# YÜKSEK SICAKLIĞA MARUZ KALMIŞ BETONLARDA MEYDANA GELEN ÇATLAKLARIN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE TESPİT EDİLMESİ

**Meltem YAVUZ ÇELİKDEMİR**

**Yüksek Lisans Tezi**
**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**
**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ayhan AKBAL**
**HAZİRAN-2015**

**T.C**
**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# YÜKSEK SICAKLIĞA MARUZ KALMIŞ BETONLARDA MEYDANA GELEN ÇATLAKLARIN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE TESPİT EDİLMESİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Meltem YAVUZ ÇELİKDEMİR**

**(121113103)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Mayıs 2015**
**Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Haziran 2015**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ayhan AKBAL (F.Ü)**
**Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Harun TANYILDIZI (F.Ü)**
**Yrd. Doç. Dr. Musa ÇIBUK (B.E.Ü)**

**HAZİRAN - 2015**

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasını yöneten, tez konusunun belirlenmesinde, araştırma ve deney çalışmalarının programlanmasında, çalışmalarıma önemli katkıda bulunan, bilgi ve birikimlerini paylaşan öncelikle danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ayhan AKBAL'a, yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Harun TANYILDIZI hocama ve çalışmalarımda daima destek olan sevgili eşim Soner ÇELİKDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

**Meltem YAVUZ ÇELİKDEMİR**

**Elazığ-2015**

# İÇİNDEKİLER

**Numara**

**ÖNSÖZ** ..... **I**
**İÇİNDEKİLER** ..... **II**
**ÖZET** ..... **V**
**SUMMARY** ..... **VI**
**ŞEKİLLER LİSTESİ** ..... **VII**
**TABLOLAR LİSTESİ** ..... **VIII**
**RESİMLER LİSTESİ** ..... **IX**
**SİMGELER LİSTESİ** ..... **XI**
**KISALTMALAR LİSTESİ** ..... **XII**
**1. GİRİŞ** ..... **1**
1.1. Literatür Taraması ..... 2
1.2. Tezin Amacı ..... 3
1.3. Tezin İçeriği ..... 3
**2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİ** ..... **4**
2.1. Görüntü ..... 4
2.2. Görüntüde Sayısallaştırma İşlemi ..... 4
2.3. Dijital Görüntünün Yapısı ..... 6
2.4. Dijital Görüntü İşlemenin Kullanım Alanları ..... 6
2.5. Görüntü İşlemede Temel Kavramlar ..... 8
2.5.1. Piksel ..... 8
2.5.2. Parlaklık ..... 9
2.5.3. Ayrıklaştırma ..... 9
2.5.5. Çözünürlük ..... 9
2.5.6. Uzaysal Frekanslar ..... 9
**3. GÖRÜNTÜ İŞLEME** ..... **10**
3.1. Görüntü İşleme Teknikleri ..... 10
3.2. Dijital Görüntü İşleme Adımları ..... 12
3.2.1. Niteliklendirme ..... 12
3.2.2. Eşikleme ..... 12
3.2.3. Histogram ..... 12
3.2.3.1. Histogram Eşitleme ..... 13

3.2.3.2. Histogram Germe ..... 14
**4. MATLAB İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME UYGULAMALARI VE BETON YAPILARDA ÇATLAKLARIN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE TESPİT EDİLMESİ ..... 15**
4.1. Dijital Görüntü İşlemede Matlab Uygulaması ..... 15
4.2. Matlab'da Görüntü Çeşitleri ..... 16
4.2.1. Binary Görüntü ..... 16
4.2.2. Gri Düzeyli Görüntü ..... 17
4.2.3. İndekslenmiş Görüntü ..... 17
4.2.4. RGB Görüntü ..... 17
4.3. Matlab'da Görüntü Formatları Dönüşümü ..... 17
4.4. Yüksek Sıcaklığa Maruz Kalmış Beton Yapıların Davranışı ..... 18
4.4.1. Yüksek Sıcaklık Kaynakları ..... 18
4.4.2. Yüksek Sıcaklığın Betonarme Yapılara Etkisi ..... 18
**5. MATERYAL VE YÖNTEM ..... 20**
5.1. Beton Numunelerinin Hazırlanması ..... 20
5.2. Deney Düzeneğinin Hazırlanması ..... 21
5.3. Matlab Uygulamaları ..... 24
5.3.1. Referans Belgesinin Matlab Çalışması ..... 24
5.3.2. 300°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması ..... 27
5.3.3. 600°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması ..... 30
5.3.4. 900°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin 0. Saat Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması ..... 33
5.3.5. 900°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin 12. Saat Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması ..... 37
5.3.6. 900°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin 24. Saat Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması ..... 40
**6. SONUÇLAR ..... 44**
**KAYNAKLAR ..... 46**
**EK - 1 ..... 49**
**EK - 2 ..... 82**

**EK - 3** ..... **115**
**EK - 4** ..... **151**
**EK - 5** ..... **186**
**EK - 6** ..... **222**
**ÖZGEÇMİŞ** ..... **256**

# ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayar teknolojisi de hızla ilerlemektedir. Gelişmeler ile beraber yeni yöntemler de kendine yer bulmuştur. Sayısal ortamda her gün büyük miktarlarda bilgi depolanmakta, işlenmekte ve iletilmektedir. Bu bilgilerin çoğunun sayısal görüntüler olması nedeni ile çeşitli görüntü işleme problemlerine ek olarak depolama ve iletim ihtiyaçları da her geçen gün artmaktadır.

Görüntü işleme, insan görme sisteminin yaptığı işlemlerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye çalışılmasıdır. Görüntü işleme uygulamaları, görüntünün sayısallaştırılması, iyileştirilmesi, koordinatlandırılması, filtrelenmesi ve sınıflandırılması olarak gruplandırılabilir. Yapılan bu tez çalışmasında, bu uygulamaların farklı sıcaklıklara maruz bırakılmış beton numunelere uygulanması ile beton yüzeylerinde oluşan çatlak yapıların incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda, yüksek sıcaklığa maruz kalmış betonlar incelenip, Matlab bilgisayar programı kullanılarak meydana gelen çatlaklar görüntü işleme tekniği ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda çatlak boyutları Matlab bilgisayar programı yardımı ile ölçülerek, maruz kalınan sıcaklık derecelerine göre incelenmiş ve beton dayanım testleri yapılarak karşılaştırılmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında, deneysel çalışma için hazırlanan beton harcı 10 cm x 10 cm x 10 cm'lik kalıplara döküldükten sonra 28 gün sulu ortamda bekletilerek farklı sıcaklık kademelerine ayarlanmış fırında yakılmıştır.

Çalışmanın devamında bu sıcaklıklara maruz kalan beton numuneleri farklı mesafelerden JVC GC-PX100 Dijital Full HD Video Kamera + Fotoğraf Makinası ile farklı zoom ayarları yapılarak görüntüleri çekilmiştir. Bununla birlikte geometrik şekiller çizilerek oluşturulan referans belgenin A4 kağıdına çıktısı alınmıştır. Bu belge de beton numunesinde olduğu gibi aynı mesafe ve zoom ayarı yapılarak görüntüsü çekilmiştir. Daha sonra elde edilen bu görüntüler Matlab bilgisayar programına aktarılarak görüntü işleme çalışmaları yapılmıştır. Referans değerleri dikkate alınarak çatlak uzunlukları ölçülmüş, sonrasında beton dayanım sonuçları ile karşılaştırılmıştır.



**Anahtar Kelimeler:** Görüntü İşleme Teknolojisi, Matlab Bilgisayar Programı İle Görüntü İşleme Uygulamaları, Yüksek Sıcaklığa Maruz Kalmış Betonlarda Çatlak Tespiti

## SUMMARY

### Identification of the Cracks on the Concrete Exposed to High Temperatures Through Image Processing Technique

Computer technology progresses rapidly in parallel with the developing technology. New methods have also been brought by the developments. Huge volumes of data is stored, processed and communicated in the digital platform every day. As most of these data are digital images, there is a gradual increase in the need for storage and communication in addition to various imaging problems occur.

Image processing is the performance of the operations realized by the human vision system in the computer platform. Image processing applications can be grouped as the digitalization of the image, improving it, identification of the coordinates, filtering and classification. In this dissertation study, it is aimed to examine the cracks on the concrete surfaces occurred due to exposing the concrete samples to different temperatures through these applications.

In the direction of these aims, the concretes exposed to high temperatures were examined and the cracks occur were tried to be identified using the Matlab computer program. As a result of this study, the sizes of the cracks were measured using the Matlab computer program depending on the temperature degrees being exposed and compared through concrete endurance tests.

In this dissertation study conducted, the concrete mortar prepared for the experimental study was poured into molds of 10 cm x 10 cm x 10 cm and kept in a watery ambient for 28 days and ignited in the furnace set to different gradual temperature stages.

In the continuation of the study, the images of the concrete samples exposed to those temperatures were caught using JVC GC-PX100 Digital Full HD Video Camera + Photograph Machine with different zoom settings. In addition, geometrical figures were drawn and A4 printouts of the created reference document was obtained. That document was also caught from the same distance and zoom settings with the concrete sample. Later the images obtained were transmitted to the Matlab computer program and the images were processed. Considering the reference values, the lengths of the cracks were measured and then compared with the concrete endurance results.



**Keywords :** Image Processing Technology, Image Processing Applications Using Matlab Computer Program, Identification of the Cracks on the Concrete Exposed to High Temperatures.

# ŞEKİLLER LİSTESİ

**Numara**

Şekil 2.1. Tipik bir görüntü alma cihazındaki işlem sırası [10] ..... 4
Şekil 2.2. RGB uzayına göre renklerin oluşturulması [17] ..... 5
Şekil 2.3. a) 2 Bitlik dijital görüntü b) Görüntüdeki gri tonlara karşılık sayısal değerler c) Gri ton değerleri [18] ..... 6
Şekil 2.4. Dijital görüntü işlemenin kullanım alanları [30] ..... 7
Şekil 3.1. Görüntü işleme uygulamasının tipik aşamaları [10] ..... 11
Şekil 5.1. Deney düzeneği tasarımı ..... 21
Şekil 5.2. Görüntü işleme çalışmasının şematik gösterimi ..... 23

## TABLOLAR LİSTESİ

**Numara**

Tablo 4.1. Matlab'ın desteklediği önemli görüntü formatları ..... 16
Tablo 4.2. Formatlar arası dönüşüm kodları ..... 18
Tablo 5.1. Referans belgenin piksel değerleri ..... 26
Tablo 5.2. 300°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin ölçüm sonuçları ..... 29
Tablo 5.3. 600°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin ölçüm sonuçları ..... 33
Tablo 5.4. 900°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin 0. saat ölçüm sonuçları ..... 36
Tablo 5.5. 900°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin 12. saat ölçüm sonuçları ... 40
Tablo 5.6. 900°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin 24. saat ölçüm sonuçları .... 43

## RESİMLER LİSTESİ

**Numara**

Resim 2.1. Görüntü sayısallaştırma işlemi [9] ..... 5
Resim 2.2. Orjinal ve dijital görüntü [9] ..... 8
Resim 3.1. Görüntü işlemede histogram eşitleme yardımı ile görüntünün belirginleştirilmesi [9] ..... 14
Resim 5.1. Örnek beton numunesi ..... 20
Resim 5.2. JVC GC-PX100 dijital full HD video kamera + fotoğraf makinası ..... 22
Resim 5.3. Easy MiView USB dijital mikroskop ..... 22
Resim 5.4. 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş referans görüntü ..... 24
Resim 5.5. Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış) ..... 25
Resim 5.6. Eşik değeri 168 olarak atanmış görüntü ..... 25
Resim 5.7. Referans görüntünün piksel değerleri ..... 26
Resim 5.8. 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü ..... 27
Resim 5.9. Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış) ..... 27
Resim 5.10. Eşik değeri 71 olarak atanmış görüntü ..... 28
Resim 5.11. 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü ..... 28
Resim 5.12. 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin mikroskop ölçümü ..... 29
Resim 5.13. 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü ..... 30
Resim 5.14. Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış) ..... 31
Resim 5.15. Eşik değeri 101 olarak atanmış görüntü ..... 31
Resim 5.16. 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü ..... 32
Resim 5.17. 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin mikroskop ölçümü ..... 33
Resim 5.18. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü ..... 34
Resim 5.19. Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış) ..... 34
Resim 5.20. Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü ..... 35
Resim 5.21. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü ..... 35
Resim 5.22. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 0. saat mikroskop ölçümü ..... 36

Resim 5.23. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü ..... 37
Resim 5.24. Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış) ..... 38
Resim 5.25. Eşik değeri 105 olarak atanmış görüntü ..... 38
Resim 5.26. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü ..... 39
Resim 5.27. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 12. saat mikroskop ölçümü ..... 40
Resim 5.28. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü ..... 41
Resim 5.29. Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış) ..... 41
Resim 5.30. Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü ..... 42
Resim 5.31. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü ..... 42
Resim 5.32. 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 24. saat mikroskop ölçümü ..... 43

## SİMGELER LİSTESİ

| | | |
|---|---|---|
| z | = | Derinlik |
| λ | = | Renk |
| t | = | Zaman |

**KISALTMALAR LİSTESİ**

| | | |
|---|---|---|
| JPG | = | Joint Picture Experts Groups - (Resim Uzantı Dosyası) |
| RGB | = | Red - Green - Blue |
| CMY | = | Cyan - Magenta - Yellow |
| Mp | = | Megapiksel |

# 1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe, her alanda olduğu gibi alternatif yaklaşımlar çok çeşitli kullanım alanına sahip klasik deney yöntemleri uygulamalarının yerini almaktadır. Alternatif yaklaşımlar; yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritma olarak karşımıza çıkmakta ve bunların yanı sıra görüntü işlemede inşaat alanında yapılan çalışmalar arasında yerini bulmaktadır.

İnşaat mühendisliği uygulamalarında; üretimindeki kolaylık ve ekonomik açıdan düşünüldüğünde yerine kullanılabilecek bir başka malzemenin bulunamamış olması beton kullanımına pozitif yönde etki etmekte ve kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Beton; kompozit ve heterojen bir malzeme olduğu için genellikle içindeki bileşenlerin termal genleşmeleri birbirinden farklıdır. Bu yüzden betonda sıcaklık değişimleri içindeki bileşenlerde, birbirinden farklı hacim değişmelerine, çatlak oluşumuna ve betonun dayanıklılığının azalmasına neden olmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz kalmış betonarme yapılarda betonun ve çeliğin mekanik ve fiziksel özelliklerinde değişiklikler meydana gelebilmektedir. Bu değişimlerin sonucu olarak betonda renk değişimi, çatlaklar ve parçalanmalar gözlenmesi beklenirken basınç dayanımında azalmalar söz konusu olabilmektedir. Bu basınç dayanımındaki azalmalar kullanılan malzemelerin özelliklerine, sıcaklık derecesine ve yanma süresi gibi etkenlere göre değişim göstermektedir.

Betonda oluşan kılcal ve kalem çatlaklar olarak adlandırılan mikro ve makro çatlaklar, agregadaki hacim genleşmesi ve kalsiyum silikat (C-S-H) bağlarındaki bozulma ile betonda mukavemet kaybına neden olabilmektedir.

Beton özelliklerini ve dayanımlarını belirlemede, tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemleri kullanılmaktadır. Tahribatlı deney yöntemleri, beton kesitinden numune alınarak gerçekleştirilir. Bu işlem ile beton mukavemetinin belirlenmeye çalışılması, betonarme yapının kesitinin ve mukavemetinin azalmasına neden olabilmektedir. Bunun sonucunda ise taşıma kapasitesi düşmekte, beton yapı yıpranmakta ve onarım maliyeti ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden çok sayıda numune alınma durumu söz konusu olamayacağından sınırlı sayıda numune alınarak testler yapılır. Bu az sayıda ki numune alınarak yapılan deneylerde hata olasılığı artmaktadır. Hata olasılığını azaltmak ve onarım maliyetini düşürmek amacı ile tahribatsız deney yöntemlerinden olan görüntü işleme tekniği ile beton yapıdan, istenen sayıda numune görüntüsü alınarak beton dayanım deneyi yapılabilmektedir.

## 1.1. Literatür Taraması

Çelikdemir ve Akbal yaptıkları çalışmada [2], beton yapılarda görüntü filtreleme tekniklerinin uygulanmasını incelemişlerdir. Bingöl ve Gül [3], yüksek sıcaklığın beton dayanımına etkisinin literatür taramasını yaparak aderans tanımı ve beton dayanımını incelemişlerdir. Ünlüoğlu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada [4], yüksek sıcaklığa maruz kalmış binalarda çeliğin akma dayanımına değinmiş olup Schmidt çekici yöntemi kullanılarak literatür taraması yapmışlardır. Pas payının çekme dayanım kayıplarını azalttığı, pas payı arttırılarak ise yüksek sıcaklığa maruz kalmış binaların koruyuculuğunun sağlanabileceğini anlatmışlardır. Subaşı ve arkadaşları [5], yüksek sıcaklığa bağlı beton – çelik arası aderans bozulmalarını incelemişlerdir. Başyiğit ve arkadaşları [6], beton numunelere ultrases geçiş süresi deneyi ile basınç dayanımını incelemişlerdir. 12.2 Mp dijital kamera ile aynı mesafeden görüntüler alınmış, histogram değerlendirmesi ile hangi renk değerinden kaçar adet olduğu tespit edilerek Image J programı ile hava boşluğunun renk değeri elde edilmiştir. S/C oranı ile farklı beton dayanımları görüntü işleme tekniği ile karşılaştırılmıştır. Binici ve arkadaşları yaptıkları çalışmada [12], farklı sıcaklıklara maruz kalmış beton numunelerinin basınç dayanımı, su emme, ultrases geçirgenlik hızı, ısı iletkenlik katsayısı, ağırlık ve renk değişimlerini deneysel olarak incelemişlerdir. Karakoç yaptığı çalışmada [17], görüntü işleme uygulama alanları, sayısal görüntülerde, görüntü boyutlandırma, histogram eşitleme çalışmalarını yapmıştır. Baradan ve arkadaşları [26], betonun iç ve dış etkenlerle bozulmasını; fiziksel etmenlerle aşınma, erozyon, kavitasyon oluşumunun yanı sıra yüksek sıcaklığın betona etkisini incelemişlerdir. Onat yapığı çalışmada [29], betonun kırılmadan önceki potansiyel davranışını; görüntü işleme tekniklerini kullanarak, Matlab programında hazırlamış olduğu yazılım ile incelemiştir. 50cmx10cmx10cm boyutunda lifli beton numuneleri hazırlayarak üç noktalı eğilme deneyine tabi tutmuştur. Yüke karşılık gelen deplasman miktarlarını bir komparatör yardımı ile ölçmüştür. Beton numunelerini yüksek çözünürlüklü 10.3 MP CMOS dijital kamera kullanarak seri çekim yapmıştır. Yeni görüntüleri Matlab bilgisayar programında kodlanan yazılım ile işleyerek ortaya çıkan deplasman miktarlarını aynı anda elde edilen komparatör değerleri ile karşılaştırmıştır.

## 1.2. Tezin Amacı

Binalarda yüksek sıcaklığa maruz kalarak ortaya çıkan hasarların tespiti için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Tez çalışmasının temel amacı, görüntü işleme tekniğini inşaat alanında kullanım kolaylığı sağlayacak biçimde hayata geçirmek ve beton teknolojisi üzerinde önemli yol kat etmeye çalışmaktır.

Ekonomik açıdan ve kullanım kolaylığı sağlayan görüntü işleme tekniği ile yüksek sıcaklığa maruz kalmış betonlardan elde edilen görüntülerin Matlab ortamına aktarılması, bununla birlikte görüntü işleme adımlarının da uygulanması ile yüksek sıcaklığa maruz kalmış betonlardan alınan görüntülerdeki çatlakların ve boyutlarının tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

## 1.3. Tezin İçeriği

Yapılan bu tez çalışması, yüksek sıcaklığa maruz kalmış betonlarda meydana gelen çatlakların görüntü işleme tekniği ile tespit edilmesi ve Matlab bilgisayar programında çatlak boyutlarının ölçülmesi üzerine hazırlanmıştır. Çalışmanın bölümlerinde ise;

Bölüm 1'de; tez çalışması hakkında genel bilgiler ve literatür çalışmaları verilmiş olup, ayrıca tezin amacı ve içeriği belirtilmiştir.

Bölüm 2'de; görüntü işleme teknolojisinde, dijital görüntü oluşturulduktan sonra görüntünün yapısı incelenmiş olup görüntü işlemenin kullanım alanları açıklanmıştır.

Bölüm 3'de; görüntü işlemede kullanılan yöntemler ve dijital görüntü işleme tekniklerinde uygulanan adımlar tanımlanmıştır.

Bölüm 4'de; dijital görüntü işlemede Matlab bilgisayar programı kullanılarak görüntü formatları ve yüksek sıcaklık altında betonarme yapıların davranışları açıklanmıştır.

Bölüm 5'de; deneysel çalışma için hazırlanan düzenek ile birlikte Matlab bilgisayar programı kullanılarak görüntü işleme uygulama adımları açıklanmış olup, farklı sıcaklık değerlerine maruz bırakılan beton numunelerindeki çatlaklar incelenerek mikroskop sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca beton dayanım sonuçları ile ilişkilendirilmiştir.

Bölüm 6'da ise tez çalışmasındaki sonuçlar değerlendirilmiştir.

# 2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİ

## 2.1. Görüntü

Görüntü (imge) farklı yollarla elde edilmiş, gerçek yaşamdaki üç boyutlu nesnelerden oluşan bir sahnenin f(x,y) şeklinde bir fonksiyon olarak tanımlanmasıdır. Başka bir ifade ile görüntü, üç boyutlu görünümün iki boyut üzerindeki haritası olarak tarif edilebilir [16].

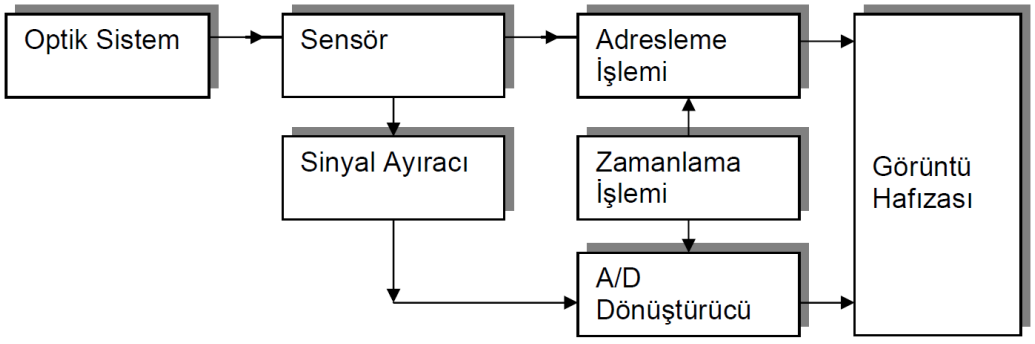
Burada x ve y uzay konumunu gösterirken, f(x,y) fonksiyonunun değeri o noktadaki ışıklılık şiddetini gösterir. 1 ve 0'lardan oluşan sayısal görüntü yapısı f[m,n], 2 boyutlu dünyadan elde edilen f(x,y) fonksiyonundan örnekleme tekniği kullanılarak oluşturulur.

Bir görüntüde en küçük birim ise, piksel olarak ifade edilmektedir. Elde edilen görüntünün işlenebilmesi için analog bilgiden dijital bilgiye çevrilmesi yani sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu durumda görüntü, M ve N sayılarında satır ve sütunlara bölünmüş ve her bir satır ve sütunun kesişim noktasında (piksel), o noktadaki ışıklılık şiddetine ait değere sahip bir matris formuna dönüşmektedir. O pikseldeki değer ise derinlik (z) , renk (λ) ve zamanın (t) bir fonksiyonudur.

Görüntü işleme, değişik yöntemler ile elde edilen görüntünün sayısallaştırıldıktan sonra farklı matematiksel fonksiyonlara tabi tutulması ve her bir piksel değeri için yeni bir ışıklılık değerinin oluşturulması ve yeni bir görüntü elde edilmesi işlemidir.

## 2.2. Görüntüde Sayısallaştırma İşlemi

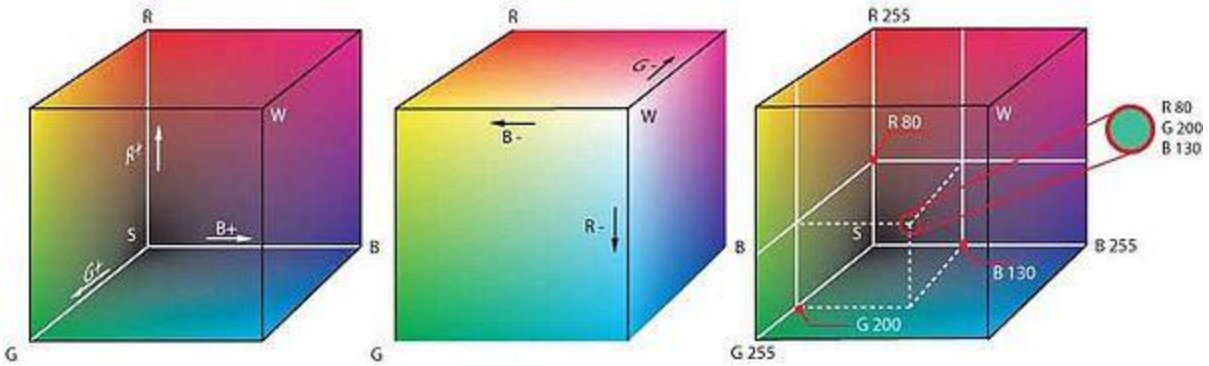
Sayısal görüntü, sayısal değerlerden oluşan ve bilgisayar ortamına aktarılabilen görüntü olup, oluşturulma aşamaları Şekil 2.1.'de verilmiştir.



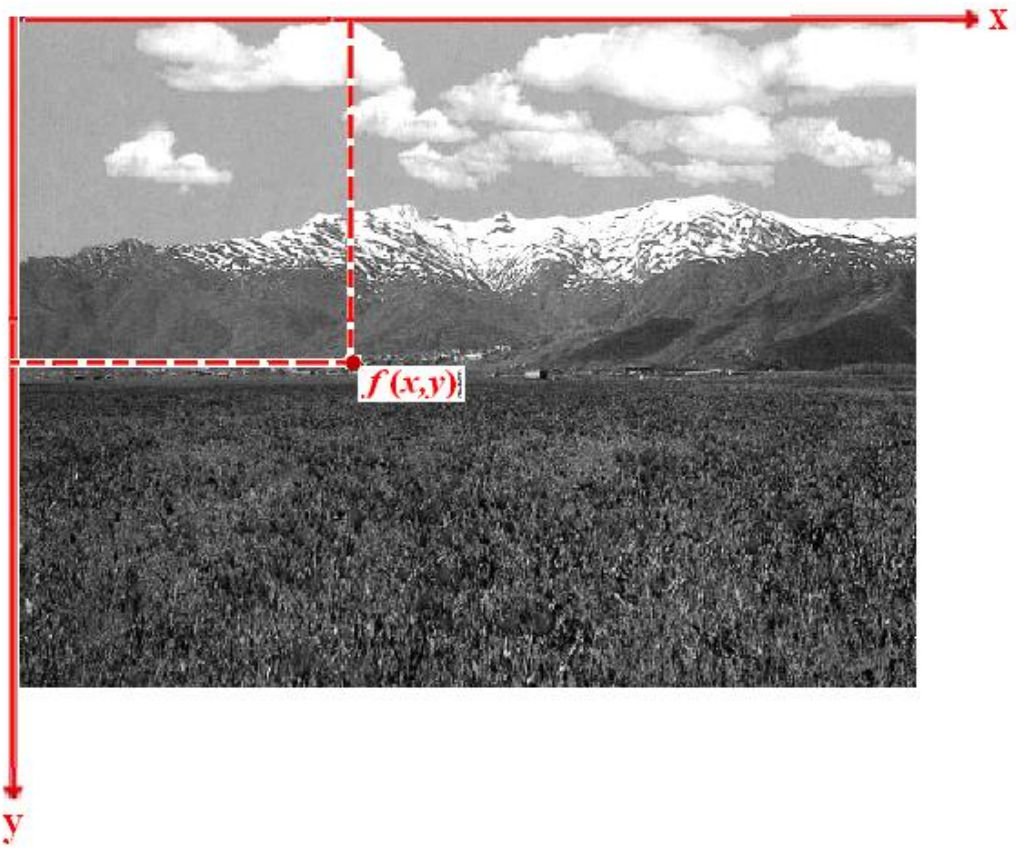

**Şekil 2.1.** Tipik bir görüntü alma cihazındaki işlem sırası [10]

Sayısal bir görüntünün en temel parçası piksel olarak adlandırılır. Her bir piksele ilişkin bir renk söz konusudur. En sık kullanılan renk uzaylarından biri RGB'dir.

RGB renk uzayı, "Kırmızı" (Red), "Yeşil" (Green) ve "Mavi" (Blue) ana renklerinin belirli oranlarda karışımı ile elde edilen yaklaşık 17 milyon rengi içerir [17].




**Şekil 2.2.** RGB uzayına göre renklerin oluşturulması [17]



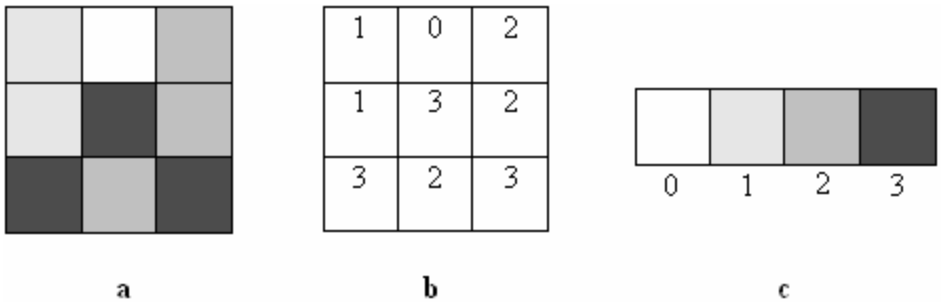

**Resim 2.1**. Görüntü sayısallaştırma işlemi [9]

## 2.3. Dijital Görüntünün Yapısı

Algılayıcı platformlar tarafından görüntü alanının yansıma değerleri kaydedilerek dijital görüntüler oluşturulmaktadır. Dijital görüntü, örneklenmiş iki boyutlu süreksiz bir fonksiyon olarak algınalabilir. Görüntü M satır ve N sütuna örneklenmiş ise MxN adet piksel içerir ve MxN görüntü olarak adlandırılır.

Dijital görüntüler piksellerden oluşur ve pikseller sahip oldukları renk değerleri ile görüntüyü oluştururlar. Her piksele karşılık gelen yansıma değeri bir gri ton seviyesi ile ifade edilir. Görüntüleme aygıtının yapısına bağlı olarak yansıma değerlerinin alt ve üst sınırları farklı olmakta ve bu aralık görüntünün çözünürlüğü olarak tanımlanmaktadır. Bir görüntünün gri ton seviyesi 2'nin katları ile ifade edilmekte ve 2, 3, 4,… 8 bitlik görüntüler olarak adlandırılmaktadır [18].

Örneğin 2 bitlik bir görüntüde 2^2 = 4 gri ton seviyesi vardır. 8 bitlik bir görüntüde ise 2^8 = 256 gri ton seviyesi vardır. 2 bitlik bir dijital görüntü ve sayısal değerleri Şekil 2.3.'de görülmektedir. Ton seviyesi arttıkça görüntüdeki detayların netliği yani seçilebilirliği de artmaktadır.

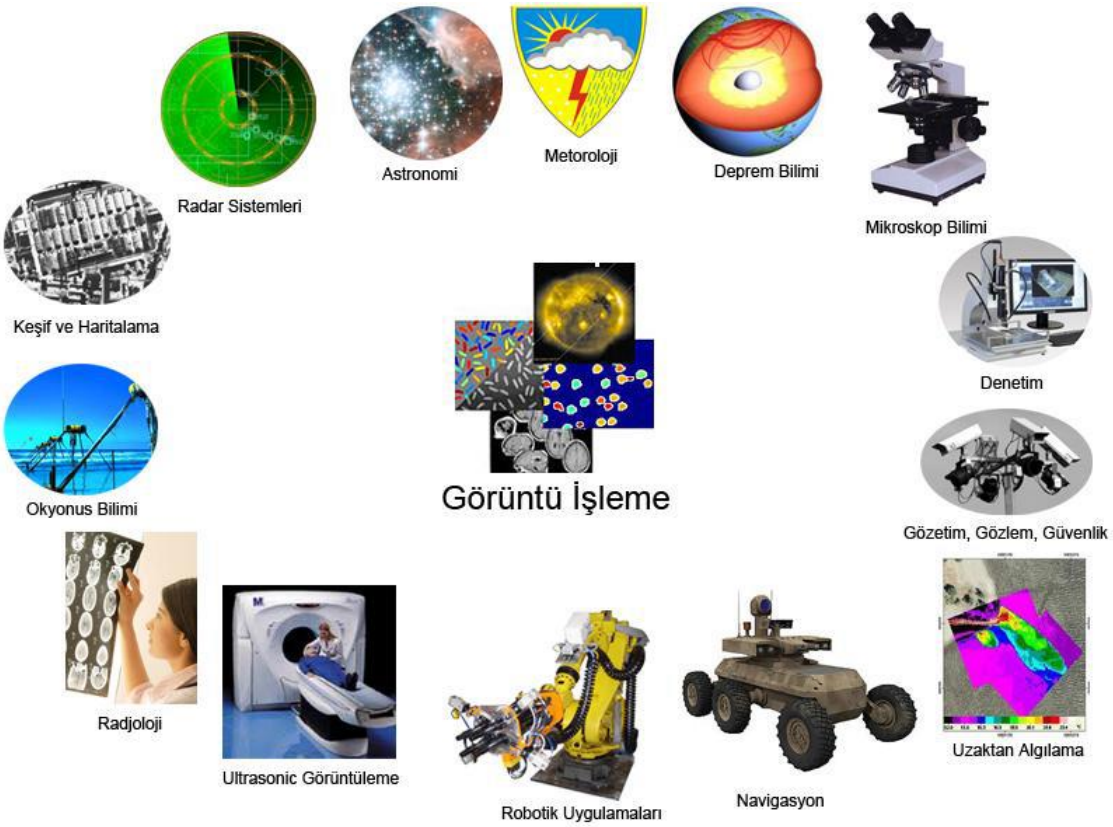



**Şekil 2.3.** a) 2 Bitlik dijital görüntü b) Görüntüdeki gri tonlara karşılık sayısal değerler c) Gri ton değerleri [18]

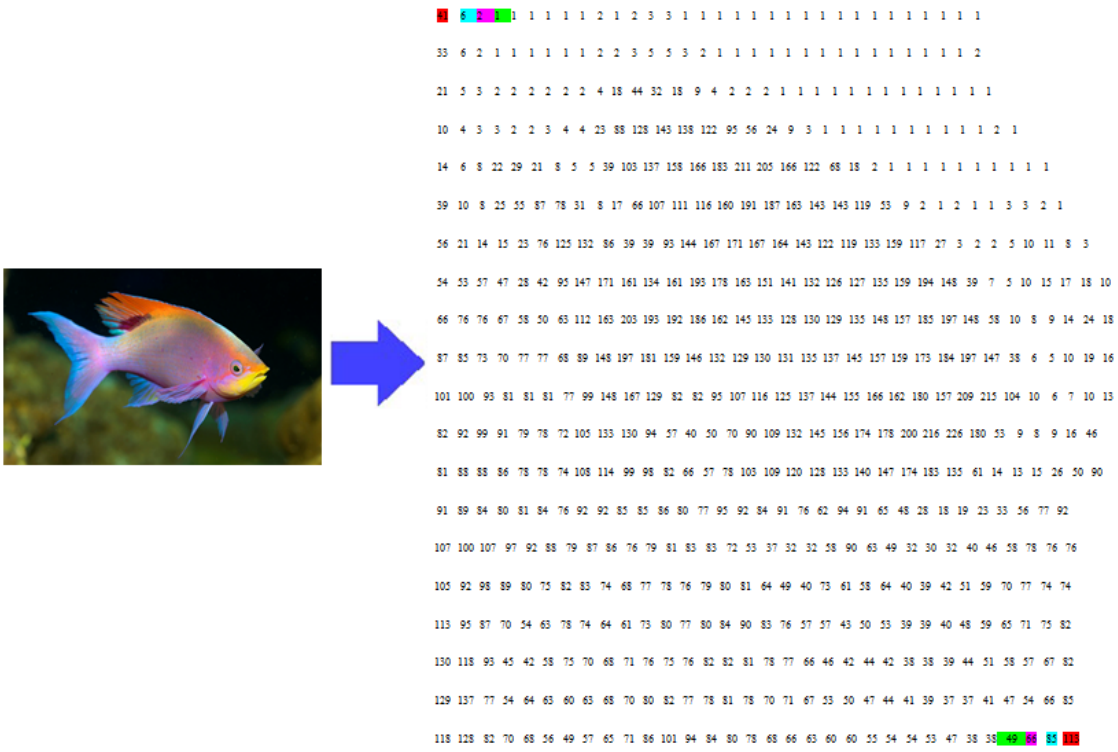
## 2.4. Dijital Görüntü İşlemenin Kullanım Alanları

Görüntü işlemenin kullanım alanları günden güne artış göstermektedir. Bunlar; savunma sanayi, tasarım, imalat, tıp, astronomi, elektronik, gıda, makine, mimari, uzaktan algılama ve parmak izi tanıma gibi birçok alanı kapsamaktadır. İnşaat mühendisliği alanında dijital görüntü işleme yöntemleri, yol üst yapısı gerilmelerinin ölçülmesinde, betonun mikro yapısının incelenmesinde, yapı elemanları ve zemin deformasyonlarının hesaplanmasında, partikül şekil ve büyüklüklerinin incelenmesinde kullanılmaktadır.

Gelişmiş görüntü işleme teknikleri yardımı ile daha kısa sürede ve verimli bir biçimde bu uygulamaların gerçekleştirilmeleri mümkün olmuştur [28].




**Şekil 2.4.** Dijital görüntü işlemenin kullanım alanları [30]



**Resim 2.2.** Orjinal ve dijital görüntü [9]

## 2.5. Görüntü İşlemede Temel Kavramlar

### 2.5.1. Piksel

Ekranda oluşturulan görüntüler noktalardan oluşur. Noktalar kare şeklindedir. Çok yakından bakıldığı veya görüntü büyütüldüğü zaman bu noktalar fark edilebilir. Piksel kare şeklinde görüntünün en küçük birimidir yani ekranda kontrol edilebilen en küçük noktalardır.

Sayısal görüntüler yan yana gelen pikseller topluluğundan oluşmaktadır. İki boyutlu uzayda sayısal görüntü satır ve sütunların kullanıldığı matris şeklinde tanımlanır. Matrisin her bir elemanına satır ve sütun kesişim noktalarında a(x, y) şeklinde ulaşılır. Pikselin kendi başına en ve boy değerleri yoktur. Dikdörtgen biçimindeki tek bir piksel 1x1 mm, 1x1 cm ya da 3x2 m olabilir. Aksi belirtilmedikçe piksellerin en ve boy oranı eşittir. Çözünürlük ise boyut tanımlamalarında ek olarak belirtilen bir kavramdır. Kendi başlarına boyut sahibi olmayan piksellerin boyutu belirlendiğinde uzunluk biriminde kaç piksel bulanacağı da belirlenmiş olur.

Bir piksel kırmızı, yeşil ve mavi renklerin karışımından oluşur. Kapladığı alan ne olursa olsun görüntü birimi olan her piksel sadece tek bir renk değeri içerebilir. Piksel yoğunluğu arttırılırsa görüntü netleşir. Ancak çok fazla arttırıldığında dosyanın kapasitesinin artmasına neden olur. Tüm kesme, yapıştırma, yer değiştirme işlemlerinin tamamı piksellere uygulanır.

### 2.5.2. Parlaklık

X ve y uzaysal boyutlar olmak üzere I(x,y), x ve y koordinatlarındaki pikselin parlaklık değerini gösterir.

### 2.5.3. Ayrıklaştırma

Analog görüntünün sayısal sistemde ifade edilebilmesi için önce uzaysal boyutlarda sonlu sayıda ayrık parçaya bölünmesi (örnekleme, sampling), sonrada her bir parçadaki analog parlaklık değerinin belirli sayıda ayrık sayısal seviyelerden biri ile ifade edilmesi (kuantalama, quantizing) gerekir.

### 2.5.4. Nokta ve Nokta Aralığı

Pikseli oluşturan kırmızı, mavi veya yeşil renklerinden her birine nokta (dot) denir. Bir pikseldeki renklerin birbirine olan mesafesine nokta aralığı (dot pitch) denir.

### 2.5.5. Çözünürlük

Çözünürlük, uzunluk biriminde birbirinden ayırt edilebilen nokta sayısıdır yani bir defa da ekranda görüntülenebilen piksel sayısıdır. Örneğin 800x600 ifadesi ile, 800 sütun ve 600 satır kullanıldığı anlaşılır, bunların çarpımı olan 480000 sonucu toplam piksel sayısını verir. Çözünürlük hesaplarında uzunluk birimi olarak inç veya santimetre kullanılır.

### 2.5.6. Uzaysal Frekanslar

Uzaysal Frekanslar; uzaysal boyutlarda belirli bir mesafede parlaklık değerinin değişim sıklığını ifade eder.

# 3. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, dijital bir resim haline getirilmiş olan gerçek yaşamdaki görüntülerin, bir girdi resim olarak işlenerek, o resmin özelliklerinin ve görüntüsünün değiştirilmesi sonucunda yeni bir resmin oluşturulmasıdır. Kısacası insan görme sisteminin yaptığı işlemlerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye çalışılmasıdır. Başka bir ifadeyle sensörlerden gelen görüntünün bilgisayara aktarılıp üzerinde herhangi bir işlem yapılması ve ardından görüntüleyici çıkışa iletilmesi işlemidir [17].

Görüntü işleme yöntemleri görüntünün elde edilmesi, sayısallaştırılması, bölümlenmesi, iyileştirilmesi, sınıflandırılması, kaydedilmesi ve yeniden çağrılması gibi birçok işlemi kapsar.

Görüntü işlemede kullanılan temel yöntemler [17];

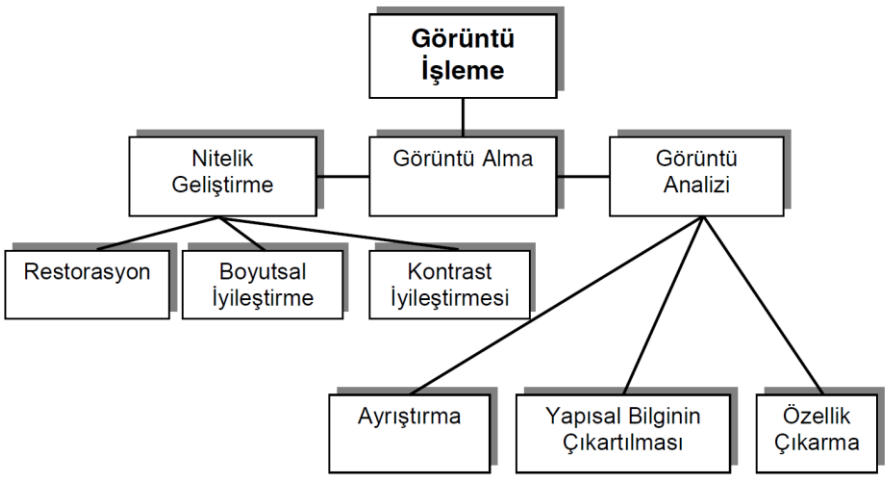
- ✓ Geometrik dönüştürme; boyutlandırma, büyütme, küçültme ve döndürme gibi işlemler,
- ✓ Renk düzeltme; parlaklaştırma, keskinlik ayarı, renk dönüştürme gibi işlemler,
- ✓ Sayısal karıştırma veya optik karıştırma: iki veya daha fazla görüntüyü birleştirme,
- ✓ Görüntü düzenleme; görüntünün kalitesini yükseltme ve görüntü netleştirme,
- ✓ Sabit cisimleri tespit ederek iki boyutlu nesne tanıma,
- ✓ Parazit oluşturma,
- ✓ İstatistiksel bilgiler çıkarma,
- ✓ İşlem ve filtre seçenekleri,
- ✓ Görüntü üzerinde birtakım bilgileri gizleme,
- ✓ Kayıpsız görüntü sıkıştırma,
- ✓ Diğer matematiksel ve morfolojik işlemler,
- ✓ Görüntü anlama,

Yöntemleri olarak sıralanabilir.

## 3.1. Görüntü İşleme Teknikleri

Sayısal görüntü işleme bir görüntünün ve özelliklerinin değiştirilmesi için kullanılan çok çeşitli teknikleri içerir. En basit düzeyde, görüntü işleme görüntüdeki piksellerin fiziksel olarak yerlerinin değiştirilmesi ile gerçekleştirilir. Görüntü analiz sistemi temel

olarak; görüntü alma elemanı, görüntü işleme elemanı ve işlenen görüntünün gösterilmesi için kullanılan eleman olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.




**Şekil 3.1.** Görüntü işleme uygulamasının tipik aşamaları [10]

Farklı görüntü işleme algoritmaları geniş alt sınıflara ayrılarak incelenebilir. Farklı görevler ve problemler için farklı algoritmalar mevcuttur [19].

Görüntü iyileştirme (Image Enhancement) algoritmaları, özel bir uygulama için daha uygun bir sonuç üretmek amacı ile görüntüde yapılan işlemler olup, iyileştirme (Enhancement) algoritmaları olarak adlandırılır. Örneğin; görüntüdeki bulanıklığın giderilmesi, keskinleştirme, kenarların belirginleştirilmesi, görüntüdeki zıtlığın yanısıra parlaklığın arttırılması veya gürültünün kaldırılması gibi uygulamalardır [20].

Bu gruptaki teknikler nokta işlemleri olarak da bilinir. Çünkü görüntüde piksel piksel değişiklik yapmak için nokta işlemleri kullanılır. Her piksel değeri bir önceki pikselin değerine bağlı olan yeni bir piksel ile yer değiştirilir. En önemli nokta işlemleri thresholding, adaptive thresholding, contrast stretching ve histogram eşitleme olarak belirtilebilir.

Görüntünün onarımı (Restoration) için geliştirilen algoritmalar ise bilinen bir nedenden dolayı zarar görmüş olan görüntüde düzeltme işlemlerinin yapılabilinmesi işlemidir. Örnek olarak, düzgün hareketten dolayı oluşan bulanıklığın kaldırılması, optik bozulmaların kaldırılması ve periyodik etkilenmelerin kaldırılması için geliştirilen algoritmalar gösterilebilir.

Görüntü bölümleme algoritmaları, bir görüntüdeki elementlerin veya nesnelerin gruplandırılması, sınıflandırılması için kullanılır. Bölümleme bir görüntüdeki çizgileri,

daireleri ya da arabalar, yollar, binalar gibi belirli şekillerin ele alınıp incelenmesi için yapılan bir gruplandırmadır.

Görüntü sıkıştırma ise sayısal bir görüntüyü sıkıştırmak için ihtiyaç duyulan bellek miktarını azaltmak amacı ile yapılan görüntü işleme tekniklerdir.

Görüntü analizi veya desen tanıma gibi işlemler için geliştirilen algoritmalar ise görüntü manipülasyonu grubu altında incelenir.

Morfolojik ve sayısal filtreleme teknikleri diğer önemli görüntü işleme teknikleridir. Morfolojik işlemler genellikle gürültüyü azaltmak, sınırları belirginleştirmek veya görüntüdeki iskeleti belirlemek gibi işlemler için kullanılır [19].

## 3.2. Dijital Görüntü İşleme Adımları

### 3.2.1. Niteliklendirme

Görüntünün piksel değerlerinin belirli aralıklarda olması, meydana gelen görüntünün niteliğini değiştirir. Örneğin 0 beyazı ve n-1 de siyahı temsil ederse ve bu değerler arası gri tonlarını ifade eder. Burada n= 2^b olmak üzere, b değeri görüntünün 1 pikselini ifade etmek için gereken bit sayısıdır. Örneğin b=8 ise 256 adet gri tonu bulunmaktadır. Eğer b=1 ise görüntü sadece 0 ve 1'lerden oluşur ve bu görüntüye binary görüntü denir.

### 3.2.2. Eşikleme

Eşikleme, görüntü işlemede kullanılan tekniklerden biridir. Sayısal bir görüntünün eşikleme işlemine tabi tutulmasındaki amaç, görüntünün özelliklerini belirlemede kolaylık sağlamaktır. Değişik gri ton seviyelerine sahip bir resmi binary şekle, yani siyah ve beyaz renkte göstermek üzere görüntü iki renk ile ifade edilebilir biçime getirilir. Görüntüyü eşikleme işlemine tabi tutmadan önce bir eşik değeri saptanır. Eşik değerinden daha yüksek gri seviye değerine sahip olan piksellere 1 değeri, daha küçük değerlere sahip olan piksellere ise 0 değeri ataması yapılarak, görüntü daha basit bir biçime, yani siyah ve beyaz şekle getirilmiş olur [13].

### 3.2.3. Histogram

Histogram, görüntünün içerdiği piksel değerlerinin ağırlığını belirten grafiksel bir gösterim yani bir görüntüdeki renk değerlerinin sayısını gösteren grafiktir.

Görüntüyü iyileştirmek için, görüntünün histogramının geniş alana yayılması gerekmektedir. Bu durum iki yöntem ile gerçekleştirilebilir.

1- Histogram Eşitleme ( Histogram Equalization)

2- Histogram Germe - Kontrast germe (Histogram streching): Histogram germe, histogram değiştirmenin özel bir halidir.

### 3.2.3.1. Histogram Eşitleme

Bir görüntüdeki renk değerlerinin belli bir yerde toplanmış olmasından kaynaklanan, renk dağılımı bozukluğunu gidermek, dağınık piksel dağılımı olan görüntüden, daha net bir görüntü elde edebilmek için histogramın daha ayrık ve düzgün bir yapıya gelmesi sağlanmalıdır. Bu işlem histogram eşitleme ile yapılmaktadır. Bir görüntüde histogram eşitleme işleminin gerçekleştirilme safhaları aşağıda verildiği gibidir:

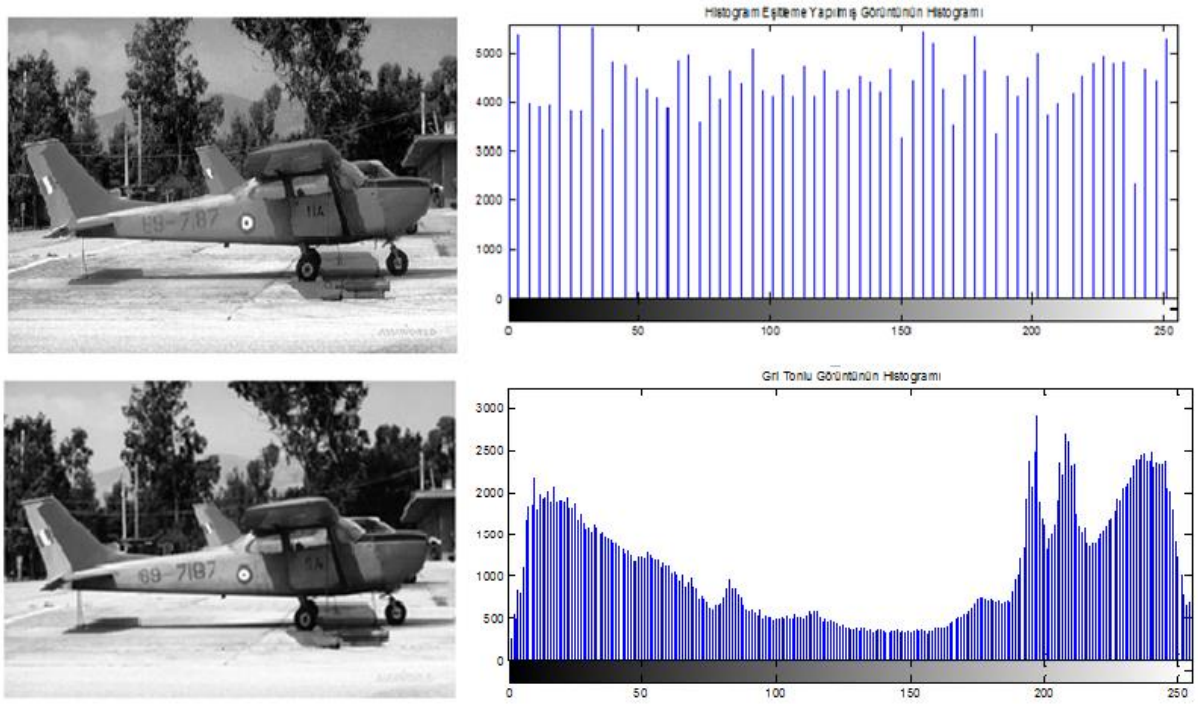
1- Görüntünün histogramı bulunur (her gri seviye için piksel sayısı grafiği).

2- Histogramdan yararlanılarak kümülatif histogram bulunur. Kümülatif histogram; histogramın her değerinin kendisinden öncekiler ve kendisinin toplamı ile elde edilen değerleri içeren büyüklüktür.

3- Kümülatif histogram değerleri normalize edilip (toplam piksel sayısına bölünerek), yeni görüntüde olmasını istediğimiz maksimum renk değerleri ile çarpılır, çıkan değer tam sayıya yuvarlanır. Böylece yeni gri seviye değerleri elde edilmiş olur.

4- Eski (Orjinal) gri seviye değerleri ile, 3. adımda elde edilen gri seviye değerleri biribirine karşılık düşürülür ve yeni histogram grafiği çizilir [7].

Resim 3.1'de histogram eşitleme işlemi öncesi ve sonrasındaki görüntüleri ile histogramları verilmiştir.




**Resim 3.1.** Görüntü işlemede histogram eşitleme yardımı ile görüntünün belirginleştirilmesi [9]

### 3.2.3.2. Histogram Germe

Histogramı dar bir alana yayılmış görüntülerin, kontrastlarını iyileştirmek için uygulanan genel bir yöntemdir. Temel işlevi histogramı geniş bir bölgeye yaymaktır. Görüntü germe işlemi için en uygun Matlab fonksiyonu olan 'imadjust'; temel parlaklık işleme fonksiyonudur. Gri skala görüntülerinde parlaklık seviyesi dönüşümü yapar.

# 4. MATLAB İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME UYGULAMALARI VE BETON YAPILARDA ÇATLAKLARIN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE TESPİT EDİLMESİ

## 4.1. Dijital Görüntü İşlemede Matlab Uygulaması

Matlab Mathworks firması tarafından geliştirilen bir uygulama geliştirme ortamıdır. Matlab MATrix LABoratory kelimelerinin kısaltılmasıdır. Matlab kod yazılarak programlama yapılabilen uygulama geliştirilebilen bir platformdur [15]. Matlab bir teknik programlama dili ve ortamıdır. Kontrol sistemlerinden haberleşmeye, istatistikten finansal analizlere kadar bir çok uygulama alanına yönelik hazır algoritma ve fonksiyona sahip olan Matlab'ın görüntü işlemeye yönelik fonksiyonları ve gereçleri mevcuttur. Bu gereçler sayesinde Matlab görüntü işleme uygulamaları geliştirilmesinde en çok tercih edilen uygulama ortamlarından biri olmuştur. [8]

Matlab görüntü işleme fonksiyonları işlevlerine göre şu şekilde gruplara ayrılabilir;

- ✓ Görüntü yükleme fonksiyonları: Görüntü dosyalarını Matlab ortamına aktarmak için kullanılırlar.
- ✓ Görüntü fonksiyonları: Görüntü matrislerini ekranda resim olarak görüntülemek için kullanılırlar.
- ✓ Görüntü yazma fonksiyonları: Görüntü matrisini dosya olarak kaydetmek için kullanılırlar.
- ✓ Görüntü dönüşüm fonksiyonları: Görüntü türlerini birbirine dönüştürmek için kullanılırlar.
- ✓ Uzamsal dönüşüm fonksiyonları: Görüntü üzerine uzamsal işlemler yapmak için kullanılırlar.
- ✓ Görüntü analizi ve istatistik fonksiyonları: Görüntü analizi gerçekleştiren ve istatistik değerler çıkaran fonksiyonlardır.
- ✓ Görüntü aritmetiği fonksiyonları: Görüntüler için aritmetiksel işlemler yapılmasını sağlarlar.
- ✓ Görüntü düzenleme ve iyileştirme fonksiyonları: Görüntüyü iyileştirmek için kullanılırlar.
- ✓ Doğrusal filtreleme ve dönüşüm fonksiyonları: Doğrusal filtre oluşturma ve uygulamak için kullanılırlar.

- ✓ Biçimsel işlem fonksiyonları: Görüntü türüne göre biçimsel işlemler yapmak için kullanılırlar.
- ✓ Alan tabanlı, komşuluk ve blok işlem fonksiyonları: Görüntünün bir bölümü için işlem yapılmasını sağlayan fonksiyonlarıdr.
- ✓ Renk haritası fonksiyonları: Renk haritaları ile ilgili işlemleri gerçekleştiren fonksiyonlardır [11].

Teknik programlama için tasarlanmıs yüksek performanslı dil olan Matlab ile;

- ✓ Matematiksel hesaplamalar,
- ✓ Algoritma geliştirme,
- ✓ Veri elde etme,
- ✓ Modelleme, simülasyon ve prototipleme,
- ✓ Veri analizi,
- ✓ Bilimsel grafikleme,
- ✓ Uygulama geliştirme,

Yapabilmek mümkündür.

**Tablo 4.1.** Matlab'ın desteklediği önemli görüntü formatları

| FORMAT ADI | TANIMLAMA | UZANTILARI |
|---|---|---|
| TIFF | Etiketli görüntü dosyası formatı | .tif, .tiff |
| JPEG | Ortak grup | ,jpg, .jpeg |
| GIF | Grafik değişim grubu | .gif |
| BMP | Windows bitmap | .bmp |
| PNG | Portable network graphics | .png |
| XWD | X window dump | .xwd |

## 4.2. Matlab'da Görüntü Çeşitleri

### 4.2.1. Binary Görüntü

Bir resmin sayısallaştırılmasının incelenebilmesi için öncelikle siyah - beyaz resim göz önünde bulundurulur. Siyah - beyaz görüntü sadece iki gri değerden oluşan bir resimdir. Böyle bir görüntüde her bir piksel ya siyah ya da beyaz olarak oluşur. Sembolik olarak beyaz pikseller 1, siyah pikseller 0 değeri ile gösterilir [14]. Yani binary görüntünün elemanları, 0 (siyah) veya 1 (beyaz) gibi lojik diziden oluşmaktadır.

### 4.2.2. Gri Düzeyli Görüntü

Bir gri düzeyli görüntü, veri matrisi şeklindedir. Matris elemanları piksellerin parlaklık şiddetini gösterir. Bir gri seviye görüntünün uint8 veya uint16 sınıfında gösterimi, elemanların [0 , 255] ve [0 , 65535] arasındaki tamsayılar ile ifadesi anlamındadır.

Eğer image double sınıfında ise, bu değerler kayan - nokta sayılardır. Double sınıflı scala değerli gri seviye görüntülerde eleman değerleri 0 ile 1 arasında değişir.

Gri düzeyli bir görüntü farklı gri seviye değerlerinden oluşur. Gri değerler; [0 , 255] aralığında bulunmaktadır. Gri düzeyli bir görüntüde 256 tane farklı gri ton değerleri mevcuttur. 0 değeri siyah, 255 değeri ise beyaz renge karşılık gelir. 0 ile 255 arasındaki değerler ise gri seviyelere karşılık gelmektedir.

### 4.2.3. İndekslenmiş Görüntü

Görüntü iki matris ile ifade edilir. Birincisi renkleri belirten indeks map, diğeri ise görüntünün ilgili pikseldeki rengi belirleyen (color map) görüntü matrisidir.

Bilgisayar ekranında görülen tüm renkler üç ana rengin belirli oranlarla karışımından oluşmaktadır. Işıktaki ana renkler RGB; kırmızı, yeşil ve mavidir. Literatürde toplamsal renkler olarak geçer. İndekslenmiş görüntülerin bir renk paleti vardır. Bu palet üç adet kolonu olan ve her satırın o bir rengin RGB değerini içerdiği bir matristir. Dolayısıyla her piksel, bu tabloda bir indeks değeri içerir. Değişik renk paletleri kullanılarak bir görüntü farklı formatlarda ifade edilebilir.

### 4.2.4. RGB Görüntü

Görüntü boyutu MxNx3'tür. Her bir renk katmanı, ilgili piksel için o rengin oranını verir. En az iki rengin bir araya gelmesi ile ara renkler olan; mor (magenta), açık yeşilimsi (cyan), ve sarı (yellow) renkleri oluşmaktadır. Bunlardan ana renkler ile geliştirilen modele RGB, ara renkler ile geliştirilen modele ise CMY adı verilmektedir.

## 4.3. Matlab'da Görüntü Formatları Dönüşümü

Tablo 2'de görüldüğü gibi Matlab bilgisayar programında kullanılan, görüntülere uygulanabilecek farklı formatlara dönüşüm kodları verilmiştir.

**Tablo 4.2.** Formatlar arası dönüşüm kodları

| OPERASYON | MATLAB COMMAND |
|---|---|
| intensity/indexed/RGB format arasından binary formata dönüştürme | dither() |
| İntensity format arasından indexed formata dönüştürme | gray2ind() |
| İndexed format arasından intensity formata dönüştürme | ind2gray() |
| İndexed format arasından RGB formata dönüştürme | ind2rgb() |
| Düzenli bir matrisi ölçekleme ile intensity formata dönüştürme | mat2gray() |
| RGB format arasından intensity formata dönüştürme | rgb2gray() |
| RGB format arasından indexed formata dönüştürme | rgb2ind() |

## 4.4. Yüksek Sıcaklığa Maruz Kalmış Beton Yapıların Davranışı

### 4.4.1. Yüksek Sıcaklık Kaynakları

Yüksek sıcaklık kaynakları olarak; yapıya ve malzemeye zarar veren, hasara yol açan yüksek sıcaklık kaynakları olarak, yangın, özel üretimlerden dolayı endüstri fırın bacalarında görülen sıcaklık ve hava alanı pistlerinde sürtünmenin sebep olduğu ısınmalar gösterilebilir [22].

### 4.4.2. Yüksek Sıcaklığın Betonarme Yapılara Etkisi

Çelik ve beton yanıcılık açısından A1 sınıfı yani “hiç yanmaz” grubuna girerler. Ancak bu malzemelerin yangın hasarı malzeme kaybı olarak değil, akma sınırı ve elastisite modülündeki azalmalar ve içyapı değişiklikleri olarak ortaya çıkar [23].

Betonun diğer yapı malzemelerine göre en önemli bazı avantajları sıralandığında istenilen şekil ve boyutlarda üretilebilmesi, yüksek basınç dayanımına sahip olması, çelik donatı ile iyi aderansa sahip olması, diğer taşıyıcı malzemelere kıyasla yüksek sıcaklık ve yangın etkisine daha dayanıklı bir malzeme olması gibi özellikleri söylenebilir [24]. Beton,

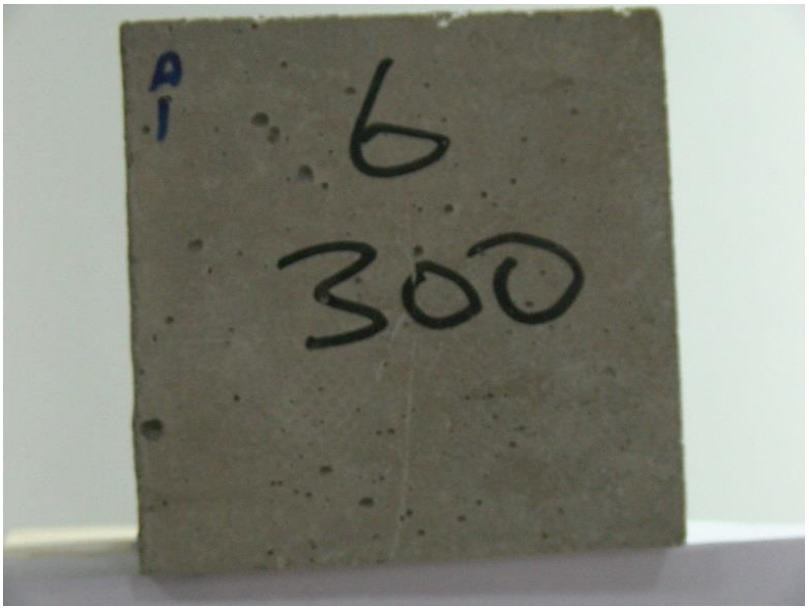
yanmayan madde oluşu, belirli bir süre için önemli bir zarar görmemesi ve zehirli duman çıkarmaması ile yangın direnci yüksek bir malzemedir [25]. Ancak bu dayanıklılık, sınırlı süre ve belirli sıcaklıklar için geçerlidir. Yüksek sıcaklıklar betonda, dış yüzeylerde ayrışmaya, kabuk halinde dökülmeye neden olmaktadır. Betonarme elemanlarda çatlakların oluşumu daha çok ek yerlerinde, betonun iyi sıkıştırılmamış bölgelerinde görülmektedir [26]. Deneysel çalışma için hazırlanan beton numuneleri farklı sıcaklık değerlerine maruz bırakılarak, gerekli incelemeleri yapılmıştır. Buna göre 300°C sıcaklığa ulaşan beton numuneleri üzerinde mikro çatlaklıklar olduğu gözlenirken 300°C'nin üzerinde sıcaklığa maruz kalan numunelerde gözle görülebilir çatlak boyutları farklılıkları oluşmaktadır.

# 5. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasının yapılması için beton numunelerinin hazırlanması, deney düzeneğinin kurulması ve gerekli materyal seçimlerinin yapılması gerekmektedir. İlk aşama olarak; deneysel çalışma için hazırlanan beton harcı 10cmx10cmx10cm'lik kalıplara dökülmüştür. Dökülen beton numuneleri 28 gün süresince 20 ± 2°C'deki su küründe bekletilerek yüksek sıcaklık kademelerine sahip ayarlı fırınlarda yüksek sıcaklığa maruz bırakılmıştır. İkinci aşamada ise; farklı mesafelerden fotoğraf çekimi yapabilmek için gerekli düzenek tasarımı yapılmıştır. Sonraki aşamada; elde edilen görüntüler Matlab bilgisayar programına aktarılarak görüntü işleme çalışmaları yapılmış olup beton yüzeyinde oluşan çatlak boyutları ölçülmüştür. Son olarak ise, dijital mikroskop yardımı ile beton numulerindeki çatlaklar ölçülerek bir önceki ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

## 5.1. Beton Numunelerinin Hazırlanması

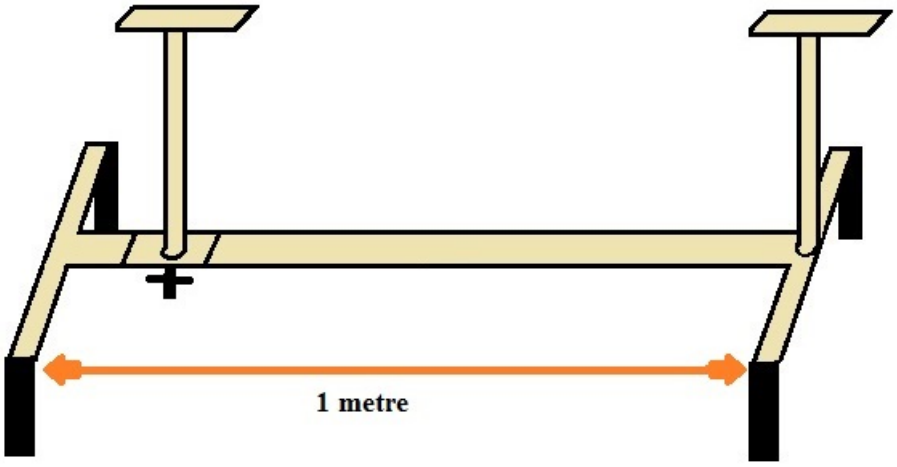
Uygulama çalışması için hazırlanan; 10cmx10cmx10cm'lik küp şeklindeki örnek beton numunesi Resim 5.1.'de görülmektedir. Beton numuneleri sulu ortamda 28 gün dinlendirildikten sonra 300°C, 600°C ve 900°C'de yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Beton yüzeyinde, sıcaklık etkisine bağlı olarak mikro ve makro çatlaklar oluşmaktadır.




**Resim 5.1.** Örnek beton numunesi

## 5.2. Deney Düzeneğinin Hazırlanması

10cmx10cmx10cm'lik küp şeklindeki örnek beton numunesi ve Resim 5.2.'de verilen JVC GC-PX100 Dijital Full HD Video Kamera + Fotoğraf Makinası'nın konumunu sabitleyebilmek amacı ile Şekil 5.1.'de verilen deney düzeneği tasarlanmıştır. Dijital fotoğraf makinası düzenek üzerindeki sehpaya yerleştirilmiş olup, karşısındaki sehpaya da beton numunesi yerleştirilerek görüntüleri çekilmeye başlanmıştır. 1 metre uzunluğunda tasarlanan düzeneğin üst yüzeyine milimetrik şerit yerleştirilerek mesafe ölçümleri yapılmıştır. Beton numunesinin yerleştirildiği sehpa 20 cm aralıklar ile fotoğraf makinasına yaklaştırılmıştır. İlk mesafe olarak 1 metre alınıp, daha sonra sırası ile 80 cm, 60 cm ve 40 cm'den farklı zoom ayarları yapılarak yeni görüntüler çekilmiştir. Zoom ayarları olarak ise 7x, 5x, 4x, 3x ve 2x alınmıştır. Daha sonra alınan görüntüler Matlab bilgisayar programında işlenmek üzere bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

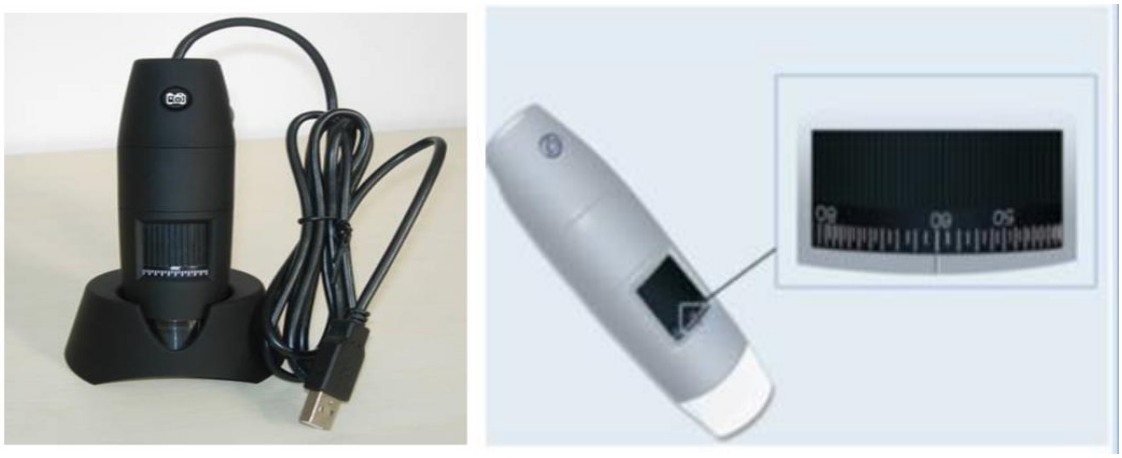



**Şekil 5.1.** Deney düzeneği tasarımı

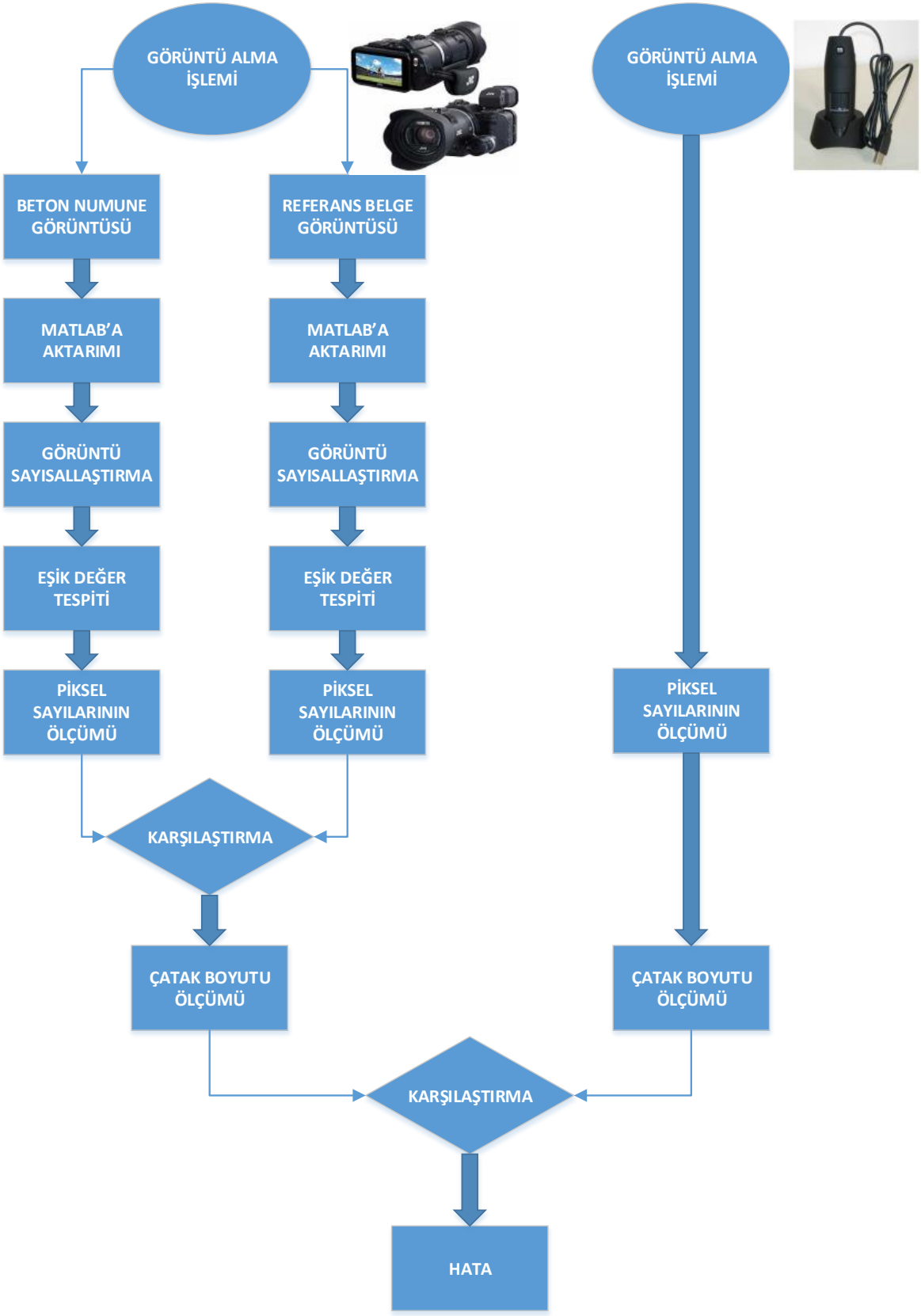


**Resim 5.2.** JVC GC-PX100 dijital full HD video kamera + fotoğraf makinası

Bilgisayar ortamına aktarılan farklı mesafe ve farklı zoom ayarlarında çekilmiş beton numune görüntüleri Matlab bilgisayar programında görüntü işleme adımlarına tabi tutularak gerekli incelemeler yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda beton yüzeylerindeki çatlak boyutları santimetre cinsinden hesaplanarak tablo halinde gösterilmiştir. Çalışma sonucunda ölçülen çatlak boyutlarının gerçek uzunluk değerleri ile karşılaştırma yapılabilmesi için Resim 5.3.'te görülen Easy Dijital Mikroskop kullanılmıştır. Kullanılan bu dijital mikroskopun çalışma aralığı 10x ile 200x zoom değerleri arasında olmasına rağmen beton numunelerindeki çatlakların net görüntülerinin alındığı, ölçeğin 60x zoom değerine ayarlanarak sabit tutulmuştur. Bölüm 5.3. ve Ek'lerde çalışmanın uygulama detayları anlatılmıştır.



**Resim 5.3.** Easy MiView USB dijital mikroskop

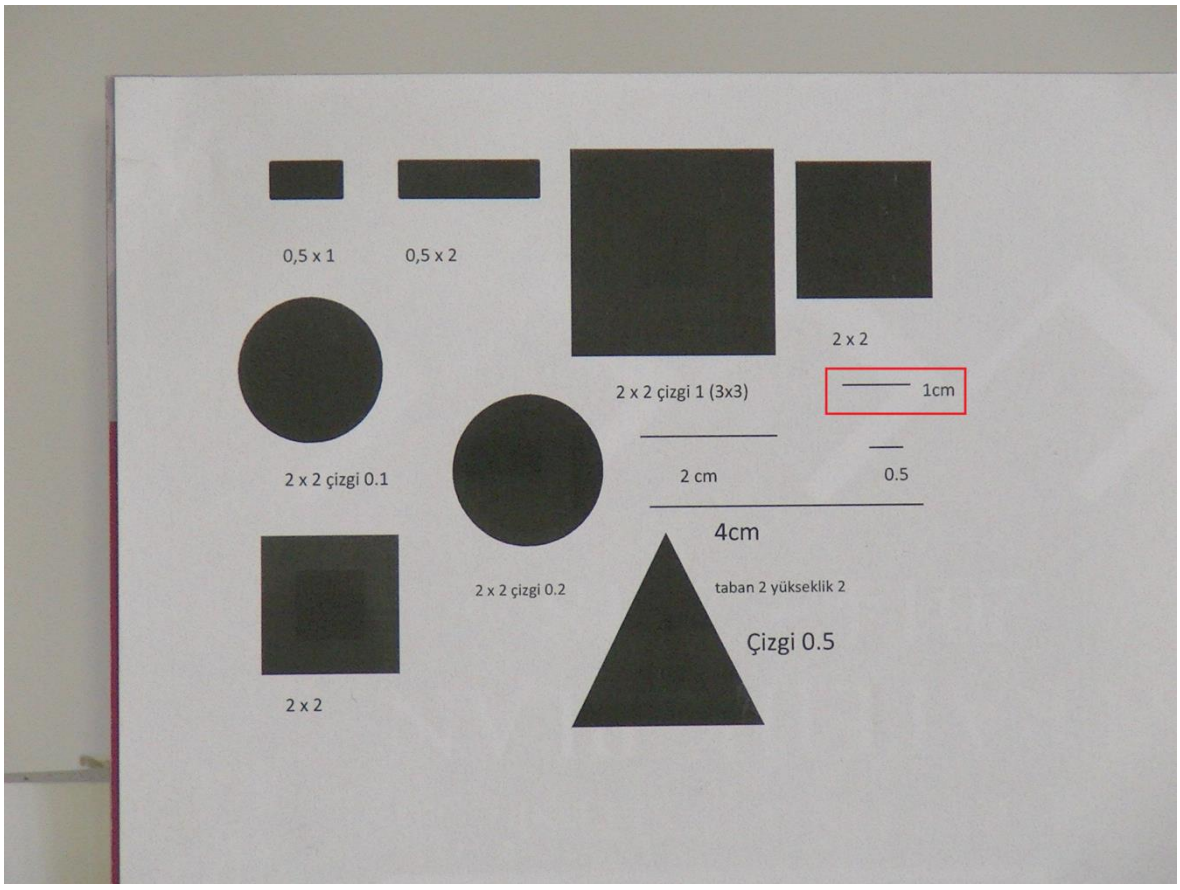



**Şekil 5.2.** Görüntü işleme çalışmasının şematik gösterimi

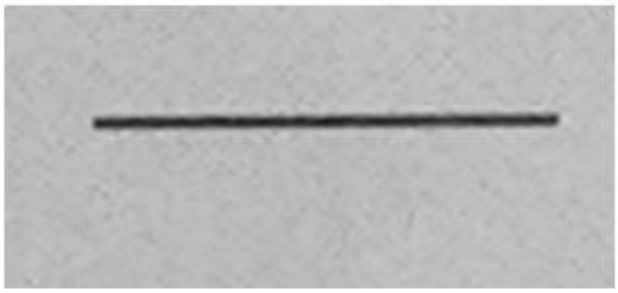
## 5.3. Matlab Uygulamaları

### 5.3.1. Referans Belgesinin Matlab Çalışması

1 m'den 7x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Resim 5.4.'te referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



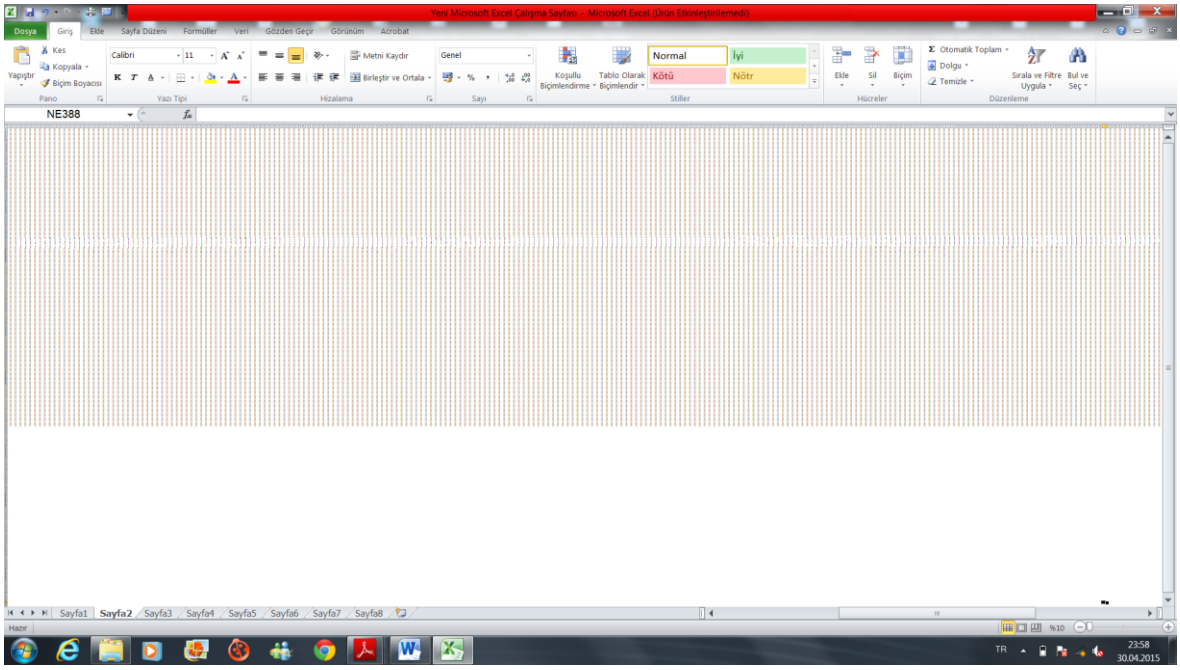

**Resim 5.4.** 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Resim 5.5.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Resim 5.6.** Eşik değeri 168 olarak atanmış görüntü



**Resim 5.7.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 1 metreden 7x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Resim 5.5.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 168 atandıktan sonraki görüntüsü Resim 5.6.'daki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Resim 5.7.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 235 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

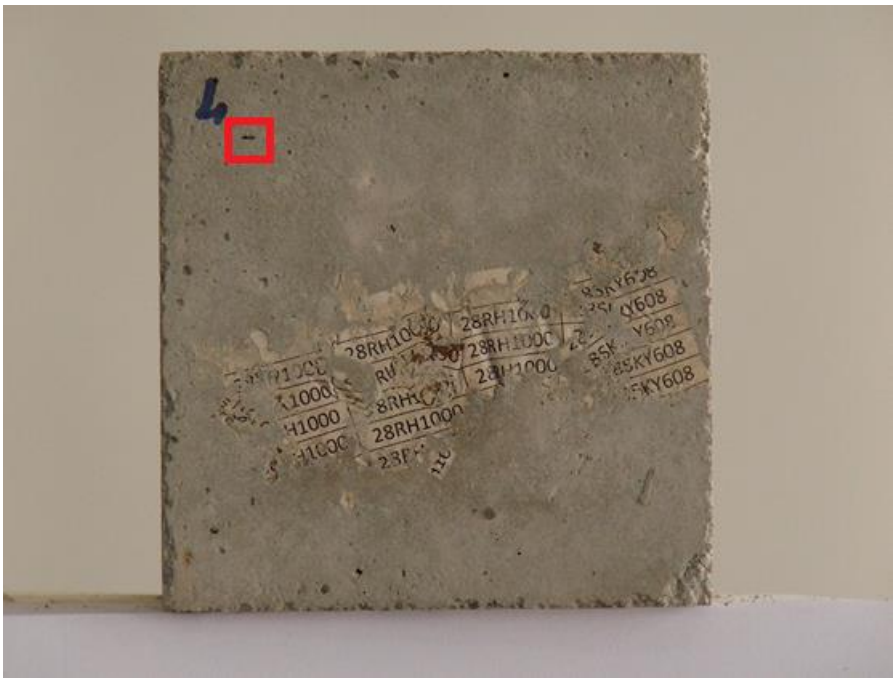
Ek - 1'de verilen farklı mesafe ve farklı zoom ayarı yapılarak çekilen referans görüntüsünün ölçülen piksel değerleri Tablo 5.1.'de verilmiştir.

