

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYSERİ İL MERKEZİNDEKİ BAZI TARİHİ
ESERLERDE BOZUNMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Muhammed Kamil AKGÜL**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Mutluhan AKIN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**EYLÜL 2021
NEVŞEHİR**

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYSERİ İL MERKEZİNDEKİ BAZI TARİHİ
ESERLERDE BOZUNMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Muhammed Kamil AKGÜL**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Mutluhan AKIN**

**Yardımcı Tez Danışmanı
Doç. Dr. Müge AKIN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**EYLÜL 2021
NEVŞEHİR**

TEŞEKKÜR

Değerli önerileri ve yönlendirici katkılarıyla bu çalışmanın her aşamasında bana destek olan değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Mutluhan AKIN ve Sayın Doç. Dr. Müge AKIN'a minnet ve Őükranlarımı sunarım. Tezimin değerlendirilmesi ve daha iyi bir seviyeye ulaşmasında çok değerli katkıları olan jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Tamer TOPAL'a ve Sayın Prof. Dr. İsmail DİNÇER'e teşekkürü borç bilirim. Tarihi eserlerin korunması, günümüze kadar getirilmesinde katkıları bulunan ve tez çalışmamızda gerekli desteği sağlayan Kayseri Vakıflar Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca bana vermiş oldukları sonsuz destek, özveri ve anlayış için sevgili aileme,

Yoğun çalışmalarım esnasında kendilerini ciddi derecede ihmal ettiğimi düşündüğüm eşim Aynur AKGÜL'e, oğlum Hüseyin Kerem AKGÜL'e sabırları ve anlayışlarından dolayı içtenlikle teşekkür ederim.

Muhammed Kamil AKGÜL

KAYSERİ İL MERKEZİNDEKİ BAZI TARİHİ ESERLERDE BOZUNMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Muhammed Kamil AKGÜL

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2021

ÖZET

İnsanlar tarafından tarih boyunca yapılan, kullanılan ve günümüze kadar ayakta kalan bir kısım tarihi yapılar iklimsel koşulların ve insani faaliyetlerin etkisiyle bozunmaya uğramaktadırlar. Bundan dolayı tarihsel değerdeki birçok yapı geri dönülmesi çok zor olan bozunma ile kültürel değer kaybına uğramaktadır. Kayseri il merkezi ve ilçelerinde Selçuklu ve Osmanlı dönemine ait çok sayıda tarihi eser bulunmaktadır. Bu nedenle Kayseri ili, doğal güzelliklerinin yanı sıra, tarihi eserleri ile de ön plana çıkmaktadır. İl merkezinde farklı lokasyonlarda çok sayıda medrese, camii ve kümbet türünde tarihi esere rastlamak mümkündür. Bu eserler mahalle aralarında, yol kenarlarında olumsuz koşullar altında çeşitli bozunmalara maruz kalmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında Kayseri il merkezi sınırları içindeki Selçuklu ve Osmanlı dönemine ait tarihi kümbet ve benzeri tarihi eserler ve bu eserlerdeki bozunma dereceleri incelenmiştir. Kümbet ve benzeri tarihi eserlerde zaman içinde meydana gelen bozunmanın gözlemsel olarak incelenmesinin yanı sıra, arazi çalışmaları esnasında eserlere zarar vermeyen, tahribatsız deney yöntemlerinden olan P-dalga hızı deneyi, İğne penetrometresi ve Schmidt çekici deneyleri kullanılmıştır.

