



**T. C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA DONATI TESPİTİ AMACIYLA YAPI JEOFİZİĞİ
UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Buket ÖZBOYLAN

(201192131108)

Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. ÖZCAN BEKTAŞ

SIVAS

Mayıs 2019

Buket ÖZBOYLAN'ın hazırladığı ve “**BİNALARDA DONATI TESPİTİ AMACIYLA YAPI JEOFİZİĞİ UYGULAMALARI**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı	Doç. Dr. Özcan BEKTAŞ Cumhuriyet Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ Bitlis Eren Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Funda BİLİM Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Buket ÖZBOYLAN, 2019



Çalışma sırasında bana destek olan sevdiklerime...

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

29.05.2019

Buket ÖZBOYLAN

ÖZET

BİNALARDA DONATI TESPİTİ AMACIYLA YAPI JEOFİZİĞİ UYGULAMALARI

Buket ÖZBOYLAN

Yüksek Lisans Tezi

Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Özcan BEKTAŞ

2019, 30+xiv Sayfa

Tahribatsız ölçüm teknikleri, yapı bileşenlerinin ileride yeniden kullanımı üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olmadan mühendislik yapı bileşenlerini tespit etmek için kullanılan tekniklerdir. Buna karşılık, diğer bazı teknikler yapıda tahribata neden olabilmektedir. Manyetik Kaçak Akı (MKA) yöntemi, yapı gereçlerinin fiziksel durumunu değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir tahribatsız test tekniğidir. Bu çalışmada, betonarme yapı elemanlarının özelliklerinin ortaya çıkarılması için manyetik kaçak akı cihazının prototipi tez projesi çerçevesinde üretilmiştir. Üretilen manyetik kaçak akı cihazı prototipi ile laboratuvar ortamında oluşturulan 4 farklı test düzeneği üzerinde ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Ayrıca, aynı test düzenekleri üzerinde yapı radarı yöntemi ile ölçümler yapılarak donatıların konumları, derinlikleri ve çapları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar bir araya getirilmiş, böylece bu 2 yöntem karşılaştırılmış ve betonarme yapı elemanlarının belirlenmesinde üretilen manyetik kaçak akı cihazının iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Donatı, Yapı Radarı, Manyetik akı, Manyetik Kaçak Akı Yöntemi

ABSTRACT

BUILDING GEOPHYSICS APPLICATIONS FOR THE DETERMINATION OF REBAR IN BUILDINGS

Buket ÖZBOYLAN

Master of Science Thesis, Department of Geophysical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Özcan BEKTAŞ

2019, 30+xiv pages

Non-destructive measurement techniques are the techniques used to identify engineering components without any negative impact on future reuse of building components. In contrast, some other techniques may cause destruction in the structure. The Magnetic Flux Leakage (MFL) method is a Non-Destructive Test Technique commonly used to assess the physical condition of building materials. In this study, the prototype of the magnetic flux leakage device has been produced within the framework of the thesis project in order to reveal the properties of the reinforced concrete structural elements. Measurements were made on 4 different test setups in laboratory environment with the produced prototype of magnetic flux leakage and the results obtained were interpreted. In addition, the locations, depths and diameters of the rebars were determined by making measurements on the same test area by the radar method. The results obtained were combined. Thus, these two methods were compared and it was determined that the produced magnetic flux leakage device in the determination of the reinforced concrete structural elements gave good results.

Key words: Rebar, Buiding Radar, Magnetic Flux, Magnetic Flux Leakage Method

TEŞEKKÜR

Bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Özcan BEKTAŞ'a çok teşekkür ederim.

Manyetik Kaçak Akı cihazı prototipinin üretilmesinin her aşamasında büyük katkıları olan Jeofizik Yüksek Mühendisi Yunus Can KURBAN'a, Yer Radarı ölçümlerinin alınması ve değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Öğretim Görevlisi Sinan KOŐAROĐLU'na, bu süreçte desteklerini esirgemeyen tüm sevdiklerime çok teşekkür ederim.

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından CÜBAP M-516 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEL ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	5
3.1. Manyetik Kaçak Akı Yöntemi (MagneticFluxLeakage- MFL):	5
3.2.Yapı Radarı.....	10
4. BULGULAR	11
4.1 Deneysel Sistem 1	11
4.2 Deneysel Sistem 2	14
4.3 Deneysel Sistem 3	19
4.4 Deneysel Sistem 4	24
5. SONUÇLAR	30
6. KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1.	Üretilen Manyetik Kaçak Akı cihazının iç görünümü..... 22
Şekil 3.2.	Manyetik Kaçak Akı cihazının çalışma prensibi..... 26
Şekil 4.1.	90 × 60 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen Demir malzemelerin konumları (Alttan görünüş)..... 26
Şekil 4.2.	90 × 60 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen demir malzemelerin konumları ve boyutları (Üstten görünüş)..... 26
Şekil 4.3.	90 × 60 cm boyutlu birinci test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü..... 27
Şekil 4.4.	Manyetik Kaçak akı cihazı ile elde edilen demir malzemelere ait sinyal haritası..... 28
Şekil 4.5.	85 × 50 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen demir malzemelerin konumları (Alttan görünüş)..... 29
Şekil 4.6.	85 × 50 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen demir malzemelerin konumları ve boyutları (üstten görünüş)..... 29
Şekil 4.7.	85 × 50 cm ikinci test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü..... 30
Şekil 4.8.	85 × 50 cm ikinci test düzeneğinde gerçekleştirilen GPR ölçümü..... 31
Şekil 4.9.	Manyetik kaçak akı cihazı ile elde edilen demir malzemelere ait sinyal haritası..... 32
Şekil 4.10.	İkinci test düzeneği için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü... 33
Şekil 4.11.	80 × 150 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen Demir çubukların konumları..... 34
Şekil 4.12.	80 × 150 cm ikinci test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü..... 35
Şekil 4.13.	80 × 150 cm üçüncü test düzeneğinde gerçekleştirilen GPR ölçümü..... 36
Şekil 4.14.	Manyetik Kaçak akı cihazı ile elde edilen demir çubuklara ait sinyal haritası..... 37
Şekil 4.14.	Manyetik Kaçak akı cihazı ile elde edilen demir çubuklara ait sinyal haritası..... 37
Şekil 4.15.	Üçüncü test düzeneği için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü..... 38
Şekil 4.16.	80 × 150 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen demir çubukların konumları..... 39
Şekil 4.17.	80 × 150 cm dördüncü test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü..... 40
Şekil 4.18.	80 × 150 cm dördüncü test düzeneğinde gerçekleştirilen GPR ölçümü..... 41
Şekil 4.19.	Manyetik Kaçak akı cihazı ile elde edilen demir çubuklara ait sinyal haritası..... 42
Şekil 4.20.	Dördüncü test düzeneği x yönü için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü..... 43
Şekil 4.21.	Dördüncü test düzeneği y yönü için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü..... 44

SİMGELER DİZİNİ

G Manyetik Akı yoğunluğu, Gauss

V Gerilim, V

I Akım, A

Φ Manyetik Akı, Wb

B Manyetik Akı Yoğunluğu, $\text{Wb/m}^2=\text{T}$

H Manyetik Alan, A/m

μ Manyetik Geçirgenlik, H/m

t Zaman, sn

KISALTMALAR DİZİNİ

- ADC** : Analog Digital Converter
AE : Akustik Emisyon
EC : Eddy Akımı
GA : Girdap Akımları
MKA : Manyetik Kaçak Akı
MPT : Manyetik Parçacık Testi
DMKA : Darbeli Manyetik Kaçak Akı
DEA : Darbeli Eddy Akımı
TTT : Tahribatsız Test Teknikleri
UT : Ultrasonik Test

1. GİRİŞ

Tahribatsız test tekniği (TTT), malzemelerin ve yapıların incelenmesi ve değerlendirilmesi için kullanılan çeşitli teknikleri ifade eder. Örneğin, kaçak akı yöntemi, yapı radarı, radyografik yöntemler, akustik yöntemler, sonik yöntem vb. Buna karşılık, bazı test teknikleri yapıda hasarlara neden olabilmektedir ve bu nedenle, yalnızca kontrollü sayıda test örneğine uygulanabilmektedir. Tahribatsız test sistemi genellikle malzeme özelliklerini tanımlamak veya bir malzemede anormalliklerin varlığını göstermek için kullanılmaktadır. Yani, kullanılan teknik, malzemenin fiziksel özelliklerini veya fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimi belirlemektedir. Metalik malzemelerin ve düzeneklerin değerlendirilmesi için uygun olan çeşitli elektromanyetik TTT teknikleri bulunmaktadır. Bunlar; Manyetik Kaçak Akı (MKA) yöntemi, Darbeli Manyetik Kaçak Akı (DMKA) yöntemi, Eddy Akımı (EA) yöntemi, Darbeli Eddy Akımı (DEA) yöntemi, Manyetik Parçacık Testi (MPT) yöntemi, vb. Bu yöntemler, incelenmekte olan iletken numuneler ve elektromanyetik alanlar arasındaki etkileşimle kontrol edilmektedir (Okolo, 2018).

