



T. C. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ YÖNTEMİNİN BETONA UYGULANMASI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İnş. Müh. Bilge SİYAHİ

TEZ DANIŞMANI
Doç. Ömer Rıza AKGÜN

ESKİŞEHİR, 1986

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
SEMBOLLER LİSTESİ	vi
1. HASARSIZ DENEYLER VE TEZİN AMACI	1
1.1. GENEL AÇIKLAMA	1
1.2. HASARSIZ DENEY YÖNTEMLERİ	3
2. ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ YÖNTEMİNİN BETONA UYGULANMASI	13
2.1. GİRİŞ VE BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	13
2.2. ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ YÖNTEMİ İLE BETONUN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN TAHMİNİ	18
2.2.1. Beton Homojenitesinin Bulunması	18
2.2.2. Betonun Bünyesindeki Çatlakların Bulunması ve Derinliğinin Ölçülmesi	19
2.2.3. Ultrases Geçiş Hızı İle Betonun Yaşı Arasındaki İlişki	20
2.2.4. Betonun Dinamik Elastisite Modülünün Bulunması	22
2.2.5. Betonun Basınç Dayanımının Bulunması	23
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	25
3.1. ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN CİHAZ	25
3.2. BETON	26
3.3. DENEY İŞLEMİ	28
4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	30
REFERANSLAR	34
EKLER	39
EK 1 - DENEY SONUÇLARI	40
EK 2 - İSTATİSTİK ANALİZ SONUÇLARI	43

Ö Z E T

ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ YÖNTEMİNİN BETONA UYGULANMASI

SIYAHİ, Bilge

Yüksek Lisans Tezi, İnş.Müh. Bölümü

Tez Yöneticisi: Doç.Ömer Rıza Akgün

Ocak 1986, 53 sayfa

Bu çalışmada, hasarsız deney yöntemlerinden ultrases geçiş süresi yöntemi ile Eskişehir'de çeşitli inşaatlarda kullanılmak üzere imal edilen ve basınç dayanımları bulunmak için Yapı Malzemesi Laboratuvarına getirilen beton numuneler incelenmektedir. Çalışmanın amacı; beton kalitesini incelemek, ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi bulmak, ultrases geçiş hızının beton yaşı ile nasıl değiştiğini belirlemektir. Küp numunelerden 120 tanesi üzerinde deneyler yapılarak, ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımı arasında amprik bir ilişki, en küçük kareler yöntemi ile belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hasarsız deneyler, ultrases deneyleri, basınç dayanımı, beton kalite kontrolü

A B S T R A C T

APPLICATION OF ULTRASONIC PULSE TRANSIT TIME METHOD ON CONCRETE

SİYAHİ, Bilge

M.S. in Civil Eng.

Supervisor: Asos.Prof.Ömer Rıza Akgün

January 1986, 53 pages

In this study, non-destructive testing of concrete which is produced to be used in buildings in Eskişehir, using ultrasonic techniques has been investigated. The aim of the study is to determine concrete quality, to obtain the relationship between ultrasonic pulse velocity and compressive strength and how pulse velocity changes with concrete age. Being tested on 120 cubes specimens, the relationship between compressive strength and pulse velocity has been determined by means of least square technique.

Keywords: Non-destructive tests, ultrasonic tests, compressive strength, concrete quality control

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
TABLO 2.1. Ultrases Geçiş Hızı İle Beton Kalitesi İlişkisi	14
TABLO 2.2. Çeşitli Rezonans Frekansları İçin Poisson Oranları	23
TABLO 2.3. Poisson Oranları	23
TABLO 4.1. 7 Günlük Numuneler İçin	30
TABLO 4.2. 28 Günlük Numuneler İçin	31

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
ŞEKİL 1.1. Boyuna, eğilme, burulma rezonans frekansı ölçümü	6
ŞEKİL 1.2. Doğrudan, dolaylı, yarı dolaylı geçiş ölçümü	9
ŞEKİL 2.1. Çatlaklı bölgenin grafik yöntemle bulunması	19
ŞEKİL 2.2. Çatlak derinliğinin ölçülmesi	20
ŞEKİL 2.3. Çeşitli çatlak ve kusurlarda osiloskop ekranları	21
ŞEKİL 2.4. Ultrases geçiş hızı ile beton yaşı arasındaki ilişki	22
ŞEKİL 2.5. Ultrases geçiş hızı, dayanım ilişkisi	24
ŞEKİL 3.1. Ultrases deney aleti	26
ŞEKİL 3.2. Ultrases deney aletinin şeması	27
ŞEKİL 3.3. Batı Avrupa'da pulsun gerçek başlangıcının bulunma yöntemi	29
ŞEKİL 4.1. 7 günlük numuneler için ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı ilişkisi	31
ŞEKİL 4.2. 28 günlük numuneler için ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı ilişkisi	32
ŞEKİL 4.3. Ultrases geçiş hızı ve yaş ilişkisi	33

SEMBOLLER LİSTESİ

- σ : Beton basınç dayanımı [kg/cm^2]
 v : Ultrases geçiş hızı [km/sn]
 γ : Betonun özgül ağırlığı [kg/dm^3]
 μ : Betonun poisson oranı
 n : Malzemenin rezonans frekansı [Hz]
 L : Numunenin uzunluğu [km]
 T : Ultrases geçiş süresi [sn]
 E : Betonun dinamik elastisite modülü [kg/cm^2]
 g : Yerçekimi ivmesi [m/sn^2]

1. HASARSIZ DENEYLER VE TEZİN AMACI

1.1. GENEL AÇIKLAMA

Günümüzde, yapılarda en çok kullanılan malzeme betondur. Bu nedenle gerekli emniyet ve ekonomiyi sağlayabilmek için betonun tanınması ve özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Betonun özelliklerinin arasında en önemli yeri dayanım (mukavemet) özeliği almaktadır. Bunun nedenleri arasında yapıların doğrudan basınç, çekme ve kayma gibi gerilmelere maruz kalmaları hususu başta gelmektedir. Beton dayanımını tahmin için kullanılan deneyler arasında en çok tanınan ve bilinen ise basınç deneyidir. Bunun nedeni çoğu zaman şartname-lerde ve standartlarda basınç dayanımının aranması ve basınç dayanımının da deneylerle kolay elde edilebilen özellikte olmasıdır. Ayrıca, basınç dayanımının yüksek veya düşük olabilmesi betonun diğer özellikleri hakkında bir işaret olabilmektedir. Basınç dayanımı yüksek olan betonda su geçirgenlik daha az, çevre şartlarına ve aşınmaya karşı dayanıklılık daha fazladır.

Sertleşmiş betonun basınç dayanımı, beton yapımında özel olarak hazırlanan numuneler kullanılarak bulunabilir. Beton basınç dayanımı, bilindiği gibi, beton taze iken, standartlarına uygun olarak silindir ve küp numuneler alın-

makta ve belirli şartlarda bakım işlemi yapılarak, istenilen süre sonunda (7 veya genellikle 28 gün) kırılarak ölçülmektedir.

Bazen yapı hizmete girdikten uzun bir süre sonra, çeşitli nedenlerle, betonun kalitesi hakkında bir şüphe doğmakta ve araştırma gerekmektedir. Bu durumda betondan karot numuneler kesilip, çıkartılmakta ve yine kırılarak denenmektedir. Halen en çok kullanılan yöntem, beton dökülürken numune alınması ve bunların kırılarak basınç dayanımının bulunması tarzındadır.

Bu yöntemde;

- (a) Uygulama özel deney numuneleri ile sınırlıdır. Deney numuneleri belirli boyutlardaki küp veya silindirik şekilli numunelerden müteşekkildir.
- (b) Deney numuneleri deney anında kırılmaktadır. Bu nedenle aynı numune üzerinde bir defadan fazla deney yapılamamaktadır; ekonomik olmamaktadır.
- (c) Deneyler için özel ve pahalı aletlere ihtiyaç vardır(15)*.

Bütün bu noktaları bertaraf edebilmek için ister önceden hazırlanmış beton numuneler üzerinde, isterse yapıdaki yerinde, betonu kırmadan muayene ihtiyacı doğmuştur. Bu amaçla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Betonun kırılmadan incelenmesine yarayan deneylere "hasarsız deneyler" denilmektedir.

Hasarsız deneylerde yapılardaki beton veya beton numune kırılmadığından, aynı beton üzerinde tekrarlı deneyler yapmak mümkündür. Böylece, betonun gerek dayanımının zamanla de-

*Patentez içindeki sayılar referans numaralarını göstermektedir.

gişimi, gerekse sünme, korozyon, aşınma v.s. gibi zamandan etkilenen özellikleri kolayca çalışılabilmektedir. Bu tür deneylerle betonun yapısındaki bozukluk ve çatlaklar tespit edilebilmekte ve betonun homojen olup olmadığı bulunabilmektedir. Tamamlanmış bir yapının veya numunenin istenilen özellikleri taşıyıp taşımadığı hasarsız deneyler sonunda anlaşılabilir.

Bu çalışma ile, Eskişehir'de üretilen ve büyük miktarı konut yapımında kullanılan betonun hasarsız deney yöntemlerinden ultrases geçiş süresi yöntemi ile incelenmesi amaçlanmaktadır. Beton dayanımının ölçümünde kullanılan ve ultrases geçiş hızı ile dayanım arasındaki bağıntıyı veren denklemin parametreleri, istatistik yöntemlerle araştırılmaktadır.

Literatürde geçen ve ultrases geçiş hızı ile dayanım arasındaki ilişkiyi tanımlayan denklemin parametrelerinin Eskişehir yöresi için hangi değerleri alacağı deneysel yöntemlerle bulunmaya çalışılmıştır.

1.2. HASARSIZ DENEY YÖNTEMLERİ

Hasarsız deneylerin tarihçesi çok eskilere dayanır. Bir cisim gözle incelemek, dokunarak anlamaya çalışmak, herhangi bir cisme vurulup çıkan sesin dinlenmesi de birer hasarsız deney yöntemidir.

Malzeme veya herhangi bir sistem elemanının hasarsız deneyinin şu üstünlükleri vardır(32).

- (a) Yapıda mevcut ve belirli fonksiyon gören tüm malzeme üzerine deneyler yapılabilmektedir. Bu yöntemlerle daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca yapıların yıkılma tehlikesinin bulunup bulunmadığını da bu yöntemlerle anlayabilmek mümkündür.

- (b) Deneyler kolaylıkla ve süratle yapılabilir. Bu durum çok sayıda deneyin yapılmasına imkan vermektedir.
- (c) Muayene sonucu elde edilen değerlerden bulunan çeşitli karakteristikler, diğer yöntemlerle elde edilen karakteristiklerden çok az farketmektedir.

1.2.1. Hasarsız Deneylerin Sınıflandırılması

Hasarsız deneyler Şu Şekilde sınıflandırılabilir(23).

A. Titreşimli Deneyler

a) Rezonans Frekansı Yöntemi

- i) Boyuna Rezonans Frekansı
- ii) Eğilme Rezonans Frekansı
- iii) Burulma Rezonans Frekansı

b) Ultrases Puls Yöntemi

- i) Geçiş Hızı Yöntemi
- ii) Sönüm Ölçümü
- iii) Puls-Eko Yöntemi

c) Yüzey Dalgaları Yöntemi

B. Radyoaktif Deneyler

- a) X Işınları
- b) Gama Işınları
- c) Nötron Yöntemi

C. Elektriksel Yöntemler

D. Magnetik Deneyler

E. Sertlik Deneyleri

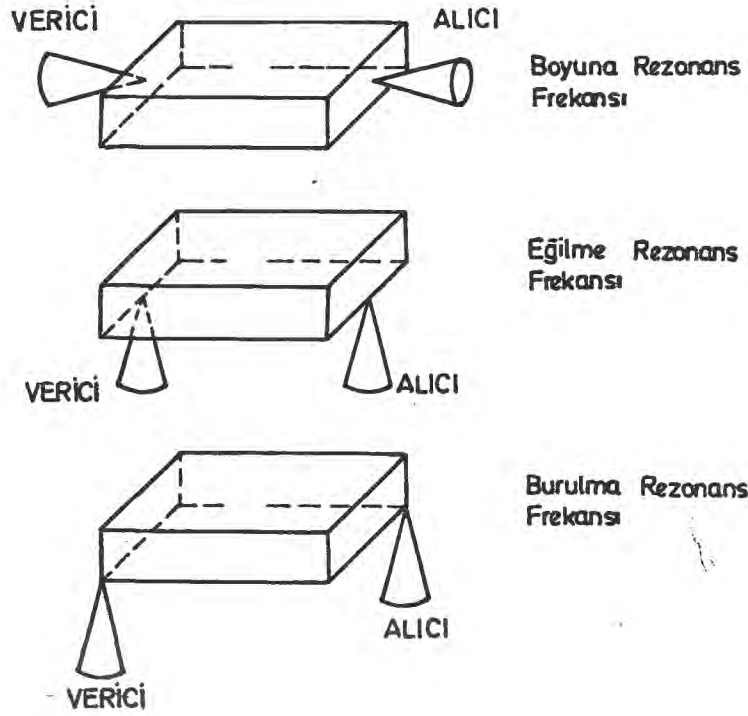
1.2.1.1. Titreşimli Deneyler

Titreşimli deneyler, rezonans frekansı yöntemi, ultrases yöntemi, yüzey dalgaları yöntemi olmak üzere üçe ayrılır. Titreşimli deneyler, malzemenin elastisite modülünü bulmada kullanılmaktadır.

a) Rezonans Frekansı Yöntemi

Cisimler, dış etkiler yoluyla kendilerine uygulanan periyodik darbelerle harekete geçirilirler. Bu takdirde cisimler zorla titreşim yaparlar. Zorla uygulanan bu titreşimler, cismin serbest titreşimi ile aynı frekansa sahip iseler, cismin yapısında bulunan serbest titreşimler uygulanan titreşimlerin genliklerinin artmasına neden olurlar. Bu olaya "rezonans" adı verilir. Rezonans frekansı, dinamik elastisite modülünün yaklaşık olarak tayin edilmesinde kullanılır. Dinamik elastisite modülündeki değişiklikler, dayanım değişikliklerine amprik olarak bağlanabilmektedir. Dolayısı ile rezonans frekansı yöntemi kalite değişikliklerini bulmada kullanılabilen ve periyodik deneylerle yaşlanma etkisi izlenebilmektedir.