**Tablo 5.1.** Referans belgenin piksel değerleri

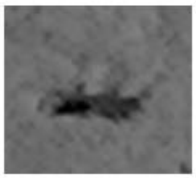
| Mesafe/Zoom | 7x | 5x | 4x | 3x | 2x |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 m | 235 | 167 | 131 | 105 | 78 |
| 80 cm | | 207 | 171 | 131 | 97 |
| 60 cm | | 276 | 230 | 188 | 134 |
| 40 cm | | | 348 | 250 | 205 |

### 5.3.2. 300°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması

1 metreden 7x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Resim 5.8.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.

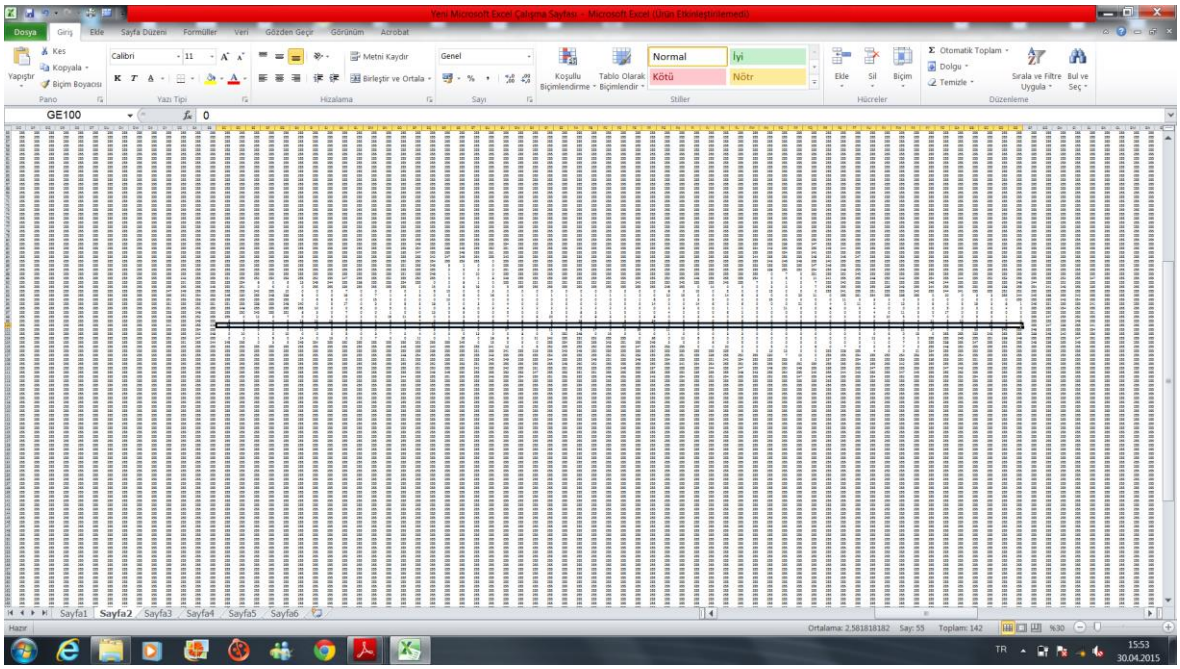



**Resim 5.8.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Resim 5.9.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)

**Resim 5.10.** Eşik değeri 71 olarak atanmış görüntü



**Resim 5.11.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 7x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Resim 5.9.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 71 atandıktan sonra yeni görüntü Resim 5.10.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Resim 5.11.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 71 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 55 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Bölüm 5.3.1.'de yapılan

çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 235 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(55 x 1) / 235 = 0,234 cm bulunur.

Resim 5.12.'de ise dijital mikroskop yardımı ile beton numunesi üzerinde belirlenen çatlağın gerçek uzunluğu ölçülerek 0,237 cm olarak bulunmuştur.




**Resim 5.12.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin mikroskop ölçümü

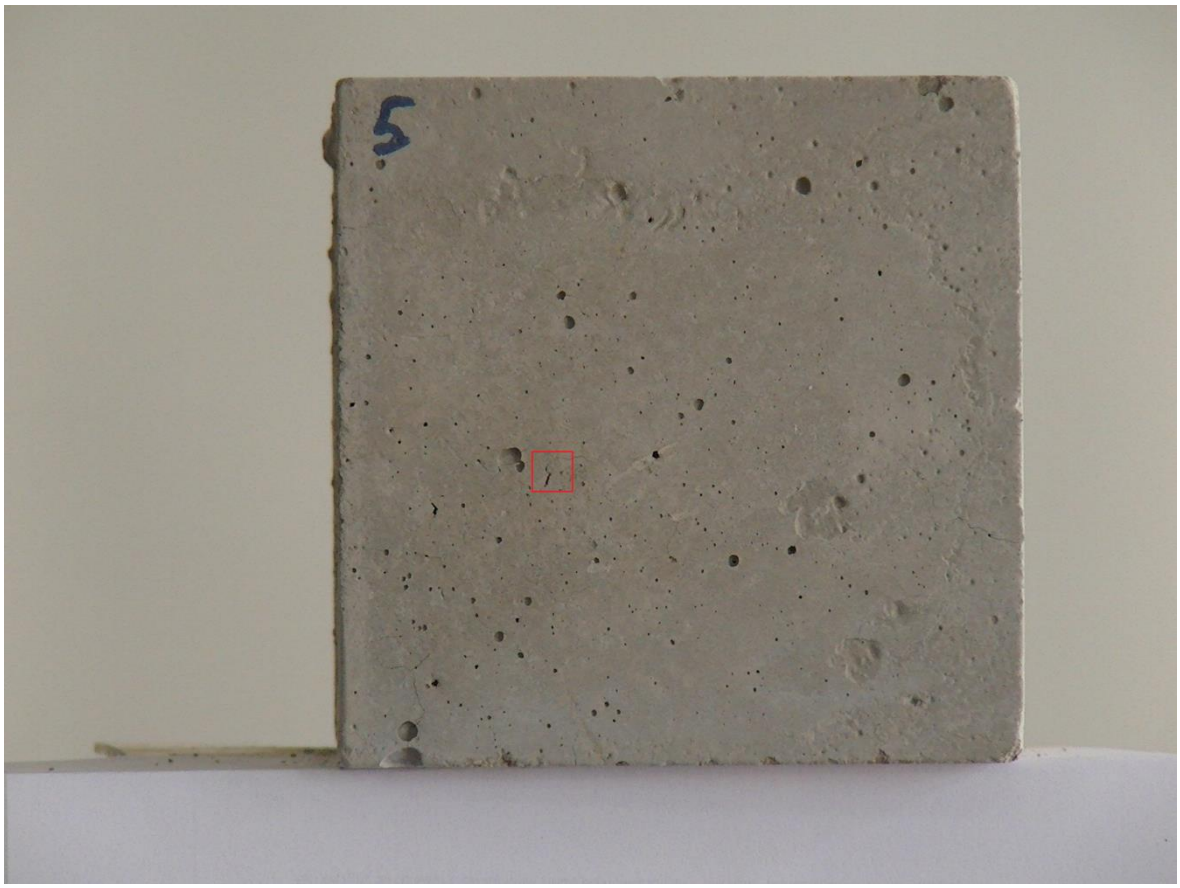
Ek - 2'de verilen farklı mesafe ve farklı zoom ayarı yapılarak çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsünün ölçülen piksel değerleri Tablo 5.2.'de verilmiştir.

**Tablo 5.2.** 300°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin ölçüm sonuçları

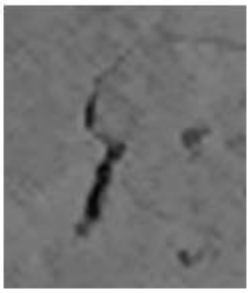
| Mesafe/Zoom | 7x | 5x | 4x | 3x | 2x |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 m | 0,234 cm | 0,305 cm | 0,297 cm | 0,286 cm | 0,256 cm |
| 80 cm | | 0,299 cm | 0,240 cm | 0,282 cm | 0,278 cm |
| 60 cm | | 0,326 cm | 0,196 cm | 0,244 cm | 0,261 cm |
| 40 cm | | | 0,233 cm | 0,356 cm | 0,312 cm |

### 5.3.3. 600°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması

1 metreden 7x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Resim 5.13.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



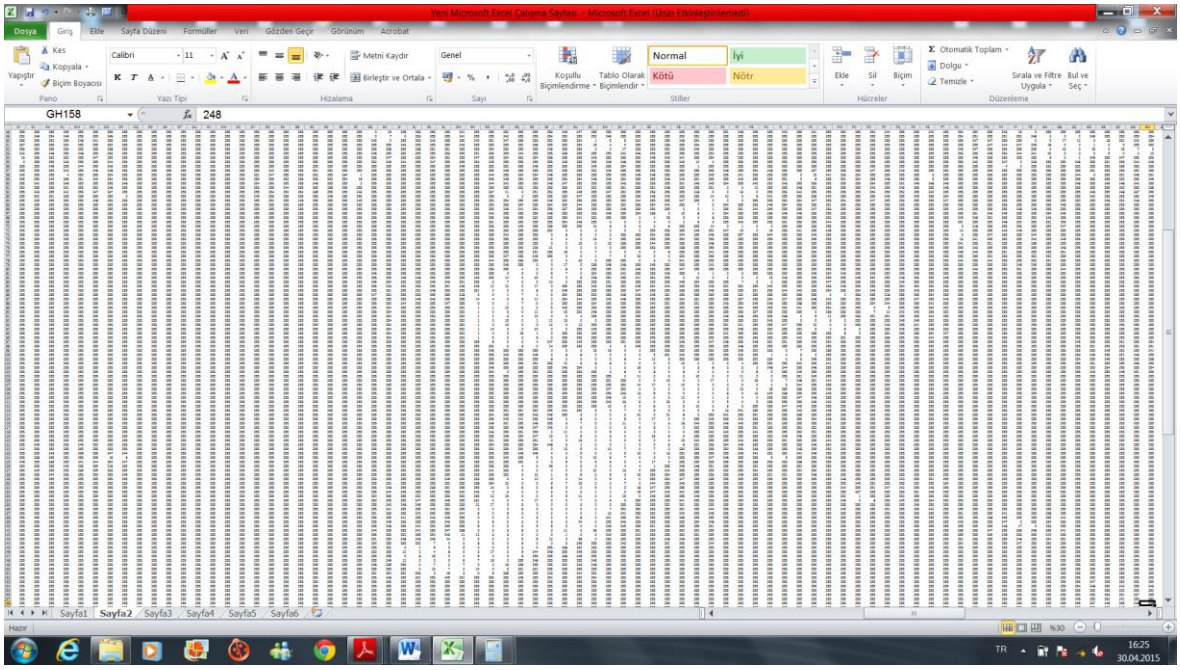

**Resim 5.13.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Resim 5.14.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Resim 5.15.** Eşik değeri 101 olarak atanmış görüntü

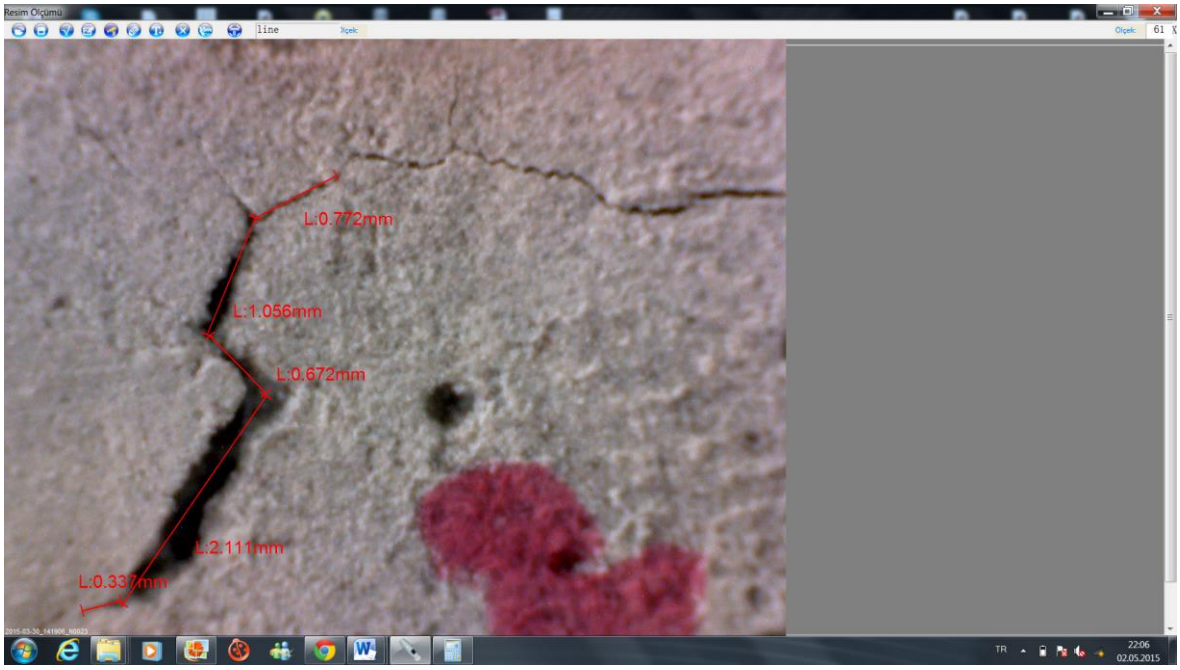


**Resim 5.16.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 7x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Resim 5.14.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 101 atandıktan sonra yeni görüntü Resim 5.15.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Resim 5.16.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 101 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 115 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Bölüm 5.3.1.'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 235 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(115 x 1) / 235 = 0,489 cm bulunur.

Resim 5.17.'de ise dijital mikroskop yardımı ile beton numunesi üzerinde belirlenen çatlağın gerçek uzunluğu ölçülerek 0,494 cm olarak bulunmuştur.




**Resim 5.17.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin mikroskop ölçümü

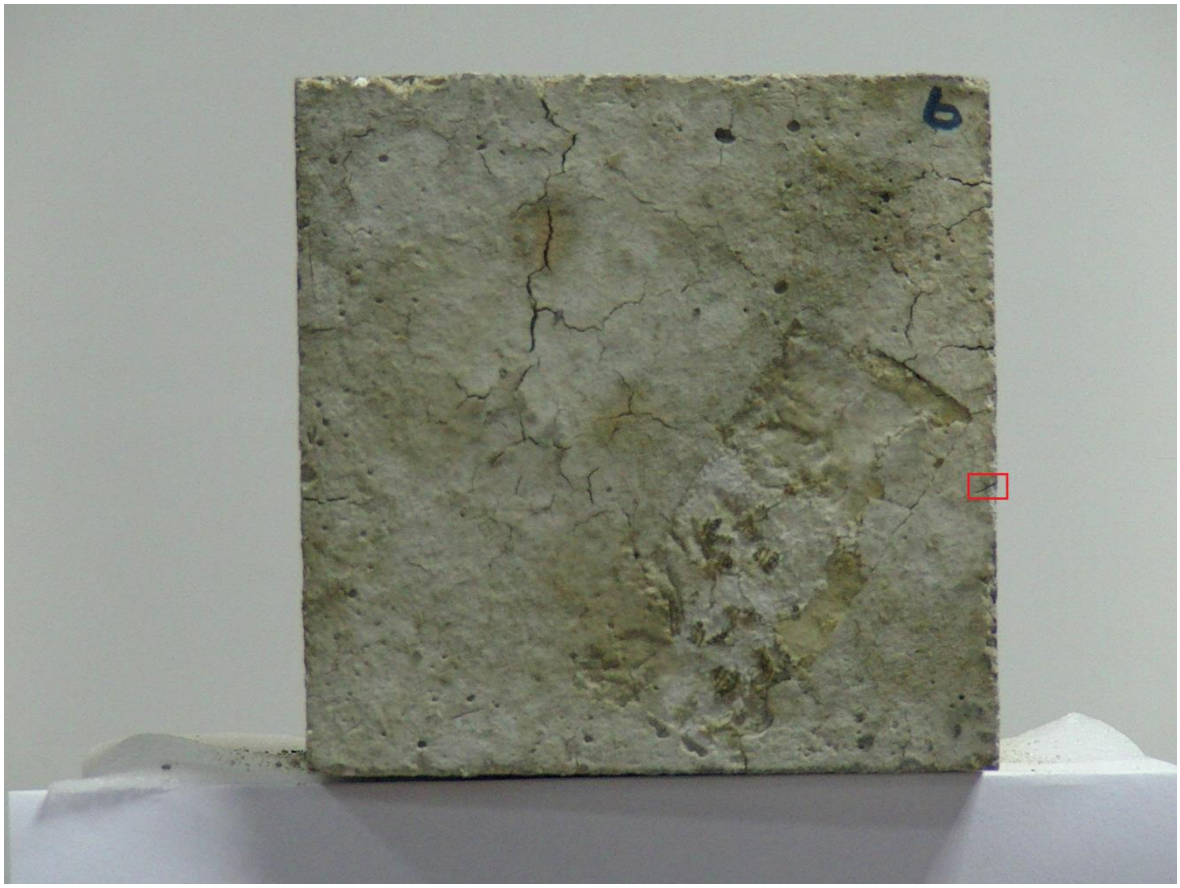
Ek - 3'te verilen farklı mesafe ve farklı zoom ayarı yapılarak çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsünün ölçülen piksel değerleri Tablo 5.3.'te verilmiştir.

**Tablo 5.3.** 600°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin ölçüm sonuçları

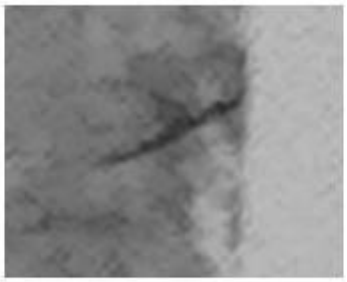
| Mesafe/Zoom | 7x | 5x | 4x | 3x | 2x |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 m | 0,489 cm | 0,589 cm | 0,431 cm | 0,538 cm | 0,480 cm |
| 80 cm | | 0,507 cm | 0,512 cm | 0,442 cm | 0,546 cm |
| 60 cm | | 0,371 cm | 0,206 cm | 0,351 cm | 0,516 cm |
| 40 cm | | | 0,444 cm | 0,460 cm | 0,404 cm |

### 5.3.4. 900°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin 0. Saat Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması

1 metreden 7x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Resim 5.18.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



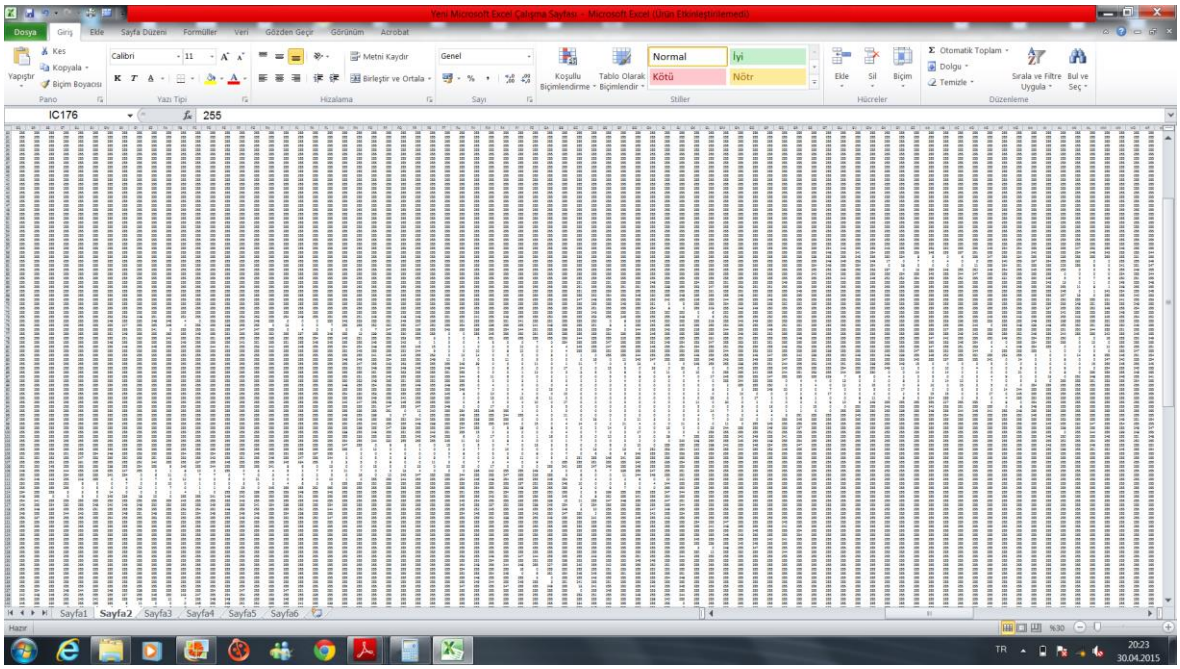

**Resim 5.18.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Resim 5.19.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Resim 5.20.** Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü



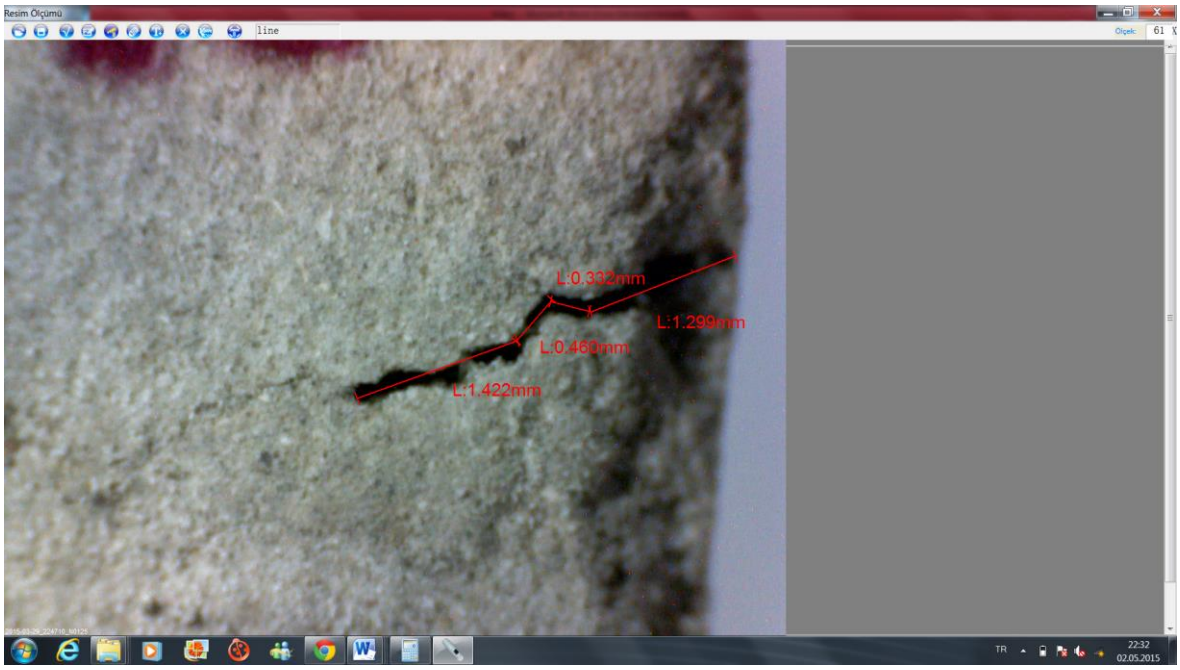
**Resim 5.21.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 7x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Resim 5.19.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 95 atandıktan sonra yeni görüntü Resim 5.20.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Resim 5.21.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 95 alınarak yapılan ölçüm

sonucunda çatlak boyunun 82,3 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Bölüm 5.3.1.'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 235 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(82,3 x 1) / 235 = 0,35 cm bulunur.

Resim 5.22.'de ise dijital mikroskop yardımı ile beton numunesi üzerinde belirlenen çatlağın gerçek uzunluğu ölçülerek 0,351 cm olarak bulunmuştur.




**Resim 5.22.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 0. saat mikroskop ölçümü

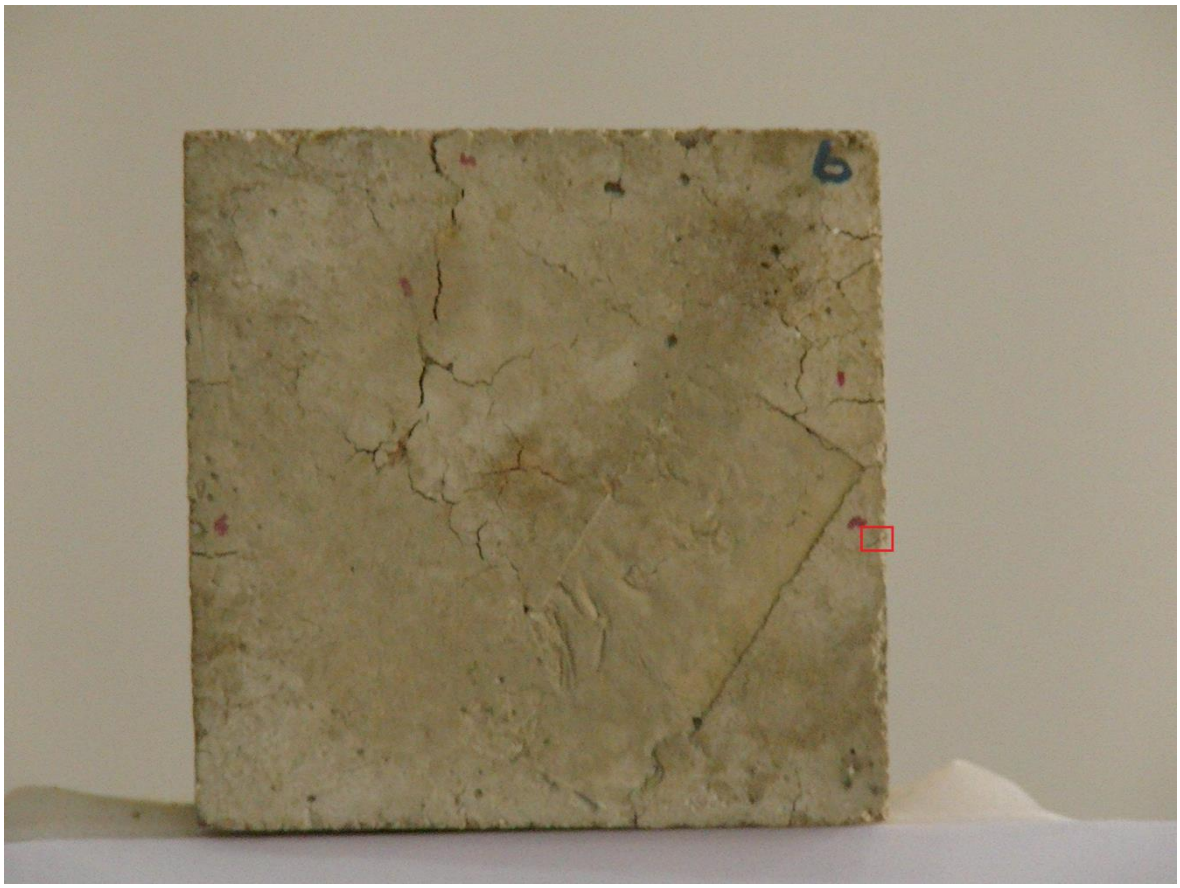
Ek - 4'te verilen farklı mesafe ve farklı zoom ayarı yapılarak çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsünün ölçülen piksel değerleri Tablo 5.4.'te verilmiştir.

**Tablo 5.4.** 900°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin 0. saat ölçüm sonuçları

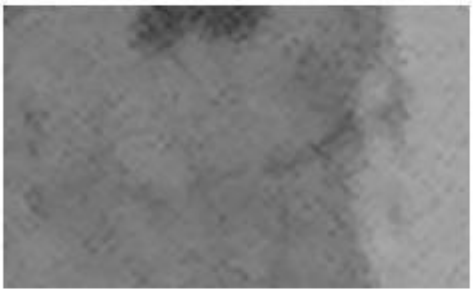
| Mesafe/Zoom | 7x | 5x | 4x | 3x | 2x |
|---|---|---|---|---|---|
| 1m | 0,350cm | 0,367cm | 0,317cm | 0,395cm | 0,363cm |
| 80cm | | 0,345cm | 0,310cm | 0,364cm | 0,273cm |
| 60cm | | 0,125cm | 0,197cm | 0,221cm | 0,296cm |
| 40cm | | | 0,482cm | 0,606cm | 0,578cm |

### 5.3.5. 900°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin 12. Saat Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması

1 metreden 7x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Resim 5.23.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



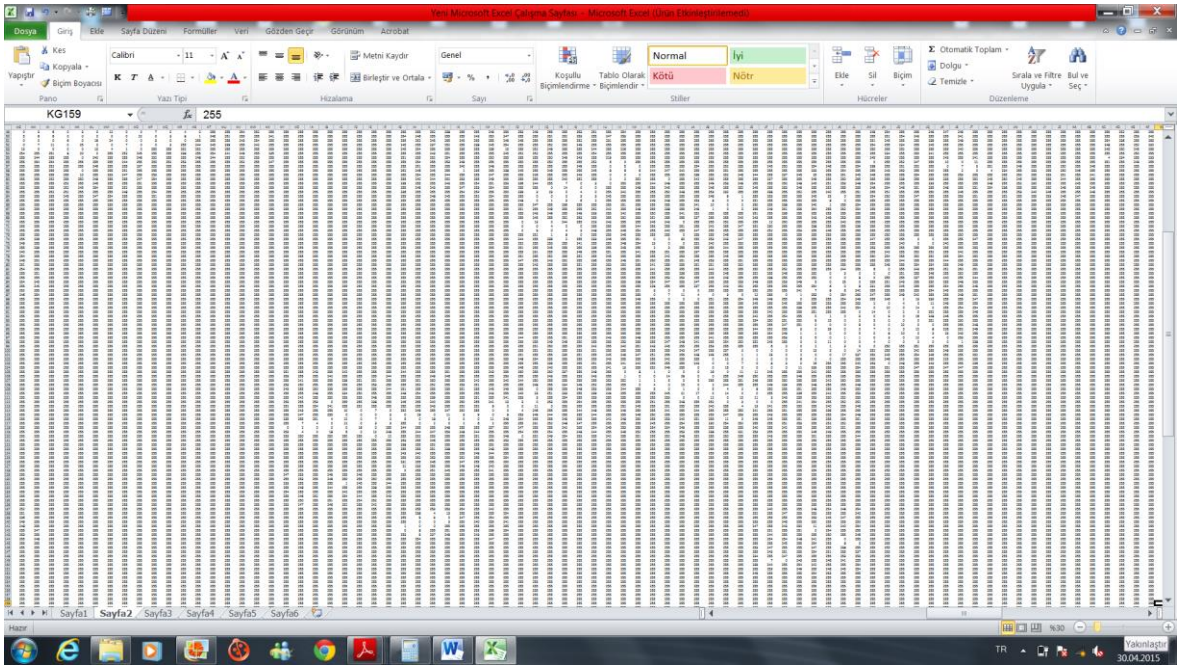

**Resim 5.23.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Resim 5.24.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Resim 5.25.** Eşik değeri 105 olarak atanmış görüntü

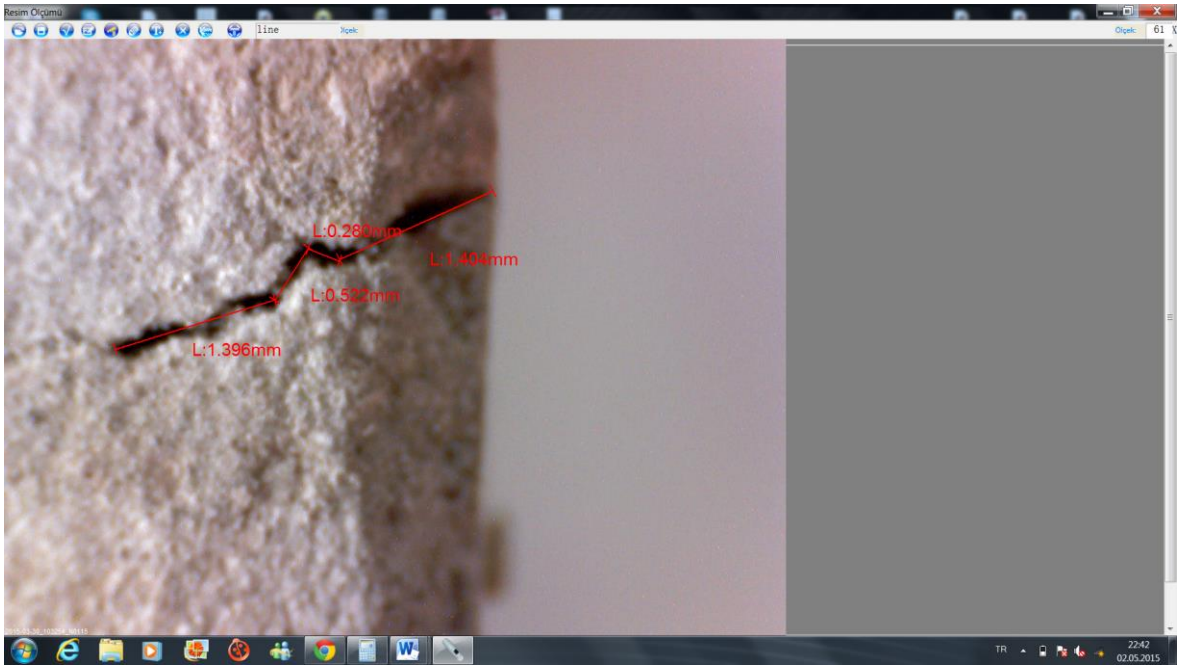


**Resim 5.26.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 7x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Resim 5.24.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 105 atandıktan sonra yeni görüntü Resim 5.25.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Resim 5.26.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 105 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 61 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Bölüm 5.3.1.'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 235 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(61 x 1) / 235 = 0,259 cm bulunur.

Resim 5.27.'de ise dijital mikroskop yardımı ile beton numunesi üzerinde belirlenen çatlağın gerçek uzunluğu ölçülerek 0,360 cm olarak bulunmuştur.




**Resim 5.27.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 12. saat mikroskop ölçümü

Ek - 5'de verilen farklı mesafe ve farklı zoom ayarı yapılarak çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsünün ölçülen piksel değerleri Tablo 5.5.'de verilmiştir.

**Tablo 5.5.** 900°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin 12. saat ölçüm sonuçları

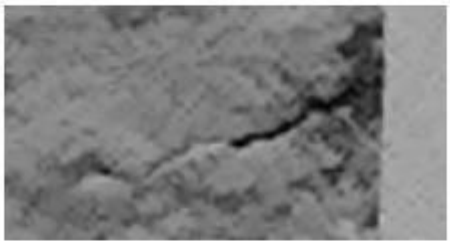
| Mesafe/Zoom | 7x | 5x | 4x | 3x | 2x |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 m | 0,259 cm | 0,353 cm | 0,412 cm | 0,371 cm | 0,307 cm |
| 80 cm | | 0,355 cm | 0,359 cm | 0,332 cm | 0,329 cm |
| 60 cm | | 0,284 cm | 0,330 cm | 0,353 cm | 0,354 cm |
| 40 cm | | | 0,316 cm | 0,389 cm | 0,358 cm |

### 5.3.6. 900°C Sıcaklığa Maruz Bırakılmış Beton Numunesinin 24. Saat Matlab Uygulaması ve Mikroskop Çalışması

1 metreden 7x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Resim 5.28.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



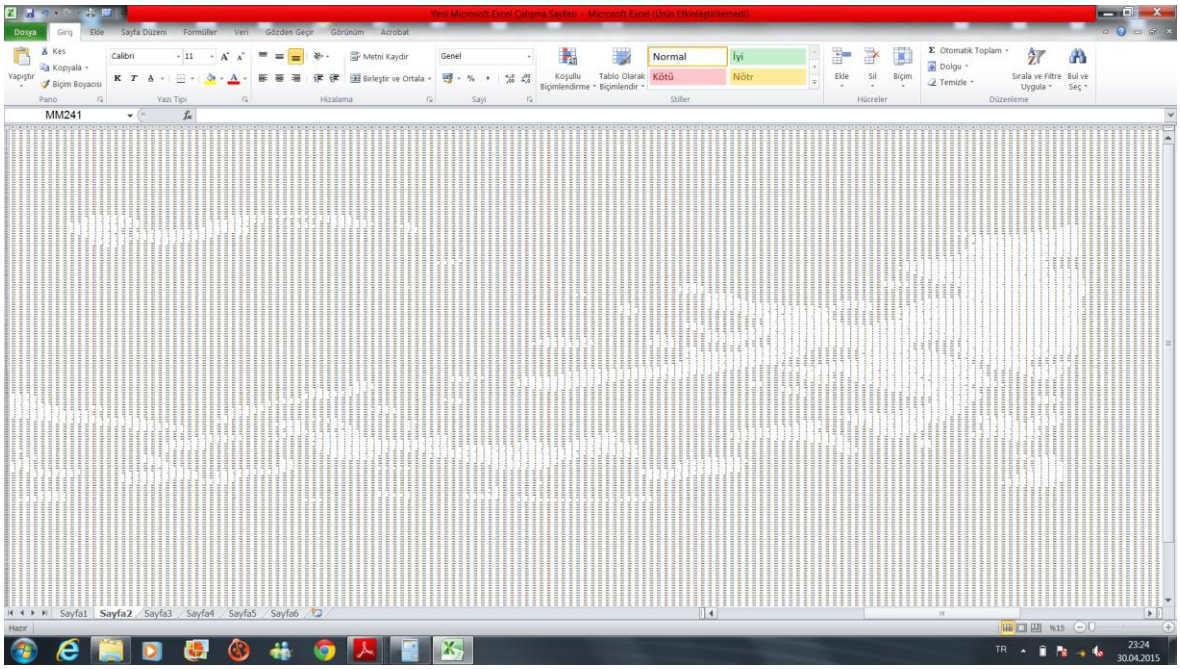
**Resim 5.28.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 7x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Resim 5.29.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Resim 5.30.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü



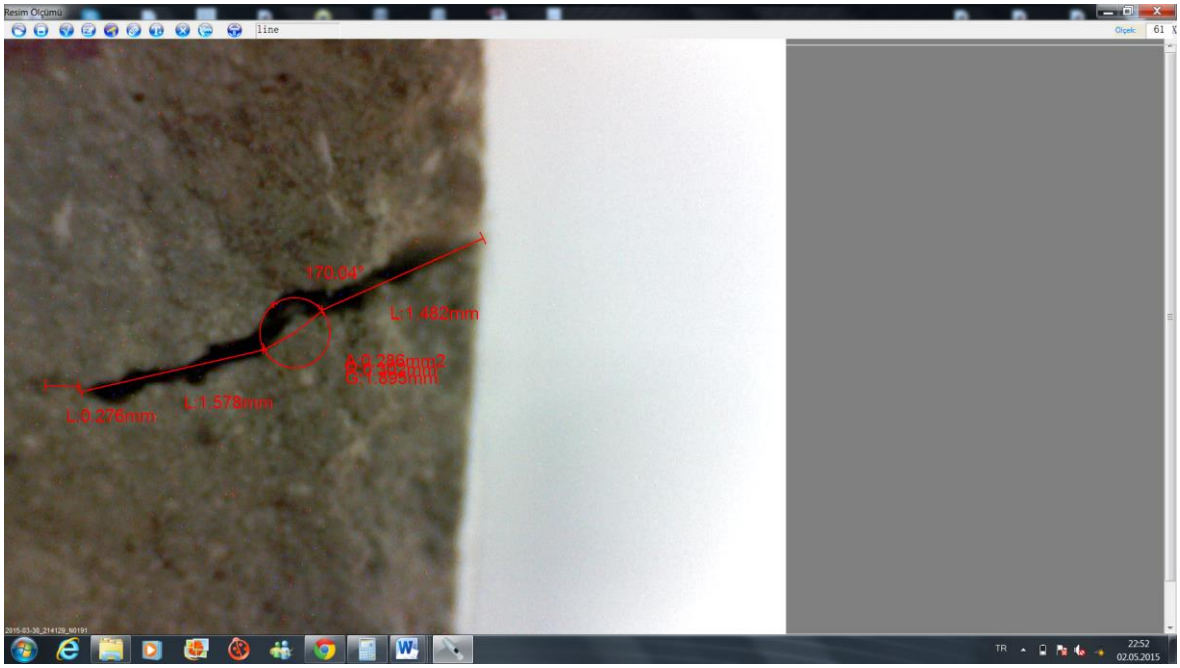
**Resim 5.31.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 7x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Resim 5.29.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Resim 5.30.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Resim 5.31.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 89,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Bölüm 5.3.1.'de

yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 235 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(89,5 x 1) / 235 = 0,380 cm bulunur.

Resim 5.32.'de ise dijital mikroskop yardımı ile beton numunesi üzerinde belirlenen çatlağın gerçek uzunluğu ölçülerek 0,350 cm olarak bulunmuştur.




**Resim 5.32.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 24. saat mikroskop ölçümü

Ek - 6'da verilen farklı mesafe ve farklı zoom ayarı yapılarak çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsünün ölçülen piksel değerleri Tablo 5.6.'da verilmiştir.

**Tablo 5.6.** 900°C Sıcaklığa maruz kalmış beton numunesinin 24. saat ölçüm sonuçları

| Mesafe/Zoom | 7x | 5x | 4x | 3x | 2x |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 m | 0,380 cm | 0,367 cm | 0,387 cm | 0,357 cm | 0,366 cm |
| 80 cm | | 0,359 cm | 0,369 cm | 0,386 cm | 0,354 cm |
| 60 cm | | 0,189 cm | 0,346 cm | 0,338 cm | 0,337 cm |
| 40 cm | | | 0,343 cm | 0,378 cm | 0,369 cm |

# 6. SONUÇLAR

Yapılan tez çalışmasında JVC GC-PX100 Dijital Full HD Video Kamera + Fotoğraf Makinası kullanılarak farklı mesafe ve zoom ayarları yapılarak çekilen beton numune görüntüleri Matlab bilgisayar programına aktarılmıştır. Burada görüntü işleme tekniklerine tabi tutulan numune görüntülerde öncelikle beton yüzeyinde belirlenen bir çatlağın bulunduğu alan 'imtool' komutu kullanılarak croplanmıştır. Daha sonra gri düzeyli görüntüye dönüştürülerek 'tresholding_level' komutu ile eşik değer atanmıştır. Eşik değerin seçimi, çatlağın bulunduğu bölgenin piksel değerlerine bakılarak uygun olanın belirlenmesi ile yapılmıştır. Eşik değer ataması sonucu bu değerin altında kalan değerler 0 değerine, üstünde kalan değerler 255 değerine dönüştürülmüş olup yeni matrisel piksel değerleri excel çalışma sayfasına aktarılmıştır. Bununla birlikte referans olarak belirlenen belge içinde aynı işlmeler Matlab bilgisayar programında uygulanmış olup, matrisel piksellerin görüntüsü excel çalışma sayfasına aktarılmıştır. Burada santimetrelik çizginin farklı mesafe ve farklı zoom ayarlarındaki piksel değerleri ölçülmüştür.

Buna göre 300°C, 600°C ve 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunelerinde belirlenen çatlak uzunlukları ölçüm sonuçları Tablo 5.2., Tablo 5.3., Tablo 5.4, Tablo 5.5 ve Tablo 5.6.'da verilmiştir. 900°C için 12 saat aralıklar ile gece ve gündüz çatlak ölçümleri üç defa yapılmış olup zamana ve ışık şiddetine bağlı olarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmalara ek olarak Easy MiView USB Dijital Mikroskop kullanılarak beton numunelerinde belirlenen çatlak boyutlarının gerçek uzunlukları ölçülmüştür. Daha sonra Matlab bilgisayar programı kullanılarak ölçülen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Matlab bilgisayar programı ve digital mikroskop kullanılarak çatlak uzunluklarının ölçülen sonuçları neticesinde 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinde belirlenen çatlak için gerçek uzunluk değeri olan 0,237 cm değerine en yakın ölçümü 80 cm'den 4x zoom (0,240 cm) ve 1 metreden 7x zoom (0,234) ölçüm sonucu vermiştir. 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinde belirlenen çatlak için gerçek uzunluk değeri olan 0,494 cm değerine en yakın ölçümü 1 metreden 7x zoom (0,489) ölçüm sonucu vermiştir. 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinde belirlenen çatlak için ilk saatteki gerçek uzunluk değeri olan 0,351 cm değerine en yakın ölçümü 1 metreden 7x zoom (0,350) ve 80 cm'den 5x zoom (0,345) ölçüm sonucu vermiştir. 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinde belirlenen çatlak için 12. saatteki gerçek uzunluk

değeri olan 0,360 cm değerine en yakın ölçümü 1 metreden 5x zoom (0,353), 80 cm'den 4x zoom (0,359), 60 cm'den 3x (0,353) ve 40 cm'den 2x (0,358) ölçüm sonucu vermiştir. 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinde belirlenen çatlak için 24. saatteki gerçek uzunluk değeri olan 0,350 cm değerine en yakın ölçümü 1 metreden 3x (0,357), 80 cm'den 5x zoom (0,359), 80 cm'den 2x (0,354) ve 40 cm'den 4x (0,343) ölçüm sonucu vermiştir.

Yapılan bu tez çalışmasında dijital mikroskop ve Matlab bilgsayar programında görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapılan çatlak ölçümleri sonuçlarına göre yüksek sıcaklığa maruz bırakılmış beton numune görüntülerindeki çatlak boyutlarının; ortamın ışık şiddeti, görüntü alınan mesafe, fotoğraf makinesinin belirlenen zoom ayarı, görüntü üzerine düşen gölge miktarı, görüntü alma süre aralığı ve yüksek sıcaklığın maruziyet deresine göre değişim gösterdiği sonucu gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR


[1] Serra, J., "Image Analysis and Mathematical Morphology", Academic Press, Inc, New-York, 1982.

[2] Çelikdemir, Y., M., ve Akbal, A., "Beton Yapılarda Görüntü Filtreleme Tekniklerinin Uygulanması", URSI-TÜRKİYE'2014 VII. Bilimsel Kongresi, 28-30 Ağustos 2014, Elazığ.

[3] Bingöl, A., F., ve Gül, R., "Donatı-Beton Aderansı, Yüksek Sıcaklıkların Beton Dayanımına ve Aderansa Etkileri Konusunda Bir Derleme", TUBAV Bilim Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, p.211-230, 2009.

[4] Ünlüoğlu, E., Topçu, İ., B. ve Yalaman, B., "Yüksek Sıcaklıkta Kalmış Yapılarda Pas Payının Betonarme Çelik Donatı Özelliklerine Etkisi", İMO Teknik Dergi, p.4145-4155, 2007.

[5] Subaşı, S., İşbilir, B. ve Ercan, İ., "Uçucu Kül İkameli Çimento Numunelerinin Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklığın Etkisi", Politeknik Dergisi Cilt:14, Sayı:2, p.141-148, 2011.

[6] Başyiğit, C., Kılınçarslan, Ş. Ve Çomak, B., "Görüntü İşleme Tekniği İle Beton Basınç Dayanımının Tahmin Edilmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, p.82-88, 2012.

[7] Jagatheeswari, P., Kumar, S., S. ve Rajaram, M., 2009, "A Novel Approach For Contrast Enhancement Based On Histogram Equalization Followed by Median Filter", Vol 4, No 7, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences

[8] Demir, Ö., 2006, "Matlab Gereçleri İle Görüntü İşleme Uygulamaları", Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

[9] Çelikdemir, Y., M., 2014, "Görüntü İşleme ve Matlab Uygulamaları", Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Semineri.

[10] Güler, M., Applications of Digital Image Analysis and Processing Methods in Studying Soil Characteristics, (M.Sc.), University of Wisconsin-Madison, Department of Civil and Environmental Engineering, (1997).

[11] "MATLAB Image Processing Toolbox User Guide", The Mathworks Inc.

[12] Binici, H., Temiz, H., Sevinç, A., H., Eken, M., Kara, M. ve Şayir, Z., "Alüminyum Talaşı, Bims ve Gazbeton Tozu İçeren Betonların Yüksek Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi", Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 9, No: 1, 2013 (1-15)

[13] Türkoğlu, İ., "Yapay Sinir Ağları ile Nesne Tanıma", Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1996) 9-30.

[14] Russ, J., C., 1999, The image processing handbook, Crc press

[15] www.mathworks.com

[16] Çelik, H., İ., Dülger, L., C. ve Topalbekiroğlu, M., 2012, "Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak Kumaş Hataların Belirlenmesi", Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 6 No:1 p. 22-36

[17] Karakoç, M., 2012, "Görüntü İşleme Teknolojiler ve Uygulamaları", Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Akademik Bilişim Konferansı

[18] Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., 2011, "Filtreleme Yöntemi İle Digital Görüntü Zenginleştirme ve Örnek Bir Yazılım", Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Teknik Online Dergi Cilt:10, Sayı:1

[19] Göçeri, E. ve Yaldır, A., K., 2007, " JPEG 2000 Standardının Yeni Özelliklerini Destekleyen Bir Görüntü İşleme Uygulaması Geliştirilmesi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 13 Sayı 3 p. 337-346

[20] Ertürk, S., 2003, “Digital Image Processing”, Kocaeli Üniversitesi Yayını, Parça Numarası: 323604A-01

[21] Gonzalez, R., Woods, R. and Eddins, S., Digital Image Processing Using MATLAB., Prentice Hall, (2004)

[22] Aköz, F. ve Yüzer, N., “Yüksek Sıcaklığın Nedenleri ve Betonarme Elemanlara Etkileri”, Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi, sayı 3, İstanbul, 1994.

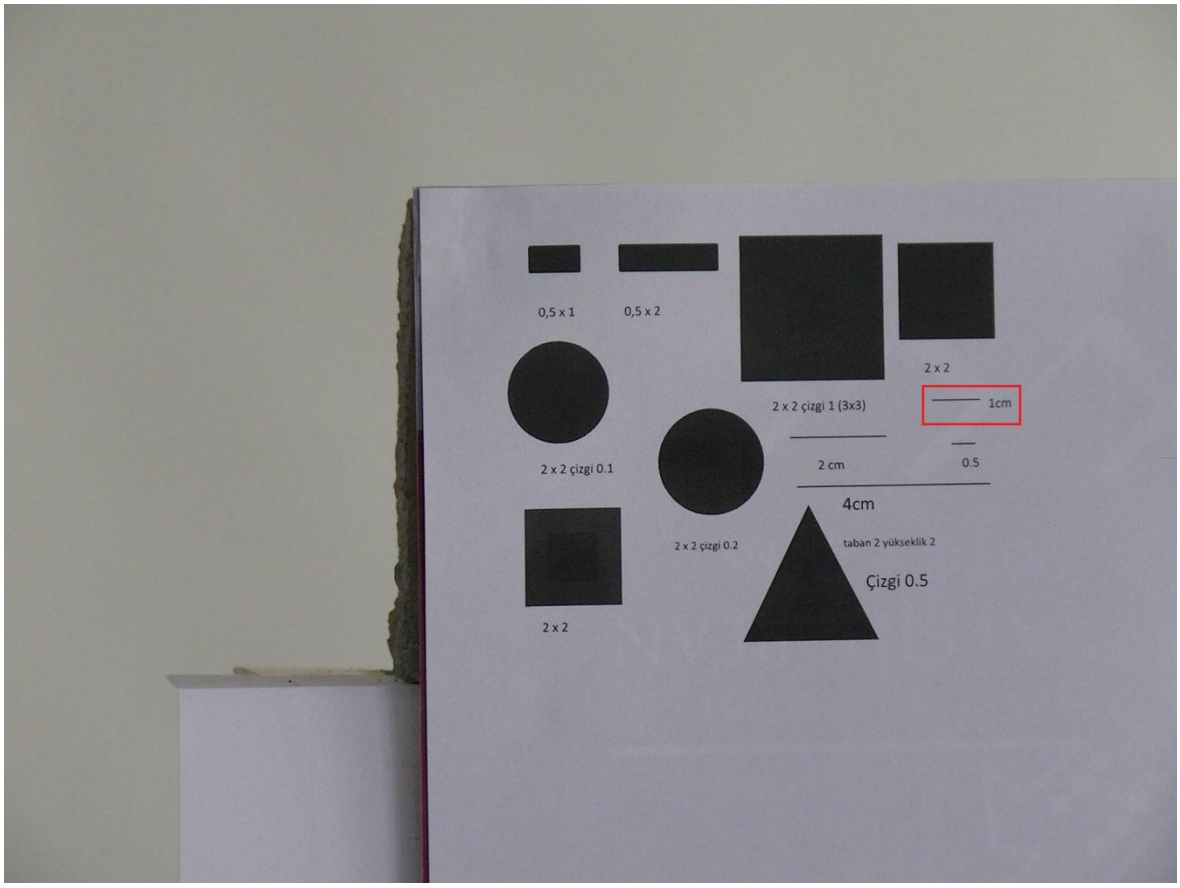
[23] Akman, M., S., “Betonarme Yapılarda Yangın Hasarı ve Yangın Sonunda Taşıyıcılığının Belirlenmesi”, Yapıda Yangından Korunma Sempozyumu, 1992, İstanbul.

[24] Erdoğan, T., Y., “Beton”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara, 2003.

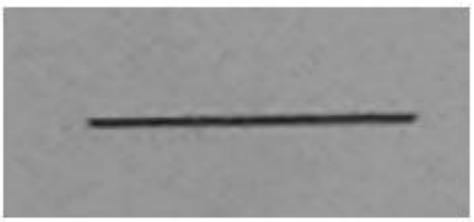
[25] Neville, A., M., “Properties of Concrete, Fourth Edition, Longman Scientific and Technical”, New York/USA, 2000.

**EK - 1**

1 metreden 5x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 1.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.

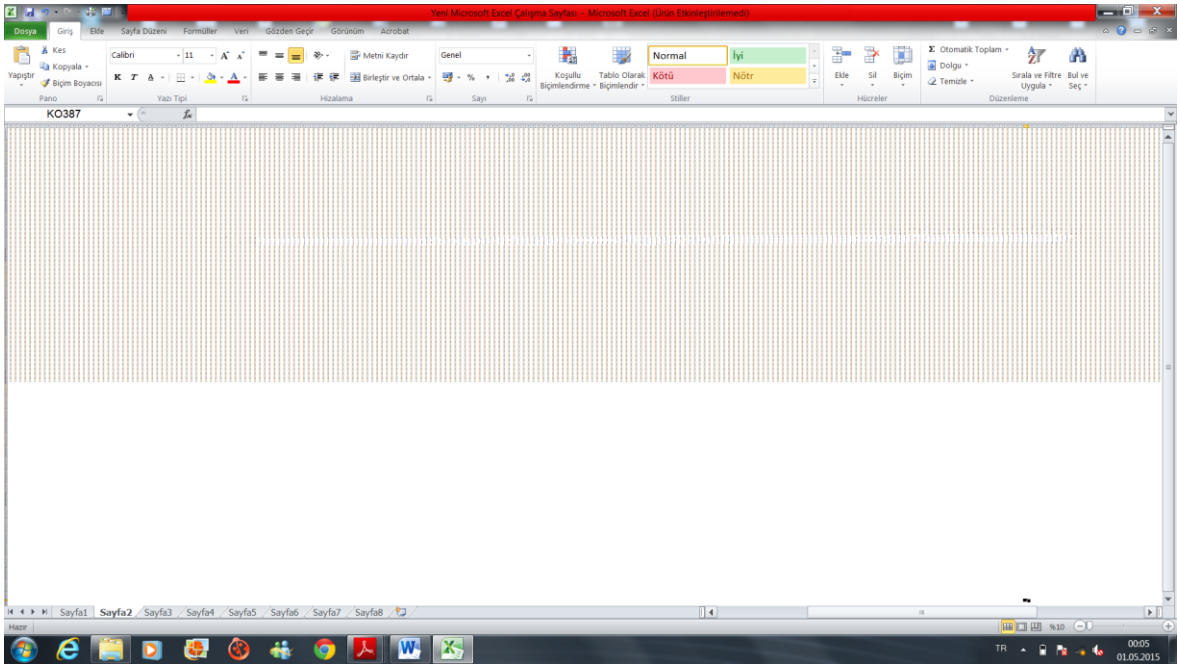



**Ek - 1 Resim 1.** 1 metreden 5x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 2.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)

**Ek - 1 Resim 3.** Eşik değeri 135 olarak atanmış görüntü

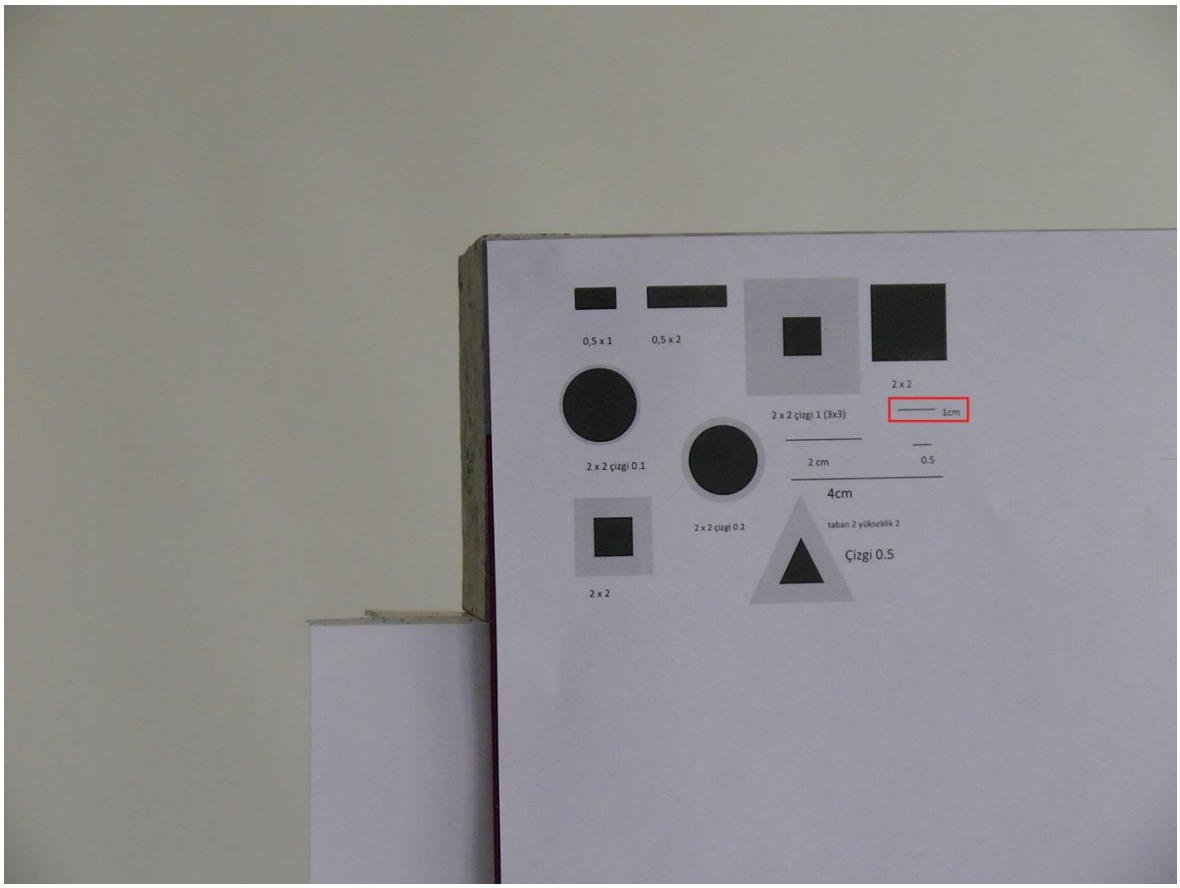


**Ek - 1 Resim 4.** Referans görüntünün piksel değerleri

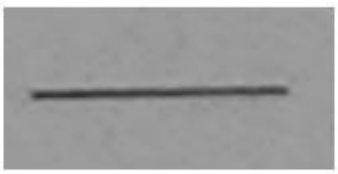
Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 1 metreden 5x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 2.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 135 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 3.'teki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 4.'te

görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 167 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

1 metreden 4x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 5.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.

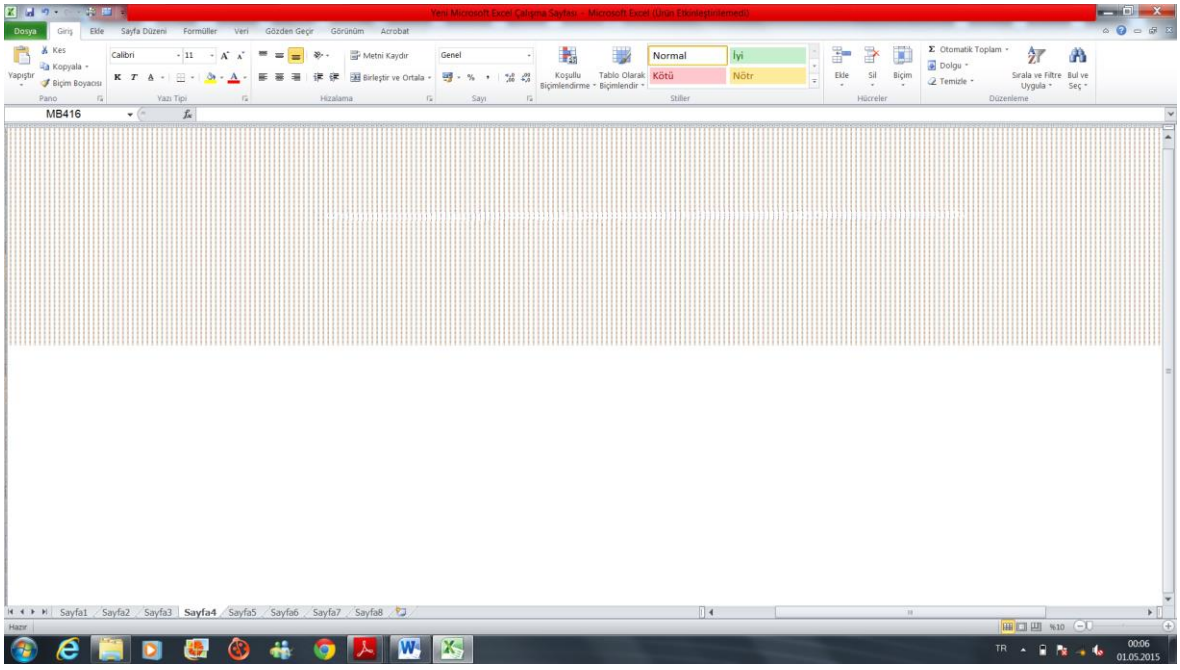



**Ek - 1 Resim 5.** 1 metreden 4x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 6.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)

**Ek - 1 Resim 7.** Eşik değeri 140 olarak atanmış görüntü

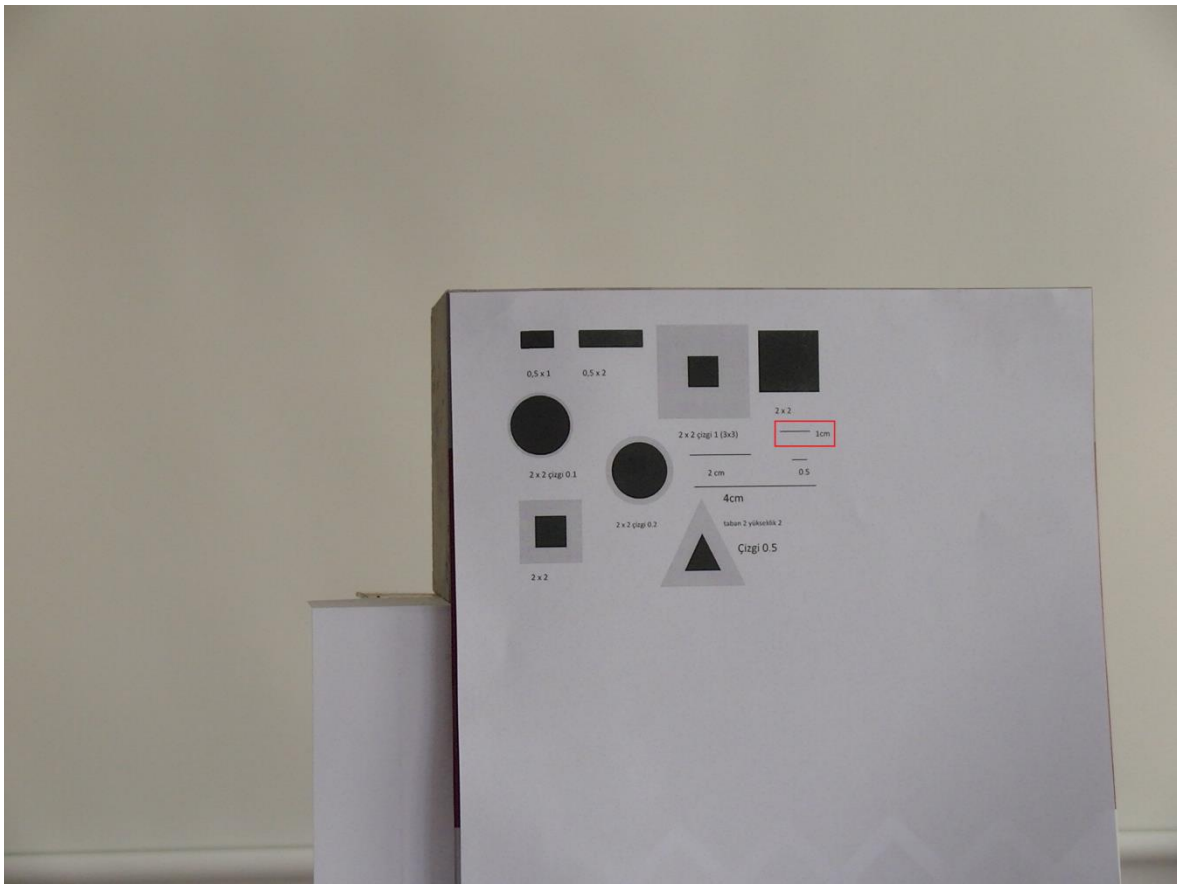


**Ek - 1 Resim 8.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 1 metreden 4x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 6.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 140 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 7.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 8.'de

görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 131 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

1 metreden 3x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 9.'da referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



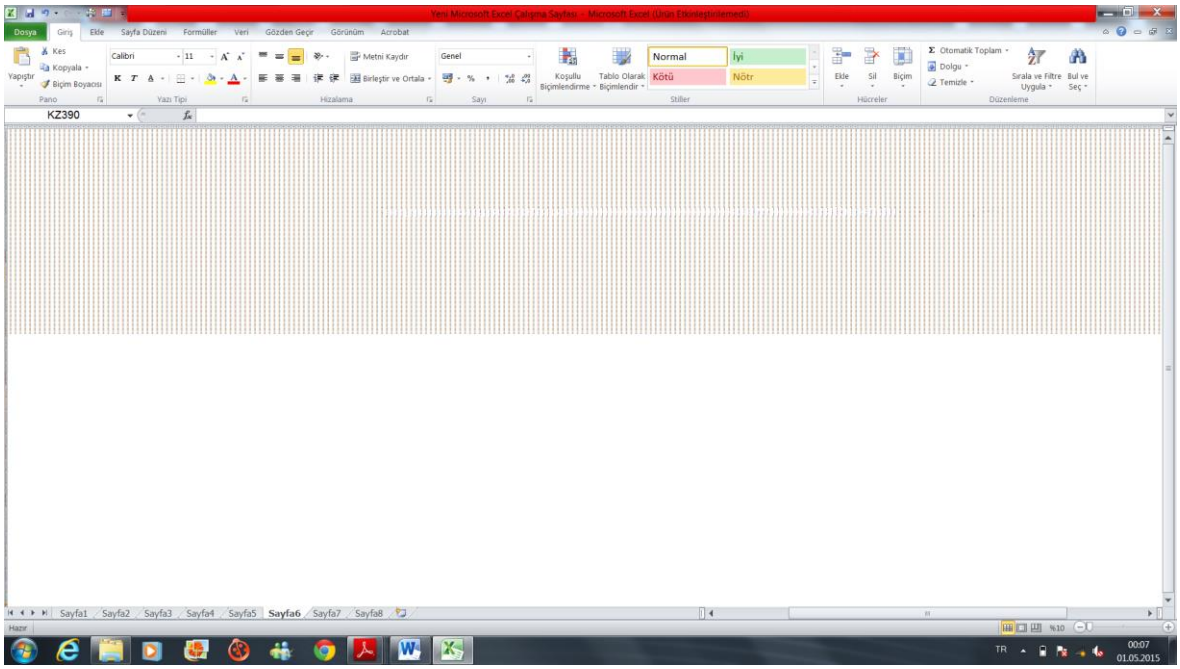

**Ek - 1 Resim 9.** 1 metreden 3x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 10.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 1 Resim 11.** Eşik değeri 150 olarak atanmış görüntü




**Ek - 1 Resim 12.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 1 metreden 3x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 10.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 150 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 11.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 12.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 105 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

1 metreden 2x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 13.'te referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



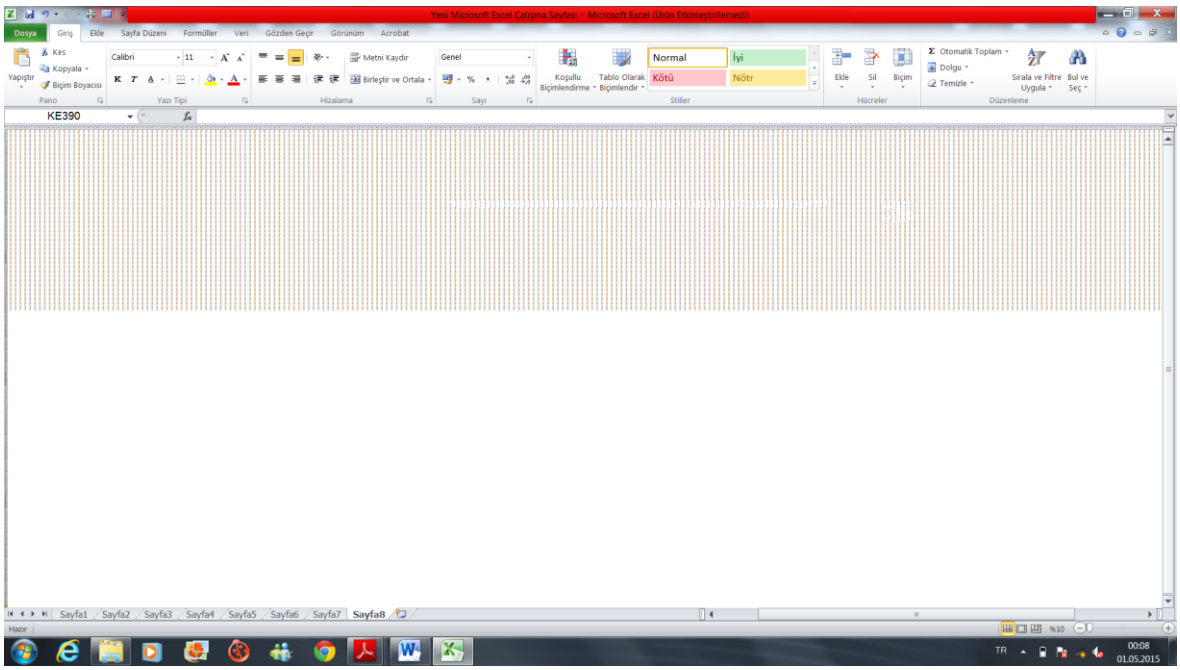

**Ek - 1 Resim 13.** 1 metreden 2x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 14.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 1 Resim 15.** Eşik değeri 160 olarak atanmış görüntü

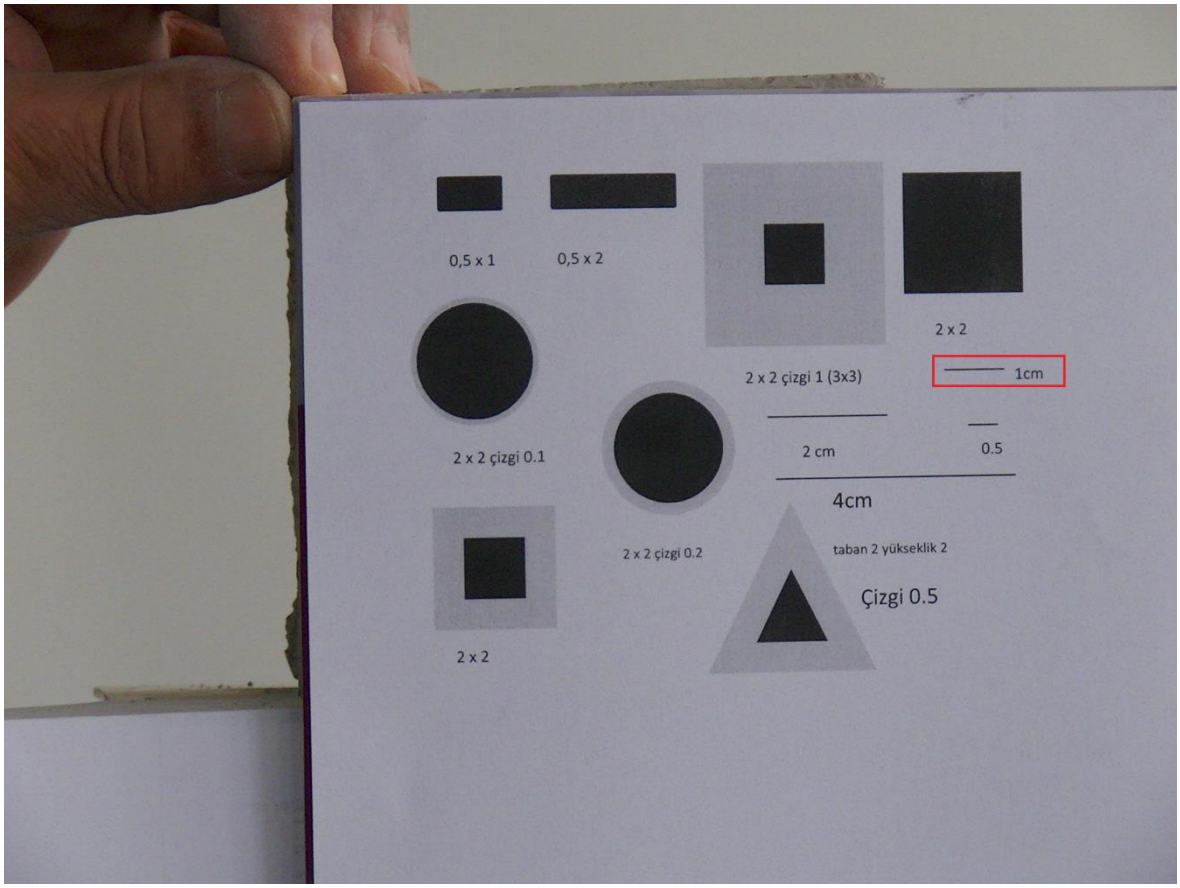



**Ek - 1 Resim 16.** Referans görüntünün piksel değerleri

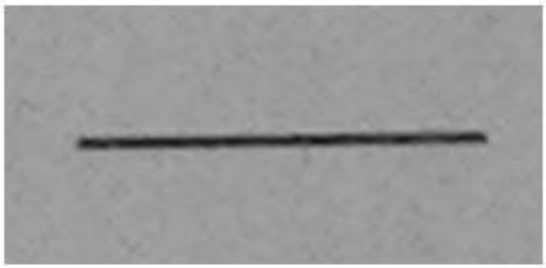
Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 1 metreden 2x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1

Resim 14.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 160 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 15.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 16.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 78 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

80 cm'den 5x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 17.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



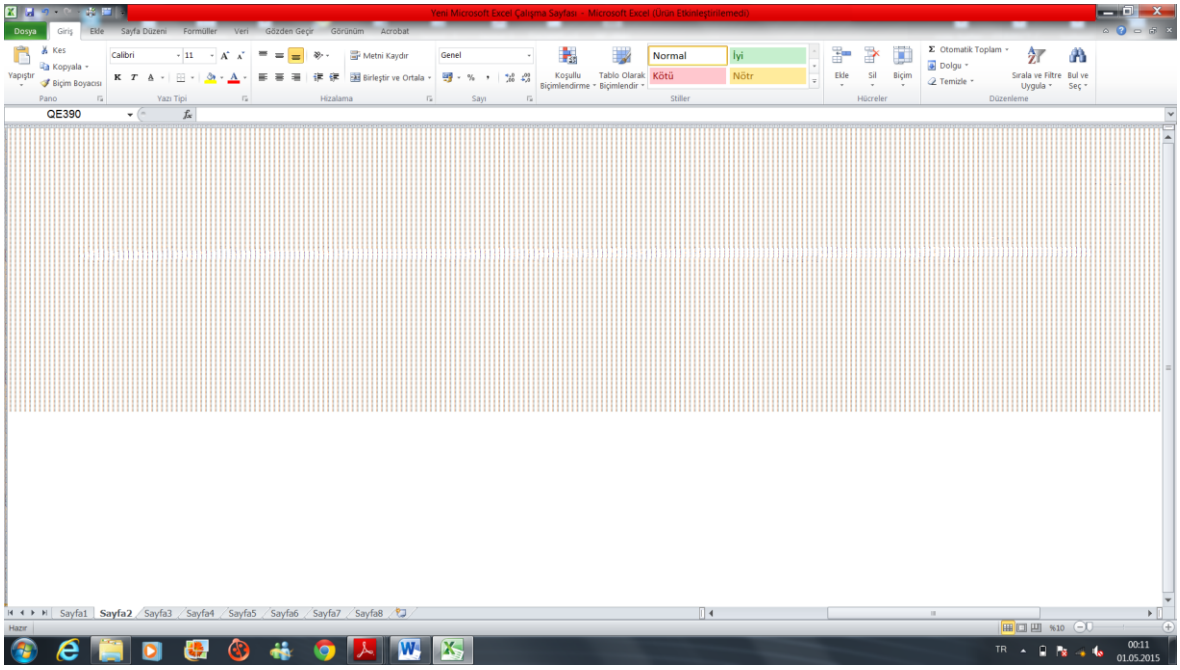

**Ek - 1 Resim 17.** 80 cm'den 5x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 18.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



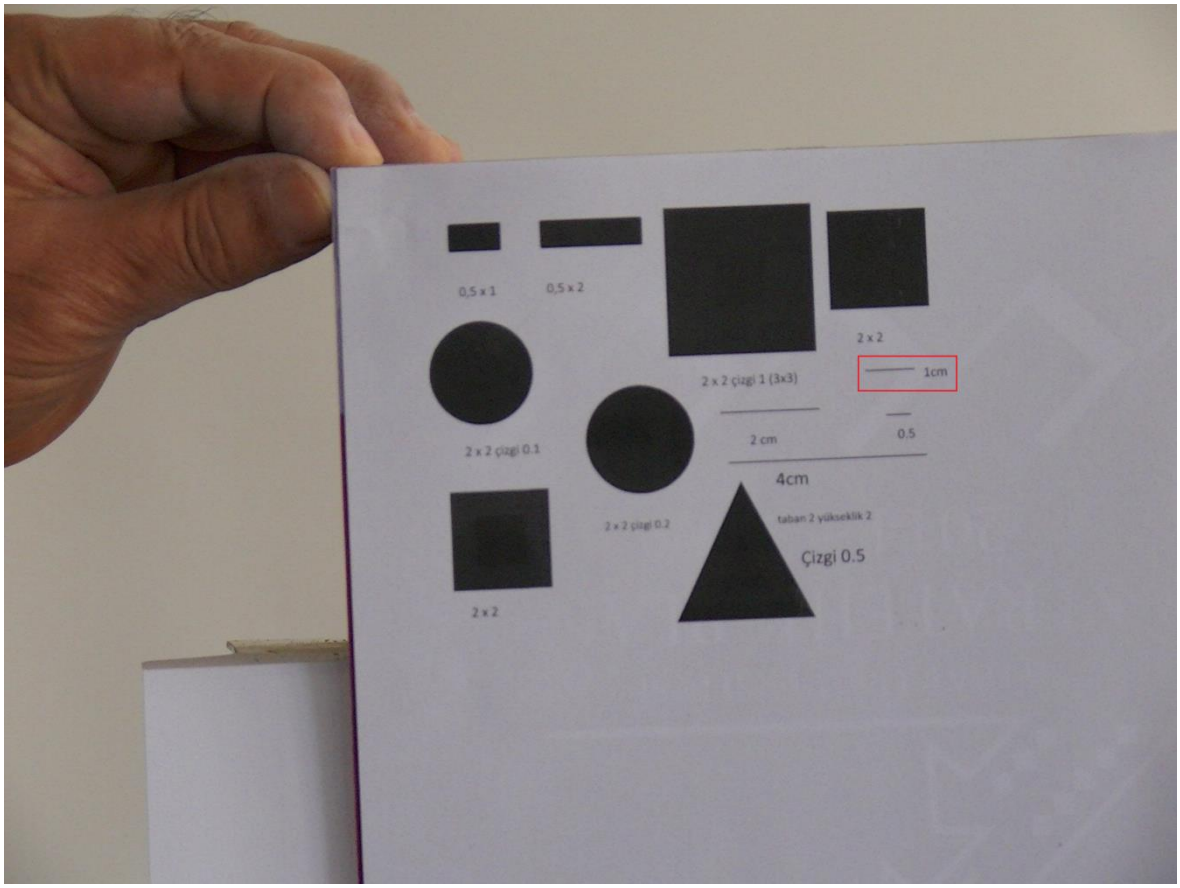
**Ek - 1 Resim 19.** Eşik değeri 140 olarak atanmış görüntü



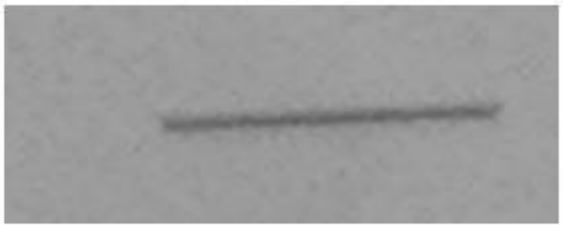
**Ek - 1 Resim 20.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 80 cm'den 5x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 18.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 140 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 19.'daki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 20.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 207 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

80 cm'den 4x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 21.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.

