                        | III, 2                   | Soyitgazi, 3                   | II, 3                    |
| Yalova, 1                      | III, 2                   | Ergani, 3                      | III, 2                   | Sivrihisar, 4                  | II, 3                    |
| Yenişehir, 2                   | III, 2                   | Hani, 3                        | II, 2                    | 27- GAZİANTEP, 4               | III, 2                   |
| 17- ÇANAKKALE, 2               | I, 2                     | Hazro, 3                       | II, 3                    | Araban, 4                      | IV, 2                    |
| Ayvacık, 3                     | I, 2                     | Kulp, 3                        | II, 3                    | Barak, 4                       | III, 2                   |
| Bayramic, 3                    | I, 2                     |                                |                          |                                |                          |

## UDK 624.042-351.78 TÜRK STANDARTLARI TS 498/Kasım 1987

## İL VE İLÇELERE GÖRE ZATİ KARYÜKÜ BÖLGELERİ

| İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO. Böl. | İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO. Böl. | İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO. Böl. |
|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| Çobanbeyi, 4              | II, 2             | Kadıköy, 2                | II, 2             | Selim, 2                  | IV, 3             |
| Fevzipaşa, 2              | III, 2            | Kartal, 2                 | II, 2             | Susuz, 2                  | IV, 3             |
| İslahiye, 2               | III, 1            | Sarıyer, 2                | II, 2             | Tuzluca, 2                | II, 3             |
| Kilis, 4                  | II, 2             | Silivri, 2                | II, 2             | 37- KASTAMONU, 3          | III, 3            |
| Nizip, 4                  | III, 1            | Şile, 2                   | II, 2             | Abana, 4                  | III, 3            |
| Oğuzeli, 4                | III, 2            | Şişli, 2                  | II, 2             | Araç, 2                   | III, 3            |
| Yavuzeli, 4               | III, 2            | Üsküdar, 2                | II, 2             | Azdavny, 3                | III, 2            |
| 28- GİRESUN, 4            | IV, 2             | Yalova, 1                 | II, 2             | Bozkurt, 4                | III, 2            |
| Alucra, 2                 | IV, 3             | Zeytinburnu               | II, 2             | Çatalzeytin, 4            | III, 2            |
| Bulancak, 4               | III, 2            | 35- İZMİR, 1              | I, 1              | Cide, 3                   | III, 3            |
| Dereli, 4                 | IV, 2             | Aliaga, 1                 | I, 1              | Daday, 3                  | III, 3            |
| Eshiyi, 4                 | IV, 2             | Bayındır, 1               | I, 1              | Devrekani, 3              | III, 3            |
| Eynesil, 4                | IV, 2             | Bergama, 1                | I, 1              | İnebolu, 3                | III, 3            |
| Görela, 4                 | IV, 2             | Bornova, 1                | I, 1              | Taşköprü, 3               | III, 2            |
| Keşap, 4                  | IV, 2             | Buca, 1                   | I, 1              | Tosya, 1                  | III, 3            |
| Şobinkarahisar, 2         | IV, 3             | Çeşme, 1                  | I, 1              | 38- KAYSERİ, 2            | I, 3              |
| Tirebolu, 4               | IV, 2             | Dikili, 1                 | I, 1              | Bünyan, 3                 | I, 3              |
| 29- GÜMÜŞHANE, 3          | III, 3            | Foça, 1                   | I, 1              | Develi, 2                 | III, 3            |
| Bayburt, 2                | III, 3            | Karaburun, 1              | I, 1              | Felahiye, 3               | I, 3              |
| Kelkit, 2                 | III, 3            | Karşıyaka, 1              | I, 1              | Hacılar, 2                | III, 3            |