Öte yandan, bu eserlerin yapımında kullanılan ignimbirit türü kaya malzemesinin taze örneklerine ait fiziksel ve mekanik özellikleri daha önce yapılmış olan bilimsel

çalışmalardan yararlanılarak tespit edilmiştir. Burada amaç, tarihi eserin yapımında kullanılan kaya malzemesinin bozunmadan etkilenmemiş örneklerine ait fiziko-mekanik özellikler ile söz konusu tarihi eserlerin tahribatsız deneylerle dolaylı olarak yerinde belirlenmiş parametrelerinin karşılaştırılması ve ilksel özelliklerdeki yaklaşık değişimin ortaya konmasıdır. Kayseri il merkezindeki Selçuklu dönemine ait bazı tarihi kümbetlerde gerçekleştirilen gözlemsel incelemeler sonucunda, başlıca gri, kahverengi ve krem renkli ignimbirit türü kaya malzemesi kullanılarak inşa edilen kümbetlerde özellikle kılcallık sebebiyle kümbetlerin taban bölümlerinde pullanma ve kavlaklanma türü bozunmaların geliştiği tespit edilmiştir. Öte yandan, özellikle kiş mevsiminde etkili olan hava kirliliği sonucunda bazı kümbetlerde renk değişimlerinin yanı sıra, kayacın gözeneklerinde biriken tuzlar nedeniyle bozunmanın ilerlediği de gözlenmiştir. İncelenen kümbetlerin bazılarında gerçekleştirilen iyileştirme çalışmalarında ise kümbet çevresindeki yüzey suyu drenajlarının yeterli ölçüde yapılamadığı ve bunun tarihi eserlerin daha fazla su ile temas etmesine neden olduğu da saptanmıştır.

Yerinde deney sonuçları ve taze ignimbirit örneklerine ait değerler birlikte değerlendirildiğinde incelenen 14 adet tarihi eserde, özellikle taban kesimlerine yakın bölümlerde ignimbiritlerin dayanımlarını önemli ölçüde kaybettiği belirlenmiştir. Zaten zayıf bir dayanıma sahip olan ignimbiritlerdeki bu dayanım kayıpları, ilerleyen zamanla birlikte bazı tarihi eserlerin yapısal bütünlüğünü tehdit edebilecek seviyeye ulaşabilecektir. Bu nedenle, söz konusu tarihi eserlerin korunarak gelecek nesillere aktarılabilmesi için gerekli iyileştirme yöntemlerinin uygulanması ve ignimbiritlerin suya karşı oldukça hassas oldukları göz önüne alınarak tarihi kümbetlerin çevresinde su drenajına yönelik iyileştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçların, incelenen tarihi eserlerin korunmasına yönelik yol gösterici olacağı düşünölmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bozunma, ignimbirit, tarihi eser, Kayseri, Schmidt çekici, iğne penetrometresi, P-dalga hızı

Tez Danışman: Doç. Dr. Mutluhan AKIN
Sayfa Adedi: 121 sayfa

ASSESSMENT OF THE STONE DETERIORATION OF SOME HISTORICAL MONUMENTS IN KAYSERİ CITY CENTER

(Master's Thesis)

Muhammed Kamil AKGÜL

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

September 2021

ABSTRACT

Some historical buildings that have been built and used by people throughout history and survived until today are being deteriorated by the effect of climatic conditions and human activities. As a result, many historical buildings suffer from irrevocable loss of cultural value due to deterioration. There are many historical structures belonging to Seljuk and Ottoman periods in Kayseri city center and its districts. For this reason, Kayseri stands out with its historical structures as well as its natural beauties. It is possible to come across many historical structures such as madrasahs, mosques and cupolas at different locations in the city center. These monuments subject to deterioration under adverse conditions around roads and houses in the districts.

Within the scope of this thesis study, the historical monuments of Seljuk and Ottoman periods within the boundaries of the city center of Kayseri were determined and the degree of deterioration of these structures was visually examined. Besides, Ultrasonic p-wave velocity, needle penetration and Schmidt hammer tests, which are non-destructive methods that do not damage the structures, were employed during the examination of the deterioration that occurred in the course of time in historical monuments.