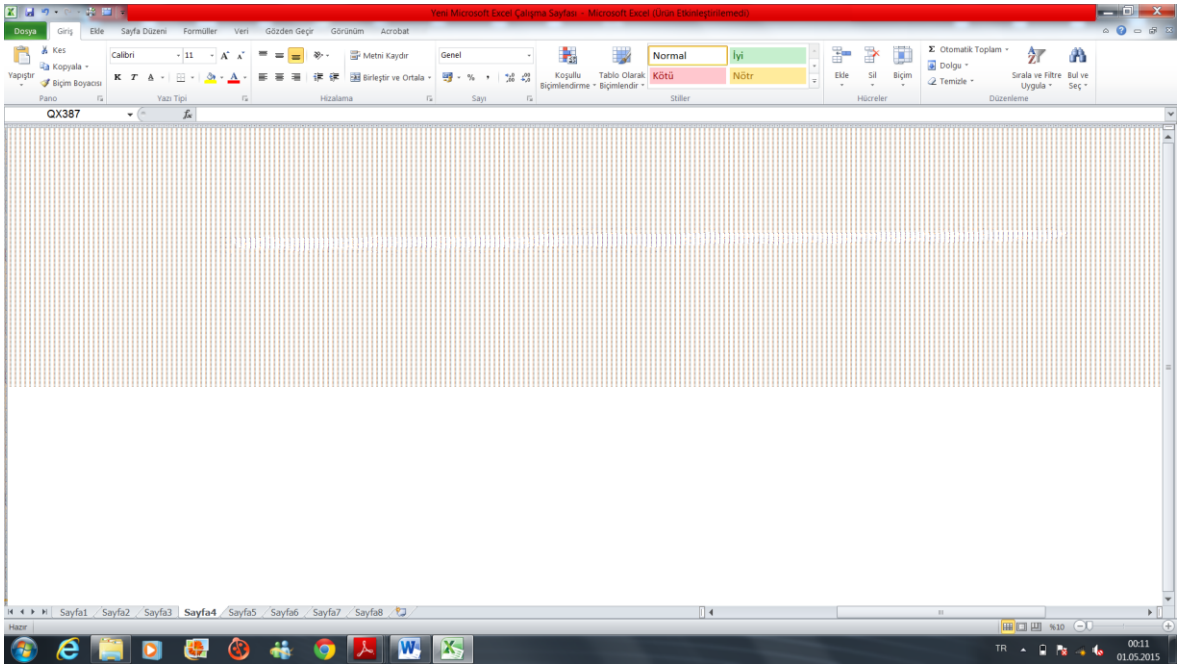



**Ek - 1 Resim 21.** 80 cm'den 4x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 22.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)

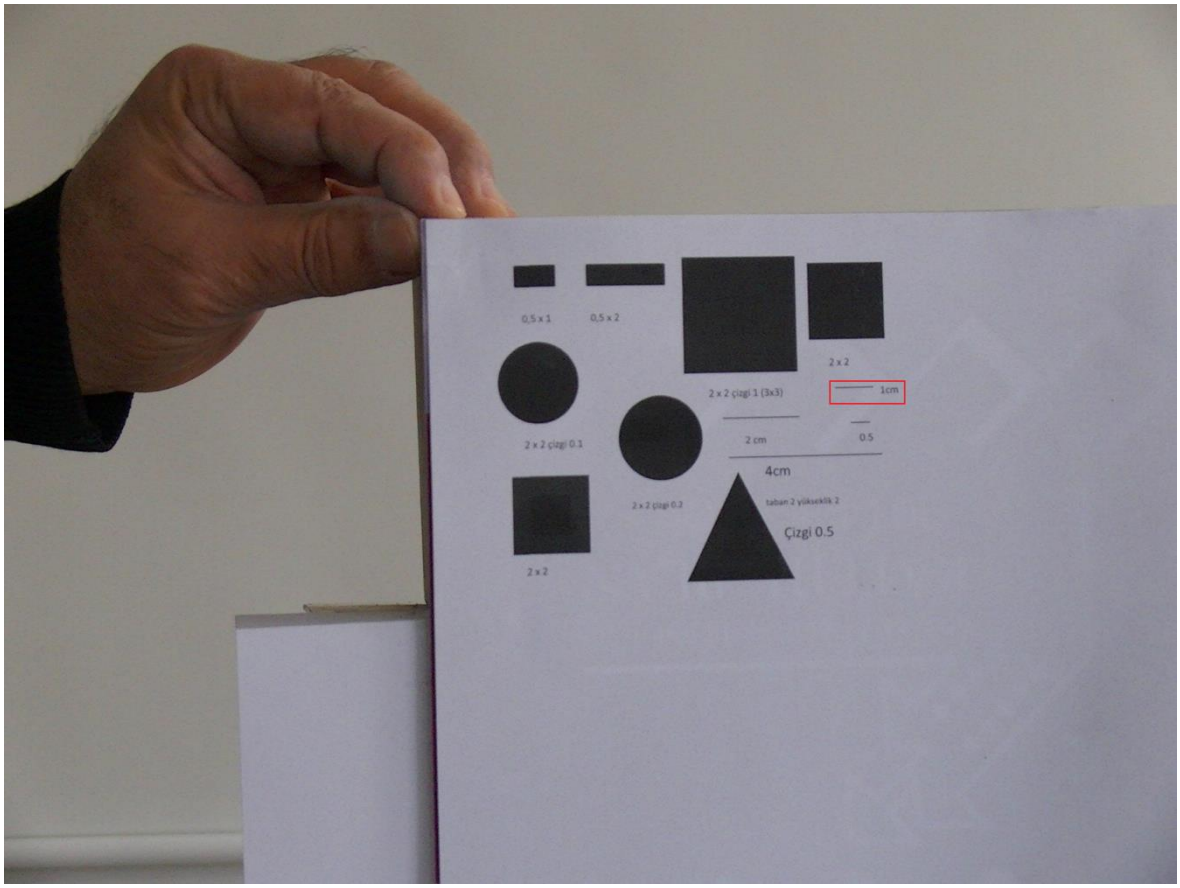
**Ek - 1 Resim 23.** Eşik değeri 140 olarak atanmış görüntü



**Ek - 1 Resim 24.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 80 cm'den 4x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 22.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 140 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 23.'teki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 24.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 171 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

80 cm’den 3x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 25.’de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



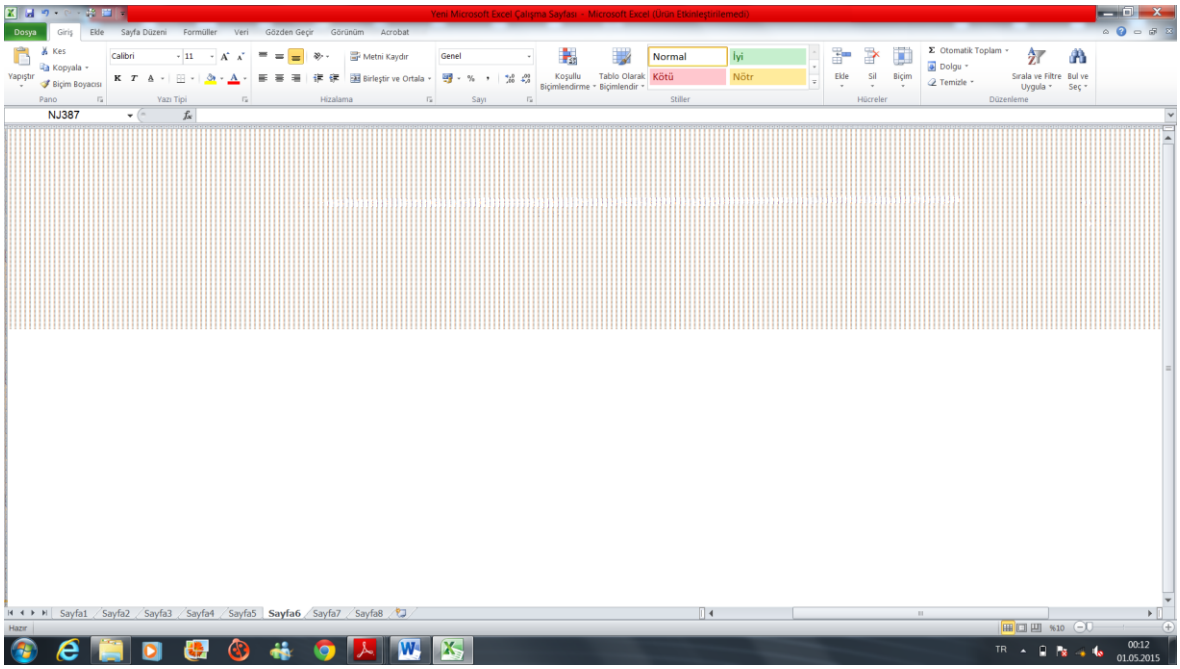

**Ek - 1 Resim 25.** 80 cm’den 3x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 26.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 1 Resim 27.** Eşik değeri 140 olarak atanmış görüntü

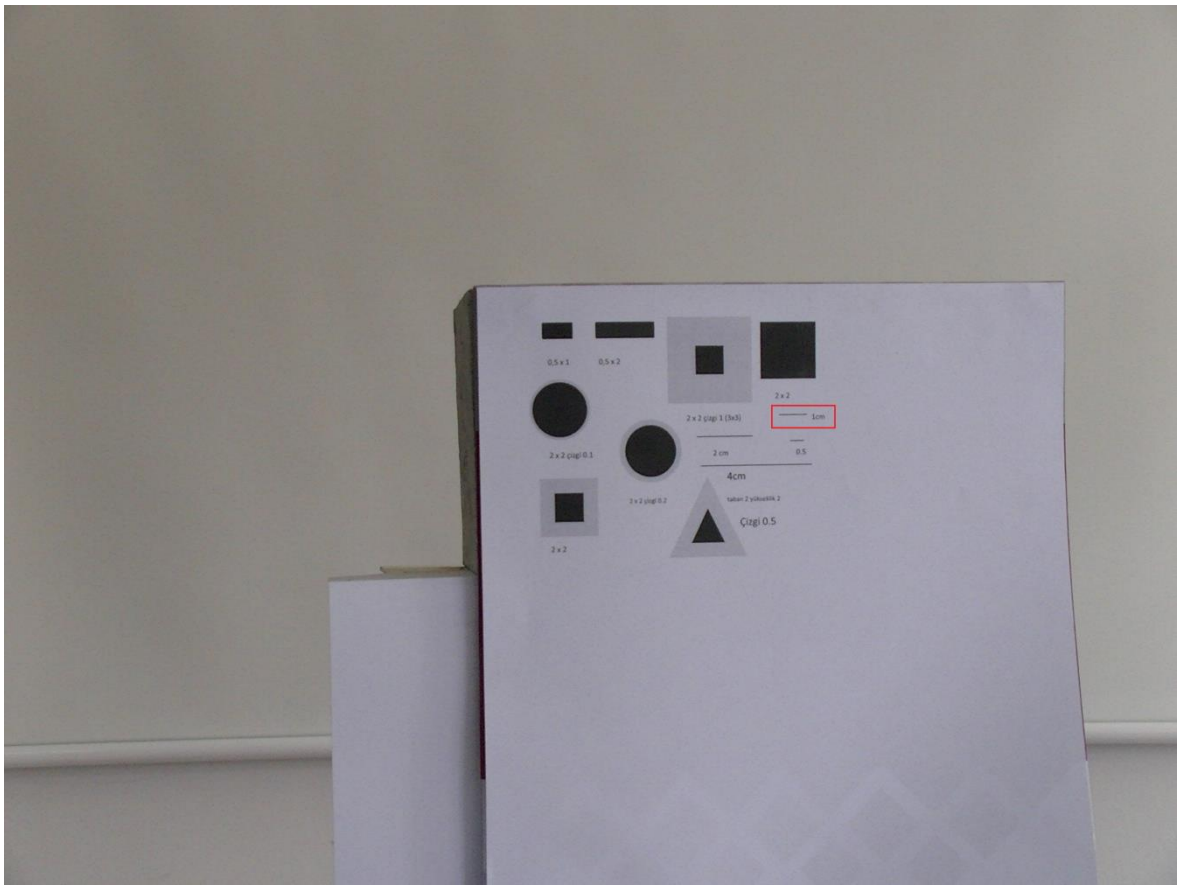



**Ek - 1 Resim 28.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 80 cm'den 3x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000

matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 26.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 140 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 27.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 28.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 131 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

80 cm'den 2x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 29.'da referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



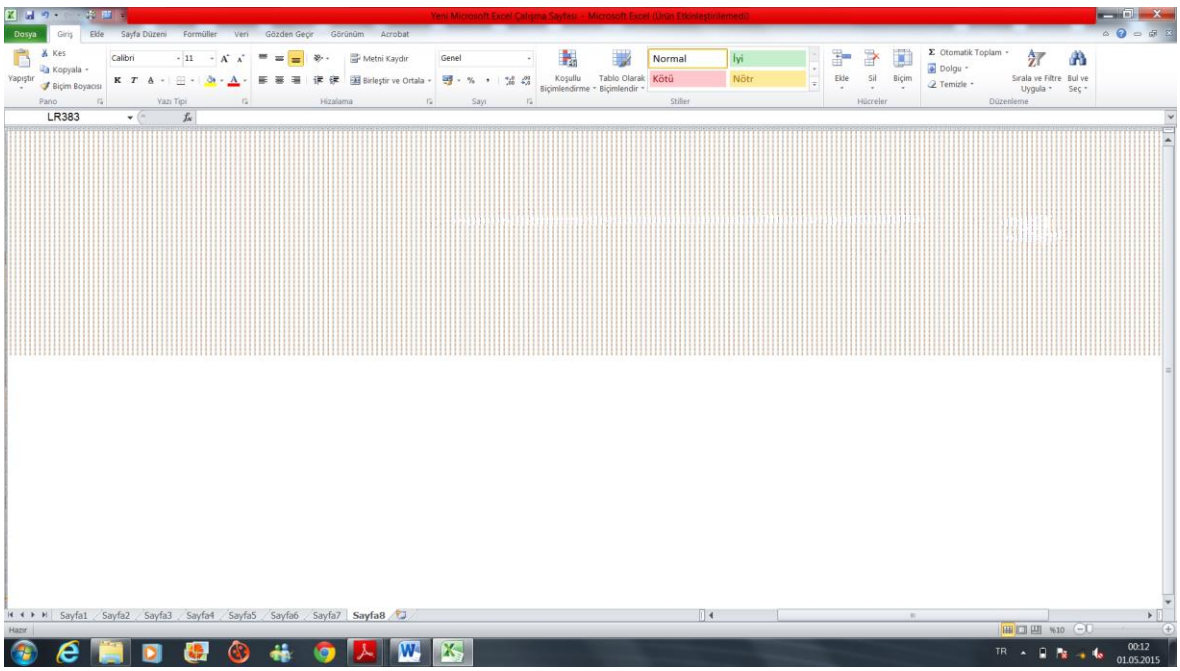

**Ek - 1 Resim 29.** 80 cm'den 2x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 30.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



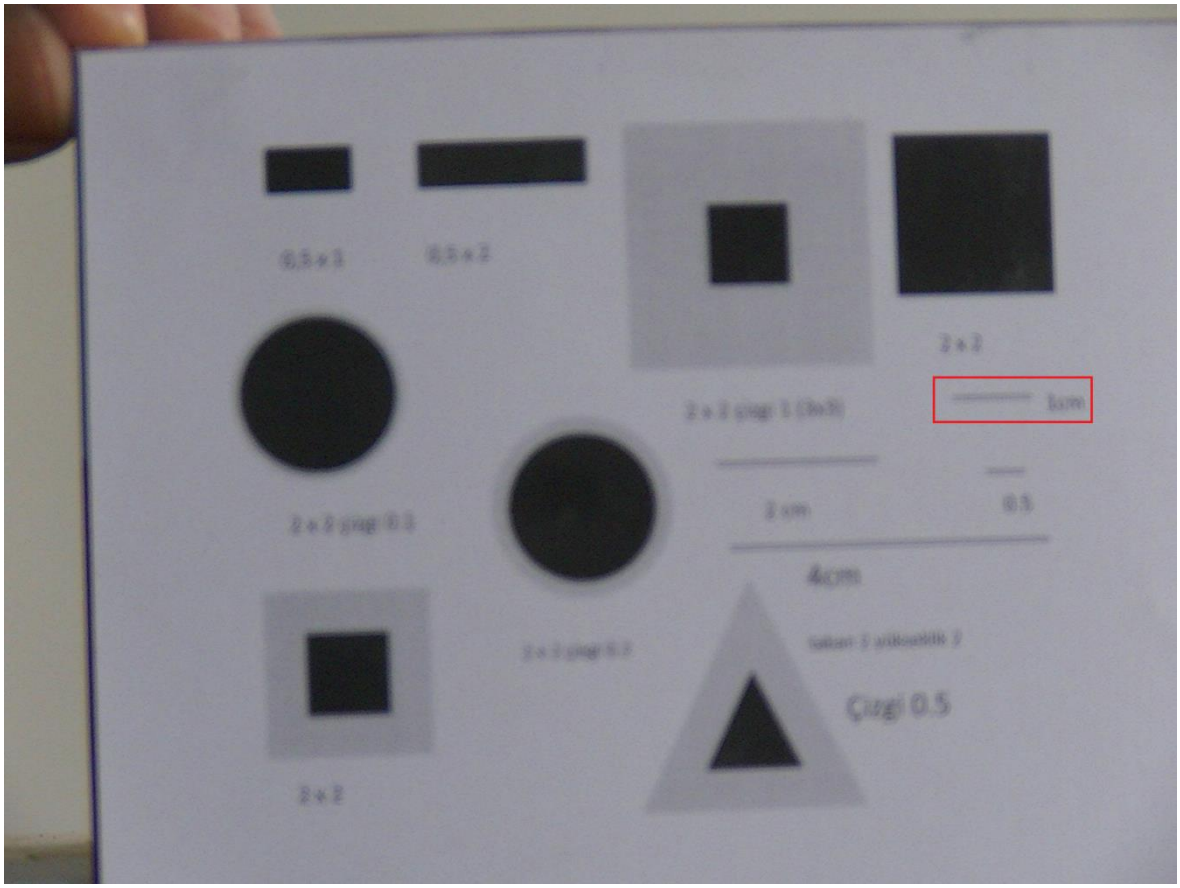
**Ek - 1 Resim 31.** Eşik değeri 150 olarak atanmış görüntü



**Ek - 1 Resim 32.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 80 cm'den 2x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 30.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 150 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 31.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 32.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 97 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

60 cm'den 5x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 33.'te referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



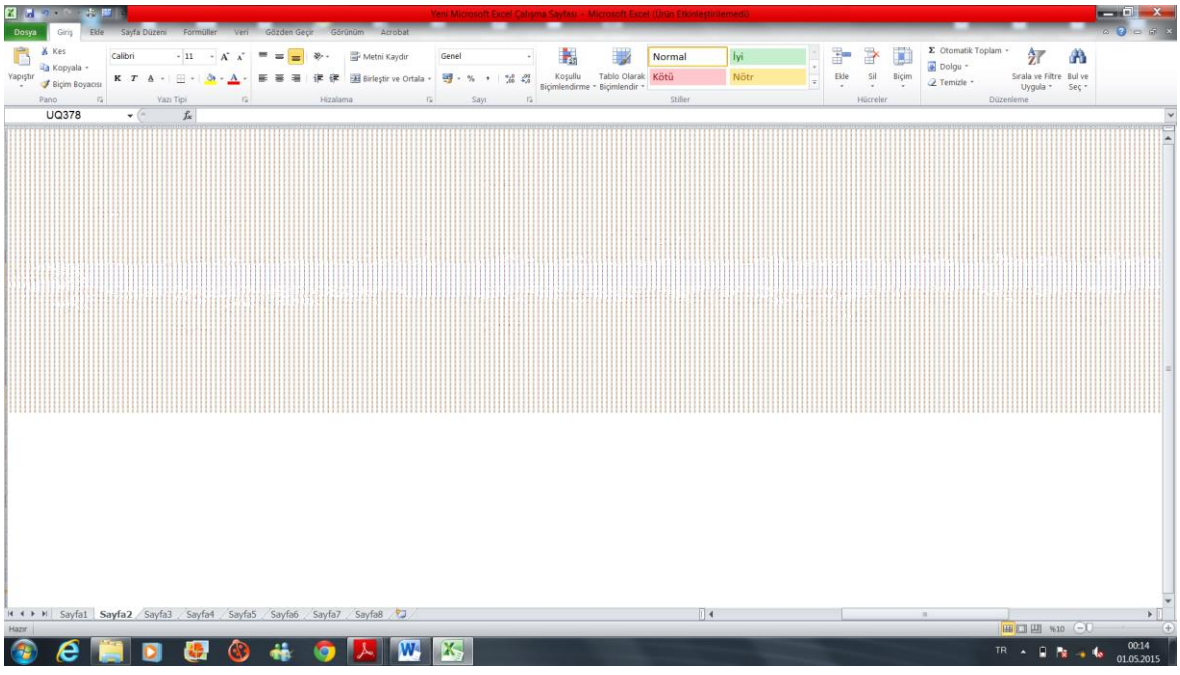

**Ek - 1 Resim 33.** 60 cm'den 5x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 34.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



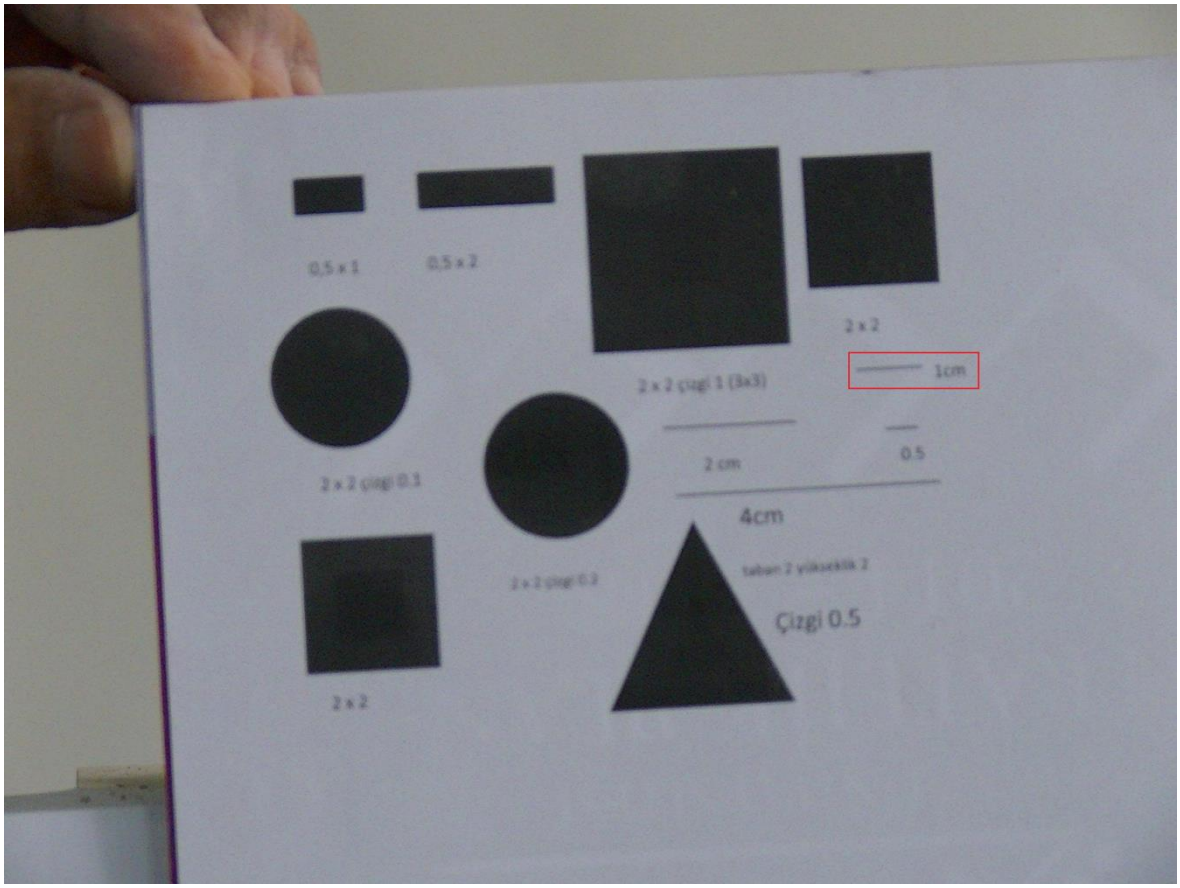
**Ek - 1 Resim 35.** Eşik değeri 150 olarak atanmış görüntü



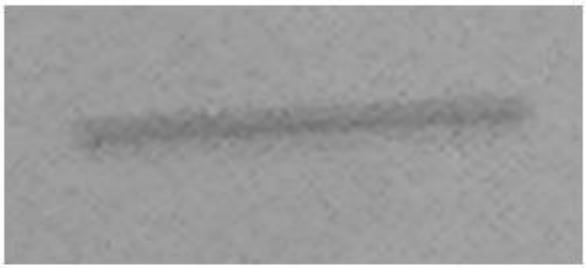

**Ek - 1 Resim 36.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 60 cm'den 5x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 34.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 150 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 35.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 36.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 276 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

60 cm'den 4x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 37.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



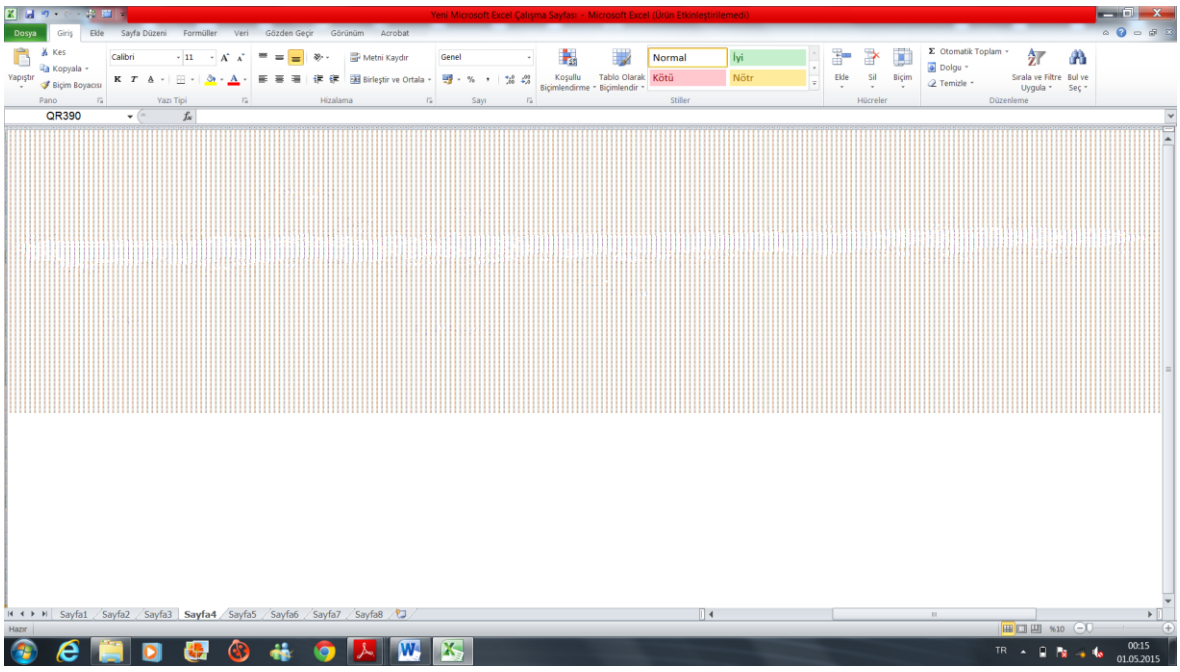

**Ek - 1 Resim 37.** 60 cm'den 4x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 38.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



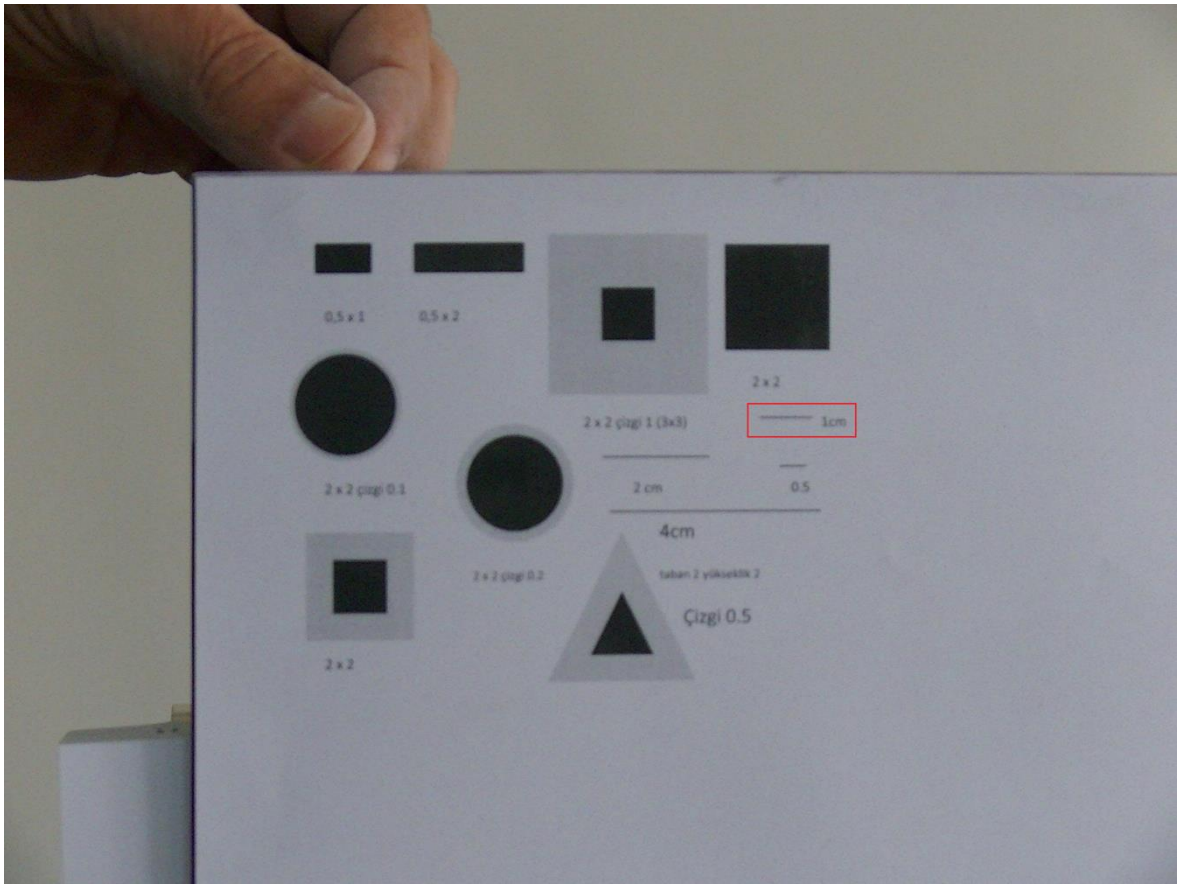
**Ek - 1 Resim 39.** Eşik değeri 145 olarak atanmış görüntü




**Ek - 1 Resim 40.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 60 cm'den 4x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 38.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 145 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 39.'daki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 40.'ta görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 230 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

60 cm'den 3x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 41.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



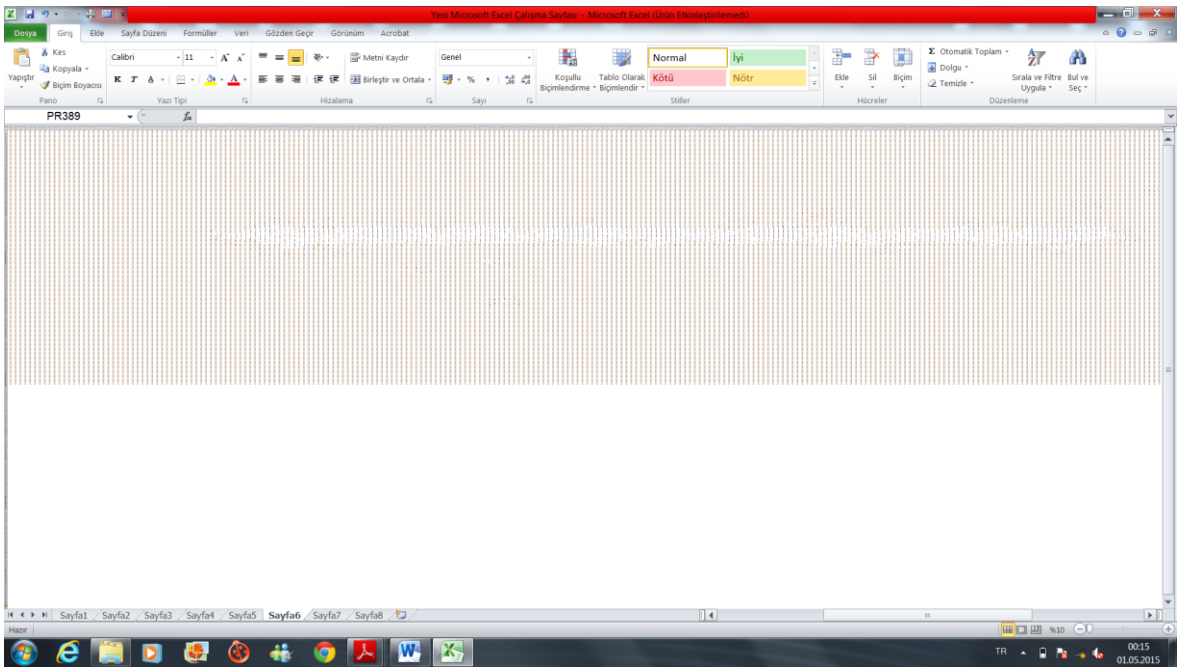

**Ek - 1 Resim 41.** 60 cm'den 3x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 42.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



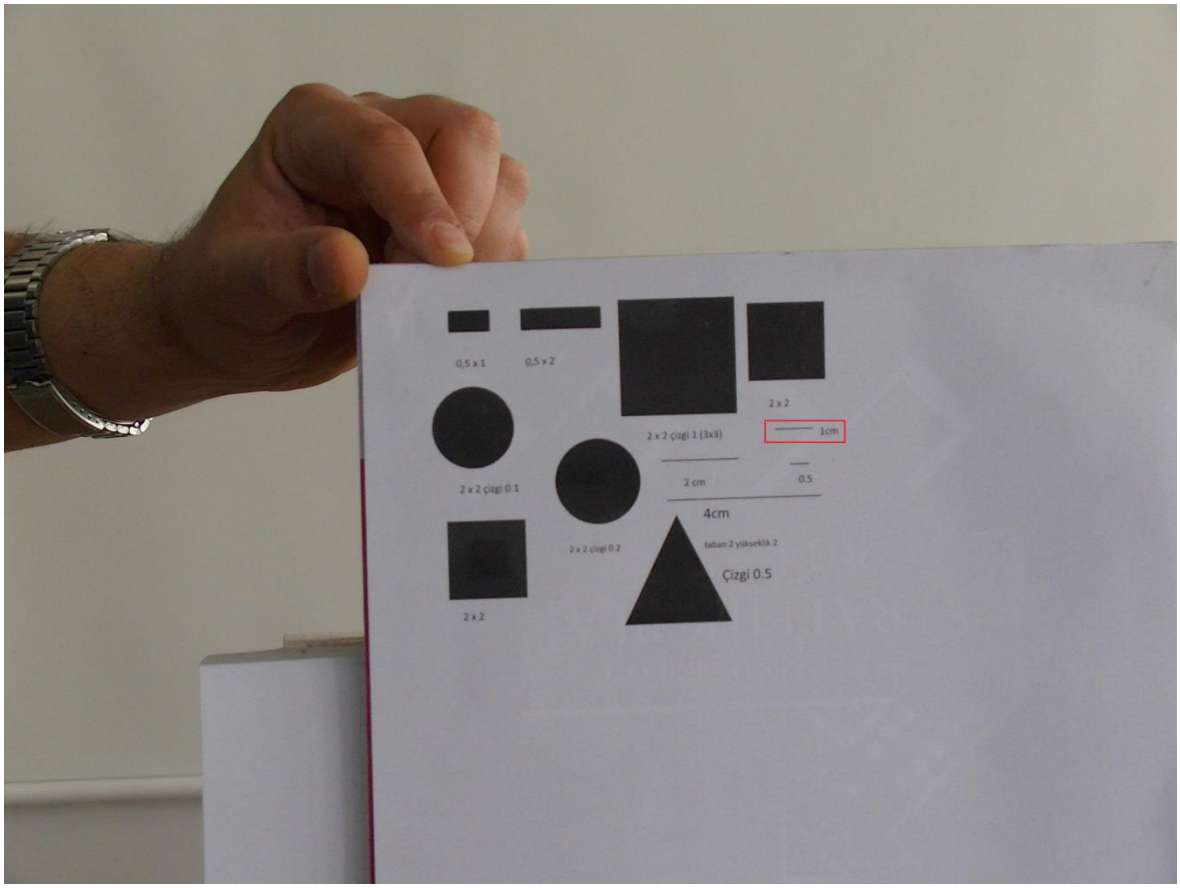
**Ek - 1 Resim 43.** Eşik değeri 140 olarak atanmış görüntü



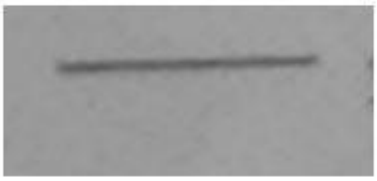

**Ek - 1 Resim 44.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 60 cm'den 3x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 42.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 140 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 43.'teki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 44.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 188 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

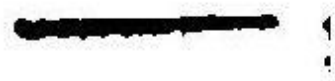
60 cm'den 2x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 45.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



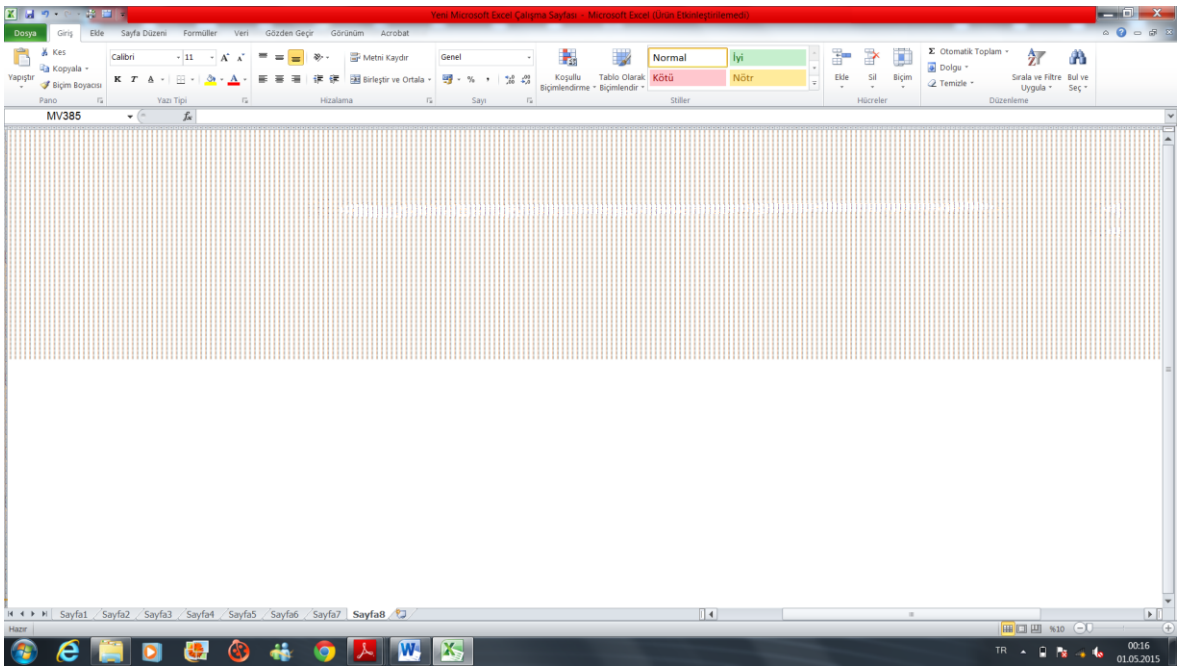

**Ek - 1 Resim 45.** 60 cm'den 2x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 46.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



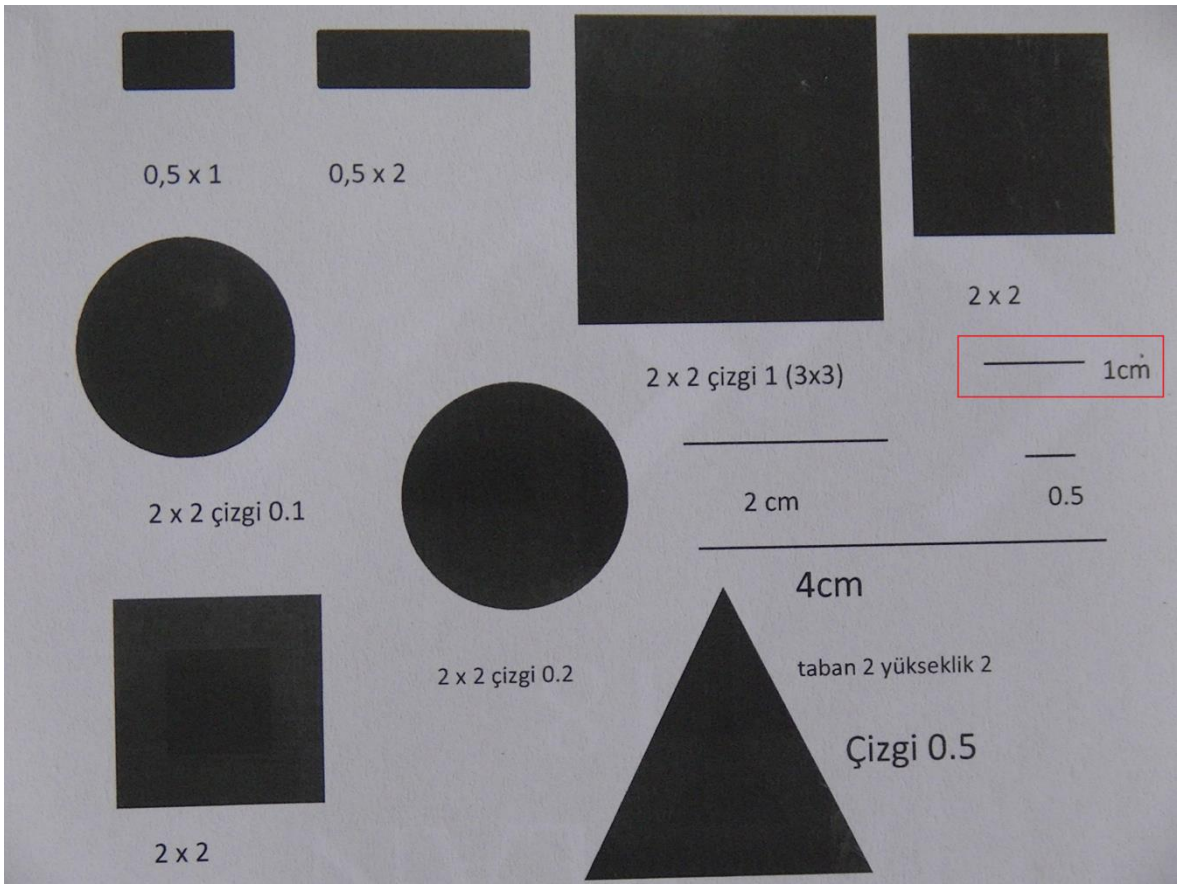
**Ek - 1 Resim 47.** Eşik değeri 145 olarak atanmış görüntü



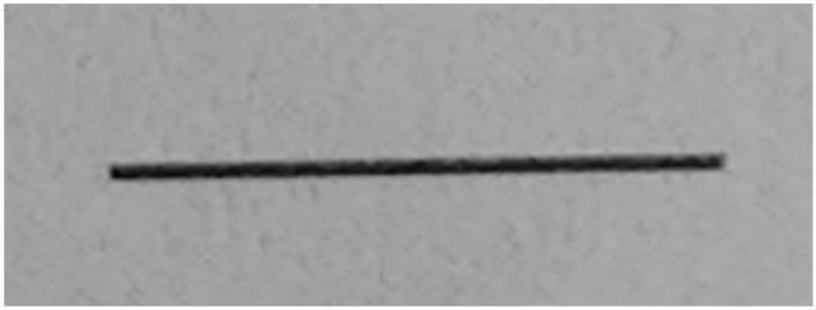

**Ek - 1 Resim 48.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 60 cm'den 2x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 46.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 145 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 47.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 48.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 134 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

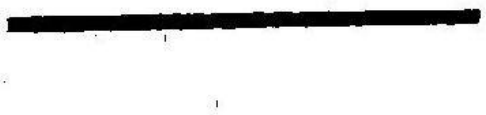
40 cm'den 4x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 49.'da referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



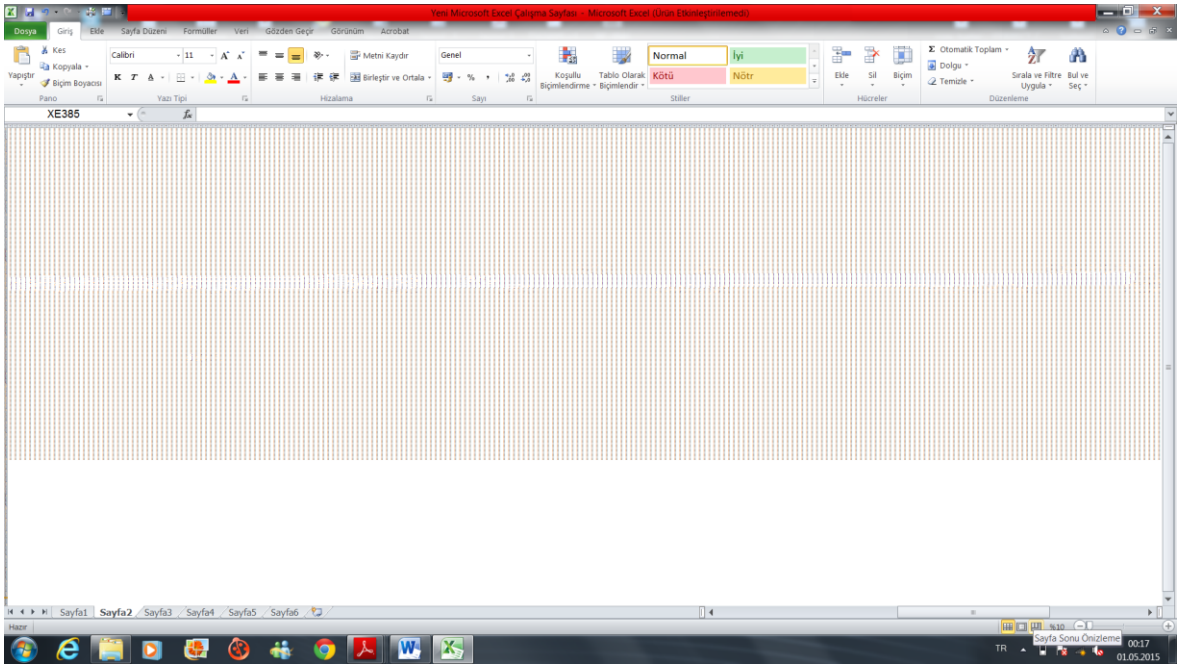

**Ek - 1 Resim 49.** 40 cm'den 4x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 50.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



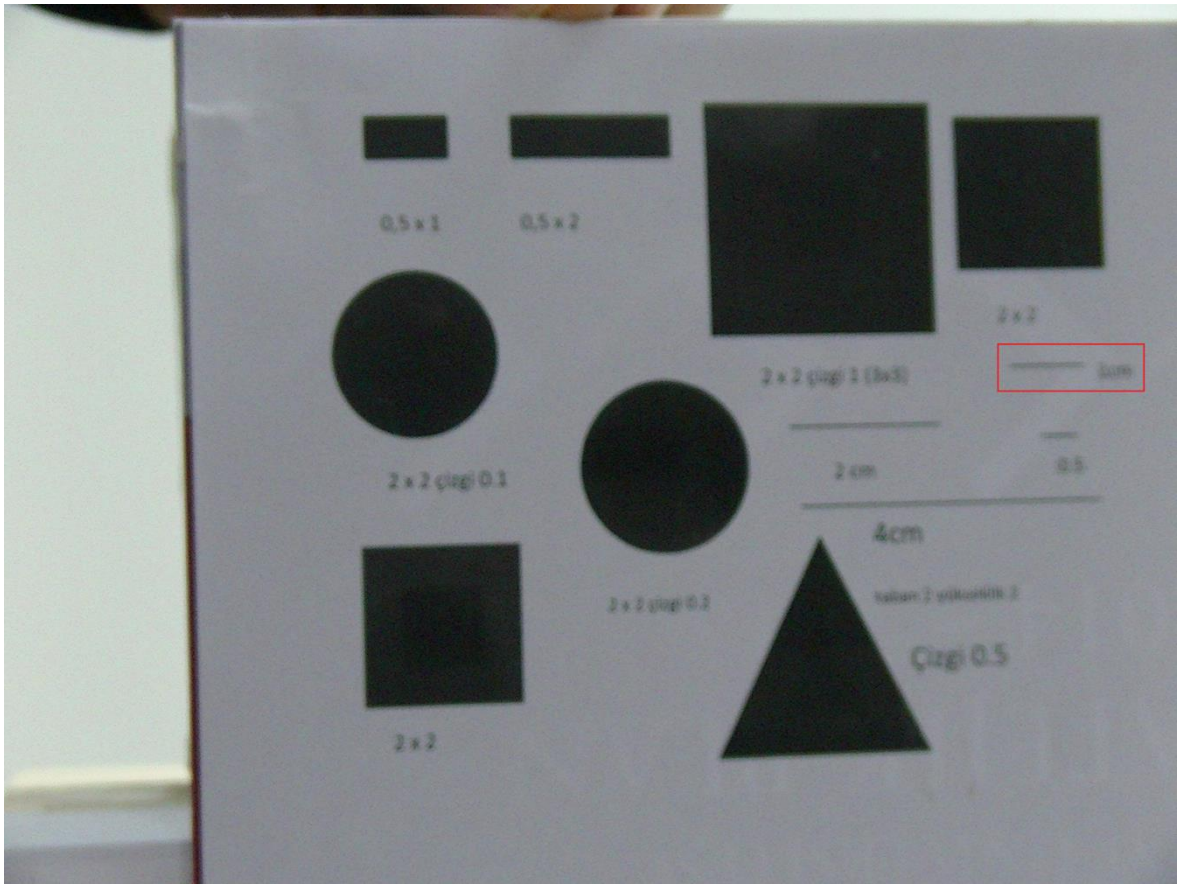
**Ek - 1 Resim 51.** Eşik değeri 145 olarak atanmış görüntü



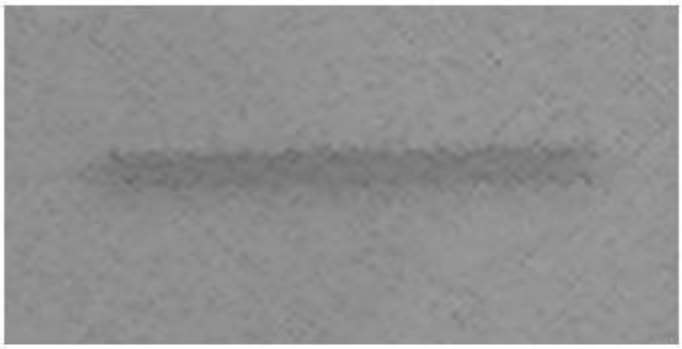

**Ek - 1 Resim 52.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 40 cm'den 4x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 50.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 145 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 51.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 52.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 348 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

40 cm'den 3x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 53.'te referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



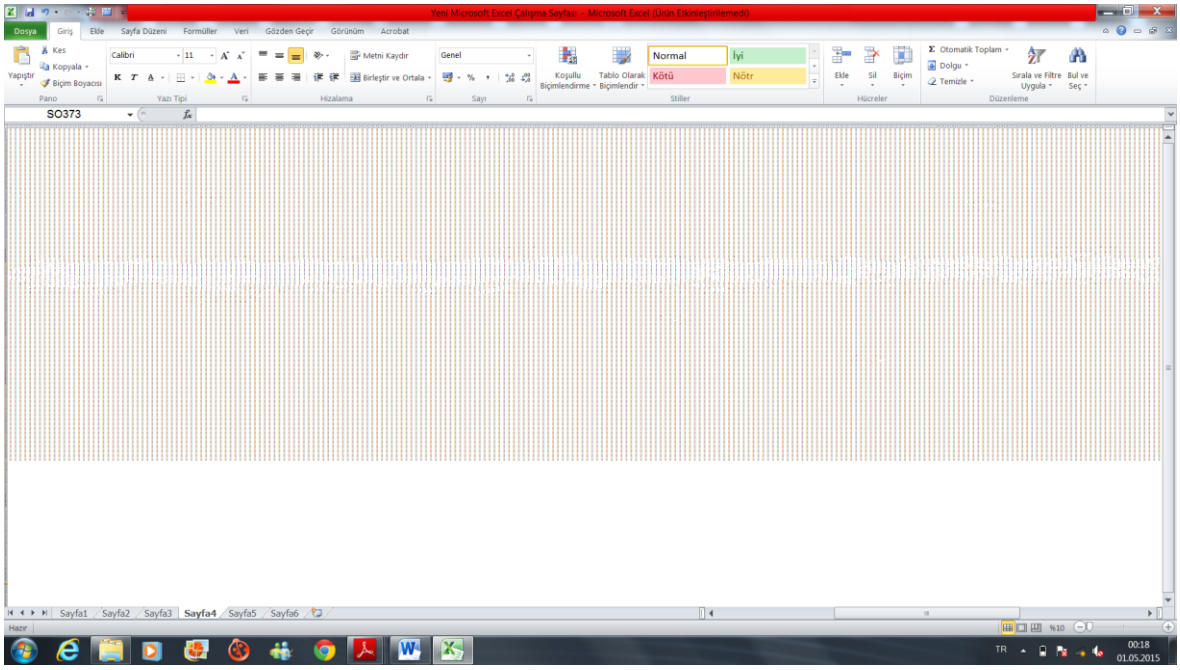

**Ek - 1 Resim 53.** 40 cm'den 3x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 54.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



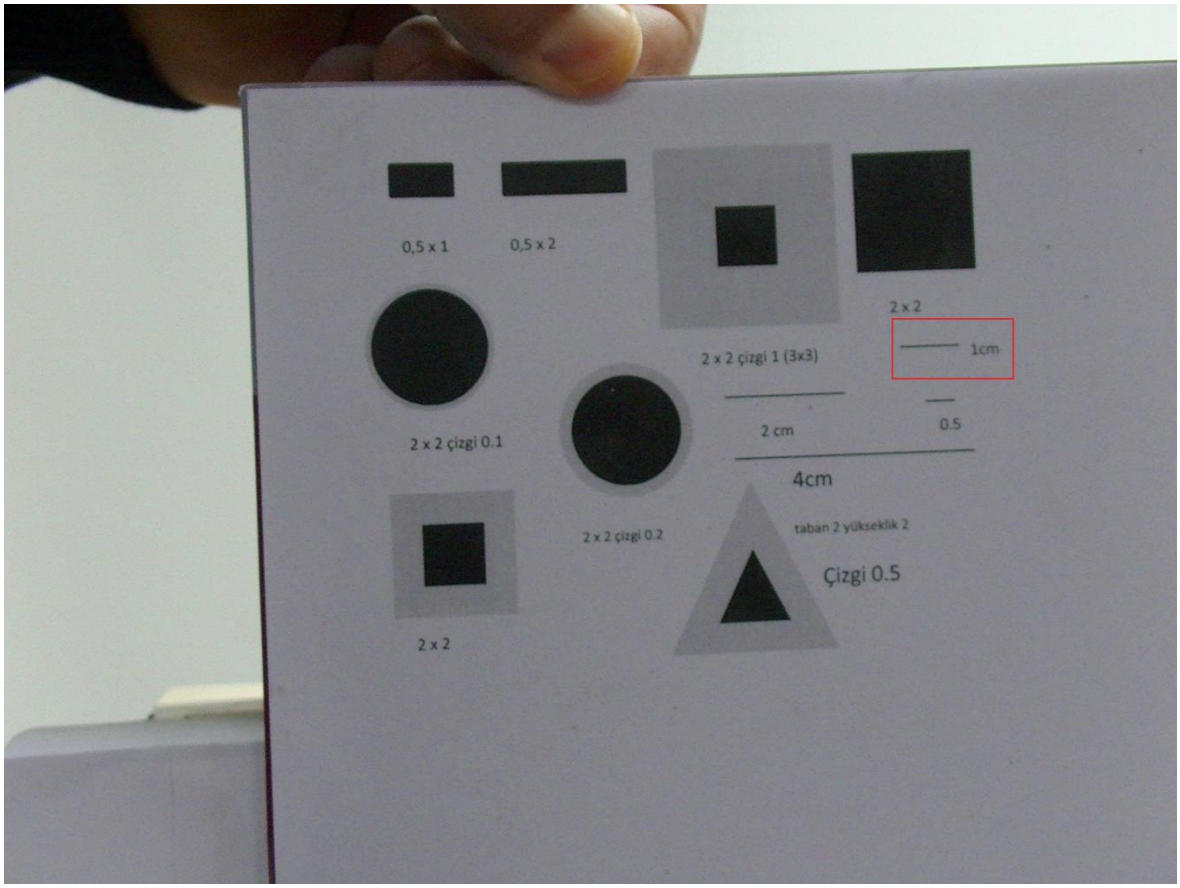
**Ek - 1 Resim 55.** Eşik değeri 130 olarak atanmış görüntü



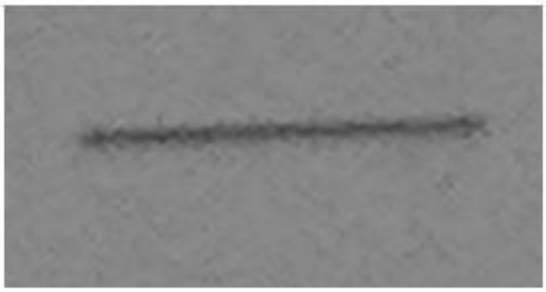
**Ek - 1 Resim 56.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 40 cm'den 3x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 54.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 130 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 55.'deki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 56.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 250 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

40 cm'den 2x zoom ile çekilen görüntü Matlab bilgisayar programına alınarak Ek - 1 Resim 57.'de referans seçilen bölge croplama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış ve oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.

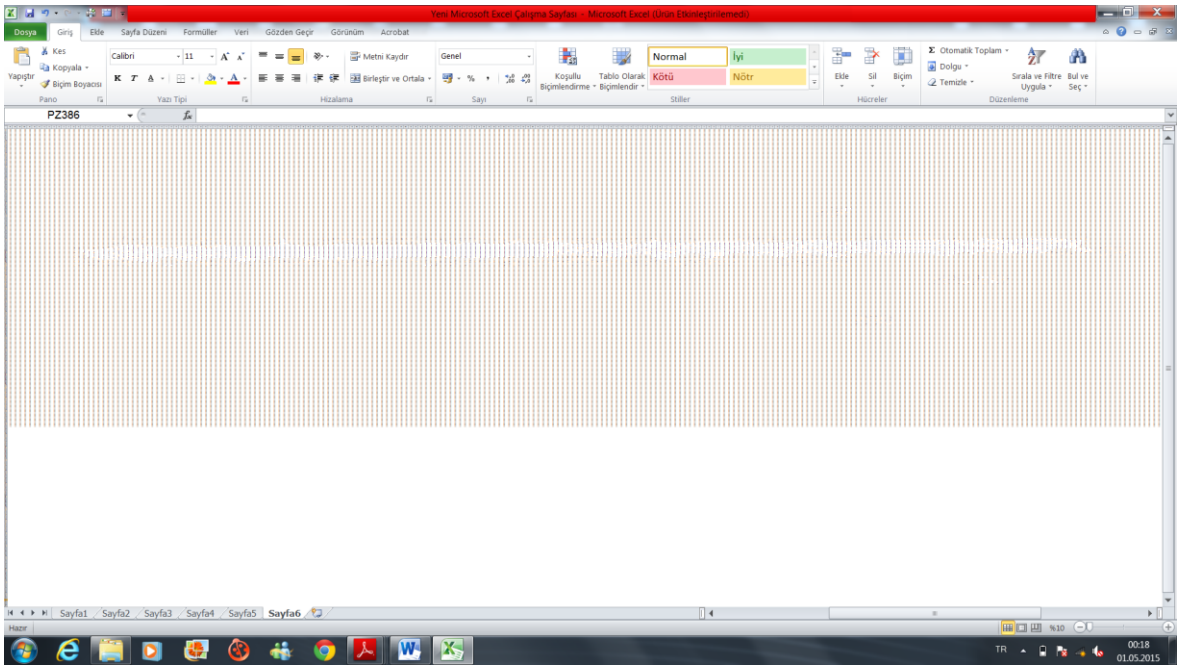



**Ek - 1 Resim 57.** 40 cm'den 2x zoom ile çekilmiş referans görüntü



**Ek - 1 Resim 58.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)

**Ek - 1 Resim 59.** Eşik değeri 120 olarak atanmış görüntü



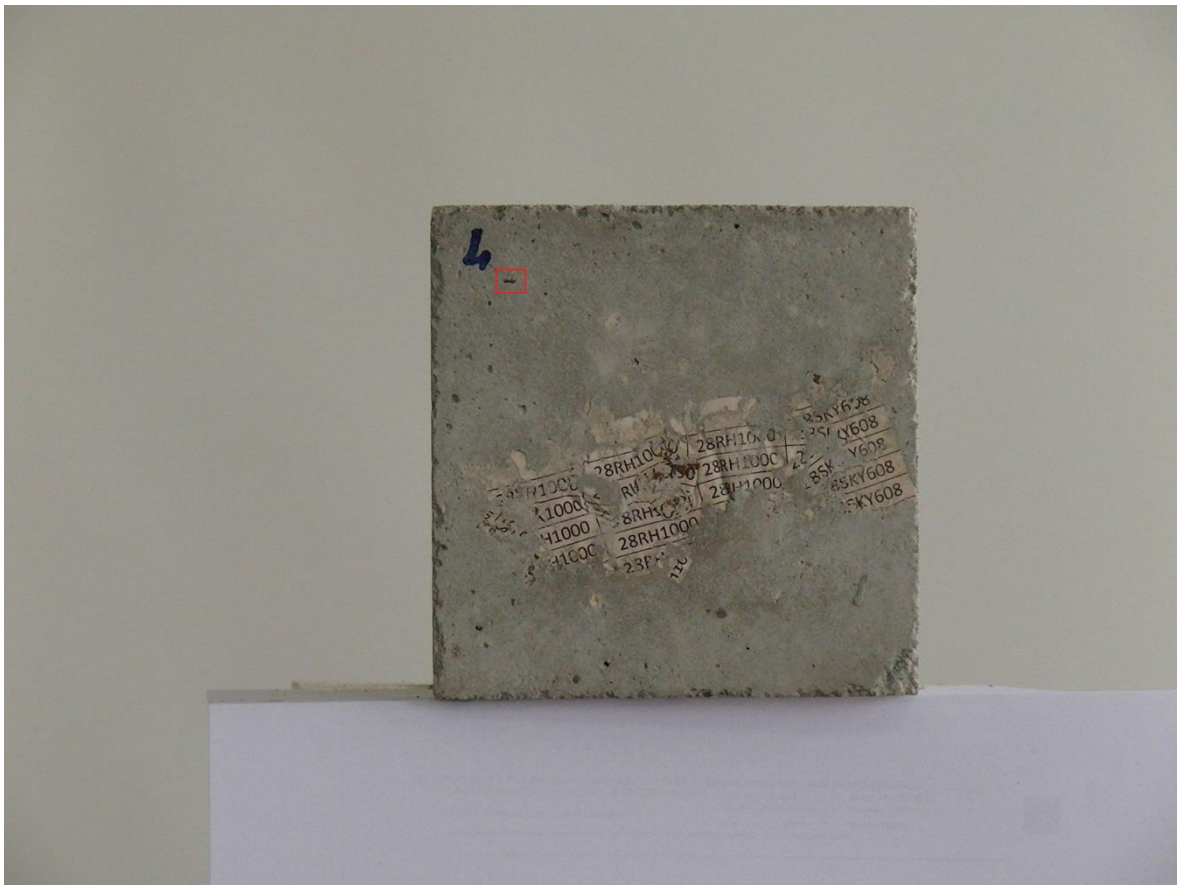
**Ek - 1 Resim 60.** Referans görüntünün piksel değerleri

Referans olarak belirlenen 1 cm'lik çizgi A4 kağıdına çizdirilip çıktı alındıktan sonra, kağıdın 40 cm'den 2x zoom ile görüntüsü çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra 1 cm'lik çizginin bulunduğu bölge Ek - 1 Resim 58.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 120 atandıktan sonraki görüntüsü Ek - 1 Resim 59.'daki gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 1 Resim 60.'da

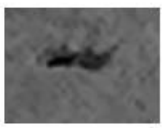
görüldüğü gibi Excel'e aktarıldıktan sonra 1 cm'nin kaç piksel olduğu ölçülmüştür. Sonuç olarak 205 pikselin 1 cm'ye denk geldiği bulunmuştur.

**EK - 2**

1 metreden 5x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 1.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.

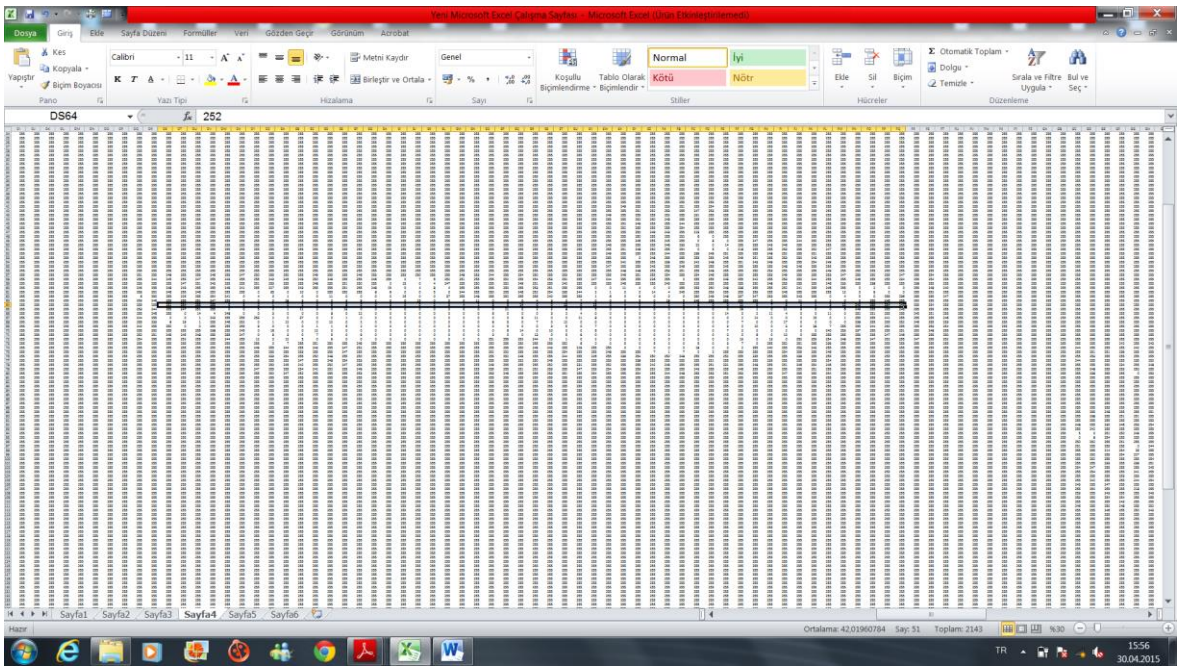



**Ek - 2 Resim 1.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 2.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)

**Ek - 2 Resim 3.** Eşik değeri 81 olarak atanmış görüntü



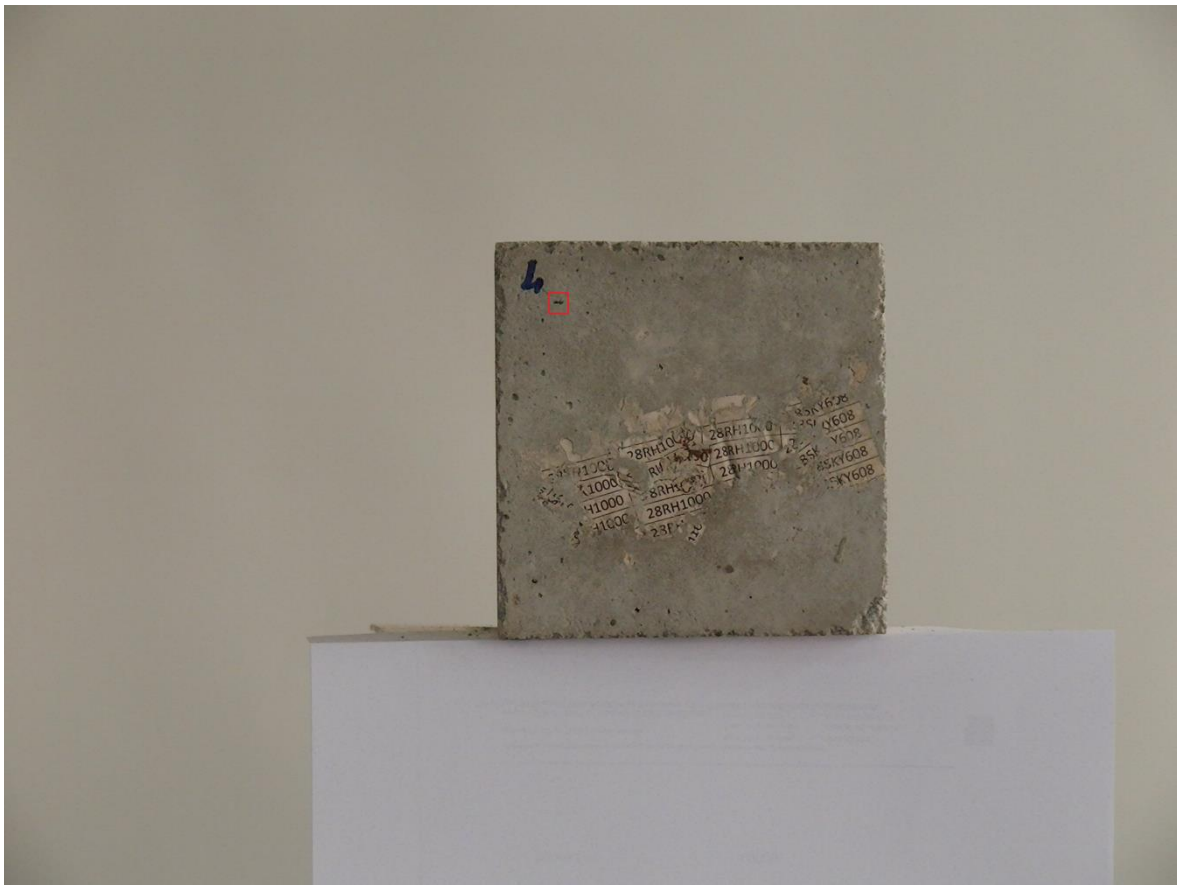
**Ek - 2 Resim 4.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 2.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 81 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 3.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 4.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 81 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 51 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma

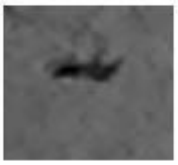
sonucunda 1 cm'lik çizginin 167 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(51 x 1) / 167 = 0,305 cm bulunur.

1 metreden 4x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 5.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



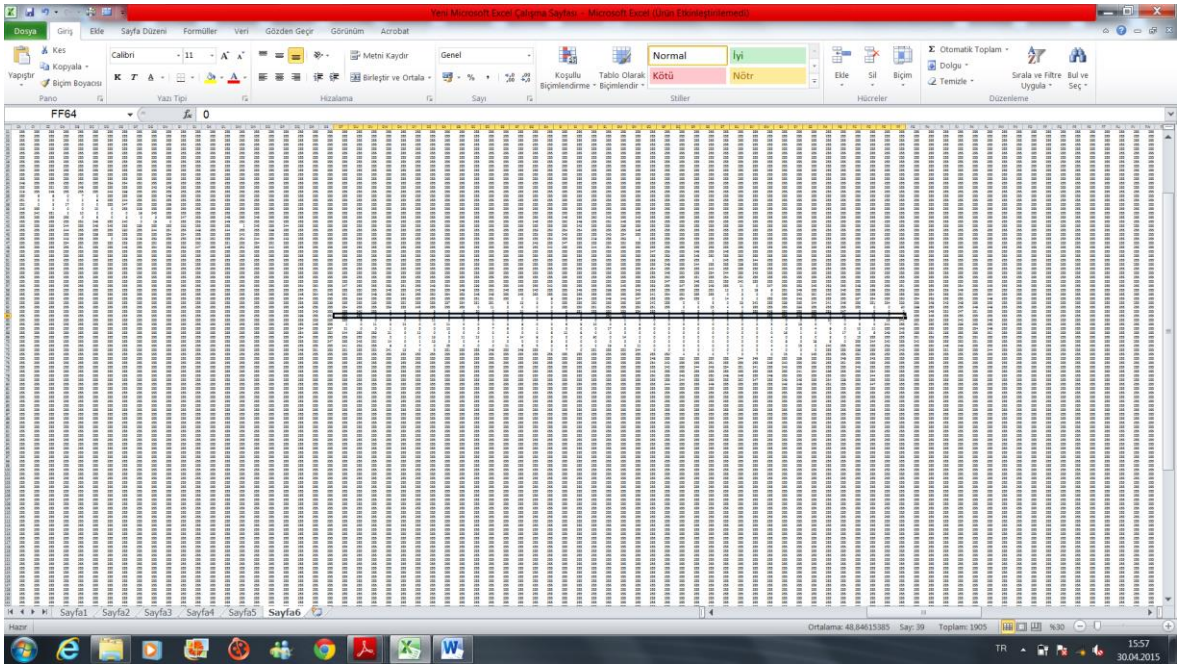

**Ek - 2 Resim 5.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 6.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 2 Resim 7.** Eşik değeri 81 olarak atanmış görüntü

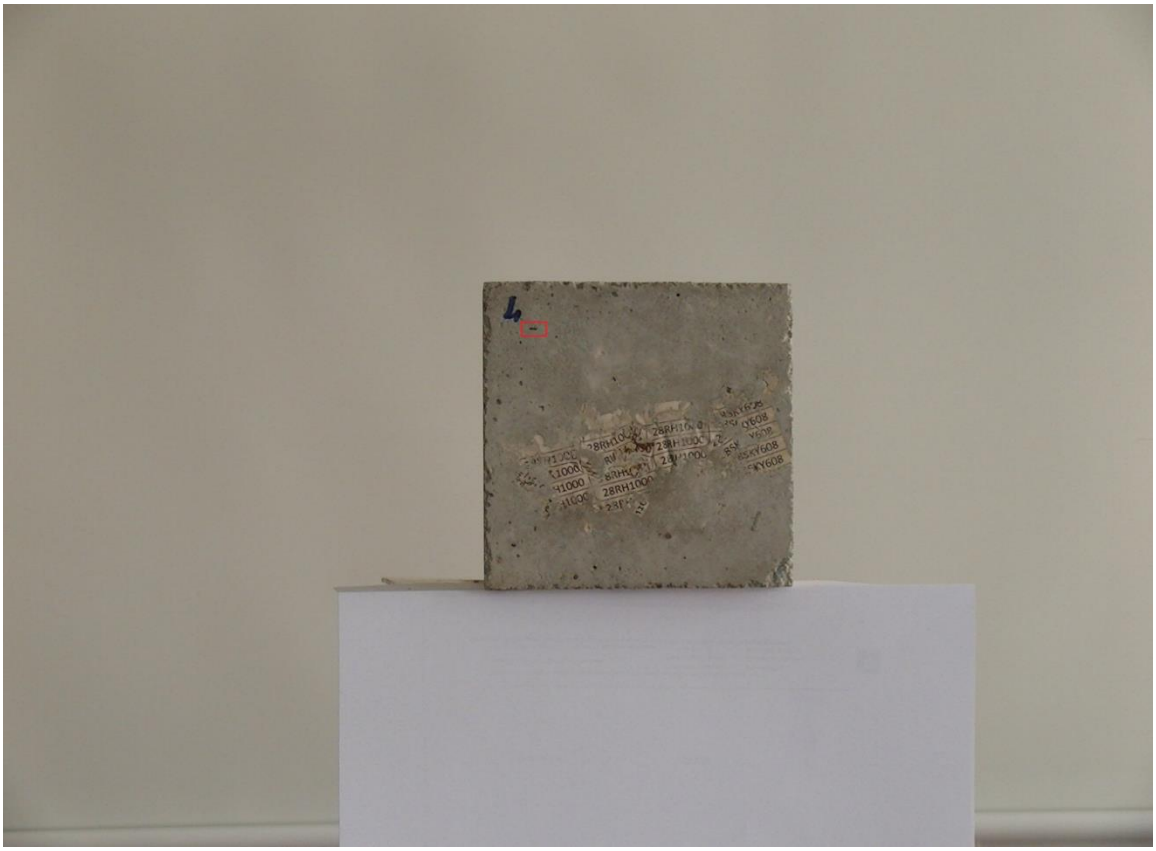


**Ek - 2 Resim 8.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

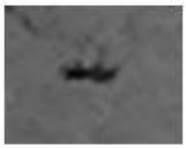
Beton numune görüntüsü 1 metreden 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 6.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 81 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 7.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 8.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 81 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 39 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(39 x 1) / 131 = 0,297 cm bulunur.

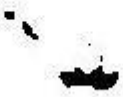
1 metreden 3x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 9.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



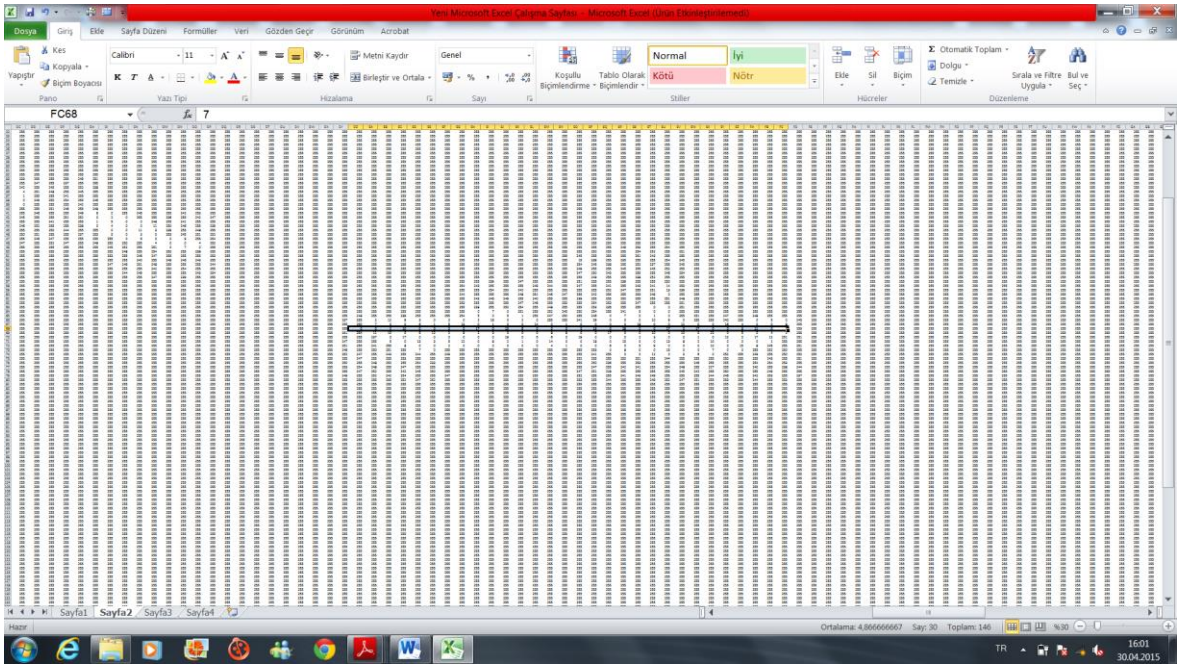
**Ek - 2 Resim 9.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 10.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 2 Resim 11.** Eşik değeri 81 olarak atanmış görüntü

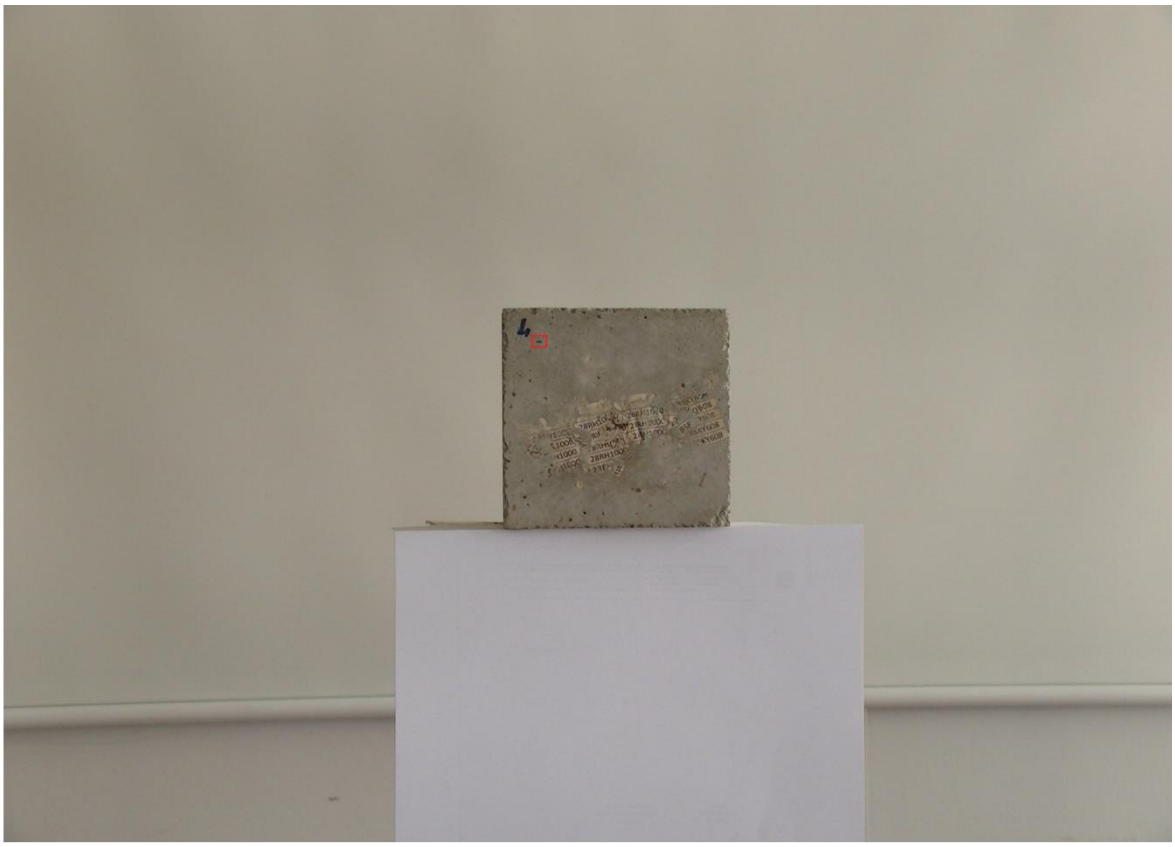


**Ek - 2 Resim 12.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 10.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 81 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 11.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 12.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 81 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 30 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 105 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(30 x 1) / 105 = 0,286 cm bulunur.