| Şiran, 2                  | III, 3            | Komalıpaşa, 1             | I, 1              | İncesu, 3                 | I, 3              |
| Torul, 3                  | IV, 3             | Kınık, 1                  | I, 1              | Pınarbaşı, 4              | III, 3            |
| 30- HAKKARİ, 4            |                   | Kozak, 1                  | I, 1              | Sarıoğlu, 3               | III, 3            |
| (Çölemerik)               | IV, 3             | Monemon, 1                | I, 1              | Sarız, 4                  | III, 3            |
| Beitüşşebap, 4            | IV, 3             | Ödemiş, 1                 | I, 1              | Talca, 2                  | III, 3            |
| Bağırge                   | IV                | Söğütözü, 1               | I, 1              | Tomarza, 2                | III, 3            |
| Çukurca, -                | IV, 3             | Selçuk, 1                 | I, 1              | Viranşehir                | III               |
| Şamdinli, 4               | IV, 3             | Tire, 1                   | I, 1              | Yahyalı, 3                | III, 3            |
| Şirelan                   | IV                | Torbalı, 1                | I, 1              | Yeşilhisar, 3             | III, 3            |
| Uludere, -                | IV, 3             | Urfa, 1                   | I, 1              | 39- KIRKLARELİ, 4         | II, 2             |
| Yüksəkova, 4              | IV, 3             | 4/- İZMİR, 1              |                   | Babaeski, 4               | II, 2             |
| 32- İSPARTA, 1            | II, 2             | (Kocaeli)                 | II, 2             | Demirköy, 4               | III, 2            |
| Atabey, 1                 | II, 2             | Göbzo, 1                  | II, 2             | Kofcaz, 4                 | III, 2            |
| Eğridir, 1                | II, 3             | Gölcük, 1                 | II, 2             | Lülaburgaz, 4             | II, 2             |
| Gelendost, 2              | II, 2             | Harake, 1                 | II, 2             | Midye                     | II, 2             |
| Keçiborlu, 1              | II, 2             | Kandıra, 2                | III, 2            | Pahliavanköy, 4           | II, 2             |
| Senirkent, 1              | II, 2             | Karamürnel, 1             | II, 2             | Pınarhisar, 4             | III, 2            |
| Sütçüler, 3               | II, 2             | Kaynarca, 1               | III, 2            | 40- KIRŞEHİR, 3           | I, 3              |
| Şarkikaraağaç, 2          | III, 3            | 36- KARS, 2               | IV, 3             | Çicekdağı, 2              | I, 3              |
| Uluborlu, 1               | II, 2             | Aralık, 2                 | II, 3             | Kaman, 3                  | I, 3              |
| Yalvaç, 2                 | II, 3             | Ardahan, 2                | IV, 3             | Kozaklı, 3 NEVŞEHİR       | III, 3            |
| 34- İSTANBUL, 2           | II, 2             | Arpaçay, 2                | IV, 3             | Mucur, 3                  | I, 3              |
| Bakırköy, 2               | II, 2             | Çıldır, 2                 | IV, 3             | 42- KONYA, -              | II, 3             |
| Beşiktaş, 2               | II, 2             | Dığar, 2                  | IV, 3             | Akşehir, 2                | II, 3             |
| Beykoz, 2                 | II, 2             | Gölo, 2                   | IV, 3             | Boysöhir, 4               | II, 3             |
| Boyoğlu, 2                | II, 2             | Hanak, 2                  | IV, 3             | Bozkır, -                 | II, 2             |
| Çatalca, 2                | II, 2             | İğdir, 2                  | II, 3             | Cihanbeyli, 4             | I, 3              |
| Eminönü, 2                | II, 2             | Kağızman, 2               | II, 3             | Çumra, -                  | II, 3             |
| Eyüp, 2                   | II, 2             | Pozof, 2                  | IV, 3             | Doğanhisar, 2             | II, 3             |
| Gaziosmanpaşa, 2          | II, 2             | Sarıkamış, 2              | IV, 3             | Kroğlu, -                 | II, 3             |