Bu yöntemde, deney numunesinin bir ucuna verici, diğer ucuna alıcı araç yerleştirilir. Verici yüksek frekansdaki bir üreteç tarafından çalıştırılır. Üretilen titreşim malzemeye iletilir. Üretecin frekansı sürekli olarak değiştirilerek, alıcıdaki titreşimin genliğinin maksimum olduğu nokta bulunur. Bu nokta malzemenin rezonans frekansıdır. Rezonans frekansı üç çeşit olabilir, boyuna, eğilme ve burulma rezonans frekansı. Bir numunede, alıcı ve vericinin konumları Şekil 1.1 de görüldüğü gibi değiştirilerek rezonans frekansları ölçülür(13).



ŞEKİL 1.1. Boyuna, eğilme, burulma rezonans frekansı ölçümü

b) Ultrases Puls Yöntemi

Ultrases dalgaları, duyulabilir bölgenin üstündeki frekanslarda ses dalgalarıdır. Ses dalgalarının 20 Hz-20000 Hz arasındaki frekansa sahip olanlarına "duyulabilir ses" denir. 2000 Hz'den yüksek frekanslı titreşimler insan kulağı tarafından algılanmazlar. Bu dalgalara "Ultrases" denir. Ultrases dalgaları da aynı duyulabilir ses dalgaları gibi oluşurlar. Ancak, bu dalgaları oluşturan kaynağın yüksek frekansda titreşim yapması gerekir. Bu titreşimleri oluşturan üreteçlerin çoğu magnetik veya elektrik enerjisini, mekanik enerjiye çevirerek çalışırlar. Bu tür dönüştürücülere "transduser" adı verilir.

Ultrases deney yöntemleri kullanılan yere ve amaca gö-

re oldukça çeşitlidir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlar sönüm ölçümü, puls-eko yöntemi, ultrases geçiş süresi ölçümüdür.

i) Sönüm Ölçümü

Ultrases dalgaları, deney numunesinden geçerken kusurun bulunduğu nokta, bu dalgaların yayılımına ve süreksizliğine neden olur. Numunenin içine gönderilen puls çok sayıda yansımaya uğrar. Uygulanan puls, bir süre sonra malzemenin elastik ve fiziksel özelliklerine göre sönümlenir. Bu sönümlerin ölçülmesi ve sönüm katsayısının belirlenmesi ile malzemenin elastik özellikleri ile ilgili yorum yapılabilir. Bu yöntem daha çok homojen yapılı malzemeler için tavsiye edilir.

ii) Puls-Eko Yöntemi

Bu yöntem, daha çok metallerin hasarsız deneylerinde kullanılır. Hem alıcı hem de verici olarak kullanılan tek transduser vardır. Muayene edilen malzemede ince bir çatlak veya boşluk gibi bir kusur varsa o noktada puls yansıyacaktır. Bu yansıma osiloskop ekranında görüntülenir. Bu yöntem, metallerin kalınlığını ölçmede kullanılır. Denizaltı araştırmalarında, denizdibi yüzeyinin belirlenmesinde bu yöntemle çalışan aletlerden yararlanılır.

iii) Ultrases Geçiş Süresi Ölçümü

Numune beton gibi, heterojen ve sert bir malzemedен yapılmış ise puls-eko yöntemi ve sönüm ölçümü güvenilir sonuç vermez(37). Betondaki agrega kenarlarında bulunan küçük boşluklarda puls enerjisinin bir kısmı yansır. Bu da puls-eko yönteminin uygulanması halinde tutarsız sonuçların elde edilmesine neden olur. Sönüm ölçümünde ise heterojenlikten dolayı

osiloskop ekranındaki geçiş eğrisinin eğimini, dolayısı ile sönüm katsayısını bulmak zorlaşır. Ultrases geçiş süresinin ölçümü temelde alıcı ve verici olarak iki farklı transduserin, numunenin karşı yüzlerine yerleştirmesi ile yapılır. Numunenin geçiş süresi ile ilgili olarak betonun elastik özelliklerine geçilebilir.

Bu yöntemle betonun bünyesinde bulunan çatlakların nerede ve boyutlarının ne kadar olduğu bulunabilir. Bu yöntemle; beton elemanlardan başka kaya, beton yol kaplamaları ve ahşap da denenebilir.

Ultrases geçiş süresi yönteminde; boyuna (longitudinal) dalgalar, elektro-akustik bir transduser ile üretilir. Ultrases dalgaları, bilinen bir L uzunluğundan geçerek ikinci bir transduser tarafından alınır.

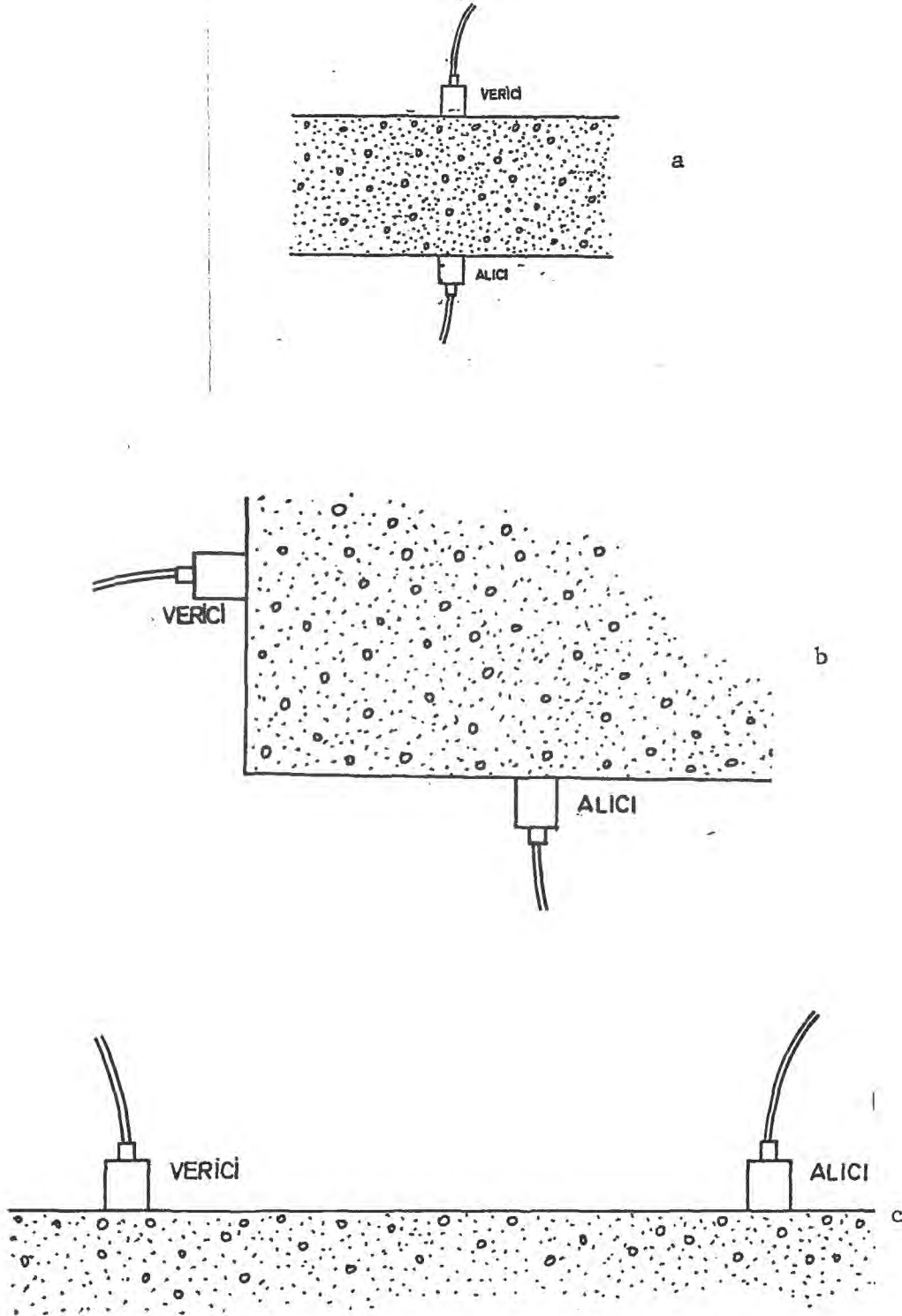
Ultrases dalgalarının hızı, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$v = \frac{L}{T} \quad (1.1)$$

L: Numunenin uzunluğu |km|

T: Ultrases geçiş süresi |sn|

Bu yöntemde alıcı ve verici yer değiştirerek ultrases geçiş süresi ölçümü üç şekilde ölçülebilir. Şekil 1.2'de görüldüğu gibi doğrudan geçiş, dolaylı geçiş, yarı dolaylı geçiş uygulanabilir.



ŞEKİL 1.2. (a) Doğrudan, (b) yarı dolaylı, (c) dolaylı geçiş ölçümü(11)

Doğrudan geçiş, genellikle alıcı transdusere yönlenen pulsun, enerjisi maksimum olduğundan ve en fazla hassaslığa sahip olduğundan tercih edilir. Dolaylı geçiş, daha az hassastır. Genellikle, bu tertip yüzeye yakın beton tabakalarında etkili olur. Bu yöntem, betonun yalnızca bir yüzünün açıkta kaldığı durumlarda, yüzey çatlaklarının derinliğinin bulunmasında kullanılır. Yarı dolaylı geçiş ise, iki geçiş tertibinin arasında bir hassaslığa sahiptir. Geçiş uzunluğunu bulmada bir sorun varsa, transduser yüzeylerinden merkezden merkeze ölçülen uzunluğu kabul etmek gerekir.

c) Radyoaktif Deneyler

Radyoaktif deneyler; X ışınları, Gama ışınları ve nötron yöntemi olarak üçe ayrılır.

i) X Işınları

X ışınları, dalga boyları çok küçük elektromagnetik dalgalardır. Dalga boyları 100 \AA ile 0.01 \AA arasında değişir. Bir cisme çarptıklarında enerjisinin büyük olması nedeni ile cisimdeki atomik bağların kopmasına, yeni bir şekilde dizilmesine, çarptıkları cisimden elektron fırlamasına neden olurlar. Cisimlerin içine girme özellikleri vardır. 150.000 voltluk gerilme altında, X ışınları 30 mm kalınlığındaki çelik levhaları geçebilirler. Bir X ışın demeti herhangi bir malzemeden geçerken malzemenin daha yoğun kısımları tarafından daha fazla yutulur. Bu ilkeye dayanarak radyometri ve radyografi olmak üzere iki yöntem geliştirilmiştir.

Radyometri'de X ışınları flüoresanlı bir maddeyi etkileyerek şiddeti ile orantılı lekeler meydana getirir. Lekelerin koyu olması X ışınlarının cisim tarafından az miktarda emildiğini gösterir.