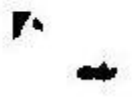
1 m'den 2x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 13.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



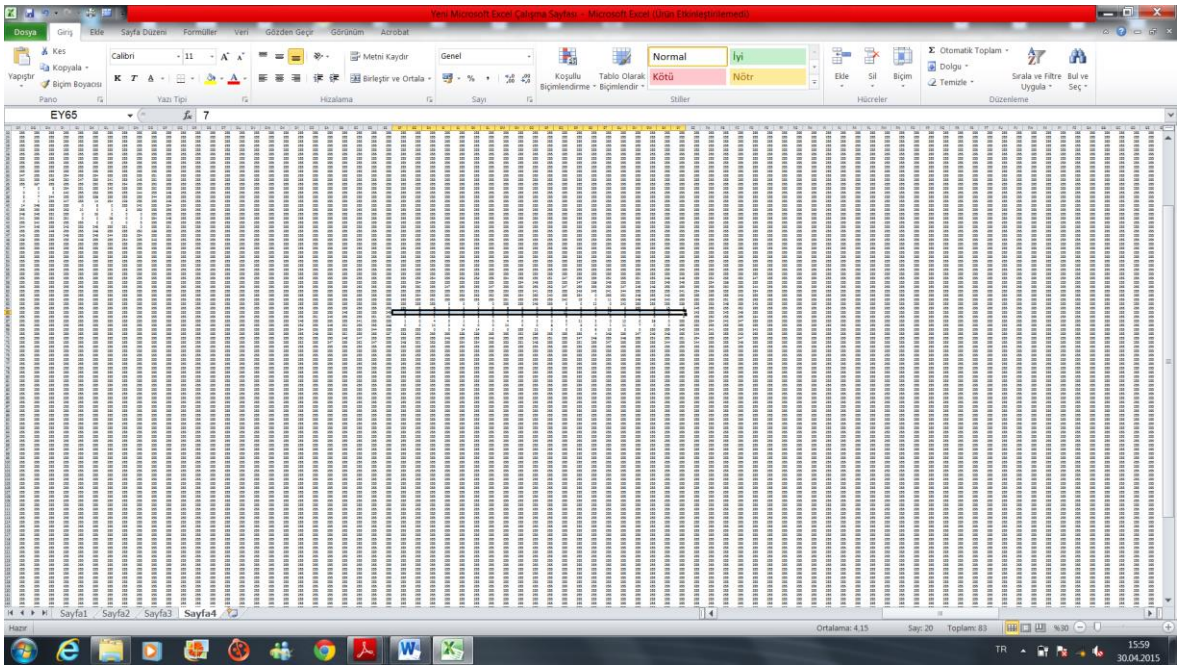
**Ek - 2 Resim 13.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 14.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 2 Resim 15.** Eşik değeri 83 olarak atanmış görüntü

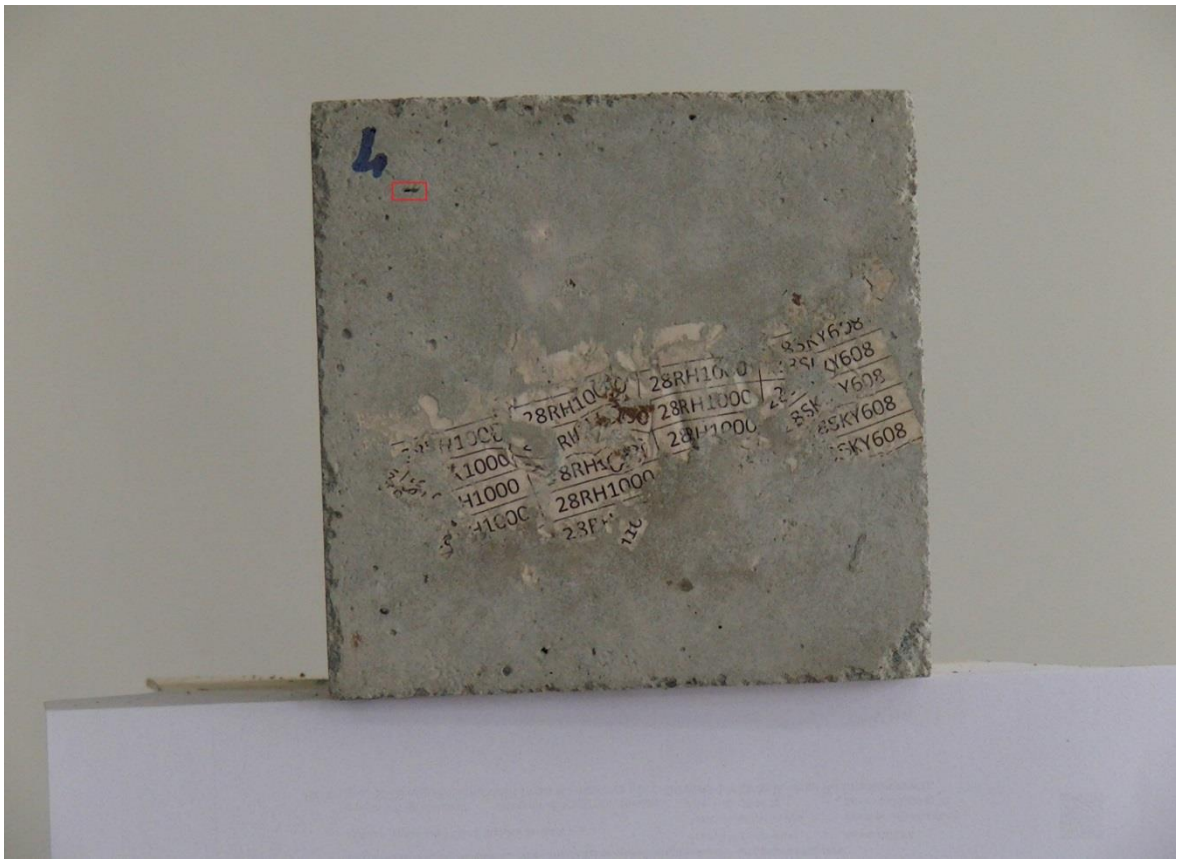


**Ek - 2 Resim 16.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

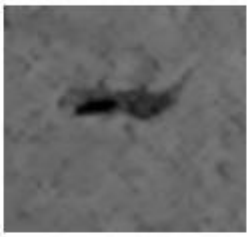
Beton numune görüntüsü 1 metreden 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 14.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 83 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 15.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 16.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 83 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 20 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 78 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(20 x 1) / 78 = 0,256 cm bulunur.

80 cm'den 5x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 17.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



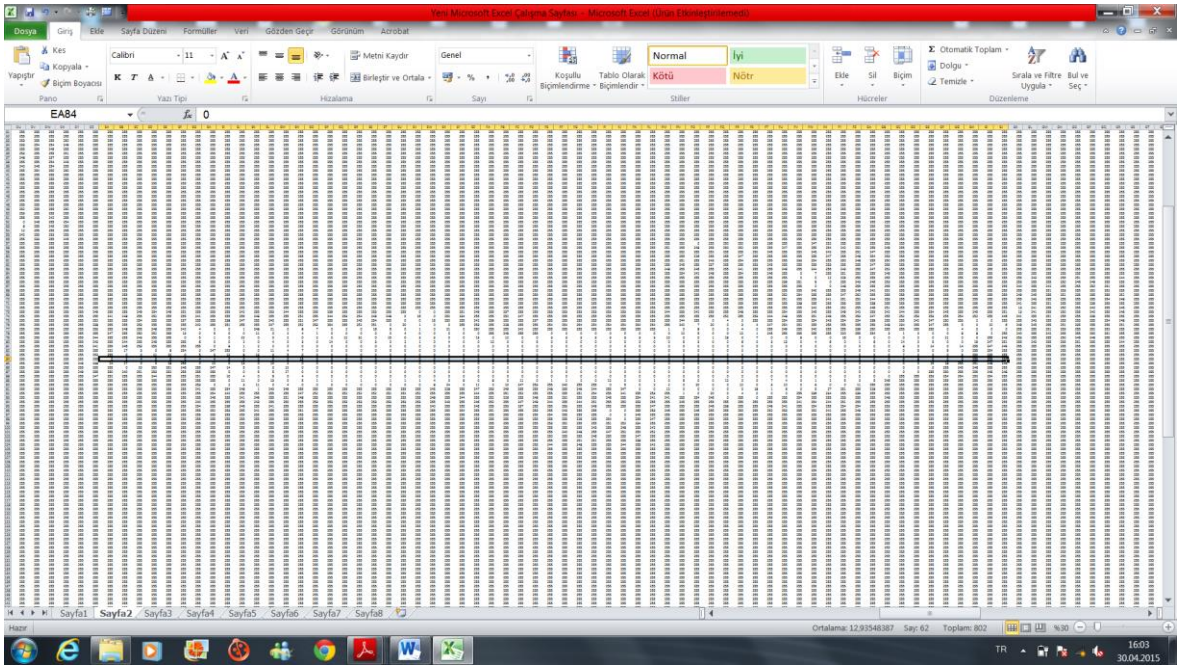

**Ek - 2 Resim 17.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 18.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 19.** Eşik değeri 85 olarak atanmış görüntü

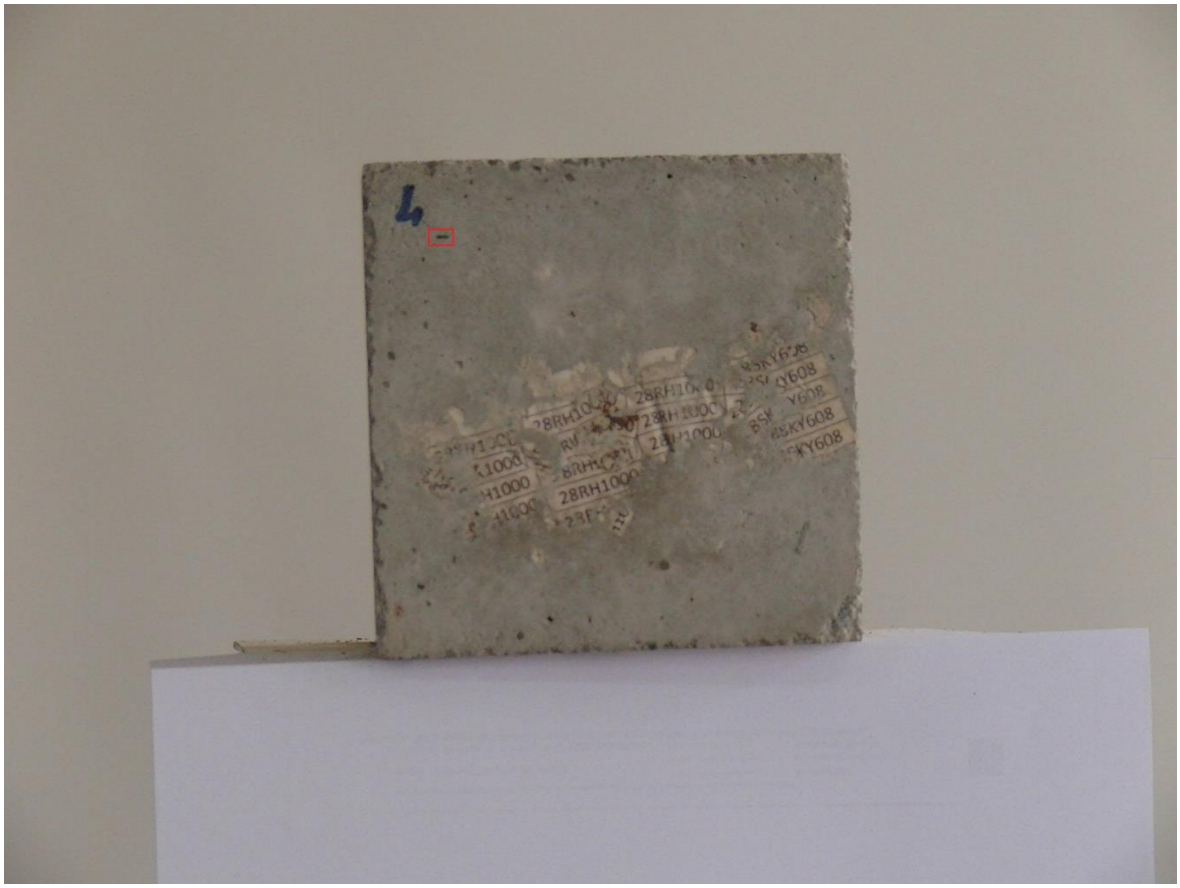


**Ek - 2 Resim 20.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

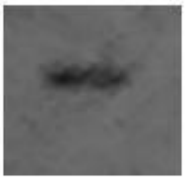
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 18.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 85 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 19.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 20.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 85 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 62 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 207 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(62 x 1) / 207 = 0,299 cm bulunur.

80 cm'den 4x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 21.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.

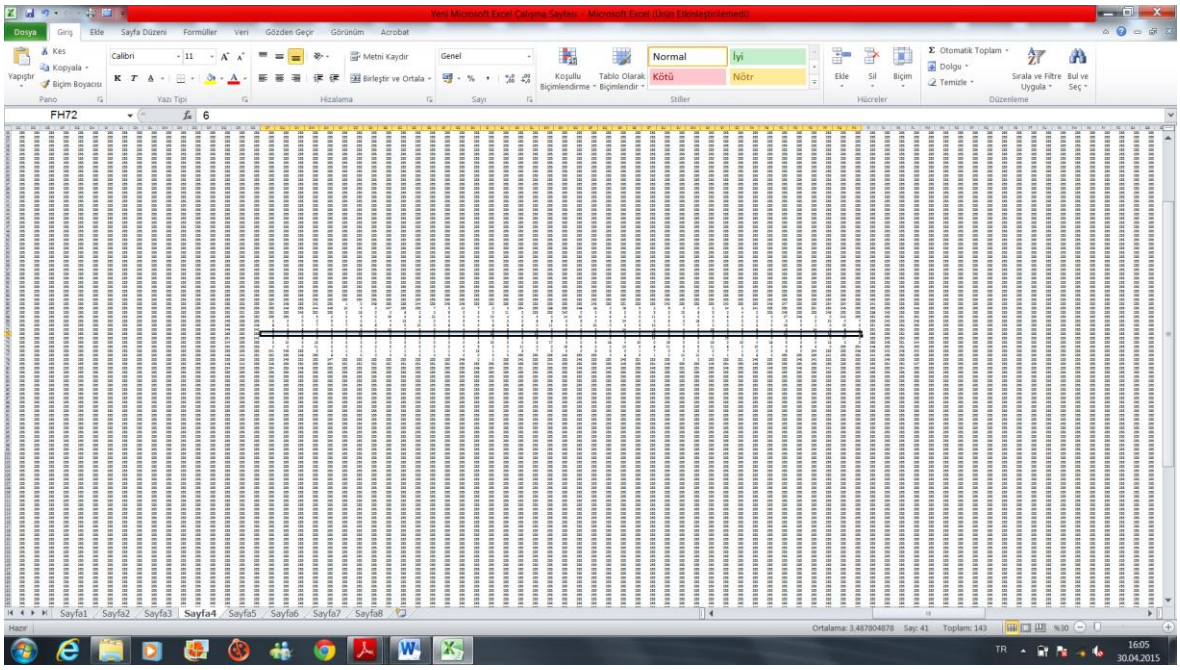


**Ek - 2 Resim 21.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 22.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış

**Ek - 2 Resim 23.** Eşik değeri 80 olarak atanmış görüntü



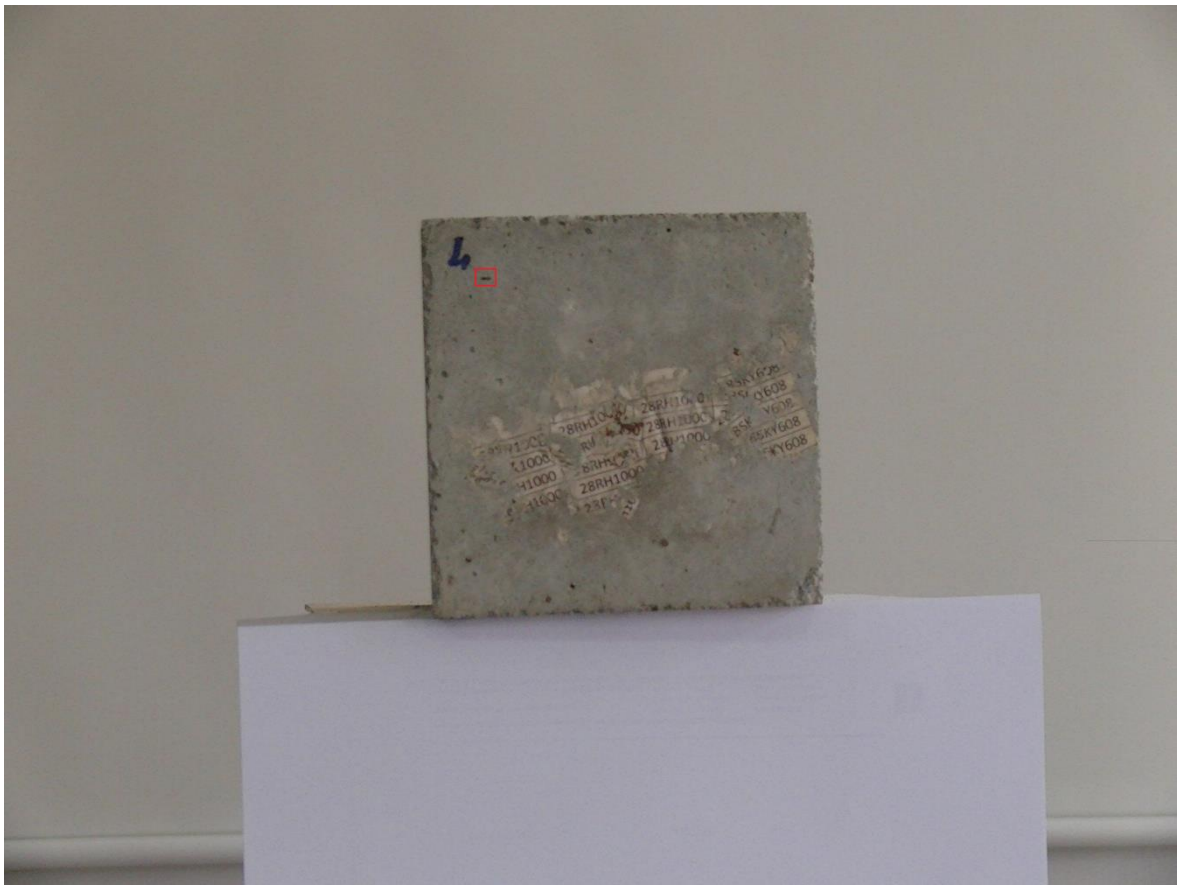
**Ek - 2 Resim 24.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 22.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 80 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 23.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 24.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 80 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 41 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma

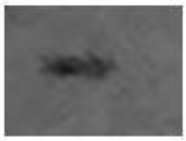
sonucunda 1 cm'lik çizginin 171 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(41 x 1) / 171 = 0,240 cm bulunur.

80 cm'den 3x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 25.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



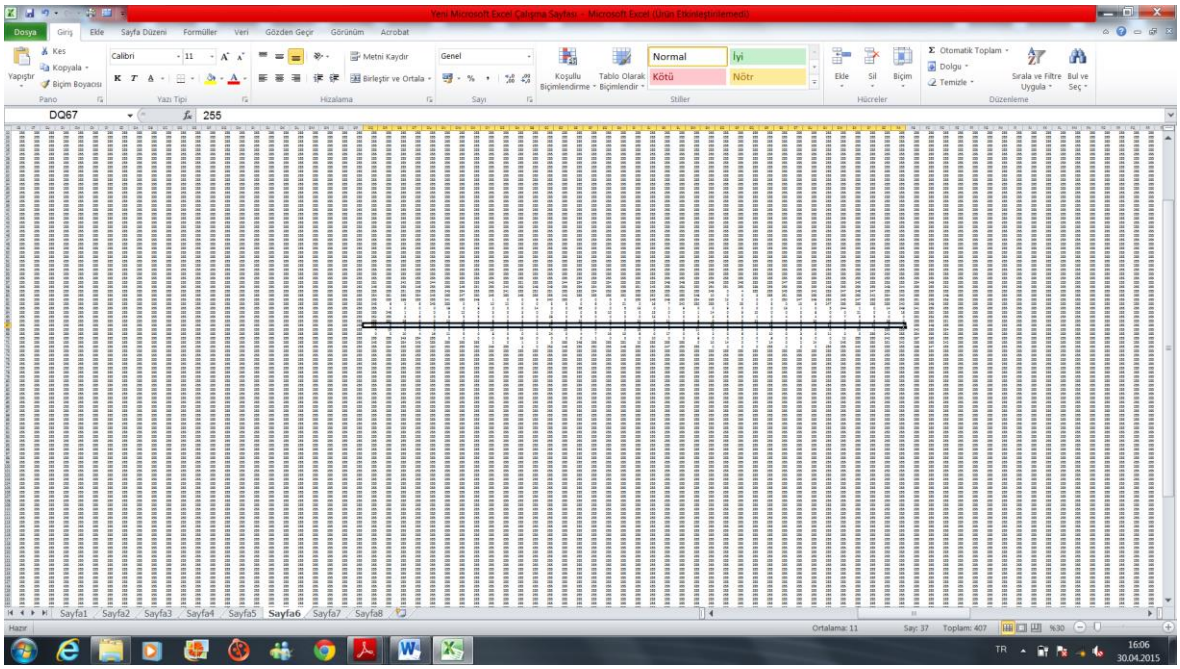

**Ek - 2 Resim 25.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 26.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 27.** Eşik değeri 81 olarak atanmış görüntü

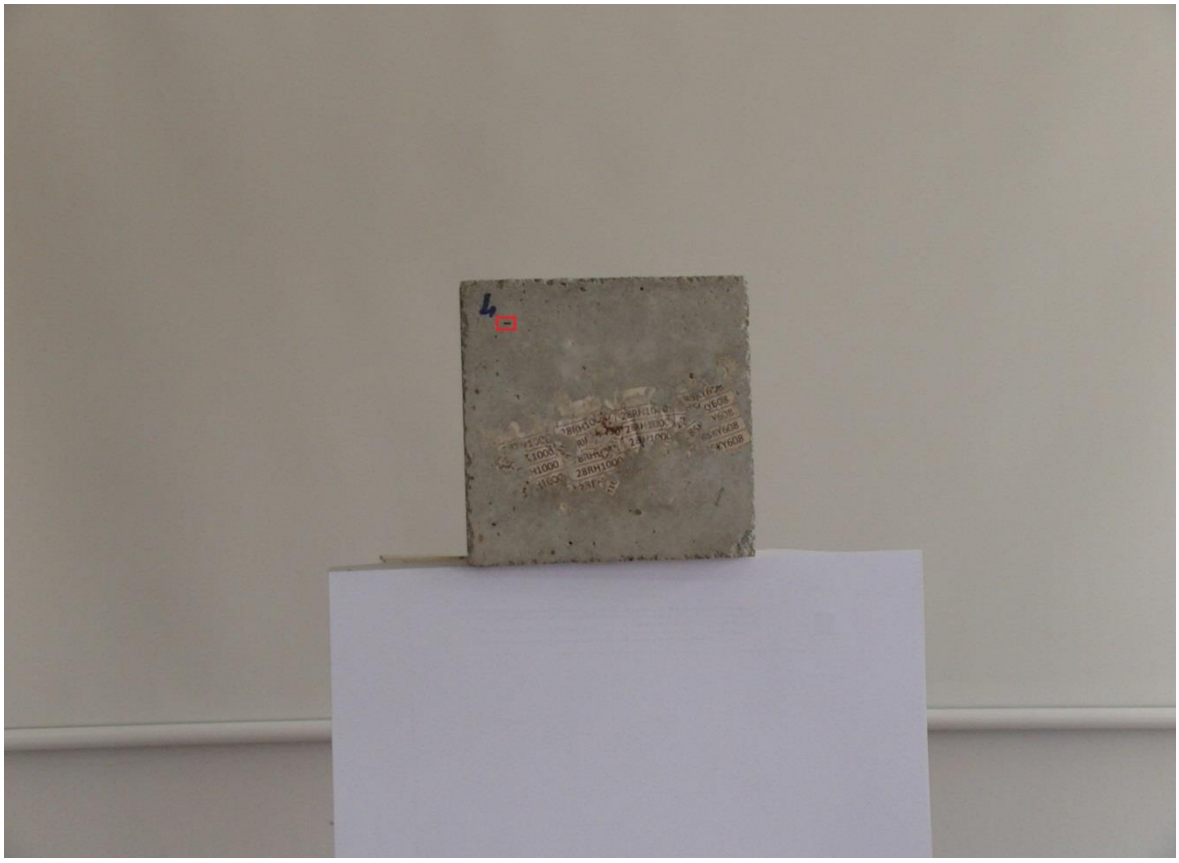



**Ek - 2 Resim 28.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

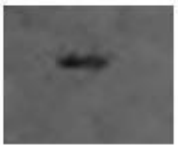
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 26.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 81 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 27.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 28.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 81 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 37 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(37 x 1) / 131 = 0,282 cm bulunur.

80 cm'den 2x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 29.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



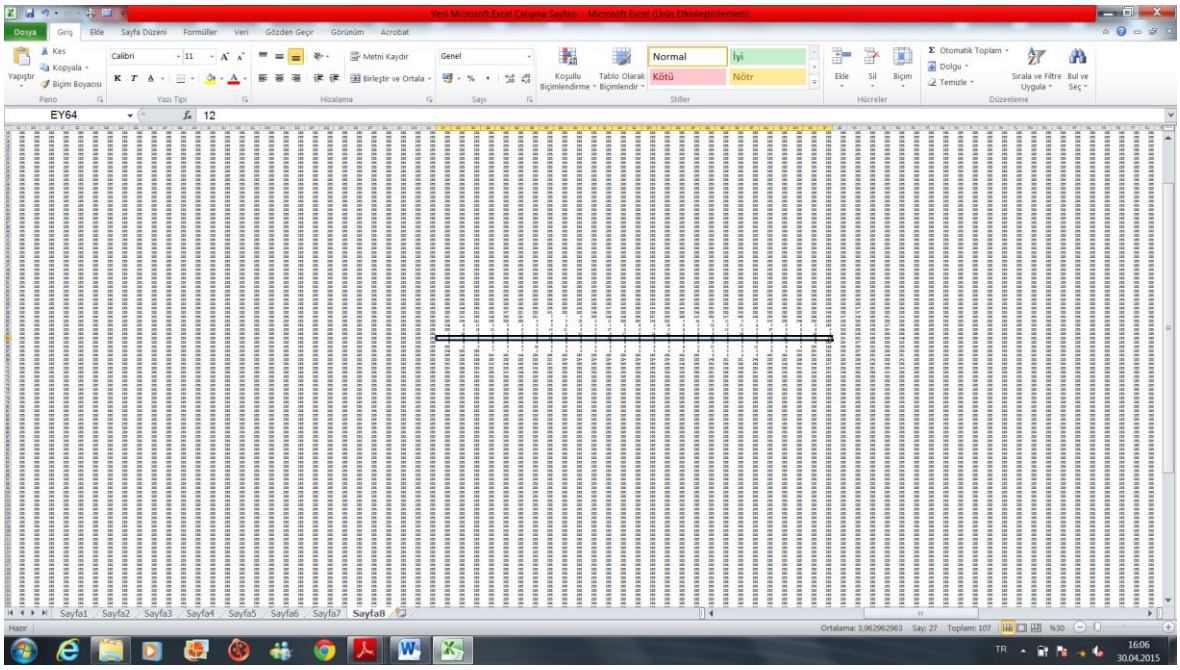
**Ek - 2 Resim 29.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 30.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 31.** Eşik değeri 81 olarak atanmış görüntü

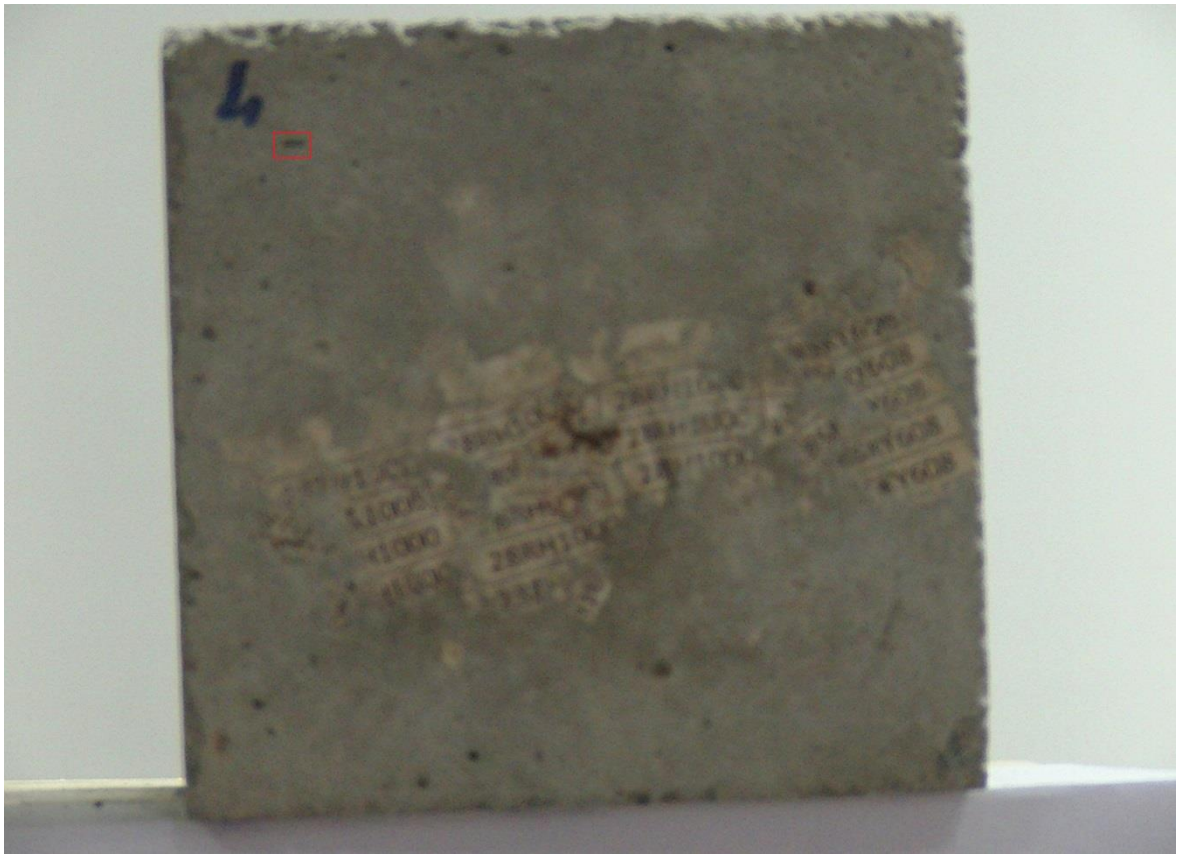


**Ek - 2 Resim 32.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

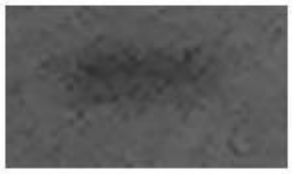
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 30.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 81 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 31.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 32.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 81 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 27 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 97 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(27 x 1) / 97 = 0,278 cm bulunur.

60 cm'den 5x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 33.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



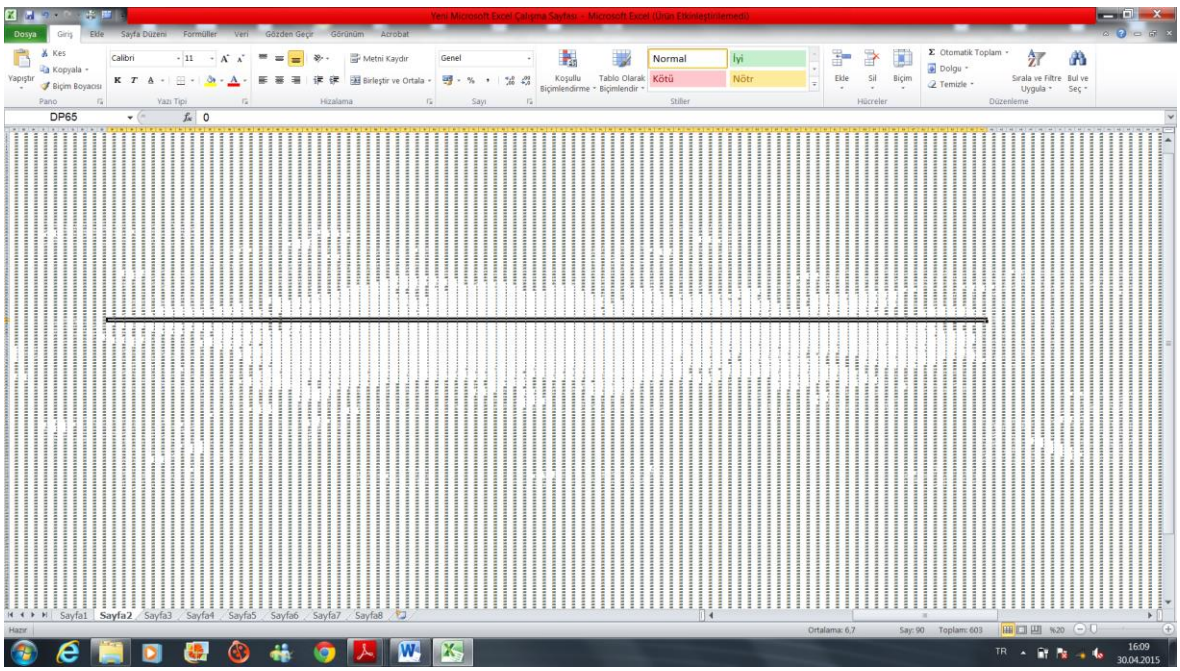
**Ek - 2 Resim 33.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 34.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 35.** Eşik değeri 81 olarak atanmış görüntü



**Ek - 2 Resim 36.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

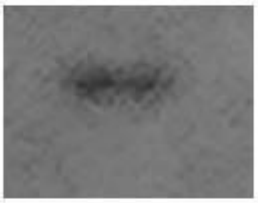
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 34.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 81 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 35.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 36.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 81 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 90 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 276 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(90 x 1) / 276 = 0,326 cm bulunur.

60 cm'den 4x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 37.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



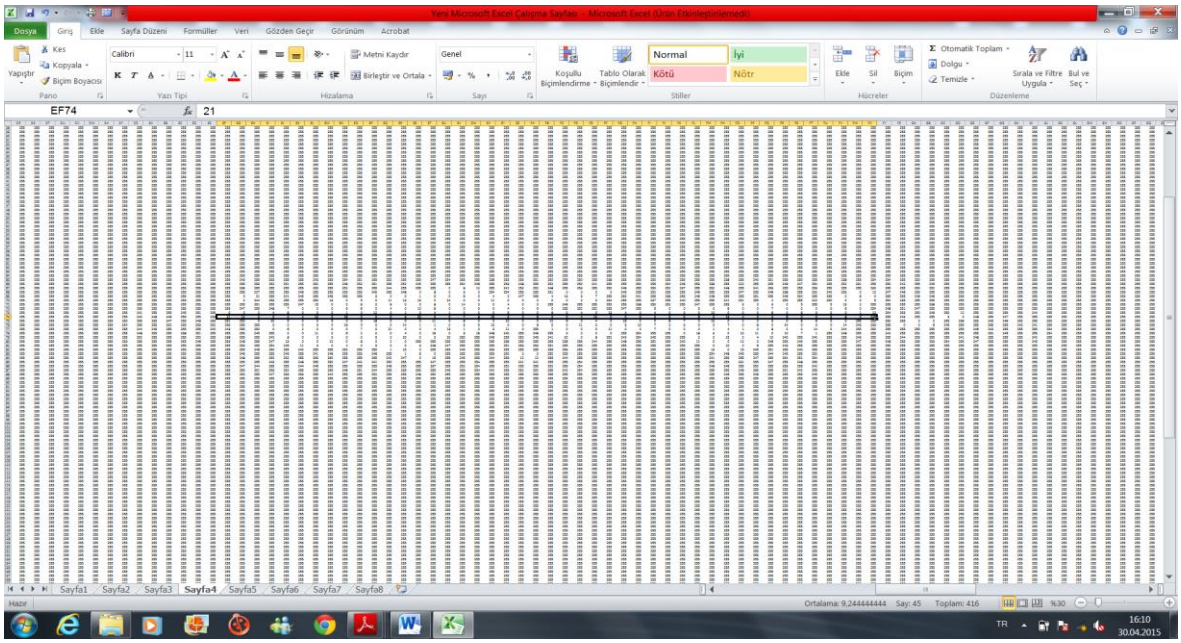
**Ek - 2 Resim 37.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 38.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 39.** Eşik değeri 83 olarak atanmış görüntü

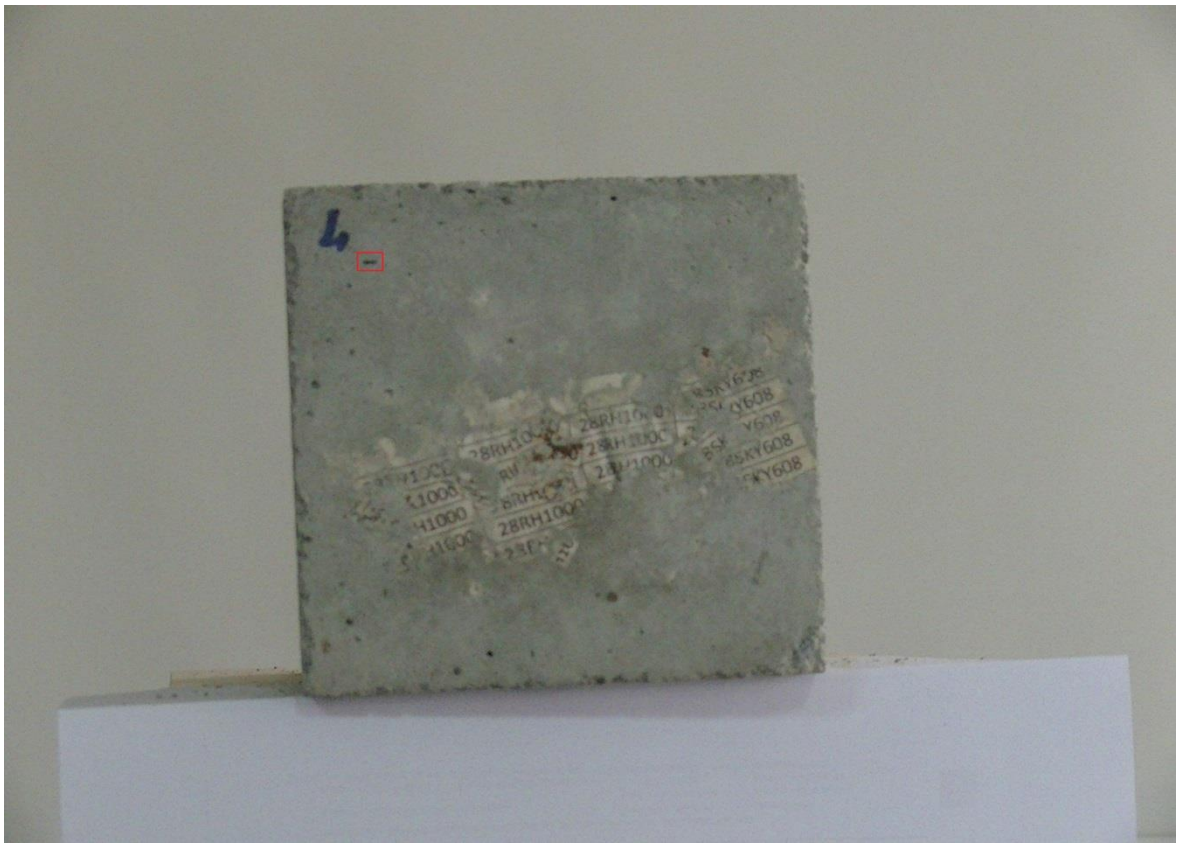


**Ek - 2 Resim 40.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

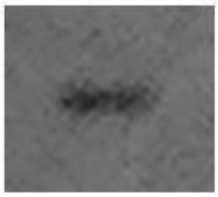
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 38.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 83 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 39.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 40.'ta görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 83 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 45 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 230 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(45 x 1) / 230 = 0,196 cm bulunur.

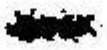
60 cm'den 3x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 41.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



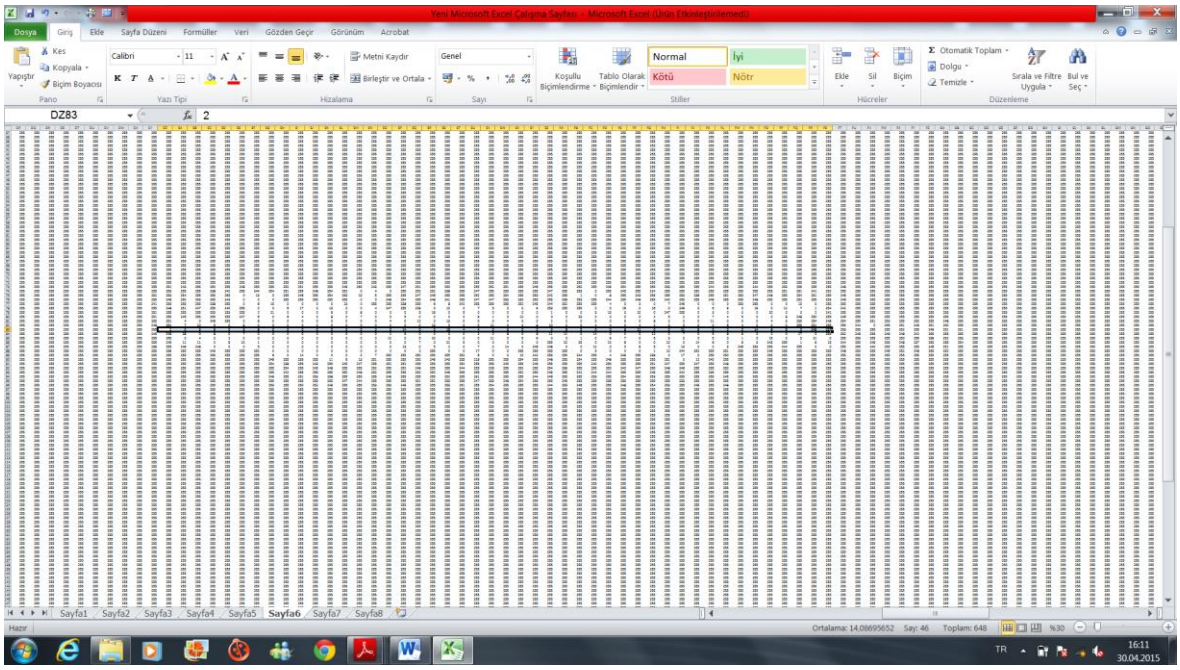
**Ek - 2 Resim 41.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 42.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 43.** Eşik değeri 81 olarak atanmış görüntü

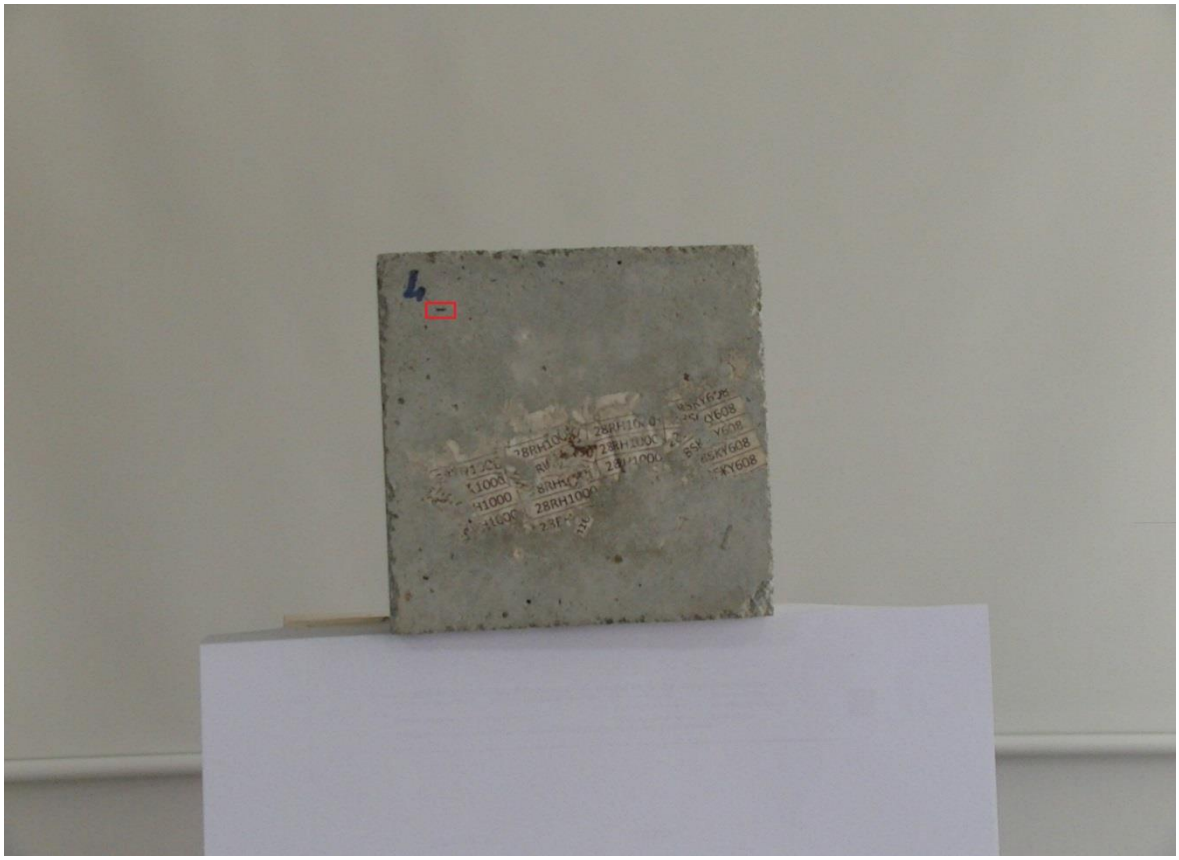


**Ek - 2 Resim 44.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

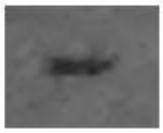
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 42.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 81 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 43.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 44.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 81 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 46 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 188 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(46 x 1) / 188 = 0,245 cm bulunur.

60 cm'den 2x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 45.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



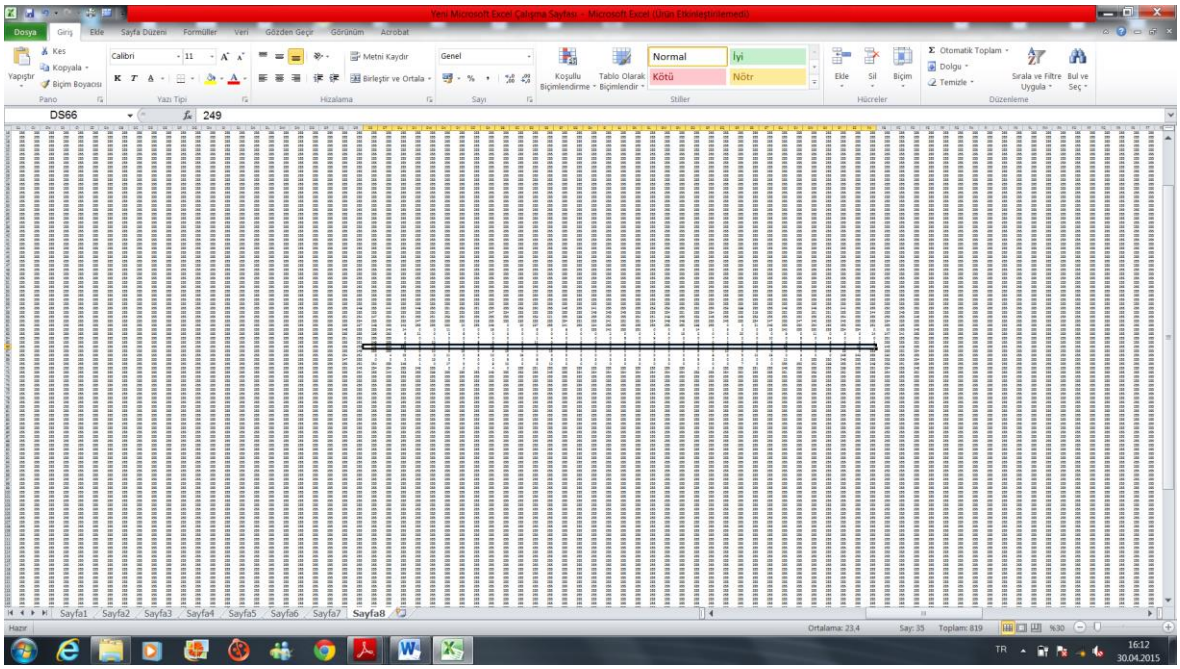
**Ek - 2 Resim 45.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 46.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 47.** Eşik değeri 83 olarak atanmış görüntü

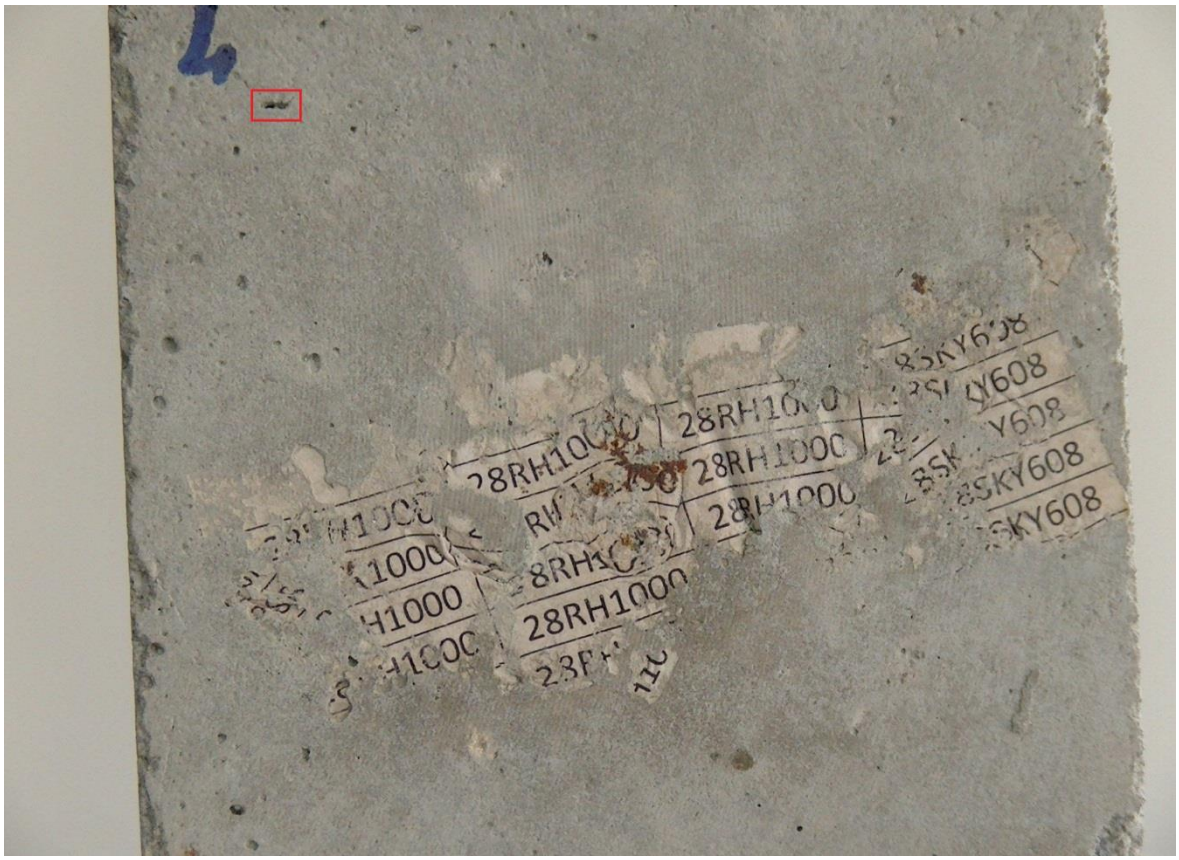



**Ek - 2 Resim 48.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

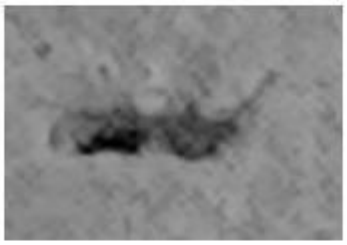
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 46.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 83 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 47.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 48.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 83 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 35 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 134 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(35 x 1) / 134 = 0,261 cm bulunur.

40 cm'den 4x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 49.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



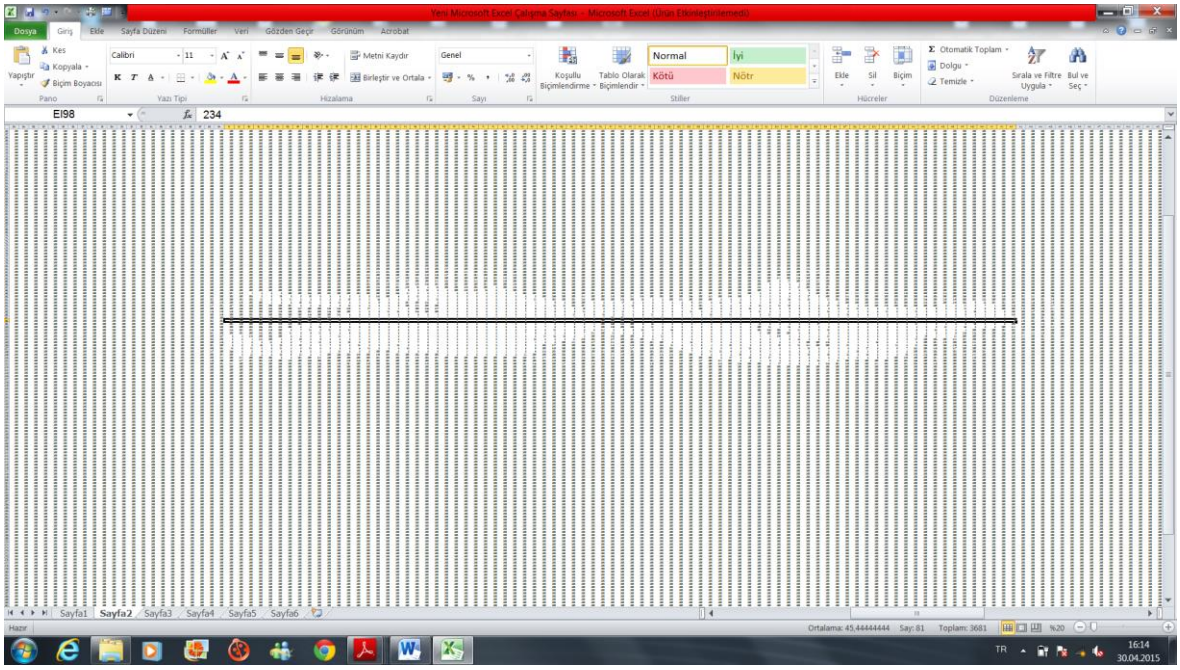

**Ek - 2 Resim 49.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 50.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 51.** Eşik değeri 85 olarak atanmış görüntü

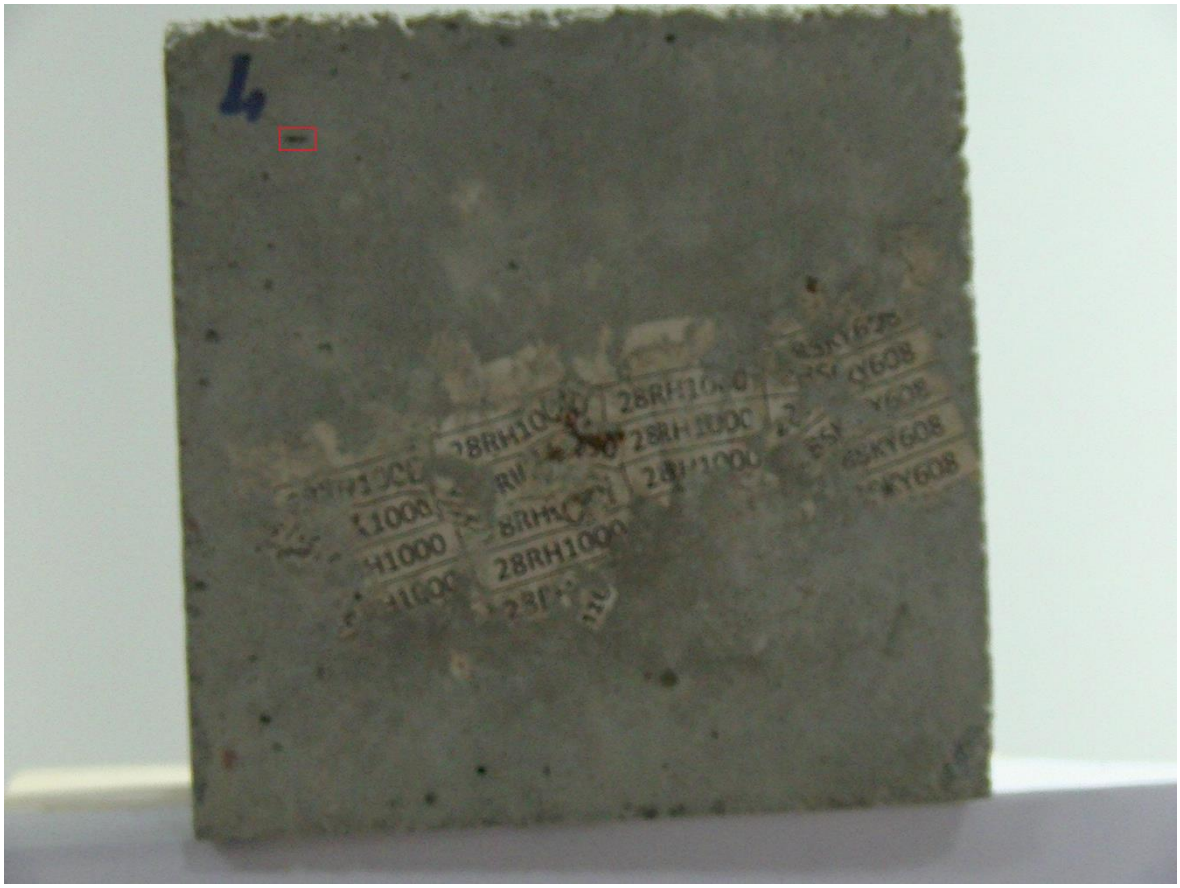


**Ek - 2 Resim 52.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

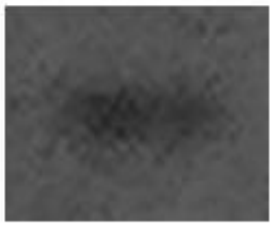
Beton numune görüntüsü 40 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 50.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 85 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 51.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 52.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 85 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 81 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 348 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(81 x 1) / 348 = 0,233 cm bulunur.

40 cm'den 3x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 53.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



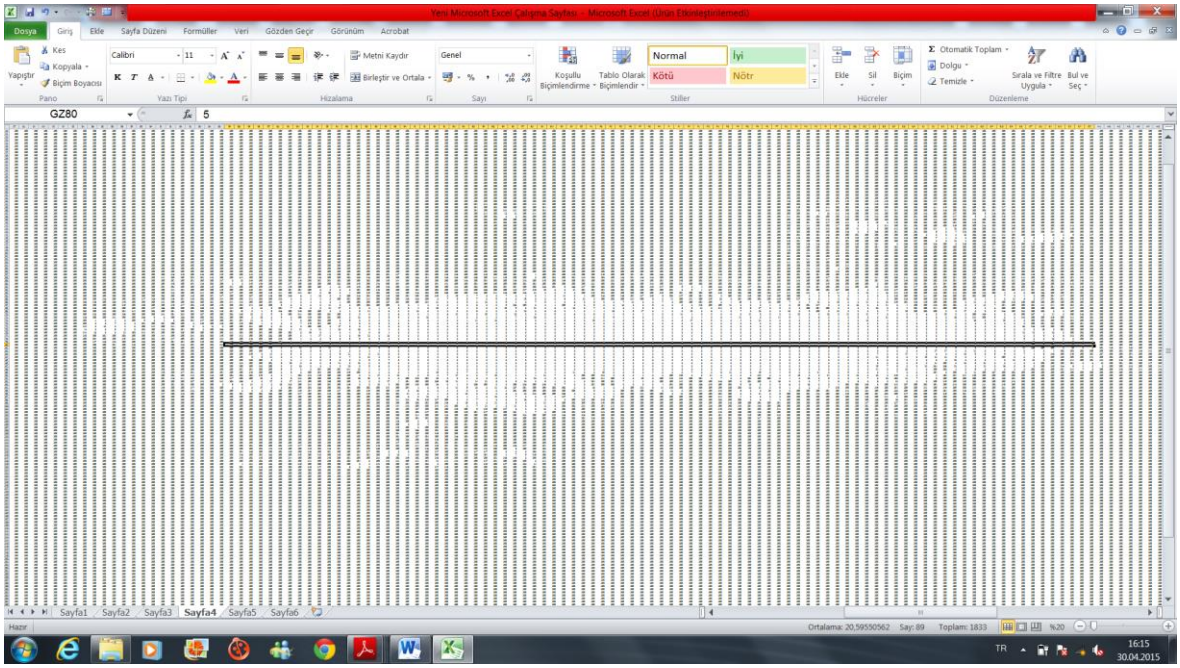
**Ek - 2 Resim 53.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 54.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış**)**



**Ek - 2 Resim 55.** Eşik değeri 75 olarak atanmış görüntü



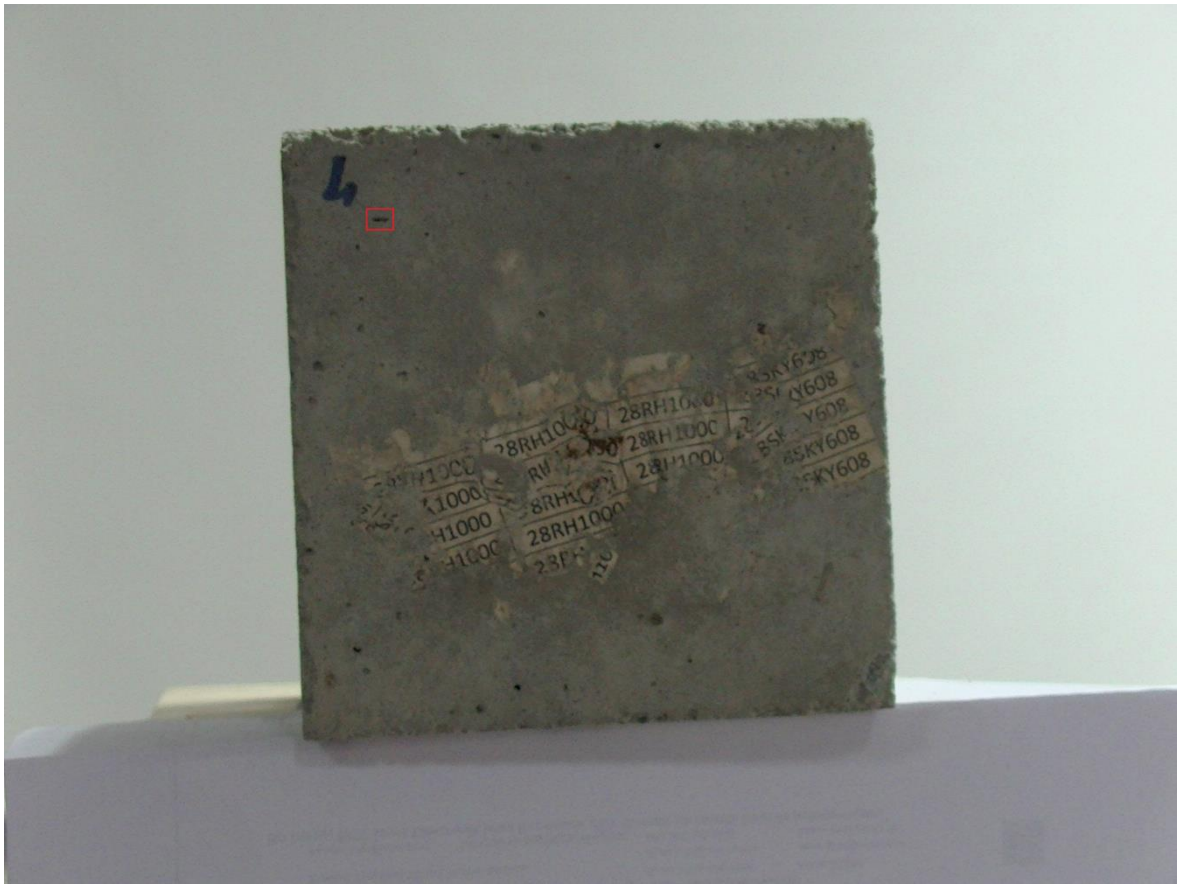
**Ek - 2 Resim 56.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 54.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 75 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 55.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 56.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 75 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 89 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma

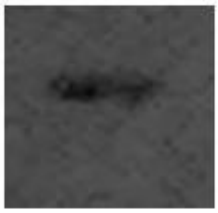
sonucunda 1 cm'lik çizginin 250 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(89 x 1) / 250 = 0,356 cm bulunur.

40 cm'den 2x zoom ile çekilen 300°C sıcaklığa maruz bırakılmış 8A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 2 Resim 57.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



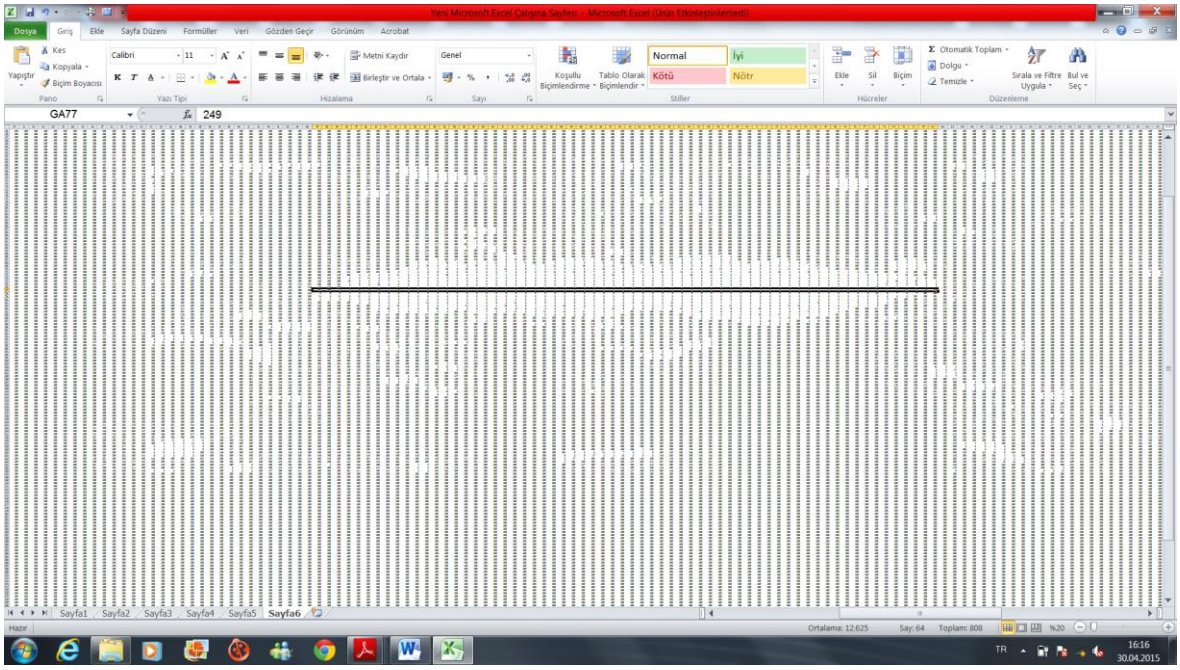

**Ek - 2 Resim 57.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 2 Resim 58.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış



**Ek - 2 Resim 59.** Eşik değeri 68 olarak atanmış görüntü



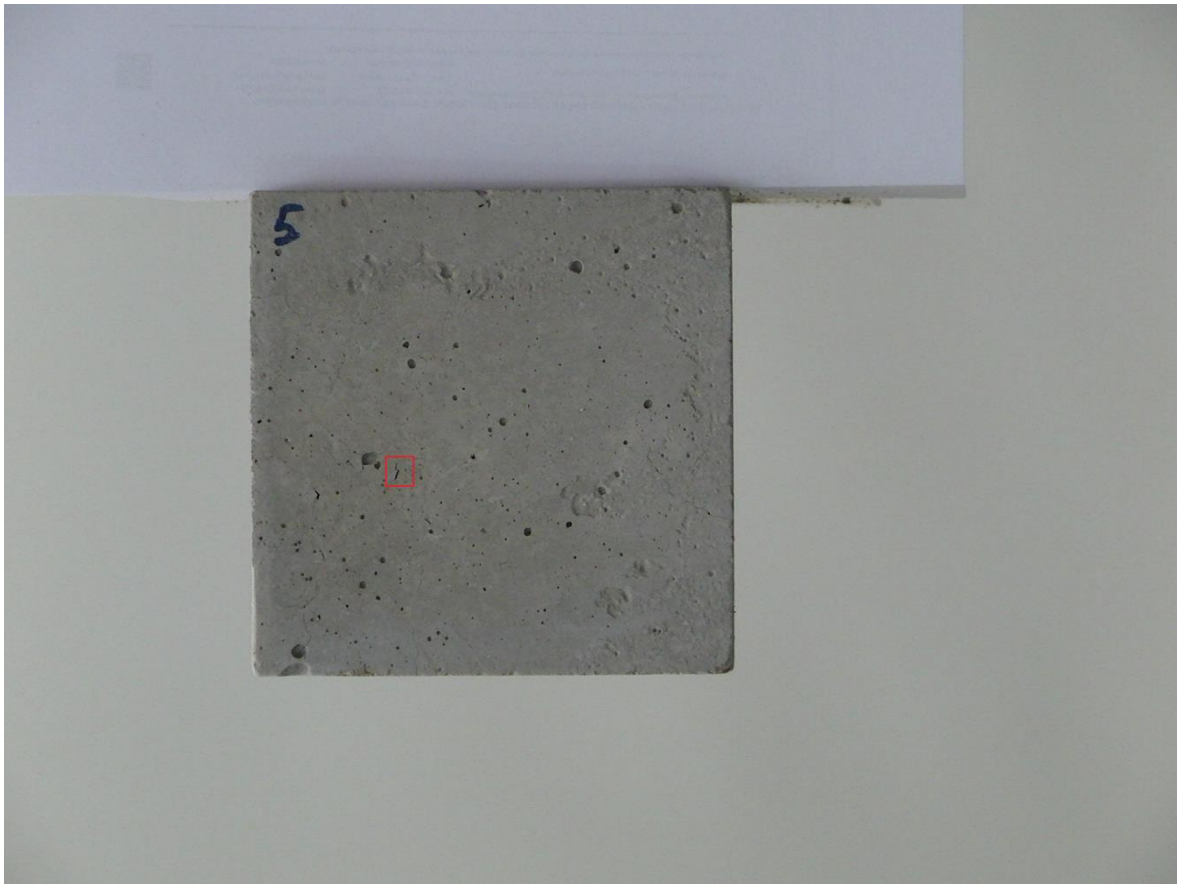
**Ek - 2 Resim 60.** 300°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 2 Resim 58.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 68 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 2 Resim 59.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 2 Resim 60.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 68 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 64 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 205 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(64 x 1) / 205 = 0,312 cm bulunur.

**EK - 3**

1 metreden 5x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 1.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



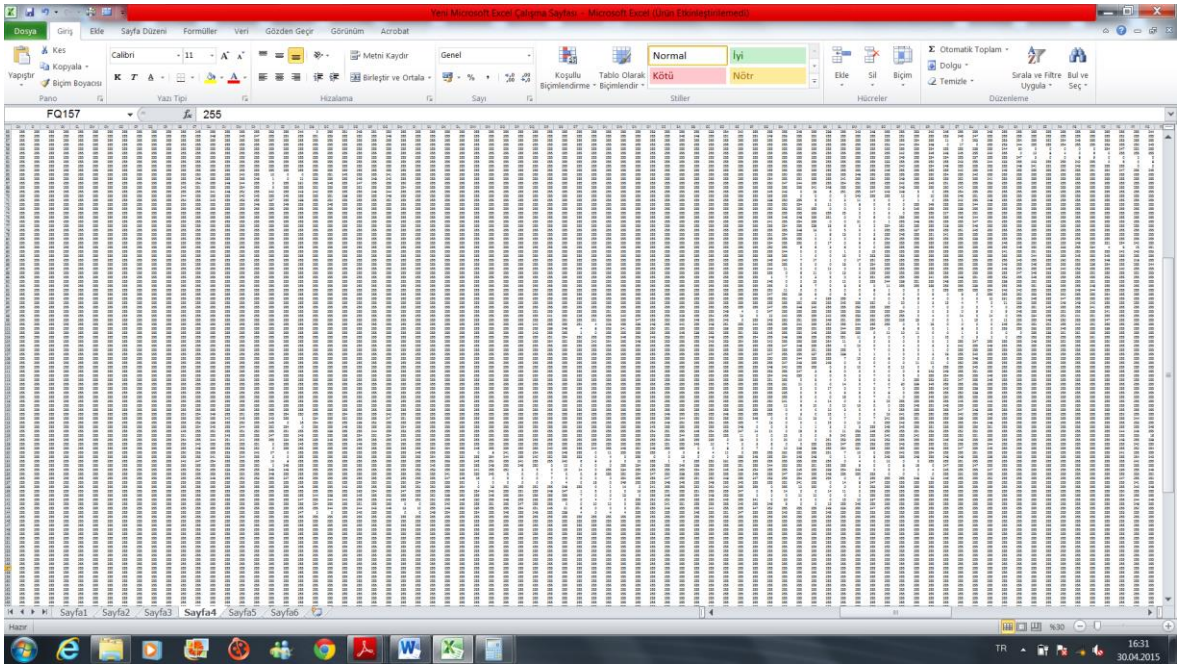

**Ek - 3 Resim 1.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 2.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 3 .** Eşik değeri 96 olarak atanmış görüntü



**Ek - 3 Resim 4.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 2.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 96 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 3.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 4.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 96 alınarak yapılan ölçüm

sonucunda çatlak boyunun 98,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 167 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(98,5 x 1) / 167 = 0,589 cm bulunur.

1 metreden 4x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 5.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



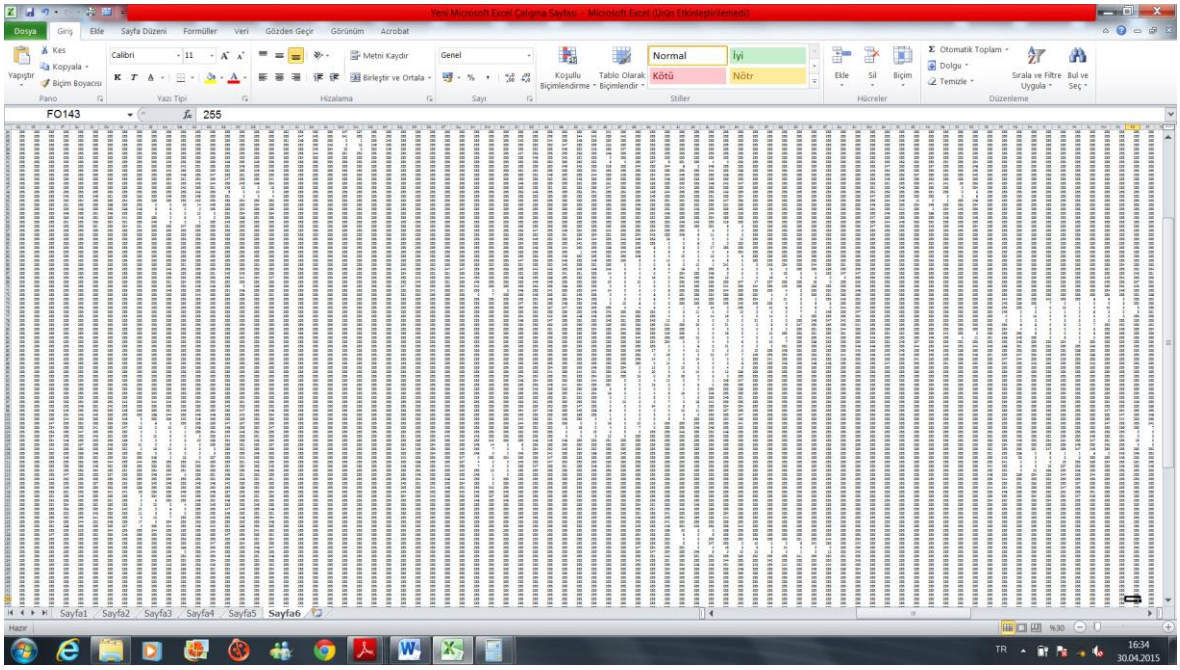

**Ek - 3 Resim 5.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 6.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 7.** Eşik değeri 94 olarak atanmış görüntü



**Ek - 3 Resim 8.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

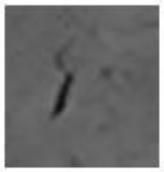
Beton numune görüntüsü 1 metreden 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 6.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 94 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 7.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 8.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 94 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 56,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(56,5 x 1) / 131 = 0,431 cm bulunur.

1 metreden 4x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 9.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



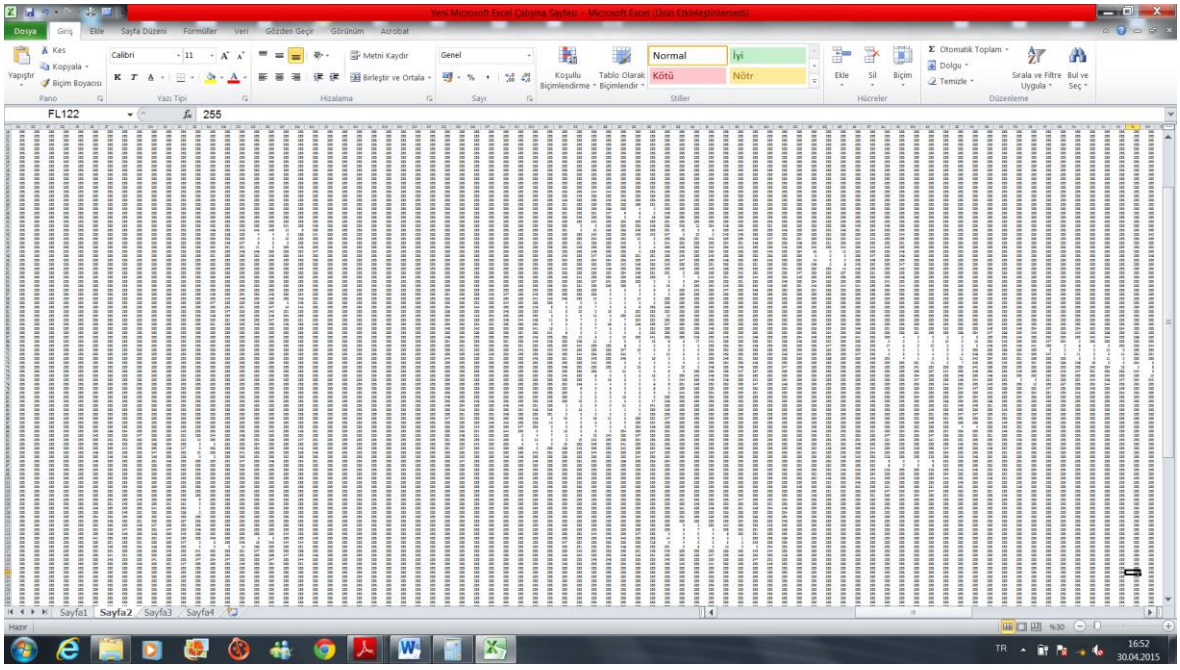

**Ek - 3 Resim 9.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 10.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 11.** Eşik değeri 91 olarak atanmış görüntü



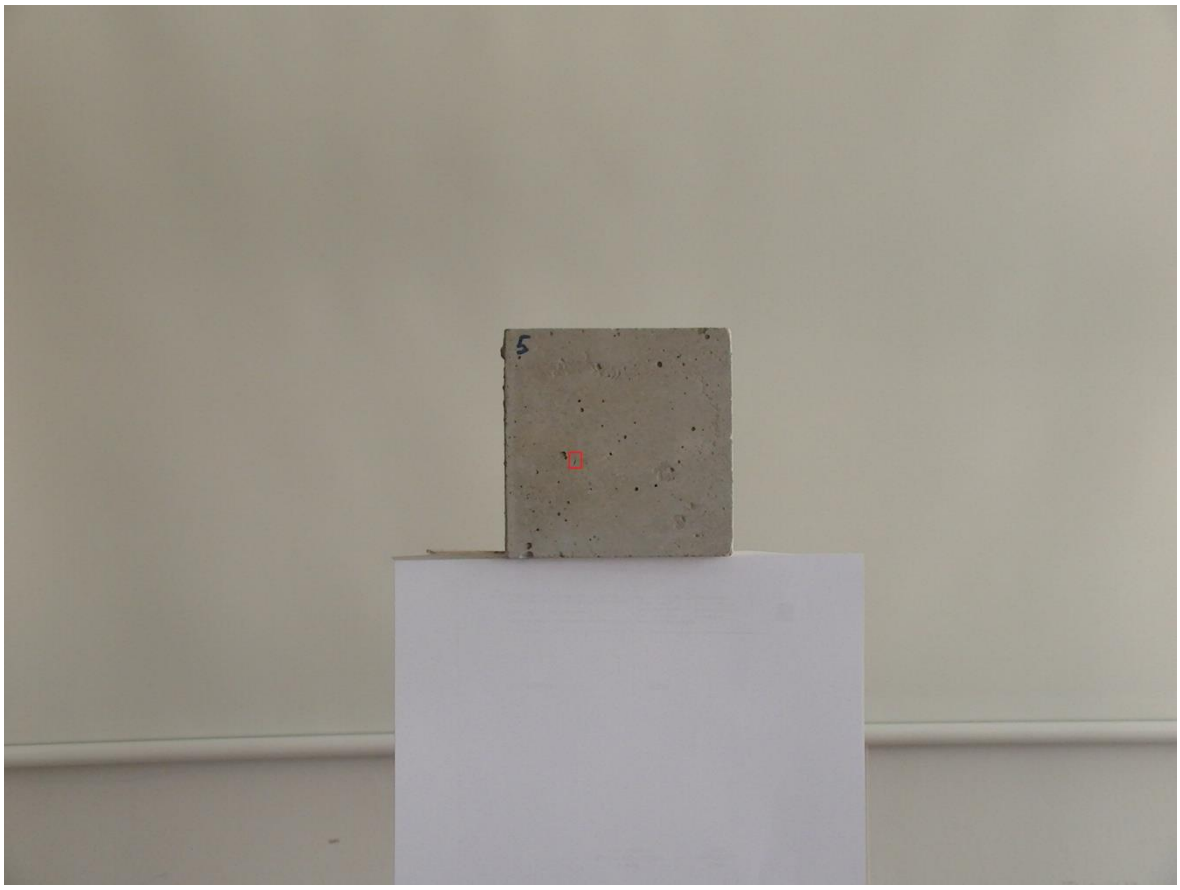

**Ek - 3 Resim 12.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 10.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 91 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 11.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 12.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 91 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 56,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan

çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 105 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(56,5 x 1) / 105 = 0,538 cm bulunur.