Ek 6

UDK 624.042-351.78 TÜRK STANDARDLARI TS 498/Kasım 1987

## İL VE İLÇELERE GÖRE ZATİ KARYÜKÜ BÖLGELERİ

| İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO. 151<br>Böl. | İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO. 151<br>Böl. | İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO. 151<br>Böl. |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Ermenek,-                 | II,2                     | 47-HARDIN,-               | II,2                     | Unye,3                    | II,2                     |
| Hadım,-                   | II,2                     | Glzra,-                   | I,2                      | 53-RİZE,4                 | IV,2                     |
| İlgin,2                   | II,3                     | Darbontıya,-              | I,2                      | Ardoğan,4                 | IV,2                     |
| Kadınhanı,3               | II,3                     | Dorik,-                   | I,2                      | Çamlıhemşin               | IV,2                     |
| Karaman,-                 | II,3                     | Gerefi,-                  | II,2                     | Çayeli,4                  | IV,2                     |
| Karapınar,-               | I,3                      | Hacıhanlı,-               | II,2                     | Fındıklı,4                | IV,2                     |
| Kulu,4                    | I,3                      | Idil,-                    | I,2                      | İkizdere,4                | III,2                    |
| Sarayönü,4                | II,3                     | Kızıltepe,-               | I,1                      | Pazar,4                   | IV,2                     |
| Seydişehir,4              | II,3                     | Mazıdağı,-                | I,2                      | 55-SAMSUN,3               | III,2                    |
| Yunak,3                   | II,3                     | Hidire,-                  | IV,2                     | Alaçam,3                  | III,2                    |
| Zivariç                   | I                        | Nunaylı,-                 | I,1                      | Bafra,3                   | III,2                    |
| 43-KÜTAHYA,3              | III,3                    | Ömerli,-                  | IV,2                     | Çoruhba,3                 | III,2                    |
| Altıntaş,2                | II,3                     | Savur,-                   | II,2                     | Havza,1                   | II,2                     |
| Dağardı                   | III,3                    | Silopi,-                  | I,2                      | Kavak,2                   | III,2                    |
| Domaniç,3                 | III,2                    | 48-HUĞLA,2                | I,2                      | Ladik,1                   | III,2                    |
| Dumlupınar,2              | II,3                     | Bodrum,2                  | I,1                      | Torun,3                   | III,2                    |
| Emet,3                    | III,2                    | Dalman,2                  | I,2                      | Vazirköprü,2              | III,2                    |
| Gediz,2                   | III,2                    | Dutça,2                   | I,1                      | 56-SİİRT,3                | II,2                     |
| Simav,2                   | III,2                    | Fethiye,2                 | I,1                      | Batman,4                  | II,2                     |
| Tavşanlı,3                | III,3                    | Güllük                    | I                        | Baykan,3                  | II,2                     |
| 44-MALATYA,2              | III,3                    | Köyceğiz,2                | I,1                      | Doğiri,4                  | II,2                     |
| Ağın                      | IV                       | Marmaris,2                | I,1                      | Erub,4                    | IV,2                     |
| Akçadağ,2                 | III,2                    | Nilas,3                   | I,1                      | Kozluk,3                  | II,2                     |
| Arapkir,3                 | IV,3                     | Ula,2                     | I,2                      | Kurtalan,3                | II,2                     |
| Arguvan,3                 | IV,3                     | Yatağan,3                 | I,2                      | Pervari,3                 | IV,3                     |
| Daranda,3                 | III,2                    | 49-MUŞ,2                  | III,3                    | Sason,3                   | II,3                     |
| Doğaneşehir,2             | III,2                    | Bulanık,1                 | IV,3                     | Şirnak,-                  | IV,2                     |
| Hekimhan,3                | III,3                    | Malazgirt,1               | IV,3                     | Şirvan,3                  | II,2                     |
| Pötürge,3                 | III,2                    | Yatağan,1                 | IV,3                     | 57-SİNOP,4                | III,2                    |
| Yeşilyurt,2               | III,2                    | 50-NEVŞEHİR,4             | I,3                      | Aynecik,4                 | III,2                    |
| 45-MANİSA,1               | I,1                      | Avanos,3                  | I,3                      | Bozüyük,3                 | III,2                    |
| Akhisar,2                 | I,1                      | Borçuk,4                  | I,3                      | Durağan,3                 | III,2                    |
| Alaşehir,1                | I,1                      | Çiftlik,4                 | I,3                      | Gözo,4                    | III,2                    |
| Domirci,2                 | III,1                    | Hamitköy,3                | I,3                      | Türkeli,4                 | III,2                    |
| Gölmarmara,1              | I,1                      | Urgup,3                   | I,3                      | 58-SİVAS,4                | III,3                    |
| Gördes,2                  | III,2                    | 51-NİĞDE,4                | II,3                     | Divriği,4                 | IV,3                     |
| Kırkağaç,2                | I,1                      | Akocay,-                  | I,3                      | Görmek,3                  | III,3                    |
| Kula,2                    | II,1                     | Bor,4                     | II,3                     | Göğün,3                   | III,3                    |
| Salihli,1                 | I,1                      | Çamardı,4                 | II,3                     | Hafik,3                   | III,3                    |
| Sarıgöl,1                 | II,2                     | Ortaköy,-                 | II,3                     | İmcanlı,2                 | III,3                    |
| Saruhanlı,1               | I,1                      | Ulukışla,4                | II,3                     | Kangal,4                  | IV,3                     |
| Selendi,2                 | II,2                     | 52-ORDU,4                 | III,1                    | Koyulhisar,1              | III,3                    |
| Soma,2                    | I,1                      | Akköy,2                   | III,2                    | Suğözü,1                  | III,3                    |
| Turgutlu,1                | I,1                      | Aybastı,2                 | III,2                    | Şarkışla,4                | III,3                    |
| 46-K.MARAS                | III,2                    | Fatma,3                   | III,2                    | Yıldızeli,3               | III,3                    |
| Afşin,3                   | III,3                    | Gökçü,3                   | III,2                    | Zara,2                    | III,3                    |
| Andırın,3                 | III,2                    | Korgan,3                  | III,2                    | 59-TEKİRDAĞ,2             | II,2                     |
| Elbistan,3                | III,3                    | Kumru,3                   | III,2                    | Alpullu                   | II                       |
| Göksun,3                  | III,3                    | Hasudiye,2                | III,2                    | Çorlu,3                   | II,2                     |
| Pazarcık,3                | III,2                    | Perşembe,4                | III,2                    | Canos                     | II                       |
| Türkoğlu,2                | III,2                    | Ulubay,3                  | III,2                    | Hayrabolu,3               | III,2                    |