Tahribatsız test tekniği yöntemleri, araştırma yapılan bölgeye zarar vermediği için betonarme yapıların incelenmesinde ön plana çıkmaktadır. Yapı denetiminde özellikle bina içindeki kolon ve duvarlarında yer alan çelik donatıları, sıva kalınlığı, donatıların çapı ve korozyon durumlarının tespit edilmesi önemlidir. Tahribatsız test tekniği, incelenen yapının herhangi bozulmaya yol açmadan araştırılmasına olanak sağlamaktadır. Beton içerisinde bulunan donatı çeliğini tespit etmek ve mevcut beton yapılarını değerlendirmek için çeşitli tahribatsız test teknikleri (TTT) bulunmaktadır. Manyetik Kaçak Akı (MKA), ilk olarak 1970'lerin sonunda beton köprülerin incelenmesini sağlamak için geliştirilen tahribatsız bir test yöntemidir ve yıllar içerisinde gelişimi sürmüştür. MKA yöntemini kullanarak donatılardaki korozyonu tespit etmek için birçok araştırma çalışması yapılmıştır.

Bu çalışma ile Tahribatsız test tekniklerinden olan manyetik kaçak akı yöntemi ekipmanı üretilmiş ve donatı tespitinde kullanılmıştır. Ayrıca aynı donatı üzerinde

yapı radarı uygulaması yapılmış ve elde edilen sonuçlar üretilen manyetik kaçak akı cihazı sonuçları ile karşılaştırılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tahribatsız test tekniği çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Tsukada ve diğ. (2011), Nokta kaynaklarının tahribatsız değerlendirilmesi için manyetik akı kaçağı yöntemi çalışmasında, metal levhaların birleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan punta kaynağının sağlamlığının tahribatlı ve tahribatsız yöntemleri kullanarak karşılaştırmışlardır. Tahribatsız nokta kaynağı muayenesi için bir manyetik direnç (MD) sensörü kullanarak manyetik kaçak akı (MKA) sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, Tahribatsız manyetik kaçak akı testi, tahribatlı kesme testi ile iyi bir korelasyon gösterdiği belirtmişlerdir.

Göktepe ve diğ. (2012) ve Göktepe ve Perin (2012), MKA tekniği kullanarak betonarme yapıların içindeki çelik donatının görüntülenmesini amaçlamışlardır. Kullanılan yöntemin tamamen tahribatsız olup incelenen sisteme hiçbir zarar vermediğini ve yapılan çalışma kapsamında paralel ve dik okuma yöntemleri karşılaştırılmış olup pratik olarak dik okuma tekniğinin çok daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Loa ve Nakagawa (2013) beton bariyer rayları ile köprü yapılarını yol güvertesine bağlayan inşaat demirlerinde meydana gelen korozyon hasarını saptamak için Eddy akımı (EA) ve manyetik kaçak akı (MKA) yöntemlerini kullanarak incelemişlerdir. Bu iki yöntemi % 25 ve % 50 malzeme kaybı nedeniyle yapay kusurları olan ve olmayan inşaat demiri üzerine uygulamış ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, her iki tekniğin de kusurları 2,5”(63,5 mm) mesafeden kolayca tespit ettiğini belirtmişlerdir.

Shi ve diğ. (2015) Boru hattının belirlenmesinde Manyetik kaçak akı (MKA) yönteminin teorisi ve uygulaması üzerine çalışma yapmışlardır. MKA yönteminin kantitatif analizinin kilit noktası olarak, manyetik kaçak akı sinyalinin tanımlanmasını tartışmışlardır. Ek olarak, farklı tanımlama yöntemlerinin avantajları ve dezavantajlarını analiz etmişlerdir. Çalışma sonunda, boru hattında MKA yönteminde gelecekteki gelişmeler öngörmüşlerdir.

Kara ve diğ. (2017) Bu çalışmada, materyallerin kusur analizini gerçekleştirerek güvenli materyal kullanımı sağlayan tahribatsız test yöntemlerini incelemişlerdir.

Tahribatsız test işleminde kullanılacak yöntemin, çalışma şartları açısından test edilecek materyal üzerinde uygulanabilir olması gerektiğini ve seçilen test yöntemi ile materyal düzenli aralıklarla tahribatsız muayene edilerek kusurlu materyal bölgelerinin tespit edilebileceğini belirtmişlerdir.

Okolo (2018) kılcal çatlak tespiti ve karakterizasyonu için manyetik kaçak akı dağılımının modellenmesi ve deneysel olarak incelenmesi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda, dikdörtgen yüzey ve uzak yüzeyli kılcal çatlakların neden olduğu MKA dağılımının tespiti ve karakterizasyonunu belirlemişlerdir.

Yalçiner ve Erdoğan (2011) ve Yalçiner ve Sert (2011) yeraltı radarı ve yapı jeofiziği ile ilgili araştırma yapmışlardır. Bu çalışmalardan elde edilen verilerden yapının donatı tespiti, beton dayanımı, beton kalınlığı hakkında bilgiler elde edilmiştir.

Wilcke ve diğ. (2018) Manyetik kaçak akı tekniğinin beton yapılarda basit uygulaması üzerine çalışma yapmışlardır. İnşaat tekniklerinin başından 1980'lerin sonlarına kadar ön gerilimli ve buna göre gerilmiş beton yapılar oluşturan üreticiler ve inşaat şirketleri, tarafından korozyona karşı hassas olan ön gerilimli çelik malzemelerle ilgilenildiğini, tendon alanı boyunca inşaat sırasında kullanılmakta olan gerilme korozyon çatlama duyarlı ön gerilmeli yapısal donatı nedeniyle, gerilme sonrası çelik elemanlar içindeki çatlakların detaylı araştırılması ihtiyacının ortaya çıktığını ve bu nedenle, kaplama borularının içinde bile tahribatsız manyetik akı kaçağı ölçüm tekniği uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

B.P.C. Rao (2012) Makalede, ferromanyetik nesnelere kusurun tespiti için manyetik kaçak akı (MKA) tekniğinin çalışma prensibi, yetenekleri, uygulamaları ve sınırlamaları anlatılmaktadır. MKA sinyallerini etkileyen parametrelerle ilgili konular ve teorik modelleme ile analizleri tartışılmaktadır. Otomatik algılama ve hataların boyutlandırılması için MKA teknolojisindeki son gelişmeler vurgulanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Manyetik Kaçak Akı Yöntemi (Magnetic Flux Leakage- MFL):

Manyetizma, iki olgunun neden olduğu moleküler akım döngülerinin varlığından kaynaklanır. Bunlar elektronların atomlar içindeki hareketi ve mıknatıs içindeki elektronların dönüş yönüdür. Mevcut bir manyetik alan varlığında, hareketli bir yük üzerine uygulanan manyetik bir kuvvete sahiptir. Manyetik alan boyunca hareket eden yükler üzerindeki kuvveti yöneten ilişkiye Faraday Yasası denir ve bir q yükünün bir B manyetik alanında V hızıyla hareket ederse, manyetik kuvvet F'yi oluşturur. Manyetik alan birimi Tesla'dır (Niroumand ve diğ., 2009).

$$F = q \cdot V \cdot T \quad [3.1]$$

Burada;

F: Manyetik Kuvvet

q: Yük

V: Hız

T: Uygulanan manyetik alan.

Manyetik alan ferromanyetik malzemeye yaklaştığında, manyetik akı çizgileri, demir çubuktan geçmeye başlayacaktır, çünkü demirin manyetik geçirgenliği bulunduğu ortama göre daha yüksektir. Ferromanyetik malzemede bozukluklar (korozyon gibi) olduğunda, bu düşük dirençli yol tıkanır ve bu da akının bir kısmını havada akmaya zorlar. Tüm dipollerin bir doygunluk seviyesi vardır. Doyma seviyesinde aşağıdaki eşitlik geçerlidir.

$$B = \mu \cdot H$$

[3.2]

Burada;

B: Manyetik akı (weber/m²)

μ : Malzemenin manyetik geçirgenliği (weber/amper.m)

H: Manyetik alan kuvveti (amper/metre)

Aktif manyetik kaçak akı yönteminde, sensörler mıknatısın kutuplarının arasına yerleştirilir ve cihaz malzeme üzerinden geçerken okumalar alınır. Ferromanyetik malzemelerdeki akı miktarı, malzemelerin yakınındaki manyetik alana, mıknatısın konumuna ve alanın büyüklüğüne bağlıdır. Ölçülen manyetik akı birçok değişkenden etkilenebilir. Bunlar, beton örtü, kullanılan boru tipi, borular arasındaki mesafe, borudaki tel sayısı, korozyon seviyesi, aşınmış alanın çevresindeki enine donatı, çelik şeritlerdeki gerilme kuvvet seviyesi, sensör ve korozyon noktası arasındaki mesafedir. Bu parametreler arasındaki etkileşim çok karmaşıktır ve elde edilen sinyalleri yorumlamayı zorlaştırır. Ayrıca, metalin manyetik olarak doygun hale gelmesi çok önemlidir. Belirlenmek istenen nesne doygunluğa yakın değilse, metal içinde akı çizgileri dolaşamaz (Niroumand ve diğ., 2009).