1 metreden 2x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 13.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



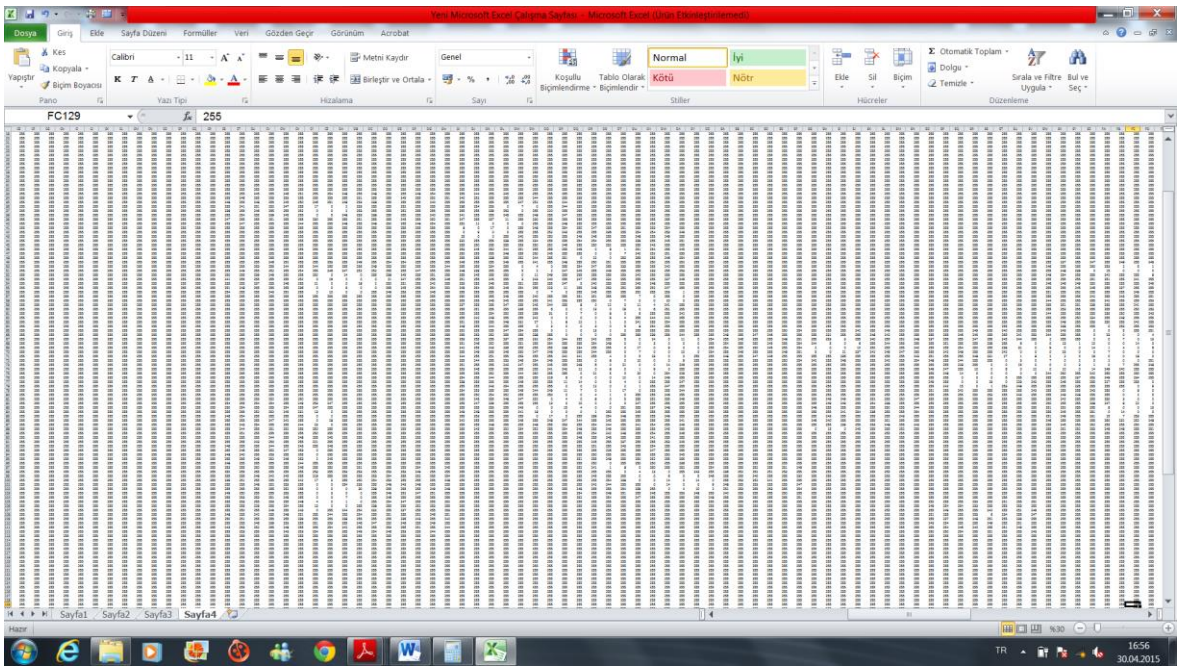

**Ek - 3 Resim 13.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 14.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 15.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü

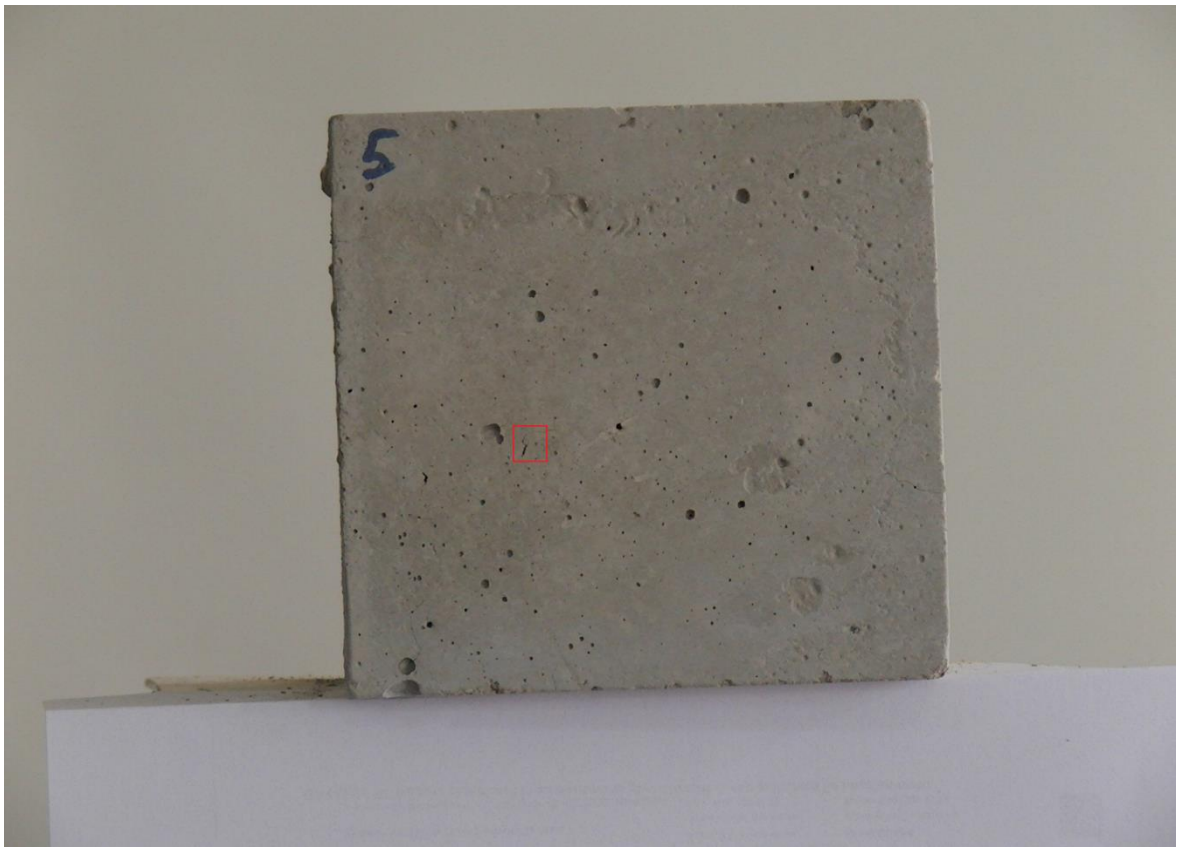



**Ek - 3 Resim 16.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

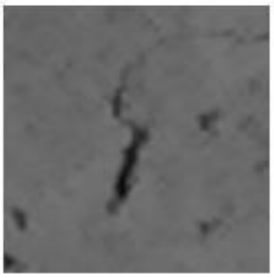
Beton numune görüntüsü 1 metreden 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 14.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 15.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 16.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 37,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 78 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(37,5 x 1) / 78 = 0,48 cm bulunur.

80 cm'den 5x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 17.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



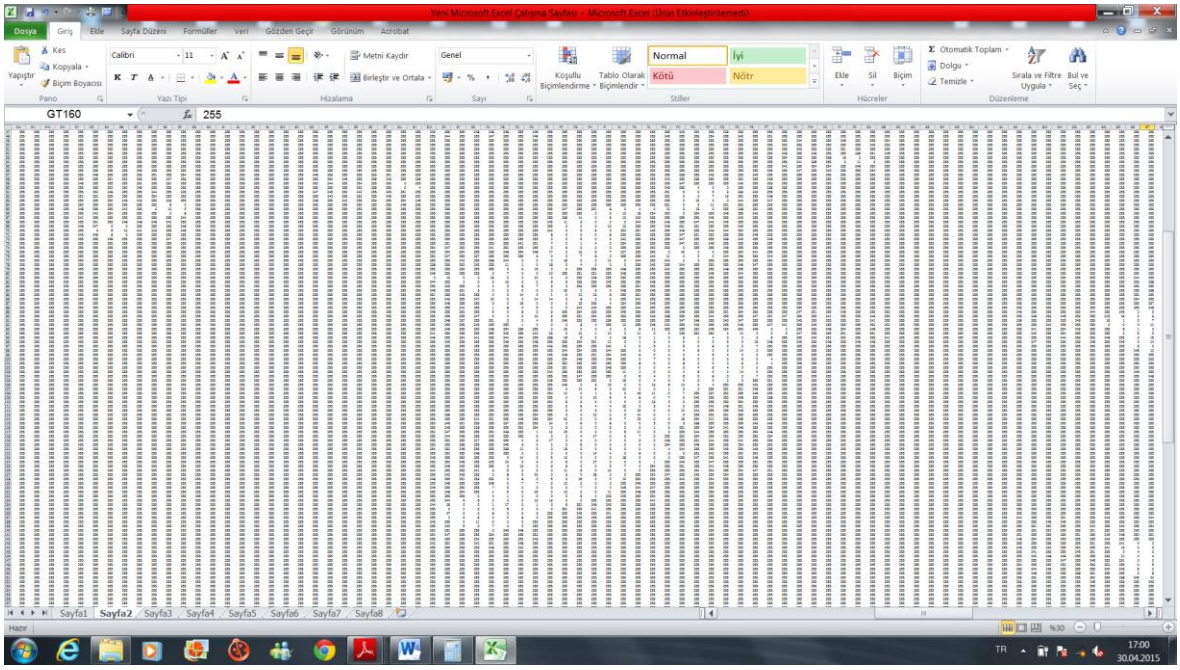

**Ek - 3 Resim 17.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 18.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 19.** Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü

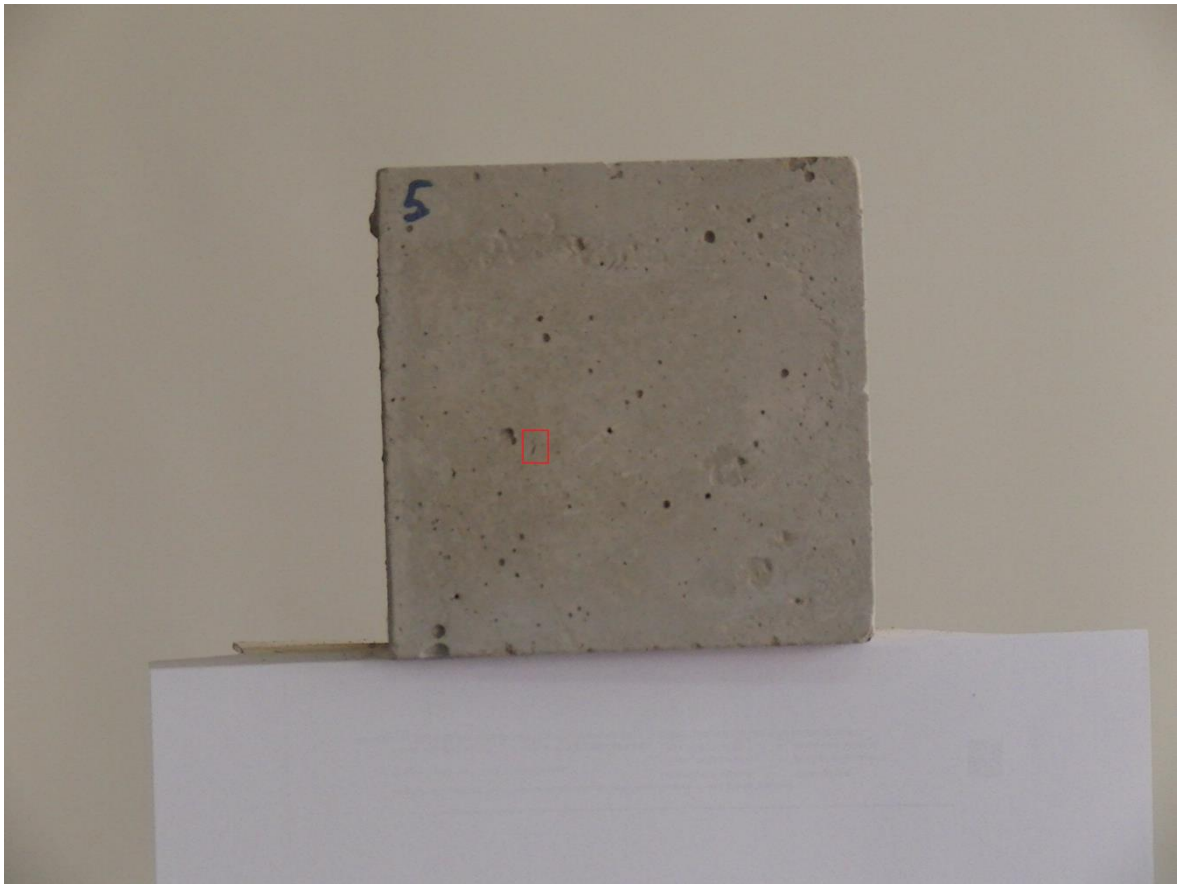


**Ek - 3 Resim 20.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 18.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 95 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 19.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 20.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 95 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 105 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 207 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(105 x 1) / 207 = 0,507 cm bulunur.

80 cm'den 4x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 21.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



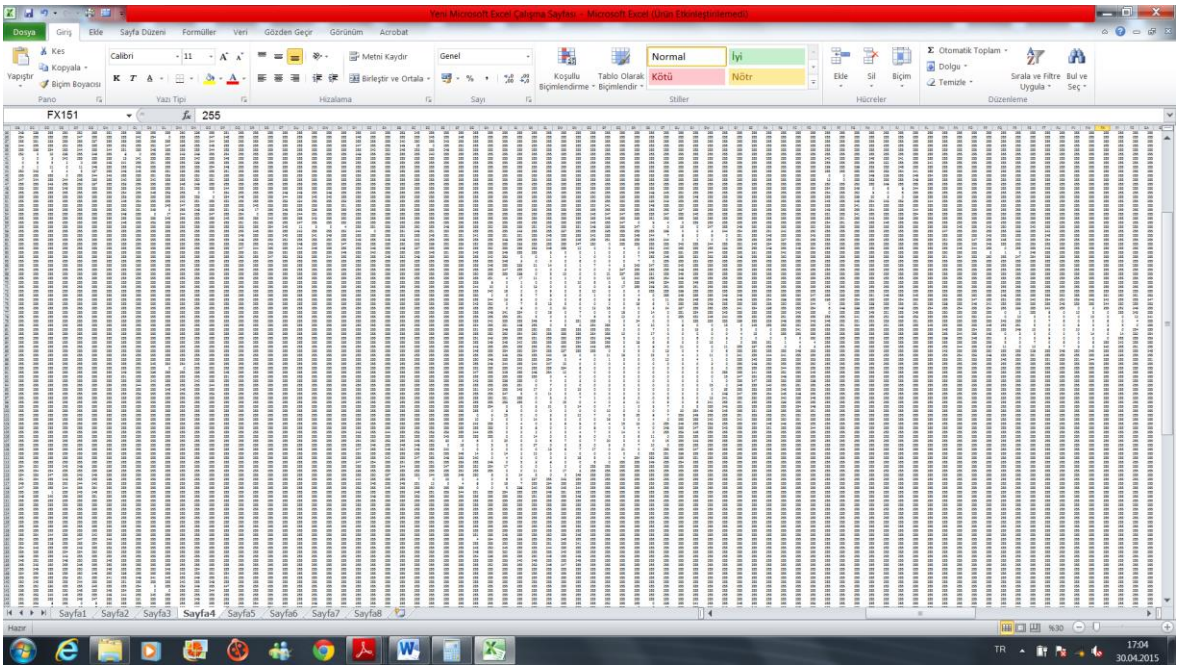

**Ek - 3 Resim 21.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 22.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 23.** Eşik değeri 98 olarak atanmış görüntü



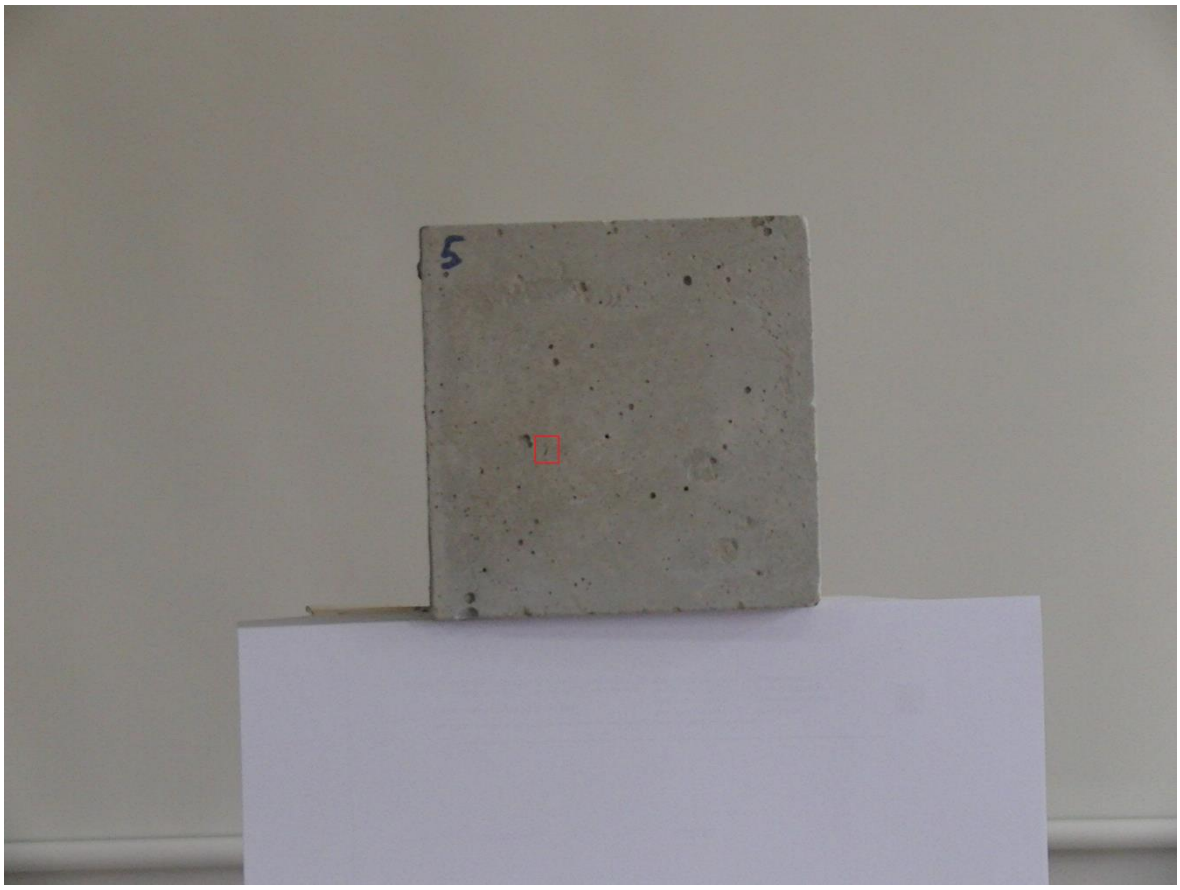
**Ek - 3 Resim 24.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 22.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 98 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 23.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 24.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 98 alınarak yapılan ölçüm

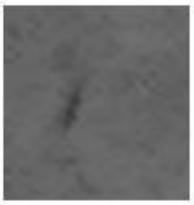
sonucunda çatlak boyunun 87,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 171 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(87,5 x 1) / 171 = 0,512 cm bulunur.

80 cm'den 3x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 25.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



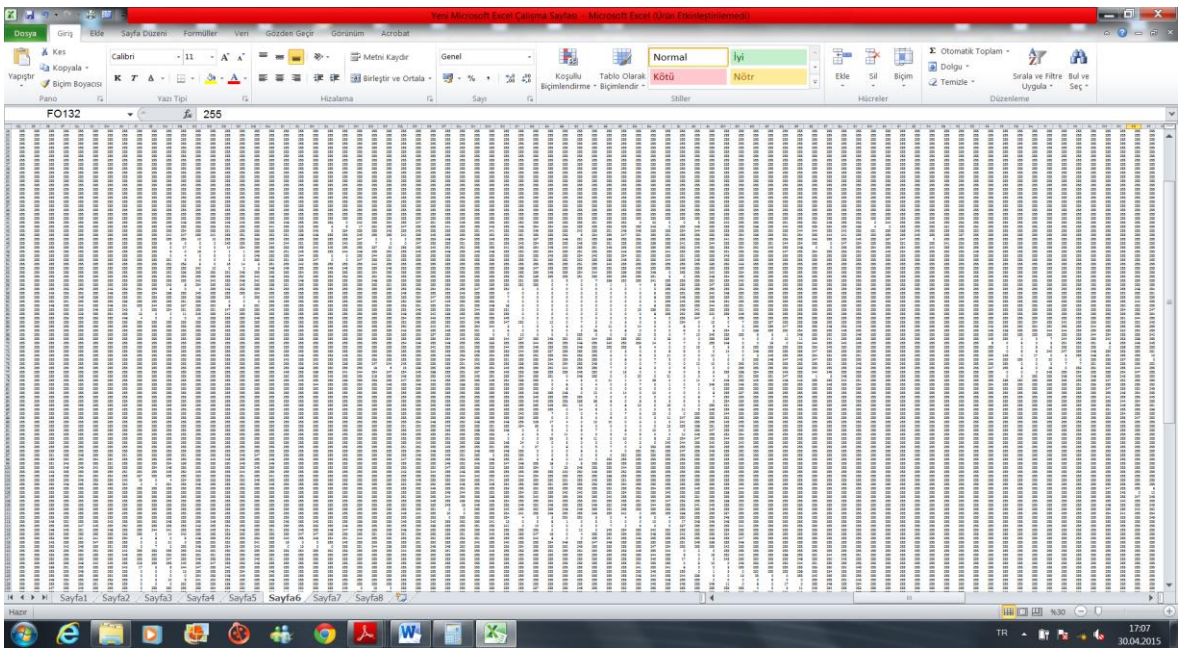

**Ek - 3 Resim 25.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 26.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 27.** Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü

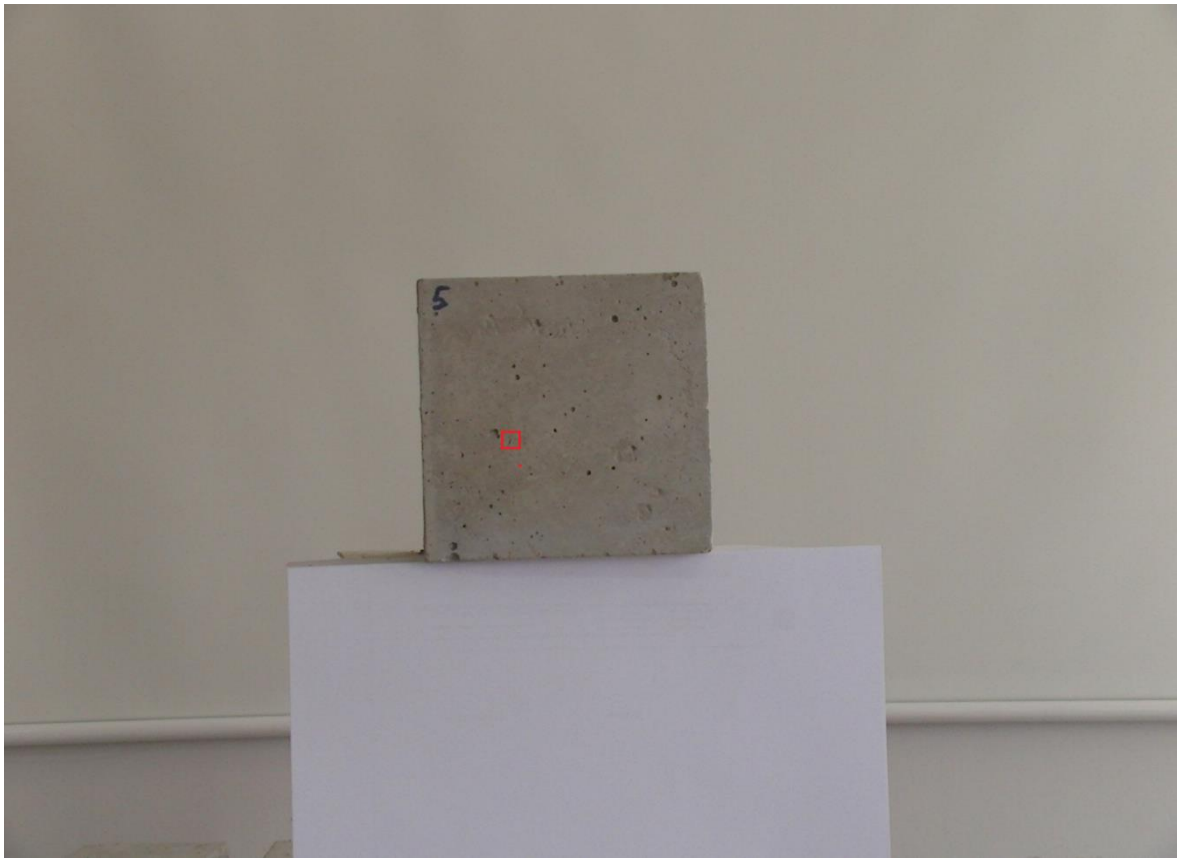



**Ek - 3 Resim 28.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

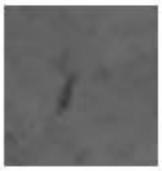
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 26.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 95 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 27.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 28.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 95 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 58 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(58 x 1) / 131 = 0,442 cm bulunur.

80 cm'den 2x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 29.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



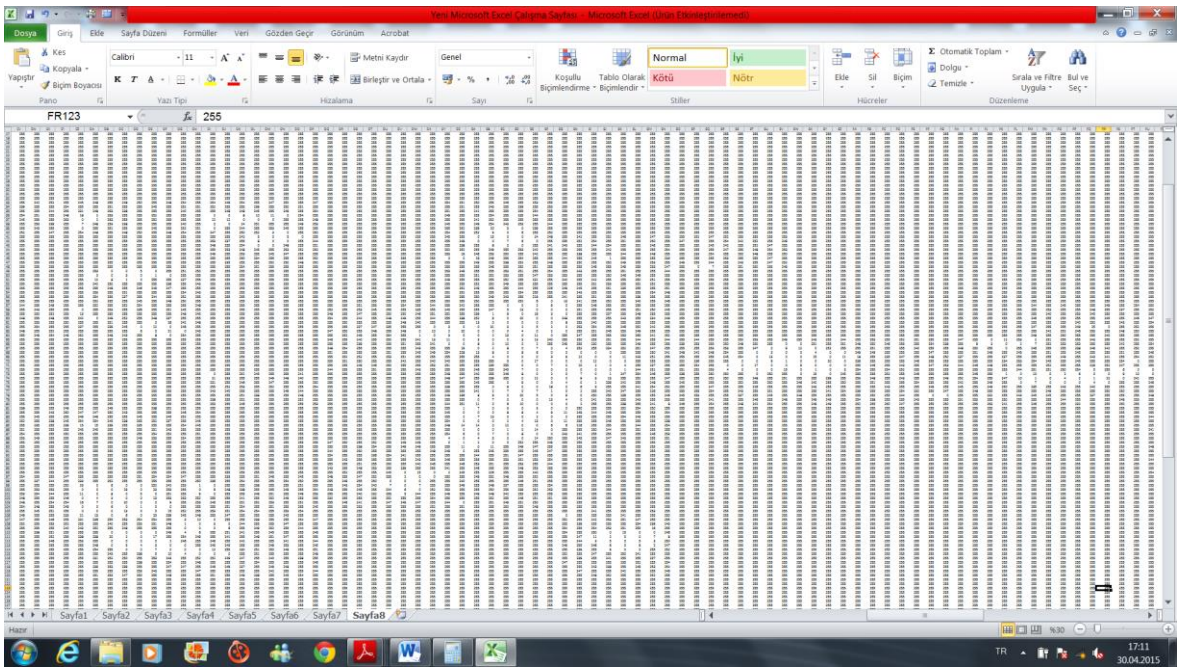

**Ek - 3 Resim 29.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 30.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 31.** Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü

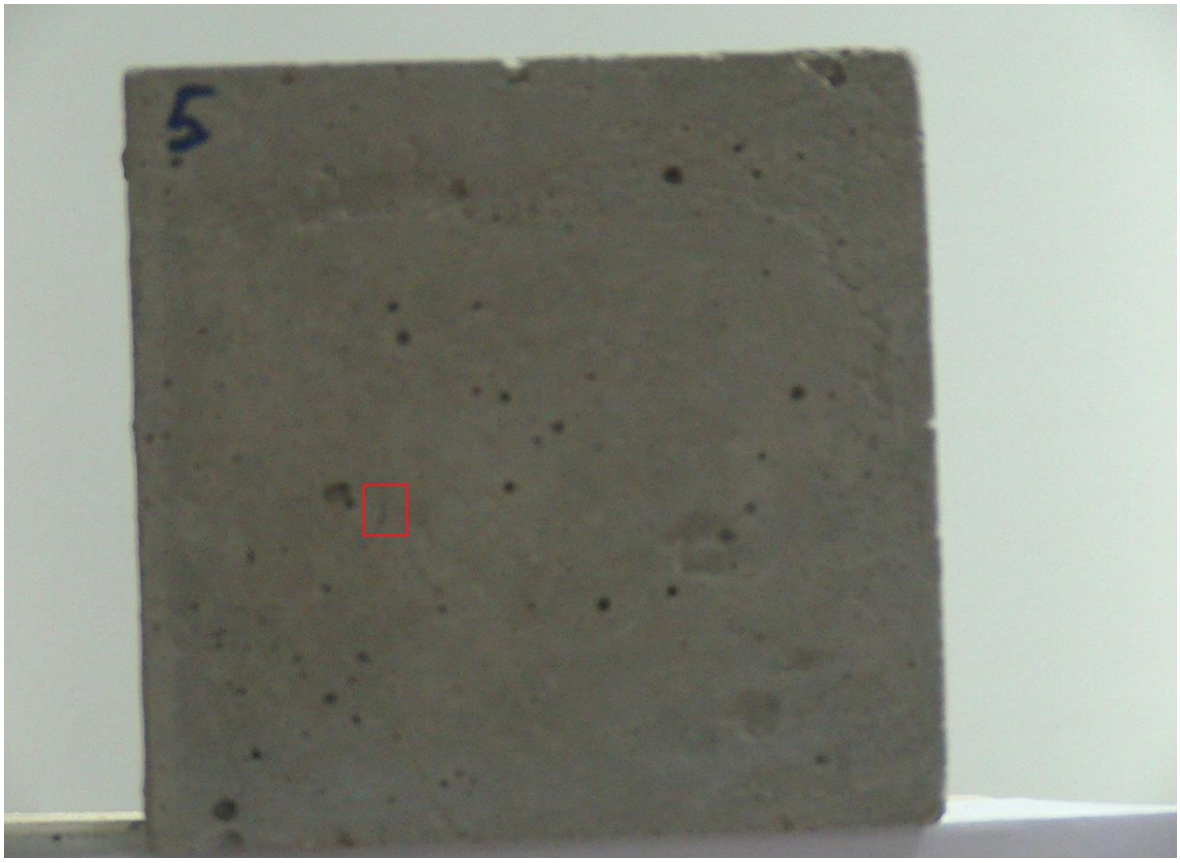



**Ek - 3 Resim 32. .** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

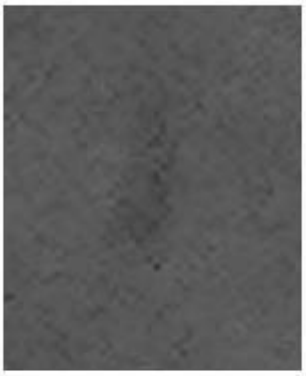
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 30.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 95 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 31.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 32.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 95 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 53 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 97 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(53 x 1) / 97 = 0,546 cm bulunur.

60 cm'den 5x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 33.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



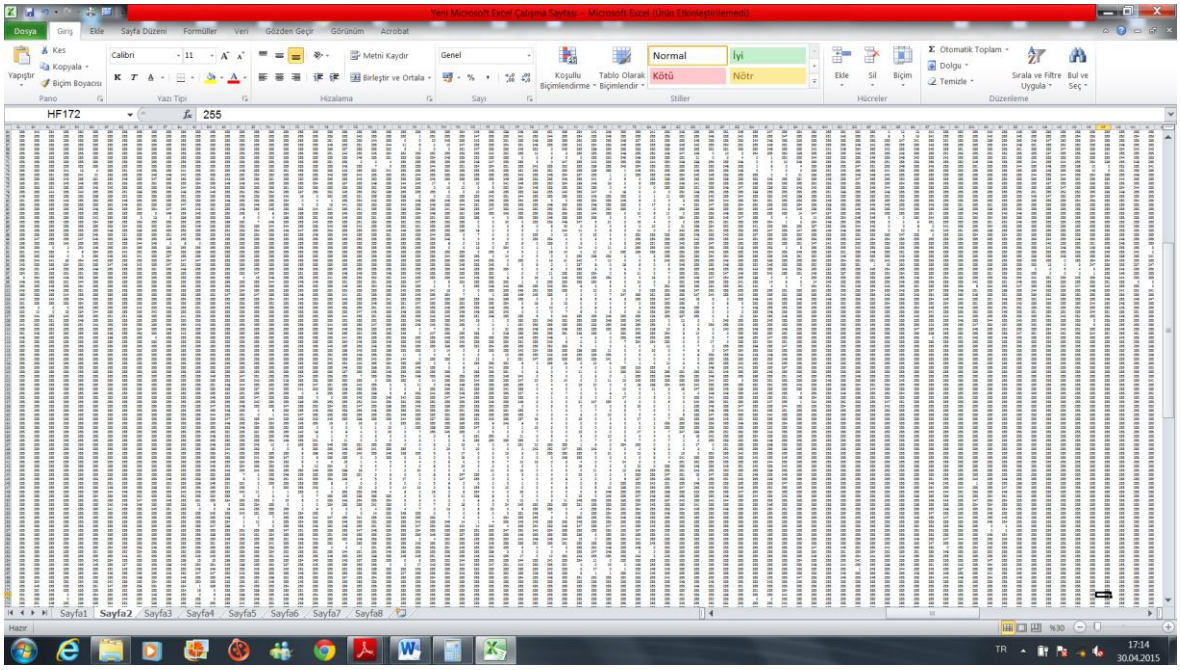

**Ek - 3 Resim 33.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 34.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 35.** Eşik değeri 80 olarak atanmış görüntü

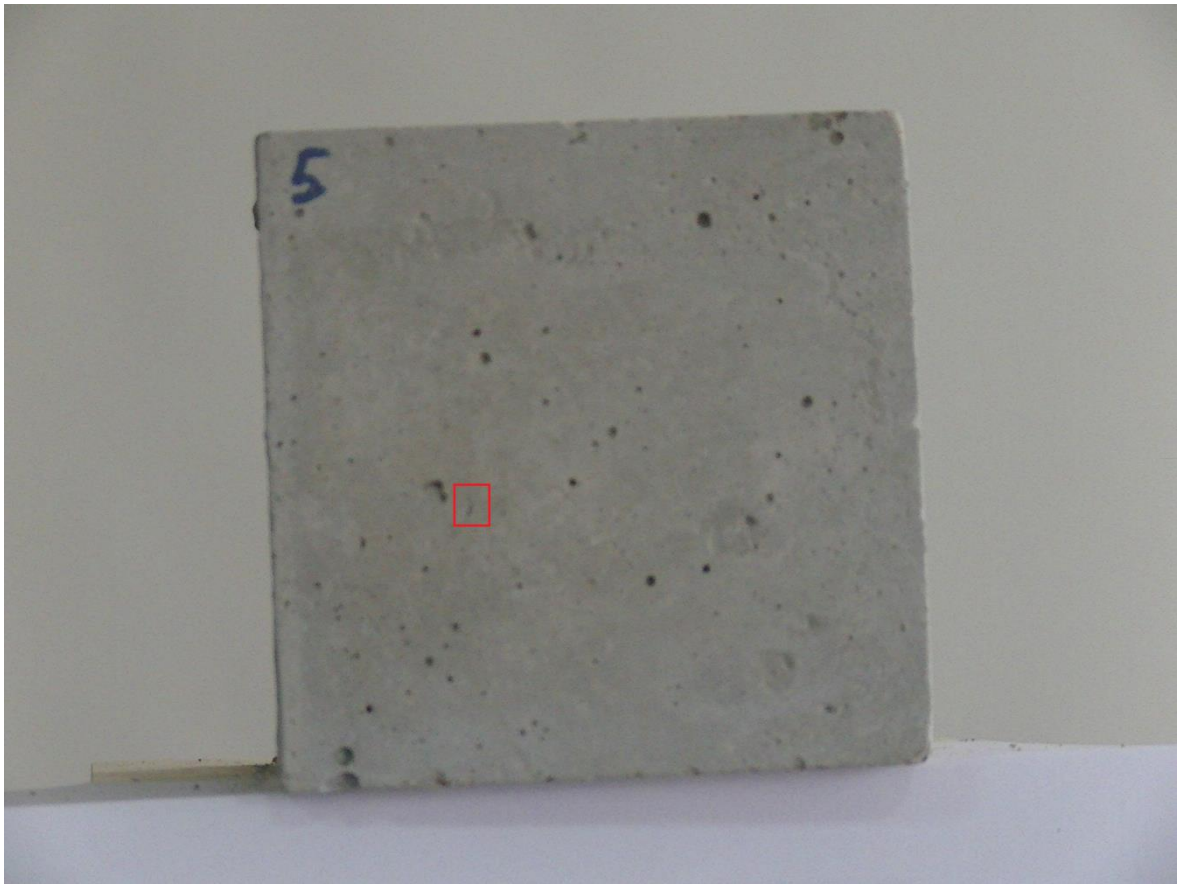


**Ek - 3 Resim 36.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

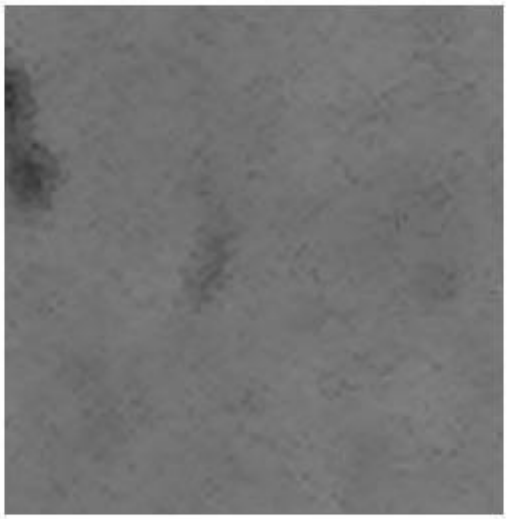
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 34.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 80 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 35.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 36.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 80 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 102,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 276 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(102,5 x 1) / 276 = 0,371 cm bulunur.

60 cm'den 4x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 37.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



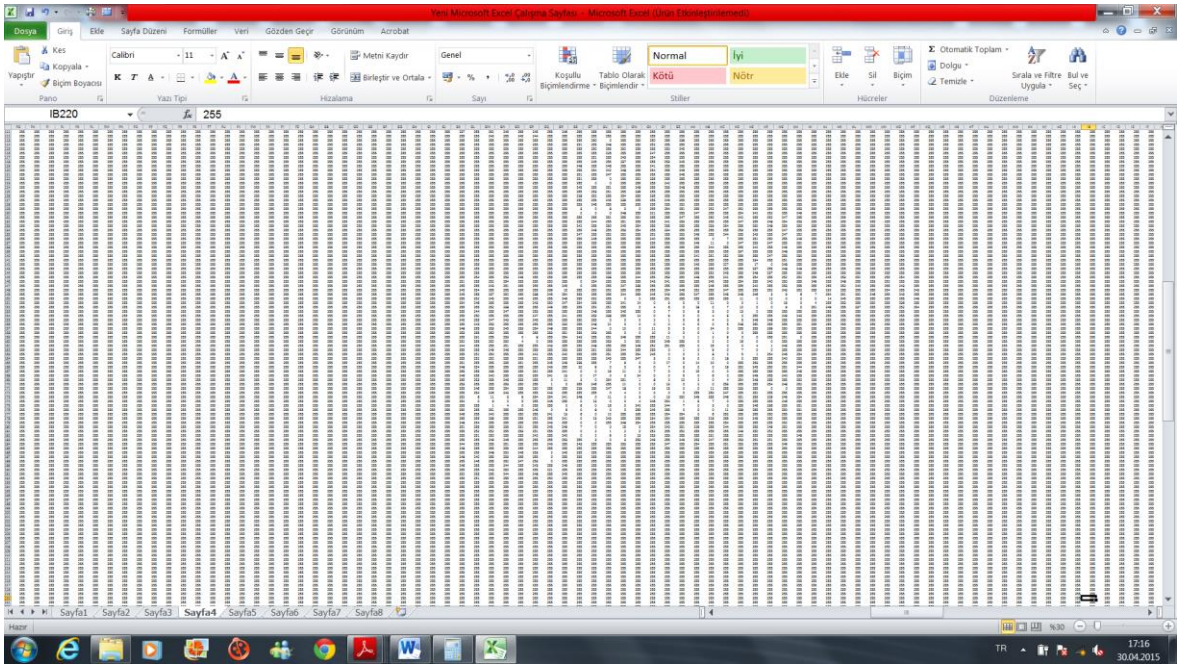

**Ek - 3 Resim 37.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 38.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 39.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü



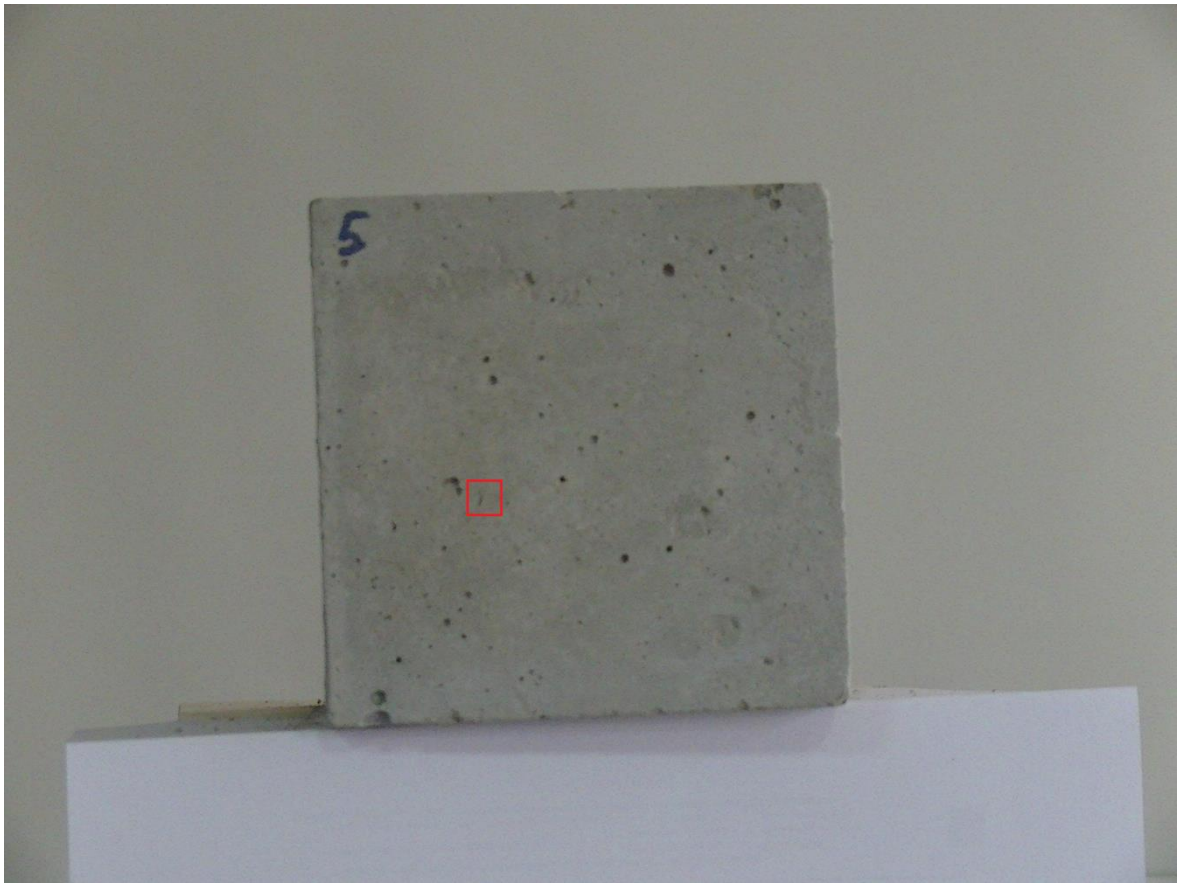
**Ek - 3 Resim 40.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 60 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 38.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 39.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda

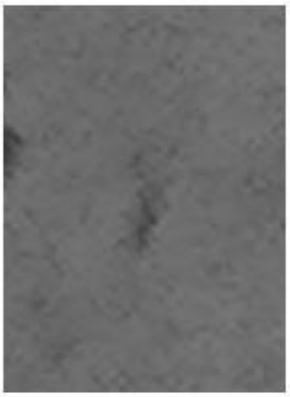
oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 40.'ta görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 47,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 230 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(47,5 x 1) / 230 = 0,206 cm bulunur.

60 cm'den 3x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 41.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



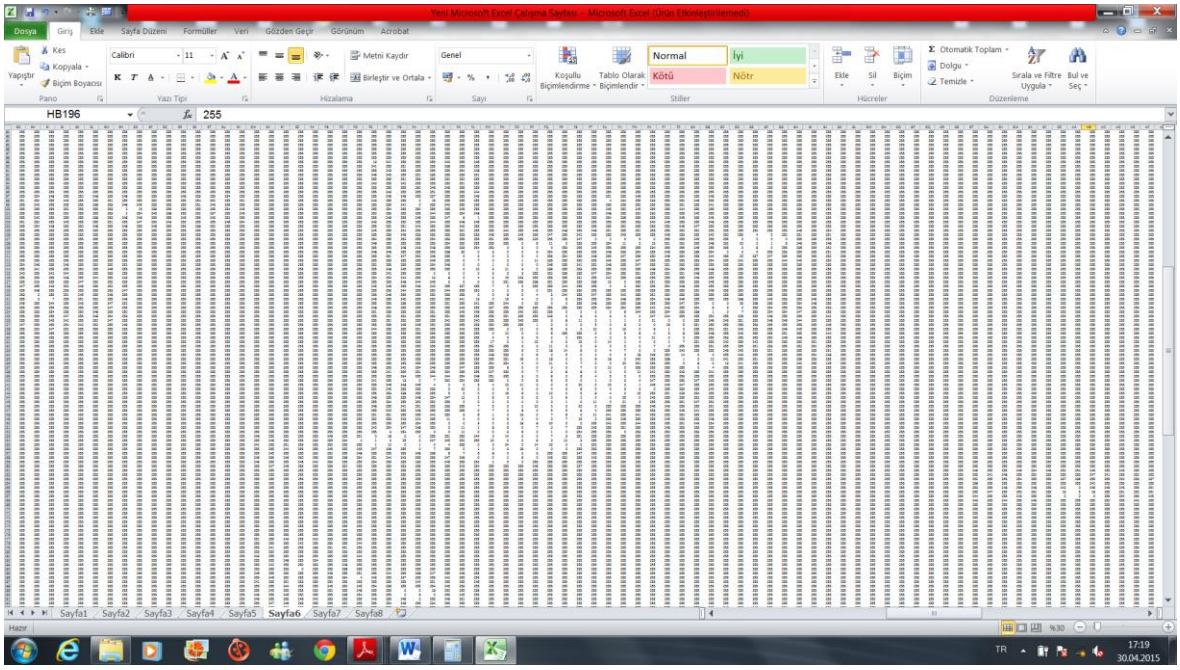

**Ek - 3 Resim 41.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 42.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 43.** Eşik değeri 97 olarak atanmış görüntü

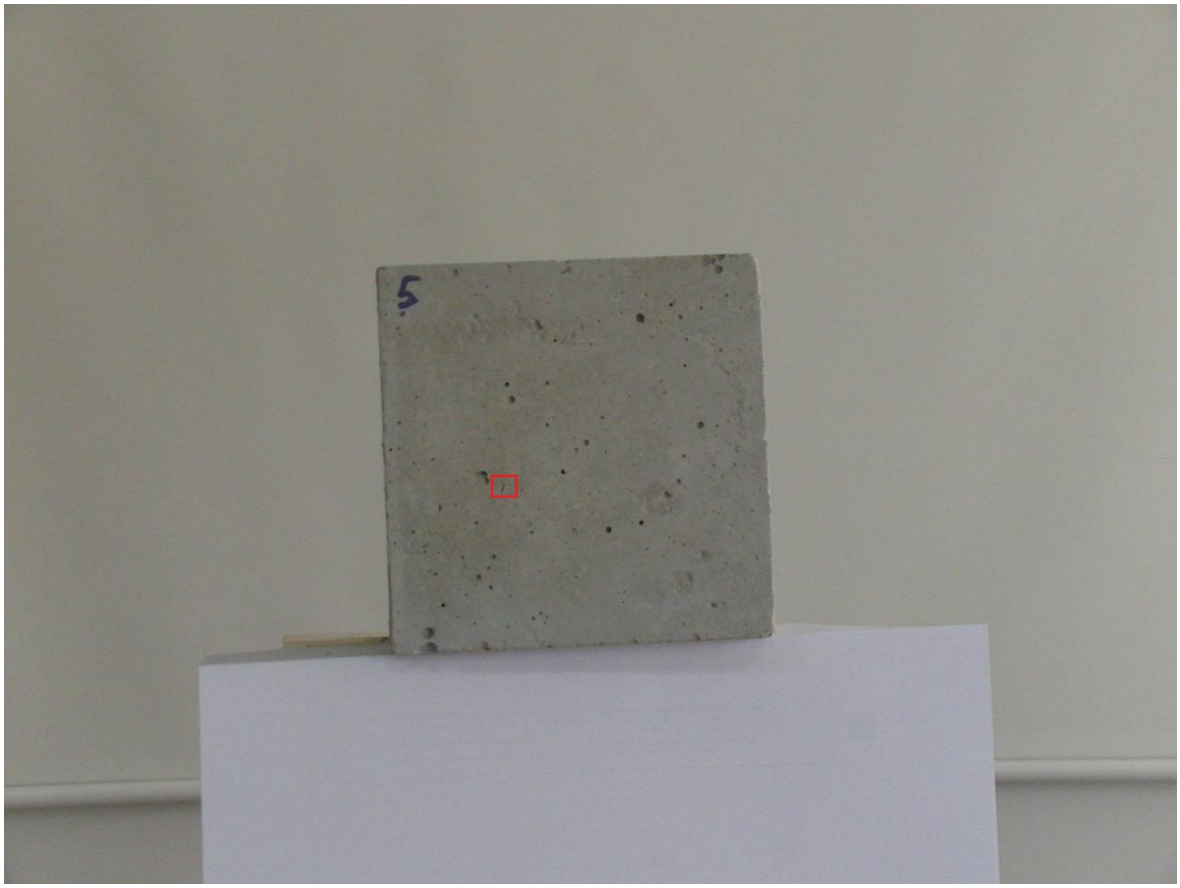


**Ek - 3 Resim 44.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

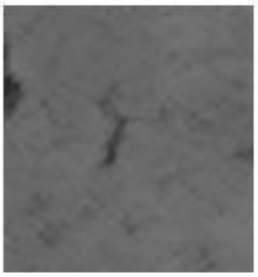
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 42.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 97 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 43.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 44.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 97 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 66 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 188 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(66 x 1) / 188 = 0,351 cm bulunur.

60 cm'den 2x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 45.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



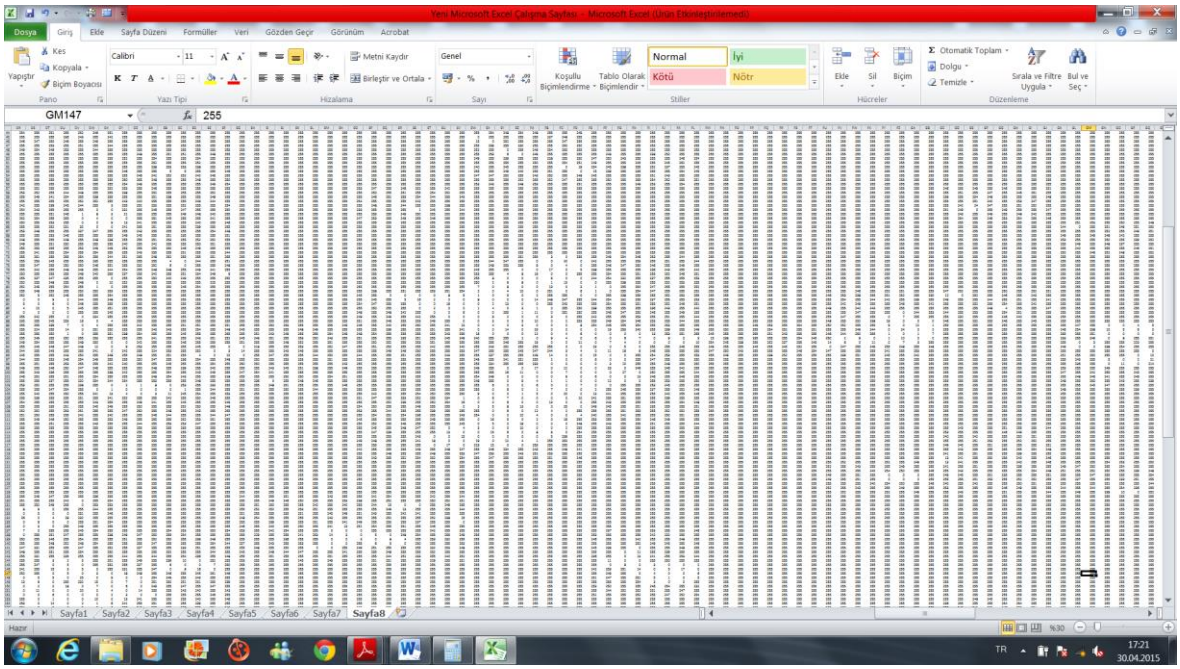

**Ek - 3 Resim 45.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 46.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 47.** Eşik değeri 97 olarak atanmış görüntü



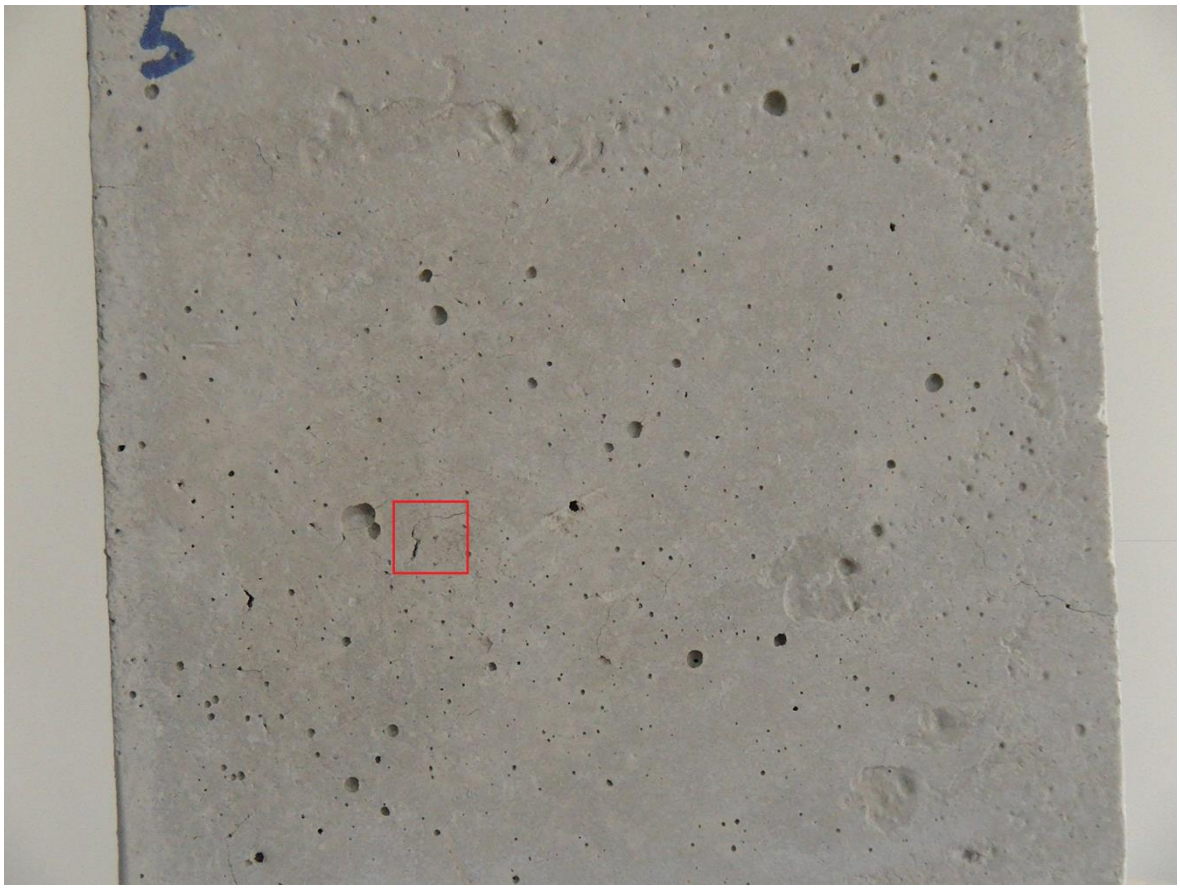

**Ek - 3 Resim 48.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 60 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 46.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 97 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 47.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 48.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 97 alınarak yapılan ölçüm

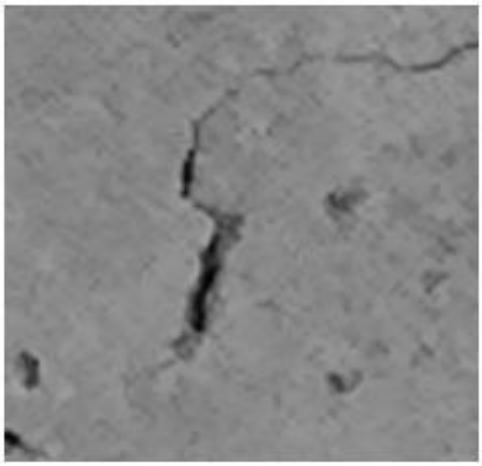
sonucunda çatlak boyunun 69,2 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 134 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(69,2 x 1) / 134 = 0,516 cm bulunur.

40 cm'den 4x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 49.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



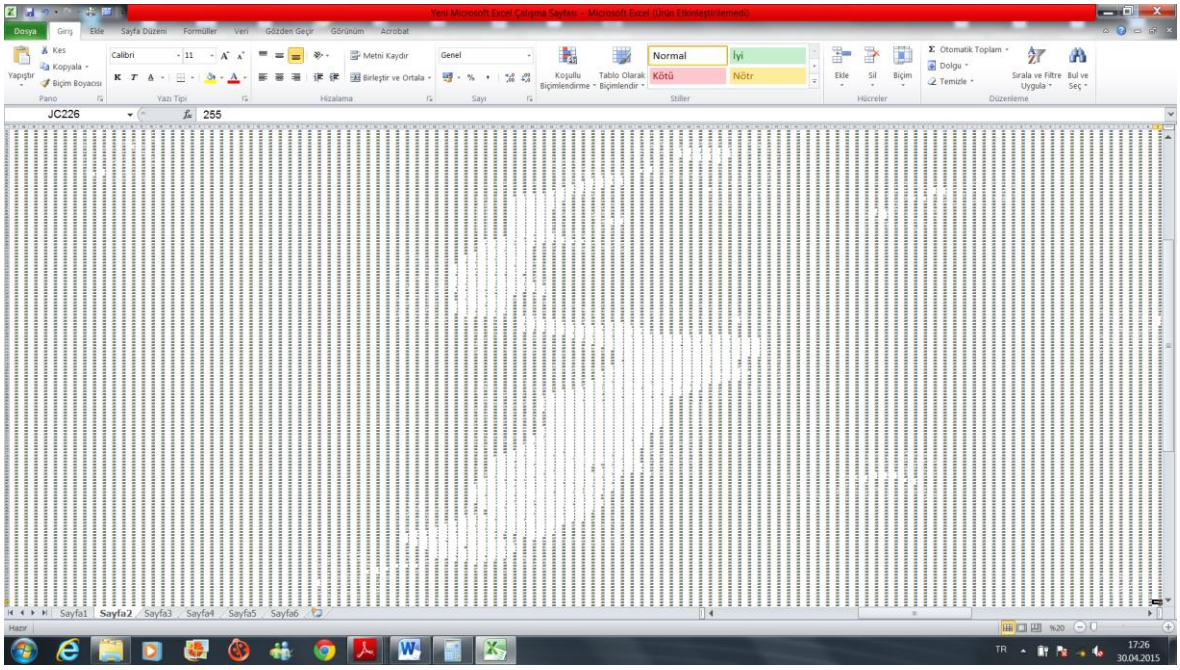
**Ek - 3 Resim 49.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 50.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 51.** Eşik değeri 115 olarak atanmış görüntü

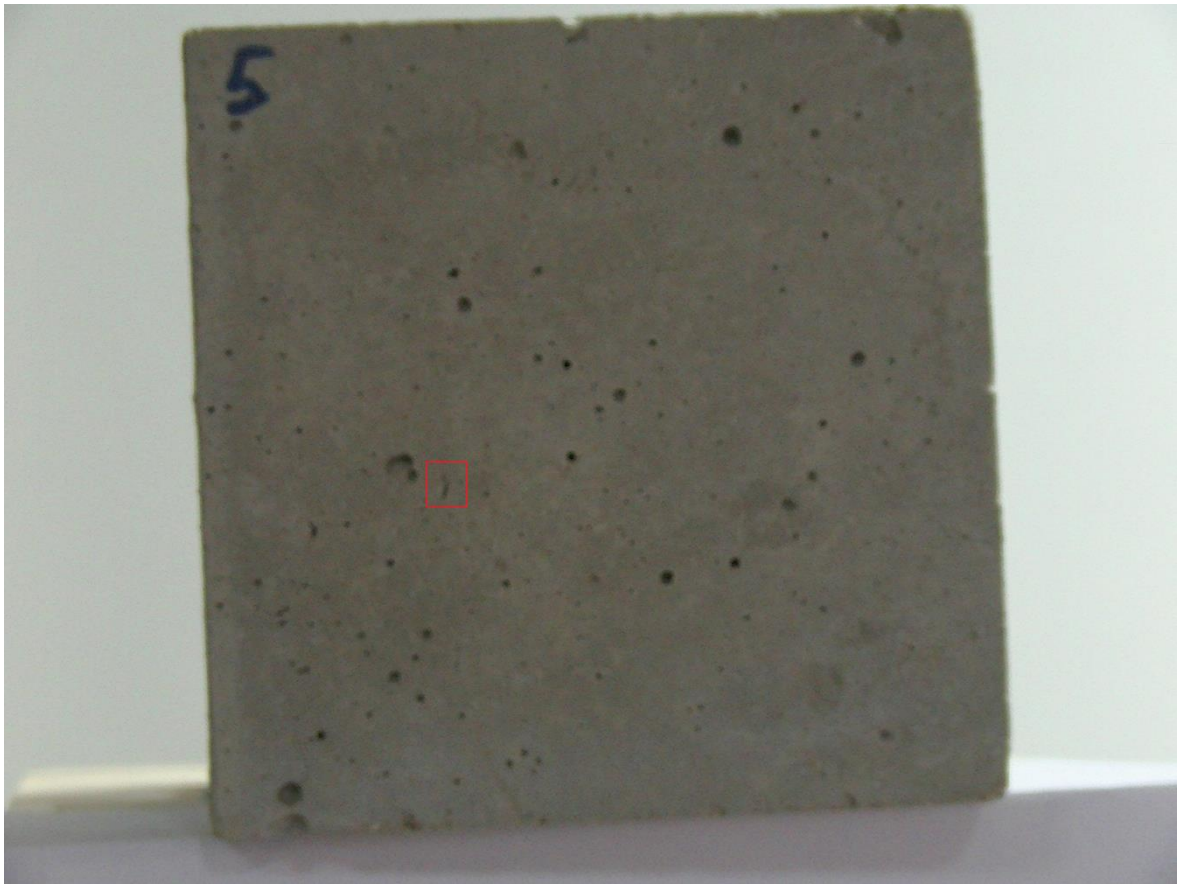


**Ek - 3 Resim 52.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

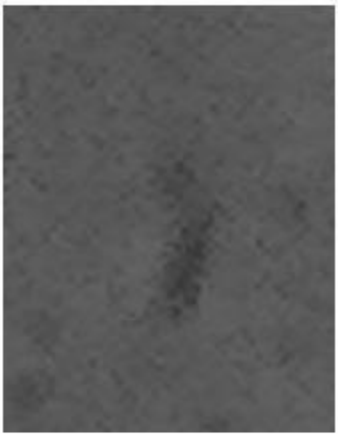
Beton numune görüntüsü 40 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 50.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 115 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 51.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 52.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 115 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 154,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 348 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(154,5 x 1) / 348 = 0,444 cm bulunur.

40 cm'den 3x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 3 53.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



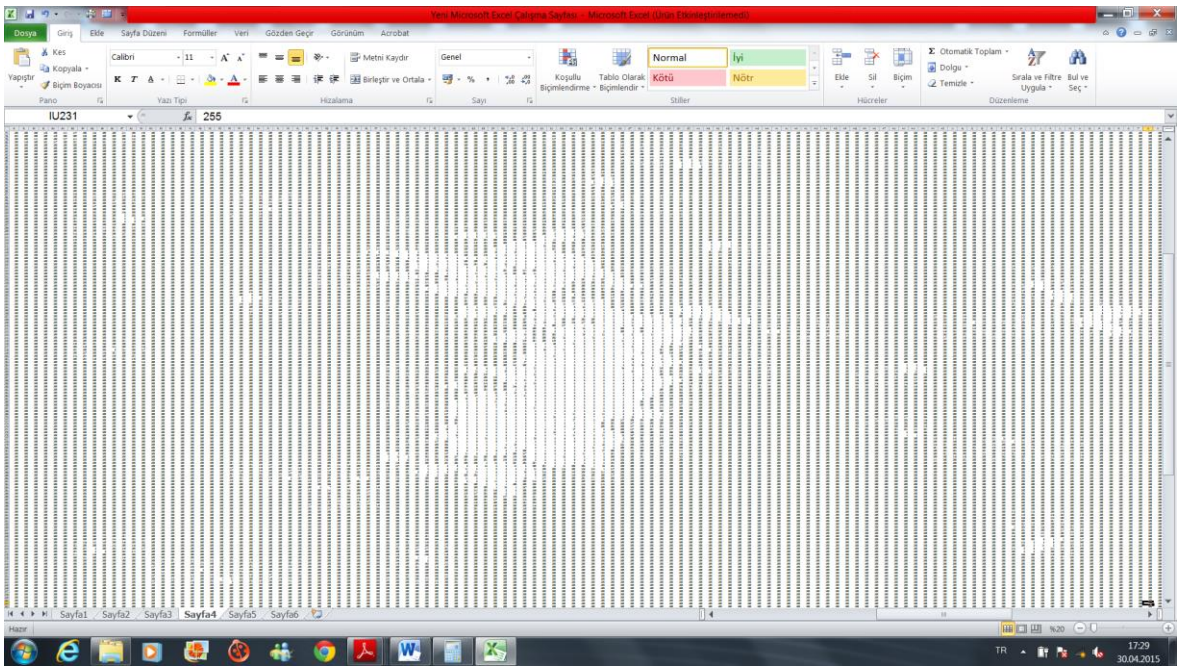

**Ek - 3 Resim 53.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 54.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 55.** Eşik değeri 78 olarak atanmış görüntü



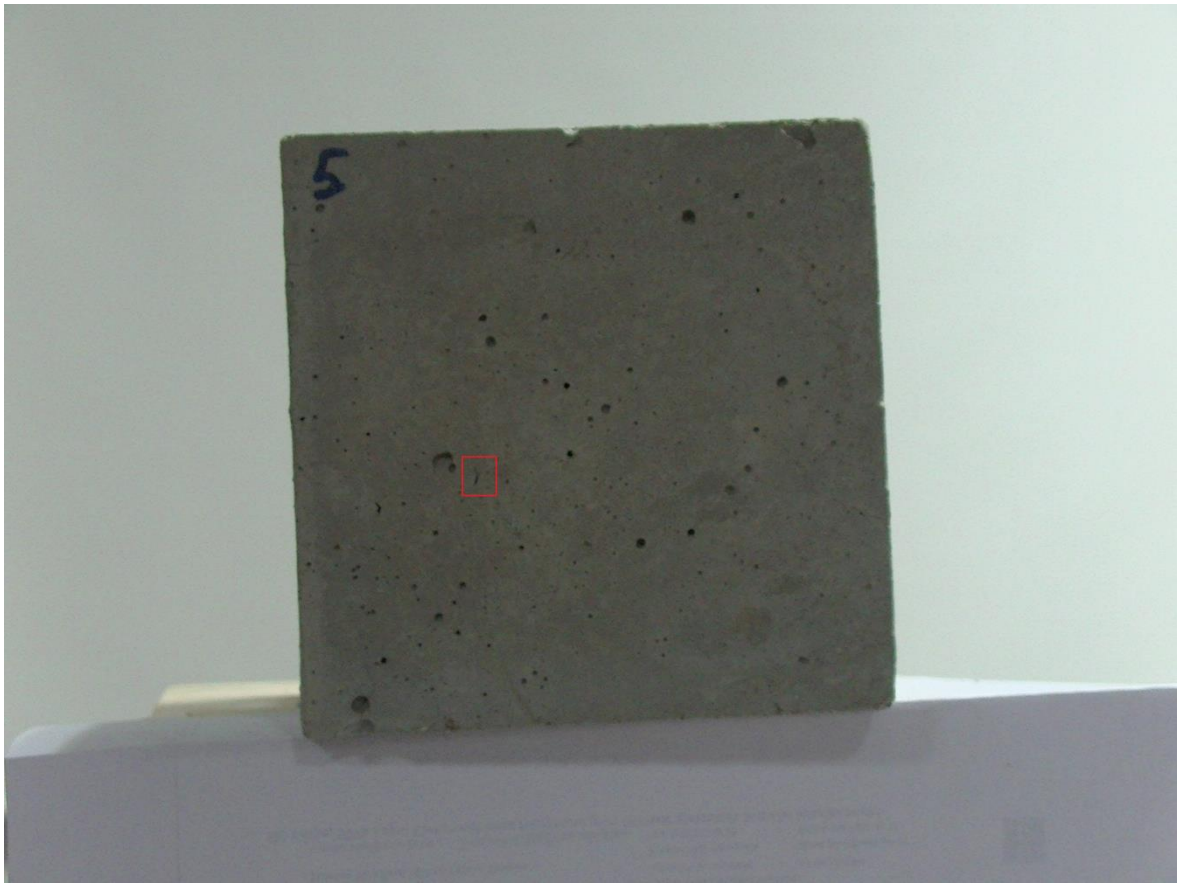
**Ek - 3 Resim 56.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 54.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 78 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 55.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni

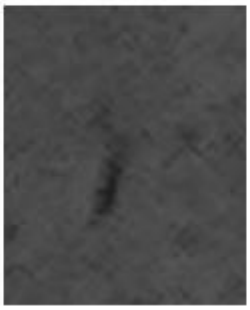
görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 56.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 78 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 115 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 250 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(115 x 1) / 250 = 0,460 cm bulunur.

40 cm'den 2x zoom ile çekilen 600°C sıcaklığa maruz bırakılmış 4A numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 3 Resim 3 57.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



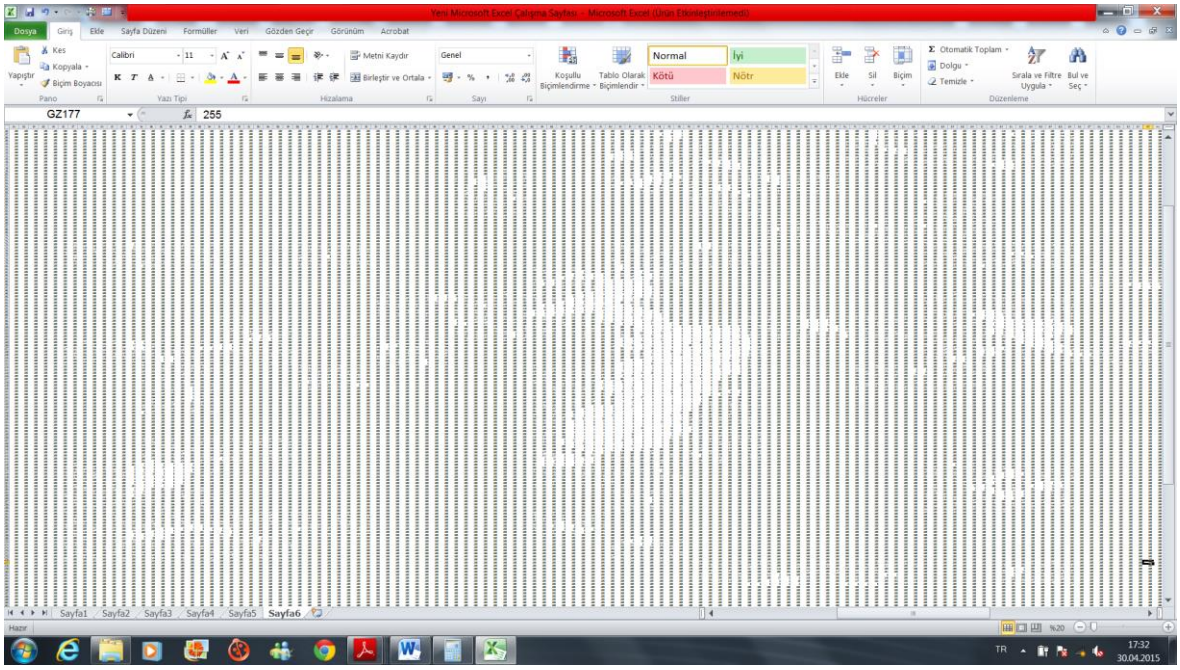

**Ek - 3 Resim 57.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 3 Resim 58.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 3 Resim 59.** Eşik değeri 65 olarak atanmış görüntü



**Ek - 3 Resim 60.** 600°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

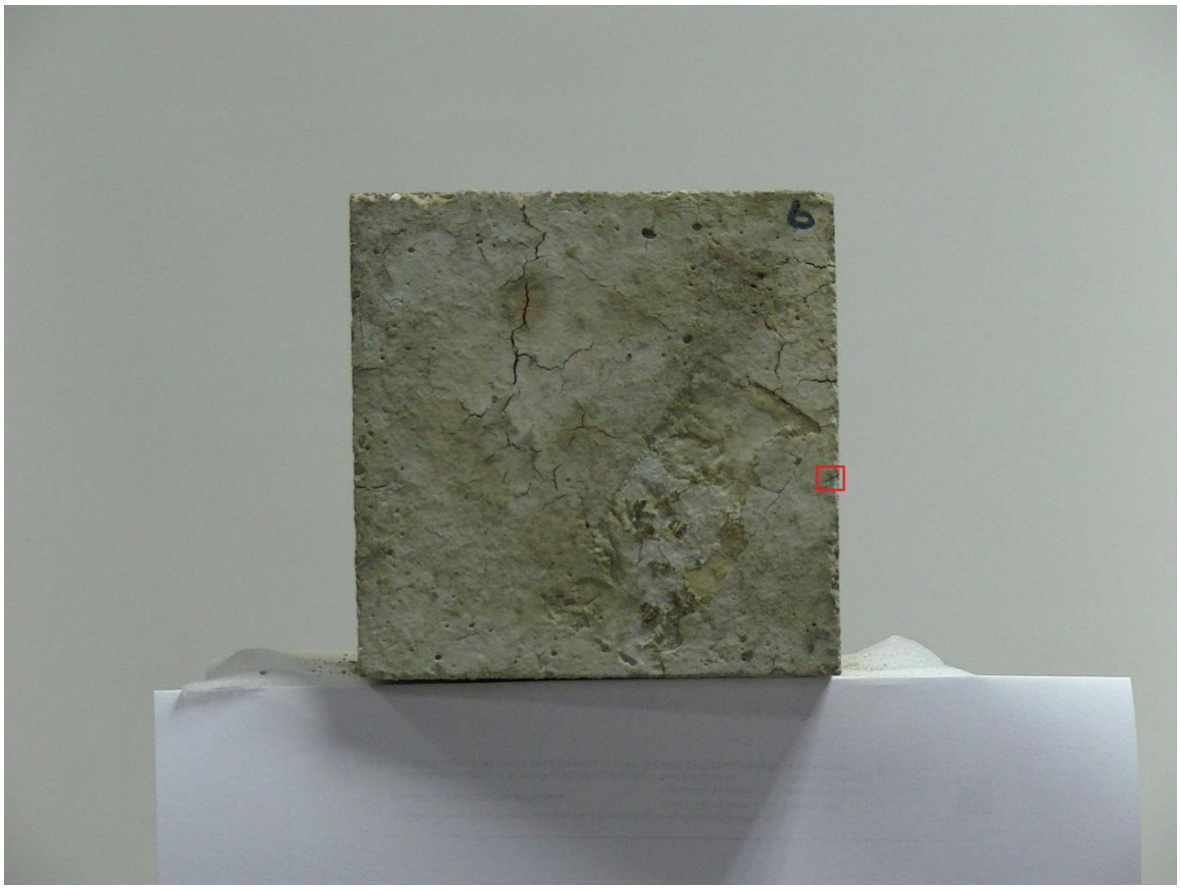
Beton numune görüntüsü 40 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 3 Resim 58.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 65 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 3 Resim 59.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 3 Resim 60.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 65 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 83 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 205 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(83 x 1) / 205 = 0,404 cm bulunur.

.

**EK - 4**

1 metreden 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 1.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



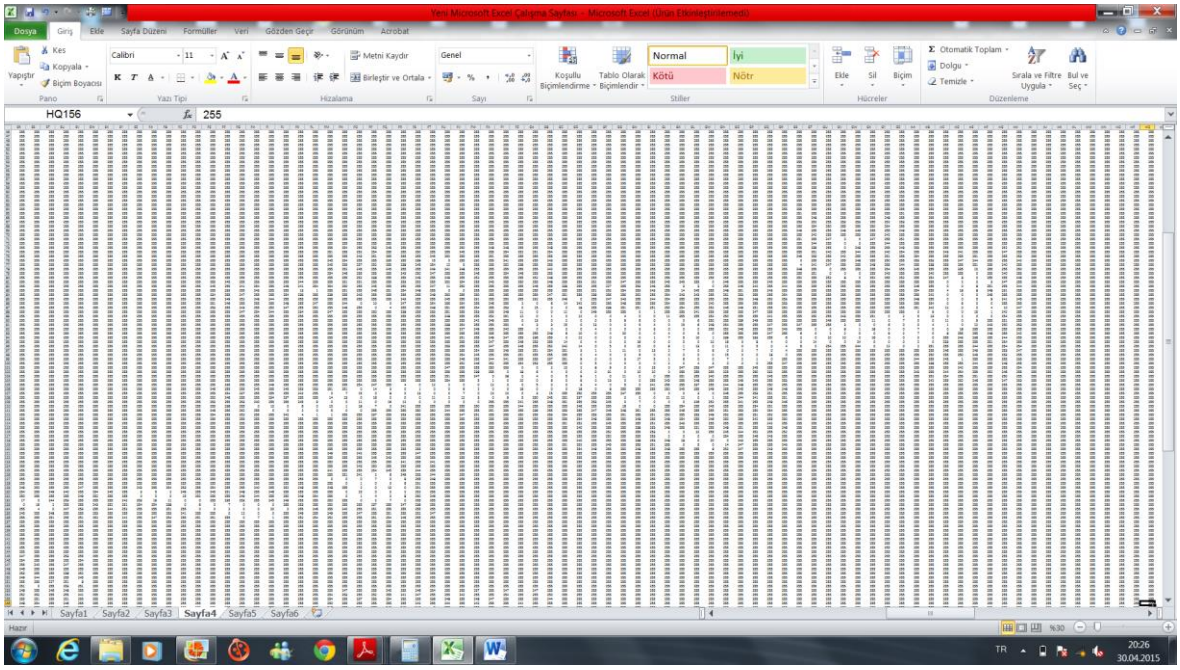
**Ek - 4 Resim 1.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 2.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 3.** Eşik değeri 80 olarak atanmış görüntü

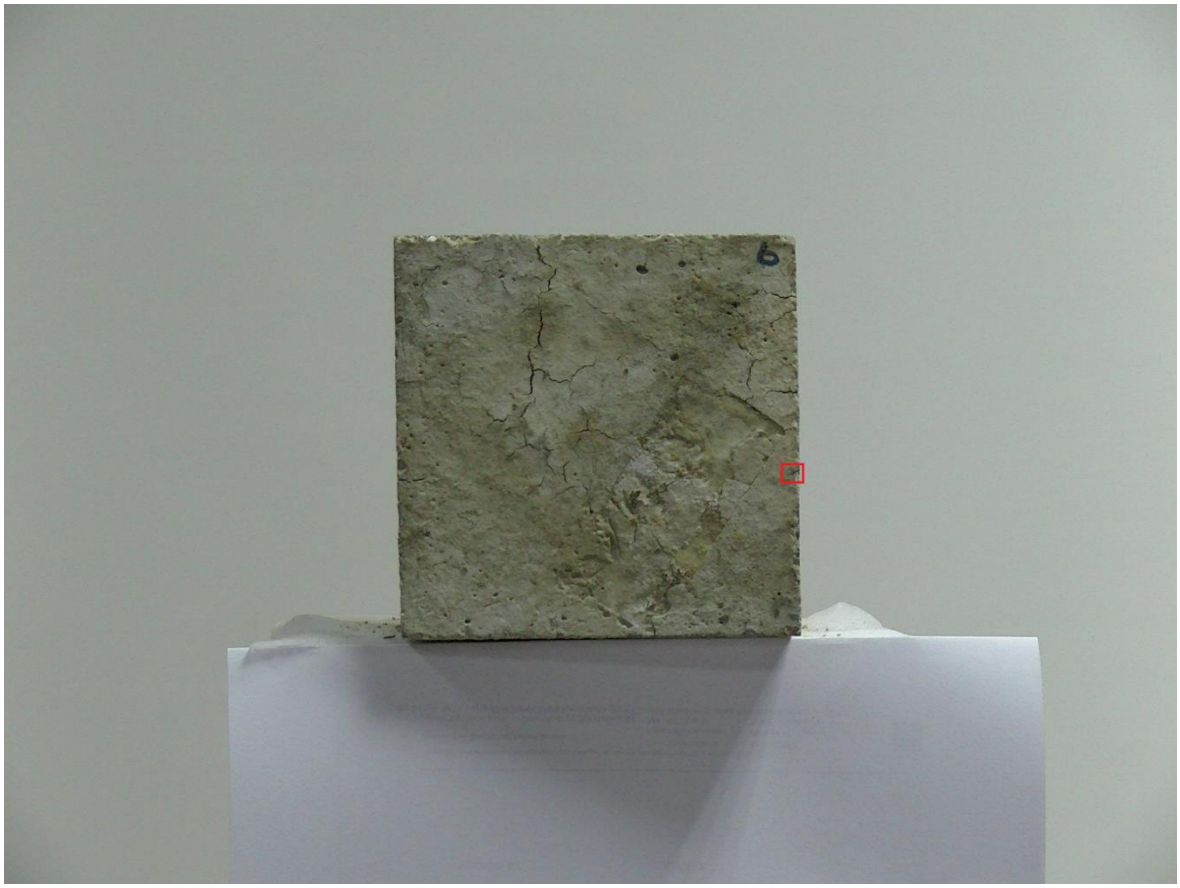


**Ek - 4 Resim 4.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

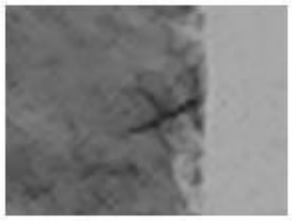
Beton numune görüntüsü 1 metreden 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 2.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 80 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 3.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 4.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 80 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 61,3 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 167 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(61,3 x 1) / 167 = 0,367 cm bulunur.