Radyografi'de ise X ışınlarının fotoğraf plakalarını etkilemesi ilkesi geçerlidir. Filmler ışığı geçirmeyen, fakat röntgen ışığını geçiren kutular içine konurlar. Film kısa bir süre içinde cismi kateden X ışınlarına maruz bırakıldıktan sonra banyo yapılır. Koyu lekelerin bulunması muayene edilen cisimlerde kusurların bulunduğunu gösterir. Metallerin ve alaşımların muayenesinde yapılarda kaynak ve perçinlerin iyi yapılıp yapılmadığının kontrolünde ve betondaki boşlukların incelenmesinde kullanılır(18).

ii) Gama Işınları

Radyum metali bulunduktan sonra, bunun bir fotoğraf filmini etkilediği gözlenmiştir(32). Bu ışınım, bir elektriksel alan içine götürüldüğünde α , β , γ gibi üç demete ayrılır. Gama ışınlarının dalga boyları 10^{-2} , 10^{-4} A^o arasındadır. Gama ışınları ile radyografi yönteminde olduğu gibi iç yapı muayenesi yapılır. Malzemeyi geçen ışınlar fotoğraf filmlerini etkileyerek oluşan lekelerin koyuluğuna ve açıklığına göre malzemenin iç yapısı hakkında bilgi verir.

iii) Nötron Yöntemi

Yerinde beton ve zeminlerin nem içeriğini bulmak için kullanılır. Bu nötronların radyum ve berilyum'dan elde edilen hızlı nötronlar olması gerekir. Nötronlar, bir atom çekirdeğine çarptıklarında kinetik enerjilerinin bir kısmını kaybederek termik nötron haline geçerler. Nötronla çarpışan atomlar ne kadar hafif ise o kadar fazla termik nötron oluşacaktır. Nötron sayısından hidrojen atomu sayısına, buradan da su miktarına geçilir. Boşluklu malzemelerde veya zeminlerdeki su miktarının tayininde nötron yöntemin önemli bir yeri vardır.

d) Elektriksel Deneyler

Betonun nem içeriğini bulmak için kullanılan elektriksel deneyler; nem içeriği değiştiğinde, dielektrik özelliklerin değişmesi özeliğine dayanır. Fransa'da bu yöntemle, sıvadaki çatlakları kontrol altına almak amacı ile nem içeriği bulunmaktadır.

e) Magnetik Deneyler

Bitmiş bir yapıda, çelik donatının yerini bulmak, çelik donatıyı koruyan pas payının yeterli olup olmadığını tesbit etmek gerekli olabilir. Bu yöntem, yüzeye yakın donatı derinliğini ölçmek için kullanılır.

f) Sertlik Deneyleri

Beton dayanımının, sertlik yolu ile bulunması yolundaki çalışmalar ilk olarak Almanya'da 1934'de başlanmıştır(32). Cisimlerin sertliği, çekme ve basınç dayanımı gibi belirli bir karakteristiği ifade etmemektedir. Sert cisimler, kuvvete karşı büyük dayanım gösteren cisimlerdir. Sertlik bir yüzey ölçüsüdür.

2. ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ ÖLÇÜMÜNÜN BETONA UYGULANMASI

2.1. GİRİŞ VE BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Betonun dinamik elastisite modülü ile dayanımı ve ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki 1950'lerden beri çeşitli araştırmacılara konu olmuştur. Hasarsız deney yöntemlerinin gelişmesi ile birlikte ultrases geçiş süresi yönteminden yararlanarak betonun dinamik elastisite modülü ile diğer özellikleri bulunabilmektedir.

Konu ile ilgili araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonunda, agrega ve su oranına bağlı olarak beton dayanımı ve yaşı ile ultrases geçiş hızı arasında bir bağıntının olduğu bulunmuştur.

Bu konuda; ilk araştırmaları yapan; Long Kurtz ve Sandenaw, 1945 yılında ultrases geçiş hızını ölçerek ve poisson oranınının 0.167 değeri için dinamik elastisite modülünü bulmuşlardır. Bu ifade aşağıda (2.1) eşitliği ile verilmektedir.

$$E = \frac{v^2 \cdot \gamma}{g} (1 - \mu^2) \quad (2.1)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/cm²]

v: Ultrases geçiş hızı [km/sn]

γ : Özgül ağırlık [kg/m³]

μ : Poisson oranı

g: Yer çekimi ivmesi [m/sn²]

1951 yılında Whitehurst bu yöntemi, köprü inşaatlarında kullanmayı denemiştir. Whitehurst, ayrıca beton kalite kontrolünde kriter olabilecek bir tablo düzenlemiştir.

TABLO 2.1. Ultrases Geçiş Hızı İle Beton Kalitesi İlişkisi(40)

Ultrases Geçiş Hızı km/sn	Beton Kalitesi
4.5	Çok iyi
3.5-4.5	İyi
3.0-3.5	Şüpheli
2.0-3.0	Zayıf
2.0	Çok zayıf

Parker, 1953 yılında, bu yöntemi döşemelere ve baraj gövdelerine uygulamayı denemiş, bu konuda başarılı olmuştur. Aynı yöntemle çatlak derinliklerini ölçebilmiştir.

Fransa'da, L'Hermite 1955 yılında, betonun elastisite modülü ile basınç dayanımı arasında aşağıdaki bağıntıyı önermiştir(2).

$$E.(1-\mu) = (K.\sigma)^{1/n} \quad (2.2)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/cm²]

μ : Poisson oranı

σ : Betonun küp dayanımı [kg/cm²]

1955 yılında İngiltere'de Jones ve Gatfield, poisson oranınının 0.167 alınmasının, dinamik elastisite modülünde % 30 luk bir hataya sebep olduğunu öne sürerek $\mu = 0.167$ oranının düşük bir değer olduğunu bildirmişlerdir. Poisson oranının 0.25 ile 0.33 arasında alınması gerektiğini de bulmuşlardır(24).

Kaplan, 1957 yılında, şantiye dökülen betondan numune-

ler almanın tercih edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Denenen numunelerin bu şekilde alındığında, yapıdaki betondan ancak % 10'luk bir değişme olacağını bulmuştur.

Kaplan, 1959 yılında ise düşük veya normal kaliteli betonlarda, ultrases geçiş hızı, dayanım ilişkisine yaşın etkisinin aynı olduğunu göstermiştir(2).

Spencer ve Laverty, 1959'da, bu yöntemi baraj gövdele- rinde ve beton borularda çatlak ve bozuklukları bulma amacı ile kullanmışlardır(24).

Kanada'da, 1960 yılında, Leslie ve Cheesman betondaki çatlakları bulmak amacı ile bu yöntemi kullanmışlar ve Onta- rio'da bir hidro-elektrik barajın beton yüzeyinde oluşan çat- lakları belirlemişlerdir. Dinamik elastisite modülü ile ult- rases geçiş hızı için aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir(41).

$$E = 2.26 \times 10^{-5} \cdot v^2 \cdot \gamma \quad (2.3)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/cm²]

v: Ultrases geçiş hızı [m/sn]

γ: Özgül ağırlık [kg/m³]

Gordon, Zashchuk ve Nadareishvili, 1960 yılında, labo- ratuvar numuneleri ile yaptıkları deneyler sonucu, basınç da- yanımı tahminini % 10 hata ile sonuçlandırmışlardır.

Caquot, 1963'de beton dayanımı ile dinamik elastisite modülü arasında aşağıdaki şu bağıntıyı önermiştir(2).

$$E = K \cdot \sqrt{\sigma} \quad (2.4)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/cm²]

σ: Betonun küp dayanımı [kg/cm²]

K: 16000-23000 arasında değişen bir katsayı

Akman, 1965'de, ultrases geçiş hızı ile dinamik elastisite modülü arasında şu bağıntıyı önermiştir(2)

$$E = \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{(1-\mu)} \cdot v^2 \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot 10^5 \quad (2.5)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/cm²]

v: Ultrases geçiş hızı [km/sn]

γ: Özgöl ağırlık [kg/lt]

g: Yerçekimi ivmesi [m/sn²]

μ: Poisson oranı

Cismin uzunluğu, genişliğinden yaklaşık 7 defa büyükse, poisson oranından gelen faktör 1 kabul edilebilir. Bu halde (2.5) bağıntısı aşağıdaki şekle dönüşür:

$$E = 10^5 \cdot v^2 \cdot \frac{\gamma}{g} \quad (2.6)$$

Făcăoăru, 1970'de ultrases geçiş hızı ile beton dayanımı arasındaki bağıntıyı řöyle önermiştir(17).

$$\sigma = a \cdot e^{b \cdot v} \quad (2.7)$$

σ: Beton küp dayanımı [kg/cm²]

v: Ultrases geçiş hızı [m/sn]

a: Sıkışma durumunun, nemin ve kürlenme şartlarının bir fonksiyonu

b: Dayanımı yüksek agrega tipinde yaklaşık 1,1 alınabilir

Jones, 1970 yılında, farklı karışım oranları için, ultrases geçiş hızı ile dayanım arasında farklı bağıntılar olduğunu göstermiştir(23).

$$E = V \cdot \gamma \cdot \frac{1}{\left[\frac{(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)} \right]^{1/2}} \quad (2.8)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/cm²]
v: Ultrases geçiş hızı [km/sn]
γ: Özgül ağırlık [kg/m³]
μ: Poisson oranı

Elvery ve Din, 1970 yılında İngiltere'de, betonarme eğilme elemanlarını ultrases ile muayene etmişlerdir. Yerinde veya şantiyede henüz dökülmüş kirişlerin dayanım değerlerini, ultrases geçiş hızını ölçerek hesaplamışlardır.

Betonun Yapısal Kullanımında Uygulama Şartnamesi (British Code) CP110:1972; dinamik elastisite modülü ile basınç dayanımı arasında şu bağıntıyı önermektedir(30):

$$\sigma = \frac{|E-22|^2}{6,90} \quad (2.9)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/cm²]
σ: Betonun küp dayanımı [kg/cm²]

İngiliz Standartları, BS 4408: Bölüm 5'de, dinamik elastisite modülü ile ultrases geçiş hızı arasında aşağıdaki bağıntının kullanılması tavsiye edilmektedir(11).

$$E = \gamma \cdot v^2 \cdot \frac{(1+\mu) \cdot (1-2\mu)}{(1-\mu)} \quad (2.10)$$

E: Dinamik elastisite modülü [kg/m²]
v: Ultrases geçiş hızı [km/sn]
γ: Özgül ağırlık [kg/m³]

Kocataşkın, 1975 yılında; basınç dayanımının, dinamik elastisite modülüne aşağıdaki ilişki ile bağlanmasını önermiştir(26).

$$\sigma = \left[\frac{E}{21000} \right]^2 \quad (2.11)$$

σ : Basınç dayanımı $[\text{kg}/\text{cm}^2]$

E: Dinamik elastisite modülü $[\text{kg}/\text{cm}^2]$

Andersen ve Seals, 1978'de; ultrases geçiş hızını, betonun 28 ve 90 gün dayanımını bulmada kullandılar. Geçiş hızının, ilk zamanlarda, dayanıma bağlı olarak hızlı bir şekilde arttığını gözlediler(3).

2.2. ULTRASES GEÇİŞ SÜRESİ YÖNTEMİ İLE BETONUN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN TAHMİNİ

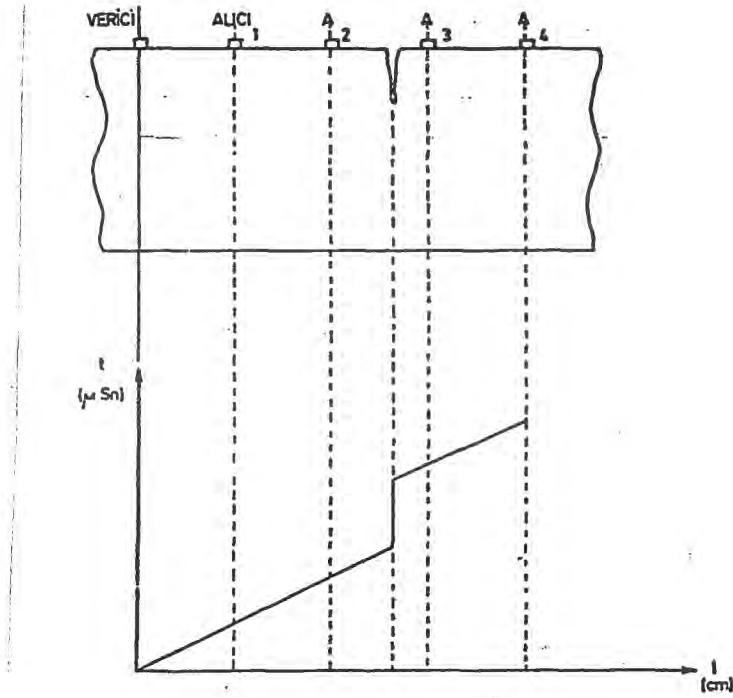
Betondan geçen ultrases dalgalarının hızı, malzemenin yoğunluğuna, homojenitesine, yaşına ve mekanik özelliklerine bağlıdır.

2.2.1. Beton Homojenitesinin Bulunması

Betonun heterojenliği, ultrases geçiş hızında değişikliklere sebep olur. Geçiş hızı ölçümleri büyük ölçüde homojeniteyi bulmayı da sağlar. Mevcut yapının veya denenmek istenen numunenin üzerinde belirli noktalar seçilerek, bu noktalarda, ultrases geçiş hızları ölçülür. Bu noktalar belirlenirken yapı hacmine ve boyutlarına ne kadar bağımlı kalınırsa o kadar doğru sonuç alınır. Prefabrike yapı elemanlarının kalite araştırmasında bu yöntem oldukça yaygın şekilde uygulanmaktadır.