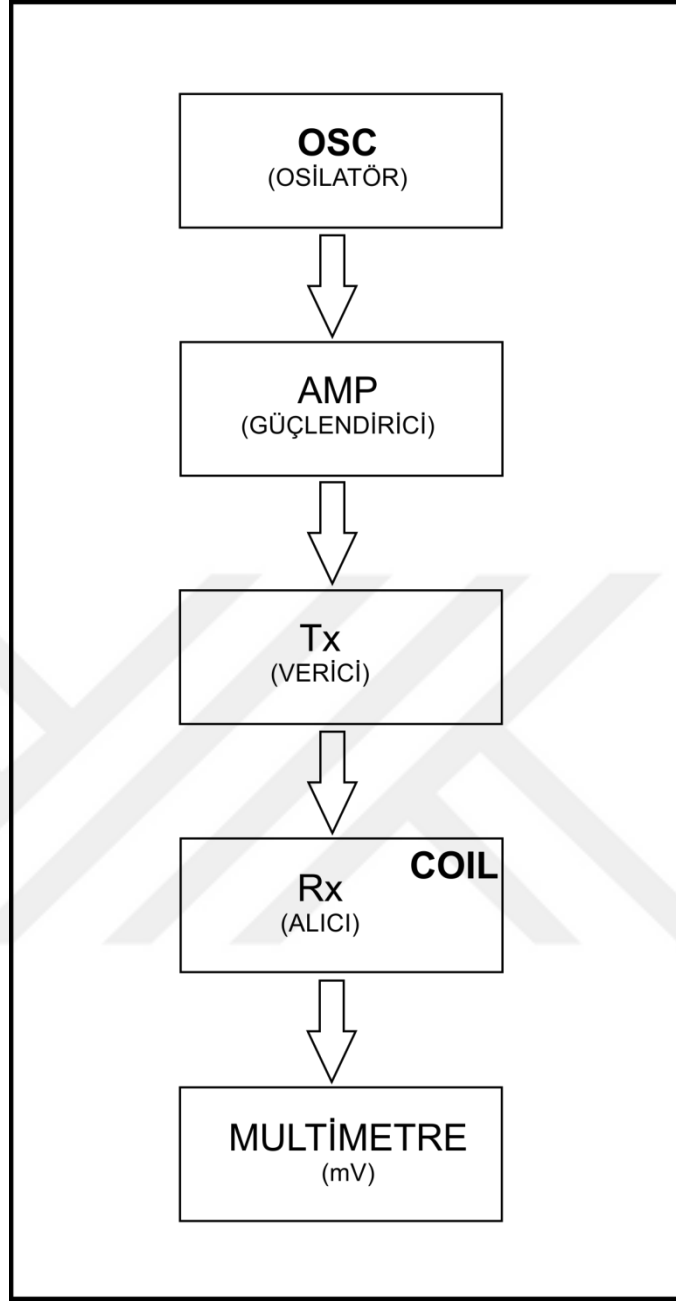
Manyetik Kaçak Akı yöntemi betonarme yapılarındaki yapı gereçlerini (demir donatılar) belirlenmesine yönelik bir yöntemdir. Ölçüm yapılan bölgeye herhangi bir zarar vermediği için tahribatsız ölçüm tekniği olarak da bilinir. Bu tez çalışmasında betonarme yapılarının kolon ve duvarlarındaki çelik donatıları tespit etmek için manyetik kaçak akı cihazı üretilmiştir. Üretilen cihaz, U biçimli demir çubuk üzerine sarılan bobin ve bu demir çubuğun uçları arasına yerleştirilmiş sensörden oluşmaktadır (Şekil 3.1). Üretilen manyetik kaçak akı cihazının dış görünümü ve çalışma prensibi Şekil 3.2 ve 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Üretilen manyetik kaçak akı cihazının iç görünümü



Şekil 3.2. Üretilen manyetik kaçak akı cihazının dış görünümü



Şekil 3.3. Manyetik kaçak akı cihazının çalışma prensibi

Osilatörden 340 Hz frekanslı sinyal çıkışı olup bu frekans amplifikatör tarafından büyütülerek verici bobinde (Tx) birincil manyetik alan oluşturmaktadır. Oluşturulan birincil manyetik alan çelik donatı içerisinde eddy akımlarını oluşturmakta ve bu eddy akımları nedeniyle ikincil manyetik alan oluşmaktadır.

Oluşan ikincil manyetik alan alıcı bobin (Rx) tarafından algılanmaktadır. Rx alıcı bobinin direnci 62.8Ω 'dur.

3.2.Yapı Radarı

Mühendislik yapılarını incelemek için yapı radarı kullanımının üç ana odak alanı vardır. Birincisi inşaat uygunluk kontrolü için görünmeyen nesnelere ve yapıları tespit etmek, ikincisi, bozulmanın haritalanması ve önleyici / geçici bakım için karar verme aracı olarak kullanmaktır. Üçüncüsü ise sel, deprem ve toprak kayması gibi doğal afetler sonrası yapısal hasarın değerlendirilmesidir. Yapı radarı, binaların doğal afet sonrası hala güvenli olup olmadığının değerlendirilmesine yardımcı olmak için kullanılan önemli yöntemlerden biridir. TTT yöntemlerini kullanarak mühendislik yapılarındaki sorunları erken belirlemek ileride oluşabilecek daha büyük hasarların önüne geçilmesine olanak sağlamaktadır. Yapı radarı, yüksek çözünürlüğü, etkinliği ve gerçek zamanlı görüntülerin kullanılabilirliği nedeniyle en popüler yöntemlerden biridir. Tüm TTT yöntemleri gibi, yapı radarı da diğer TTT yöntemleriyle birlikte en iyi şekilde uygulanır. Modern binalar genellikle betonarme kullanılarak inşa edilir; kullanılan malzeme genellikle çeliktir ve bozulmaya maruz kalır. Bazı yapılarda inşaat çeliği yetersiz, tamamen eksik veya aşınmış olabilir (Lai ve diğ., 2018).

Mühendislik yapı araştırmaları için yapı radarı uygulamalarının evrimi, inşaat çeliğinin konumu, ayrıntılı yapısal elemanların yeniden yapılandırılması ve boşluk, bal peteği ve delaminasyonu içeren geometrik patolojilerin de dahil olduğu geometrik bilgilerden doğmuştur. Bu yeni uygulamalar GPR teknolojisinin yeni yüksek frekanslı antenler (> 1 GHz) ortaya çıkmasıyla birlikte gelişmiştir. GPR, gözeneklilik, su içeriği veya doygunluk derecesi, taşıma katsayıları ve klorür girişi gibi kantitatif mühendislik özellikleri elde etmek için tahribatsız bir test yöntemi haline gelmiştir. Beton özelliklerinin belirlenmesi, ölçülen çeşitli GPR özelliklerinin (genlik, dielektrik, hız vb.) ters çözümüne dayanır. Betondaki çelik çubukların korozyonu, buz çözücü tuzların yoğun kullanıldığı özellikle kıyı kentlerinde ve karlı bölgelerde betonarme yapılara büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Lai ve diğ., 2018).

4. BULGULAR

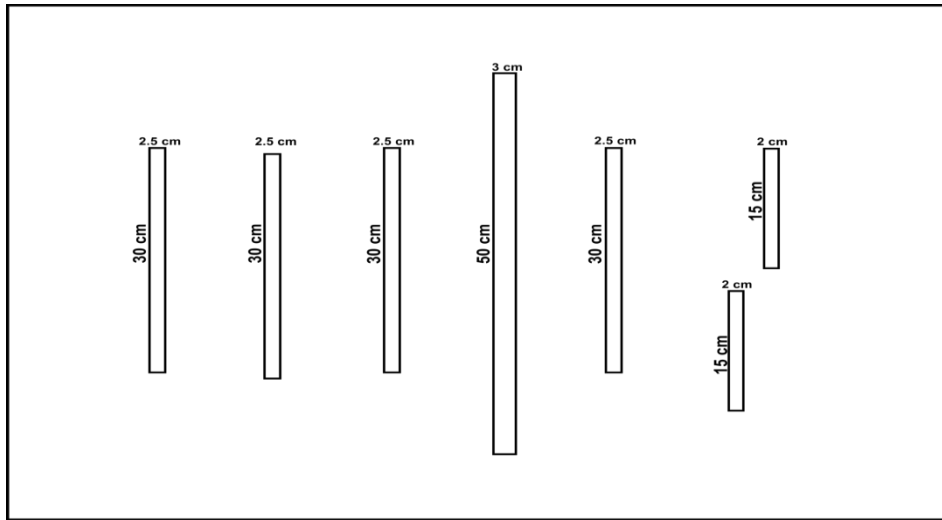
Üretilen Manyetik Kaçak Akı (MKA) cihazını test etmek için 4 farklı deneysel sistem oluşturulmuştur.