1 metreden 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 5.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



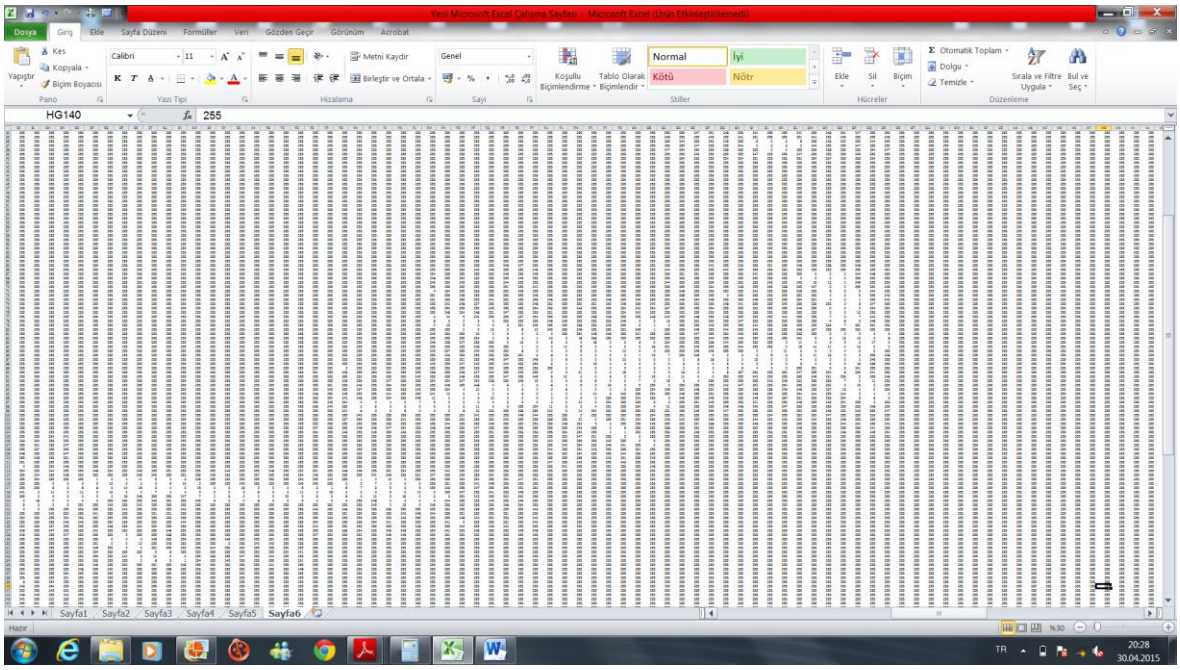
**Ek - 4 Resim 5.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 6.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 7.** Eşik değeri 82 olarak atanmış görüntü



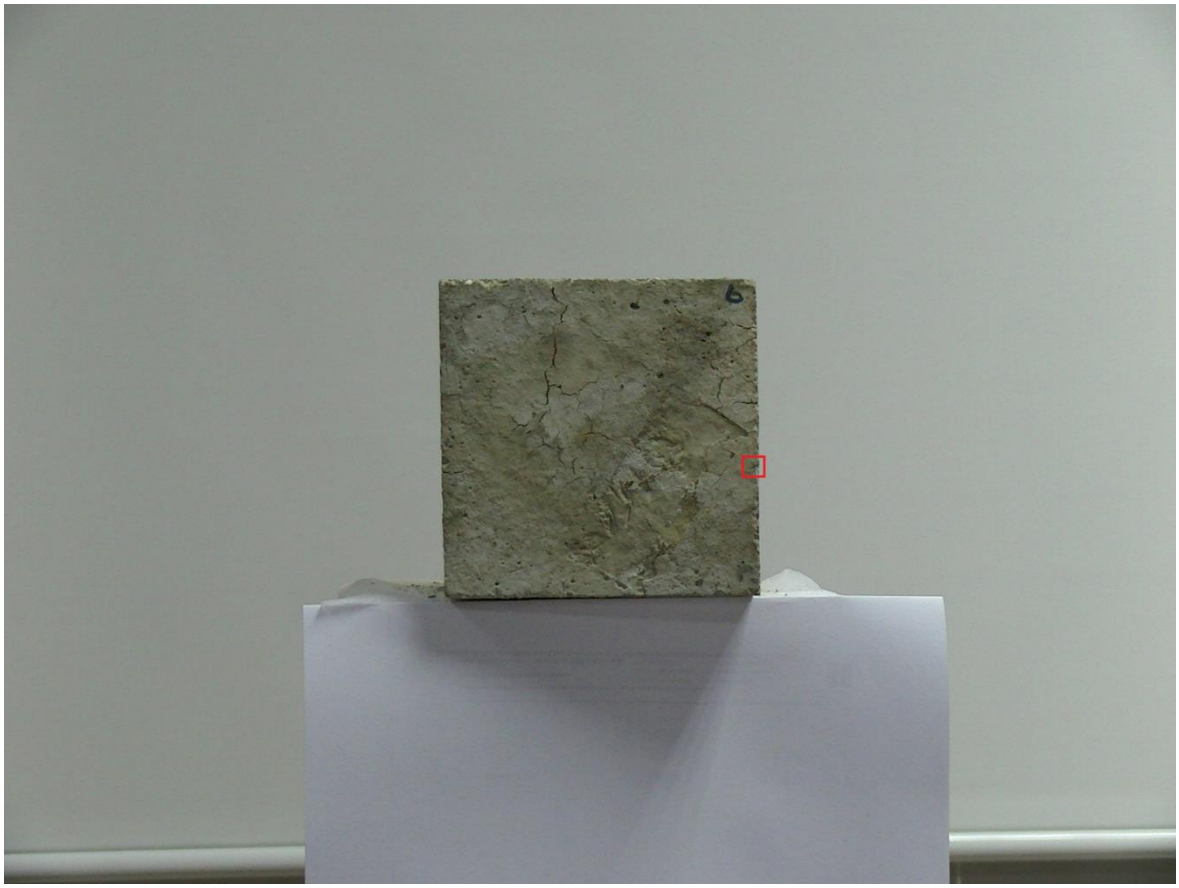
**Ek - 4 Resim 8.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 6.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 82 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 7.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 8.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 82 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 41,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan

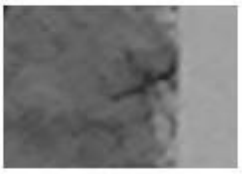
çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(41,5 x 1) / 131 = 0,317 cm bulunur.

1 metreden 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 9.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



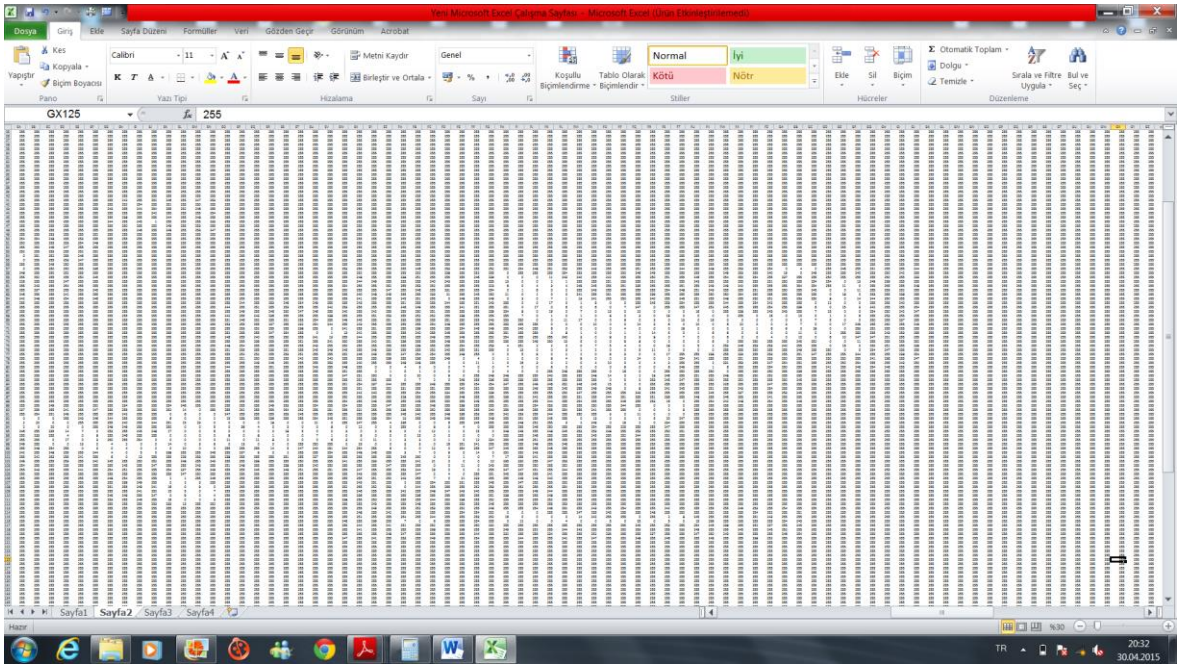
**Ek - 4 Resim 9.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 10.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 11.** Eşik değeri 85 olarak atanmış görüntü

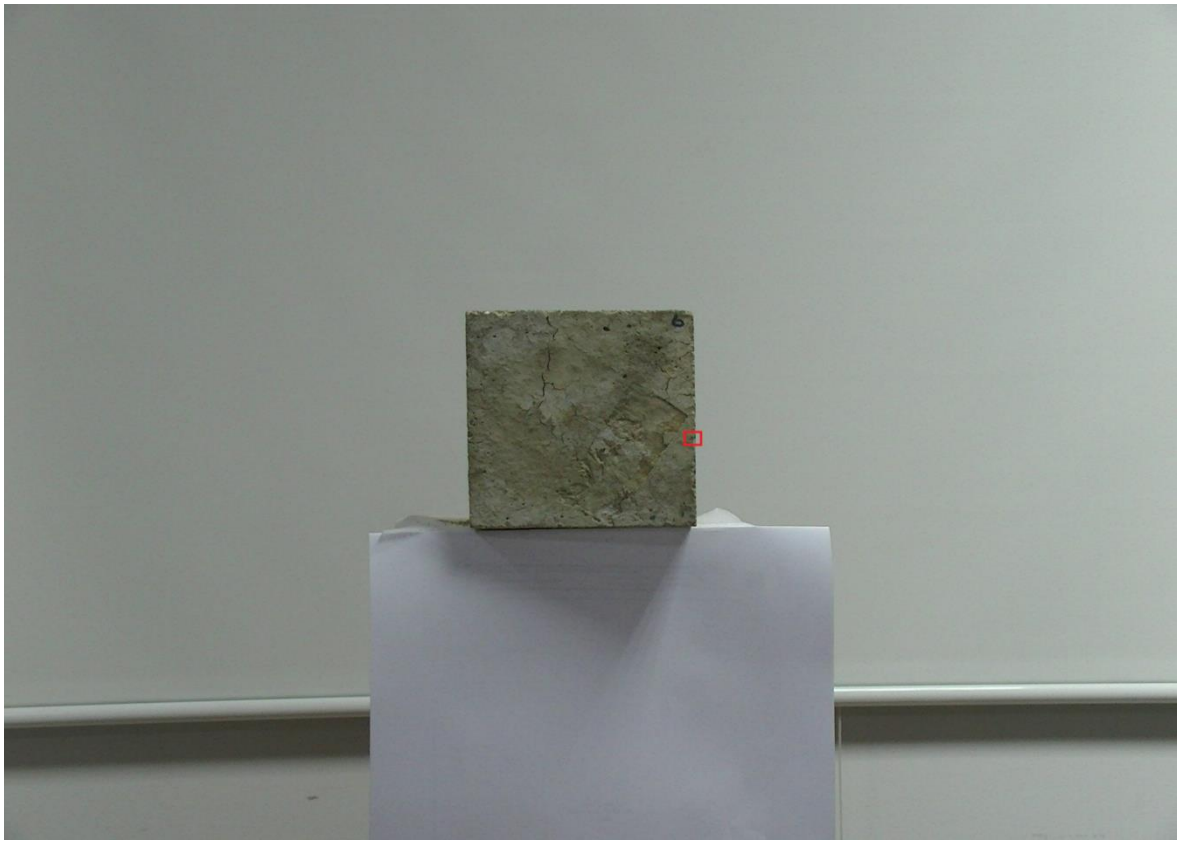



**Ek - 4 Resim 12.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 10.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 85 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 11.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 12.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 85 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 41,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 105 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(41,5 x 1) / 105 = 0,395 cm bulunur.

1 metreden 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 13.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



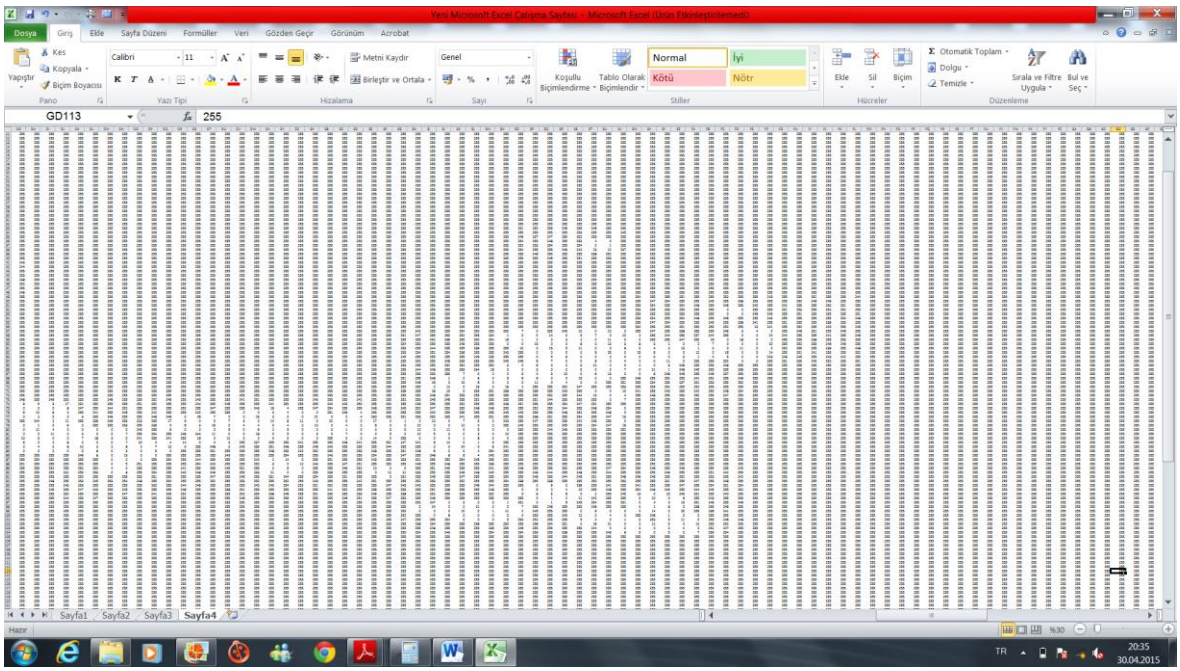
**Ek - 4 Resim 13.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 14.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 15.** Eşik değeri 82 olarak atanmış görüntü

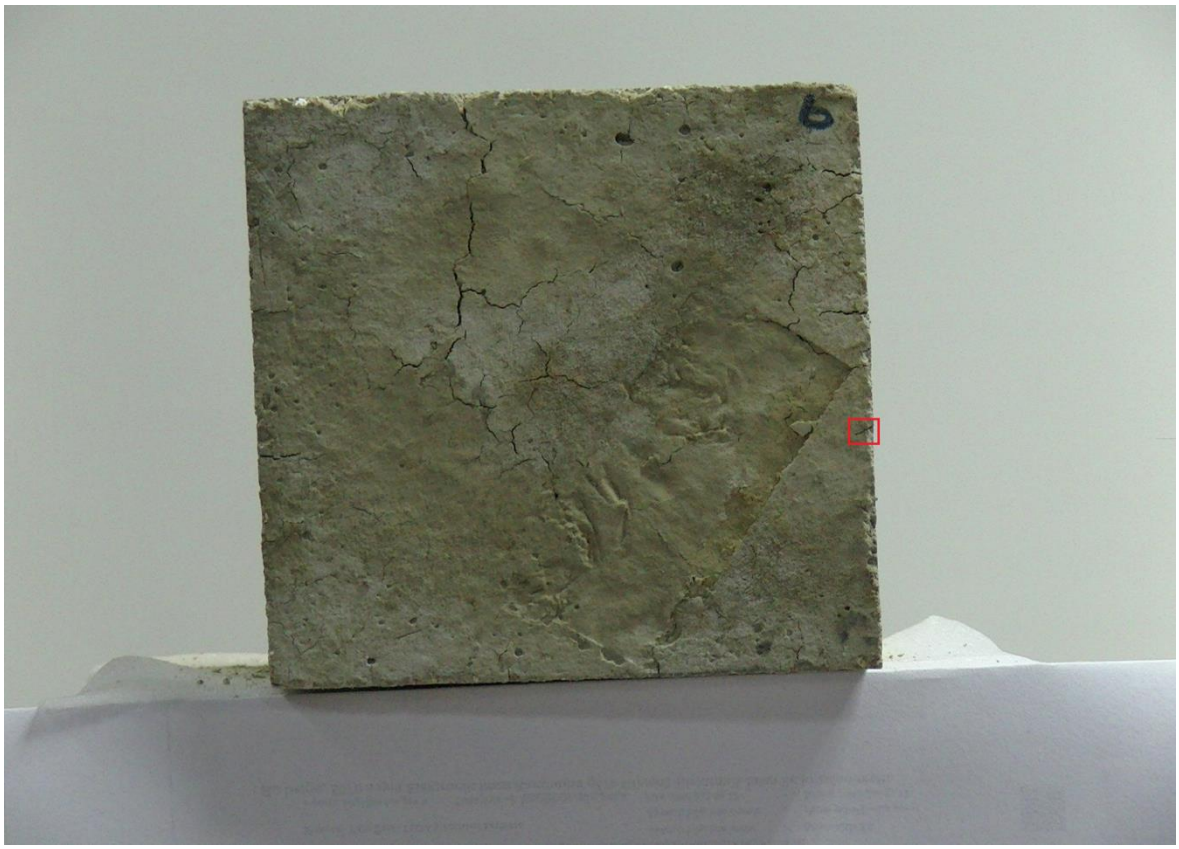



**Ek - 4 Resim 16.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

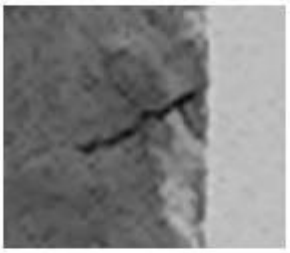
Beton numune görüntüsü 1 metreden 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 14.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 82 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 15.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 16.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 82 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 28,3 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 78 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(28,3 x 1) / 78 = 0,363 cm bulunur.

80 cm'den 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 17.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



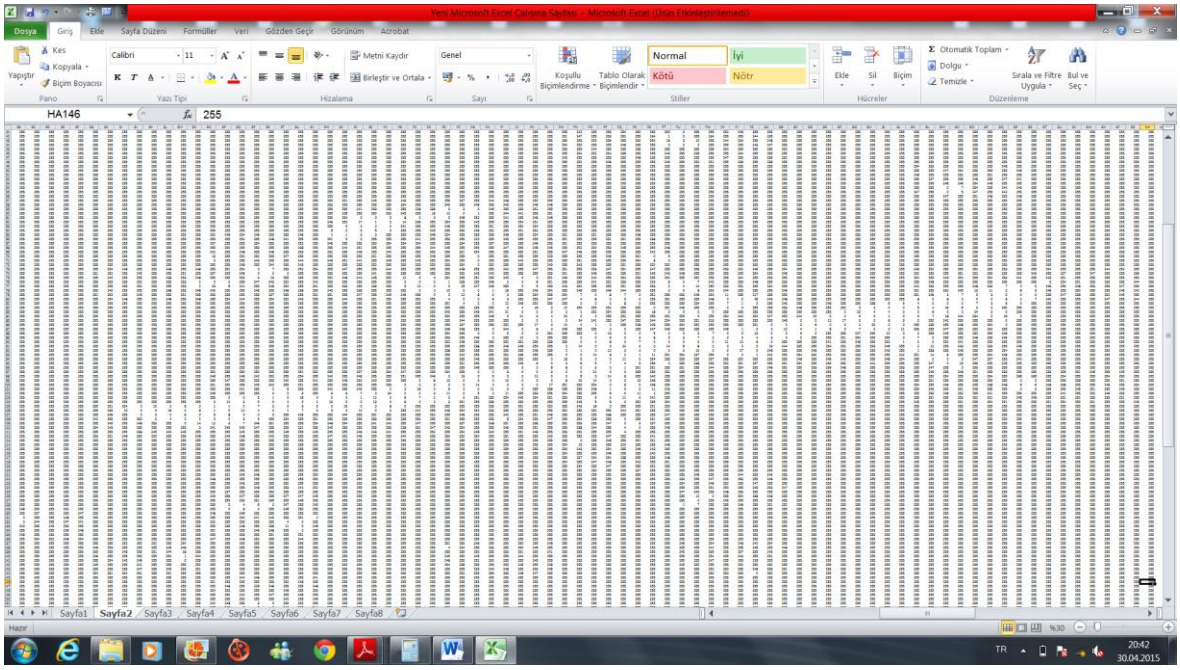

**Ek - 4 Resim 17.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 18.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 19.** Eşik değeri 74 olarak atanmış görüntü

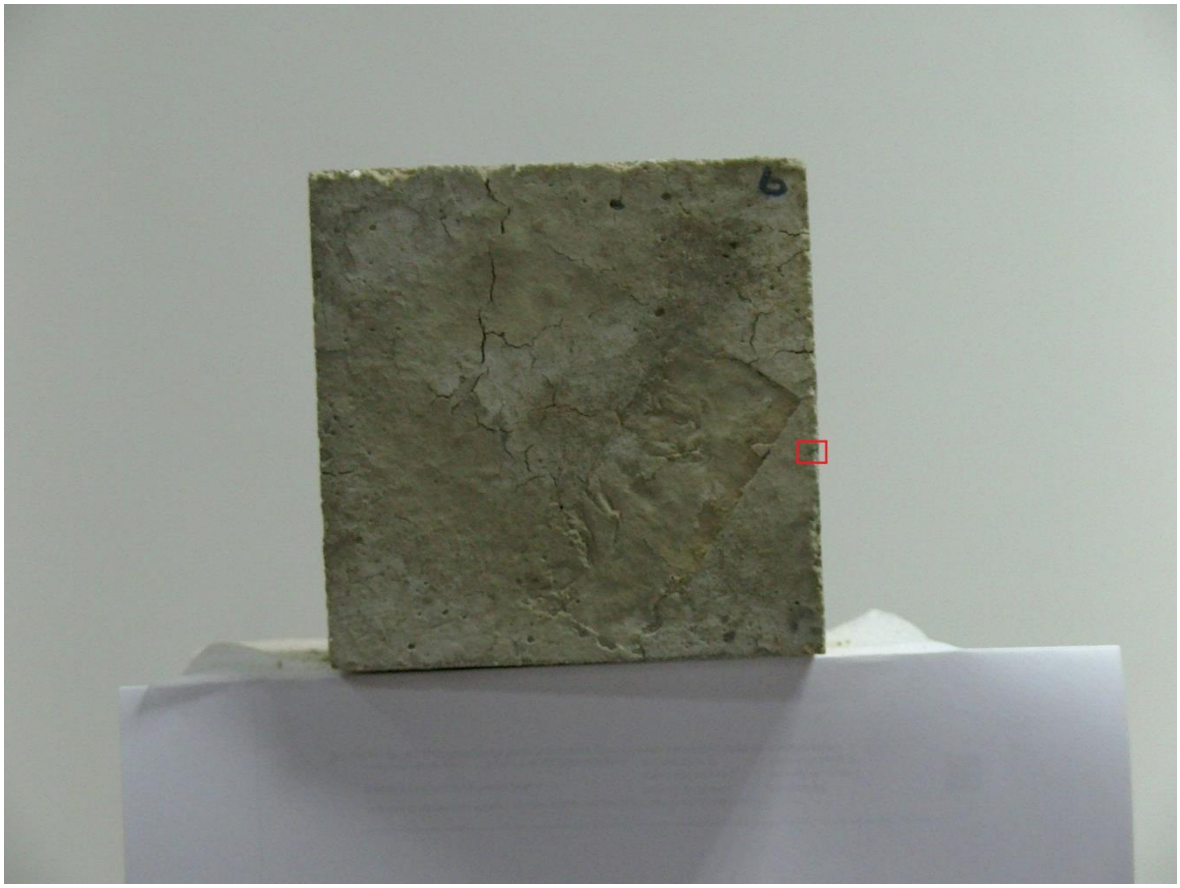


**Ek - 4 Resim 20.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 18.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 74 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 19.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 20.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 74 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 71,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 207 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(71,5 x 1) / 207 = 0,345 cm bulunur.

80 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 21.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



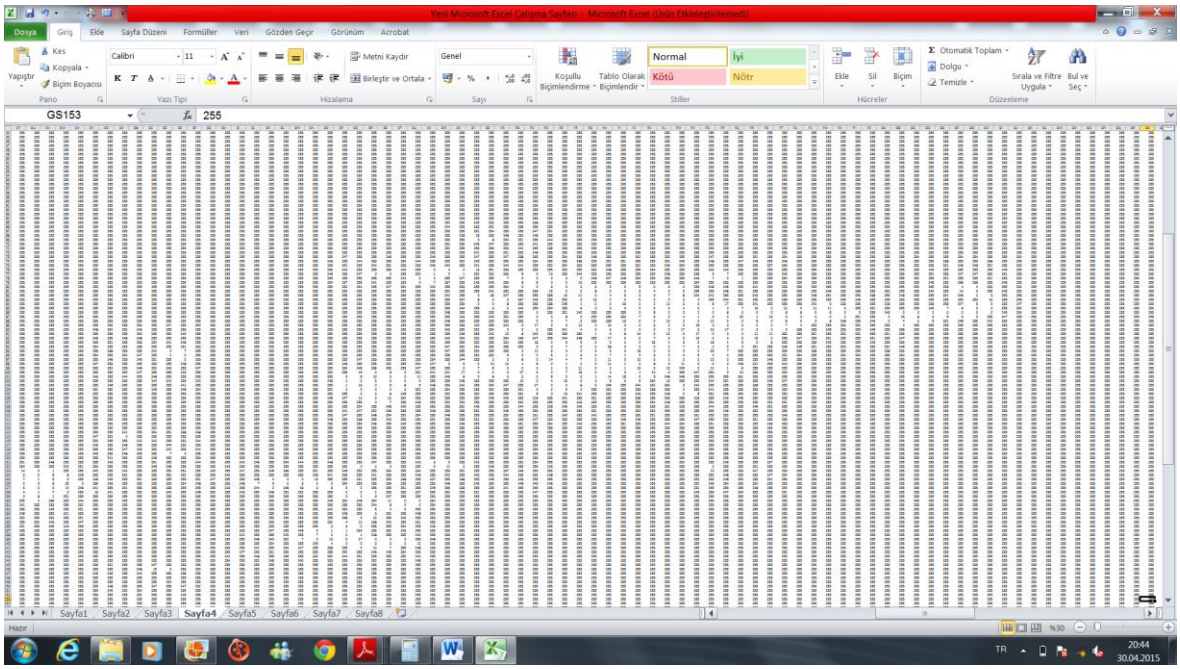

**Ek - 4 Resim 21.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 22.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 23.** Eşik değeri 77 olarak atanmış görüntü



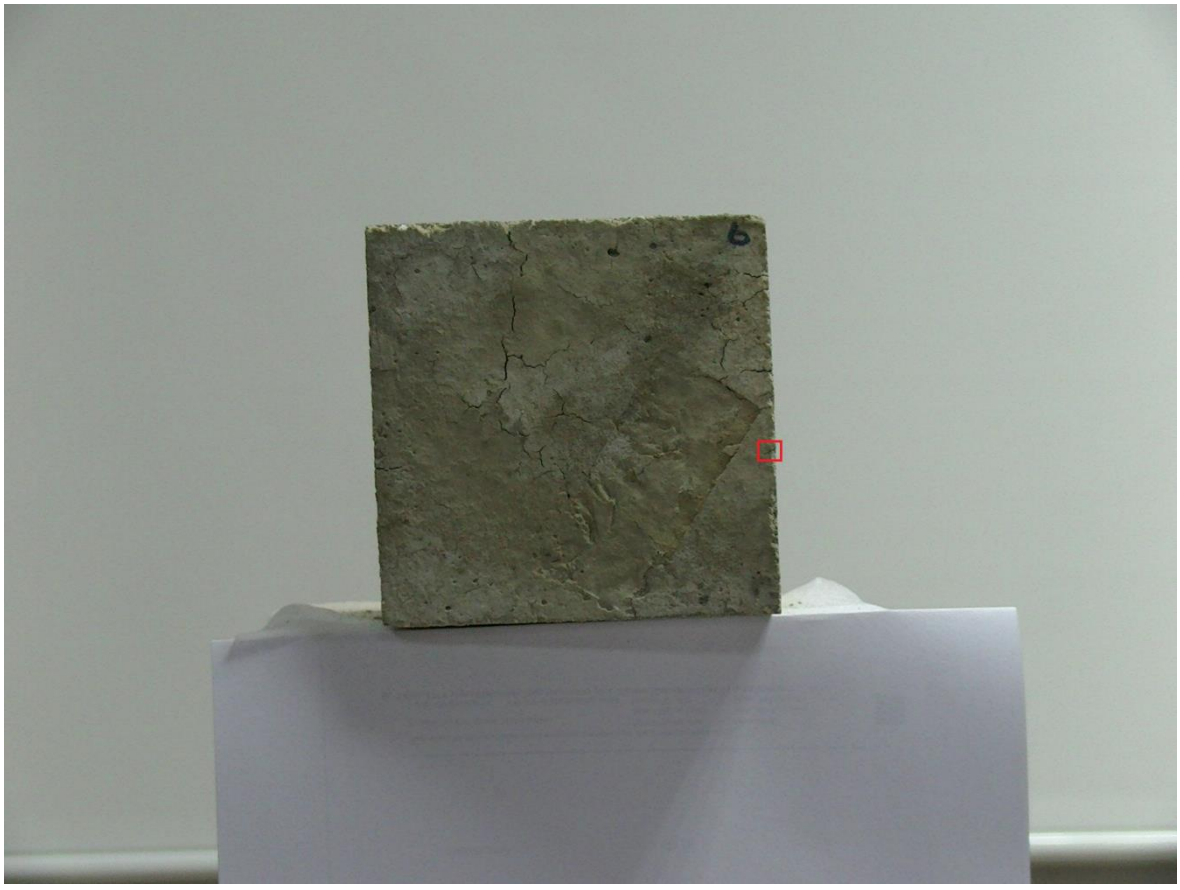

**Ek - 4 Resim 24.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 22.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 77 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 23.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 24.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 77 alınarak yapılan ölçüm

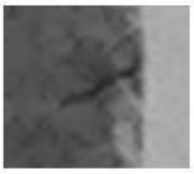
sonucunda çatlak boyunun 53 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 171 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(53 x 1) / 171 = 0,345 cm bulunur.

80 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 25.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



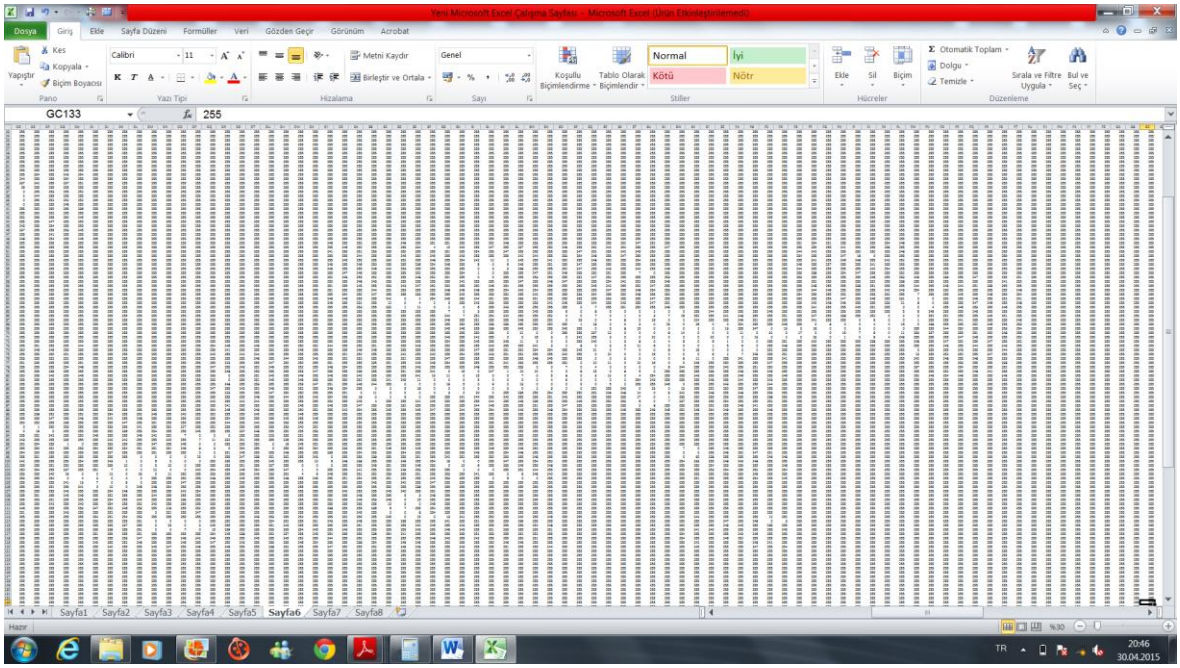
**Ek - 4 Resim 25.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 26.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 27.** Eşik değeri 70 olarak atanmış görüntü

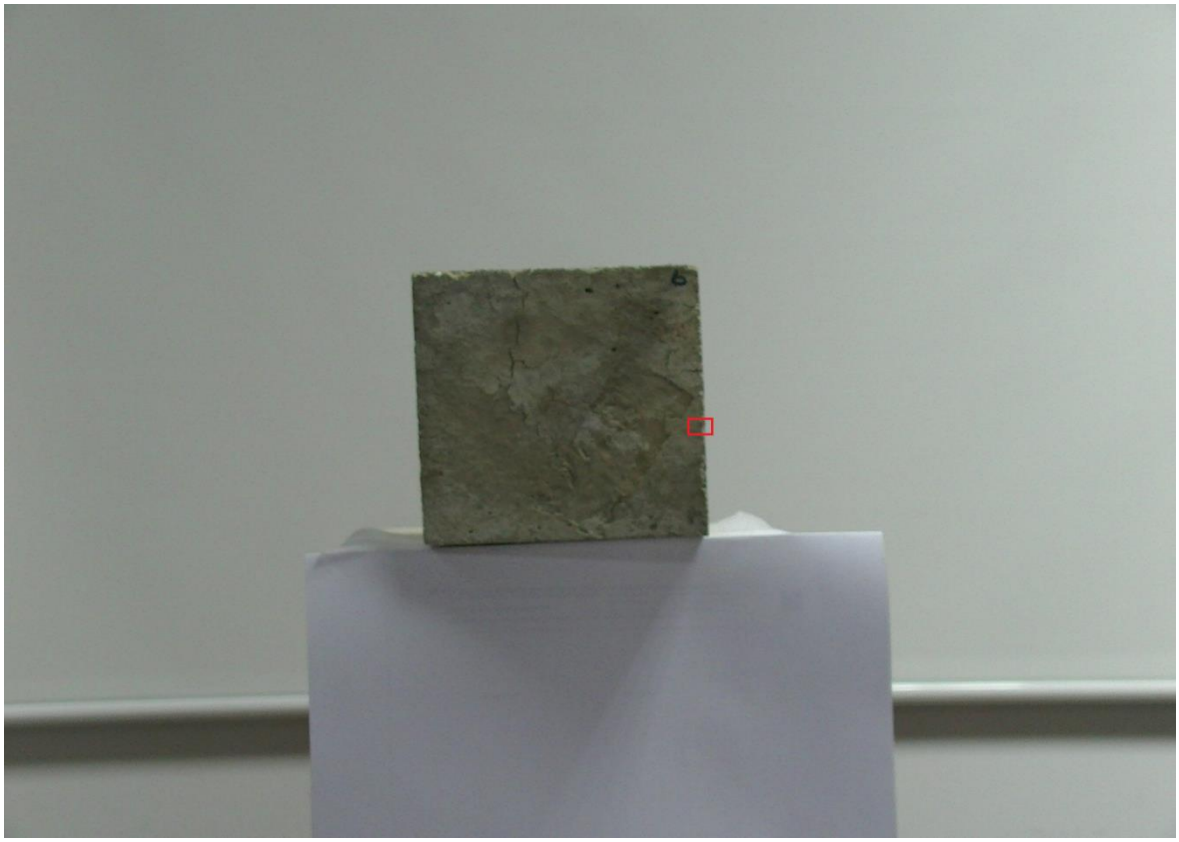



**Ek - 4 Resim 28.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 26.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 70 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 27.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 28.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 70 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 47,7 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(47,7 x 1) / 131 = 0,364 cm bulunur.

80 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 29.'da görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



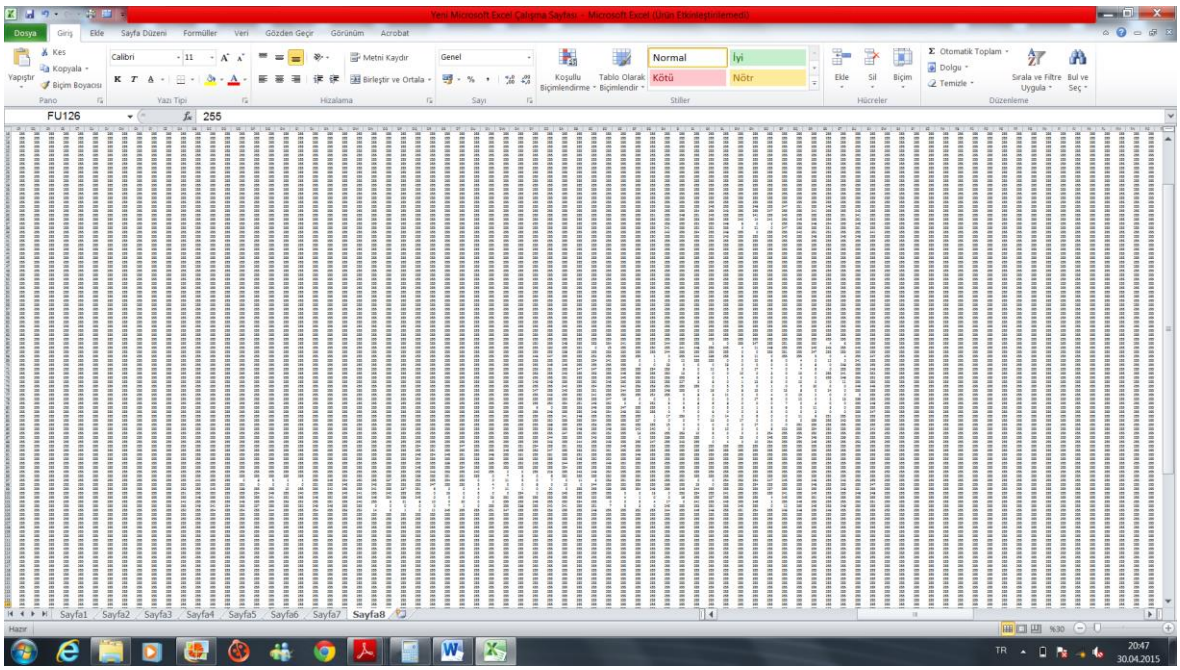
**Ek - 4 Resim 29.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 30.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 31.** Eşik değeri 70 olarak atanmış görüntü

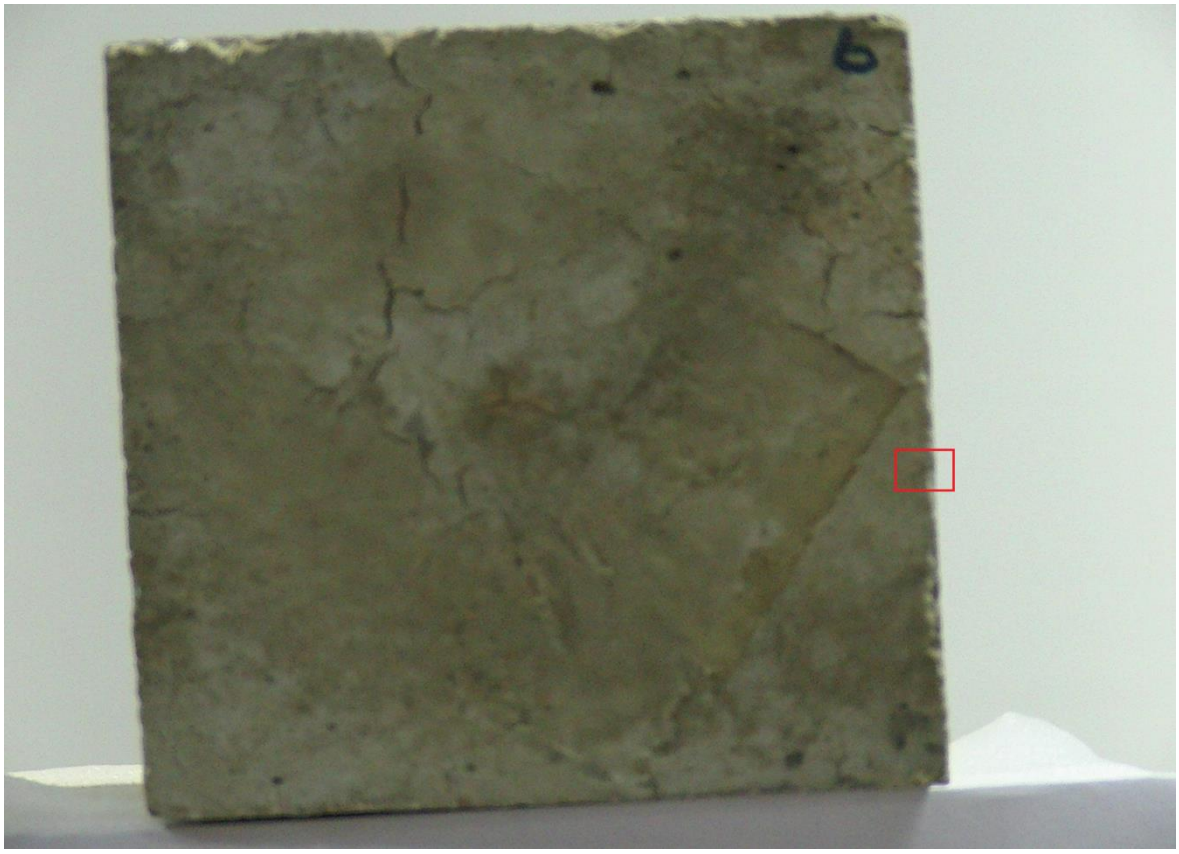



**Ek - 4 Resim 32.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

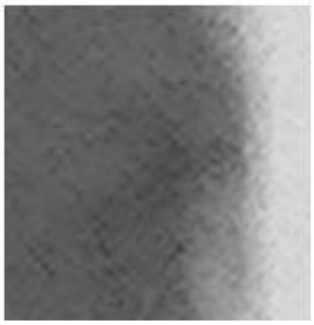
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 30.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 70 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 31.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 32.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 70 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 26,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 97 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(26,5 x 1) / 97 = 0,364 cm bulunur.

60 cm'den 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 33.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



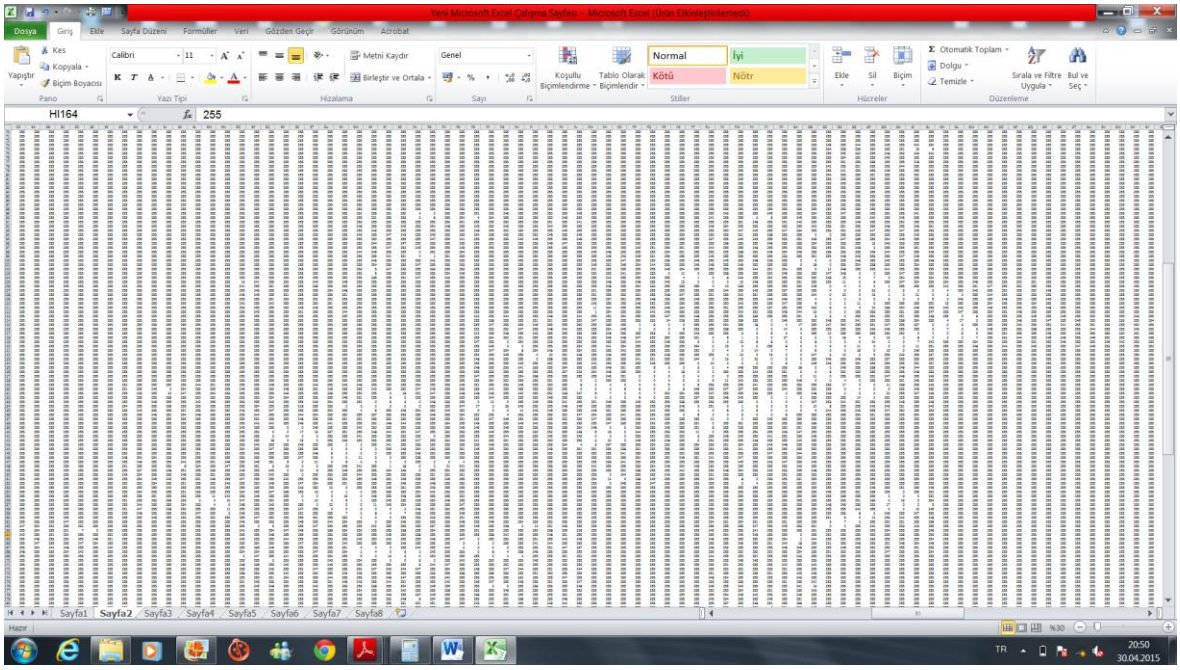
**Ek - 4 Resim 33.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 34.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 35.** Eşik değeri 80 olarak atanmış görüntü

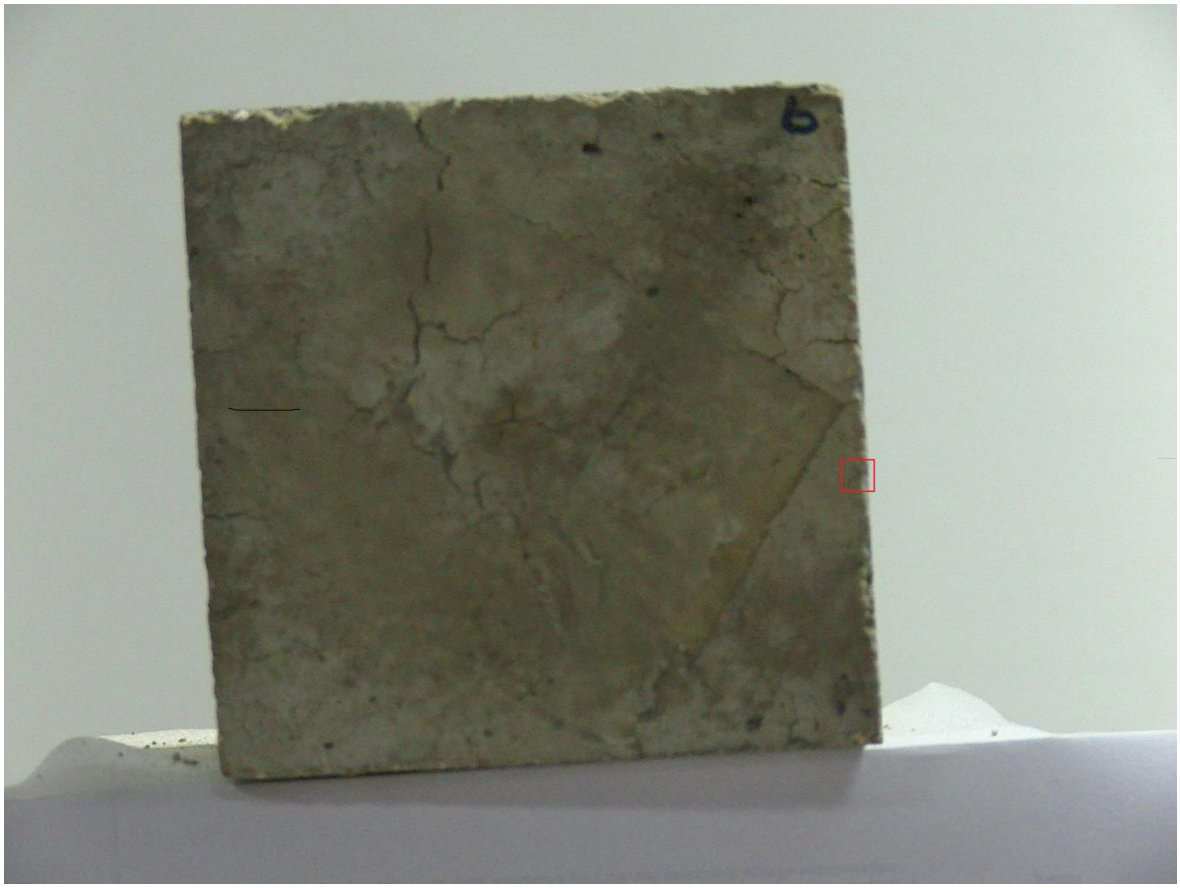


**Ek - 4 Resim 36.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

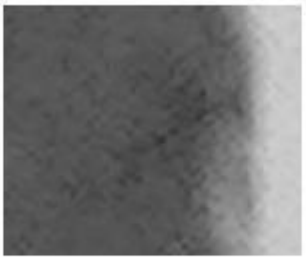
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 33.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 80 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 34.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 35.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 80 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 34,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 276 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(34,5 x 1) / 276 = 0,125 cm bulunur.

60 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 37.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



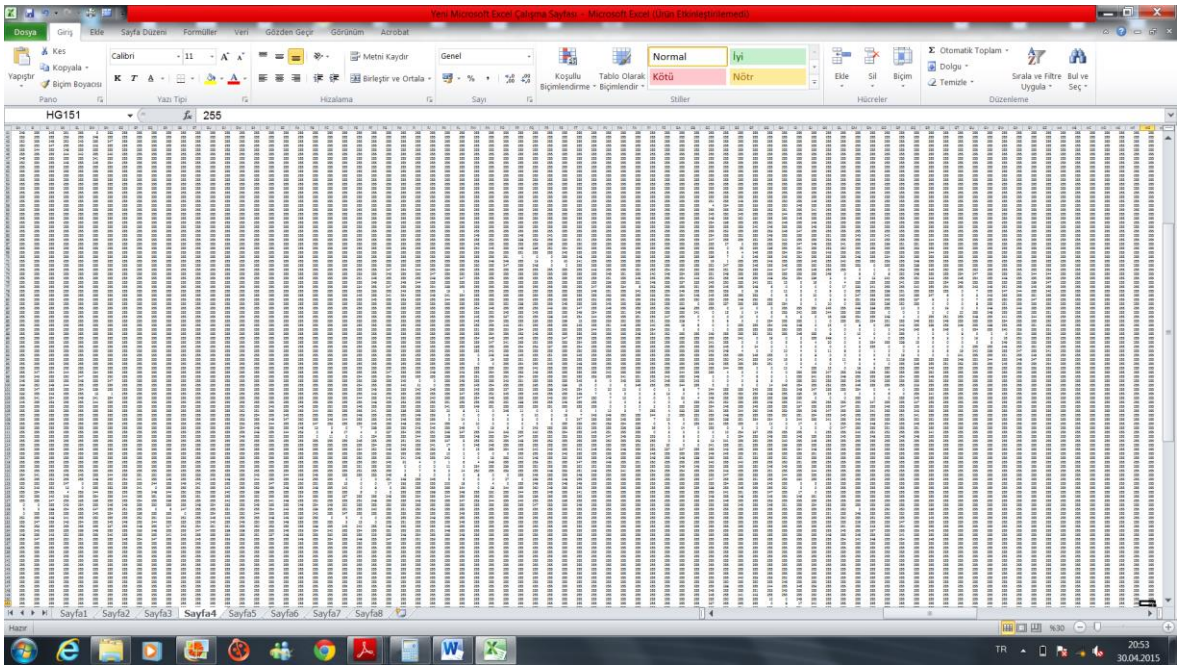
**Ek - 4 Resim 37.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 38.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 39.** Eşik değeri 73 olarak atanmış görüntü



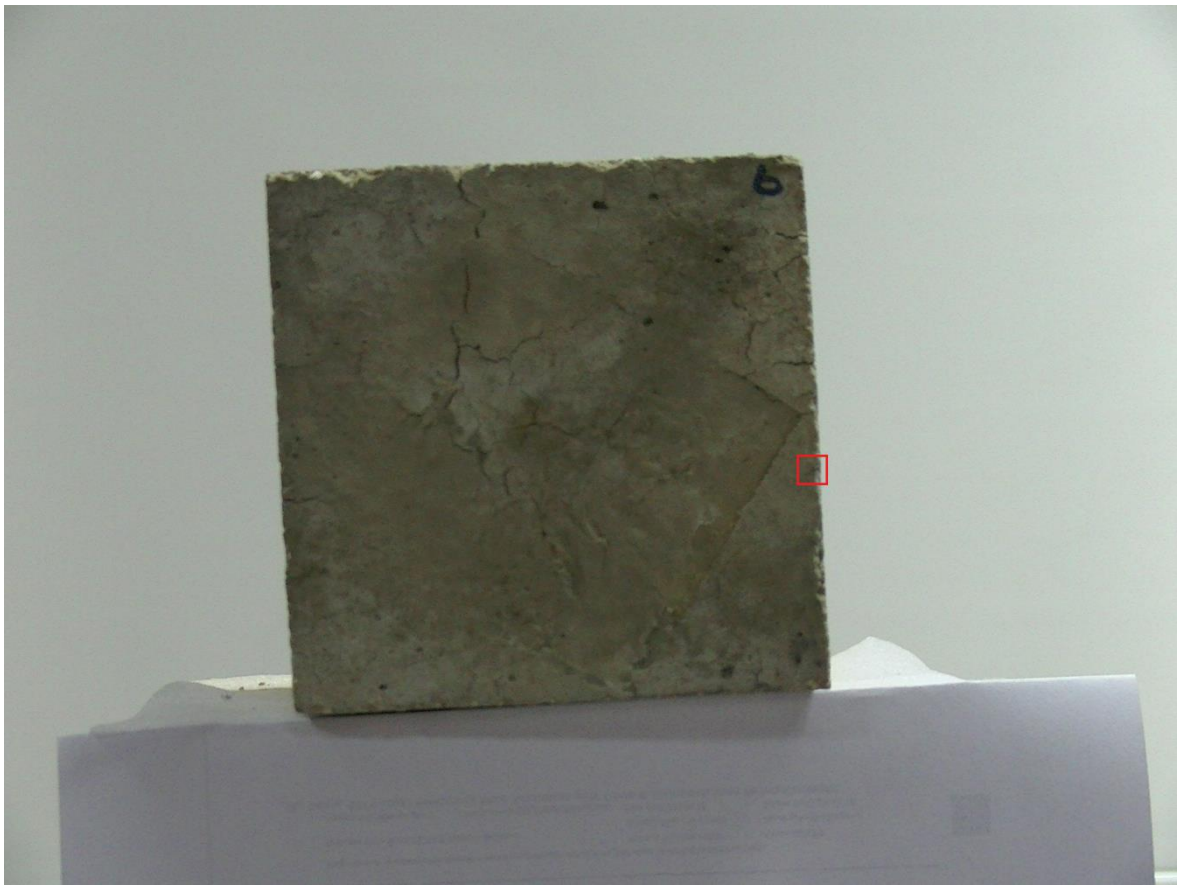

**Ek - 4 Resim 40.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 60 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 38.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 73 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 39.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 40.'ta görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 73 alınarak yapılan ölçüm

sonucunda çatlak boyunun 45,3 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 276 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(45,3 x 1) / 230 = 0,197 cm bulunur.

60 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 41.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



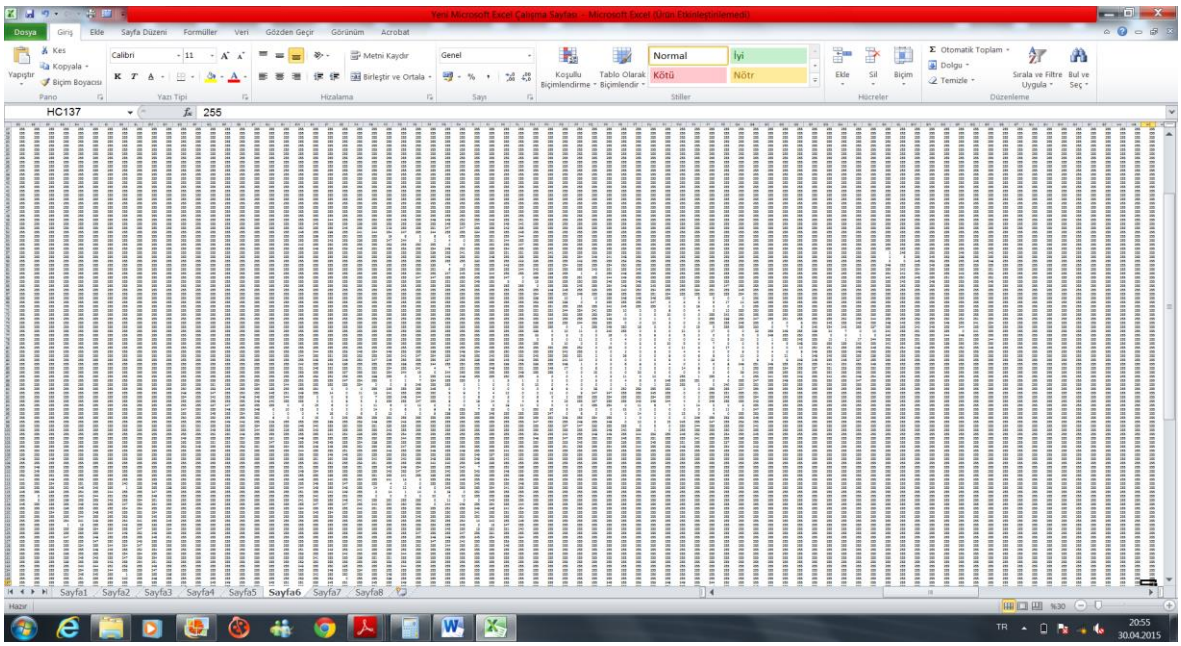
**Ek - 4 Resim 41.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 42.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 43.** Eşik değeri 67 olarak atanmış görüntü

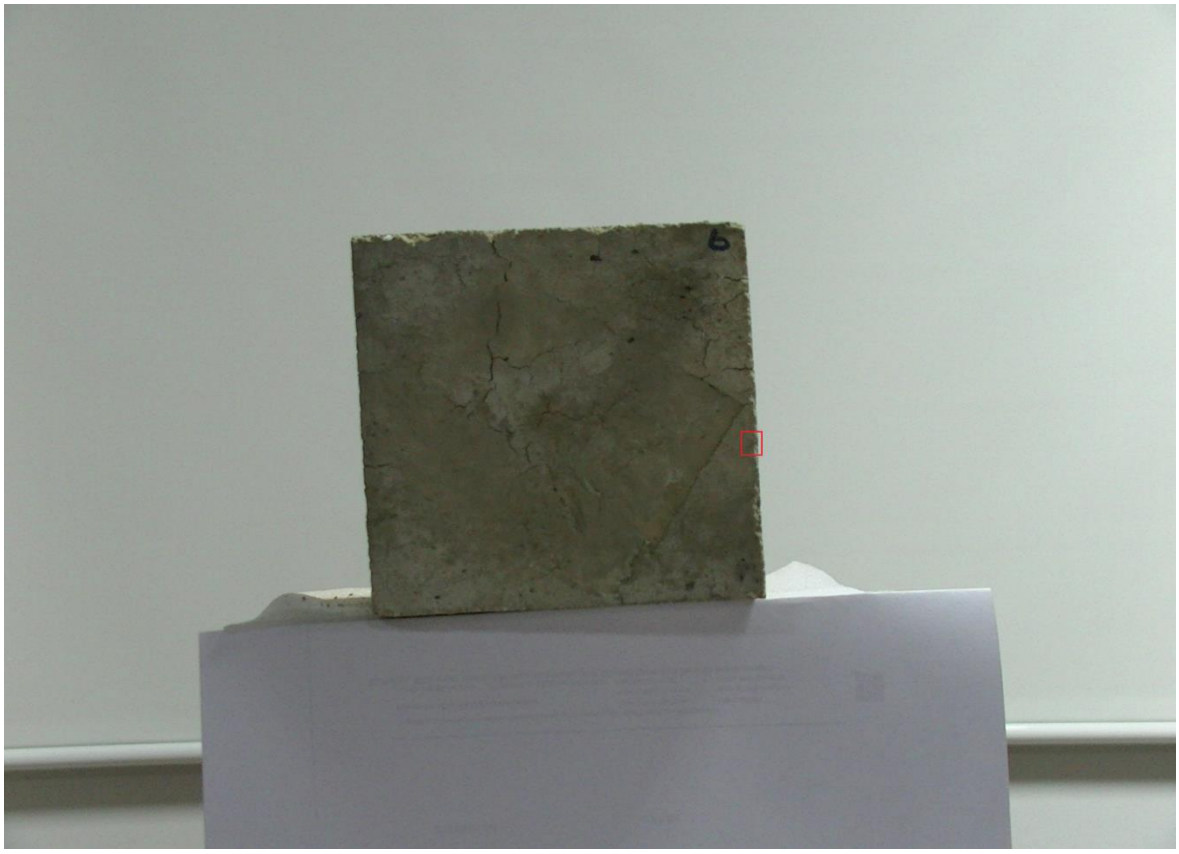



**Ek - 4 Resim 44.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

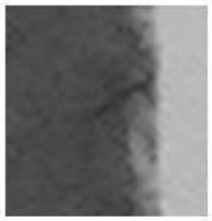
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 41.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 67 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 42.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 43.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 67 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 41,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 276 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(41,5 x 1) / 188 = 0,221 cm bulunur.

60 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 45.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



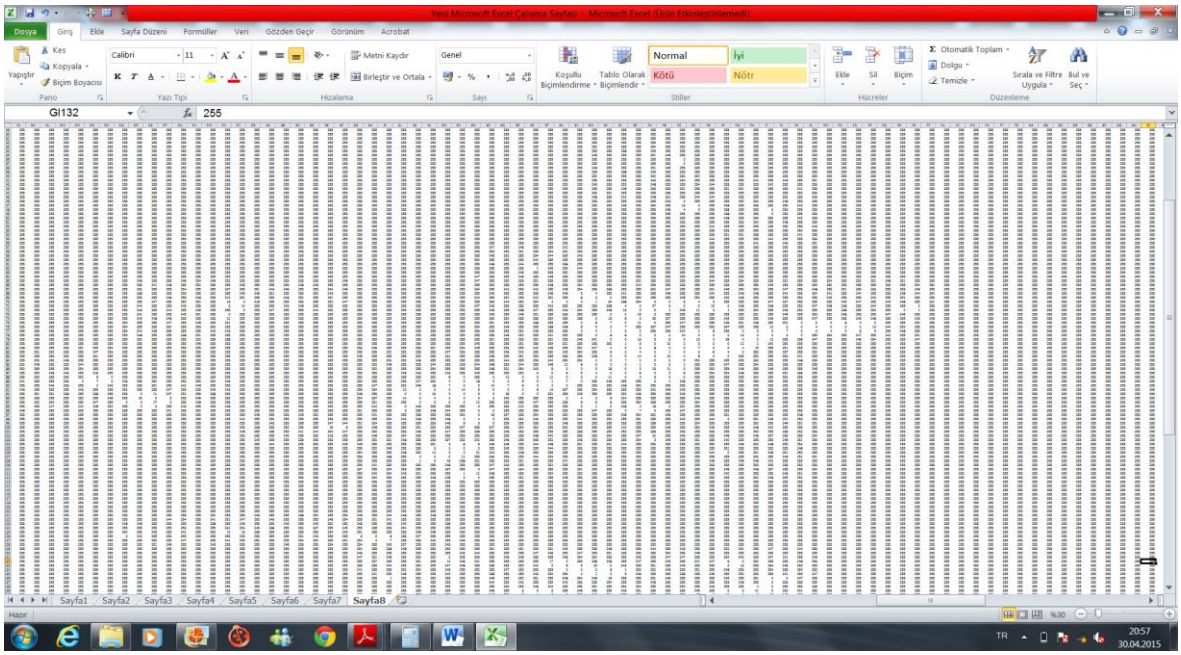
**Ek - 4 Resim 45.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 46.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 47.** Eşik değeri 67 olarak atanmış görüntü




**Ek - 4 Resim 48.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

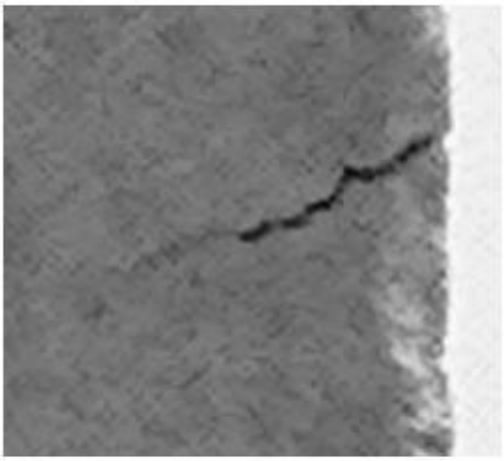
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 46.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 67 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 47.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 48.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 67 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 39,7 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 134 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(39,7 x 1) / 134 = 0,296 cm bulunur.

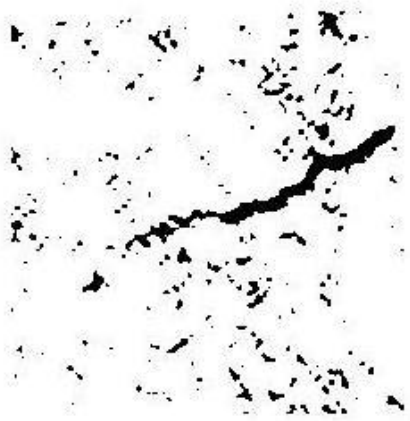
40 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 49.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



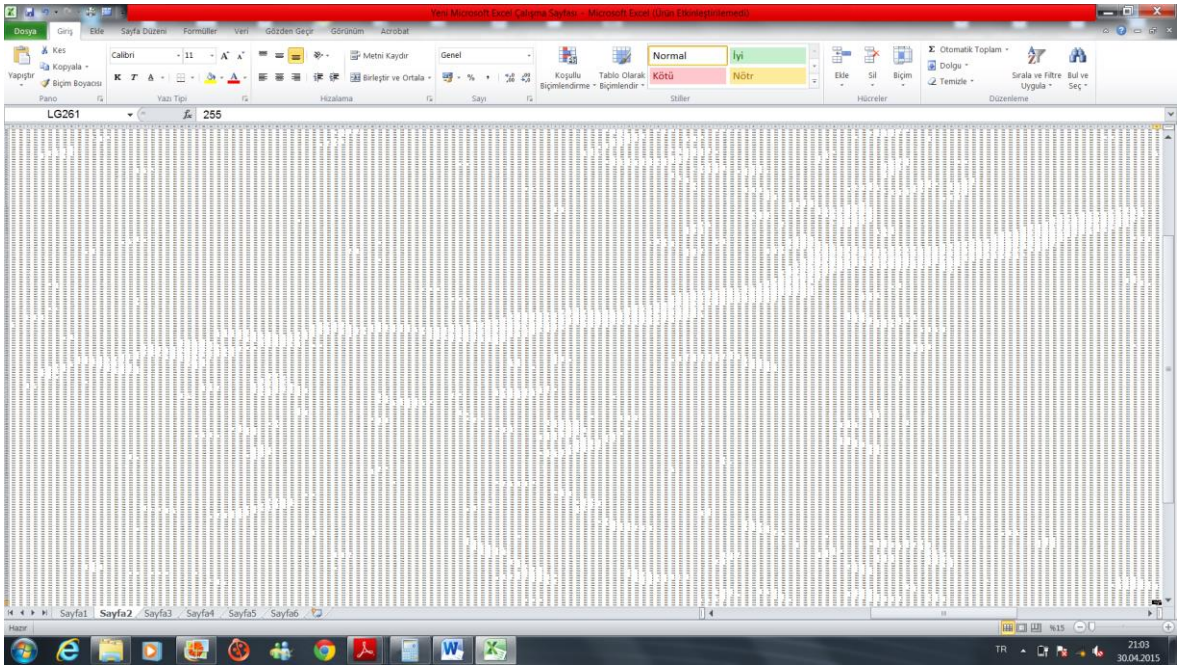
**Ek - 4 Resim 49.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 50.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 51.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü

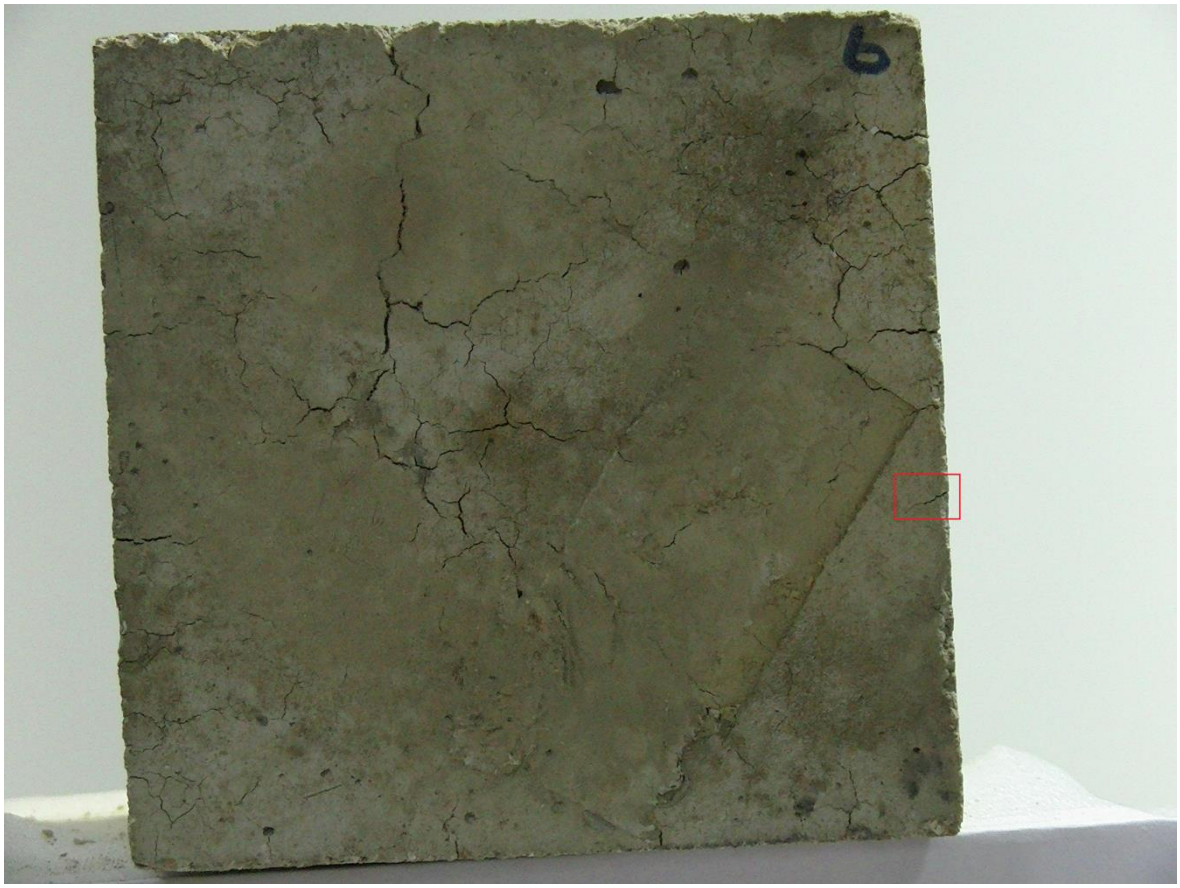


**Ek - 4 Resim 52.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

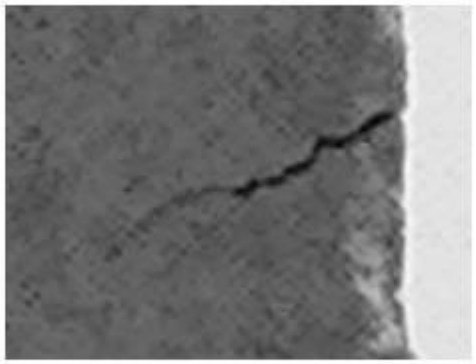
Beton numune görüntüsü 40 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 50.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 51.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 52.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 167,7 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 348 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(167,7 x 1) / 348 = 0,482 cm bulunur.

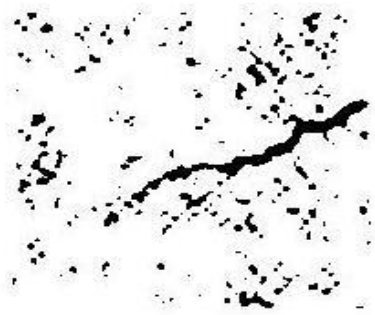
40 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 53.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



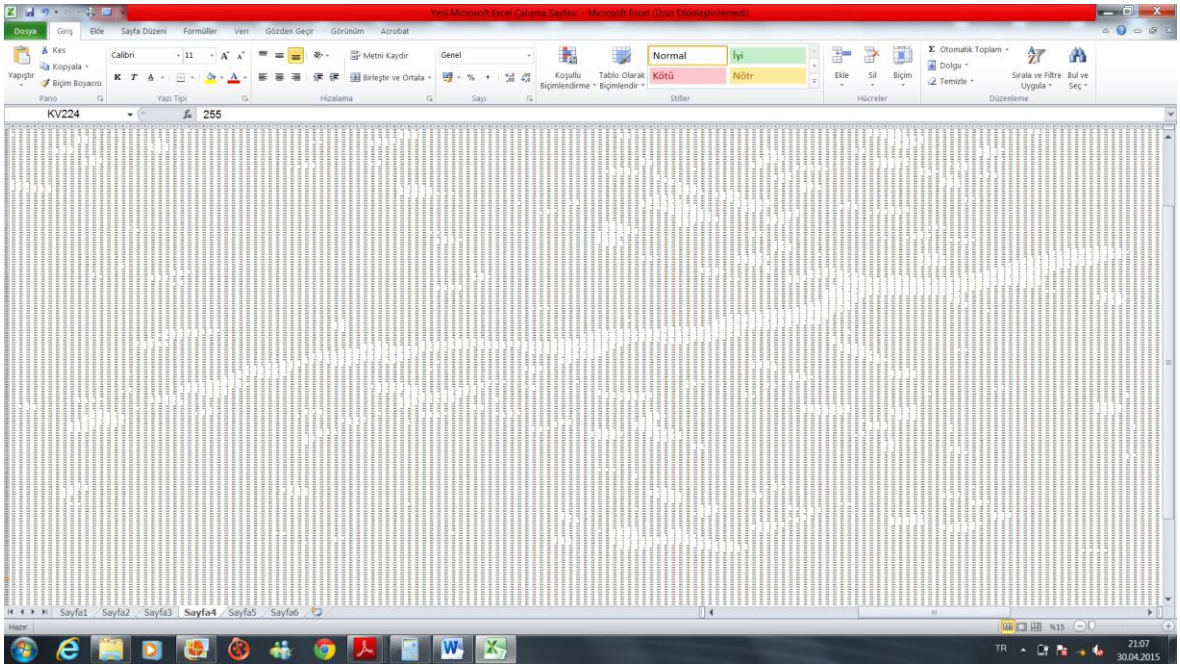

**Ek - 4 Resim 53.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 54.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 55.** Eşik değeri 82 olarak atanmış görüntü



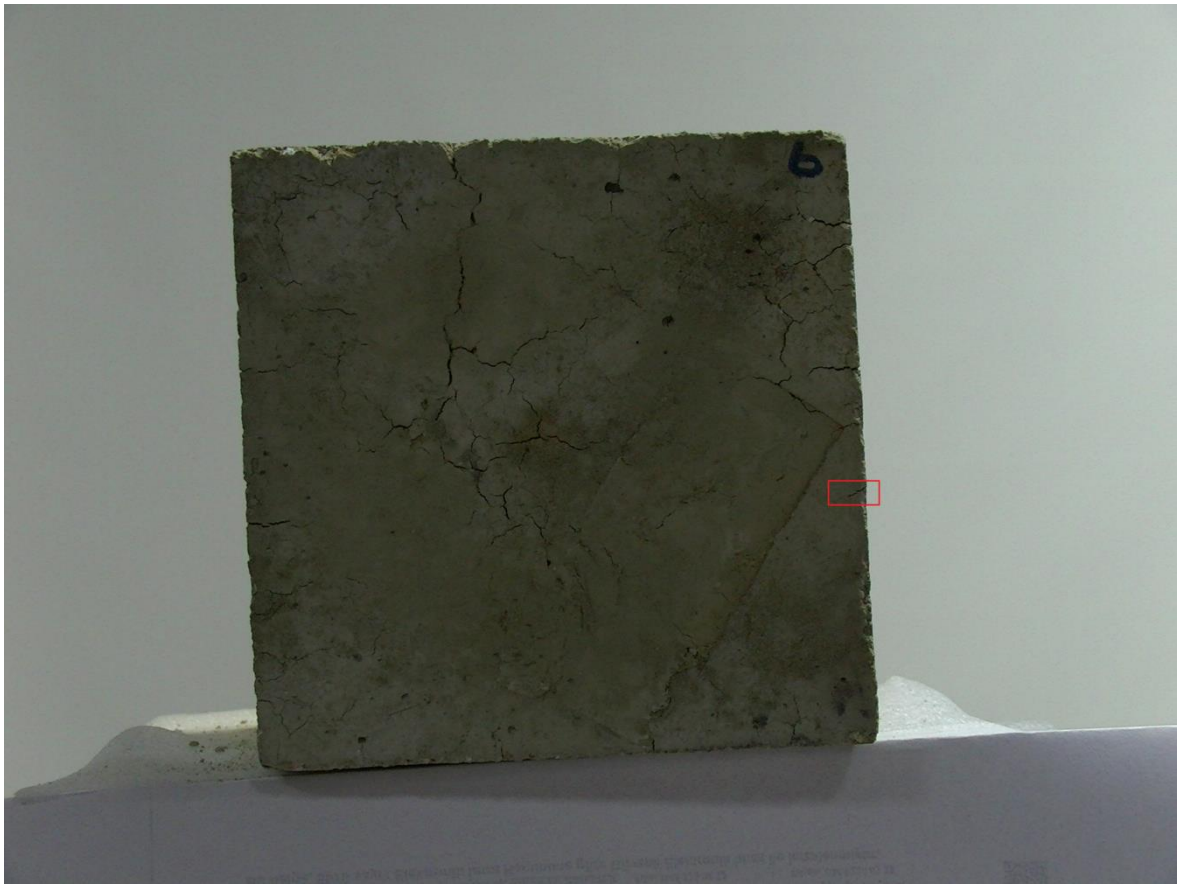
**Ek - 4 Resim 56.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 54.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 82 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 55.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 56.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 82 alınarak yapılan ölçüm

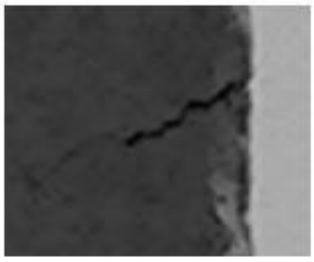
sonucunda çatlak boyunun 151,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 250 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(151,5 x 1) / 250 = 0,606 cm bulunur.

40 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 4 Resim 57.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



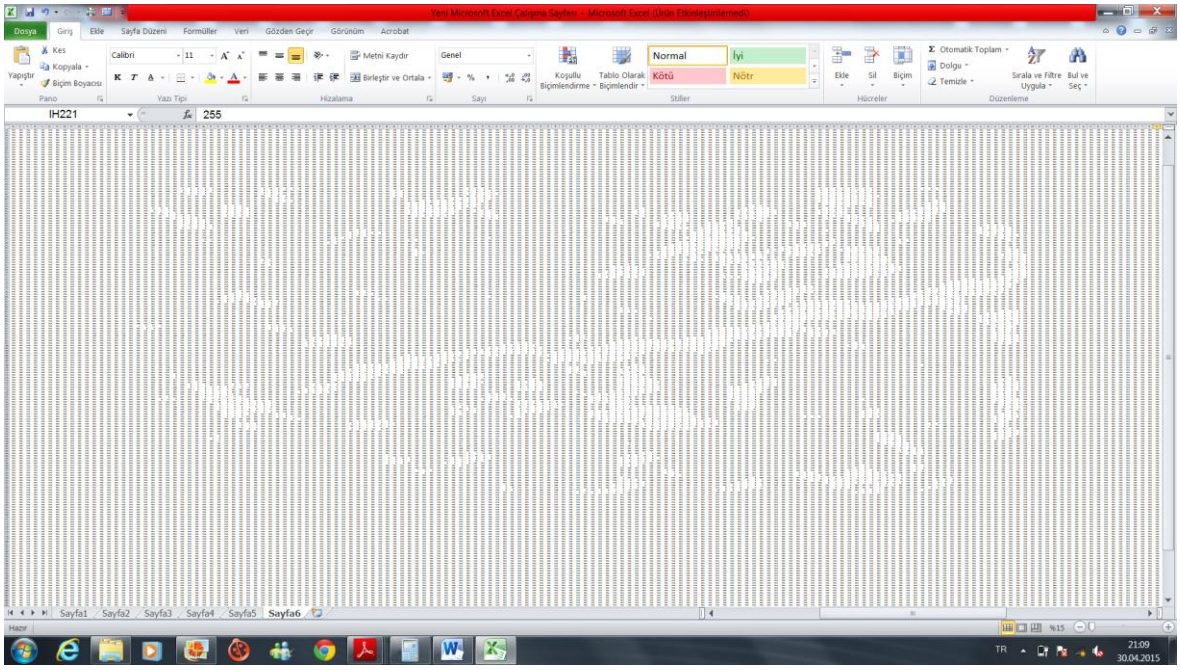

**Ek - 4 Resim 57.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 4 Resim 58.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 4 Resim 59.** Eşik değeri 53 olarak atanmış görüntü



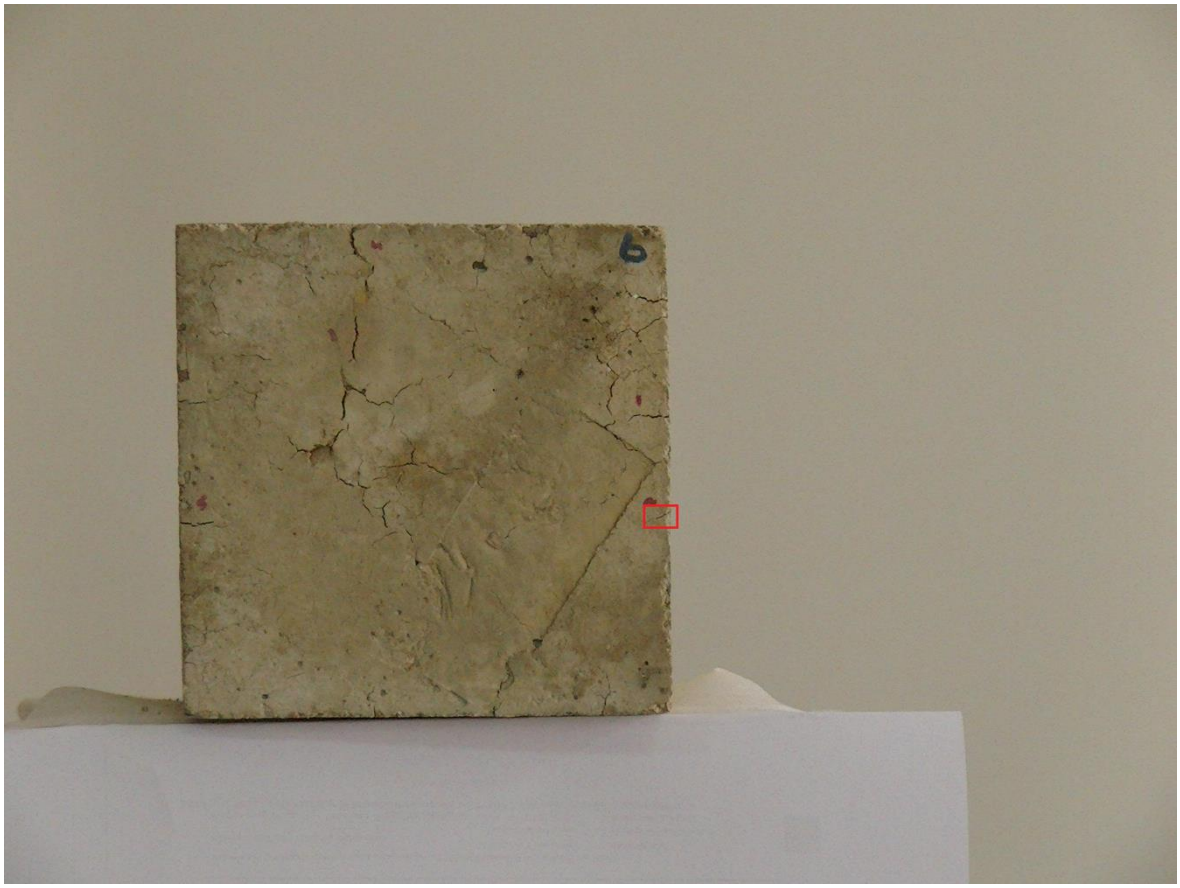
**Ek - 4 Resim 60.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 58.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 53 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 59.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 60.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 53 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 118,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 205 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

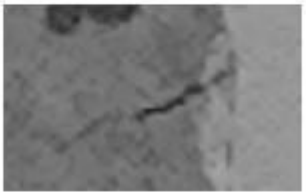
(118,5 x 1) / 205 = 0,578 cm bulunur.