2.2.2. Betonun Bünyesindeki Çatlakların Bulunması ve Çatlak Derinliğinin Ölçülmesi

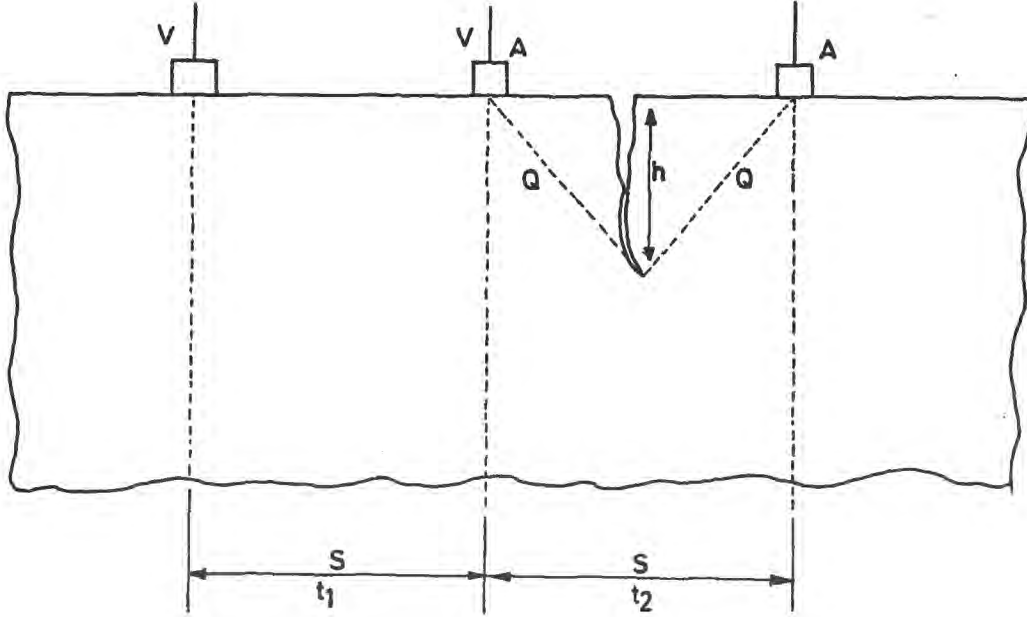
Betonun bünyesinde bulunan çatlağın nerede olduğunun bilinmesi veya tahmin edilmesi bu yöntemle olur. Beton elemanda, verici sabit bir yere yerleştirilir. Alıcı belirli aralıklarla kaydırılarak, her noktadaki ultrases geçiş süresi ölçülür. Çatlak ve kusurun olmaması halinde grafik düzgündür. Ölçülen elemanda kusur ve çatlağın bulunması, grafikte ani artış ve sıçramalara neden olur.



ŞEKİL 2.1. Çatlaklı bölgenin grafik yöntemle bulunması

Çatlağın bulunduğu bölgede; verici ve alıcı dolaylı geçiş şeklinde yerleştirilir. Verici ve alıcı belirli aralıklarla yerleştirilerek, çeşitli ultrases geçiş süresi değerleri okunur. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi 1-2 arasındaki geçiş süresi " t_1 ", 2-3 arasındaki geçiş süresi " t_2 " ise, alıcı ve verici arasındaki uzaklık " s " olduğunda, çatlak derinliği şu formülle hesaplanabilir.

$$h = \frac{S}{2} \left[\left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - 1 \right]^{1/2} \quad (2.12)$$

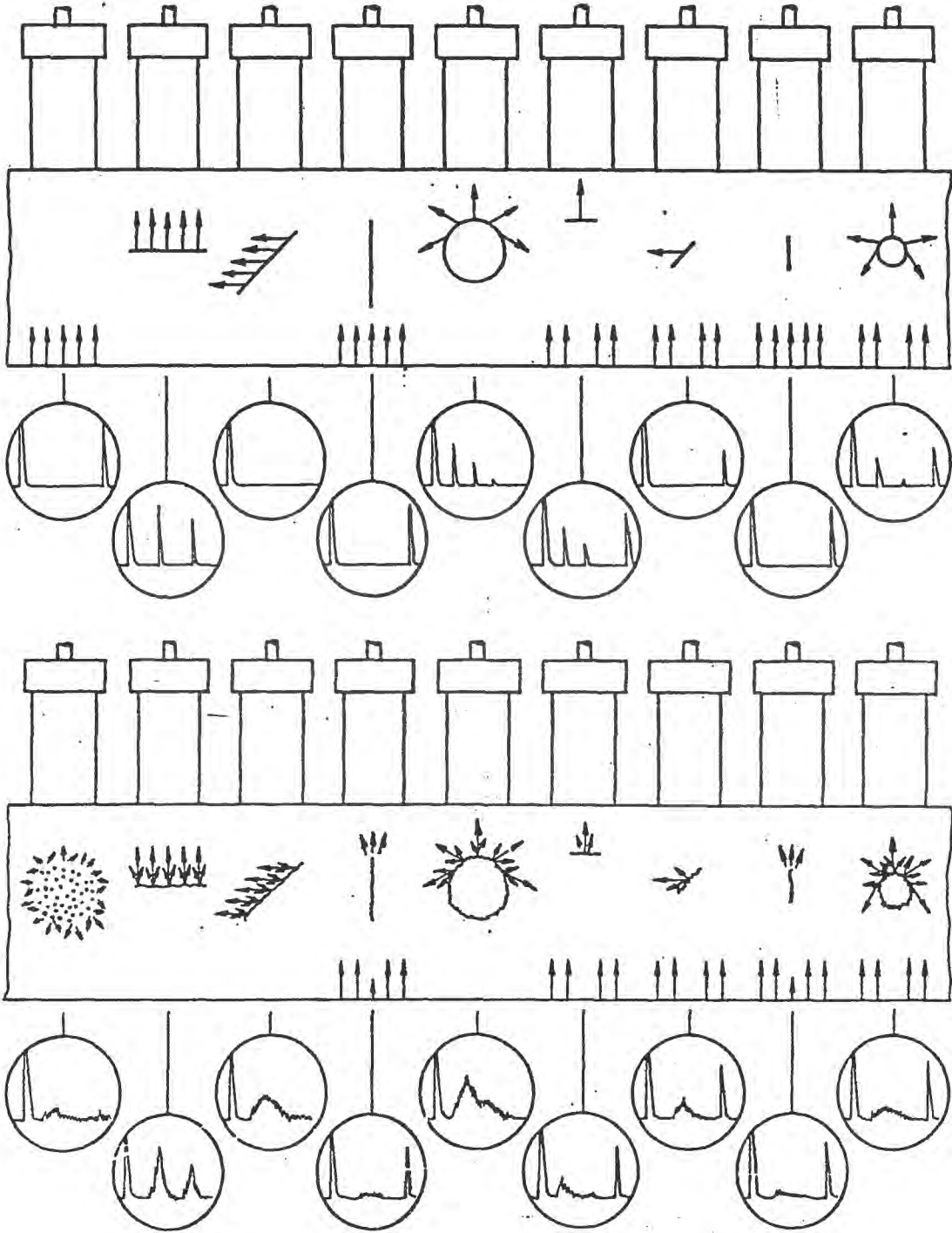


ŞEKİL 2.2. Çatlak derinliğinin ölçülmesi

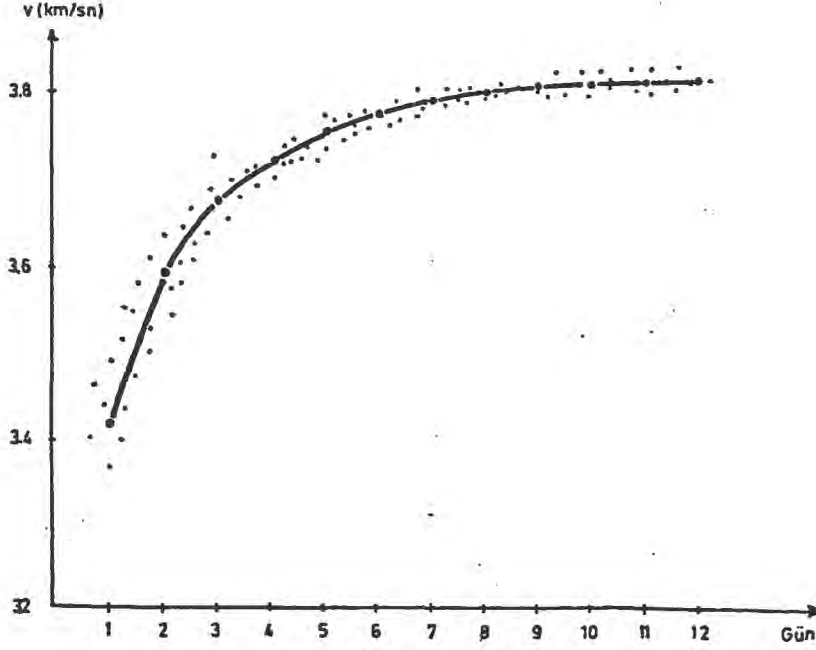
2.2.3. Ultrases Geçiş Hızı İle Betonun Yaşı Arasındaki İlişki

Beton dayanımı, betonun yaşına bağlı olarak artar. Zamanla bağlı olan dayanım artışı aslında, çimento kalitesine de bağlıdır. Belirli bir zaman sonunda kazanılan dayanım, beton nemli kaldığı sürece daha kuvvetli olmaktadır. Beton kalite sınıflandırması için 28. gün esas alınır. Ultrases geçiş hızı da, yaşla doğru orantılıdır. Geçiş hızının, betonun yaşı ile nasıl değiştiğini anlamak üzere, laboratuvar çalışmaları sırasında 28. günde kırılacak numuneler, hergün ultrases deneyine tâbi tutuldu.

Şekil 2.4'de görüldüğü gibi, geçiş hızı ilk günlerde hızla artmaktadır. Daha sonra yavaşlayarak "zaman" eksenine hemen hemen paralel gitmektedir.



ŞEKİL 2.3. Çeşitli çatlak ve kusurlarda osiloskop ekranları



ŞEKİL 2.4. Ultrases geçiş hızı ile beton yaşı ilişkisi

2.2.4. Betonun Dinamik Elastisite Modülünün Bulunması

Betonda, dinamik elastisite modülü, ultrases geçiş hızını ölçerek, (2.13) bağıntısından hesaplanabilmektedir(2).

$$E = \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{(1-\mu)} \cdot v^2 \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot 10^5 \quad (2.13)$$

Elastisite modülü, hızın karesi ile doğru orantılı olduğundan, hız ölçümü mümkün olduğu kadar doğru yapılmalıdır. Diğer taraftan, betonun özgül ağırlığı, poisson oranı da elastisite modülünü etkilemektedir. Poisson oranı, çeşitli şekillerde bulunabilir. Örneğin; İngiliz Standartı, BS 4408 poisson oranınının, rezonans frekansından bulunmasını tavsiye etmektedir(11).

TABLO 2.2. Çeşitli Rezonans Frekansları İçin Poisson Oranı

$\frac{n.L}{v}$	μ	$\frac{n.L}{v}$	μ
0.257	0.45	0.494	0.10
0.345	0.40	0.499	0.05
0.395	0.35		
0.431	0.30		
0.457	0.25		
0.475	0.20		
0.488	0.15		

n: Malzemenin rezonans frekansı [Hz]

L: Numunenin boyu [m]

v: Ultrases geçiş hızı [km/sn]

μ : Poisson oranı

Poisson oranı için, aşağıdaki Tablo 2.3'de kullanılmaktadır(12).

TABLO 2.3. Poisson Oranları

μ	
0.30	3~14 günlük
0.20	28 günlük
0.15	70 günden fazla

2.2.5. Betonun Basınç Dayanımının Bulunması

Betonun önemli özelliklerinden biri olan, basınç dayanımı çoğunlukla, hasarlı deney yöntemlerinden basınç deneyi ile belirlenir. Ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımı arasındaki bağıntı Şekil 2.5'de Facaoaru tarafından verilmiştir.

Bu tez çalışmasında ise 7 ve 28 günlük beton küp numuneler için ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımı arasındaki bağıntıyı veren aşağıdaki eşitlik önerilmektedir.