On the other hand, the physical and mechanical properties of the fresh samples of the ignimbrite type rock material used in the construction of these monuments were determined by using previous scientific studies. The aim here is to compare the physico-mechanical properties of the fresh samples of the rock material used in the construction of the historical artifact with the parameters of the historical structures indirectly determined by non-destructive experiments and to reveal the approximate change in the

primary properties. As a result of the observational examinations carried out in some historical cupolas belonging to the Seljuk period in the city center of Kayseri, it has been determined that flaking and scaling type deteriorations have developed in the bottom parts of the cupolas, especially due to capillarity, in the cupolas built using gray, brown and cream colored ignimbrite type rock material. On the other hand, in addition to the color changes in some cupolas as a result of air pollution, which is especially effective in the winter season, it has been observed that the deterioration progresses due to the salts accumulating in the pores of the rock. In the restoration works carried out in some of the monuments examined, it was also determined that the surface water drainage around the structure was not adequately made and this caused the historical structures to come into contact with more surface water.

When the non-destructive in situ test results and the values of the fresh ignimbrite samples were evaluated together, it was determined the ignimbrites lost their strength significantly in 14 historical structures, especially in the sections close to the basement. These strength losses in the ignimbrites, which already have weak strength, may reach a level that may threaten the integrity of some historical structures over time. For this reason, it is recommended to apply the necessary improvement methods in order to protect the historical monuments and transfer them to future generations, and to carry out restoration works for water drainage around the historical cupolas, considering the ignimbrites are very sensitive to water. It is thought that the results obtained from the study will be a guide for the preservation of the historical structures examined.

Keywords: Deterioration, ignimbrite, historical monument, Kayseri, Schmidt hammer, needle penetrometer, P-wave velocity

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mutluhan AKIN

Number of pages: 121 pages

İÇİNDEKİLER

ONAY:.....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
GİRİŞ	1
1.İNCELEME ALANININ TANITIMI.....	4
1.2. Kayseri'nin İklimi	5
1.3. Kayseri'de Hava Kirliliği.....	6
2.İNCELENEN TARİHİ KÜMBETLER	8
2.1. Roma Mezarı.....	10
2.2. Selçuklu Emir 1 Kümbeti.....	11
2.3. Selçuklu Emir 2 Kümbeti.....	12
2.4. Hasbek Kümbeti.....	13
2.5. Köşk Medresesi.....	14
2.6. Hacı Çavlı Kümbeti	16
2.7. Emir Han Camisi Kümbeti.....	17
2.8. Çifte Kümbet.....	18
2.9. Ali Cafer Kümbeti.....	19
2.10. Döner Kümbet.....	20
2.11. Babük Bey Kümbeti.....	21
2.12. Emir Şahap Türbesi.....	22
2.13. Suya Kanmış Hatun Türbesi	23
2.14. Emir Ali Türbesi	24
3.MALZEME VE YÖNTEM.....	26
3.1. P-Dalga Hızı Test Cihazı	26
3.2. Schmidt Çekici.....	28
3.3. İğne Penetrometresi Deneyi	30
4.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	32
4. Tarihi Eserlerde Meydana Gelen Bozunmalar ile İlgili Önceki Çalışmalar	32
5.KURAMSAL TEMELLER.....	41

5.1. Bozunma	41
5.2. Yapı Taşlarındaki Bozunma Nedenleri	41
5.2.1. İç Faktörler	41
5.2.1.1. Coğrafik Konum	41
5.2.1.2. Zeminin Özellikleri	42
5.2.1.3. Taşın Kendi Yapısal Özellikleri.....	42
5.2.1.4. Yapı Taşlarının Seçiminde veya Kullanımında Yapılan Hatalar	42
5.2.2. Dış Faktörler	42
5.2.2.1. Afetler	42
5.2.2.2. Atmosfer etkisi	42
5.2.2.3. Hava Kirliliğinin Etkisi	43
5.2.2.4. Yangınlar.....	43
5.2.2.5. Savaşlar	43
5.2.2.6. Turizmin ve Denetimsiz Konaklamanın Etkileri	44
5.2.2.7. Bitkisel ve Canlı Mikroorganizmalar.....	44
5.2.2.8. Trafik.....	44
5.2.2.9. İnsanların Oluşturdukları Tahribatlar.....	44
5.3. Taş Yapılarıdaki Bozunma Türleri.....	46
5.3.1. Fiziksel Bozunma.....	46
5.3.1.1. Kırık ve Çatlak Oluşumu	47
5.3.1.2. Petek gözlülük.....	47
5.3.1.3. Aşınma	48
5.3.1.4. Erozyon	49
5.3.1.5. Derz Boşalması	49
5.3.1.6. Tuzlanma.....	50
5.3.1.7. Çiçeklenme.....	51
5.3.1.8. Pullanma.....	51
5.3.2. Kimyasal Bozunma	52
5.3.2.1. Yapılarda Kararma	52
5.3.2.2. Mikrokarst oluşumu	53
5.3.2.3. Tozlaşma	53
5.3.2.4. Kabuklanma	54

