

MERMER BLOKLARINDA MEVCUT ÇATLAK VE KIRIKLARIN PUNDİT CİHAZI İLE TESPİTİ

DETERMINATION OF DISCONTINUITIES IN MARBLE BLOCKS BY PUNDIT

A. H. ONUR

Çukurova Üniversitesi, Maden Muh. Böl., Balcalı, Adana

S. BAKRAÇ

MTA Adana Bölge Müdürlüğü, Maden Müh., Adana

ÖZET • Bir katı malzemede ultrasonik ses yayılma hızı, içinde sesin yayıldığı malzemenin yoğunluğu ve elastik özelliklerine bağlı olarak değişir. Bazı malzemelerin kalitesi elastik özelliklerine bağlı olduğu için bu tip malzemelerde ses yayılma hızı kaliteyi belirlemek için kullanılır. Bazı mermer blokları içlerinde büyük boşluk ve süreksizlikler bulundurabilir. Yapısal bozukluklar mermer fabrikalarında kesim işlemi sırasında belirlenebilirler. Bu tip bozuklukların daha önceden belirlenebilmesi büyük önem kazanır. Bu çalışmada PUNDİT olarak adlandırılan bir cihaz yardımı ile blok içerisindeki süreksizliklerin gerçek yerlerinin saptanması amaçlanmıştır. Ultrasonik ses hızları homojen mermer bloğu ile homojen olmayan bloklarda farklılık gösterir. Bu farklılıklar kullanılarak matematiksel modeller geliştirilmiş, bu modeller önce laboratuvarında, daha sonra da Adana çevresindeki bazı mermer fabrikalarında uygulanarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

ABSTRACT The velocity of ultrasonic pulses travelling in a solid material depends on the density and elastic properties of that material. The quality of some materials is sometime related to their elastic stiffness so that measurement of ultrasonic pulse velocity in such materials can often be used to indicate their quality as well as to determine their elastic properties. There are some marble blocks containing big caves or very heavy discontinuities in. This type of failures can only be identified during the sawing process at marble factories. To define any disturbances within the block in marble quarry becomes very important. In this study some mathematical equations have been developed to define the exact location of the discontinuities in the block by using PUNDIT, The travelling time of ultrasonic pulses to a certain distance differ from homogenous intact marble block to the blocks disturbed by any discontinuity surface. By using this time delay, a mathematical relationship is developed to transfer this abnormalities into the location of discontinuity first in the laboratory on the concrete blocks with a simulated discontinuity in them. Then these models were applied to some marble blocks taken from the factories around Adana.

1 GİRİŞ

Kayaçlarda ve özellikle mermer madenciliğinde yüzeyden görülen süreksizliklerin devamlılığının sınırlı boyutları ve konumlarının öğrenilebilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Çoğu zaman çatlak ve kırıklardaki yoğunluk mermer yatağının kalitesini olumsuz yönde etkiler. Günümüzde çatlak ve kırık sistemlerinin tespitini sağlayan herhangi bir direkt yöntem mevcut değildir. Bunun için en güvenilir yöntem sondaj yardımıyla elde edilen bilgilerdir. Ancak bu oldukça pahalı, zaman alıcı ve mermer tahrip ederek kalitesini düşüren bir yöntemdir. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak ve mermer içerisindeki süreksizliklerin daha kolay bulunmasını sağlamak için, kayaç içerisindeki ses yayılma hızı farklılıklarının ölçülmesi prensibi bu çalışmanın amacını teşkil eder. Ses, homojen kayaçlarda belirli bir hızda hareket ederken kayaçlarda süreksizlik

olması durumunda yayılma hızında bir yavaşlama olur. Bu sayede çatlak yoğunluğu ve sıklığı hakkında genel bir bilgi edinilebilir. Üretim esnasında bu durum go/ oline alınarak işletme yonu tespit edilebilir (Davis, 1972).

Özellikle çok tckionizma geçirmiş katneli (renk ve desen bakımından) mermerlerde blok veriminin, işletmeye başlamadan önce süreksizliklerin yerlerinin saptanması ile hesaplanabilin esi mümkün olmaktadır. Bunun yanında özellikle parlatılabilir kırçtaşlarının, (özellikle daha az metamorfizma geçirmiş mcimerler) yapılarında bulunan büyük karstik boşlukların ocakla saptanması oldukça önem kazanmaktadır. Zira, içerisinde bu tip hatalar içeren mermer bloklar ocaktan fabrikaya nakledilir ve burada kesme esnasında bu hatalar bulunabilir. Bu ise hem bıçak aşınmaları bakımından ekonomik kayıplara, hem de /aman kayıplarına yol açar. Bu tip blokların daha

DU hatalar göz önüne alınarak blokların meydana getirilmesi ile bir ekonomi sağlanabilir.

2. PUNDİT CİHAZININ TANITIMI

Cihaz ismini "Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester" (Taşınabilir Ultrasonik Hasarsız Dijital Göstergeli Test) kelimelerinin ilk harflerinden alır. Çalıştırılması basit, doğruluk derecesi yüksek, dengeli ve tamamiyle portatif olarak dizayn edilmiştir. Düşük frekansta ultrasonik darbeler meydana getirerek bunların alıcı ve verici arasında kalan malzemeden geçiş zamanını ölçer. Şarj edilerek, arazide 8 saate yakın, enerji kaynağına gereksinim duymadan çalıştırılabilir (Elvery, 1971; Jones, 1949),

Bu ekipman özellikle beton ve çelik gibi malzemelerin içlerindeki hata ve anızaların bulunması için dizayn edilmiştir. Ekipmanın parçaları ses titreşimi sağlayan bir verici prob, bu verici probun yaymış olduğu ses dalgalarını toplayan bir alıcı prob ve vericiden alıcıya kadar geçen süreyi ölçüp (us) dijital olarak gösteren bir ana gövdedir