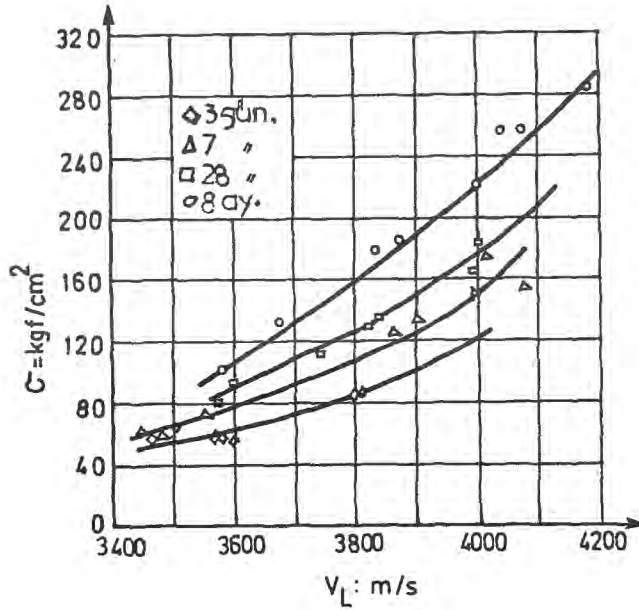
$$\sigma = a \cdot v^b$$

7 günlük numuneler için; $a = 0.306$

$b = 5.27$

28 günlük numuneler için; $a = 0.614$

$b = 4.78$



ŞEKİL 2.5. Ultrases geçiş hızı, dayanım ilişkisi(17)

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

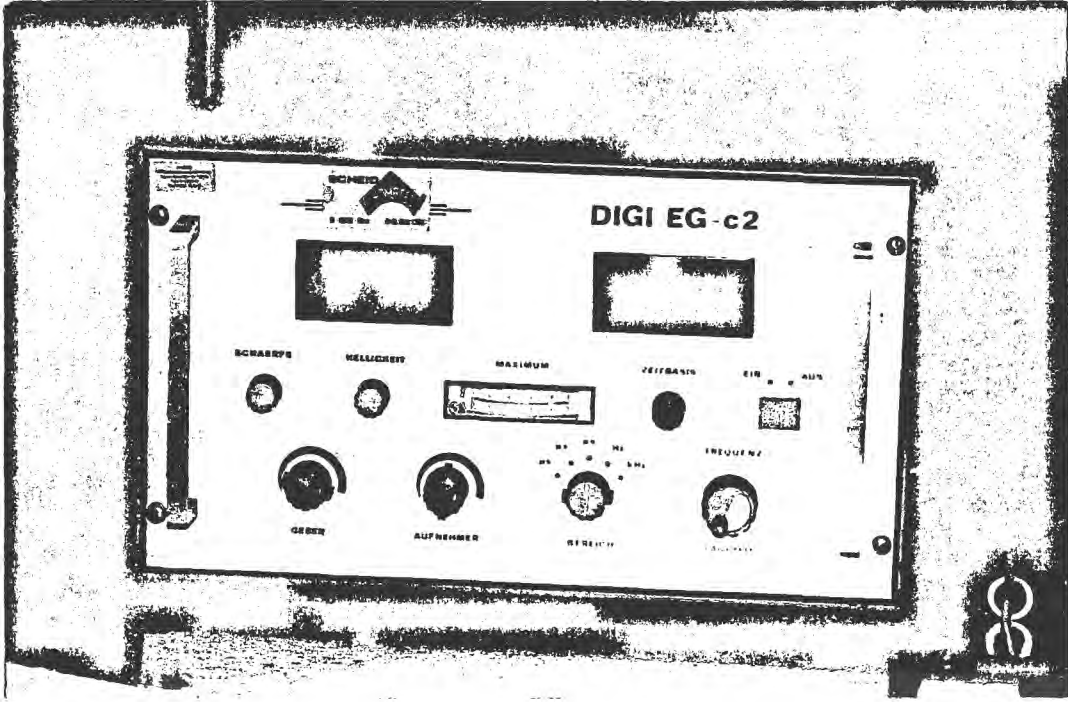
Bu araştırmada; Eskişehir'de üretilen ve büyük miktarı konut yapımında kullanılan betonun, ultrases geçiş süresi yöntemi ile basınç dayanımı tahmininde kullanılan ve ultrases geçiş hızı ile dayanım arasındaki bağıntıyı veren denklem parametrelerini istatistikî yöntemlerle bulabilmek için deneysel çalışma yapılmıştır.

3.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN ALET

Çalışmada kullanılan alet Alman "Scheid" firması tarafından 1970 yılında imal edilen EG-Meter Digi Eg-c2'dir. Şekil 3.1'de aletin bir fotoğrafı görülmektedir.

Bu alanda, çalışan aletler genellikle; elektrikli puls üretici, bir çift transduser, bir yükseltici, bir elektronik zamanlama aleti, bir osiloskopdan oluşur. Deney aletinin şeması Şekil 3.2'de görülmektedir.

Aletin çalışma sistemi şöyledir: Öncelikle puls üreticiden üretilen pulslar, elektrikselsel olarak transdusere giderler. Burada transduser tarafından mekanik enerjiye çevrilir, malzemenin içine gönderilir. Malzemeyi geçen pulslar ikinci transduserde ulaştıklarında tekrar elektrik enerjisine çevrilirler. Alıcı transduserdeki pulslar malzemece etkilen-

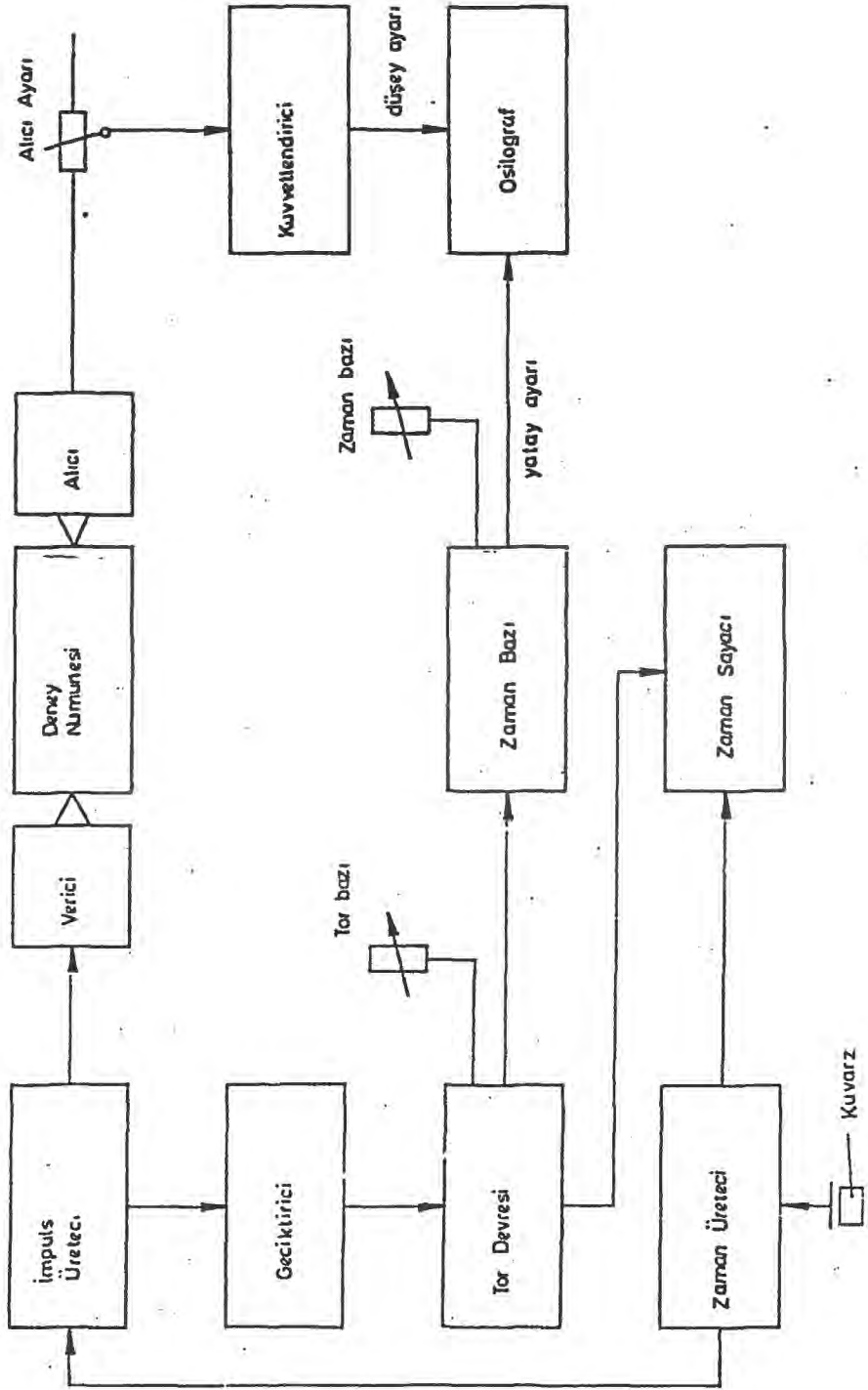


ŞEKİL 3.1. Ultrases deney aleti

mişlerdir. Bu pulslar alıcı ayarında güçlenmek üzere osiloskop tüpünün dikey plakalarına gönderilir. Osiloskop ekranında ise pulslar şematik olarak görüntülenir. Bu arada digital olarak malzemedeki ultrases geçiş süresi okunur.

3.2. BETON

Araştırmada kullanılan beton numuneler, Eskişehir'deki inşaatlardan alınarak, 20x20x20 cm'lik küplere dökülmüş ve laboratuvara getirilmiş beton numunelerdir. Çeşitli inşaatlardan alınan numuneler, laboratuvarında kürlenme şartlarına tâbi tutularak 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 28. günlerde ultrases geçiş hızları ölçülüp 60 tanesinde 7. günde, 60 tanesinde 28. günde basınç dayanımı deneyi uygulandı.



ŞEKİL 3.2. Ultrases deney aletinin şeması

Denenmek üzere laboratuvara getirilen beton numunelerin tamamında, Eskişehir Çimento Fabrikasının ürettiği KPC325 çimentosu kullanılmıştır. Numuneler laboratuvara getirildikten sonra; sıcaklığı uygun olan (15°C ile 22°C arasında) bir yere yerleştirildi ve üzerlerine nemli bez örtüldü. Deney numuneleri 24 saat sonra kalıplarından çıkarıldı. Bu numuneler sıcaklığı 20°C olan su içinde 7 gün bekletildi. Eğer deney 28. günde yapılacaksa, yaklaşık 20°C hava sıcaklığında raflarda bekletildi.

3.3. DENEY İŞLEMİ

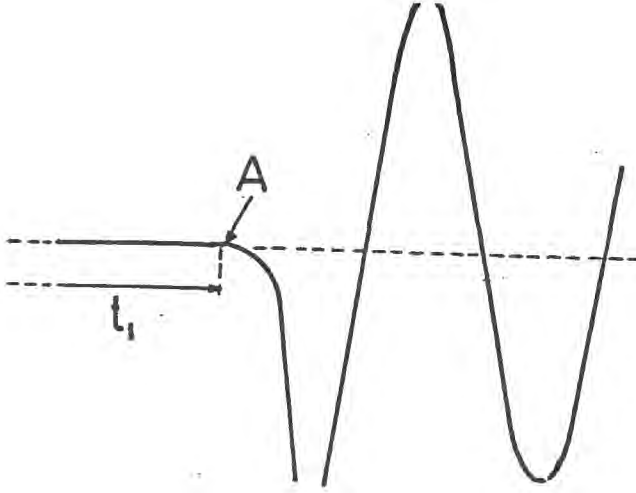
Ultrases geçiş süresi ölçümünde, Doğu Avrupa ile Batı Avrupa arasında farklı bir anlayış vardır. Her iki yöntemde de bilim adamları kendi şartlarına göre ultrases geçiş hızı ile beton dayanımı arasında amprik korelasyon kurarlar(23).

Batı Avrupa'da ultrases geçiş hızını bulurken osiloskop ekranı Şekil 3.3'de görüldüğü gibi düzenlenir. Bu yöntemde pulsun gerçek başlangıcını bulmak gerekir. Pulsun genliği mümkün olduğu kadar yükseltilir. Gerçek başlangıcı bulmak kolaylaşır. Bu çalışmada ise Batı Avrupa'da uygulanan bu yöntem kullanılmıştır.

Kürlenmiş numuneler tartıldı. Kumpasla boyutları hassas bir şekilde ölçüldü. Numunenin özgül ağırlığı bulundu. Daha sonra ultrases deneyi yapılarak, ultrases geçiş hızı bulundu. Numune 7 veya 28 günde kırıldı. Ultrases deneyine tâbi tutulurken bazı dikkat edilecek konular vardır. Kürlenmiş numunelere deney uygulanmadan önce, transduserin yerleştirileceği yüzeylerin tesviyesi gerekir. Ultrases dalgalarının malzemenin içine girebilmesi için yüzeylerin pürüzsüz olması gerekir. Tesviye edilen yüzeye transduseri yerleştirmek için transduser ile beton yüzeyi arasına sabun, gres yağı, kaolin

gibi bir madde sürülür. Bu çalışmada kaplama malzemesi olarak gres yağı kullanıldı.

Her küp numunenin karşılıklı yüzeylerinden üçer kere okuma yapılarak bunların ortalaması alındı. Deney işlemi sırasında dikkat edilecek bir başka nokta ise beton sıcaklığıdır. Betonun sıcaklığı $+5^{\circ}\text{C}$ ile $+30^{\circ}\text{C}$ arasında ise ölçülen geçiş süresine etkisi olmamaktadır. Bu sıcaklıkların dışında geçiş süresi değişebilmektedir.



ŞEKİL 3.3. Batı Avrupa'da pulsun gerçek başlangıcının bulunma yöntemi

4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Eskişehir'de çeşitli inşaatlarda kullanılmak üzere imal edilen ve basınç dayanımları bulunmak için Anadolu Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarına getirilen beton küp numunelerden rastgele seçilmiş; 7 günlük 60 tane, 28 günlük 60 tane üzerinde deneyler yapılmıştır. Ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımı arasında bir ilişki bulunmuştur.