5.3.2.5. Korozyon ve Pas Lekesi.....	55
5.3.3. Biyolojik Bozunma	56
5.3.3.1. Bitkiler	56
5.3.3.2. Algler ve Siyanobakteriler	57
5.3.3.3. Likenler	58
5.3.3.4. Biyolojik Birikimler	59
6.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	60
6.1. İncelenen Tarihi Eserlerde Gözlemsel Olarak Belirlenen Bozunma Türleri	60
6.1.1. Roma Mezarı'nda Gözlenen Bozunmalar	60
6.1.2. Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar.....	62
6.1.3. Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar.....	64
6.1.4. Hasbek Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar	66
6.1.5 Köşk Medresesi'nde Gözlenen Bozunmalar	68
6.1.6. Hacıp Çavlı Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar.....	70
6.1.7. Emir Han Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar	71
6.1.8. Çifte Kümbet'te Gözlenen Bozunmalar	72
6.1.9. Ali Cafer Türbesi'nde Gözlenen Bozunmalar	74
6.1.10. Döner Kümbet'te Gözlenen Bozunmalar	76
6.1.11. Babükbey Zaviyesi'nde Gözlenen Bozunmalar	78
6.1.12. Emir Ali Şahap Türbesi'nde Gözlenen Bozunmalar.....	79
6.1.13. Suya Kanmış Hatun Kümbet'inde Gözlenen Bozunmalar	81
6.1.14. Emir Ali Pişrev Türbesi'nde Gözlenen Bozunmalar	82
6.2. İncelenen Tarihi Eserlerde Gerçekleştirilen Yerde Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	84
6.2.1. Schmidt Çekici Deneyi Sonuçları	86
6.2.2. İğne Penetrometresi Deneyi Sonuçları.....	96
6.2.3. P- Dalga Hızı Ölçüm Sonuçları.....	101
6.3. Tarihi Kümbetlerde Gözlenen Bozunmalar ile İlgili Genel Değerlendirmeler.....	110
7.SONUÇLAR	112
8.KAYNAKÇA	115