Bir katı madde içerisindeki ultrasonik darbe hareketinin hızı o malzemenin elastik özelliklerine ve yoğunluğuna bağlıdır. Bazı malzemelerin kalitesi elastik sertliğe bağlı olarak değişir. Bu yüzden ultrasonik darbe hızı ölçüm cihazı elastik özelliklerin tespiti kadar o malzemenin kalitesini göstermek için de sıkça kullanılmaktadır. Özellikle metal dışındaki beton ve ahşap malzemelerin kalitesi bu şekilde ölçülebilir. Ultrasonik test, metallere uygulandığında bu nesnelere içsel çatlaklar ışınal yönde gen yansıma ve bunların alıcı prob tarafından toplanması ile tespit olanağı sağlar. Yüzeyle çatlaklara darbe hareketi için cihaz birçok kez konumlandırılıp çatlak pozisyonu mümkün olduğunca tahmin edilebilir. Bir elastik katıdaki ultrasonik titreşimlerin hareketinin hızı (1) nolu formüldeki gibi gösterilir

$$V = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{P(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (1)$$

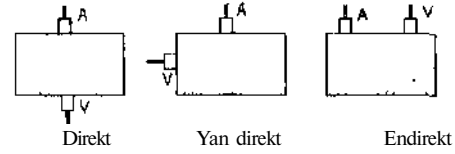
V=Ses yayılma hızı
E=Dinamik elastik modül
P=Yoğunluk
 ν Poisson oranı

Bu yöntemle malzemelerin elastisite modülü (E) ve poisson oranı (ν) saptanması da mümkün olmaktadır (Leslie, 1949),

(2) nolu formüldeki hızın tespit edilebilmesi için, malzeme içinde hareket eden darbelerin katettiği yolun uzunluğunun da ölçülmüş olması gereklidir.

$$\text{Darbe hızı} = \frac{\text{Yol uzunluğu}}{\text{Geçiş Zamanı}} \quad (2)$$

Alıcı ve vericiler malzemenin yüzeyinde uygun yerlere konumlandığında cihaz, darbenin vericiden çıktığı zamanla alıcıdan ilk olarak algılandığı (en erken gelen darbe) zaman dilimini ölçerek dijital olarak ekranda gösterir. Ölçüm direkt, yandirekt ve endirekt olmak üzere, test edilen örnek yüzeyi üzerinde şekil 1 'de görüldüğü gibi düzenlenebilir



Şekil 1) Ultrasonik darbe ölçüm yöntemleri

Direkt iletim düzeni diğer ölçme yöntemlerine nazaran daha güvenlidir. Çünkü boyuna dalgalar alıcı yüzeyine dik olarak yayılarak ulaşırlar. Endirekt ölçüm tekniği kullanıldığında, aynı yol uzunluğunda direkt yöntemle ölçüme göre tespit edilen darbe tesiri %1-2 oranında azalma gösterir (Leslie, 1976)

Darbeler malzeme içinde yer alan büyük hava boşlukları boyunca iletilmezler. Bu boşluk darbenin geçiş yönü ve yolu üzerinde bulunuyorsa, cihazın göstermiş olduğu zaman miktarı boşluğun en kısa yolu izlemesine engel olmuş haliyle darbenin ulaştığı zamandır. Böylece büyük hava boşluğunun varlığının tespiti de mümkün olur. Ölçme işleminin güvenilirliğine ayrılarak yapılması ile bu boşlukların pozisyonu ve konumlandığı bölgeyi belirlenebilir (Jones, 1962, King, 1978)

Yapılan bu çalışmada amaç, öncelikle laboratuvar koşullarında ölçümler yapılarak süreksizlik düzlemlerinin uç boyutlu olmak yerlerinin tespit edilmesidir. Böylece bu durumda direk ölçümleri alınarak işlem sürdürülebilir. İnce bloklarda ölçüm

yapılabilecek serbest yüzey sayısı buna olarak sağlayacaktır. Ancak, arazide yapılacak Ölçümlerde direk ölçüm yöntemim kullanmak bazen olanaksızdır, özellikle basamak şeklinde uygulanan Üretim yöntemlerinde bazen üç, çoğunlukla da iki serbest yüzey söz konusudur. Bir tek serbest yüzeyin bulunduğu durumlar da mevcuttur. Bu yüzden arazi koşullarında yan-direkt ve endirek ölçüm yöntemi sıkça kullanılacağı için çalışmalar da bunun üzerine yoğunlaştırılmıştır.

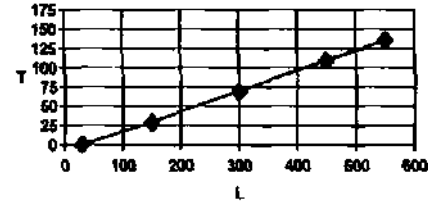
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3 1. Test Edilen Malzemenin Standart Ses Hızının Tayini

Geçiş hızı ölçümleri üe malzeme içerisindeki süreksizliklerin tespiti için homojen yapı içerisindeki ses hızının öncelikle tespit edilmesi gerekir Bu standart değer, ileride içensinde mevcut bir süreksizliğin bulunması durumuyla karşılaştırılmak için kullanılacaktır. Bunun için eğer mümkünse direkt ölçüm yöntemi • kullanılmalıdır İncelenecek malzemeden alınacak değişik kalınlıklarda levhalar veya pundit iletici problann çapından daha geniş ve değişik boylarda karotlar ile ölçümler yapılır. Eğer incelenecek malzemeden bu numuneler alınmak istenmiyorsa, üç boyutu farklı olan dikdörtgen blok halinde, homojenliği kesin olan bölgelerden üç farklı ses hızı direkt yöntemle okunabilir Diğer bir yöntem ise endirek (yüzey ölçüm) yöntemi ile yine homojen bölgelerin yüzey kısmından çeşitli mesafelerde ölçüm alınmasıdır. Bu yolla alınan geçiş zamanları değerler düzeltme faktörü yardımıyla direk yolla ölçülmüş gibi kullanılabilir.