**EK - 5**

1 metreden 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 1.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



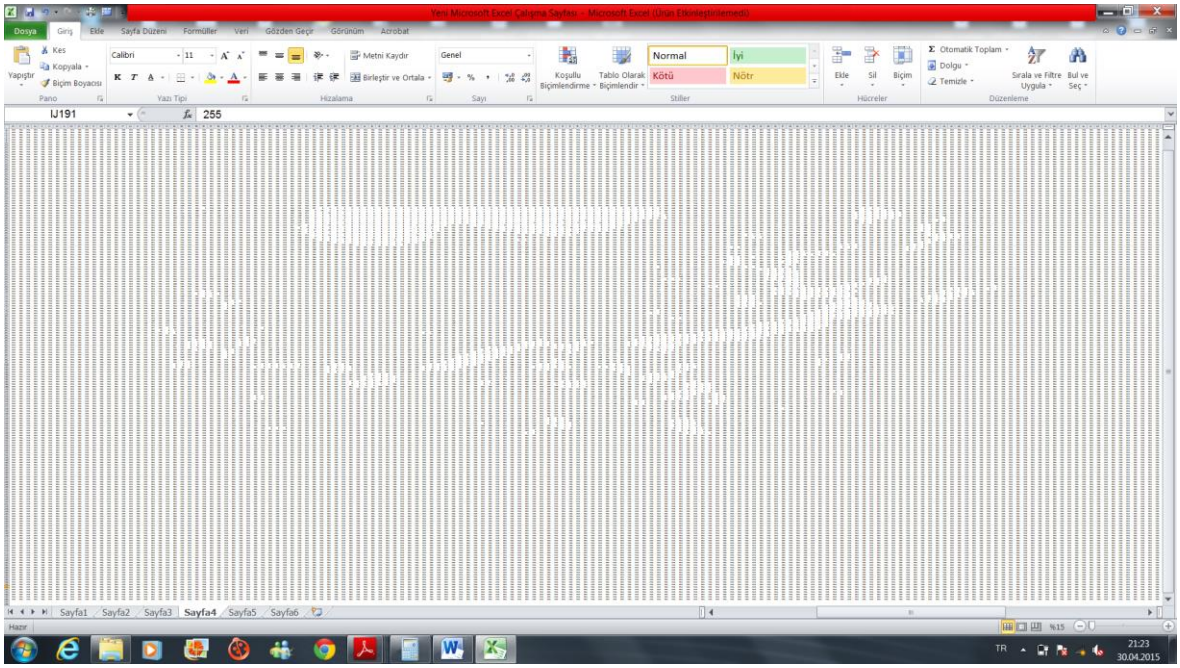

**Ek - 5 Resim 1.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 2.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 3.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü



**Ek - 5 Resim 4.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metrreden 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 2.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 3.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 4.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 59 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma

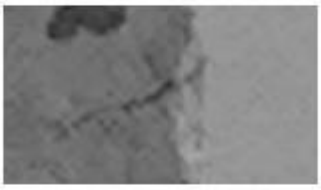
sonucunda 1 cm'lik çizginin 167 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(59 x 1) / 167 = 0,353 cm bulunur.

1 metreden 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 5.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



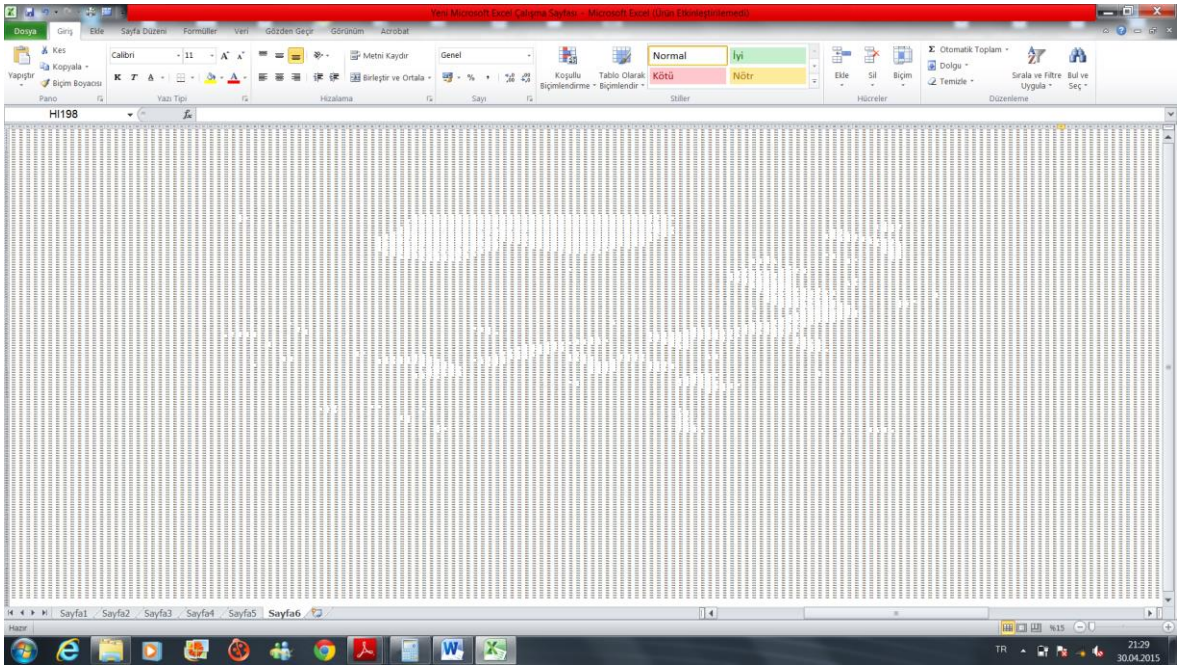
**Ek - 5 Resim 5.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 6.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 7.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü

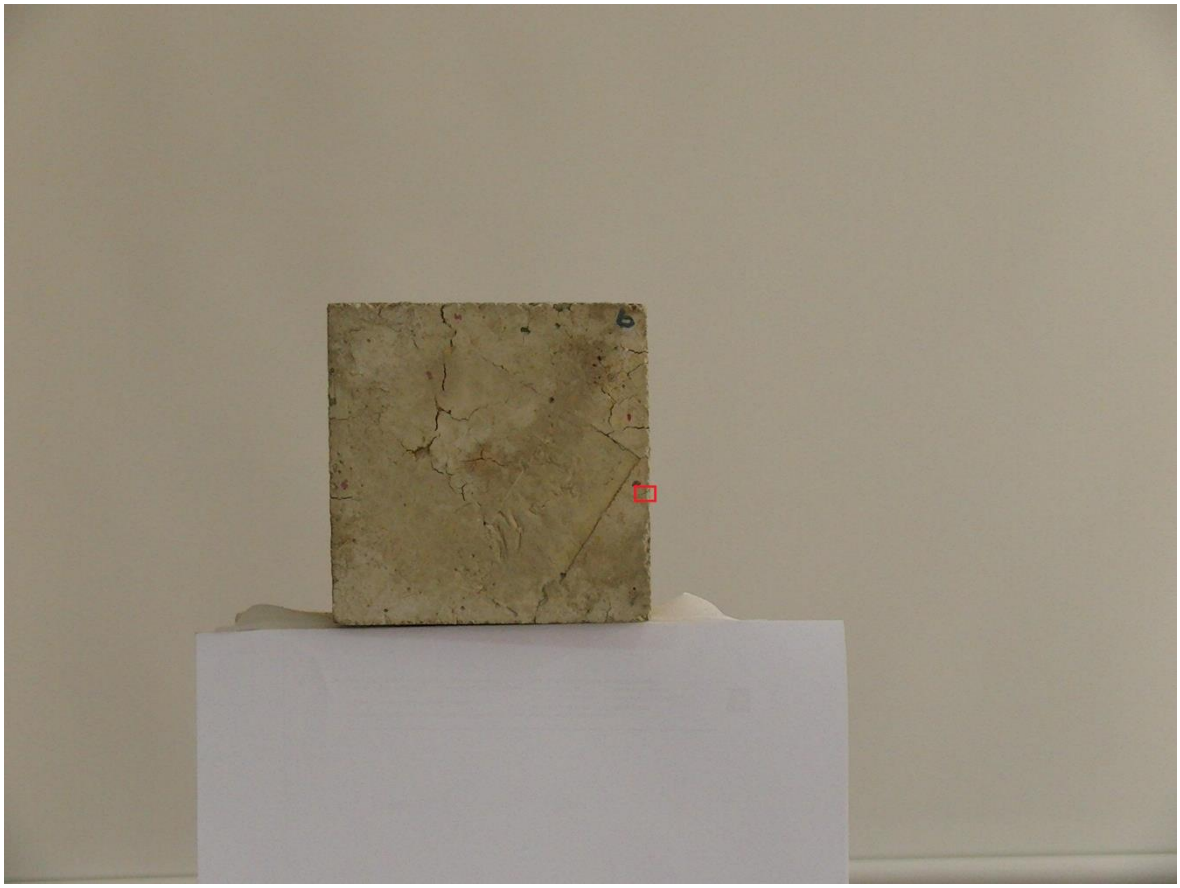


**Ek - 5 Resim 8.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

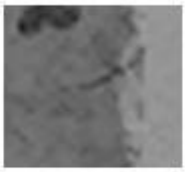
Beton numune görüntüsü 1 metreden 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 6.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 7.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 8.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 54 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(54 x 1) / 131 = 0,412 cm bulunur.

1 metreden 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 9.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



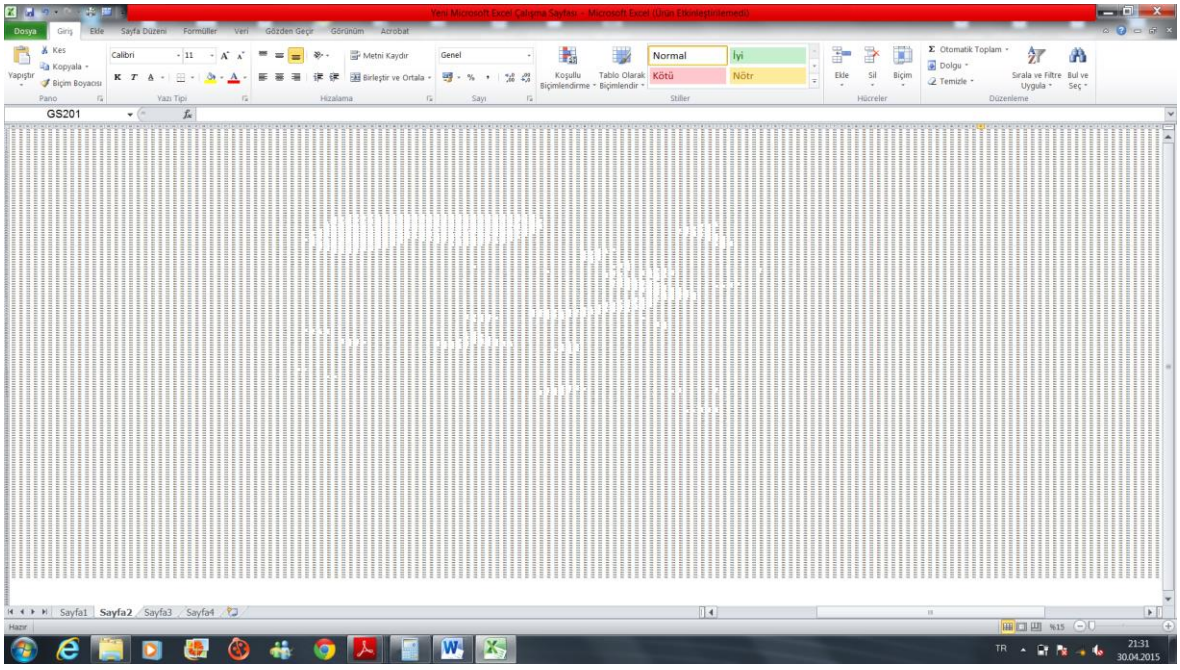
**Ek - 5 Resim 9.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 10.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 11.** Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü



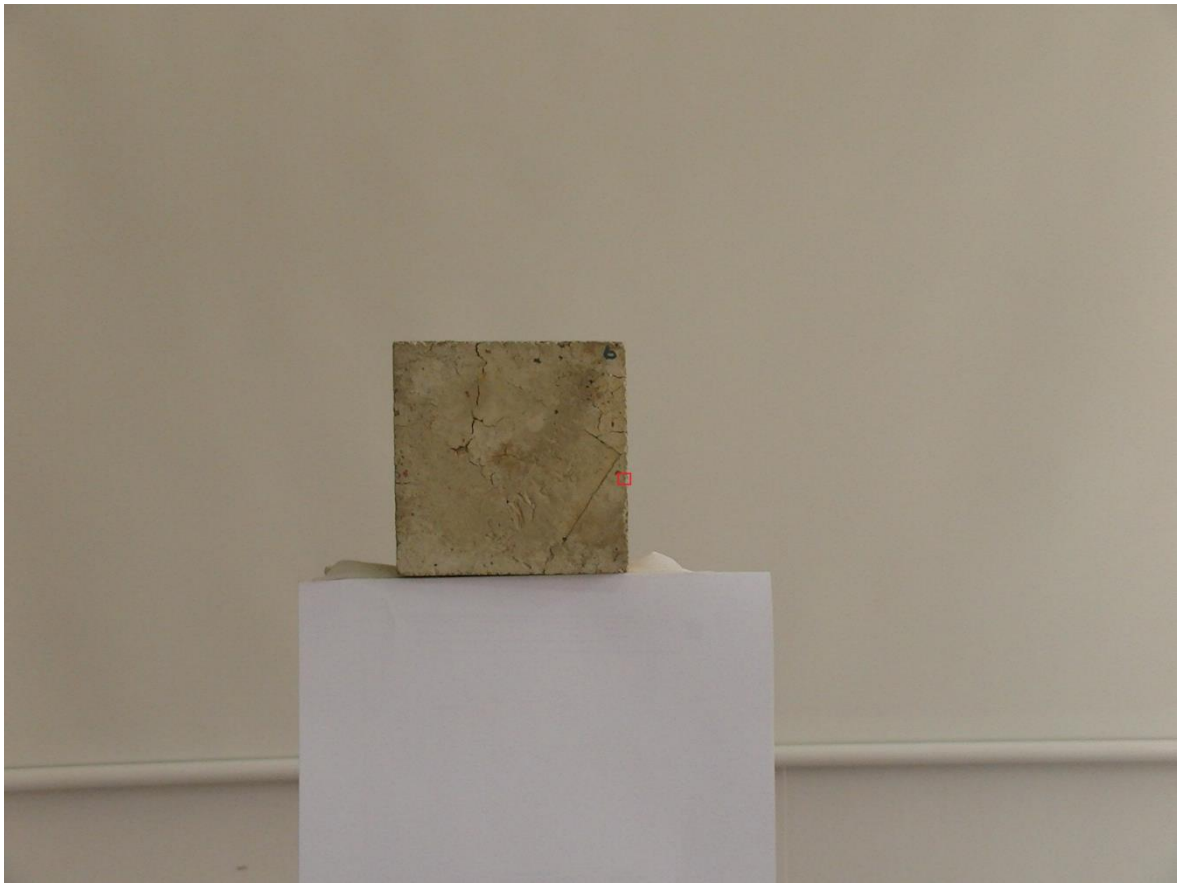
**Ek - 5 Resim 12.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 10.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 95 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 11.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 12.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 95 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 39 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma

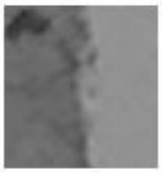
sonucunda 1 cm'lik çizginin 105 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(39 x 1) / 105 = 0,371 cm bulunur.

1 metreden 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 13.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



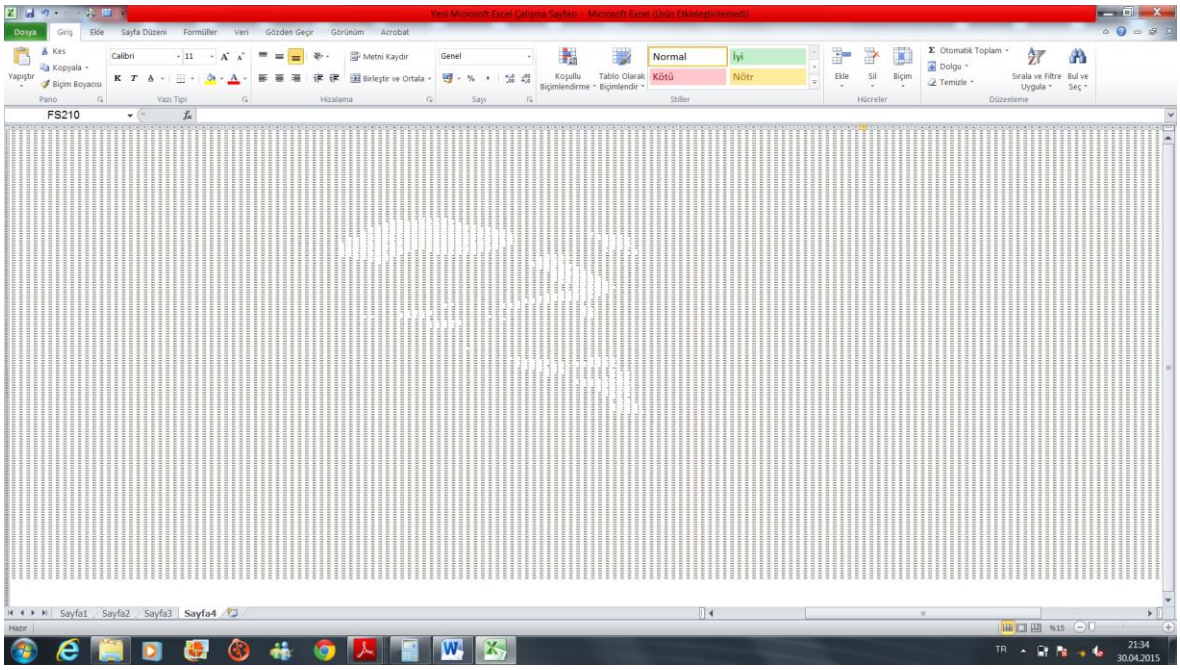
**Ek - 5 Resim 13.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 14.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 15.** Eşik değeri 97 olarak atanmış görüntü

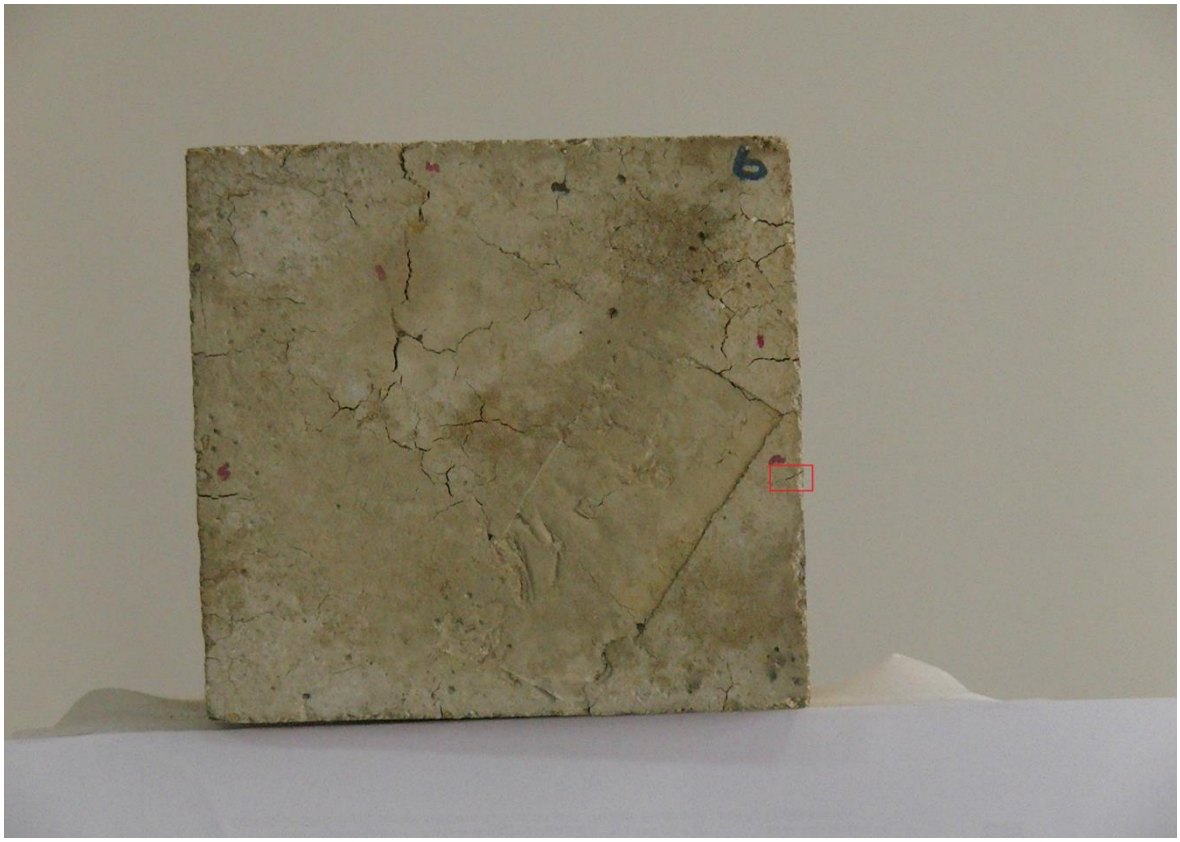



**Ek - 5 Resim 16.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

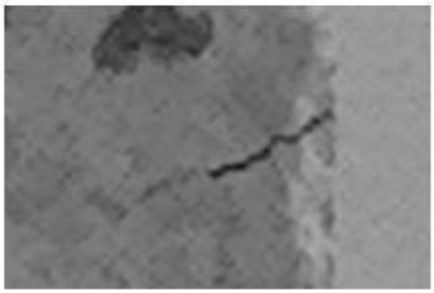
Beton numune görüntüsü 1 metreden 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 14.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 97 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 15.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 16.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 97 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 24 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 78 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(24 x 1) / 78 = 0,307 cm bulunur.

80 cm'den 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 17.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



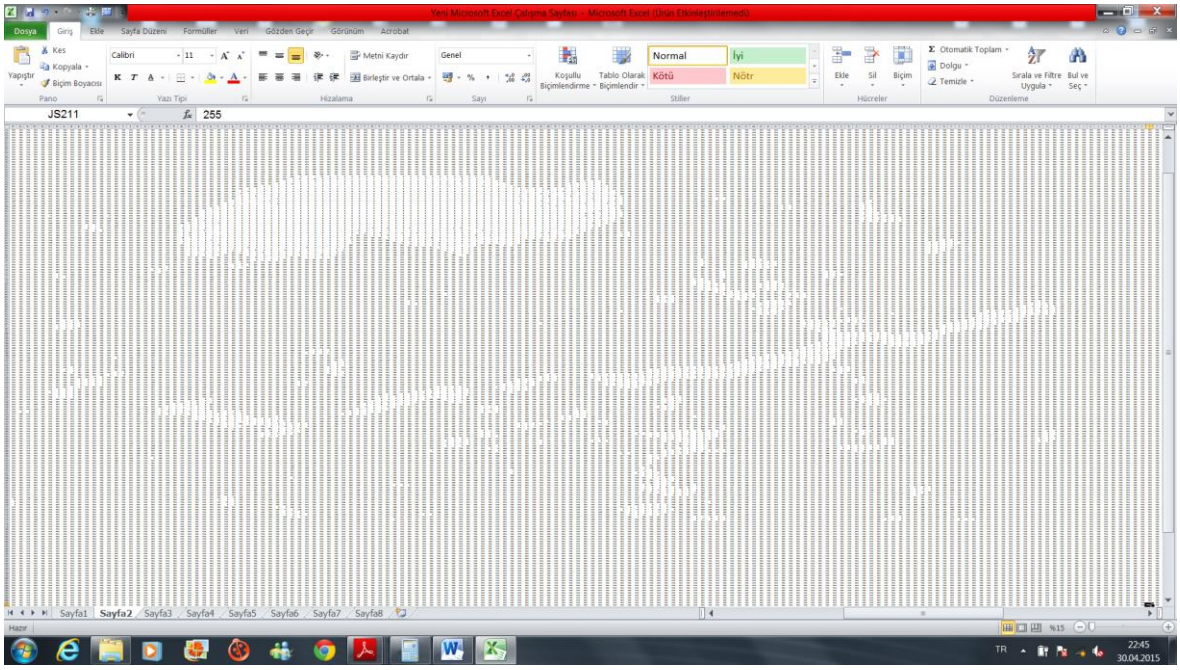

**Ek - 5 Resim 17.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 18.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 19.** Eşik değeri 102 olarak atanmış görüntü

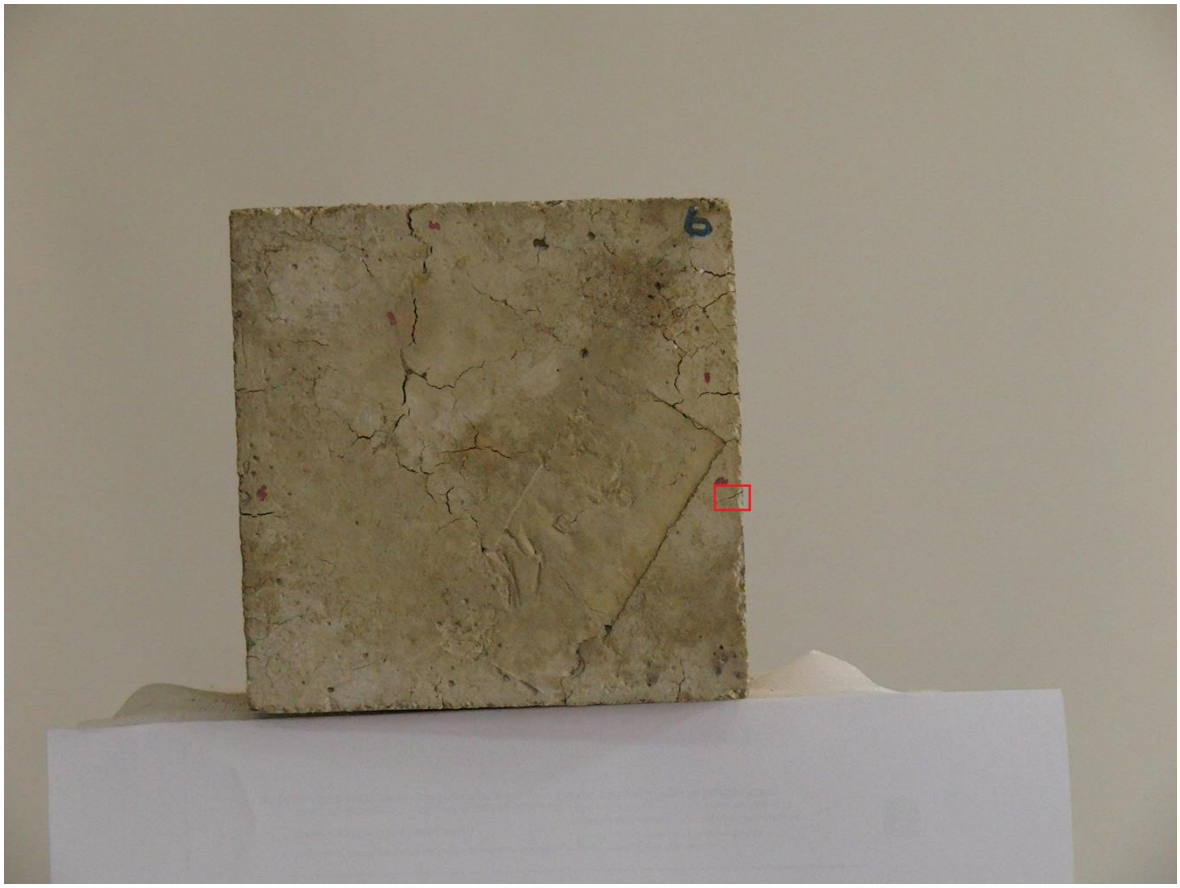


**Ek - 5 Resim 20.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

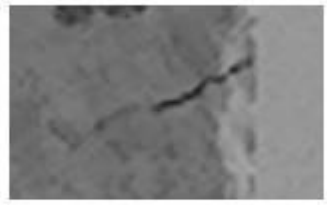
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 18.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 102 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 19.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 20.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 102 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 73,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 207 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(73,5 x 1) / 207 = 0,355 cm bulunur.

80 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 21.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



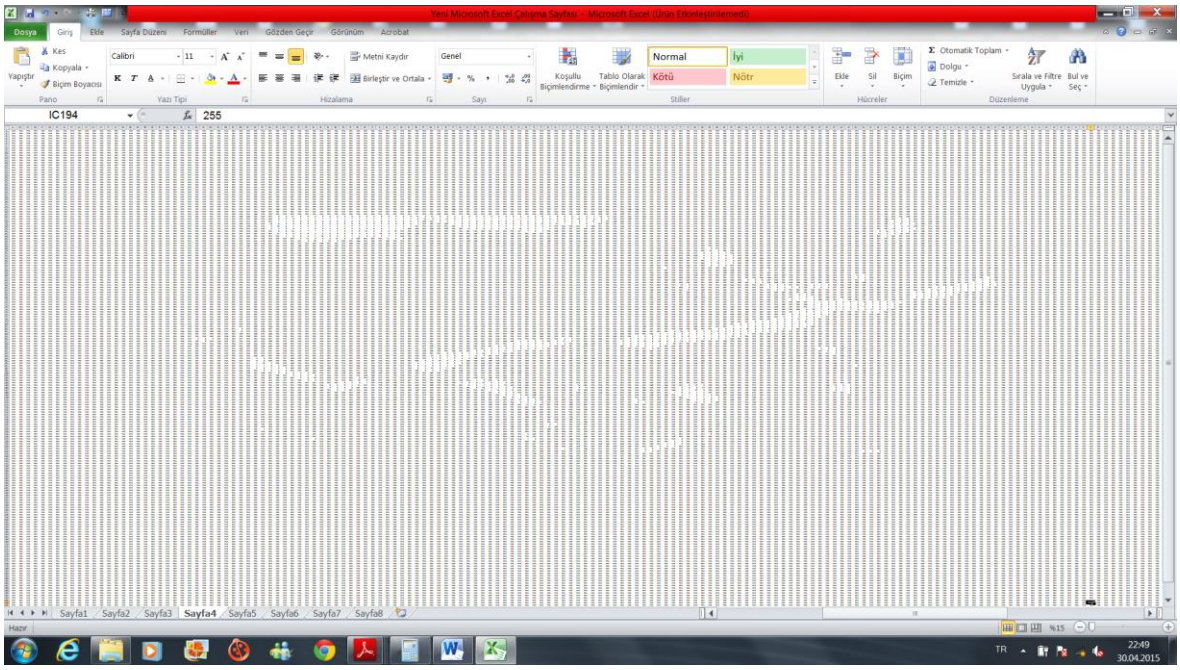

**Ek - 5 Resim 21.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 22.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 23.** Eşik değeri 97 olarak atanmış görüntü



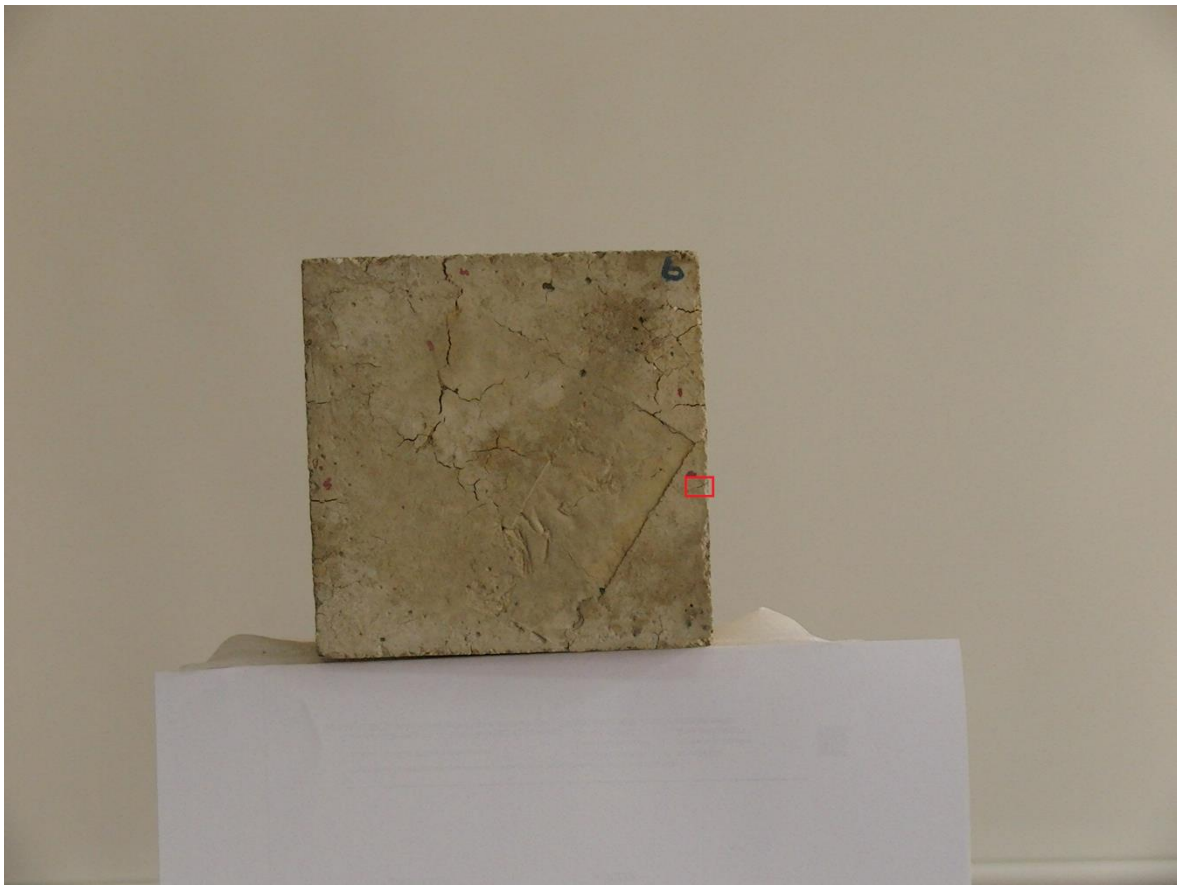

**Ek - 5 Resim 24.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 22.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 97 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 23.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 24.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 97 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 61,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan

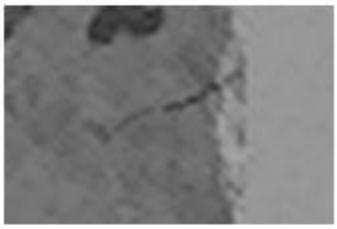
çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 171 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(61,5 x 1) / 171 = 0,359 cm bulunur.

80 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 25.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



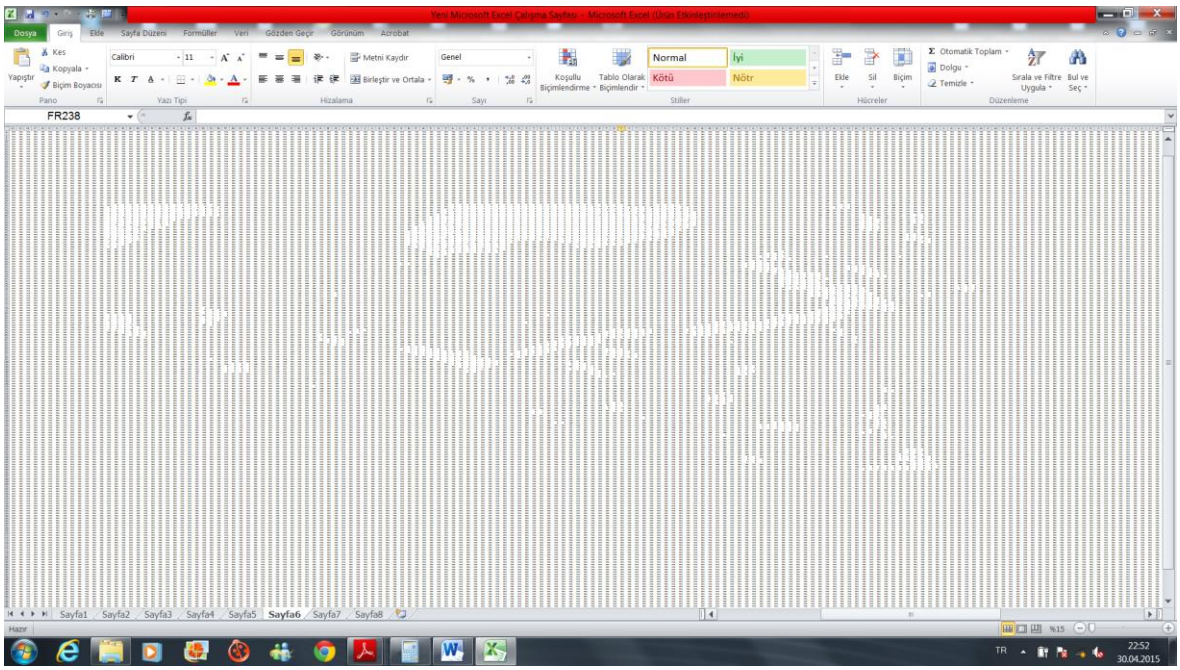

**Ek - 5 Resim 25.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 26.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 27.** Eşik değeri 97 olarak atanmış görüntü

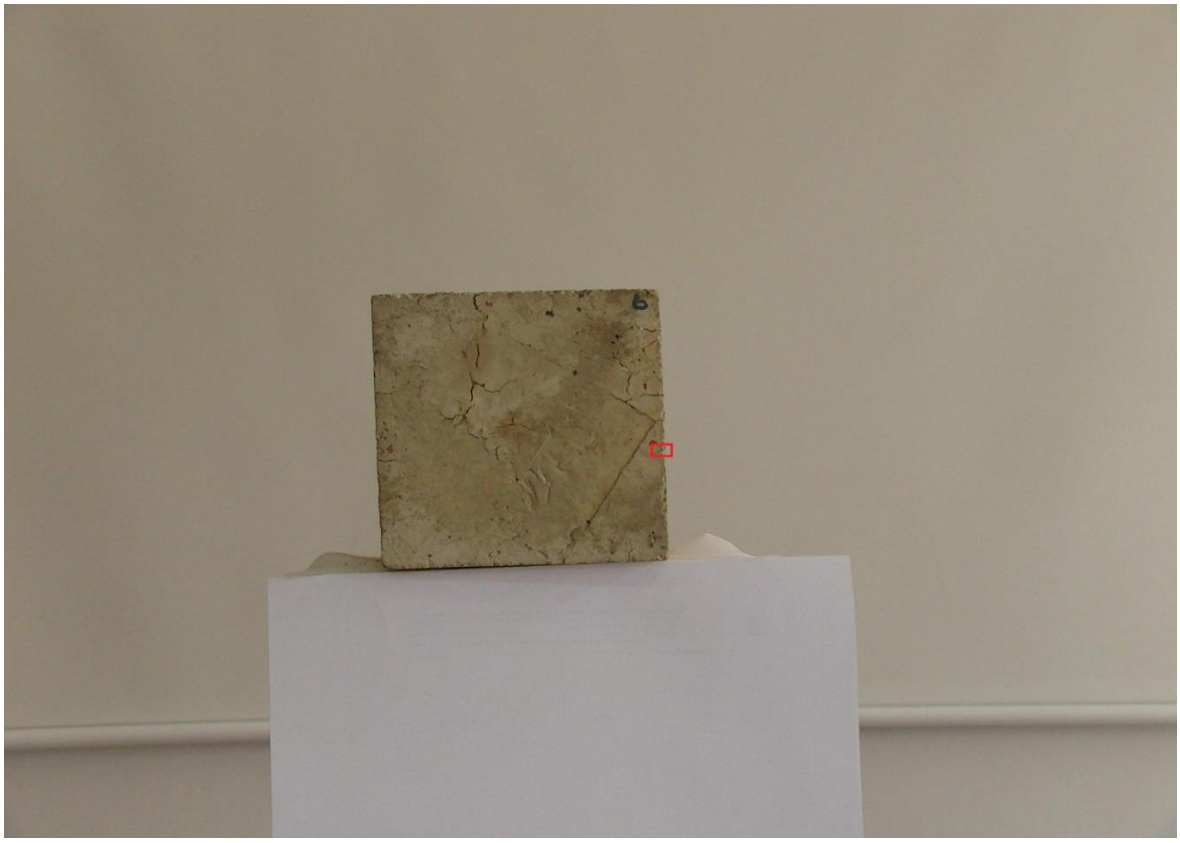



**Ek - 5 Resim 28.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 80 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 26.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 97 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 27.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 28.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 97 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 43,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(43,5 x 1) / 131 = 0,332 cm bulunur.

80 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 29.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



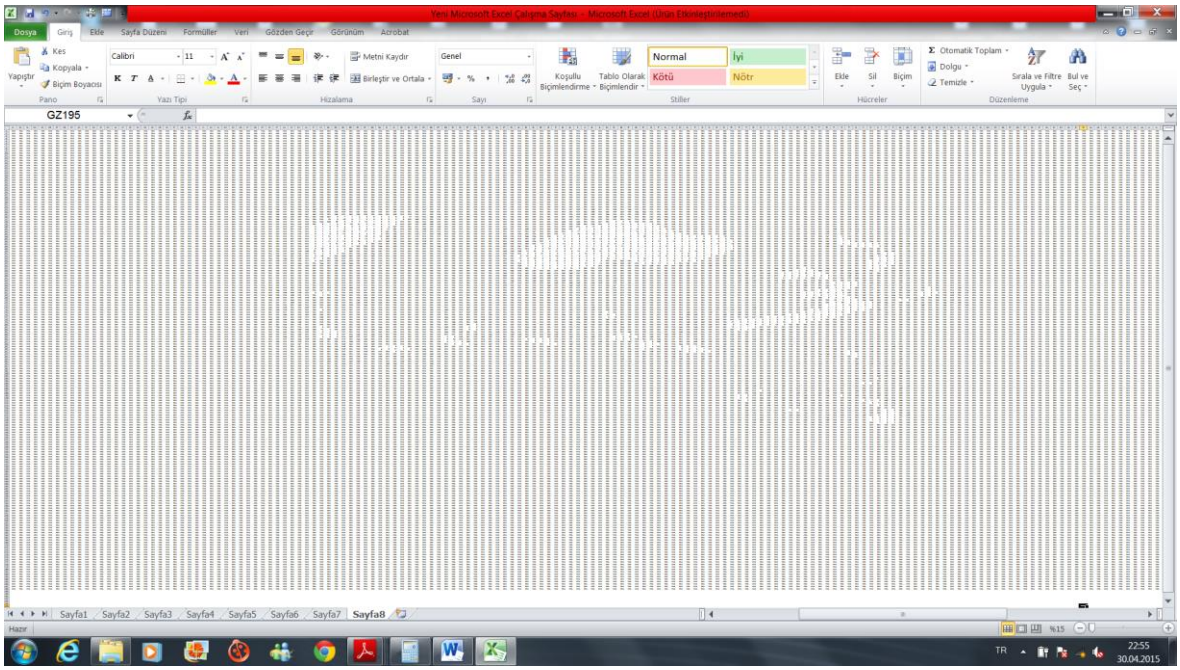
**Ek - 5 Resim 29.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 30.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 31.** Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü

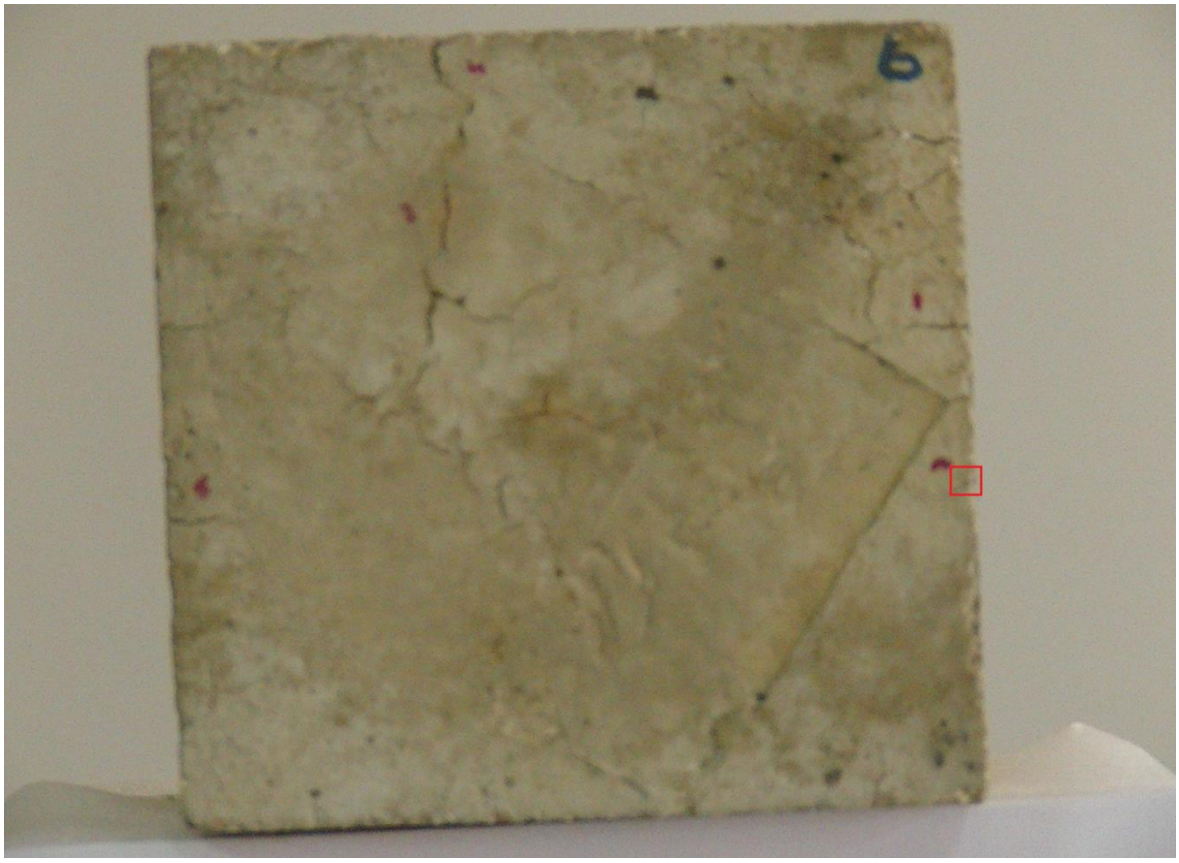



**Ek - 5 Resim 32.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

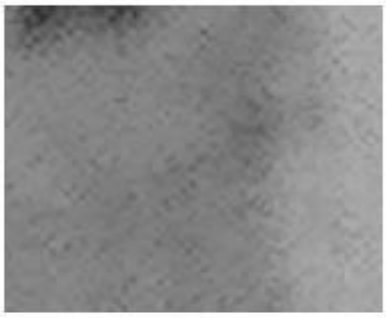
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 30.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 95 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 31.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 32.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 95 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 32 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 97 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(32 x 1) / 97 = 0,329 cm bulunur.

60 cm'den 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 33.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



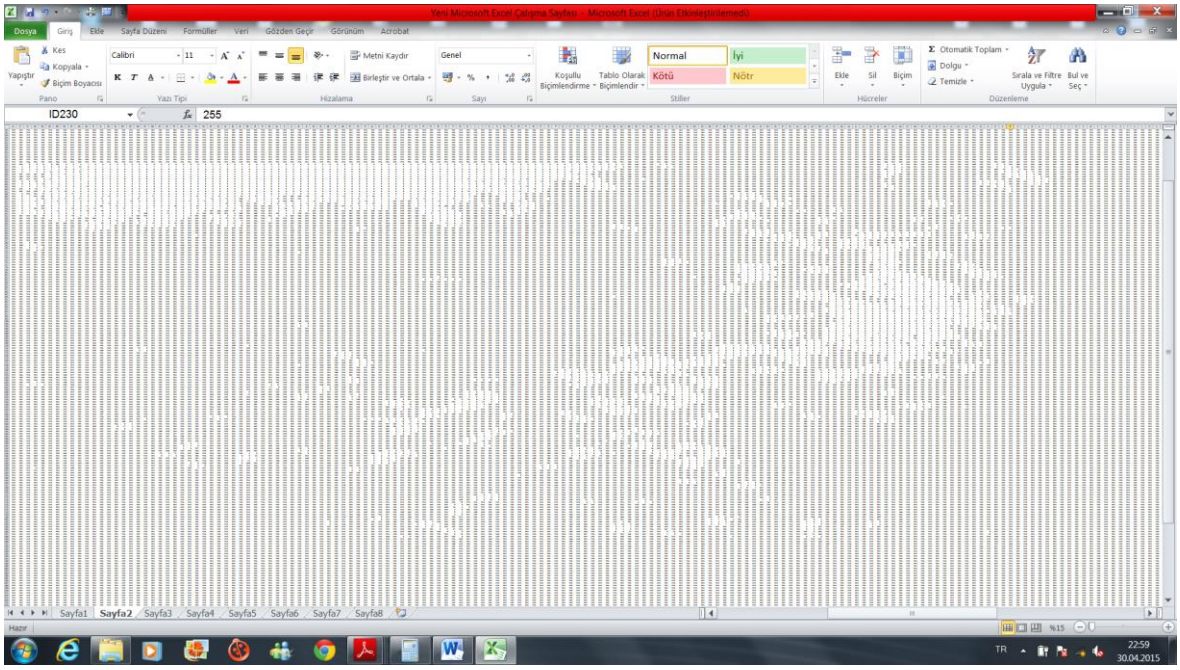

**Ek - 5 Resim 33.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 34.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 35.** Eşik değeri 120 olarak atanmış görüntü

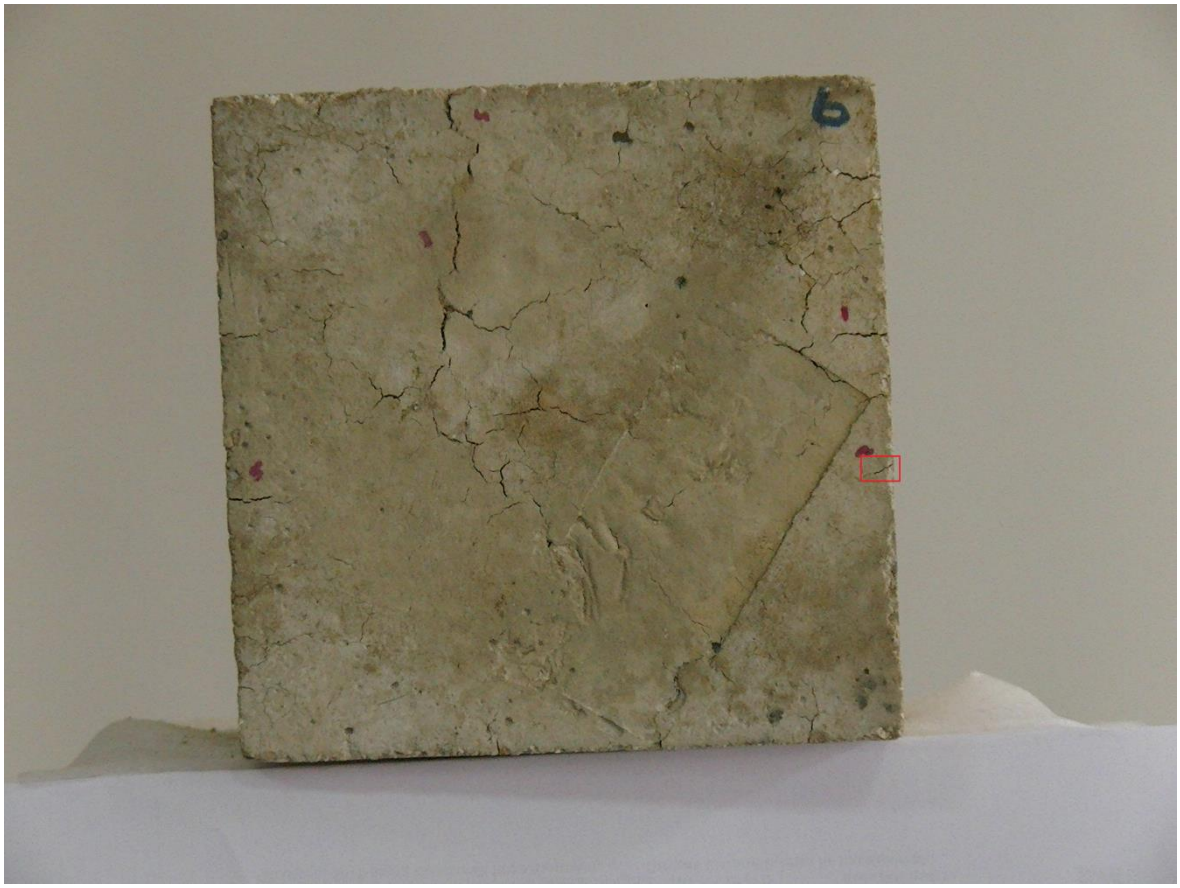


**Ek - 5 Resim 36.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

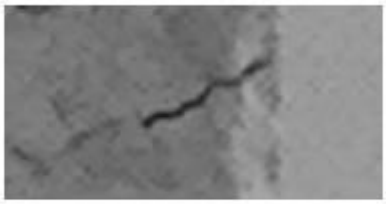
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 34.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 120 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 35.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 36.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 120 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 78,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 276 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(78,5 x 1) / 276 = 0,329 cm bulunur.

60 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 37.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



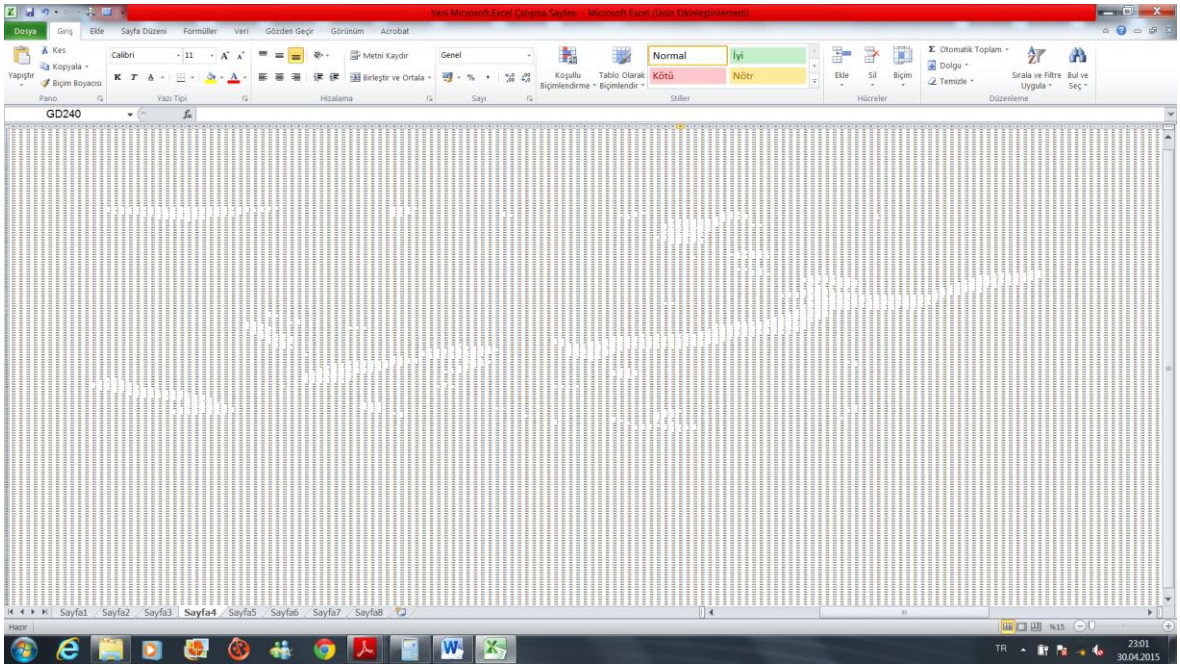

**Ek - 5 Resim 37.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 38.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 39.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü



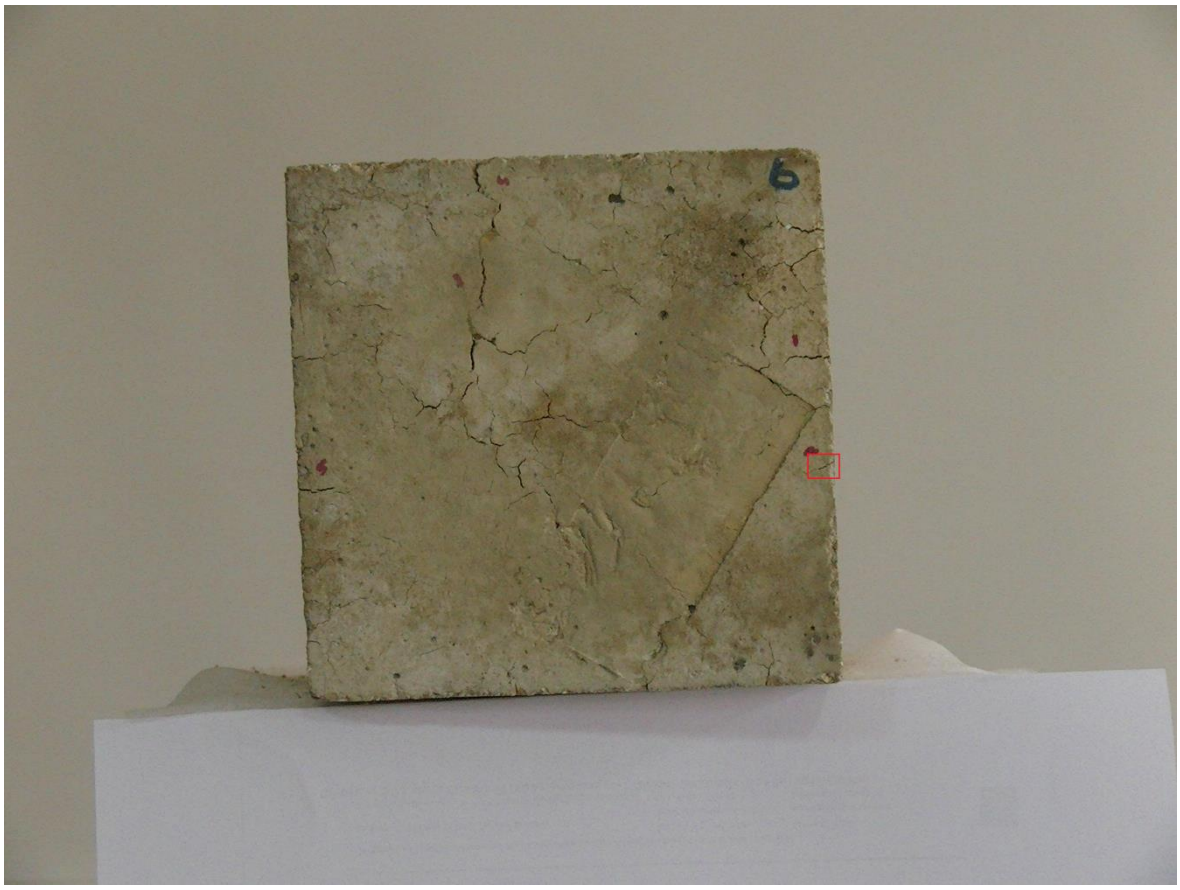
**Ek - 5 Resim 40.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 60 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 38.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 39.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 40.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 76 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de

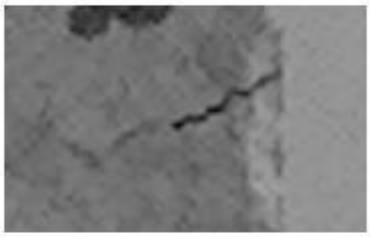
yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 230 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(76 x 1) / 230 = 0,330 cm bulunur.

60 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 41.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



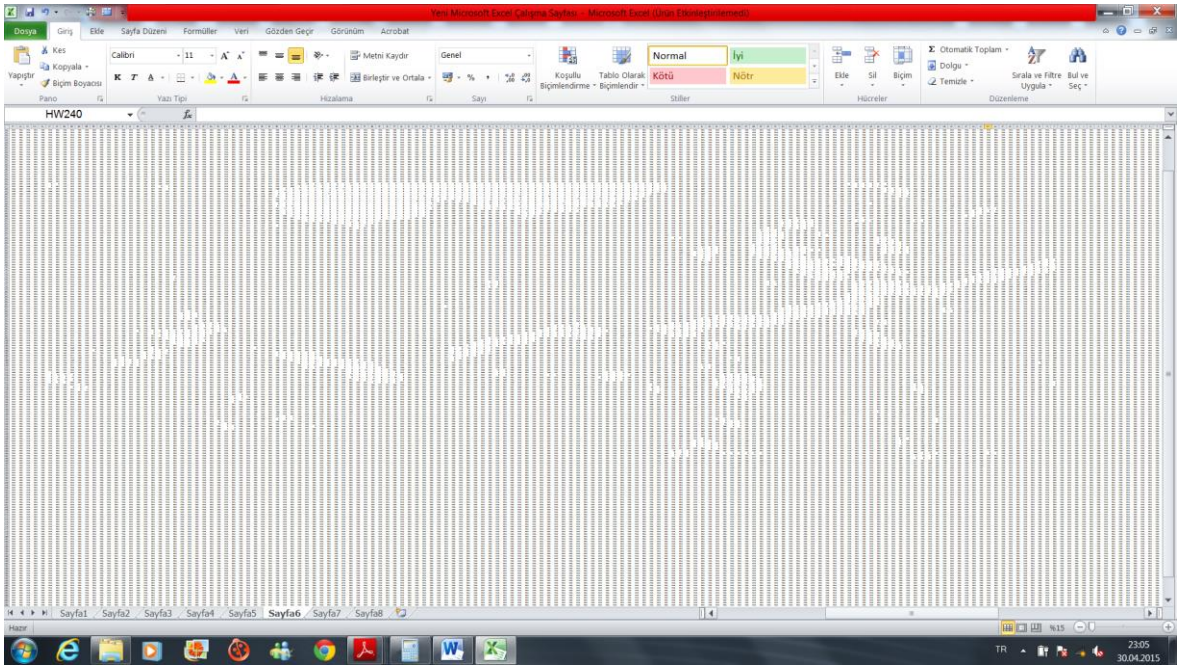

**Ek - 5 Resim 41.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 42.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 43.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü

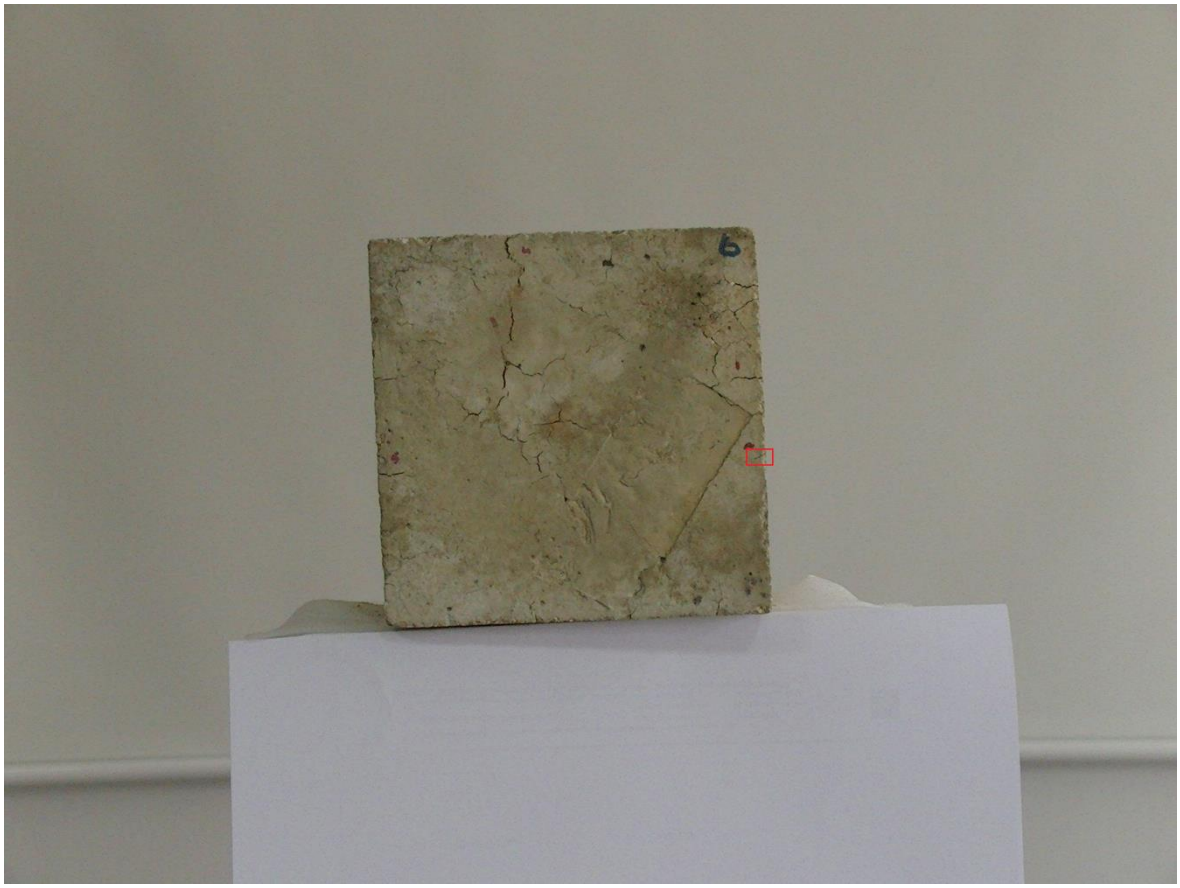


**Ek - 5 Resim 44.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

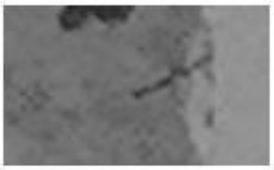
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 42.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 43.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 44.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 66,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 118 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(66,5 x 1) / 118 = 0,353 cm bulunur.

60 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 45.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



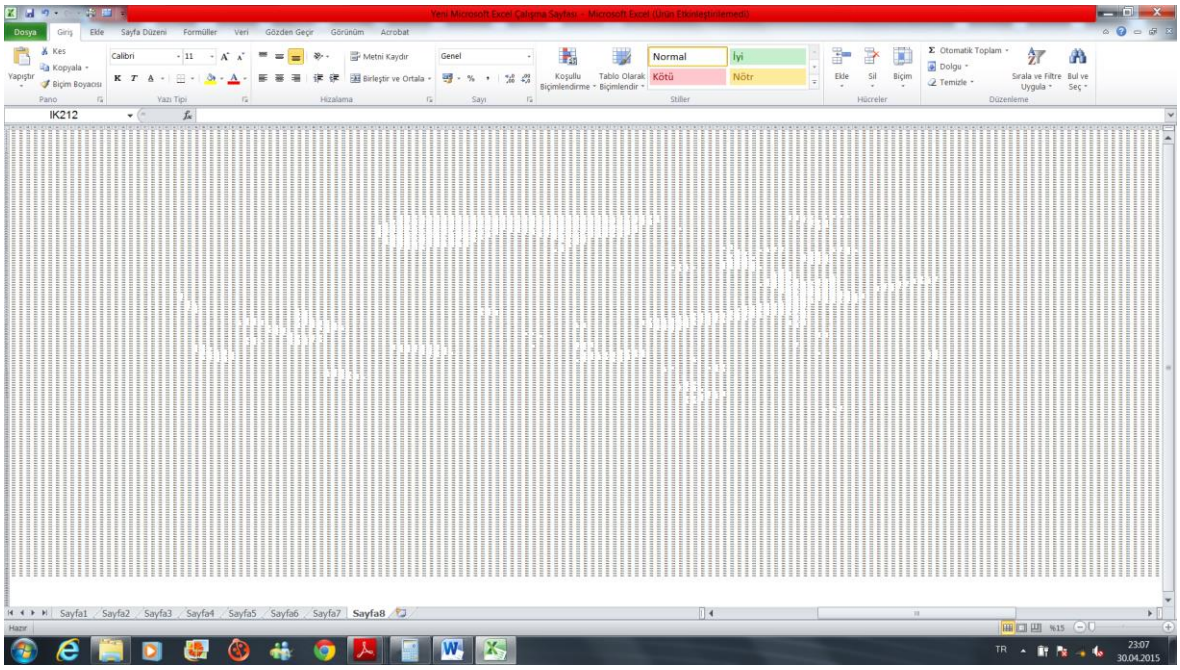
**Ek - 5 Resim 45.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 46.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 47.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü



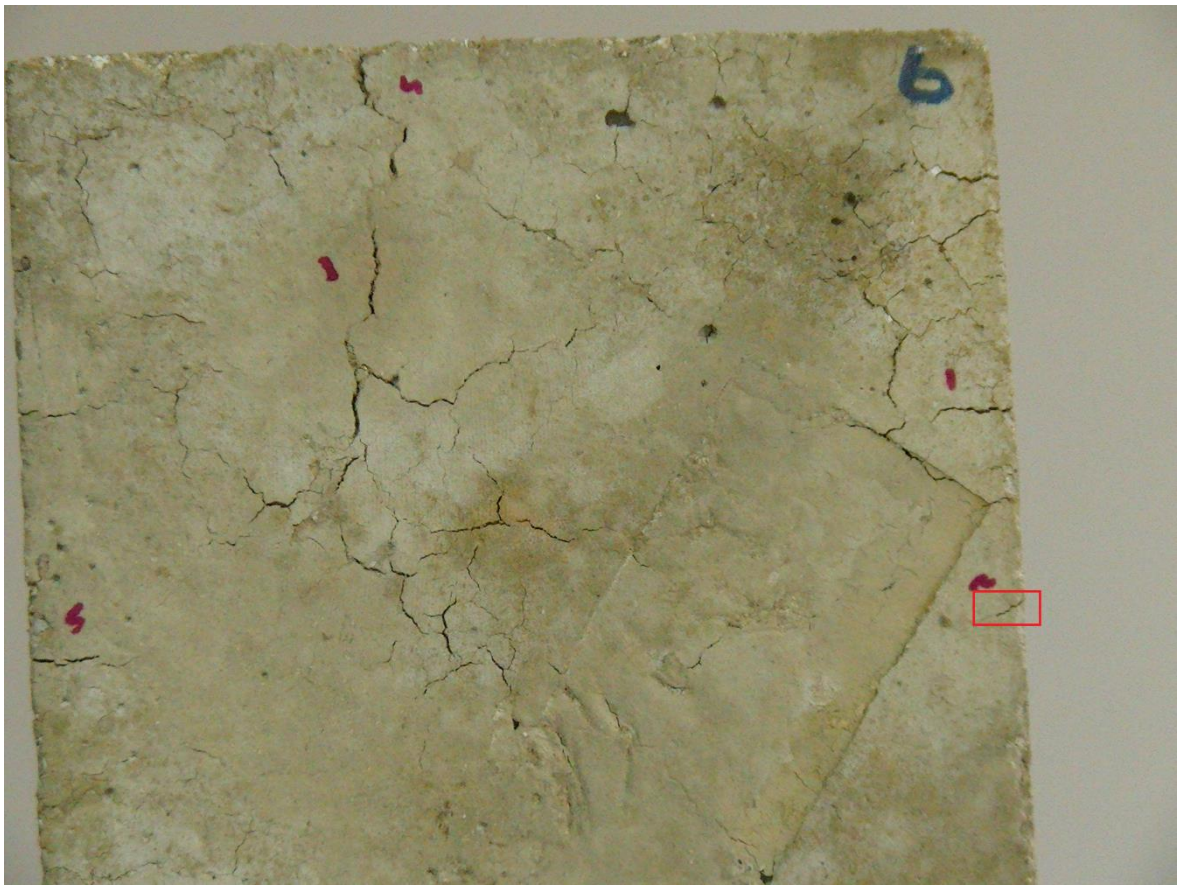
**Ek - 5 Resim 48.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 60 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 46.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 47.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 48.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 47,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de

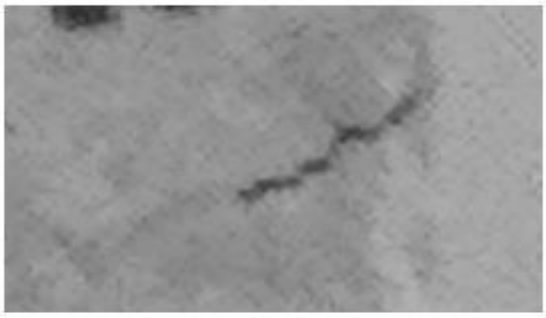
yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 134 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(47,5 x 1) / 134 = 0,354 cm bulunur.

40 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 49.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



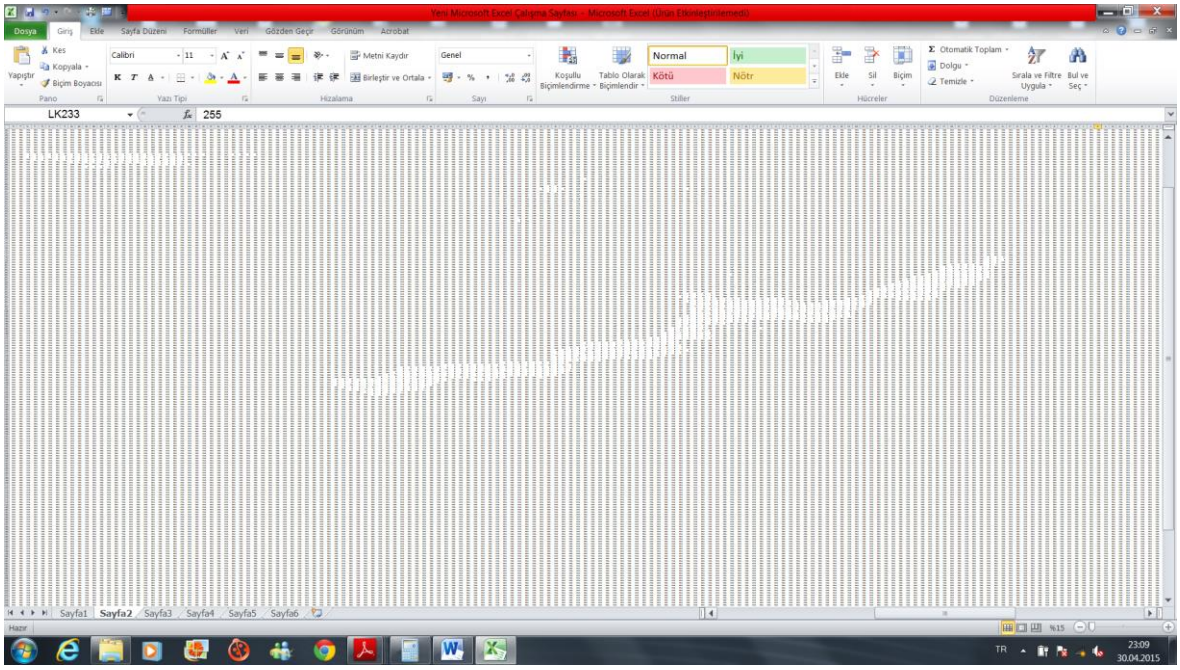
**Ek - 5 Resim 49.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 50.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 51.** Eşik değeri 120 olarak atanmış görüntü

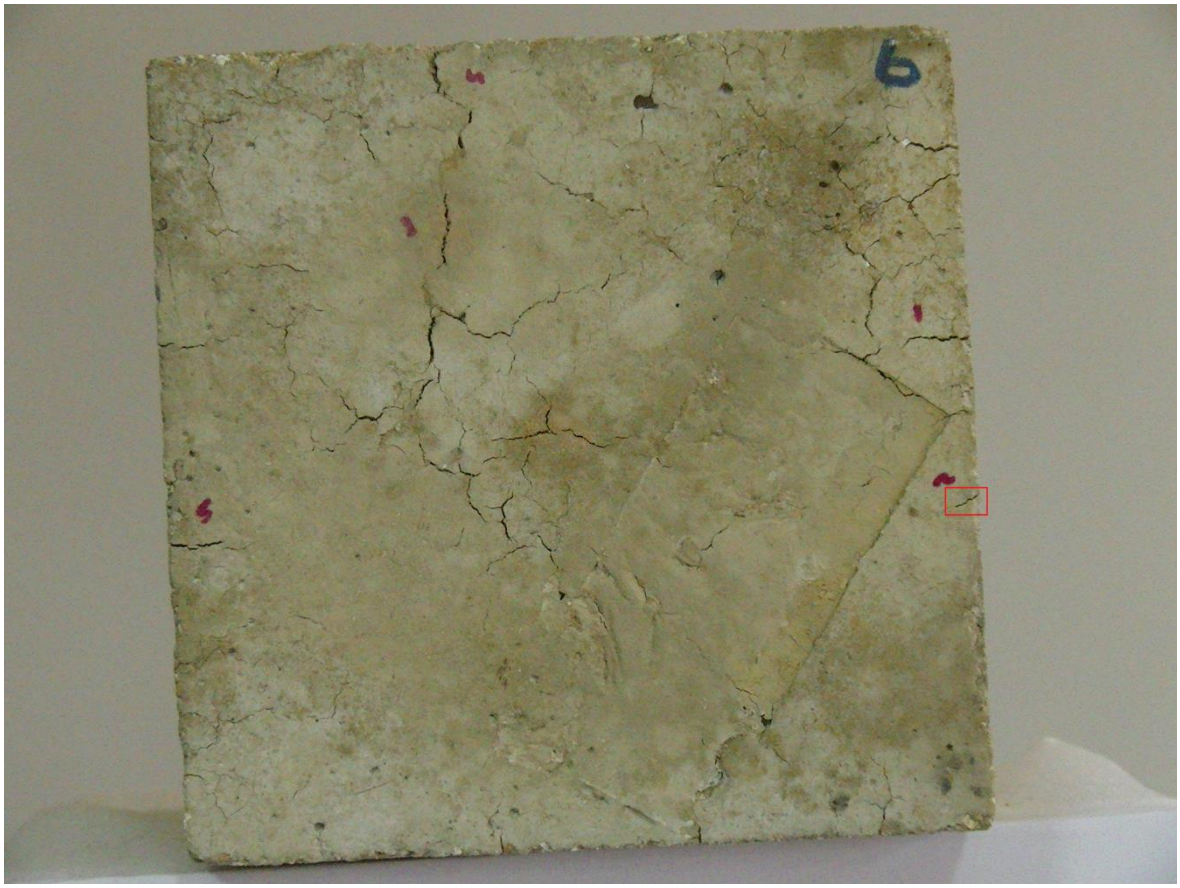


**Ek - 5 Resim 52.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 50.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 120 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 51.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 52.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 120 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 110 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 348 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(110 x 1) / 348 = 0,316 cm bulunur.

40 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 53.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



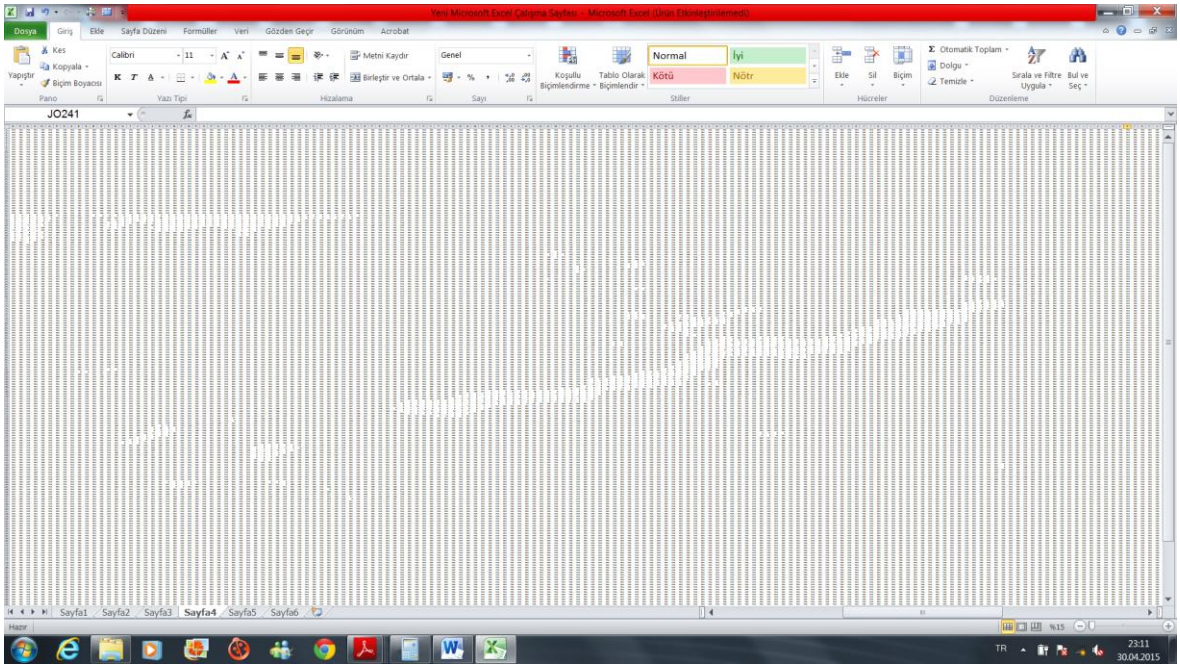
**Ek - 5 Resim 53.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 54.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 55.** Eşik değeri 115 olarak atanmış görüntü



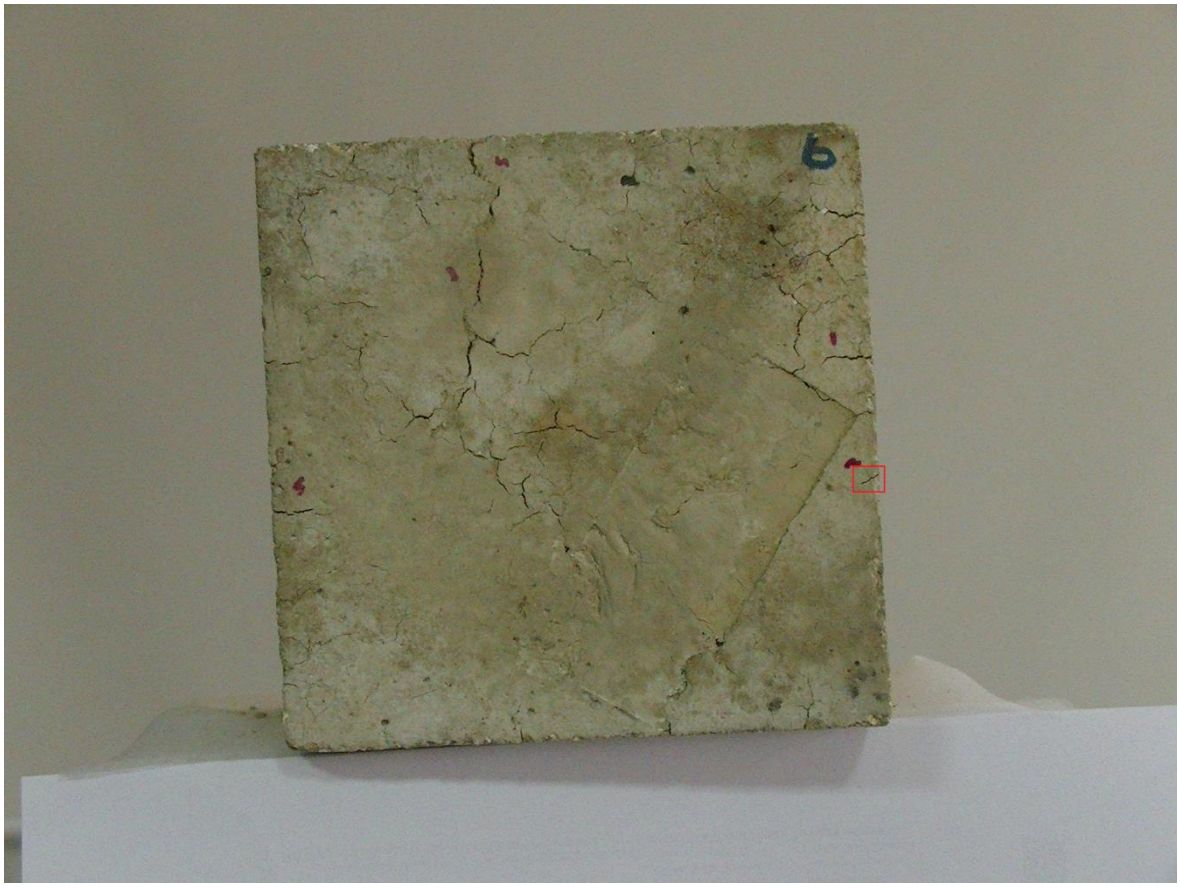
**Ek - 5 Resim 56.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 54.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 115 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 55.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 56.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 115 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 97,3 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan

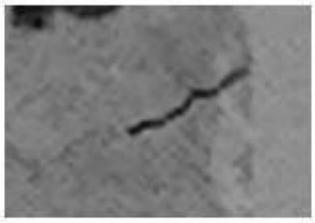
çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 250 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(97,3 x 1) / 250 = 0,389 cm bulunur.