Deneylerle bulunan değerlerin gerekli istatistik analizleri, paket programla yapılmış, elde edilen değerler grafik halinde de Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre;

$$\sigma = a \cdot v^b \quad (4.1)$$

σ : Küp numunenin basınç dayanımı [kg/cm²]

v : Ultrases geçiş hızı [km/sn]

olmak üzere seçilen modelin katsayıları aşağıdaki Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

TABLO 4.1. 7 Günlük Numuneler için

	a	b
Regrasyon katsayısı	0.306	5.27
Standart sapması		0.1433

Korelasyon katsayısı = 0.978

$$\sigma = 0.306 \times v^{5.27} \quad (4.2)$$

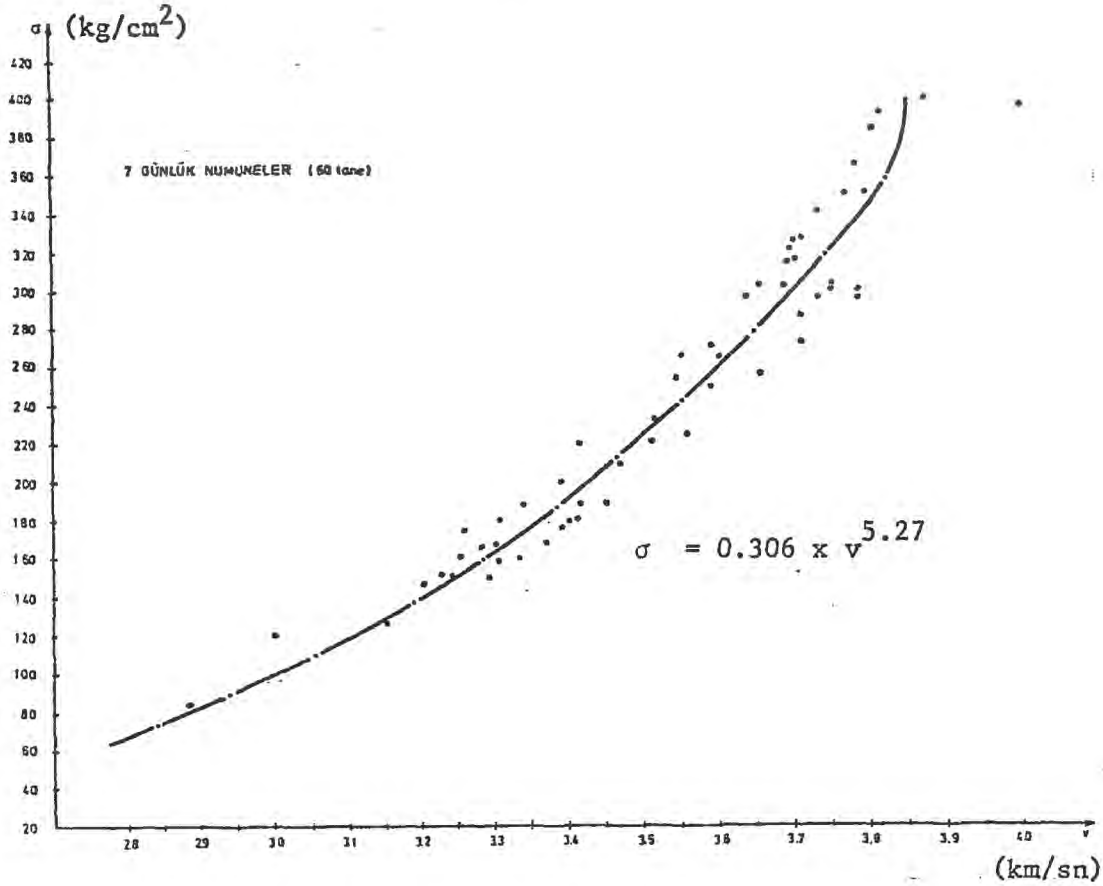
TABLO 4.2. 28 Günlük Numuneler İçin

	a	b
Regrasyon katsayısı	0.614	4.78
Standart sapması		0.1372

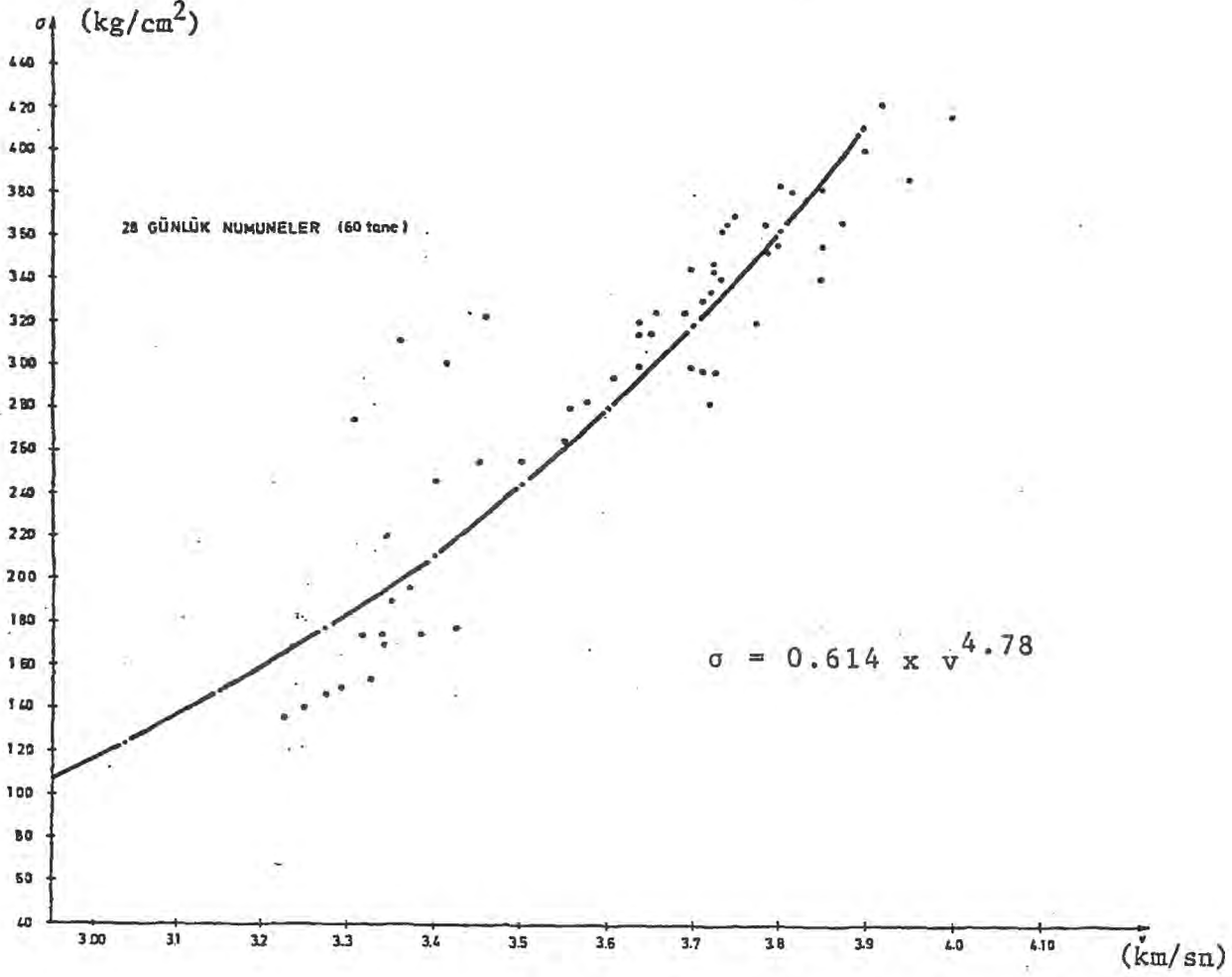
Korelasyon katsayısı = 0.902

$$\sigma = 0.614 \times v^{4.78} \quad (4.3)$$

7 ve 28 günlük beton küp numunelerin regrasyon eğrileri ise Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



ŞEKİL 4.1. 7 günlük numunelerin ultrases geçiş hızı σ basınç dayanımı ilişkisi



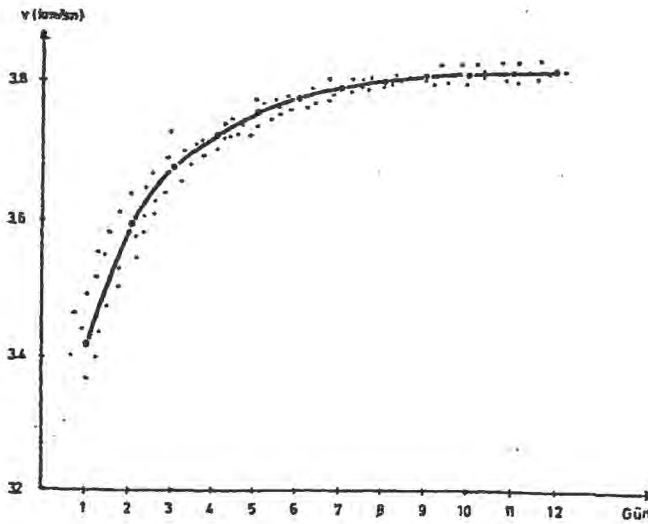
ŞEKİL 4.2. 28 günlük numunelerde ultrases geçiş hızı $\frac{1}{2}$ dayanım ilişkisi

Deney sonuçları esas alınarak yapılan regrasyon analizi sonunda beton basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasında anlamlı bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir. Korelasyon katsayıları 7 ve 28 günlük beton numuneler için sıra-

sıyla 0.978 ve 0.902 bulunmuştur. Ayrıca bulunan regresyon katsayıları % 99.9 anlamlılık testine tâbi tutulmuş ve aynı seviyede anlamlı olduğu görülmüştür. Bu sonuç, ultrases geçiş hızı yönteminin, basınç dayanımının tahmininde oldukça tutarlı bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

Bu arada malzeme girdilerinin özellikleri nedeniyle ortaya çıkacak sapmalar dikkate alınırca sözü edilen iki değişken arasındaki ilişkiyi tanımlayan denklem parametrelerinin sadece Eskişehir yöresinde geçerli olduğu söylenebilir. Bu denklem diğer yörelerde üretilen betonun dayanımını bulmada kullanılırken, ortaya çıkacak hata miktarının büyüklüğünü kestirmek zordur. Bu nedenle bu konuda kapsamı daha geniş çalışmalara gerek vardır.

Ultrases geçiş hızı ile betonun yaşı arasındaki ilişki ise Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Şekilden anlaşıldığına göre bu iki değişken arasında belli bir bağıntı bulunmaktadır. Başlangıçta yaşın artması ile ultrases geçiş hızı, hızla büyümektedir. Ancak inceleme konusu olan betonlar için 10. günden sonra geçiş hızındaki artma miktarı azalarak eğri, yatay bir doğruya asimptotik olarak yaklaşmaktadır.



ŞEKİL 4.3. Ultrases geçiş hızı ve yaş ilişkisi

REFERANSLAR

- (1) Akman,S. "Yapıların Muayenesi ve Ölçme Tekniği", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1981, s.1-8, 116 - 119.
- (2) Akman,S. "Ultrasonik Titreşimlerin Betona Uygulanması", İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 23, Sayı 3, 1965, s.9-18.
- (3) Andersen, D.,Seals,R."Pulse Velocity as a Predictor of 28-and 90-Day Strength",ACI Journal, March-April 1981, pp.116-122.
- (4) Aral,E. "Elastik Sabitlerin Ultrases Metoduyla Tayini", E.D.M.M.A. Dergisi, Haziran 1976, s.7-21.
- (5) Aral,E. "Ultrases Yöntemi ile Elastik Sabitlerin Ölçümü ve Perovskite Seramiklerine Uygulanması", Doçentlik Tezi, E.D.M.M.A., 1979, s.1-44.
- (6) "ASTM: C597-71: Standart Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", ASTM, 1979.
- (7) "ASTM: D2845-69. Standart Test for Laboratory Determination of Pulse Velocity and Ultrasonic Elastik Constants of Rock", ASTM, 1976.
- (8) "ASTM: E317-68. Evaluating Performance Characteristic of Pulse-Echo Ultrasonic Testing Systems", ASTM, 1969.

- (9) Aytay, H. "Beton Deney Sonuqlarının Değerlendirilmesinde İstatistikî Metodlar", Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 306, Ekim 1983, s.17-19.
- (10) Blitz, Jack, Ultrasonics: Methods and Applications, Brunel University, Van Nostrand Reinhold Co., 1971, pp. 22-37.
- (11) "British Standart 4408: Part 5. Measurement of the Velocity of Ultrasonic Pulses in Concrete", Feb. 1974, pp.1-15.
- (12) Ciganek, M. "Prüfung gro er Bauwerke und Bauteile durch Ultraschallmessungés", Die Bauwirtschaft, Sayı 21, Böl. 18, May 1964, pp.20-25.
- (13) EG-Meter Digi Eg-c2: Ultrases cihazı çalışma kılavuzu.
- (14) Elvery, R.H., Din, N.M. "Ultrasonic Inspection of Reinforced Concrete Flexure Members", Symposium on Non - Destructive Testing of Concrete and Timber", London, 1970, pp.51-59.
- (15) Erdoğan, T. "Non-Destructive Testing of Concrete by Sonometer and Concrete Sclerometer", Middle East Technical University, Ankara, Jan. 1965.
- (16) Ersoy, Y., Mert, M. Boyut Analizi ve Fiziksel Ölçmeler, Ankara, Bizim Büro, 1977, s.43-67.
- (17) Făcăoăru, I. "Non-Destructive Testing of Concrete in Romania", Symposium on Non-Destructive of Concrete and Timber, Londra, 1970, pp.39-51.
- (18) Forrester, J.A. "Gamma Radiography of Concrete", Symposium on Non-Destructive Testing of Concrete and Timber-London, 1970, pp.13-17.