Çalışmalar sırasında kullanılan beton ve mermerlere ait standart katsayılar her iki yöntemle de saptanmıştır Bu saptamalar aşağıda belirtildiği gibi yapılmaktadır Şekil 2'de görüldüğü gibi malzemedeki çeşilli uzunluklarda karşılıklı kenarları arasında geçiş zamanı ve yol uzunlukları ölçülür T (is biriminde, L cm biriminde ölçülüp aralarındaki doğrusal eşitlik

$$T = bL + a \quad (3)$$



Şekil 2. Standart ses hızı katsayılarının bulunması

şeklinde çıkarılır. Buradaki b ve a katsayıları o malzemeye ait standart ses hızı katsayıları olmaktadır ki bu katsayılar süreksizlik tespiti için ileride kullanılacaktır, Standart ses hızı katsayılarını hesaplamak için doğrusal modellemedeki T, bağımsız değişken olan L 'nin bir fonksiyonu olarak alınmıştır (3) nolu eşitlikte a kayma b ise eğimdir.

3 2 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvarda bir model oluşturabilmek için içerisinde konumu ve özellikleri bilinen bir süreksizlik simüle edilmiş beton blok hazırlanmıştır Bu betonda malzeme olarak 22 kg çimento, 33 kg kum, 10 lt su kullanılmıştır Beton blok 10 gün kadar su içerisinde küre için bekletilmiş ve ölçümler esnasında mekanik özelliklerinin değişmemesi sağlanmıştır Beton blok içinde oluşturmak istediğimiz süreksizlik için kontraplak + köpük + kontraplak levhalar yapıştırılıp 2.5 cm kalınlığında yem bir levha haline getirilerek Şekil 3'de görüldüğü gibi beton blok içerisine yerleştirilmiştir

Laboratuvarda kullanılan beton bloğunun ses hızı katsayıları tespiti için alınan ölçüm değerleri Tablo 1 de verilmektedir

Tablo 1 Standart Ses Hızı Değerleri

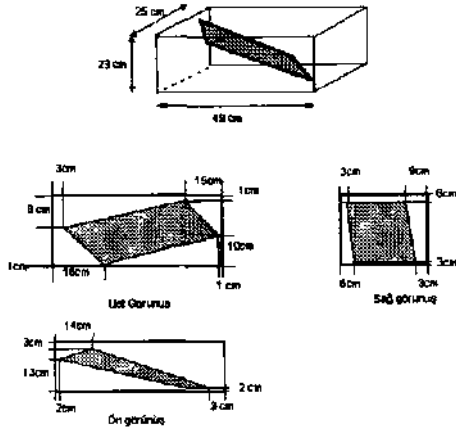
T	L
120 µs	49 cm
55 µs	23 cm
59 µs	25 cm

Tablo 1 deki değerler kullanılarak standart a ve b katsayıları hesaplanmak (4) nolu eşitlik ile verilmiştir

$$b = 2.52$$

$$a = -3.39$$

$$T = 2.52 L - 3.39$$

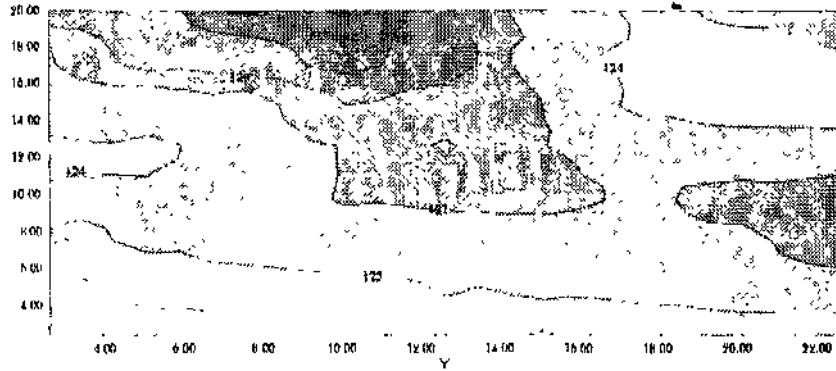


Şekil 3 Hazırlanan beton blok ve süreksizlik boyutları

Yukarıda bulunan L'ye bağlı T doğrusal denklemi betonun ses hızı katsayıları olarak bundan sonraki bu beton ile ilgili bütün ölçümlerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır

Direk ölçüm yöntemi ile süreksizliğin tespitinin yapılabilmesi için beton blok üzerine karelej ağı çizilmiştir. 2.5 x 2.5 cm ölçüsündeki karelej noktaları karşılıklı yüzeylerde eşit sayıda ve birbirini karşılar durumdadır. Her karşılıklı nokta üzerine gres yağı sürülüp verici ölçüm yapılan kenarda sabit, alıcı karşı kenarda sabit olacak şekilde direk ölçüm alınmıştır

Laboratuvarda hazırlanıp direk ölçümlerin herbir yüzeyden alındığı değerler ve bunların SURFER