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1.1 Kayseri ili ve ilçelerinin konumları	4
Şekil 1.2 Hava kalite indeksi verilerinin insan üzerindeki etkileri [11].....	7
Şekil 1. 3 Kayseri ili Ocakayı son on yıllık hava kalite indeksi verileri	7
Şekil 2.1 Tez çalışması kapsamında incelenen tarihi eserlerin uydu görüntüsü üzerindeki dağılımı	9
Şekil 2. 2 Roma Mezarı'nın farklı açılardan görünümü	10
Şekil 2. 3 Selçuklu Emir 1 Kümbeti farklı açılardan görünümeler	11
Şekil 2. 4 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nden farklı açılardan görünümeler	12
Şekil 2. 5 Selçuklu Emir 2 Kümbeti dış görünümeler	13
Şekil 2. 6 Hasbek Kümbeti'nin farklı açılardan dış görünümü.....	14
Şekil 2. 7 Köşk Medresesi dış görünümü	15
Şekil 2. 8 Köşk Medresesi'nin farklı açılardan dış görünümü.....	15
Şekil 2. 9 Hacıp Çavlı Kümbetinden farklı açılardan görünümeler.....	16
Şekil 2. 10 Emir Han Camii Kümbeti'nin farklı açılardan görünümeleri.....	17
Şekil 2. 11 Çifte Kümbet'e ait farklı açılardan görünümeler.....	18
Şekil 2. 12 Ali Cafer Türbesi'nin farklı açılardan görünümeleri.....	19
Şekil 2. 13 Döner Kümbet'e ait farklı açılardan dış görünümeler.....	20
Şekil 2. 14 Babükbey Kümbeti'nin farklı açıdan görünümü	21
Şekil 2. 15 Emir Şahap Türbesi'nin farklı bir açıdan dış görünümü	22
Şekil 2. 16 Suya Kanmış Hatun Türbesi'nin farklı açılardan görünümü.....	23
Şekil 2. 17 Emir Ali Türbesi'nin genel dış görünümü	24
Şekil 2. 18 Emir Ali Türbesi'nin farklı açılardan görünümü	25
Şekil 3. 1 Bu tez çalışması kapsamında tarihi eserlerde gerçekleştirilen P-dalga hızı ölçümünden bir görünüm	27
Şekil 3. 2 P-Dalga hızı test cihazı (Controls marka).....	27
Şekil 3. 3 Bu tez çalışması kapsamında tarihi kümbetlerde gerçekleştirilen Schmidt çekici deneyinden bir görünüm	30
Şekil 3. 4 Tez çalışmasında kullanılan iğne penetrometresi aleti	30
Şekil 3. 5 Tarihi eserlerde gerçekleştirilen İğne penetrometresi deneyinden bir görünüm	31

Şekil 5. 1 Atmosferik kirliliğin yapı taşları üzerine depolanma yöntemleri [4]	43
Şekil 5. 2 Çalışma kapsamında incelenen Babükbey Kümbeti'nin insanlar tarafından yakılarak tahrip edilen kesimi	45
Şekil 5. 3 Çifte Kümbet'te gözlenen fiziksel bozunmadan bir görünüm.....	46
Şekil 5. 4 Ali Cafer Kümbeti'nde kaya malzemesinde gözlenen çatlak oluşumları.....	47
Şekil 5. 5 Emir Ali Pişrev Kümbeti'nde gözlenen tuzlanma ve petegözlülük.....	48
Şekil 5. 6 İnsanların neden olduğu aşınma [40].....	48
Şekil 5. 7 Taş heykelde meydana gelen erozyon [3].....	49
Şekil 5. 8 Köşk Medresesi'nde gözlenen derz boşalması ve restorasyon malzemesinin bozunması ile çevre taşlara uyumsuz görünümü	50
Şekil 5. 9 Suyakanmış Hatun Kümbeti'nde çatı bölgesinde gözlenen tuzlanma.....	50
Şekil 5. 10 Sur duvar örgüsünde tuzlanma (çiçeklenme) [43].....	51
Şekil 5. 11 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde ignimbiritlerde gözlenen pullanma (kavlaklanma).....	51
Şekil 5. 12 Selçuklu Emir-1 Kümbeti çatı taş yüzeylerinde gözlenen kararma.....	52
Şekil 5. 13 Kireçtaşından yapılmış Apollon Heykeli üzerinde mikrokarst oluşumu [43]	53
Şekil 5. 14 Hacıp Çavli Kümbeti'nde restore edilen blokta kısa zamanda meydana gelen tozlaşma.....	54
Şekil 5. 15 Taşta oluşan kabuklanma [46]	55
Şekil 5. 16 Sultan Ahmet Camii'nin beyaz mermer sütun başlığının demir kasnağının korozyonunun üzerine akması sonucu renk bozulması [43].....	55
Şekil 5. 17 Roma Mezarı'nda derz arasında ot oluşumları	56
Şekil 5. 18 Ali Cafer Kümbeti merdiven basamaklarında gelişen bitkilerden bir görünüm	57
Şekil 5. 19 Ali Cafer Kümbeti'nin bazı bloklarında gözlenen yosunlanma ve çimlenme	57
Şekil 5. 20 Edirne Beyazıt Camii kalkerli bahçe duvarı üzerinde nem oranının yükseldiği kış aylarında ortaya çıkan, yazın uykuda kalan liken ve karayosunlarının oluşturduğu bozunma [29]	58
Şekil 5. 21 Ahlat mezartaşları ve Selçuklu Kümbeti üzerinde liken oluşumları [48].....	58
Şekil 5. 22 Hasbek Kümbeti çatısındaki kuş varlığından bir görünüm.....	59