UDK 624.042-351.78 TÜRK STANDARDLARI TS 498/Kasım 1987

## İL VE İLÇELERE GÖRE ZATİ KARYÜKU BÖLGELERİ

| İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO.<br>Böl. | İL/İLÇE<br>Deprem<br>Böl. | BÖLGE<br>NO.<br>Böl. |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| Malkara, 3                | III, 2               | 65-VAN, 1                 | IV, 3                |
| Muratlı, 3                | II, 2                | Bağkale, 3                | IV, 3                |
| Müreşte, 1                | II, 2                | Çatak, 3                  | IV, 3                |
| Saray, 4                  | II, 2                | Govaş, 2                  | IV, 3                |
| Şarköy, 1                 | II, 2                | Gülpınar, 2               | IV, 3                |
| 60-TOKAT, 1               | III, 2               | Muradiye, 3               | II, 3                |
| Almus, 1                  | III, 2               | Özalp, 3                  | II, 3                |
| Artova, 2                 | III, 3               | 66-YOZGAT, 3              | III, 3               |
| Erbaa, 1                  | III, 2               | Akdağmadeni, 3            | III, 3               |
| Niksar, 1                 | III, 2               | Boğazköy                  | ?                    |
| Reşadiye, 1               | III, 2               | Boğazlıyan, 3             | III, 3               |
| Turhal, 1                 | III, 2               | Çayıralan, 3              | III, 3               |
| Zile, 2                   | III, 3               | Çekerek, 3                | III, 3               |
| 61-TRAHON, 4              | IV, 2                | Sarıkaya, 3               | III, 3               |
| Akçınabat, 4              | IV, 2                | Sorgun, 2                 | III, 3               |
| Araklı, 4                 | IV, 2                | Şofutlı, 3                | III, 3               |
| Arsin, 4                  | IV, 2                | Yerköy, 3                 | III, 3               |
| Çaykara, 4                | III, 2               | 67-ZONGULDAK, 3           | III, 2               |
| Maçka, 4                  | IV, 2                | Amar, 2                   | III, 2               |
| Of, 4                     | IV, 2                | Barla, 2                  | III, 2               |
| Sürmene, 4                | IV, 2                | Çaycuma, 3                | III, 2               |
| Tonya, 4                  | IV, 2                | Davrac, 2                 | III, 2               |
| Vakıfkebir, 4             | IV, 2                | Kflani, 2                 | IV, 2                |
| Yomra, 4                  | IV, 2                | Eroğlu, 3                 | III, 2               |
| 62-TUNCELİ, 3             | IV, 3                | Karabük, 2                | III, 2               |
| Çemişgezek, 3             | IV, 3                | Kilimli, 3                | III, 2               |
| Hozat, 3                  | IV, 3                | Kozlu, 3                  | III, 2               |
| Kalan, 3                  | IV, 3                | Kurucayılo, 3             | III, 2               |
| Mazgirt, 3                | IV, 3                | Safranbolu, 2             | IV, 2                |
| Nazimiye, 3               | IV, 3                | Ulus, 2                   | III, 2               |
| Ovacık, 2                 | IV, 3                |                           |                      |
| Pertek, 3                 | IV, 3                |                           |                      |
| Pülümür, 1                | IV, 3                |                           |                      |
| 63-S. URFA, 3             | I, 1                 |                           |                      |
| Akçakale, 3               | I, 1                 |                           |                      |
| Birecik, 4                | I, 1                 |                           |                      |
| Bozova, 4                 | I, 2                 |                           |                      |
| Ceylanpınar, -            | I, 1                 |                           |                      |
| Hilvan, 4                 | II, 2                |                           |                      |
| Siverek, 4                | II, 1                |                           |                      |
| Sürüş, 3                  | I, 1                 |                           |                      |
| Viranşehir, -             | I, 1                 |                           |                      |
| 64-UŞAK, 2                | II, 2                |                           |                      |
| Banaz, 2                  | II, 2                |                           |                      |
| Eşme, 2                   | II, 2                |                           |                      |
| Karahallı, 2              | II, 2                |                           |                      |
| Sivaslı, 2                | II, 2                |                           |                      |
| Ulubay, 2                 | II, 2                |                           |                      |