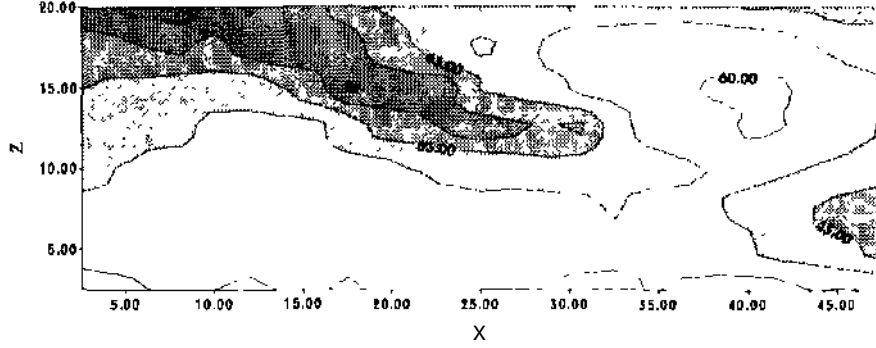


V'kıl A Sağ \u0111/cvdckı değişimlerin kontur diagramı ile gösterilmesi

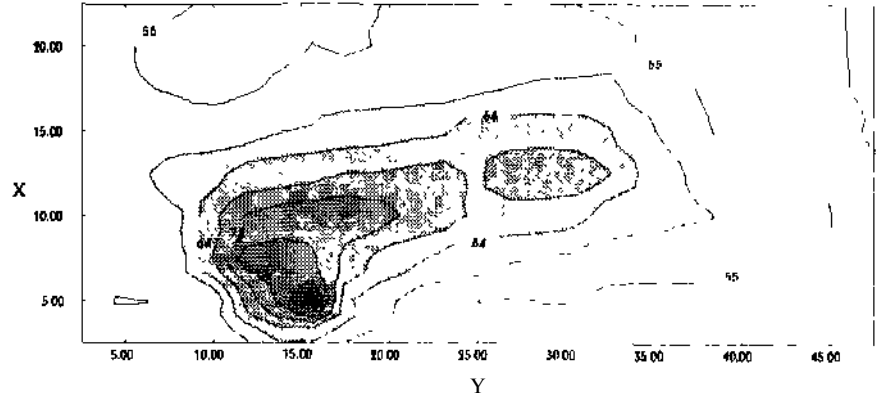
yazılımı ile çizilen eş ulaşım zamanı eğrileri şekil 4, 5, 6'da verilmektedir. Bu kenarlar arasında kalan homojen kısımların daha önce bulunan ses hızı modeline uyduğu, süreksizliğe rastlayan kısımların ise olması gerekenden daha yüksek geçiş zamanı değerlerine ulaştığı görülmüştür. Aşağıda verilen kontur diyagramlarından görüldüğü üzere direkt ölçüm değerlerinden mevcut süreksizliğin konumunu tam olarak saptanmış ve oldukça ümit verici sonuçlar elde edilmiştir. Ancak arazi ölçümleri için serbest yüzeylerin mevcudiyetinin bu kadar kolay olmamasından dolayı daha sonraki çalışmalar endirek ve yandirek ölçüm yöntemleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır

Bu tür ölçümlerden süreksizliğin varlığı ve yaklaşık konumu hakkında bilgiler elde etmek mümkündür. Anomali değerlerinin kendi arasındaki değişimine bakacak olursak;

Vericinin süreksizliğe olan uzaklığı ve vericinin süreksizlik sınırlarına olan uzaklığı geçiş zamanında belirgin bir değişim oluşturmaktadır. Yani direkt ölçümlerde verici ve alıcı arasındaki yolda süreksizlik varsa geçiş zamanı değeri (T) artmaktadır. Bu artış süreksizlik sınırına yaklaştıkça azalır sınırdan uzaklaştıkça yüksek seyretmektedir. Bu davranış, ses dalgalarının süreksizliğin içersinden değil de en yakın sınırın etrafından dolaşarak alıcıya ulaştığını göstermesi bakımından önemlidir. Bu varsayımı desteklemek için bir başka ölçüm şekli kullanılmıştır. Venci üstte sabit iken alıcı alt yüzeyde bir hat boyunca uzaklaştırılmıştır. İlk ölçüm noktası süreksizliğe denk gelen bir noktada başlatılmıştır. Venci sabit iken alıcı uzaklaştırılmıştır. Normalde alıcı venci arasındaki yol



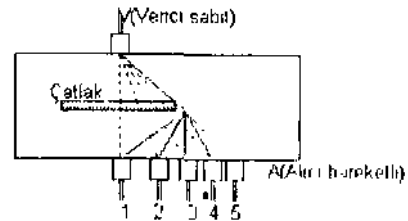
Şekil 5. ön yüzeydeki değişimlerin kontur diagramı ile gösterilmesi



Şekil 6 Üst yüzeydeki değişimlerin kontur diagramı ile gösterilmesi

uzunluğu arttığı için T'nin artması beklenirken, T düşüş göstermiştir. Bir noktadan sonra minimum seviyeye ulaşarak tekrar yükselmeye başlamıştır. Bu mesafelere bakıldığında minimum noktası süreksizlik sınırındaki mesafede gerçekleşmektedir.

Ses hızı değişimine bakıldığında normalden daha düşük bir değerle başlayıp bir noktadan sonra gerçek değerine ulaşarak artık mesafeye uygun standart değerde seyrettiği görülmüştür. Bu nokta ise incelendiğinde verici ile alıcı arasındaki yolda süreksizlikten tam çıktığı gözlenmektedir (Şekil 7).

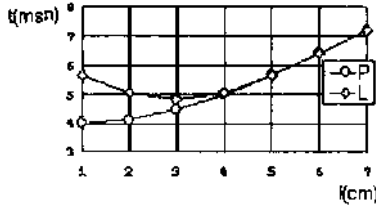


Şekil 7 Sesin süreksizlik uyarı nida davranışı

Buradan şu somu; çıkarılabilir.

Süreksizlik ana külteden daha a/ btr ses iletkenliğine sahipse, ölçüm esnasında ses bu süreksizliğin etrafından dolaşarak alıcıya ulaşmakla, dolayısıyla kalıtlığı yol uzadığı için T geçiş /amanı yüksek çıkmaktadır.

Pundit cıha/tmn o/ellir.) -HICKİLİİ gımdı'rdığı ses dalgalarının sadm- dırkı olarak nisanını, yanı kendisim' ulasan ilk darbeyi ,ılı idau atkılayıp



P = Problar arası mesafeler
L - Ses dalgalarının izlediği yol mesafeleri
t = Ölçülmüş geçiş zamanı eksenini
I = Uzaklık eksenini

Şekil 8 Alıcının uzaklaştırılması ile geçiş zamanındaki değişim

göstergesinde geçiş zamanı olarak göstermesidir Yansıyan veya daha zayıf gelen ikincil dalgaların gösterir emektir Bir noktada yapılan ölçüm sadece süreksizliğin mevcudiyeti ile ilgili bilgi sağlamaktadır Ölçüm noktalarının çoğaltılması ile birbirleriyle olan bağımlılarından ortaya konacak matematiksel denklemler ve modellerle süreksizlik konumu ile ilgili bilgiler sağlanabilecektir Geçiş zamanı eğilimindeki minimum nokta, ses hızındaki normal değere ulaştığı nokta gibi bilgiler ışığında konum tahmini yapılabilmektedir