4.1 Deneysel Sistem 1

Birinci test düzeneğinde 90×60 cm boyutlu alan içerisinde 7 adet ferromanyetik malzeme Şekil 4.1 ve 4.2’de gösterilen şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 4.1. 90×60 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen ferromanyetik malzemelerin konumları (Altan görünüş)



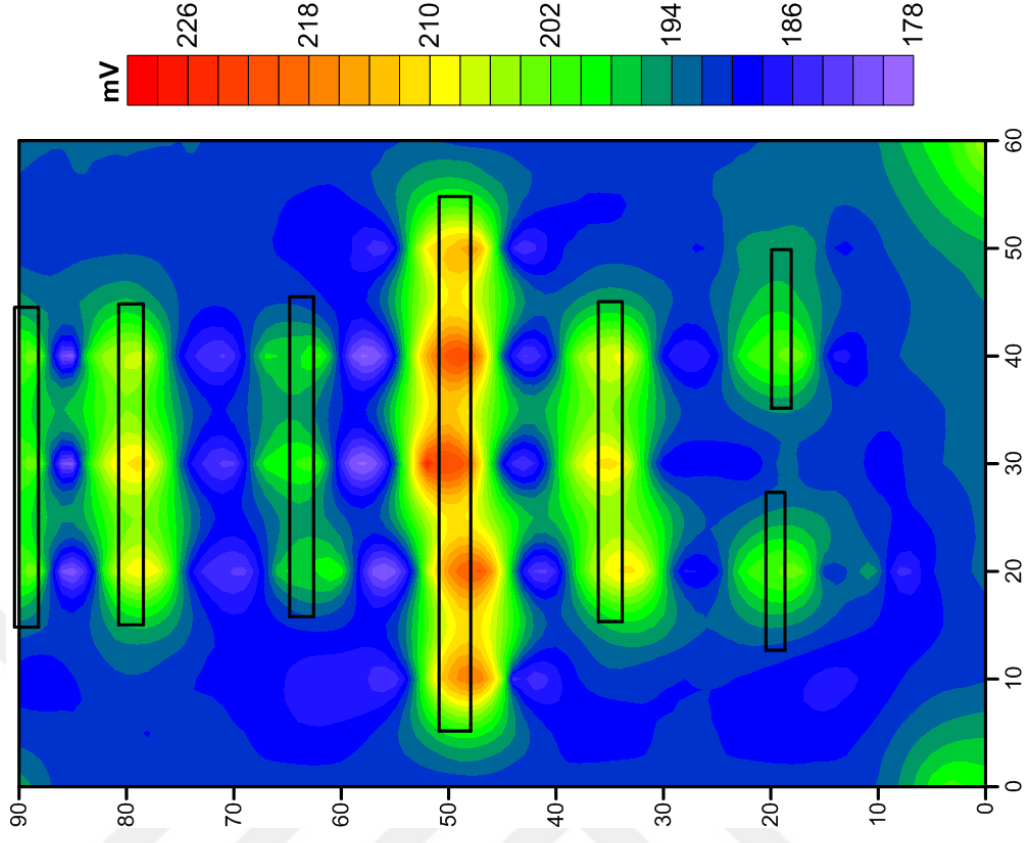
Şekil 4.2. 90×60 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen ferromanyetik malzemelerin konumları ve boyutları (üstten görünüş)

Birinci test düzeneği üzerinde profil aralıkları 10 cm ve ölçüm nokta aralıkları 1 cm olacak şekilde üretilen Manyetik Kaçak Akı cihazı ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3.90 x 60 cm boyutlu birinci test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü

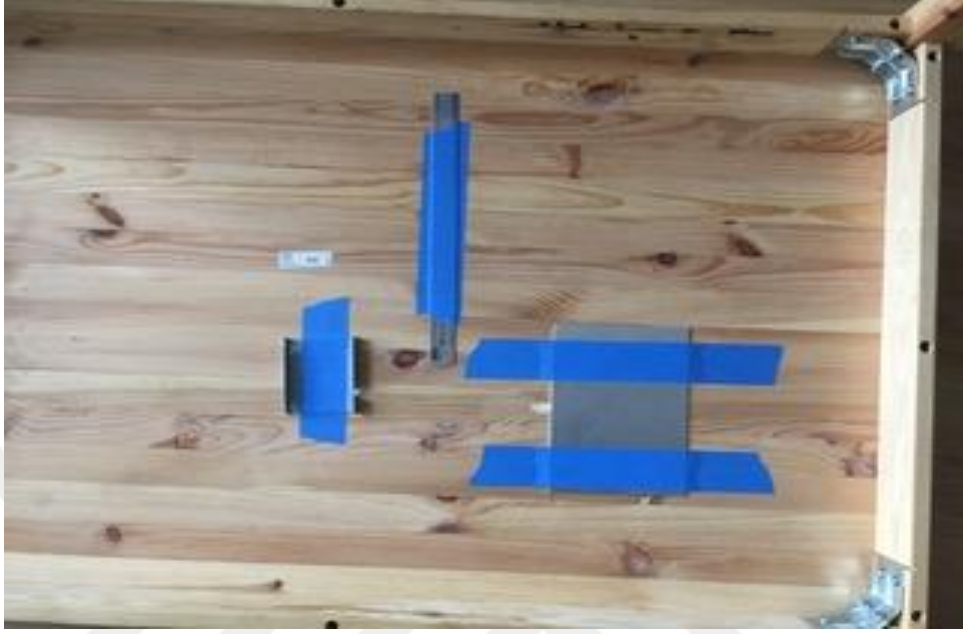
Birinci test düzeneği üzerinde gerçekleştirilen MKA ölçümleri sonucunda elde edilen harita Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Şekil 4.4 incelendiğinde, 7 adet ferromanyetik malzeme üretilen manyetik kaçak akı cihazı ile tespit edilmiştir. Ayrıca, ferromanyetik malzemelerin konumları ve geometrileri de iyi bir şekilde belirlenmiştir.



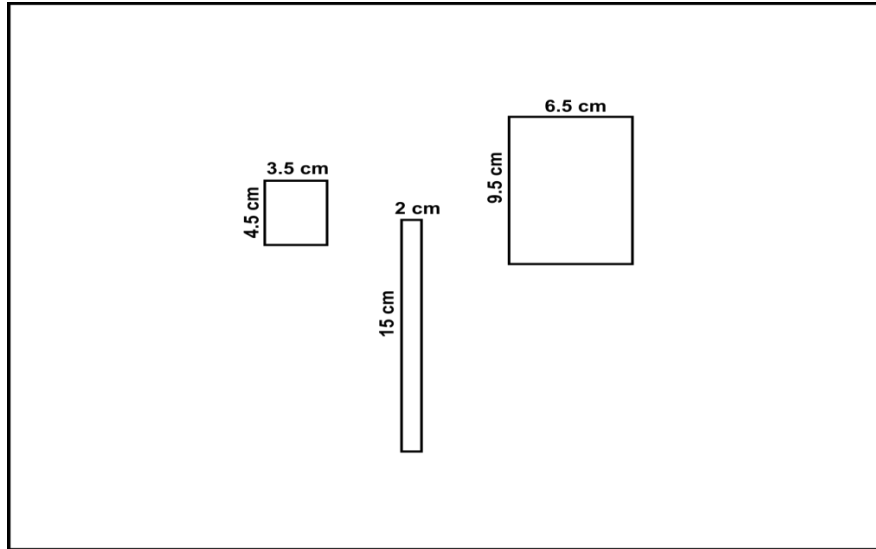
Şekil 4.4. Manyetik Kaçak akı cihazı ile elde edilen ferromanyetik malzemelere ait sinyal haritası

4.2 Deneysel Sistem 2

İkinci test düzeneğinde 85×50 cm ebatlı alan içerisine 3 adet ferromanyetik malzeme Şekil 4.5 ve 4.6’da gösterilen şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 4.5. 85×50 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen ferromanyetik malzemelerin konumları (Alttan görünüş)



Şekil 4.6. 85×50 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen Ferromanyetik malzemelerin konumları ve boyutları (üstten görünüş)

İkinci test düzeneği üzerinde profil aralıkları 10 cm ve ölçüm nokta aralıkları 1 cm olacak şekilde üretilen Manyetik Kaçak Akı cihazı ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 4.7).

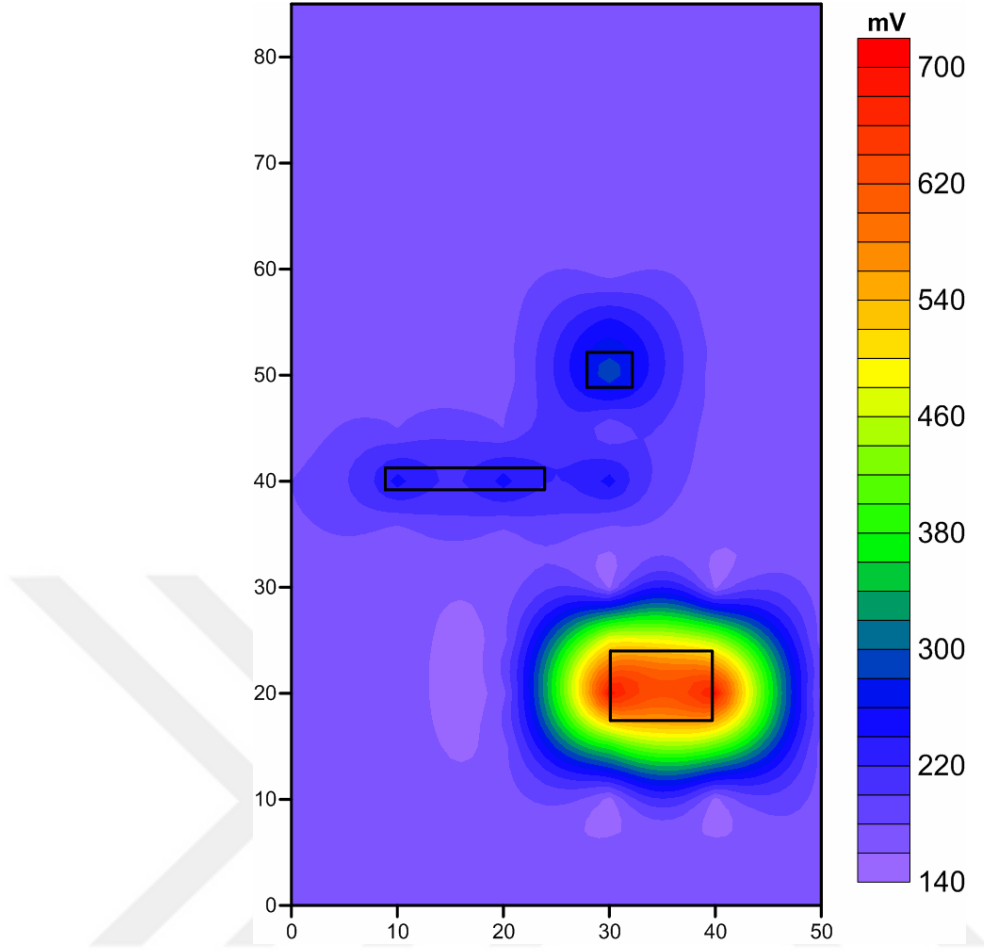


Şekil 4.7. 85 × 50 cm ikinci test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü

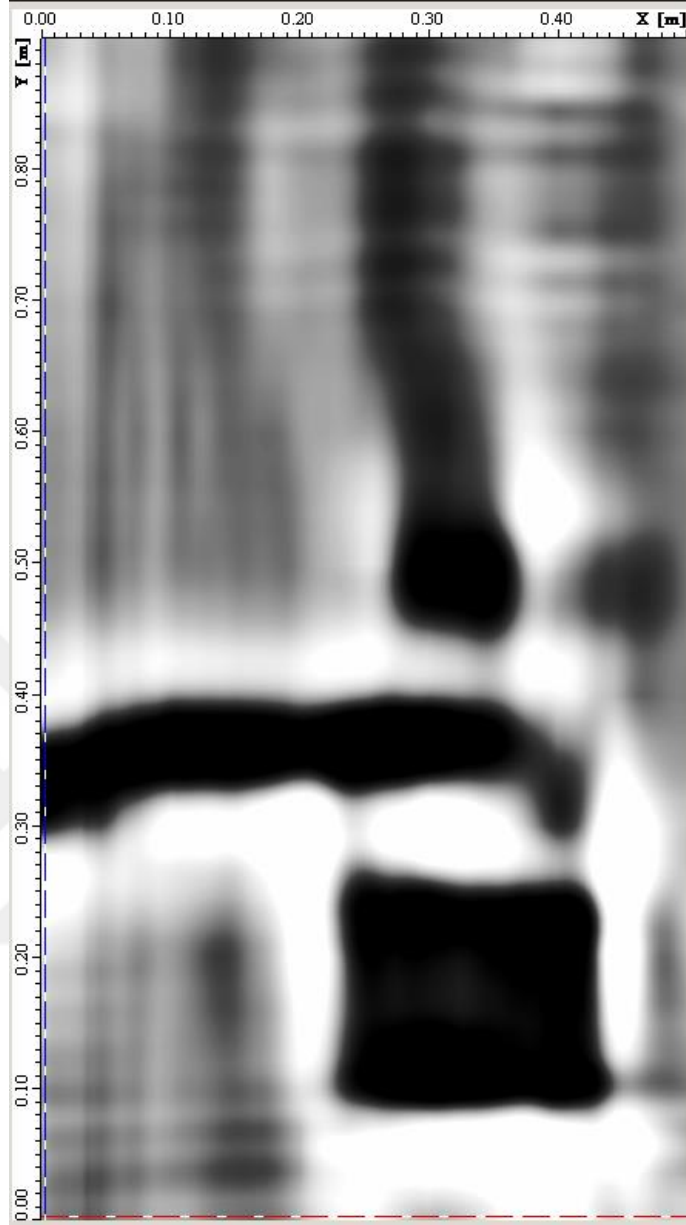
İkinci test düzeneği üzerinde gerçekleştirilen MKA ölçümleri sonucunda elde edilen harita Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Şekil 4.4 incelendiğinde, 3 adet ferromanyetik malzeme üretilen manyetik kaçak akı cihazı ile tespit edilmiştir. Ayrıca, ferromanyetik malzemelerin konumları ve geometrileri de iyi bir şekilde belirlenmiştir. Aynı düzenek üzerinde 1.6 GHz anten ile radar ölçüleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8). Elde edilen sonuç Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Radar derinlik kesitine bakıldığında test düzeneğine yerleştirilen 3 ferromanyetik malzeme tespit edilmiş ve manyetik kaçak akı cihazı ile elde edilen sonuçlarla uyumludur.



Şekil 4.8. 85 × 50 cm ikinci test düzeneğinde gerçekleştirilen GPR ölçümü



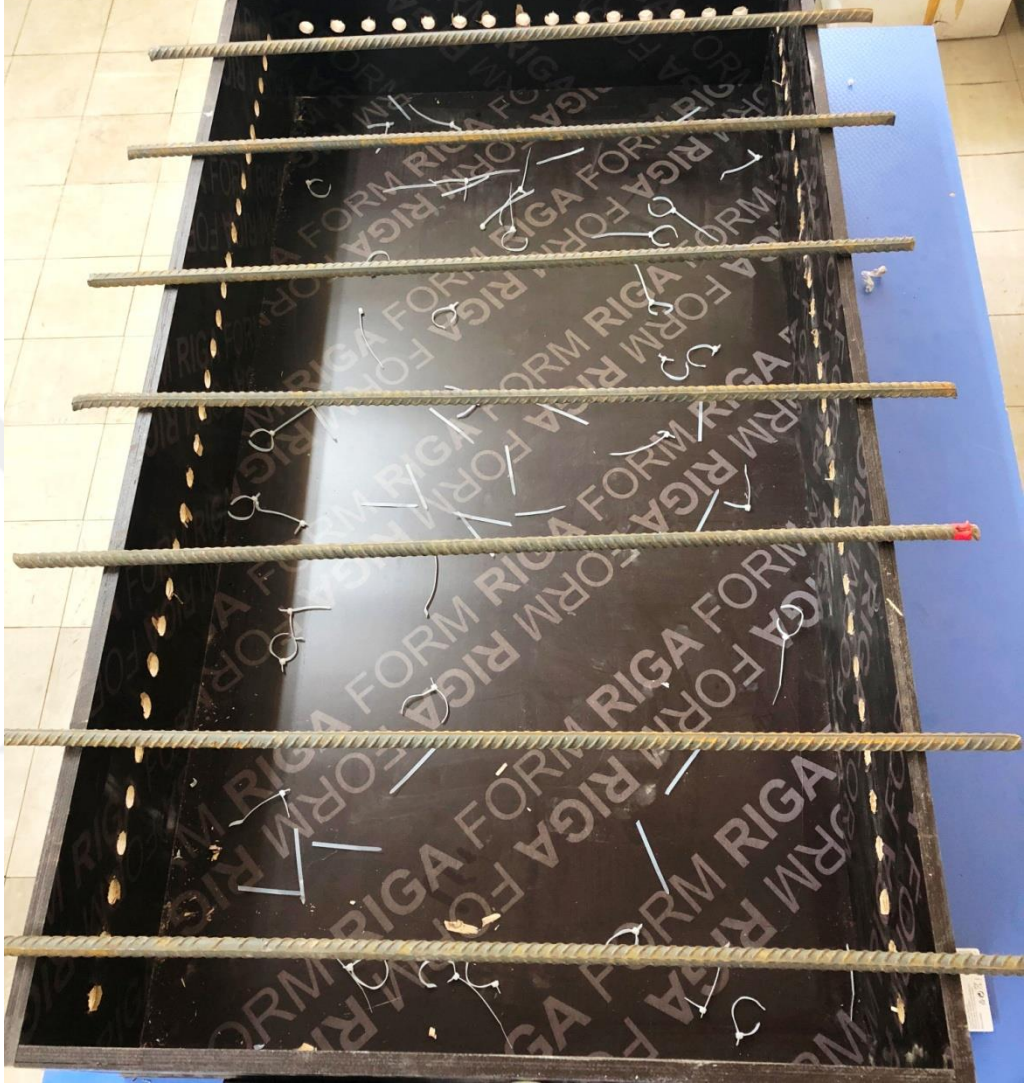
Şekil 4.9. Manyetik kaçak akı cihazı ile elde edilen ferromanyetik malzemelere ait sinyal haritası



Şekil 4.10. İkinci test düzeneği için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü

4.3 Deneysel Sistem 3

Üçüncü test düzeneğinde 80×150 cm ebatlı alan içerisine 20 cm aralıklı 7 adet inşaat çeliği Şekil 4.11'de gösterilen şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 4.11. 80×150 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen inşaat çeliklerinin konumları

Üçüncü test düzeneği üzerinde profil aralıkları 10 cm ve ölçüm nokta aralıkları 5 cm olacak şekilde üretilen manyetik kaçak akı cihazı ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 4.12).