Şekil 6. 1 Roma Mezarı'nda tuzlanma ve derz boşluklarında bitki büyümeleri.....	61
Şekil 6. 2 Roma Mezarı'nda hava kirliliğine bağlı meydana gelen kararmalar	61
Şekil 6. 3 Derz aralarına yerleşen bitki tohumlarının büyümesi.....	62
Şekil 6. 4 Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde ignimbirit bloklarında gözlenen tuz oluşumu, insan tahribatları.....	63
Şekil 6. 5 Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde meydana gelen oyulmalar, insan tahribatları .	64
Şekil 6. 6 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde orta seviyedeki ignimbiritlerde gözlenen petekgözlülük	65
Şekil 6. 7 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde yapının alt kesimlerinde görülen malzeme kayıpları.....	65
Şekil 6. 8 Hasbek Kümbeti'nde kahverengi ignimbirit malzemesinde meydana gelen kararmalar	66
Şekil 6. 9 Hasbek Kümbeti'nin yan duvarlarında yosun oluşumları	67
Şekil 6. 10 Hasbek Kümbeti çatısında bulunan kuşların dışkıları, biyolojik bozunma ..	68
Şekil 6. 11 Köşk Medresesi restorasyonu sırasında yerleştirilen ignimbirit malzemesinde meydana gelen pullanma ve kavlaklanma.....	69
Şekil 6. 12 Köşk Medresesi'nde sonradan kullanılan ignimbirit malzemesinde görünen kavlaklanma	69
Şekil 6. 13 Köşk Medresesi'ndeki ignimbirit bloklarında tuzlanma etkileri	70
Şekil 6. 14 Hacip Çavlı Kümbetinin yan duvarlarında bozunma etkisiyle meydana gelen pullanma ve kavlaklanma.....	70
Şekil 6. 15 Hacip Çavlı Kümbetinin yan duvarlarında restorasyon malzemesinde görülen tuzlanma, kavlaklanma ve tozlaşma	71
Şekil 6. 16 Suyun tahliye olamadığı bölgede görünen kavlaklanma ve blokların aralarının çimento ile doldurulması	72
Şekil 6. 17 Suyun tahliye olamadığı bölgede görünen yosunlanma ve kavlaklanma bozunmaları.....	72
Şekil 6. 18 Çifte Kümbet'teki kahverengi ignimbiritlerde derz boşalmaları, kavlaklanma ve petekgözlülük oluşumları	73
Şekil 6. 19 Çifte Kümbet'te alt bölgelerde görülen pullanma ve kavlaklanma türü bozunmalar.....	73