3.3 Süreksizlik Sınır Noktalarının Tespiti için Geliştirilen Matematiksel Modelleme

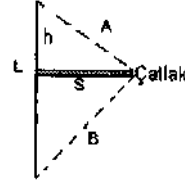
Süreksizlik sınırının modellenmesi için Şekil 7 'de verilen bir blok ve bunun içerisinde, sesin hareket edemediğini varsaydığımız bir çatlak ele alalım Vencü bir noktada sabit bırakılarak, alıcı sırası ile 1,2,3,4 ve 5 konumlarına doğru hareket ettirilirse, çatlakın konumuna bağlı olarak ses hareketlerinde bir gecikme olur Sesin ilerlemesi gereken yof Şekil 7 'de kesikli çizgi ile gösterilmiştir

Standartı daha önceden bilinen bir malzeme üzerinde sesin alıcıya geliş süresi belirlenir Ancak çatlaktan dolayı ses Şekil 7 'de düzgün bir çizgi ile gösterilen yolu izleyerek alıcıya ulaşacaktır Bu durumda meydana gelen anomali Şekil 8 'deki grafik ile daha iyi açıklanabilir

Şekil 8 'de gözlemlendiği gibi verici ile alıcı problemlerinin her konumunda yol doğrusal olarak artmasına rağmen, ses hızı bir parabol olarak ortaya çıkmaktadır Bu minimum noktasının minimum noktası altı problemlerin 3

konumunda olduğu durum için gerçekleşmiştir Bu da blok içerisindeki süreksizlikten çıktığını gösterir Bu çok önemli bir bulgudur Eğer blok herhangi bir çatlak veya süreksizlik içermez ise alıcı problemlerin uzaklaştırılması ile elde edilen ölçüm değerleri doğrusal olarak artar Parabol olarak elde edilen bir grafik ölçüm yapılan bölgede bir anomali olduğunun işaretidir Burada asıl amaç, bu işaret saptandıktan sonra, süreksizliğin blok içerisindeki kesin konumunun saptanmasıdır Bu amaçla aşağıda verilen denklemler kullanılarak süreksizlik yerinin saptanması mümkün olmaktadır

Bu saptamalar ışığında Şekil 9 'da görüldüğü gibi sesin süreksizlik sınırından dolaştığı mesafe A ve B olarak, süreksizliğin vericiye olan dik uzaklığı h ve



Şekil 9 Sesin çatlak etrafında dolaşması

yatay uzaklığı S olarak alınırsa (5) nolu denklem elde edilebilir Burada Ls Sesin hareket ettiği yolun uzunluğudur

$$s = A + B \quad (5)$$

$$s^2 = A^2 + B^2 \quad (6)$$

$$s^2 = B^2 - (L - h)^2 \quad (7)$$

$$A^2 - h^2 = B^2 - (L - h)^2 \quad (8)$$

$$A^2 - B^2 = h^2 - (L - h)^2 \quad (9)$$

$$(A + B)(A - B) = h^2 - (L - h)^2 \quad (10)$$

$$A - B = \frac{h^2 - (L - h)^2}{Ls} \quad (11)$$

$$A + B = \frac{Ls}{2} \quad (12)$$

$$A = \frac{h^2 - (L - h)^2}{2Ls} + \frac{Ls}{2} \quad (13)$$

$$s^2 = A^2 + B^2 \quad (14)$$

$$s = \sqrt{h^2 + \frac{(L - h)^2}{2Ls} + \frac{Ls}{2} - h^2} \quad (15)$$

S mesafesi h a bağlı ikinci dereceden bir denklem olarak karşımıza çıkar II 0 ile I arasında değiştiği /••••• S bu değişime bağlı olduğu minimum seviyesinden artarak maksimum sı vı y eye Eı 1/2 di

iken ulaşır ve tekrar düşüş göstererek aynı minimum seviyeye ulaşır. Şekil 10 'da verilen bu olay ile eğer ses A+B uzunluğunda bir yolu takip ediyorsa çatlağın konumu hakkında bu tek ölçüm ile bir fikir elde etmek mümkün olmaz. Bu durumda A+B uzunluğunu verebilecek çok fazla alternatif h ve S mesafesi mevcuttur. Bu alternatiflerin tümünün ifadesi Şekil 10 'daki gibi bir eğri meydana gettir

Verici sabit iken alıcının sınır hattına yaklaştılması ile yapılan ikinci ölçüme bu formül uygulandığında h 'a bağlı olarak S 'nin alabileceği değerlerin bir eğrisini çizdiğimizde şekil 11 'deki gibi bu iki eğrinin bir noktada kesiştiği görülmektedir. Bu noktaya tekabül eden h ve S değerleri süreksizlik



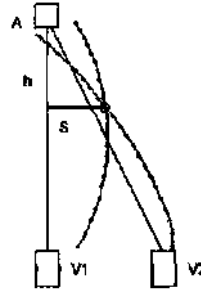
Şekil 10. Tek ölçümle h' a bağlı olarak S 'nin alabileceği değerleri gösteren eğri

sınırının vericiden olan dikey ve yatay uzaklıkları olduğu gözlenmiştir.

Şekil 11 'de görüldüğü gibi alıcı 1. konumdan 2. konuma kaydındığı taktirde aynı mantık ile yeni bir parabol venci-alıcı (2 konum) doğrusu içinde çizilebilir. Alıcının 1 konumu ile 2 konumu parabolünün kesiştiği nokta süreksizliğin konumu için çok önemli iki mesafe olan h ve S 'yi verir. Bu şekilde süreksizliğin uç noktasının yeni tam olarak tespit edilmiş olur. Alıcı probun failli yönlerdeki hareketi ile diğer yönlerdeki bu iki değer de saptanabilir. Bunların belirlenmesi ve bu'estirilmesi ile üç boyutlu uzayda çatlağın blok içerisindeki konumu çok rahat bir şekilde belirlenebilir

Alıcının sabit tutulup vericinin bir doğru uzamında hareketi sonucunda, her bir hareket için h ve S değerleri bulunabilir. Bu değerlerin bulunabilmesi için yukarıda verilen matematiksel denklemin kullanılacağı için bu amaçla bir bilgisayar programı yazılmıştır. Daha sonra elde edilen bu noktaları

birleştirilmek sureti ile süreksizliğin üç boyutlu olarak şekli bulunabilir.