- (19) Gürtan,K. İstatistik ve Araştırma Metodları, İstanbul, Fatih Yayınevi, 1977, s.513-605.
- (20) Hausman,E., Slack,E., Elektrik, Magnetizma, Ses, Işık ve Atom Fiziği, Çev: Nusret Kürkçüoğlu, İstanbul, Matbaa Teknisyenleri Yayınevi, 1967, s.680-685.
- (21) Hayden,H.W., Moffat,W.G., Wulff,J., Malzemelerin Yapısı ve Özellikleri, Cilt 3, Çeviri: Kaşif Onaran-Burak Erman, İstanbul: İ.T.. Matbaası, 1978, s.15-24.
- (22) Illstone,J.M., Dinwoodie,J.M., Smith,A.A., Concrete, Timber, Metals, London, Van Nostrand Reinhold Co., 1979, pp.271-286.
- (23) Jones,R. "A Review of the Non-Destructive of Concrete", Symposium on Non-Destructive of Concrete and Timber, London, 1970, pp.1-7.
- (24) Jones,R. Non-Destructive Testing of Concrete, Cambridge Engineering Series, 1962, Cambridge, pp.40-69.
- (25) Keyser,C., Materials Science in Engineering, A Bell and Howell Co., Ohio, 1974, pp.30-37.
- (26) Kocataşkın,F., Yapı Mhendislerine Malzeme Bilimi, İ.T.. Matbaası, İstanbul, 1976, s.93-94.
- (27) Kocataşkın,F., Yapı Malzemesi Dersleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1975, s.20-25.
- (28) Kottas,H., "Das Resonanzverfahren zur Messing Mechanischer Schwingungen und Materialeigens Chaften", Braunschweig, 72, No.7, 1964, pp.199-204.

- (29) Murdock,L.J., Brook,K.M., Concrete Materials and Practice, McGraw-Hill Co., London, 1980, pp.377-424.
- (30) Neville,A.M., Properties of Concrete, Pitman Publishing Ltd., London, 1978, pp.460-518.
- (31) Papadakis,E., "Absolute Measurements of Ultrasonic Alternation Using Damped NDT Transducers", Journal of Testing and Evaluation, Sayı 12, No.5, 1984, pp.273-279.
- (32) Postacıoğlu,B., Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri, Cilt I, İstanbul, İ.T.Ü. Matbaası, 1981, pp.
- (33) Postacıoğlu,B., Yapı Malzemesi Dersleri, İstanbul, İ.T.Ü. Matbaası, 1975, pp.52-63.
- (34) Rossi,B.E., Experimental Mechanics, New York, Pergamon Press, 1968, pp.18-23.
- (35) Rufener,E., Deney Sonuçlarının Denklem Haline Konması, Çev.: C.Karadeniz, İstanbul, Şirketi Mürettebiye Basım-evi, 1968, pp.10-18.
- (36) Şenel,M., Nümerik Analiz, Eskişehir, A.Ü. Yayınları, 1983, s.80-100.
- (37) Truel,R., Elbaum,C., Chick,B., Ultrasonic Methods in Solid State Physics, New York, Academic Press, 1969, pp. 53-88.
- (38) Uygur,E.M., Malzemelerin Dinamik (Tahribatsız) Muayenesi, Ankara, Ay-yıldız Matbaası, 1976, pp.7-32.
- (39) Weissbach,W., Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Çev.: Selahattin Anık, İstanbul, İ.T.Ü. Matbaası, 1978, pp.275 - 285.

- (40) Whitehurst, E.A., Evaluation of Concrete Properties from Sonic Tests, ACI, No: 2, Iowa State University Press, 1967, pp.23-38.

E K L E R

EK 1: DENEY SONUÇLARI

EK 1: DENEY SONUÇLARI (7 Günlük Numuneler)

Ultrasese Geçiş Hızı km/sn	Basınç Dayanımı kg/cm ²	Ağırlık kg
2.888	85	17.450
2.980	94	17.650
2.987	97	17.950
3.150	128	17.800
3.205	148	18.100
3.214	151	17.950
3.225	154	17.900
3.250	145	18.100
3.255	135	18.000
3.258	162	18.120
3.267	176	18.150
3.277	167	18.150
3.280	150	18.200
3.300	168	18.700
3.303	180	18.200
3.310	158	18.350
3.325	160	18.300
3.333	189	18.750
3.370	168	18.400
3.386	200	19.250
3.390	175	18.410
3.400	178	18.500
3.410	180	18.650
3.420	220	18.500
3.425	188	19.150
3.450	187	18.700
3.470	210	18.750
3.510	220	18.350
3.525	235	18.300
3.540	255	18.350
3.550	265	18.850
3.560	225	18.700
3.570	250	19.200
3.575	272	18.550
3.600	267	18.550
3.632	298	19.100
3.650	305	18.650
3.660	255	18.850
3.670	305	18.900
3.680	315	18.750
3.685	320	18.700
3.700	325	18.550
3.703	327	19.100
3.715	270	19.300
3.720	285	18.900
3.735	342	18.670
3.740	295	19.150
3.750	300	19.200
3.750	305	19.000
3.760	350	18.700
3.777	368	18.350
3.785	295	18.950
3.790	370	19.150
3.812	387	19.400
3.825	395	18.900
3.860	400	19.700
3.785	295	18.950
4.000	395	19.700
3.320	140	18.100

EK 1: DENEY SONUÇLARI (28 Günlük Numuneler)

Ultrases Geçiş Hızı km/sn	Basınç Dayanımı kg/cm ²	Ağırlık kg
3.100	125	17.100
3.225	135	17.150
3.250	140	17.150
3.278	145	17.250
3.290	150	17.300
3.325	175	18.500
3.333	158	18.760
3.333	220	19.030
3.305	275	18.500
3.310	174	18.000
3.350	190	17.950
3.370	197	17.980
3.389	175	17.400
3.361	313	18.800
3.400	245	18.000
3.448	178	17.450
3.450	255	17.900
3.418	303	18.620
3.460	323	18.650
3.500	255	18.150
3.550	267	18.225
3.565	280	18.350
3.571	283	18.350
3.620	295	18.500
3.636	318	19.300
3.636	300	19.350
3.636	320	19.300
3.669	325	19.450
3.650	318	19.350
3.690	325	18.950
3.700	295	18.550
3.703	330	18.900
3.705	298	18.950
3.707	337	18.970
3.710	295	18.950
3.715	281	18.750
3.715	333	18.650
3.715	345	19.000
3.720	337	18.900
3.738	340	18.950
3.710	345	18.970
3.723	362	19.200
3.738	365	19.000
3.750	370	19.250
3.773	348	19.100
3.760	350	19.100
3.780	355	19.100
3.783	367	19.250
3.778	320	18.600
3.800	358	19.200
3.810	385	19.250
3.820	380	19.150
3.850	383	19.500
3.850	340	18.900
3.856	355	18.950
3.870	368	19.950
3.900	400	19.750
3.930	425	19.950
3.950	385	19.000
3.980	415	18.270