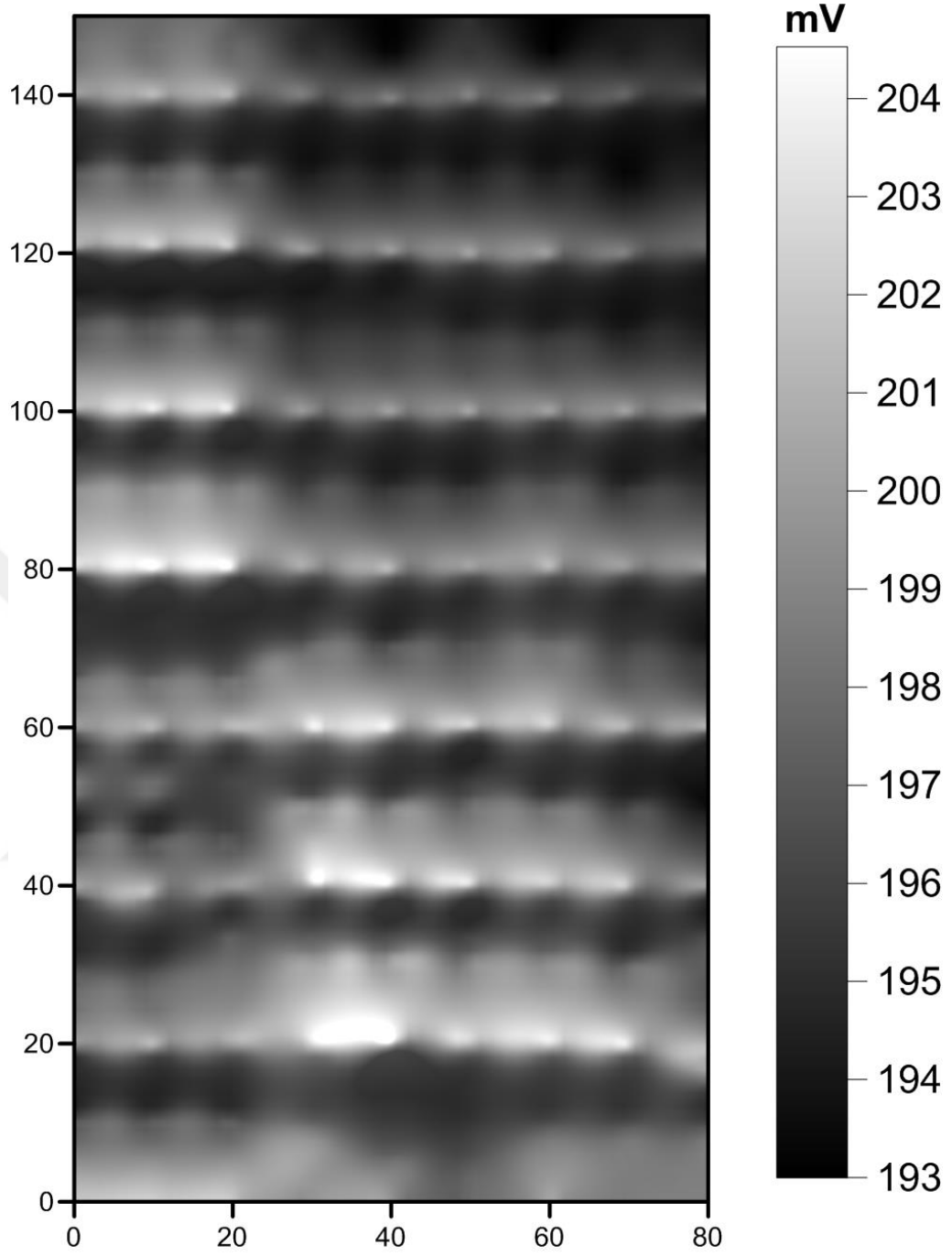


Şekil 4.12. 80 × 150 cm ikinci test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü

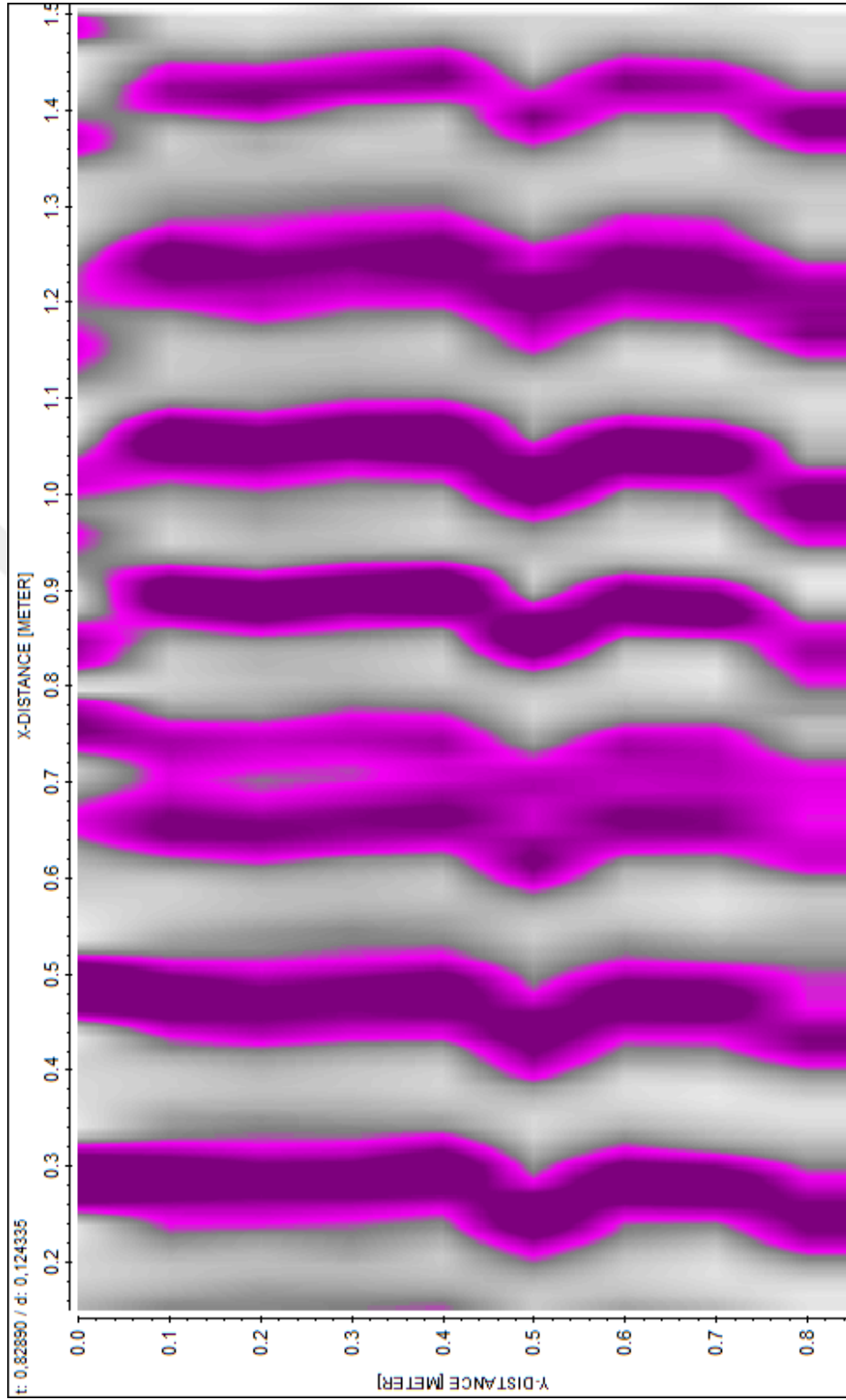
Üçüncü test düzeneği üzerinde gerçekleştirilen MKA ölçümleri sonucunda elde edilen harita Şekil 4.13’de gösterilmiştir. Şekil 4.13 incelendiğinde, 7 adet inşaat çeliği üretilen manyetik kaçak akı cihazı ile tespit edilmiştir. Ayrıca, inşaat çeliklerinin konumları ve geometrileri de iyi bir şekilde belirlenmiştir. Aynı düzenek üzerinde 1.6 GHz anten ile radar ölçüleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.14). Elde edilen sonuç Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Radar derinlik kesitine bakıldığında test düzeneğine yerleştirilen 7 adet inşaat çeliği tespit edilmiş ve manyetik kaçak akı cihazı ile elde edilen sonuçlarla uyumludur.



Şekil 4.13. 80 × 150 cm üçüncü test düzeneğinde gerçekleştirilen GPR ölçümü



Şekil 4.14. Manyetik kaçak akı cihazı ile elde edilen inşaat çeliklerine ait sinyal haritası



Şekil 4.15. Üçüncü test düzeneği için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü

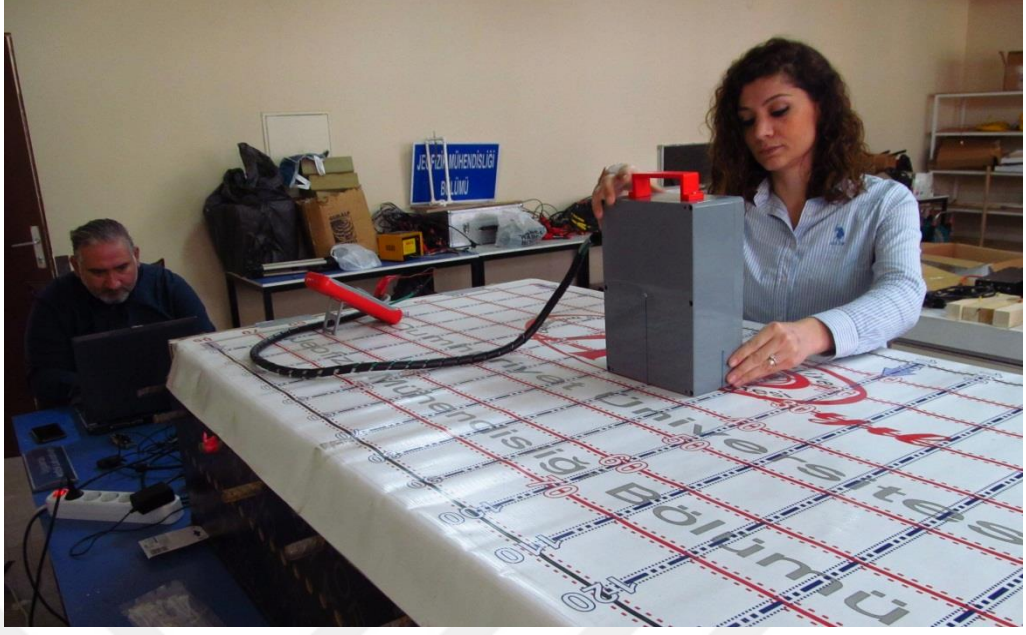
4.4 Deneysel Sistem 4

Dördüncü test düzeneğinde 80 x 150 cm ebatlı alan içerisine x yönünde 20 cm aralıklı 4 adet ve y yönünde 20 cm aralıklı 7 adet inşaat çeliği Şekil 4.17'de gösterilen şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 4.16. 80 × 150 cm boyutlu birinci test düzeneğine yerleştirilen inşaat çeliklerinin konumları

Dördüncü test düzeneği üzerinde profil aralıkları 10 cm ve ölçüm nokta aralıkları 5 cm olacak şekilde üretilen manyetik kaçak akı cihazı ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 4.17).

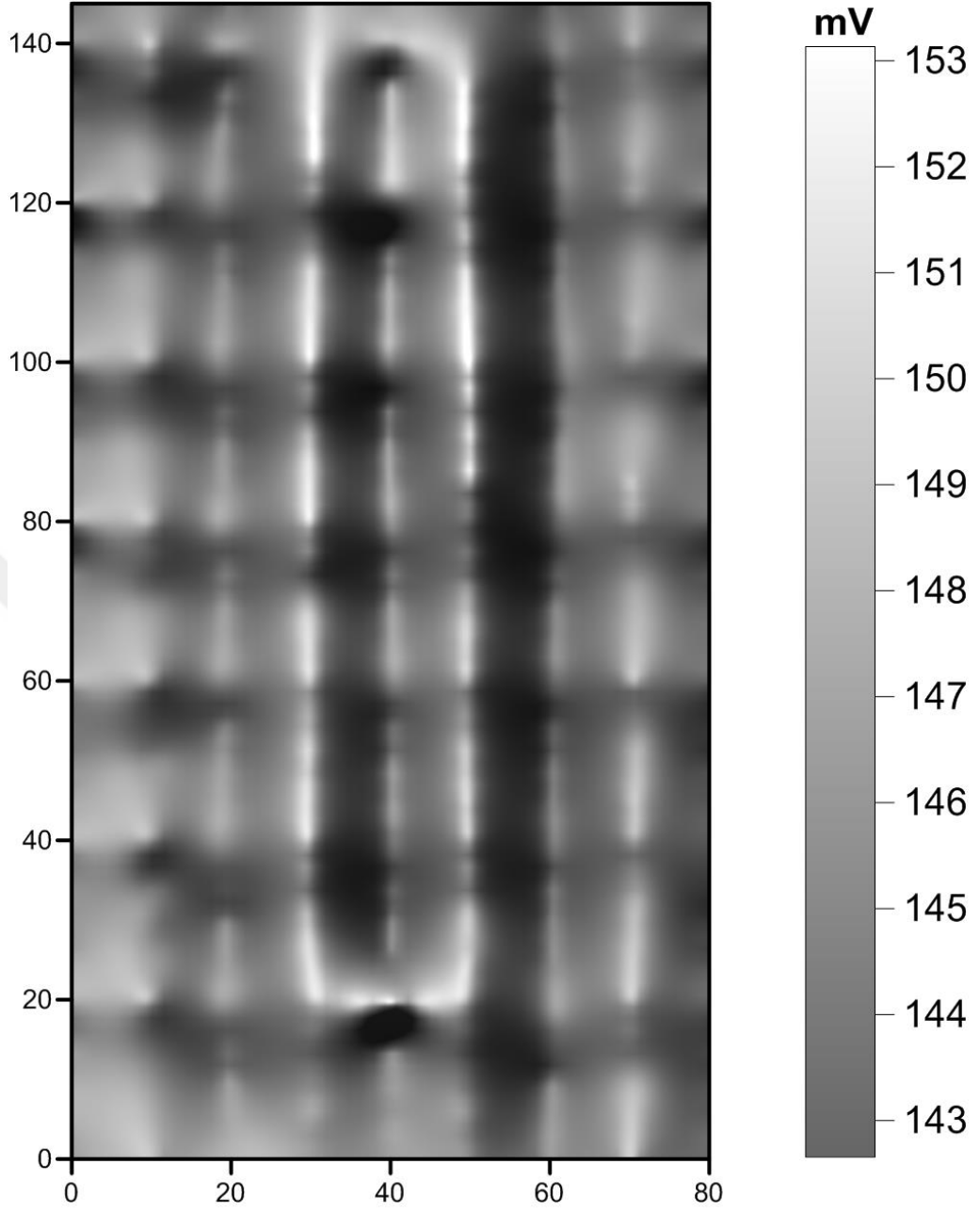


Şekil 4.17. 80 × 150 cm dördüncü test düzeneğinde gerçekleştirilen MKA ölçümü

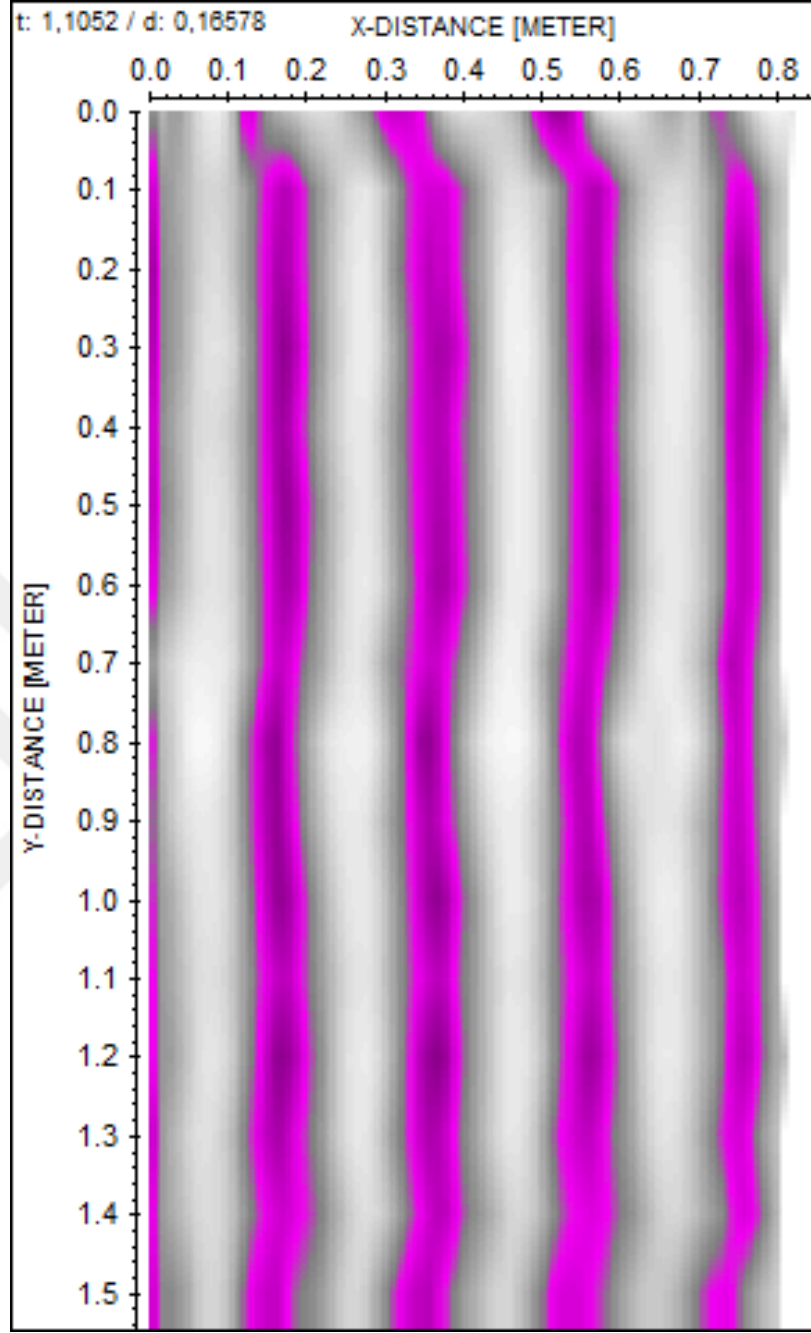
Dördüncü test düzeneği üzerinde gerçekleştirilen MKA ölçümleri sonucunda elde edilen harita Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Şekil 4.18 incelendiğinde, x yönünde 20 cm aralıkla yerleştirilen 4 adet ve y yönünde 20 cm aralıklarla yerleştirilen 7 adet inşaat çeliği üretilen manyetik kaçak akı cihazı ile tespit edilmiştir. Ayrıca, inşaat çeliklerinin konumları ve geometrileri de iyi bir şekilde belirlenmiştir. Aynı düzeneğin üzerinde 1.6 GHz anten ile radar ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.19). x yönünde elde edilen sonuç Şekil 4.20’de ve y yönünde elde edilen sonuç Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Radar derinlik kesitine bakıldığında test düzeneğine yerleştirilen inşaat çelikleri tespit edilmiş ve manyetik kaçak akı cihazı ile elde edilen sonuçlarla uyumludur.