Şekil II. İkinci ölçümde h ve S in alabileceği değerleri gösteren eğri

3.4 ölçüm Verilerinin Hazırlanması ve Bilgisayarda Değerlendirilmesi

ölçümle elde edilen veriler, önceki bölümlerde anlatılmış olan yaklaşım ve matematiksel modeller kullanılarak, Qbasic7 programlama dilinde yazılan bir program yoluyla değerlendirilmektedir. Yazılan bu programda test edilen malzemenin boyutları, kareyaj aralıkları, ölçüm cinsi ile ilgili bilgiler, malzemeye ait önceden tespit edilmiş ses hızı katsayıları ve ölçümle elde edilen ses geçiş hızları veriler olarak girilir. Program bu verileri uygun bir formatta uzantısı *.OLC olan bir dosya oluşturup içerisine kaydeder. Daha sonra programın ana menüsünden çatlak tahmini yapan bölüm çalıştırıldığında, yaklaşım olarak geliştirilen modeli kullanarak veri dosyasındaki değerlerle bir çatlak tahmininde bulunur ve bulunduğu koordinat değerlerini uzantısı *.CTL olan bir sonuç dosyasına aktarır. Bu aşamadan sonra görüntü kısmı çalıştırıldığında, bu bölüm her iki dosyadan gerekli bilgileri okuyarak ekrana bloğun şeklini, kareyaj şeklini, eğer veri olarak girilmişse ölçüm öncesi çatlak konumlarını ve ölçüm sonrası bulunduğu çatlakların blok içindeki yerlerini üç boyutlu olarak çizer.

Çiziltilen programın ana menüsü aşağıdaki gibidir

```

ANA MENU
1-DOSYALAR (Mevcut dosyaları
işleyip seçim yapmamızı
s>>"lar )

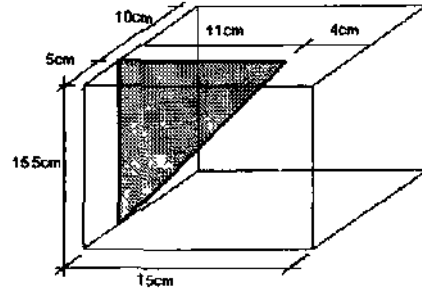
```

2-VERİ GİRİŞİ	(Ölçüm sonrası tüm verilerin girişi ve veri dosyasının oluşturulması)
3-AYARLAR	(Dosya tipleri ve surucu ile ilgili ayarlar)
4-İŞLEMLER	(Ven dosyasındaki verilerin işlenmiş halini görüntüler)
5-GÖRÜNTÜ	(Venlenn matris formatında görüntülenmesini sağlar)
6-ÇATLAKLAR	(Sonuç dosyasının uç boyutlu çizimi)
7-FONKSİYON	(Matematiksel yaklaşımları verilere uygulayıp sonuç dosyası oluşturur)
8-STANDART	(Ses hızı ile ilgili katsayıların bulunması için yardımcı alt prg)
9-İÇERİK	(Dosyaların içeriğim görüntüler)
ÇIKIŞ (ESC)	(Programdan çıkış)

Ven seçeneğinden ilk venler girilip yem "* OLC" uzantılı bir dosya oluşturulur Ana menüdeki alt programlar yapısal olarak birbirine bağlantılıdır Dosya kısmından seçilen hedef dosya DOSYS değişkenine atanarak işlem, görüntü, çatlak, fonksiyon, içenk kısımlarında bu değişken içersinde yeralan dosyada işleme tabi olur Ayarlar seçeneği ise surucu ve dosya uzantılarının değiştirilebilmesi için programda yer almıştır Asıl amaca hizmet eden, yani çatlak konumlarının koordinatlarını bulup "* CTL" uzantılı sonuç dosyası üreten altprogram fonksiyon seçeneğinde yer almaktadır

"İ S I dboratuvarda Ölçülen Mermer Bloğu için Bilgisayar Sonuçları

Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için laboratuarda bir mermer blok şekil 12 'de görüldüğü gibi Us kesine bıçağı ile kesilerek içersinde bir süreksizlik oluşturulmuştur Bu süreksizliğin butun boyutları ve yarık konumu bilinmektedir Standart katsayıları bulabilmek için uç adlı endirek ölçüm a'ım" konum belirleme için varı direk ölçümlere " vlfTır" Venlenn bilgisay.ua aklanması ile çıkan sonuçlar tablolar ve uç boyutlu görünüm' olarak elde edilmiştir



Şekil 12 Mermer blok içersindeki süreksizliğin konumu

Olcumun hassas olması için 5 cm x 5 cm boyutundaki bir kare seçilmiş ve ölçümden önce işaretlenmiştir

Dosya =KesmerI
Blok no =Laboratuvardaki kesik mermer
Verici =Sabit
Alıcı =Hareketli
Olcum tıpi =Yandırek
fesi yüzeyi =Ön
Standart katsayıları
SB= 0 877 SA= 7 287

Vena sabit iken alıcı ön yüzeyde her yönde açılımlarla gezdirilmiş ve yandırek ölçümler yapılmıştır Bu amaçla gerçekleştirilen ölçüm sayısı 9 dur