40 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 5 Resim 57.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



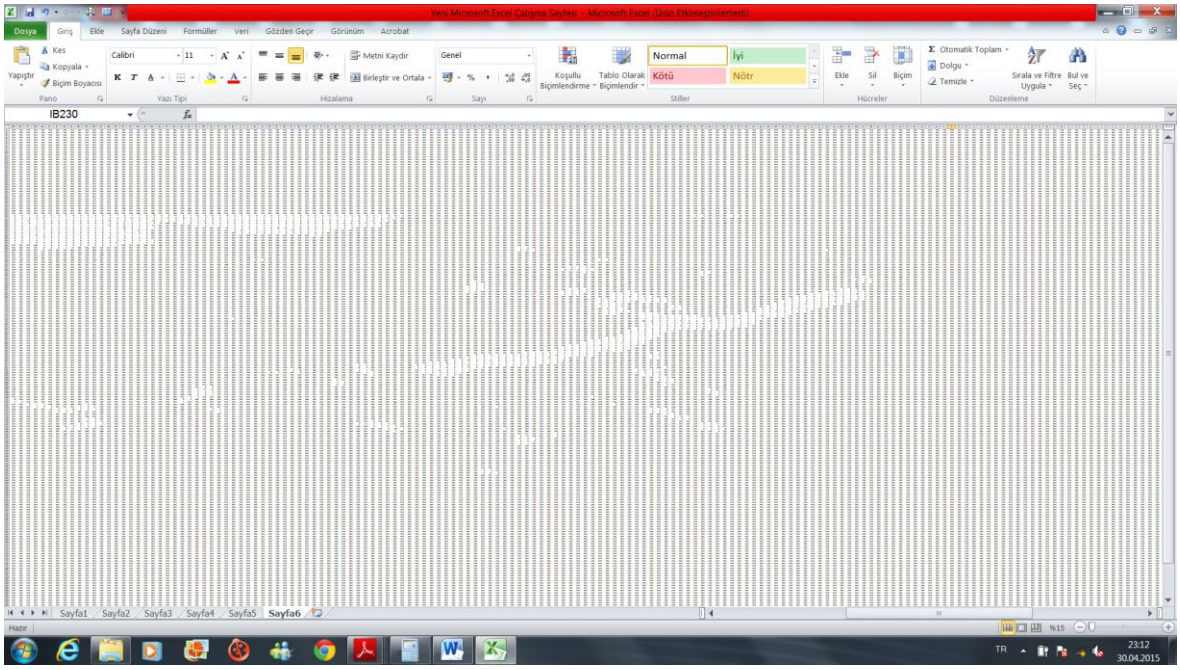

**Ek - 5 Resim 57.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 5 Resim 58.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 5 Resim 59.** Eşik değeri 102 olarak atanmış görüntü



**Ek - 5 Resim 60.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

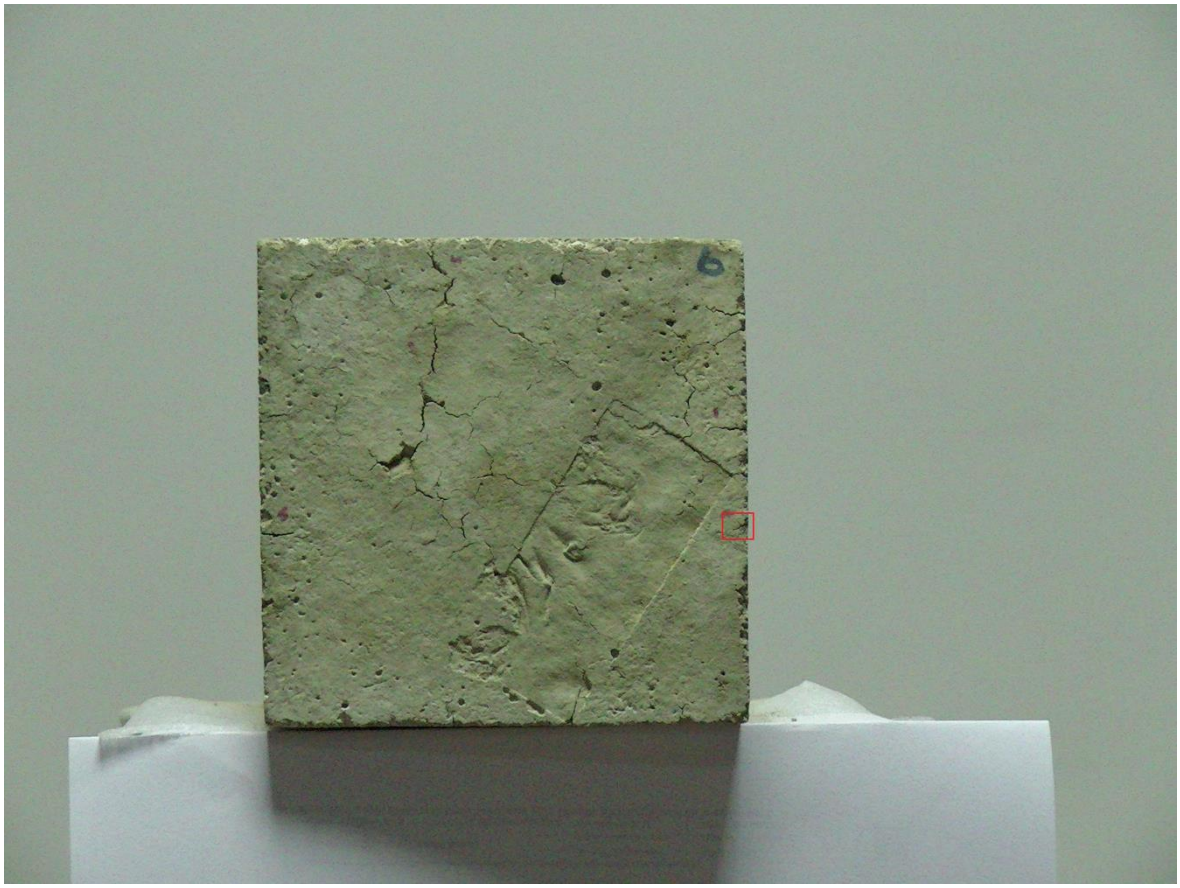
Beton numune görüntüsü 40 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 58.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 102 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 59.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 60.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 102 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 73,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 205 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(73,5 x 1) / 205 = 0,358 cm bulunur.

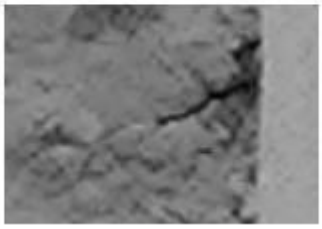
.

**EK - 6**

1 metreden 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 1.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



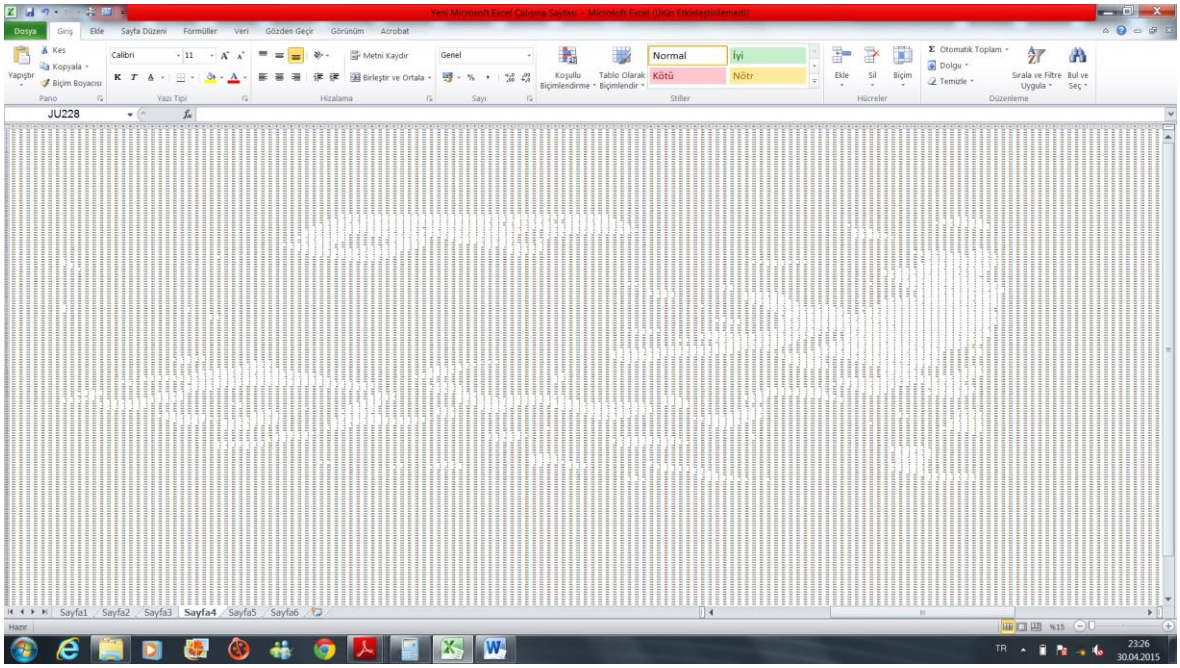

**Ek - 6 Resim 1.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 2.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 3.** Eşik değeri 100 olarak atanmış görüntü



**Ek - 6 Resim 4.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 2.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 100 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 3.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 4.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 100 alınarak yapılan ölçüm

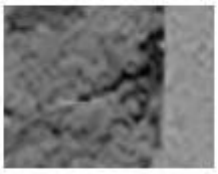
sonucunda çatlak boyunun 61,4 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 167 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(61,4 x 1) / 167 = 0,367 cm bulunur.

1 metreden 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 5.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



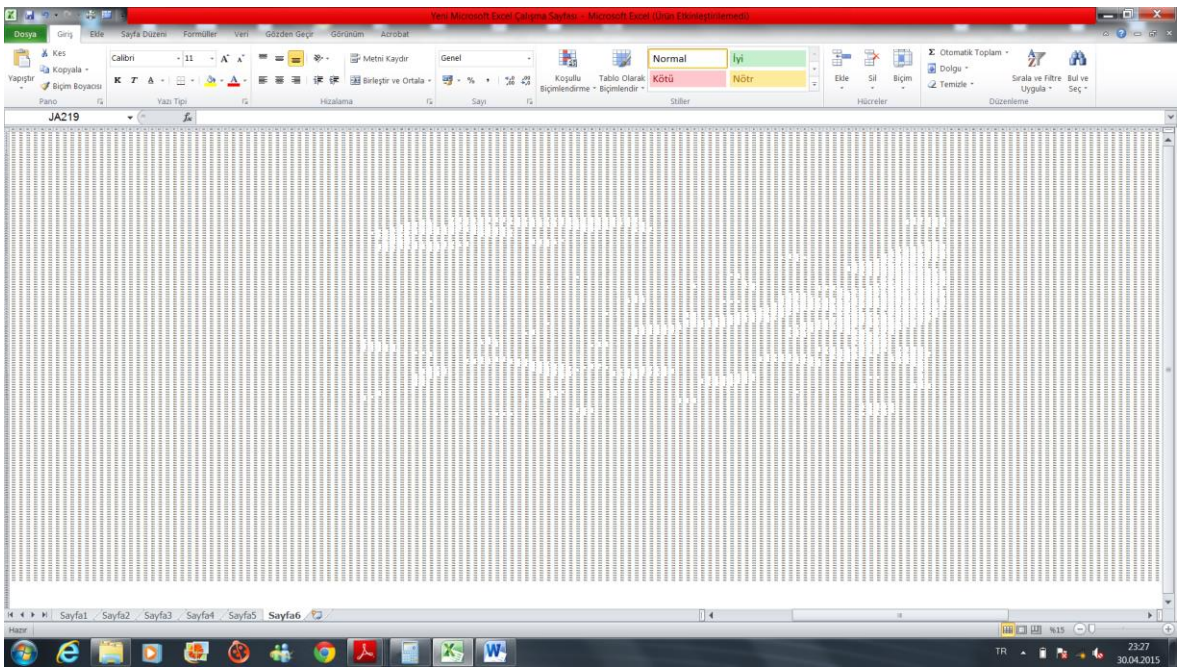
**Ek - 6 Resim 5.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 6.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 7.** Eşik değeri 83 olarak atanmış görüntü




**Ek - 6 Resim 8.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

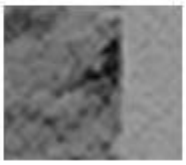
Beton numune görüntüsü 1 metreden 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 6.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 83 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 7.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 8.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 83 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 50,7 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(50,7 x 1) / 131 = 0,387 cm bulunur.

1 metreden 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 9.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



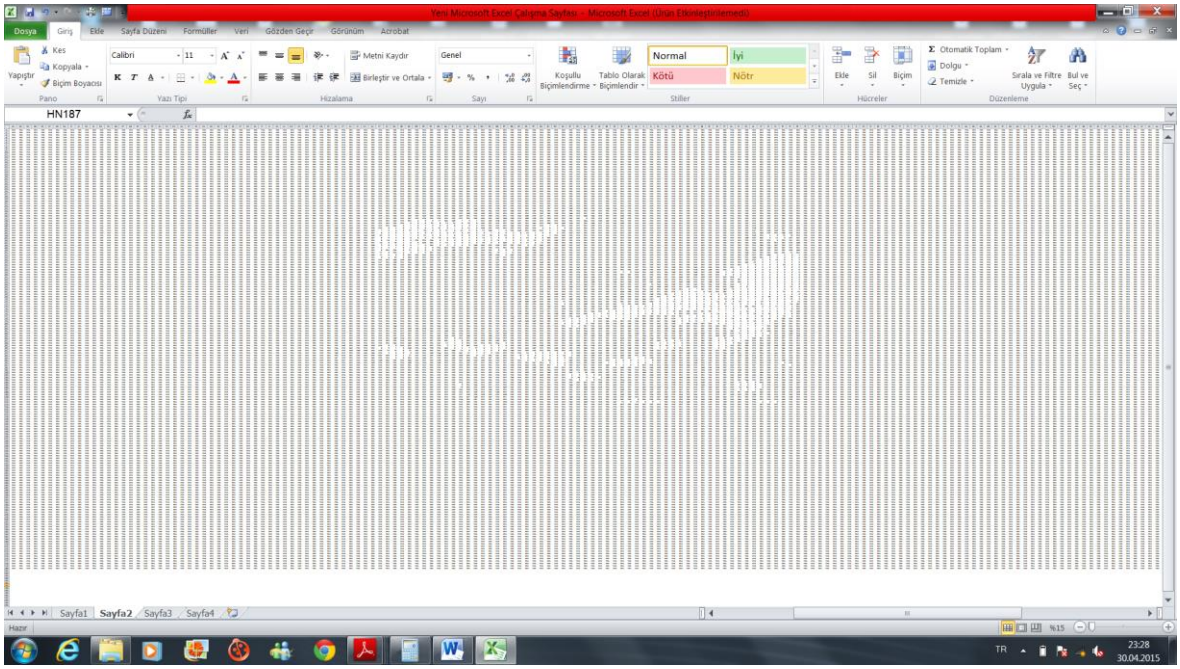
**Ek - 6 Resim 9.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 10.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 11.** Eşik değeri 85 olarak atanmış görüntü

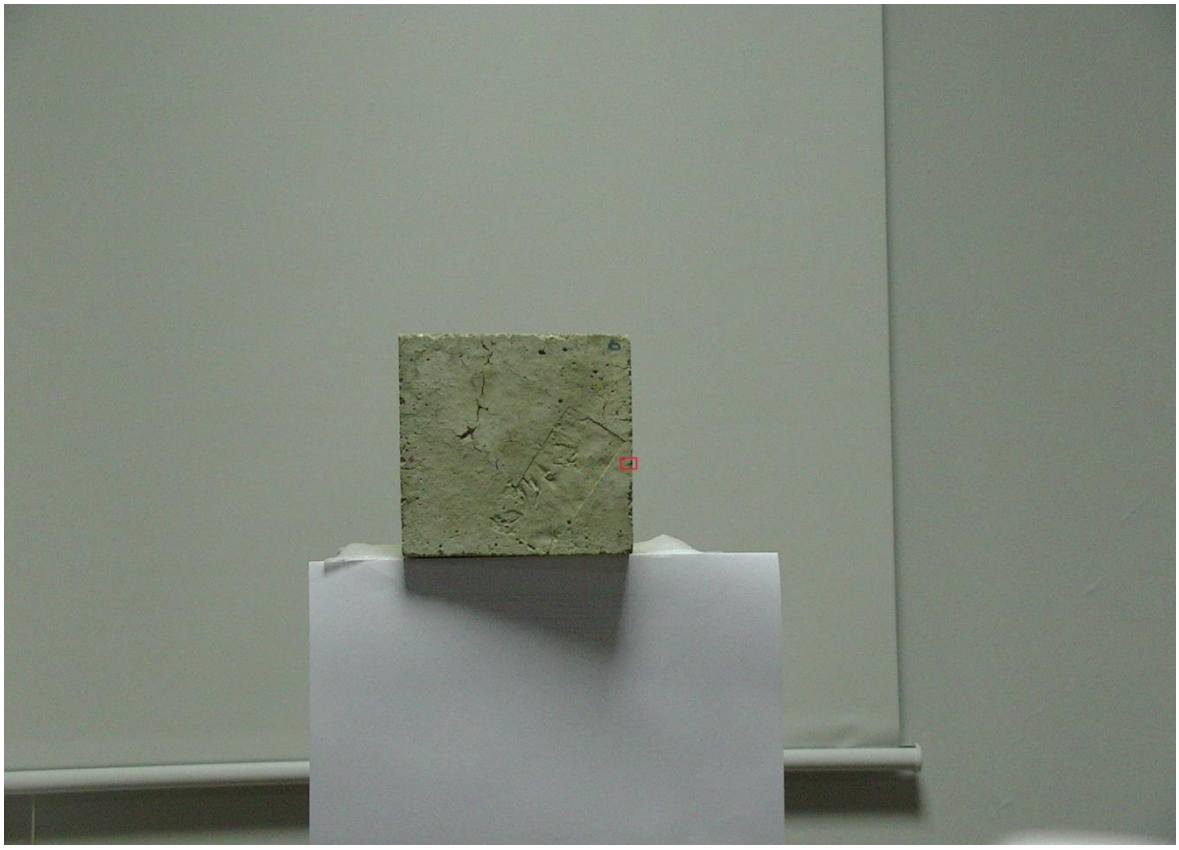



**Ek - 6 Resim 12.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

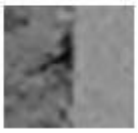
Beton numune görüntüsü 1 metreden 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 10.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 85 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 11.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 12.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 85 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 37,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 105 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(37,5 x 1) / 105 = 0,357 cm bulunur.

1 meteden 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 13.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



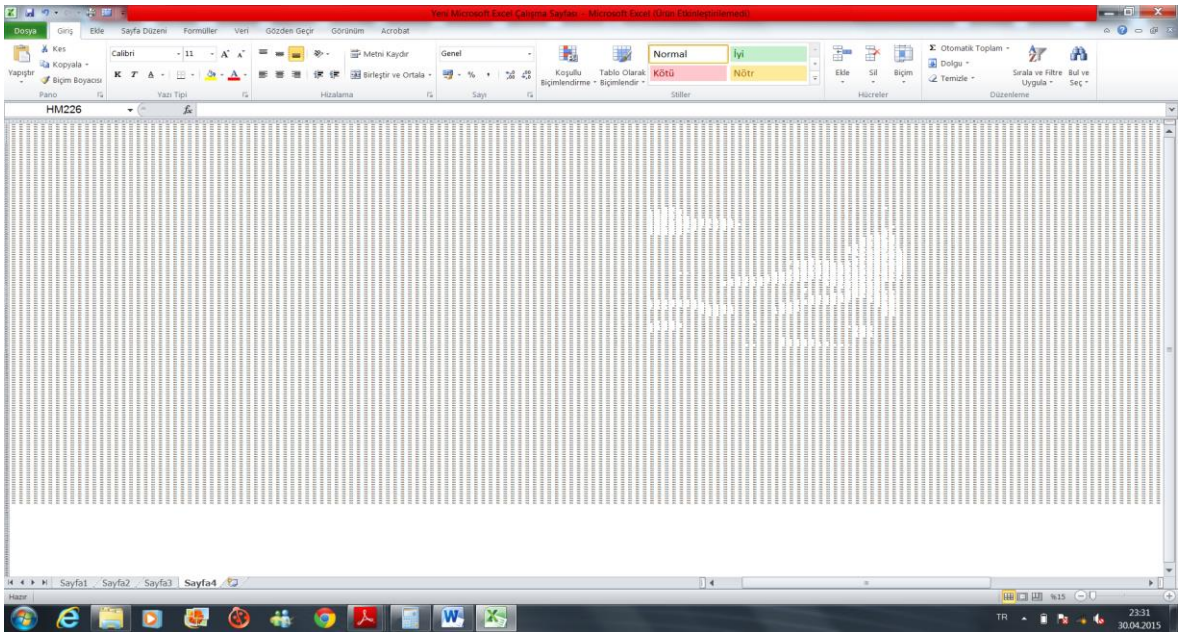
**Ek - 6 Resim 13.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 1 metreden 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 14.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 15.** Eşik değeri 95 olarak atanmış görüntü




**Ek - 6 Resim 16.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 1 metreden 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 14.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 95 atandıktan sonra yeni görüntü

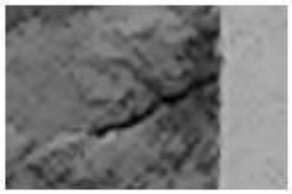
Ek - 4 Resim 15.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 16.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 95 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 28,6 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 78 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(28,6 x 1) / 78 = 0,366 cm bulunur.

80 cm'den 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 17.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



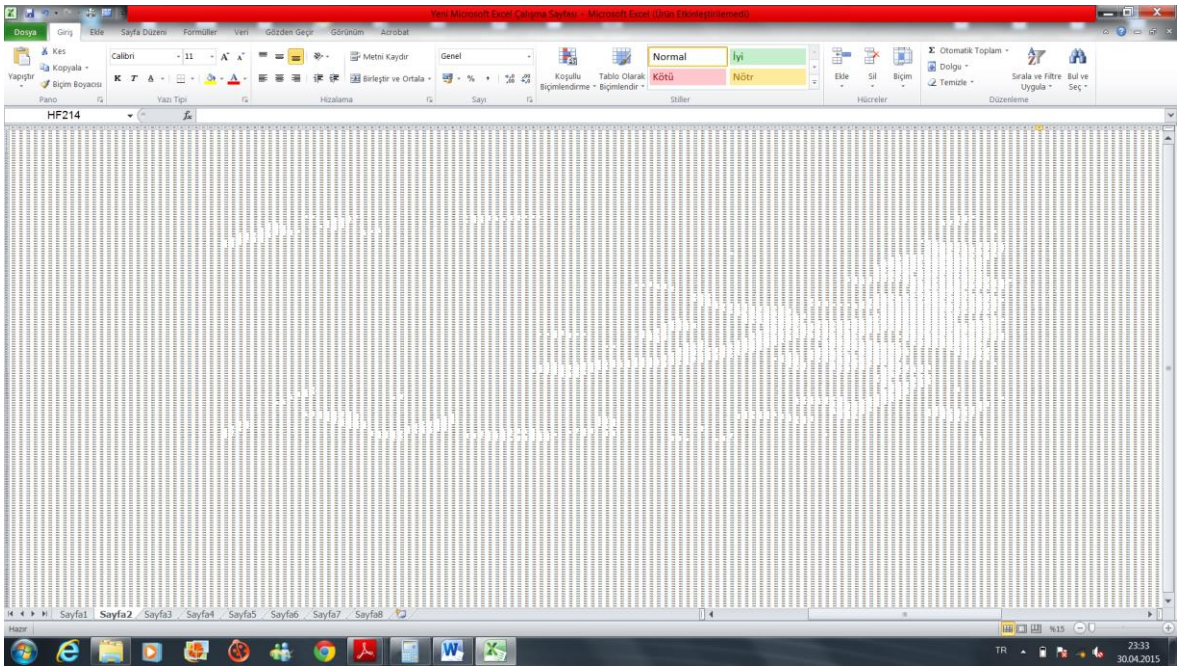
**Ek - 6 Resim 17.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 18.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 19.** Eşik değeri 72 olarak atanmış görüntü

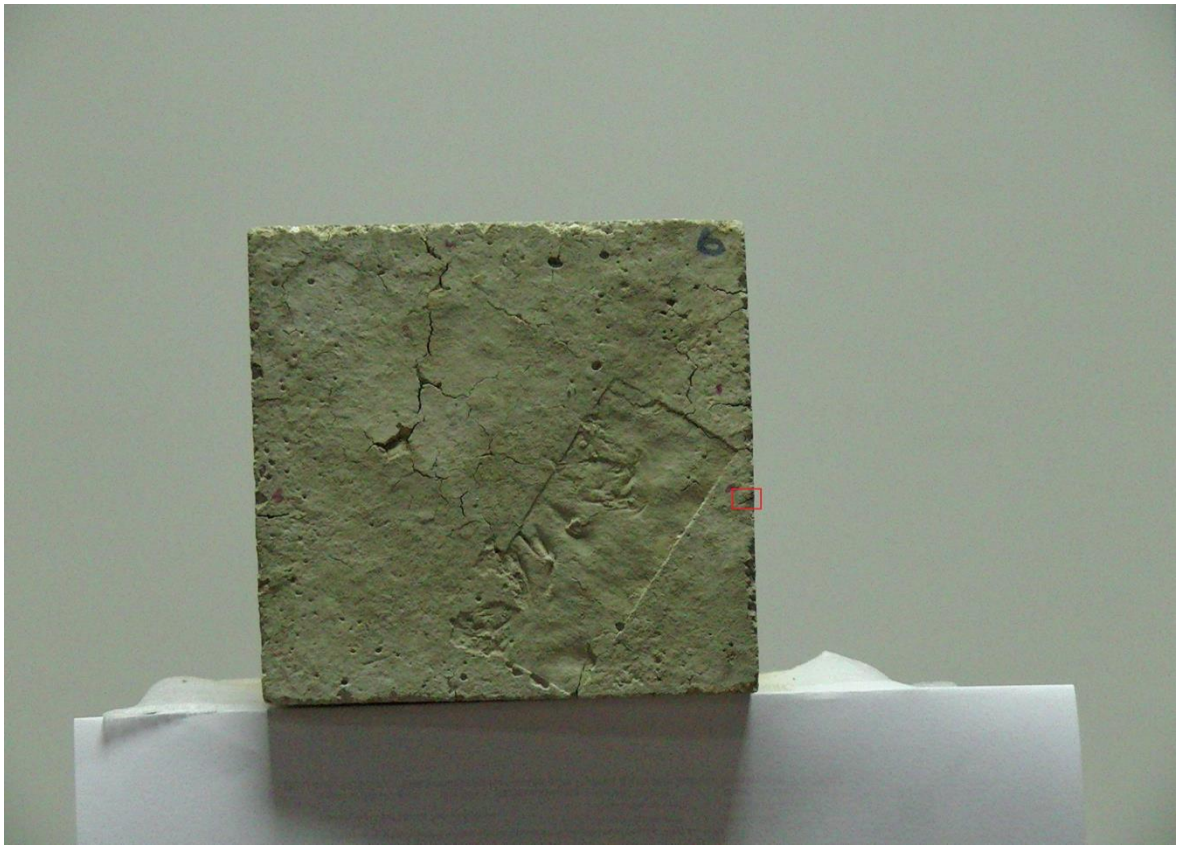



**Ek - 6 Resim 20.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

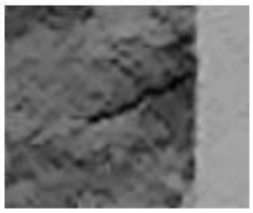
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 18.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 72 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 19.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 20.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 72 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 74,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 207 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(74,5 x 1) / 207 = 0,359 cm bulunur.

80 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 21.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



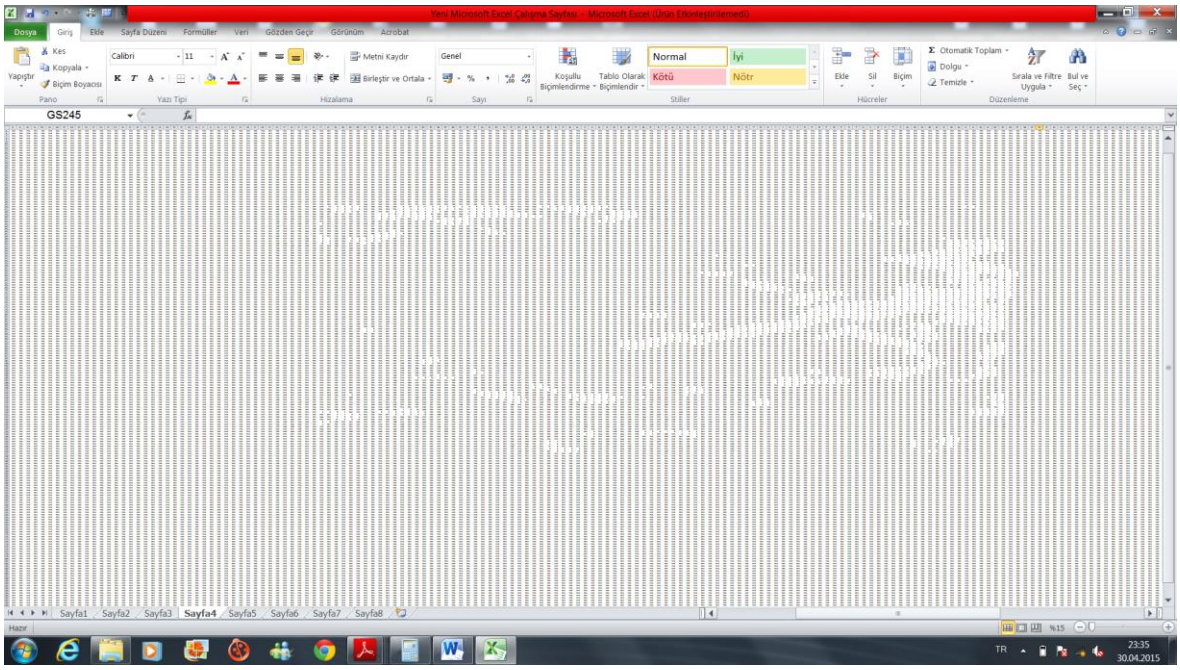

**Ek - 6 Resim 21.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 22.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 23.** Eşik değeri 65 olarak atanmış görüntü

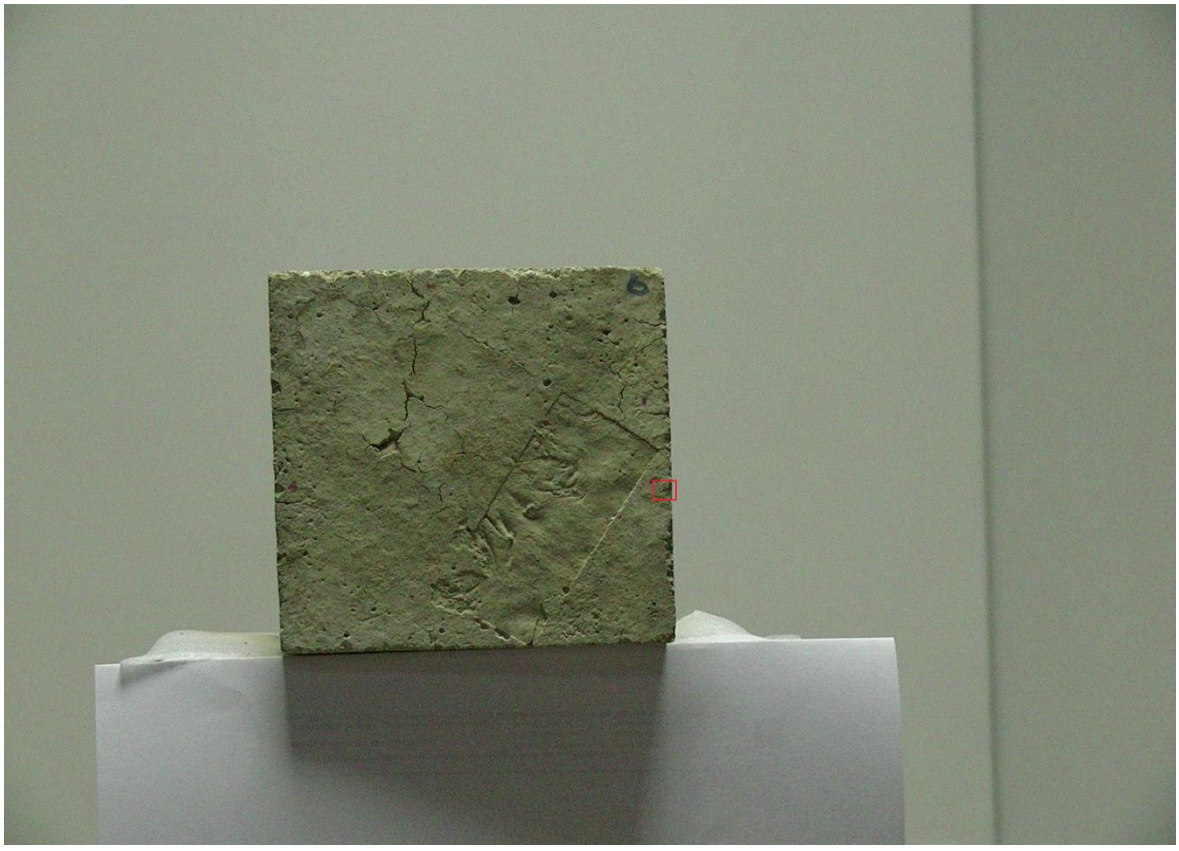



**Ek - 6 Resim 24.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

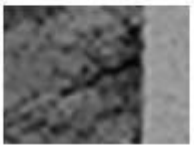
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 22.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 65 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 23.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 24.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 65 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 63,2 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 171 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(63,2 x 1) / 171 = 0,369 cm bulunur.

80 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 25.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



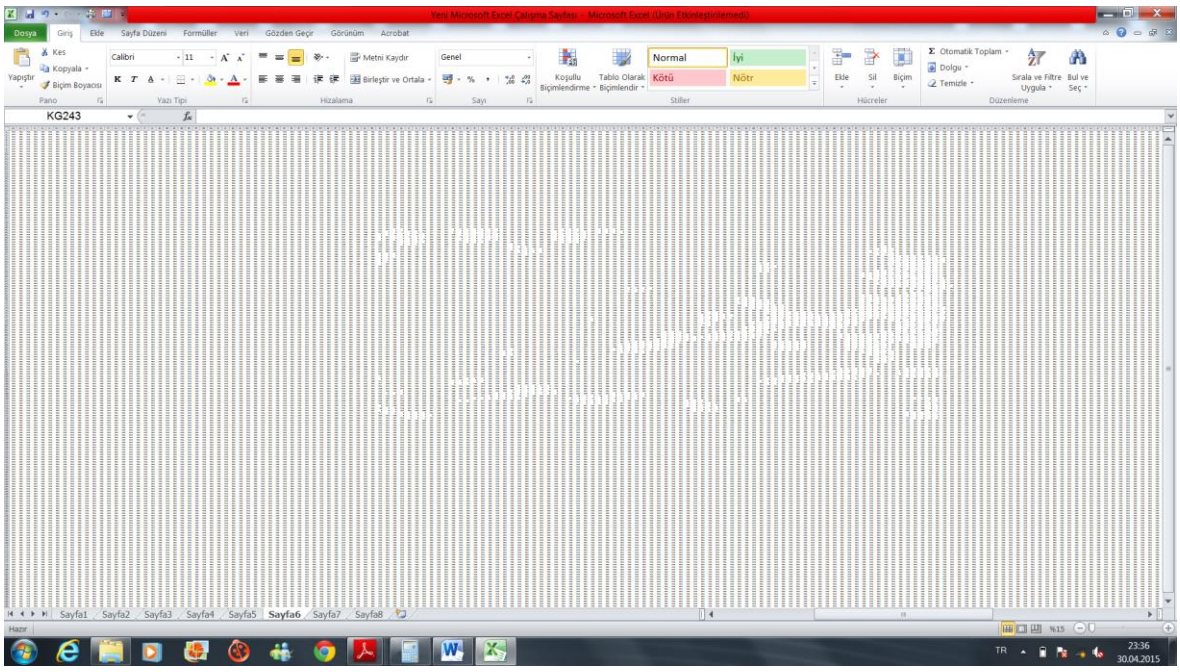
**Ek - 6 Resim 25.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 26.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 27.** Eşik değeri 58 olarak atanmış görüntü




**Ek - 6 Resim 28.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

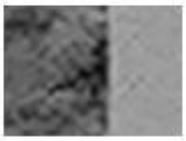
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 26.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 58 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 27.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 28.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 58 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 50,6 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 131 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(50,6 x 1) / 131 = 0,386 cm bulunur.

80 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 29.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



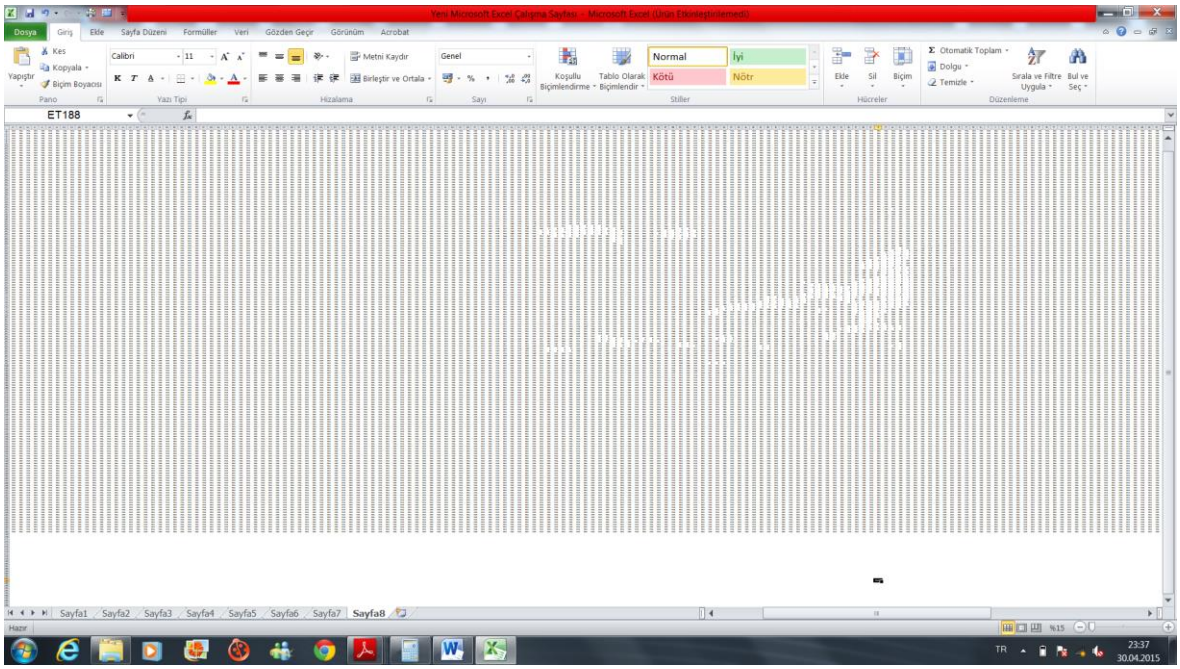
**Ek - 6 Resim 29.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 80 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 30.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 31.** Eşik değeri 60 olarak atanmış görüntü

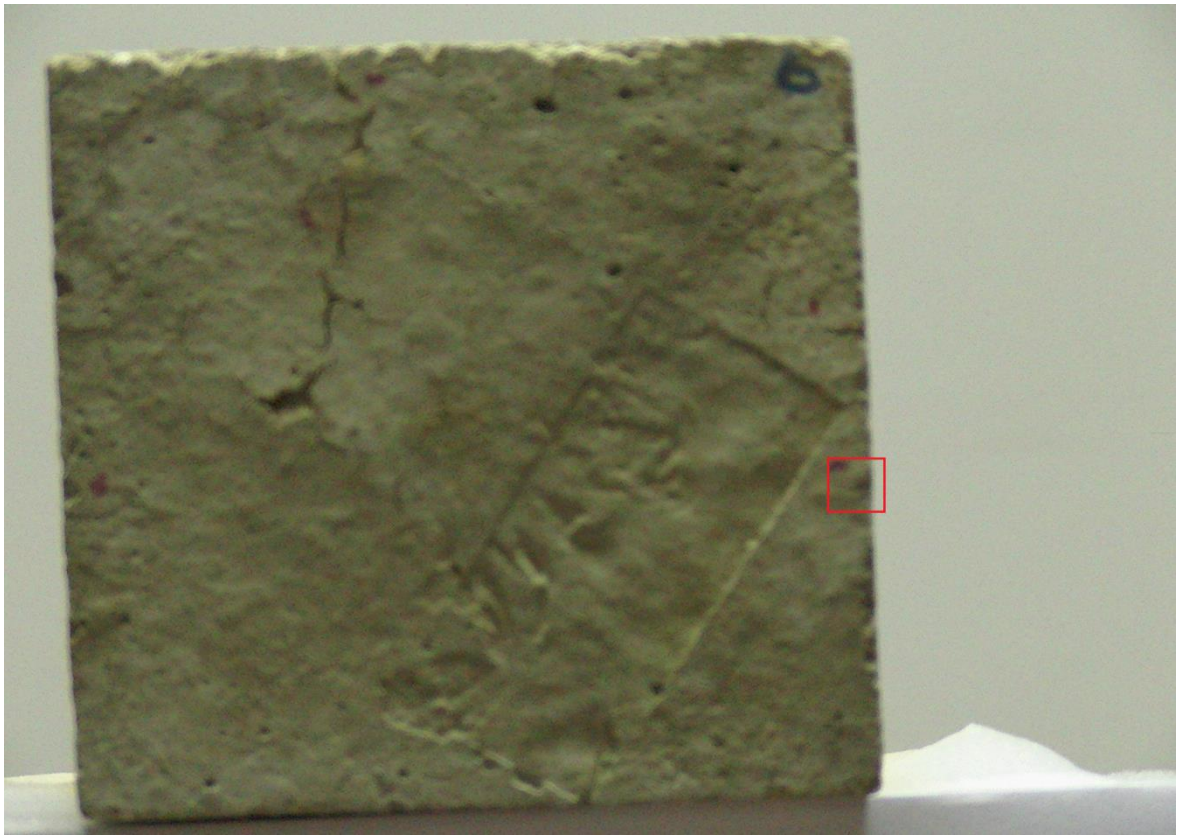



**Ek - 6 Resim 32.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

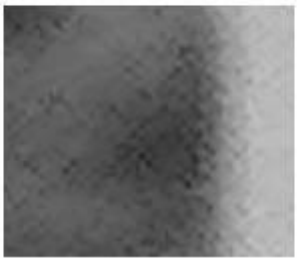
Beton numune görüntüsü 80 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 30.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 60 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 31.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 32.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 60 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 34,4 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 97 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(34,4 x 1) / 97 = 0,386 cm bulunur.

60 cm'den 5x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 33.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



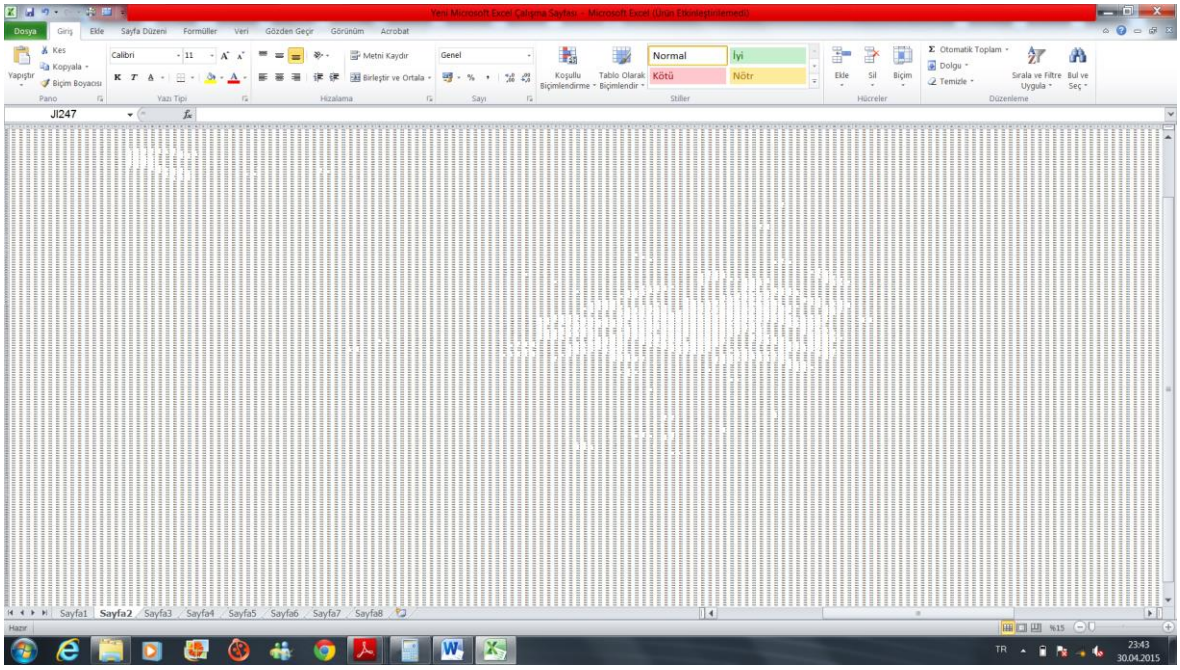
**Ek - 6 Resim 33.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 5x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 34.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 35.** Eşik değeri 67 olarak atanmış görüntü



**Ek - 6 Resim 36.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

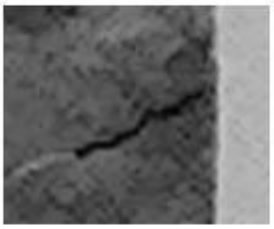
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 5x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 34.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 67 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 35.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 36.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 67 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 52,4 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 276 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(52,4 x 1) / 276 = 0,189 cm bulunur.

60 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 37.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



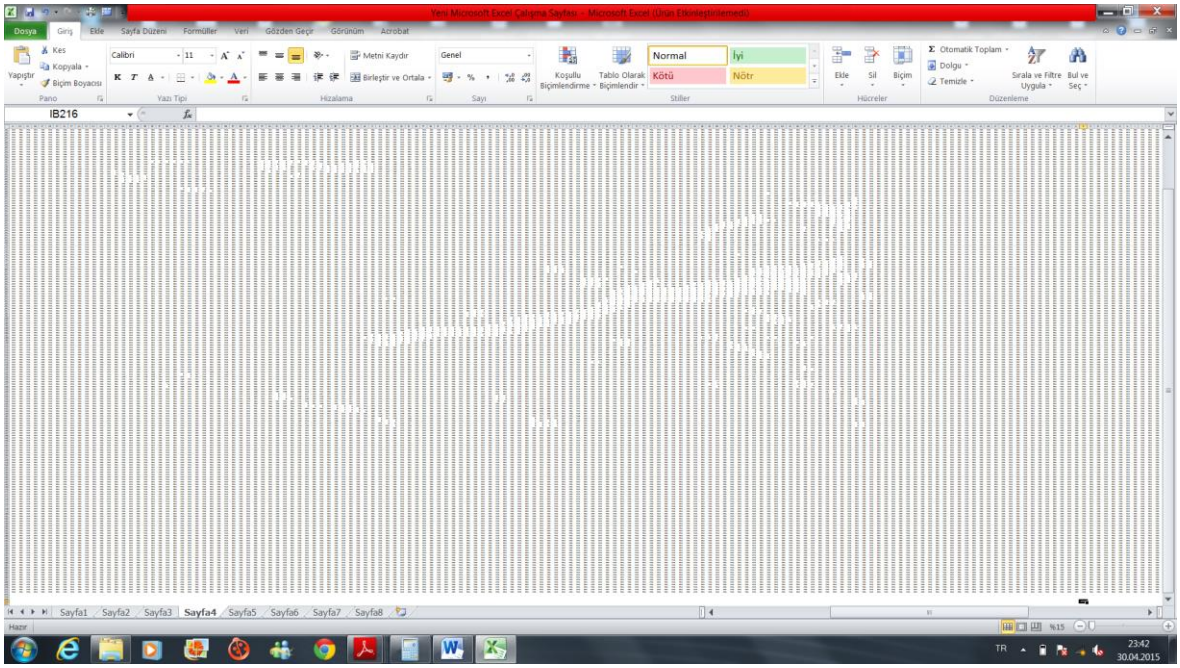
**Ek - 6 Resim 37.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 38.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 39.** Eşik değeri 55 olarak atanmış görüntü



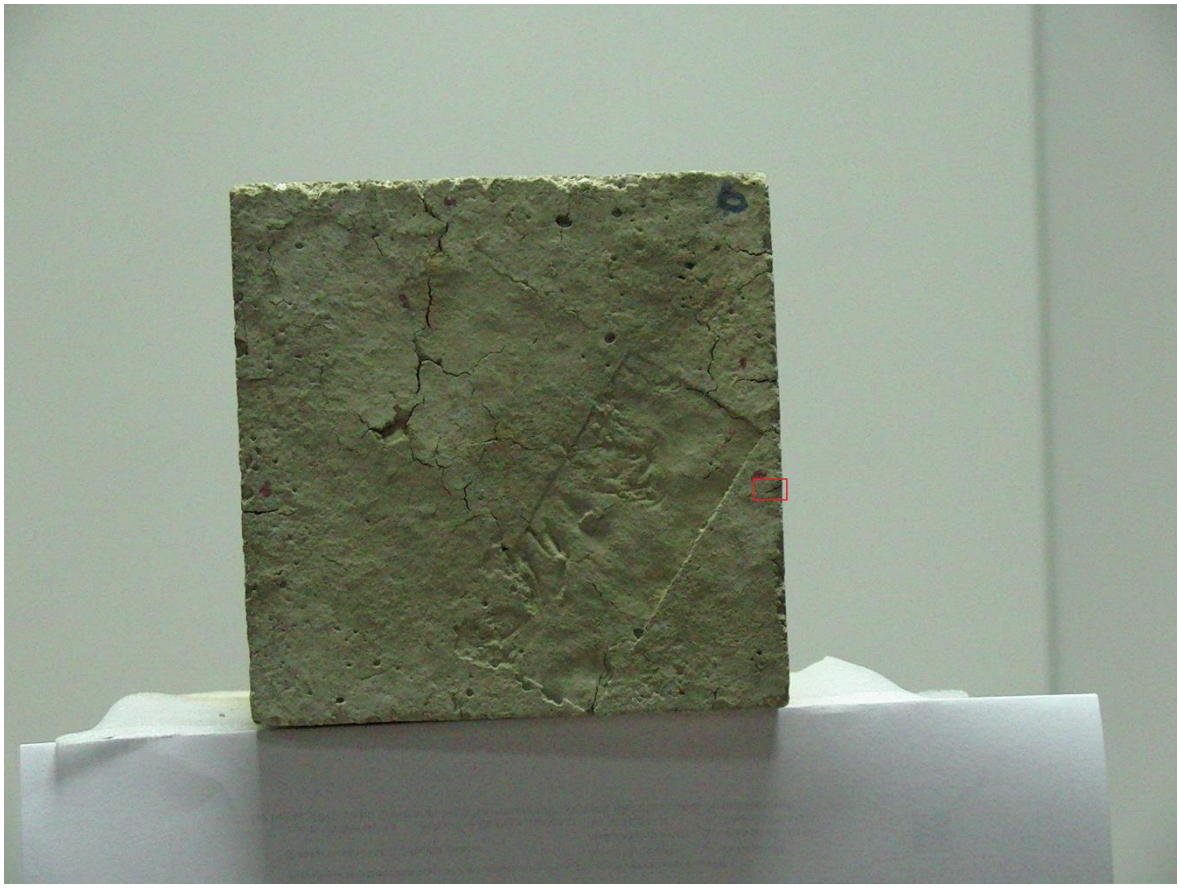
**Ek - 6 Resim 40.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 60 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 38.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 55 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 39.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 40.'ta görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 55 alınarak yapılan ölçüm

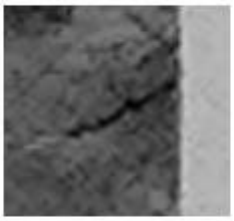
sonucunda çatlak boyunun 79,6 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 230 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(79,6 x 1) / 230 = 0,346 cm bulunur.

60 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 41.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



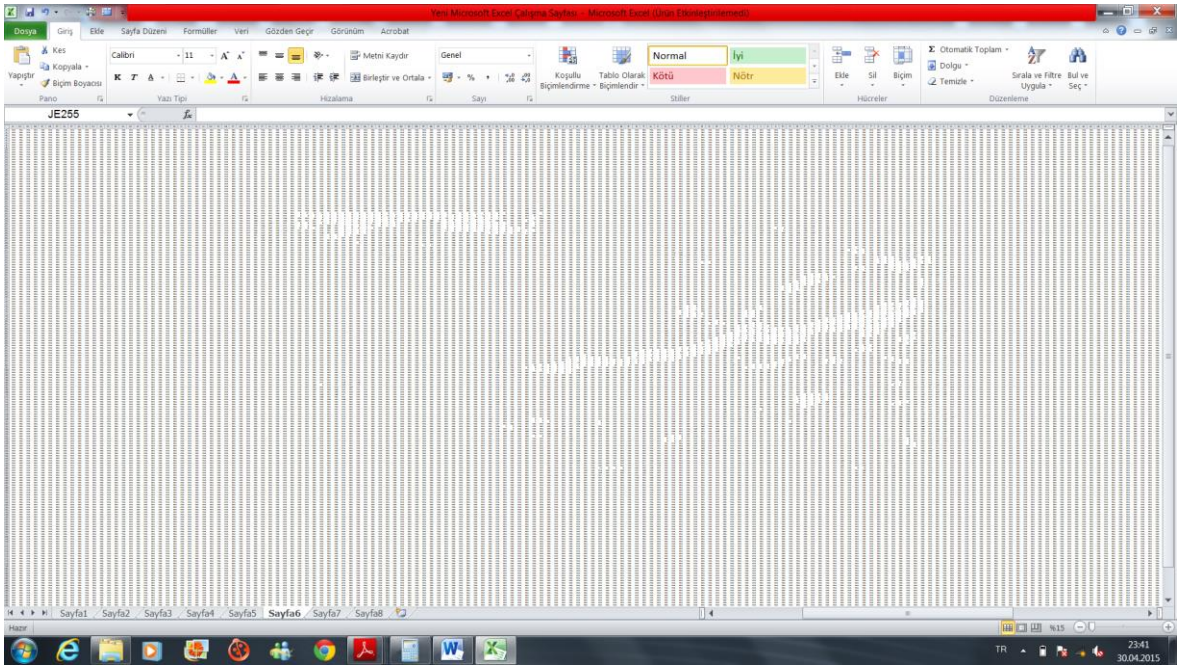
**Ek - 6 Resim 41.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 42.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 43.** Eşik değeri 55 olarak atanmış görüntü

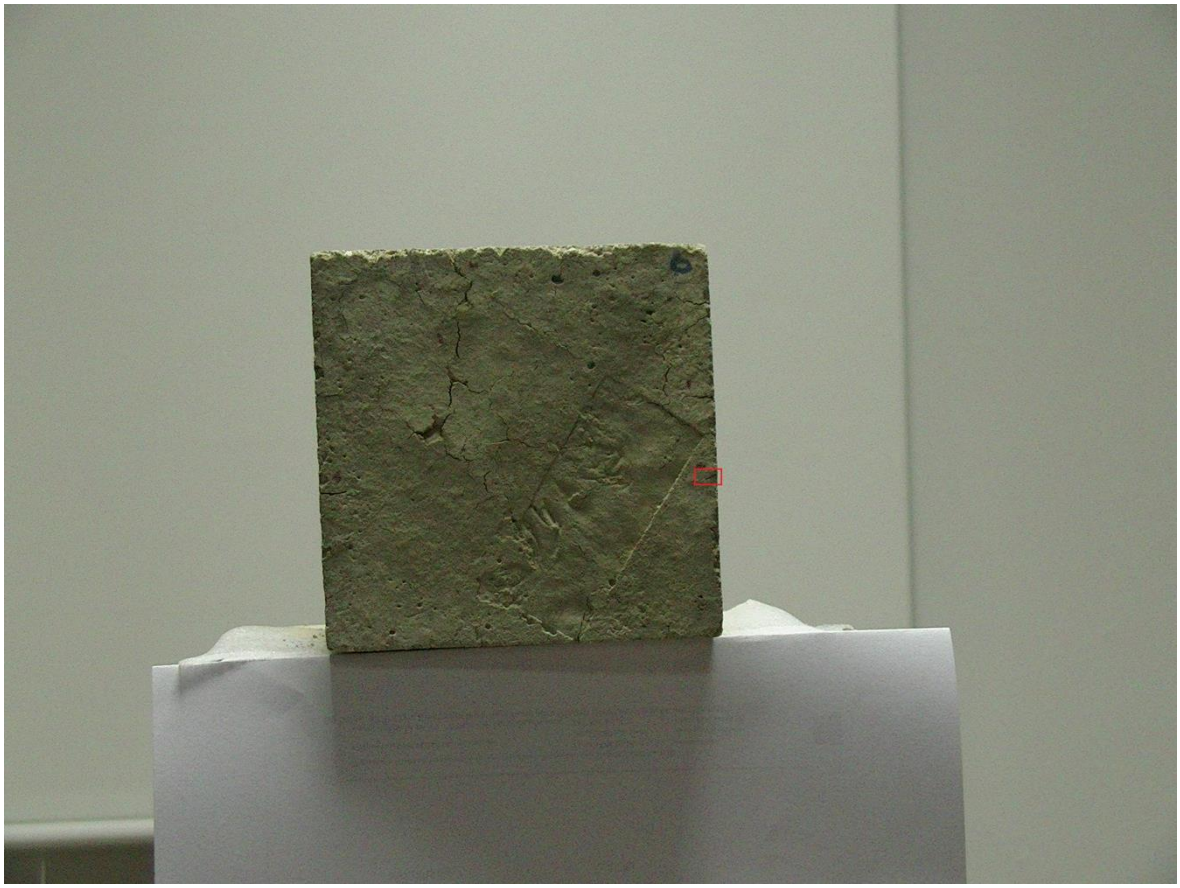


**Ek - 6 Resim 44.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

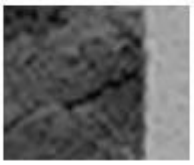
Beton numune görüntüsü 60 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 42.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 55 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 43.'te görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 44.'te görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 55 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 63,6 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 188 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(63,6 x 1) / 188 = 0,338 cm bulunur.

60 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 45.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



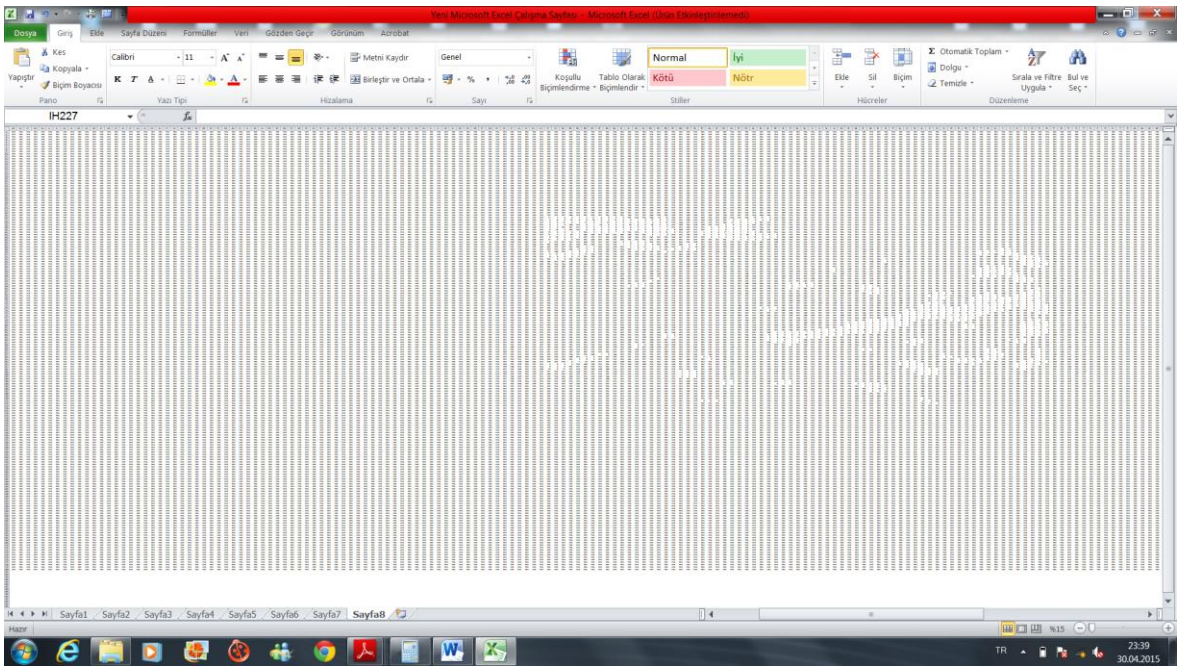
**Ek - 6 Resim 45.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 60 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 46.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 47.** Eşik değeri 50 olarak atanmış görüntü



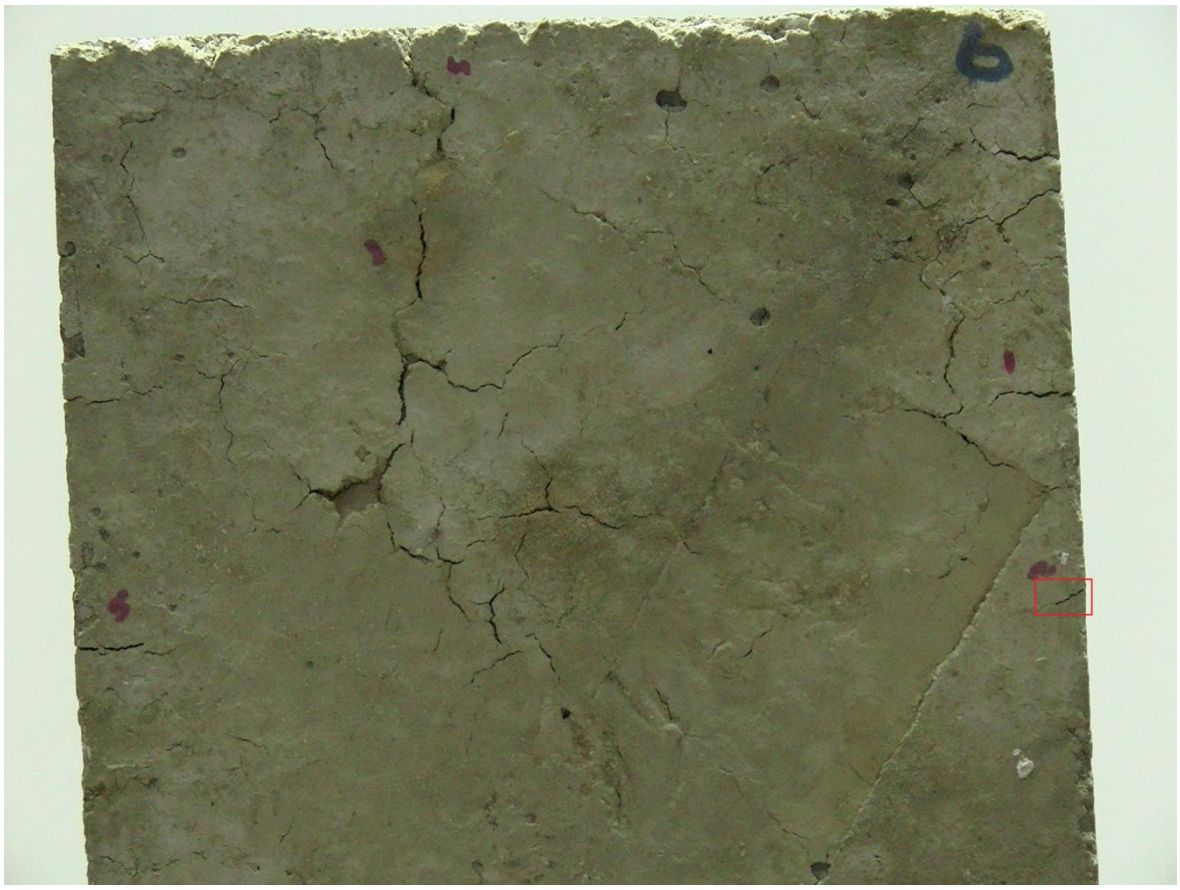
**Ek - 6 Resim 48.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 60 cm'den 2x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 46.'da görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 50 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 47.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 48.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 50 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 45,2 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan

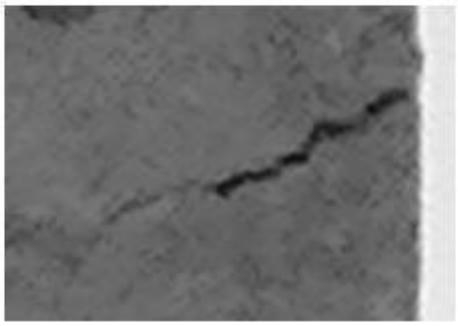
çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 134 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(45,2 x 1) / 134 = 0,337 cm bulunur.

40 cm'den 4x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 49.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



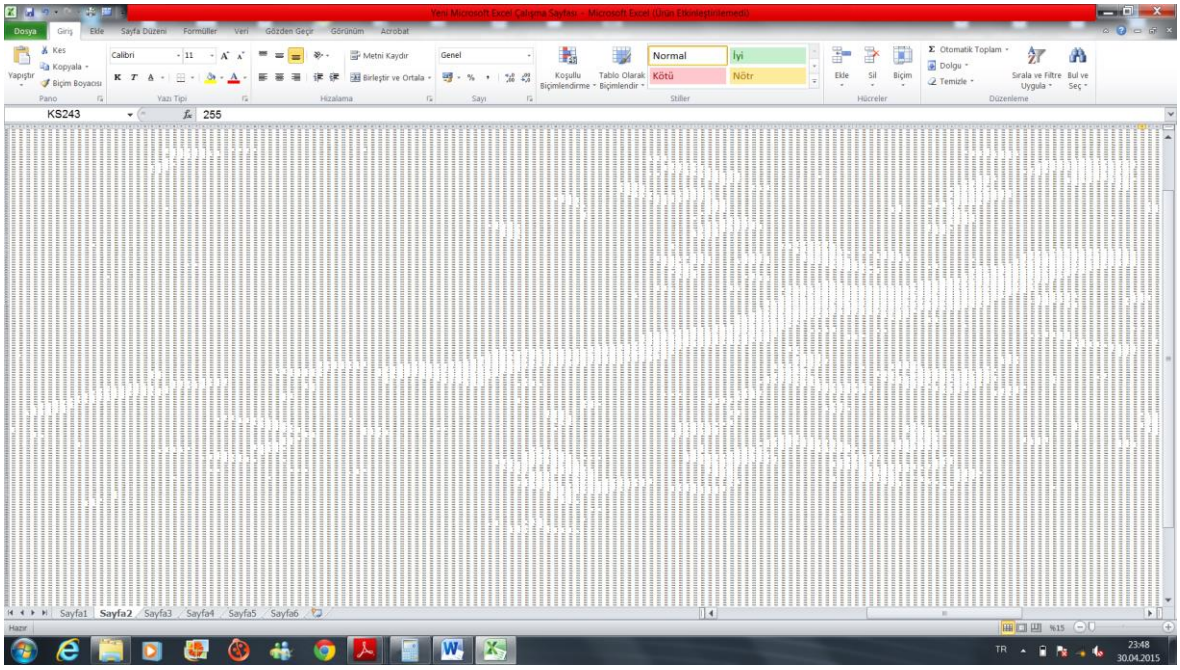
**Ek - 6 Resim 49.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 4x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 50.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 51.** Eşik değeri 92 olarak atanmış görüntü

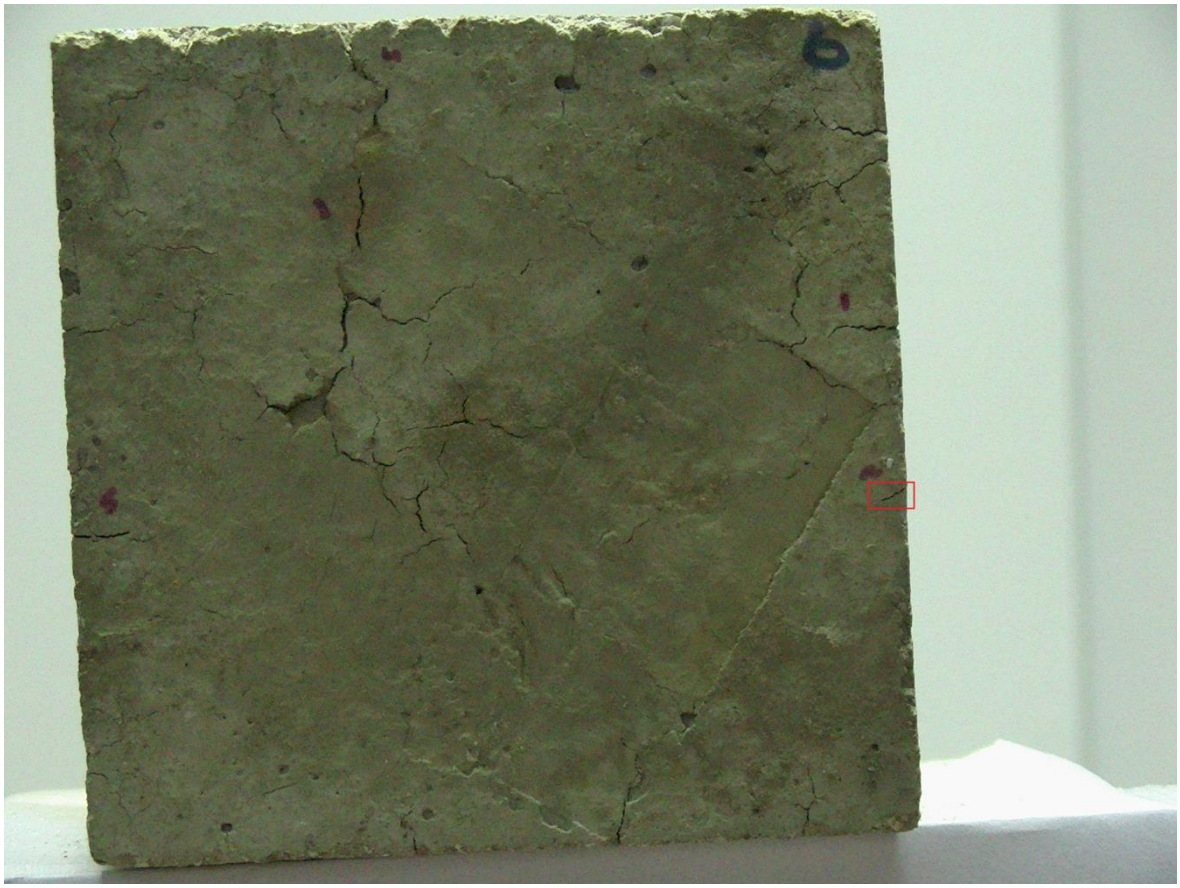


**Ek - 6 Resim 52.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

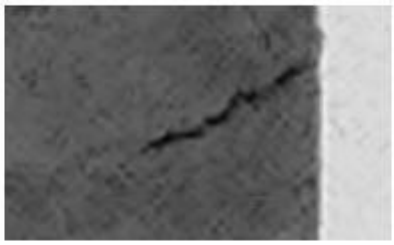
Beton numune görüntüsü 40 cm'den 4x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 50.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 92 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 51.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 52.'de görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 92 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 119,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 348 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(119,5 x 1) / 348 = 0,343 cm bulunur.

40 cm'den 3x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 53.'te görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



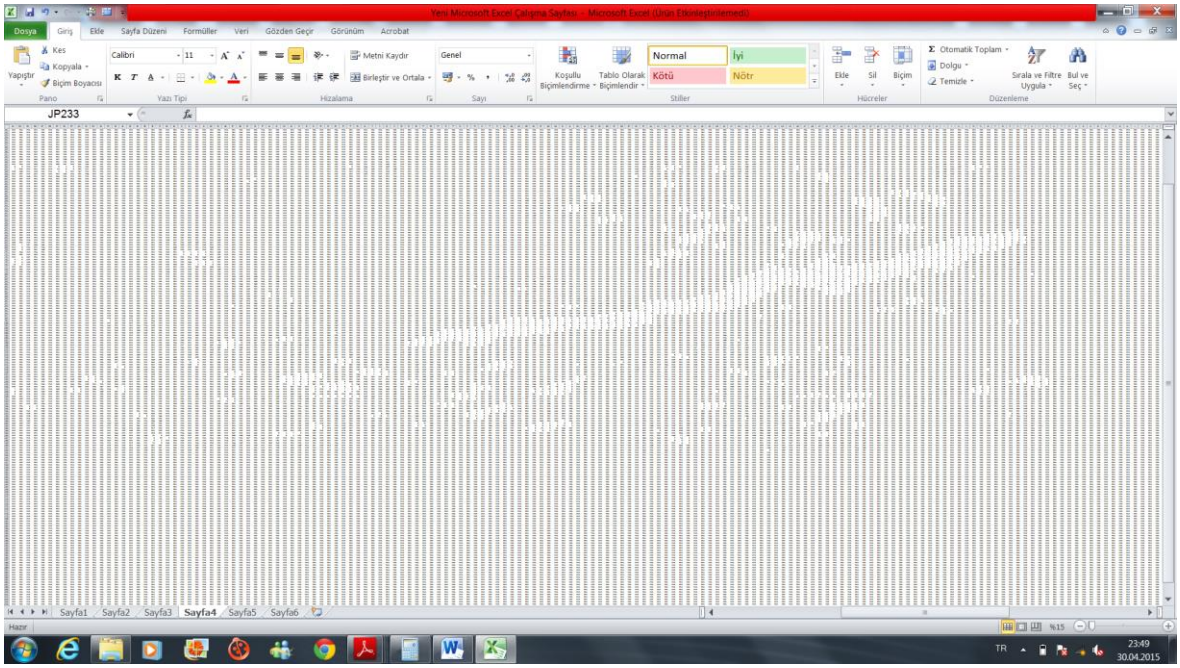
**Ek - 6 Resim 53.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 3x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 54.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 55.** Eşik değeri 72 olarak atanmış görüntü



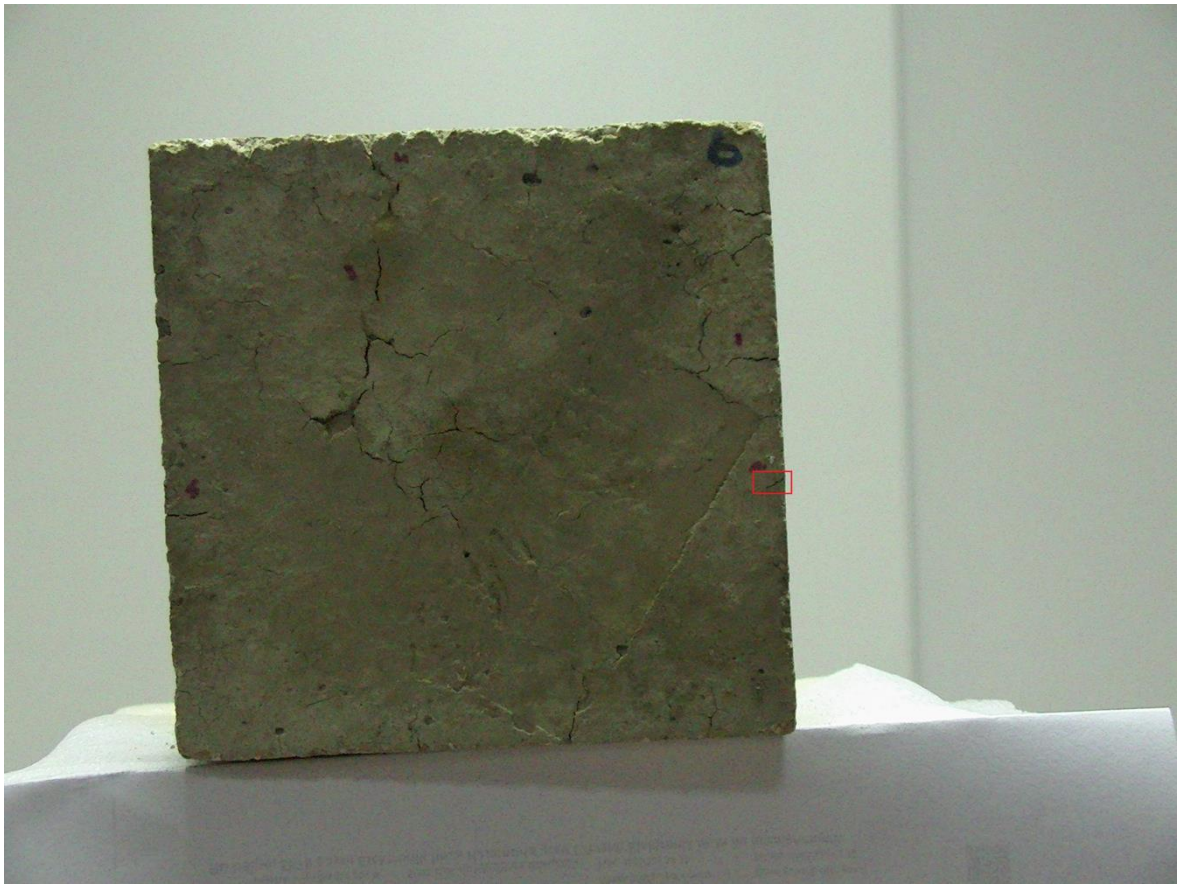
**Ek - 6 Resim 56.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 54.'te görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 72 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 55.'de görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 56.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 72 alınarak yapılan ölçüm

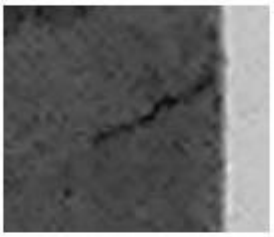
sonucunda çatlak boyunun 94,5 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 250 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(94,5 x 1) / 250 = 0,378 cm bulunur.

40 cm'den 2x zoom ile çekilen 900°C sıcaklığa maruz bırakılmış 7 numaralı beton numune görüntüsü Matlab bilgisayar programına alınarak işaretlenen bölge Ek – 6 Resim 57.'de görüldüğü gibi croplama işlemine tabi tutulmuştur. Croplanan görüntünün gri ton değerlerine bakılarak eşik değer atanmış, oluşturulan yeni görüntünün matrisel pikselleri Excel çalışma sayfasına aktarılmıştır.



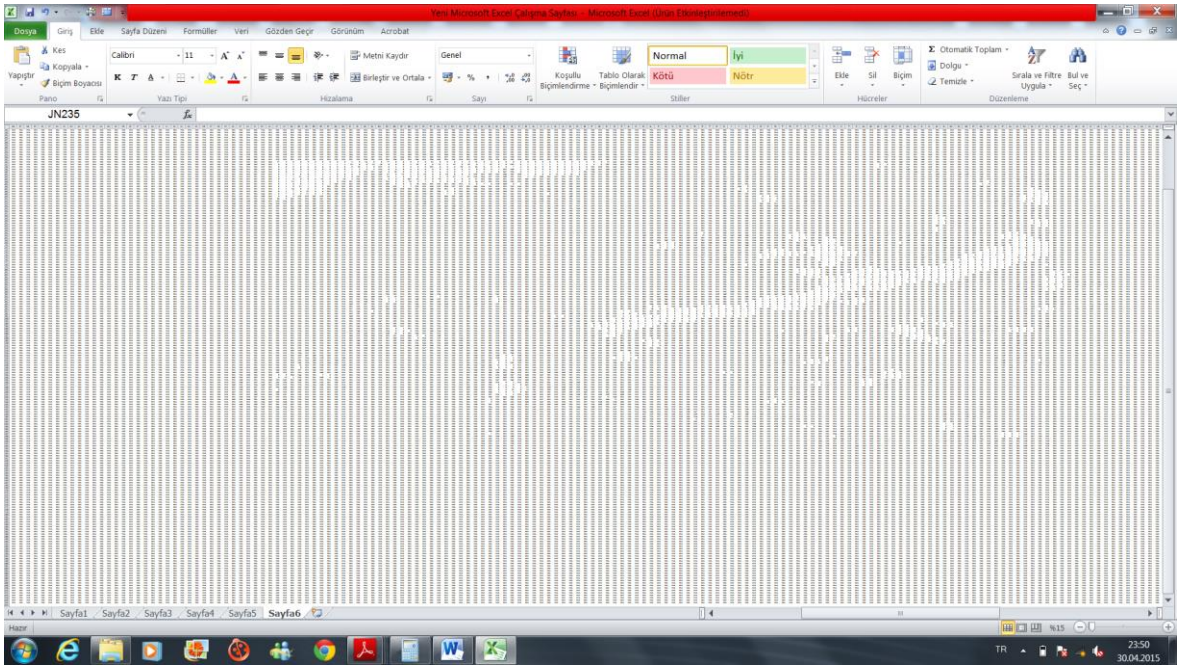

**Ek - 6 Resim 57.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin 40 cm'den 2x zoom ile çekilmiş görüntüsü



**Ek - 6 Resim 58.** Croplu bölgenin gri kodlanmış görüntüsü (eşik değer atanmamış)



**Ek - 6 Resim 59.** Eşik değeri 60 olarak atanmış görüntü



**Ek - 6 Resim 60.** 900°C Sıcaklığa maruz bırakılmış beton numunesinin piksel görüntüsü

Beton numune görüntüsü 40 cm'den 3x zoom ile çekilip Matlab bilgisayar programına 3000x4000 matris olarak alınmıştır. Daha sonra ölçülecek çatlağın bulunduğu bölge Ek - 4 Resim 58.'de görüldüğü gibi croplanıp, eşik değer olarak 60 atandıktan sonra yeni görüntü Ek - 4 Resim 59.'da görüldüğü gibi farklı kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan yeni görüntü Matlab bilgisayar programına tekrar alınıp, matrisel piksel değerleri Ek - 4 Resim 60.'da görüldüğü gibi Excel'e aktarılmıştır. Burada eşik değer 60 alınarak yapılan ölçüm sonucunda çatlak boyunun 75,7 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Ek - 1'de yapılan çalışma sonucunda 1 cm'lik çizginin 205 piksele denk geldiği ölçülmüştür. Buradan yola çıkarak çatlağın uzunluğunun santimetre cinsinden hesabı;

(75,7 x 1) / 205 = 0,369 cm bulunur.

## ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Muş ilinde doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Muş ilinde tamamladım. 2008 yılında eğitime başladığım Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden 2012 yılında mezun oldum. Mezun olduğum yıl içerisinde Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Telekomünikasyon Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladım.

Meltem YAVUZ ÇELİKDEMİR