EK 2: DENEY SONUÇLARININ İSTATİSTİKİ ANALİZİ VE BİLGİSAYAR
ÇIKTILARI

```
10 OPEN "PR:" AS FILE 1
20 REM =====
30 REM DOGRUSAL COKLU REGRASYON ANALIZI
40 REM PROGRAM ANADOLU UNIVERSITESI
50 REM MUHENDISLIK VE MIMARLIK
60 REM FAKULTESI BILGI ISLEM MERKEZINDE
70 REM HAZIRLANMISTIR.
80 REM HAZIRLAYAN: DOG. OMER RIZA AKGLN
90 REM =====
100 : 'VERI MATRISININ BOYUTLARI'
110 :
120 INPUT 'SATIR SAYISI .....:'N
130 INPUT 'SUTUN SAYISI .....:'M
140 :
150 : 'REGRASYON DENKLENINDE '
160 : 'INTERSEPT DISINDAKI TERIM '
170 INPUT 'SAYISI.....:'K
180 DIM K1(1,K),P(1,K),Y(N,1),X(N,K)
190 DIM A(N,M),A0(K,K),X0(1,K),D0(K,K)
200 DIM Z(K+1,2)
210 GOTO 470
220 REM =====
230 REM == VERILERIN OKUTTURULMASI ==
240 REM =====
250 :
260 : " REGRASYON EGRISI"
270 : "BIR POLINOM EGRISI ISE 3,14"
280 : "BIR HIPERBOLIK EGRİ ISE 5,16"
290 : "BIR EXPONENSİYEL EGRİ ISE 7,19"
300 : "BIR GEOMETRİK EGRİ ISE 7,23"
310 : " YAZINIZ"
320 INPUT A1,A2
330 ! INPUT 'DENKLEM:'A$
340 A$="Y(1)=A0+A1*X(2)^1"
350 Z(1,1)=VAL(MID$(A$,A1,1))
360 FOR I=A2 TO A2+10*(K-1) STEP 10
370 Z((I-A2)/10+2,1)=VAL(MID$(A$,I,1))
380 Z((I-A2)/10+2,2)=VAL(MID$(A$,I+3,1))
390 NEXT I
400 : #1 " *** VERILERIN LISTESI ***"
410 : #1
420 : #1 " "
430 FOR I=1 TO M
440 : #1 USING " X(##) " I;
450 NEXT I
460 : #1
470 FOR I=1 TO N
480 : #1 " "
490 FOR J=1 TO M
500 READ A(I,J)
510 : #1 USING " #####.### " A(I,J);
520 NEXT J
530 : #1
540 NEXT I
550 GOTO 610
560 : #1 : : #1 : : #1
570 PRINT #1 " " "SECILEN MODEL"
580 : #1
590 PRINT #1 " " "A$"
```

```
600 : #1
610 REM =====
620 REM === TESKILI VE DRT. BULUNUSU ===
630 REM =====
640 FOR I=1 TO N
650   FOR J=1 TO K
660     X(I,J)=LOG10(A(I,1))
670   NEXT J
680   Y(I,1)=LOG10(A(I,2))
690   FOR J=1 TO K
700     P(I,J)=P(I,J)+X(I,J)/N
710   NEXT J
720   Y=Y+Y(I,1)/N
730 NEXT I
740 REM =====
750 REM === X-X0 VE Y-Y0 MATRISLERI ===
760 REM === NIN HESAPLATTIRILMASI ===
770 REM =====
780 FOR I=1 TO N
790   FOR J=1 TO K
800     X(I,J)=X(I,J)-P(I,J)
810   NEXT J
820   Y(I,1)=Y(I,1)-Y
830 NEXT I
840 REM =====
850 REM === Xt*X VE Yt*Y MATRISLERI ===
860 REM === NIN HESAPLATTIRILMASI ===
870 REM =====
880 FOR I=1 TO K
890   FOR J=1 TO K
900     FOR L=1 TO N
910       A9(I,J)=A9(I,J)+X(L,J)*X(L,I)
920     NEXT L
930   NEXT J
940   FOR L=1 TO N
950     X9(I,I)=X9(I,I)+X(L,I)*Y(L,1)
960   NEXT L
970 NEXT I
980 REM =====
990 REM === Xt*X MATRISININ INVERSI ===
1000 REM === NIN VE REG. K. S. BULUN ===
1010 REM === MASI:A9 VE X9 MATRISLERI===
1020 REM =====
1030 FOR I=1 TO K
1040   B9(I,I)=1
1050 NEXT I
1060 FOR J=1 TO K
1070   T=A9(J,J)
1080   FOR L=1 TO K
1090     A9(J,L)=A9(J,L)/T
1100     B9(J,L)=B9(J,L)/T
1110   NEXT L
1120   X9(I,J)=X9(I,J)/T
1130   FOR I=1 TO K
1140     P=A9(I,J)
1150     IF I=J THEN 1210
1160     FOR L=1 TO K
1170       A9(I,L)=A9(I,L)-P*B9(J,L)
1180       B9(I,L)=B9(I,L)-P*B9(J,L)
```

```
1190 NEXT L
1200 X9(1,1)=X9(1,1)-P*X9(1,J)
1210 NEXT I
1220 NEXT J
1230 FOR I=1 TO K
1240   FOR J=1 TO K
1250     A9(I,J)=B9(I,J)
1260     : #1 "A9=" A9
1270   NEXT J
1280 NEXT I
1290 REM =====
1300 REM == INTERSEPTIN BULUNMASI-A9==
1310 REM =====
1320 A0=Y
1330 FOR I=1 TO K
1340   A0=A0-X9(1,I)*P(1,I)
1350 NEXT I
1360 A0=A0
1370 REM =====
1380 REM == Yt*Y NIN BULUNMASI -Y2==
1390 REM =====
1400 FOR I=1 TO N
1410   E=A0
1420   FOR J=1 TO K
1430     E=E+X9(1,J)*(X(1,J)+P(1,J))
1440   NEXT J
1450   E0=(Y(1,1)+Y-E)
1460   E1=E1+E0^2
1470   IF E3=0 THEN 1490
1480   E2=E2+(E0-E3)^2
1490   E3=E0
1500   Y2=Y2+Y(1,1)*Y(1,1)
1510 NEXT I
1520 D9=E2/E1
1530 REM =====
1540 REM == A*Xt*X IN BULUNMASI -A2==
1550 REM =====
1560 A2=0
1570 FOR I=1 TO K
1580   FOR J=1 TO N
1590     Y3=Y3+X(J,I)*Y(J,1)
1600   NEXT J
1610   A2=A2+X9(1,I)*Y3
1620   Y3=0
1630 NEXT I
1640 GOTO 1650
1650 S=(Y2-A2)/(N-K)
1660 FOR I=1 TO K
1670   W(1,I)=SQR(S*A9(I,I))
1680 NEXT I
1690 R=A2/Y2
1700 E3=SQR(R)*SQR((N-2)/(1-R))
1710 E4=(R/K)/((1-R)/(N-K-1))
1720 ! GSUB 2700
1730 I=1
1740 T(1,I)=E3
1750 GOSUB 2440
1760 E5=Z
1770 FOR I=1 TO K
```

```
1780 T(I,I)=(X9(I,I)/W(I,I))
1790 GOSUB 2440
1800 K1(I,I)=Z
1810 NEXT I
1820 PRINT #1 '          REGRESYON ' :
1830 PRINT #1 'STANDART      T          ANLAM '
1840 PRINT #1 '          KATSAYISI ' :
1850 PRINT #1 'SAPMASI      SAYISI      % SI'
1850 PRINT #1 '          ----- ' :
1870 PRINT #1 '-----'
1880 PRINT #1 USING '          A 0 +###.### ' A2
1890 FOR I=1 TO K
1900 PRINT #1 USING '          A## +###.### ' I.X9(I,I):
1910 PRINT #1 USING '###.### ##.### ' W(I,I),T(I,I):
1920 PRINT #1 USING '#.###' K1(I,I)
1930 NEXT I
1940 : #1 : : #1 : : #1
1950 PRINT #1 '          DEGISIK ANLAM LIMITLERINE GORE HIPOTEZ TESTLERI'
1960 : #1 : : #1 : : #1
1970 Y6=0
1980 PRINT #1 "          % 50      % 90      " :
1990 PRINT #1 " % 95      % 99      % 99.9      "
2000 PRINT #1 "          -----      " :
2010 PRINT #1 "          -----      "
2020 FOR I=1 TO K
2030 T=K1(I,I)
2040 Q1$="Kabul" : Q2$="Kabul" : Q3$="Kabul" : Q4$="Kabul" : Q5$="Kabul"
2050 IF ABS(T)(<.5 THEN LET Q1$="Red"
2060 IF ABS(T)(<.9 THEN LET Q2$="Red"
2070 IF ABS(T)(<.95 THEN LET Q3$="Red"
2080 IF ABS(T)(<.99 THEN LET Q4$="Red"
2090 IF ABS(T)(<.999 THEN LET Q5$="Red"
2100 PRINT #1 TAB(11) " A" TAB(14) I TAB(17) "()" TAB(22) Q1$:
2110 PRINT #1 TAB(32) Q2$ TAB(42) Q3$ TAB(52) Q4$ TAB(62) Q5$
2120 NEXT I
2130 : #1 : : #1 : : #1
2140 PRINT #1 "          Beta Sayilari          "
2150 PRINT #1 "          "
2160 FOR I=1 TO K
2170 FOR J=1 TO N
2180 Y6=Y6+X(I,J)^2
2190 NEXT J
2200 E6=X9(I,I)*SQR(Y6/Y2)
2210 PRINT #1 TAB(11) " A" TAB(14) I TAB(27) E6
2220 Y6=0
2230 NEXT I
2240 : #1 : : #1 : : #1
2250 B$="          "
2260 PRINT #1 B$:" SAPMA KARELERI TOPLAMI.....":Y2
2270 PRINT #1 B$:" HATA KARELERI TOPLAMI.....":A2
2280 : #1
2290 PRINT #1 B$:" BAGIMLI DEGISKENIN STANDART SAPMASI.....":SQR(Y2/N)
2300 PRINT #1 B$:" BAGIMLI DEGISKENIN STANDART HATASI.....":SQR(A2/N)
2310 : #1
2320 PRINT #1 B$:" DETERMINASYON KAT SAYISI.....":R
2330 PRINT #1 B$:" KORELASYON KAT SAYIISI.....":SQR(R)
2340 : #1
2350 PRINT #1 B$:" KORELASYON KAT SAYISI ICIN T SAYISI.....":E3
2360 PRINT #1 B$:" KORELASYON KATSAYISI ICIN ANLAM % SI.....":E5
```

```
2370 : #1
2380 PRINT #1 B$:" FISHER TESTI ICIN F SAYIISI.....":E4
2390 PRINT #1 B$:" F SAYISI ICIN ANLAM % SI.....":S3
2400 : #1
2410 PRINT #1 B$:" DURBIN WATSON TESTI ICIN d* SAYISI.....":D9
2420 GOTO 2710
2430 REM =====
2440 REM === T -ISTATISTIGI ALT PROG. ===
2450 REM =====
2460 X=T(1,1)
2470 V=N-K-1
2480 G=1 : F=1 : A=1
2490 E=0 : D=0
2500 X=ATN(X/SQR(V))
2510 C=COS(X)*COS(X)
2520 IF V-INT(V/2)*2=0 THEN 2600
2530 B=2*X/PI
2540 IF V=0 THEN 2670
2550 G=V-1 : D=3
2560 E=E+2
2570 IF E=0 THEN 2690
2580 F=F+E/D*C : A=A*F : D=D+2
2590 GOTO 2560
2600 G=V : D=1
2610 E=E+2
2620 IF E=0 THEN 2650
2630 F=F*D/E*C : A=A*F : D=D+2
2640 GOTO 2610
2650 I=SIN(X)*A
2660 GOTO 2700
2670 I=B
2680 GOTO 2700
2690 I=2/PI*COS(X)*SIN(X)*A+B
2700 RETURN
2710 END
2720 REM =====
2730 REM === F -ISTATISTIGI ALT PROG. ===
2740 REM =====
2750 D1=100
2760 V2=N-K-1
2770 V1=K
2780 X=E4
2790 S=1
2800 N0=(V1+V2)/2
2810 N1=INT(N0)
2820 GOSUB 2980
2830 A=S
2840 S=1
2850 N0=V1/2
2860 N1=INT(N0)
2870 GOSUB 2980
2880 B=S
2890 S=1
2900 N0=V2/2
2910 N1=INT(N0)
2920 GOSUB 2980
2930 C=S
2940 D=(V1/V2)^(V1/2)
2950 GOTO 2960
```

```
2960 SOSUB 3040
2970 RETURN
2980 FOR I0=1 TO N1-1
2990 S=S*(N0-I0)
3000 NEXT I0
3010 IF N0<N1 THEN LET S=.5*S*SQR(PI)
3020 IF N1=0 THEN LET S=SQR(PI)
3030 RETURN
3040 DEF FNF2(X)=(A*D*X^(V1/2-1))/(B*C*(1+V1*X/V2)^(V1+V2/2))
3050 X0=X
3060 D2=50
3070 IF V2=1 THEN LET D2=350
3080 IF V2=2 THEN LET D2=100
3090 I=FNF2(X0)-FNF2(D2*X0)
3100 D=01
3110 D0=(D2-1)*X0/(2*D)
3120 X0=X0+D0
3130 I=I+4*FNF2(X0)
3140 X0=X0+D0
3150 I=I+2*FNF2(X0)
3160 D=D-1
3170 IF D<0 THEN 3120
3180 S3=D0*I/3
3190 RETURN
3200 DATA 2.868,85,2.98,94,2.987,97,3.15,128,3.205,148,3.214,151,3.225,154,3.25,145,3.255,135,3.258,162,3.267,175,3.277,1,
,3.3,168,3.303,180,3.31,158
3210 DATA 3.325,160,3.33,189,3.37,168,3.386,200,3.39,175,3.4,178,3.41,190,3.42,220,3.425,188,3.45,187,3.47,210,3.51,220,3
54,255,3.55,265,3.56,225
3220 DATA 3.57,250,3.575,272,3.6,267,3.632,293,3.65,305,3.66,255,3.67,305,3.68,315,3.685,320,3.7,325,3.7,316,3.703,327,3.
2,285,3.735,342,3.74,295
3230 DATA 3.75,300,3.75,305,3.76,350,3.777,368,3.785,295,3.79,370,3.812,387,3.825,395,3.86,400,3.785,295,4.0,395,3.22,140
```


7 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI

- 50 -

2.888	85.000
2.988	94.000
2.987	97.000
3.150	128.000
3.205	149.000
3.214	151.000
3.225	154.000
3.250	145.000
3.255	135.000
3.258	162.000
3.267	176.000
3.277	167.000
3.280	150.000
3.300	168.000
3.303	180.000
3.310	158.000
3.325	160.000
3.330	189.000
3.370	168.000
3.386	200.000
3.390	175.000
3.400	178.000
3.410	180.000
3.420	220.000
3.425	188.000
3.450	187.000
3.470	210.000
3.510	220.000
3.525	235.000
3.540	255.000
3.550	265.000
3.560	225.000
3.570	250.000
3.575	272.000
3.600	267.000
3.632	298.000
3.650	305.000
3.660	255.000
3.670	305.000
3.680	315.000
3.685	320.000
3.700	325.000
3.700	316.000
3.703	327.000
3.715	270.000
3.720	285.000
3.735	342.000
3.740	295.000
3.750	300.000
3.750	305.000
3.760	350.000
3.777	368.000
3.785	295.000
3.790	370.000
3.812	387.000
3.825	395.000
3.850	400.000
3.785	295.000
4.000	395.000
3.220	140.000

 $\sigma \rightarrow t$

	REGRESYON KATSAYISI	STANDART SAPMASI	T SAYISI	ANLAM % SI
A 0	-0.5141			
A 1	+5.2630	0.1433	36.7622	1.00000

DEGISIK ANLAM LIMITLERINE GORE HIPOTEZ TESTLERI

	% 50	% 90	% 95	% 99	% 99.9
A 1 (>0)	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Beta Sayilari

A 1	.978861
-----	---------

SAPMA KARELERI TOPLAMI.....: 1.53809
HATA KARELERI TOPLAMI.....: 1.56957

BAGIMLI DEGISKENIN STANDART SAPMASI.....: .165232
BAGIMLI DEGISKENIN STANDART HATASI.....: .161739

DETERMINASYON KAT SAYISI.....: .95817
KORELASYON KAT SAYISI.....: .978861

KORELASYON KAT SAYISI ICIN T SAYISI.....: 36.4493
KORELASYON KATSAYISI ICIN ANLAM % SI.....: 1

FISHER TESTI ICIN F SAYISI.....: 1328.55
F SAYISI ICIN ANLAM % SI.....: 0

DURBIN WATSON TESTI ICIN d* SAYISI.....: 1.84905

28 GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI - 52 -

3.100	125.000
3.225	135.000
3.250	140.000
3.278	145.000
3.290	150.000
3.325	175.000
3.330	158.000
3.333	220.000
3.305	275.000
3.310	174.000
3.350	190.000
3.370	197.000
3.389	175.000
3.361	313.000
3.400	245.000
3.448	178.000
3.450	255.000
3.418	303.000
3.460	323.000
3.500	255.000
3.550	267.000
3.565	280.000
3.571	283.000
3.620	295.000
3.635	318.000
3.636	300.000
3.636	320.000
3.669	325.000
3.650	318.000
3.690	325.000
3.700	295.000
3.703	330.000
3.705	298.000
3.707	337.000
3.710	295.000
3.715	281.000
3.715	333.000
3.715	345.000
3.720	337.000
3.738	340.000
3.710	345.000
3.723	362.000
3.738	365.000
3.750	370.000
3.773	348.000
3.760	350.000
3.780	355.000
3.783	367.000
3.778	320.000
3.800	358.000
3.810	385.000
3.820	380.000
3.850	383.000
3.850	340.000
3.856	355.000
3.870	368.000
3.900	400.000
3.930	425.000
3.950	385.000
3.980	415.000

	KATSAYISI	REGRESYON SAPMASI	STANDART SAYISI	T % SI	ANLAM
A 0	-0.2112				
A 1	+4.7814	0.2966	15.1194	1.00000	

DEGISIK ANLAM LIMITLERINE GORE HIPOTEZ TESTLERI

	% 50	% 90	% 95	% 99	% 99.9
A 1 (1)0	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Beta Sayilari

A 1 .902747

SAPMA KARELERI TOPLAMI.....: 1.12977
HATA KARELERI TOPLAMI.....: .920709

BAGIMSIZ DEGISKENIN STANDAT SAPMASI.....: .137221
BAGIMSIZ DEGISKENIN STANDART HATASI.....: .123876

DETERMINASYON KAT SAYISI.....: .814952
KORELASYON KAT SAYIISI.....: .902747

KORELASYON KAT SAYISI ICIN T SAYISI.....: 15.9822
KORELASYON KATSAYISI ICIN ANLAM % SI.....: 0

FISHER TESTI ICIN F SAYIISI.....: 255.432
F SAYISI ICIN ANLAM % SI.....: 0

DURBIN WATSON TESTI ICIN d* SAYISI.....: 1.37899