Laboratuvarda kesilerek hazırlanan mermerde yapılan yandırek ölçümlerin 3x3 boyutlu bir matris içersinde gösterilmesi Tablo 2 'deki gibidir Önceden bildiğimiz standart katsayılarla bağlı olarak $T = B L + A$ eşitliğinde L mesafeleri yenne konarak TS olması gereken geçiş zamanlarını bulunur (Tablo 2) Her iki tablo değen karşılaştırıldığında alıcı venci arasında çatlakın varlığında ölçülmüş değerler, olması gerekenden daha fa/la çıkmıştır Burada sesin çatlakın etrafından dolaştığını göstermektedir Olcum hatlında çatlaktan çıkıldığında ise geçi> zamanlarının eşit olarak seyrettiği gözlenmektedir

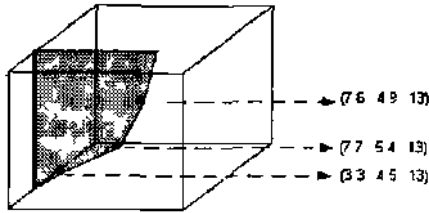
Yine önceden bilinen ses hızı katsayılarına bağlı olarak $L = (T-A)/B$ eşitliğinde T verme ölçüm sonucu elde edilen geçiş zamanı dt i'crlicu konularak 1 S, sesin dolaşıp geldiği mesafeleri ölçümleri çıkarılmıştır (Tablo 2) Tablo 2 'deki değerlere bakıldığında sesin 1 satır 1 kolondaki 15 cm lık ölçümü hatlı mesafesini 22 cm lık bu mesafe kaldırdıktan geçiği eoleniikle Bu nokta çatlakın sınırlarına m uzak mesafedeki

Tablo 2 Mermer Blokta Ölçülen T(us) Geçiş Zamanlan

Ölçülen geçiş zamanlan (ms)			Standart zamanlan (cm)			geçiş Alıcı venci arası mesafe (cm)			Hesaplanmış yol uzunluğu (cm)			
1	27	23	23	20	21	23	15	16	18	22	18	18
2	25	23	24	21	22	24	16	17	19	20	17	18
3	25	24	25	23	24	25	18	19	21	20	19	21
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

olcum noktasına tekabül etmektedir 3 satır 3 kolona bakıldığında ise 21 cm lik mesafeyi ses 21 cm dolaşarak katettiği görülmektedir Bu noktada çatlaktan tamamen çıktığı belli olmaktadır

Bilgisayar tum bu değerlen hesaplayıp çatlak konumu belirleyici alt programa gonderir ve sonuç dosyası üretir Sonuç dosyasının çizdirilmesi ile bulunmuş çatlak noktalan blok içerisindeki yeden ile gostenlmışür (Şekil 13)



Şekil 13 Matematiksel model kullanılarak belirlenen süreksizlik sınırları

Bulunan bu koordinatlar çok küçük hatalarla gerçekteki çatlak sınırlarına tekabül etmektedir

4 ARA71 ÖLÇÜMLERİ

hide edilen sonuçların uygulanabilirliğinin artırılması amacı ile Adana çevresinde faaliyet gösteren bir mermer fabrikasında yakın bir zaman dilimi içerisinde kesilmesi planlanan ve dış görünüşü itibarı ile problemleri olduğu belli olan uç blokta ölçümler yapılmış ve yukarıda tanıtımı yapılan bilgisayar programı yardımı ile elde edilen veriler değerlendirilmiştir Aşağıda bu ölçümlerden birisi ile ilgili bilgi verilecektir

Mermer fabrikasında R/6 nolu mermer blokta yapılan ölçümlerin bilgisayar değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir

Dosya = Datal
Mermer No = R/6
Verici = Sabit
Alıcı = Hareketli
ölçüm tipi = Yanı direkt
Test yüzeyi = Sağ

Venci yüzey koordinatları
KVX=150 cm KVV=0 cm KVZ=85 cm
ölçüm noktalan ilk başlangıcı
Xo=10cm Yo=10cm Zo= 5 cm
Ölçüm noktaları artış aralıklan
Xart= 20 cm Yart= 20 cm Zart=20 cm
Blok boyutlan
Xn =155 cm Yn= 249 cm Zn= 98 cm
Standart katsayılan SB= 1 49 SA= -0 56

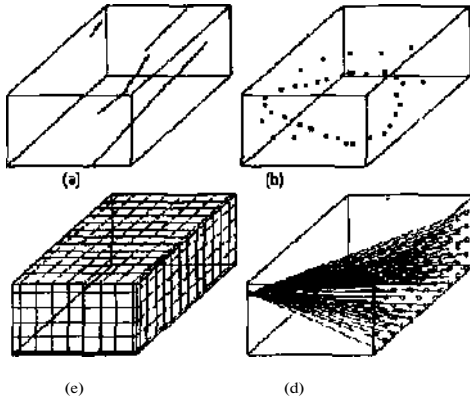
ölçümlerdeki alıcı ve vericinin konumu şekil 14'de gösterilmektedir Laboratuvar ölçekli çalışmalardan, 155cm x 249cm x 98 cm ölçekli büyük bloklara geçiş bazı uygulama zorluklan getirmiştir Eğer ölçülen blok yöne bağlı olarak bir anizotropi gösterir ise yöntemin güvenilirliği birazda olsa azalmaktadır İkinci önemli problem ise eğer alıcı prob ile venci prob arayında birden fazla süreksizlik mevcut olması durumudur Geliştirilen model sadece hız süreksizliğinin kesin yen hakkında bilgi vermek üzere dı/ayn edildiğinden böyle bir durumda süreksizlikleri tüm olarak yerlendiren ziyade bir yoğunlaşma göstermektedir Bu bile yöntemin bu tip yapılarda dahi güvenle kullanılabileceğini göstermektedir Butun bunların yanında bloklar içerisindeki ana süreksizlik düzlemleri belirlenip gösterilmiştir