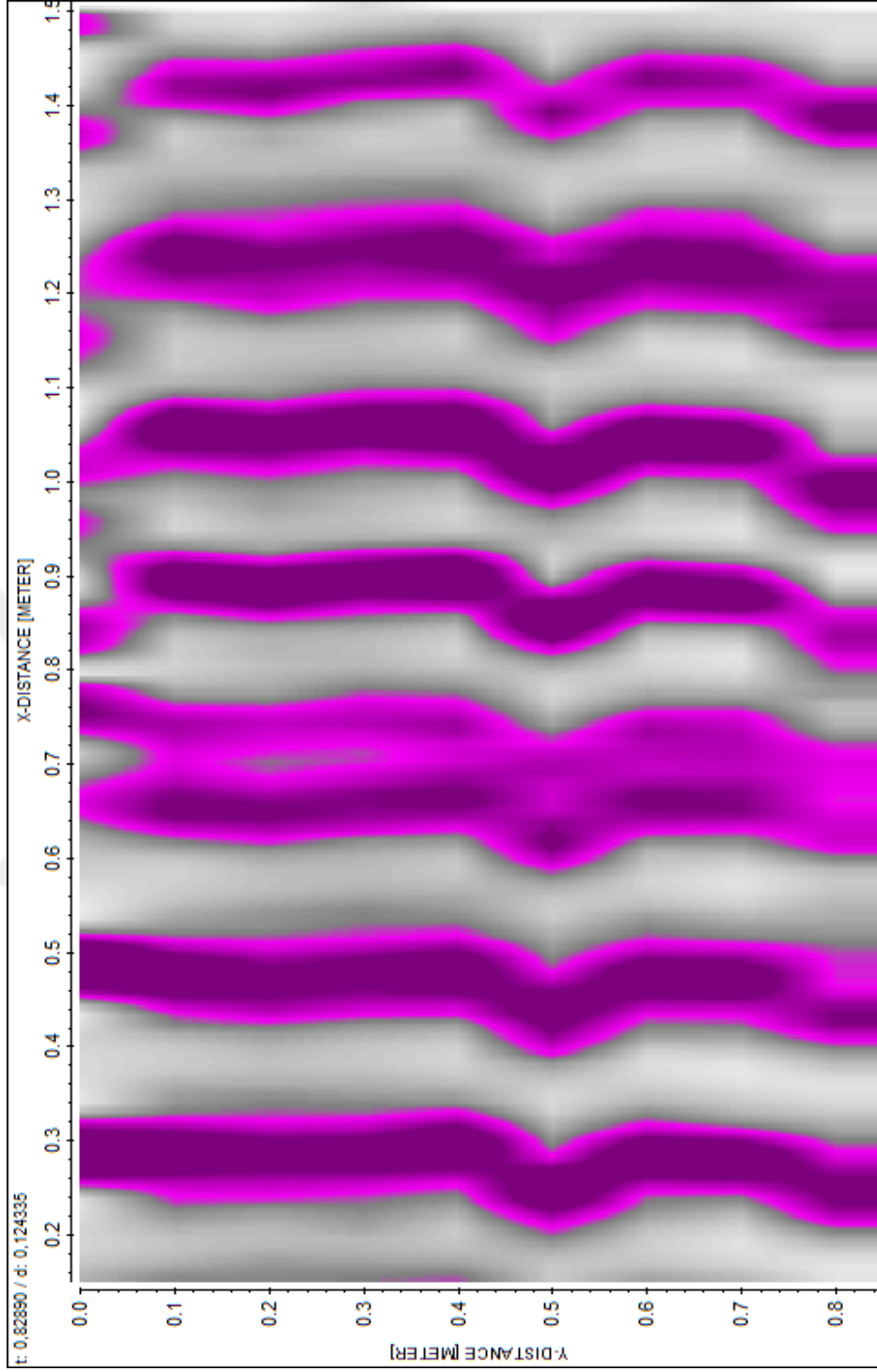
Şekil 4.18. 80×150 cm dördüncü test düzeneğinde gerçekleştirilen GPR ölçümü



Şekil 4.19. Manyetik kaçak akı cihazı ile elde edilen inşaat çeliklerine ait sinyal haritası



Şekil 4.20. Dördüncü test düzeneği x yönü için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü



Şekil 4.21.Dördüncü test düzeneği y yönü için elde edilen 2 Boyutlu radar görüntüsü

5. SONUÇLAR

Betonarme yapı elemanlarını belirlemek için tez çalışması kapsamında manyetik kaçak akı cihazının prototipi üretilmiştir. Üretilen manyetik kaçak akı cihazı, 340Hz frekanslı sinyal çıkışı olan osilatör ve bu frekansın büyütüldüğü amplifikatör devrelerinin bulunduğu birinci kısım, amplifikatör tarafından büyütülerek gönderilen sinyalin U biçimli bobin sarılı parçada yer alan Tx verici kısımdan birincil manyetik alan ve ferromanyetik malzeme içerisinde oluşan ikincil manyetik alanın algılandığı Rx alıcısı ikinci kısım ve alıcıya gelen sinyalin görüntülediği voltmeterle olmak üzere toplam üç bölümden oluşmaktadır. Üretilen manyetik kaçak akı cihazı prototipi oluşturulan 4 farklı düzenekte test edilmiştir. Ayrıca, aynı düzeneklerde üzerinde yapı radarı yöntemi ile ölçümler yapılarak her iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Böylece, bu tez çalışması kapsamında üretilen manyetik kaçak akı cihazı prototipinin betonarme yapı elemanlarının belirlenmesinde sağlıklı ölçümler aldığı ve elde edilen sonuçların başarılı olduğu belirlenmiştir. Üretilen cihaz henüz prototip aşamasındadır. Bir sonraki aşamada daha hassas ve hızlı ölçümler yapabilmek için manyetik kaçak akı prototipi geliştirilecektir.

6. KAYNAKLAR

Göktepe, M., Perin, D., Inspection of rebars in concrete blocks, *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics* 38 (2012) 65–78.

Göktepe, M., Perin, D., Oral, A., (2012). Betonarme Yapılardaki Demir Donatıların Manyetik Kaçak Akı Yöntemiyle İncelenmesi, 3. *Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi* 29-30 Kasım 2012- Balıkesir.

Kara, O., Erdal, H., Çelik, H. H., (2017). Bazı Tahribatsız Test Yöntemleri: Karşılaştırmalı Bir Derleme Çalışması. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi* 2017, 3: 82-93

Lai, W. W., Derobert, X., Annan, P., (2018). A review of Ground Penetrating Radar application in civil engineering: A30-year journey from Locating and Testing to Imaging and Diagnosis. *NDT and E International*, 96, 58-78.

Lo, C. C. H., Nakagawa, N., (2013). Evaluation of eddy current and magnetic techniques for inspecting rebars in bridge barrierrails. *AIP Conf. Proc.* 1511, 1371; doi: 10.1063/1.4789202.

Okolo, K.W., (2018). Modelling and Experimental Investigation of Magnetic Flux Leakage Distribution for Hairline Crack Detection and Characterization. Wolfson Centre for Magnetics School of Engineering, *Cardiff University*. (PhD Thesis)

B.P.C. Rao., (2012). Magnetic Flux Leakage Technique, *Journal of Non Destructive Testing & Evaluation, Metallurgy and Materials Group Indira Gandhi Center for Atomic Research, Kalpakkam-603 102, TN, India.*

Shi, Y., Zhang, C., Li, R., Cai, M., Jia, G., (2015). Theory and Application of Magnetic Flux Leakage Pipeline Detection. *Sensors*, 15, 31036–31055; doi:10.3390/s151229845

Tsukada, K., Yoshioka, M., Kiwa, T., Hirano, Y., (2011). A magnetic flux leakage method using a magnetoresistive sensor for non destructive evaluation of spot welds. *NDT&E International*, 44, 101-105.

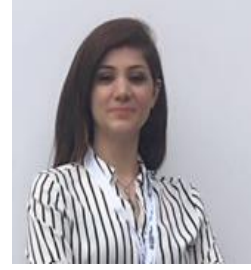
Wilcke, M., Walther, A., Szielasko, K., Youssef, S., (2018). The MFL technique - Basic application for PT cable break detection in concrete structures. *MATEC Web of Conferences* 199, 06013 *ICCRRR 2018*.

Yalçiner, C.Ç., Erdoğan, E., (2011). Yeraltı Radarı ve Yapı Jeofiziği, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği, Bitirme Tezi (Yayımlanmamış).

Yalçiner, C.Ç., Sert, E., (2011). Yeraltı Radarı ve Yapı Jeofiziği, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği, Bitirme Tezi (Yayımlanmamış).



ÖZGEÇMİŞ



Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Buket ÖZBOYLAN
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 22.10.1986
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Sivas
E-posta Adresi	buketozboylan@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Sivas Kongre Lisesi, 2003
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2009
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2019

İş Tecrübesi

British American Tobacco Sigara Fabrikası, İş Güvenliği Uzmanı, 5 yıl