Ölçümlere bavlaniAiUn OSILC venunm po/tyyonu yüzeyden gonilebilen süreksizlikleri belirleyebilecek şekilde ayarlanmıştır Venci konumu belirleyen dikten sonra problemlerin oldiifı bolurlenn vü/cyındc alını h.ırkıtı em 20 em lk k.nehı yapılatrik oit um lu

almıştır Bu ölçümlerden sonra direkt ölçümler alınarak homojen mermer bloğun lineer davranışı bulunarak aşağıdaki formül ile verilmiştir

$$T = 149x - 0.56 \quad (16)$$

Mevcudiyeti belirlenen bu kusurların ölçüm sahası içersine rastlayan sınırları, matematiksel modellemeyi kullanan bilgisayar alt programı tarafından hesaplanmış ve blok içersinde şekil 14 (b)'de görüldüğü gibi noktasal olarak belirtilmiştir. Bu noktaların birkaç yerde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Birden fazla süreksizlik olasılığı çok yüksek olduğundan bu yoğunlaşmalar ayrı ayrı süreksizliklerin sınırları olabilir. Bloğun diğer yüzeyleri ölçüme müsait olmadığından başka bir ölçüm alınmamıştır. Daha fazla sayıda ölçüm alınması ve diğer ölçüm yöntemlerinin de kullanılması ile süreksizliklerin diğer sınırlarının çıkarılması sağlanabilecektir.



Şekil 14 Gerçek mermer bloğunda yapılan ölçüm kareli ve matematiksel model sonucu u cüvri süreksizlikleri

5 SONUÇLAR

bu çalışmada mermer odakları kalitesinin belirlenmesinde önemli bir ve tutarlı ayırma, vücut uludurabilirlik taktik ve imajın \ 'ılığının ve yellerinin ilspilimin, mınıcı blok.Lia /HIar vi'imveccet bu yöntem k- k-rulı imavıanılışu Sc-iii t-ava^ içenimde farklı l'ım"-yonl;tdit \ayılma I ""im dej- fiilini l./iksd ol., ,il, u^cbilei PUNDU

isimli bir cihaz ile, bu tip bir işlemin mümkün olduğu kanıtlanmıştır. Mermer bloklarındaki hataların mevcudiyetinin belirlenmesi yanında, bunların blok içersindeki konumlarının tesbiti de önemli bir yer tutar. Zira kesme işlemi sırasında bu hataların yerleri göz önüne alınarak değiştirilecek kesme planı ile mevcut bloklardan daha yüksek verimli kesme işlemi gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmanın başlangıcında laboratuvarda yapılan denemeler sonunda elde edilecek matematiksel modellemelerin araziye uyarlanması ve yerinde çatlak ve kırıkların (tüm süreksizliklerin) konumlarının saptanması hedeflenmiştir. Laboratuvar ve fabrika denemelerinde matematiksel modellemeler hep yandirek ve endrek ölçme teknikleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Burada amaç, arazideki ölçüm yapılabilecek serbest yüzey sayısının azlığını göz önünde tutmaktır. Bu amaçta geliştirilen teknikler ve matematiksel modeller hep arazide yapılmak için planlanmıştır. Bunun önemi ise arızalı blokların daha yerinde tespit edilerek bu blokların yerinde bırakılması ile, kesici eleman, nakliye masrafları, enerjiden tasarruf edilmesinde yatmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, içersinde yapay yüzeyler oluşturulan beton blok ile direk denemeler yapılmış ve çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Alıcı - venci problemleri karşılıklı hareket edebildiği serbest yüzeylerin mevcudiyeti halinde yöntem büyük başarıya ulaşmaktadır. Endrek yönteminde ise birden fazla süreksizlik olması durumunda yem olum teknikleri ve modellemeye ihtiyaç vardır.

Bu çalışmanın devamı olarak, ocak içi mermerlerde modeller denenmeli ve sonuçlar irdelenmelidir. Bu arada çok yoğun süreksizliklerin hakim olduğu, tektonizma geçirmiş olan bölgelerde süreksizliklerin tam konumlarının bulunması yerme istatistiksel bir analizi bunların sıklığı ve yoğunluğu hakkında bilgi edinmek olumkım olacaktır.

Çalışmada go/onime alınan bu diğer urusu da mümkün olduğu kadar uz olum ik- somit a ulaşmaklı. Aslında venn prob salın tıUlaiak, ahu prob ise yer değıştınleek ölçümler alınmırcı. Kgei alıcı probdts yer değıştılılı ise sonuçların hassasiyetleri çok la/ta aılmaklıdı ancak hu duumda olum sayısı ussel olarak ari'i'akentı. 'raik bir yöntem ile mermer blok kalitesinin bulunması hedeflenen bu çalışmada problemin oplımn hareketli hedellenmişti. Kabıkıatla y.ıpiian ıyıMıamalıuia bu mermer bloğun ölçümce li/uhni'Ki .ı (l.'u'iii) çı/ımı

gres yağı sürülmesi gibi işlemler) 45 dk , ölçüm işlemleri ise 30 dk gibi bir süre almaktadır ki bu da oldukça kısa bir süredir.

Sonuç olarak, mermer madencilğinde büyük önem taşıyan "blok verimi" ile ilgili bilgilerin, önceden tahmin edilebilmesi böyle bir yöntem ile mümkündür ve pratik uygulamaları ile bu kanıtlanmıştır.

6. KAYNAKLAR

Davis W. R. and Brough R.,1972," *Ultrasonic techniques in ceramic research and testing*". Ultrasonics, May.

Elvery R, H., 1971; "*Non-destructive testing of concrete and its relationship to specifications*". Concrete, Vol 5 No. 4. May .

Jones, R., 1949; "*The non-destructive testing of concrete*", Magazine of Concrete Research, No.2 June, pp 67-78,

Jones R, 1962, "*Non-destructive testing of concrete*", Cambridge Press.

King M S. Stauffer M R Pandit B. I 1978, "*Quality of rock masses by acoustic borehole logging*", Dept. of Geological Sciences, Madnd, Sept., Sec.IV No. 303.

Leslie J. R. and Cheesman W. J. 1949; "*An ultrasonic method of studying deterioration and cracking in concrete structures*", Proc American Concrete Institute, Vol. 46. pp17-36.

Leslie H N , 1976, "*Site testing of concrete*", British Journal of Non-Destructive Testing, May.