Şekil 6. 20 İgnimbiritlerde yassı pomza içeren bloklarda tuzlanma ve petekgözlülük ve boşlukların sonradan çimento ile doldurulması	74
Şekil 6. 21 Ali Cafer Kümbeti'nde derz araların çimento harcının dağılması, petek gözlülük, kavlaklanma	74
Şekil 6. 22 Ali Cafer Kümbeti'nde görülen petekgözlülük, insan etkileri.....	75
Şekil 6. 23 Ali Cafer Kümbeti üzerinde büyüyen ağaç gövdesi	75
Şekil 6. 24 Döner Kümbet'in dış yüzeyinde bulunan motiflerin bozunma etkisiyle tahribatı	76
Şekil 6. 25 Döner Kümbet çevresinde yağış sularının tahliyesi için yerden 5-10 cm yüksekte imal edilen su giderlerinden bir görünüm.....	77
Şekil 6. 26 Döner Kümbet'in alt kesimlerinde meydana gelen kararma	77
Şekil 6. 27 Babükbey Kümbeti'nin insanlar tarafından yakılarak tahrip edilen bölümü	78
Şekil 6. 28 Babükbey Kümbeti'nde tuzlanma ve ignimbirit blokları arası derz boşalmaları	78
Şekil 6. 29 Babükbey Kümbeti'ndeki çimento malzemesi etrafında tuzlanma, kavlaklanma, renk değişimleri	79
Şekil 6. 30 Emir Ali Şahap Kümbeti'nde gözlenen kurşun izlerine bağlı insan tahribatları	80
Şekil 6. 31 Emir Ali Şahap Kümbeti'nde gözlenen yosunlanma ve petekgözlülük	80
Şekil 6. 32 Emir Ali Şahap Kümbeti'nde gözlenen kararma ve tuzlanmalar	80
Şekil 6. 33 Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nde gözlenen kararmalar ve tuzlanmalar.....	81
Şekil 6. 34 Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nde belirlenen derz boşalmaları ve bloklar arasında boşluk oluşumu ayrılmaları.....	81
Şekil 6. 35 Emir Ali Pişrev Kümbeti'ndeki bloklarda oluşan tuzlanmalar ve oyuklanmalar.....	82
Şekil 6. 36 Emir Ali Pişrev Kümbeti'nin alt kısmında görülen tuzlanma ve kararmalar	83
Şekil 6. 37 Emir Ali Pişrev Kümbeti'nde insan kaynaklı tahribatlar.....	83
Şekil 6. 38 İnceleme yapılan tarihi eserlerde Schmidt çekici ve iğne penetrometresi değerlerine göre dayanım değişim oranı ve P-dalga hızı değişim yüzdelерinin dağılımı	106

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. 1 Tez çalışması kapsamında incelenen tarihi yapılar hakkında bilgiler	8
Tablo 3. 1 Schmidt geri tepme sayısına göre kaya sertliğinin sınıflandırılması [18].	29
Tablo 6. 1 Kayseri yöresine ait bazı ignimbiritlerin ortalama fiziksel ve mekanik özellikleri [49].....	85
Tablo 6. 2 Selçuk Emir 1 Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	87
Tablo 6. 3 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	87
Tablo 6. 4 Hacıp Çavlı Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	88
Tablo 6. 5 Roma Mezarı 'nda Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	88
Tablo 6. 6 Emirhan Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	89
Tablo 6. 7 Babükbey Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	90
Tablo 6. 8 Döner Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	91
Tablo 6. 9 Ali Cafer Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	92
Tablo 6. 10 Köşk Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	92
Tablo 6. 11 Hasbek Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	93
Tablo 6. 12 Emir Şahap Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	93
Tablo 6. 13 Çifte Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	94
Tablo 6. 14 Emir Ali Pişrev Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	95

Tablo 6. 15 Suyu Kanmış Hatun Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	95
Tablo 6. 16 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	97
Tablo 6.17 Hacıp Çavlı Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	98
Tablo 6. 18 Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	98
Tablo 6. 19 Ali Cafer Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	99
Tablo 6. 20 Emirhan Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	99
Tablo 6. 21 Döner Kümbet'te iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	100
Tablo 6. 22 Hasbek Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	100
Tablo 6. 23 Çifte Kümbet'te iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	100
Tablo 6. 24 Suyu Kanmış Hatun Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri	101
Tablo 6. 25 İncelenen tarihi yapılarda ölçülen P-dalga hızlarının istatistiksel dağılımı	102
Tablo 6. 26 İncelenen tarihi eserlerde P-dalga hızındaki azalma yüzdesi	105
Tablo 6. 27 Kaya malzemesinin P-dalga hızına göre sınıflandırılması [52].....	106

GİRİŞ

Yer kabuğundaki kayaçlar insanlık tarihi süresince insan ihtiyaçlarını karşılayan, mesajları bir sonraki nesillere aktaran insanla özdeşleşmiş bir malzemedir. Taş çeşitli biçim ve şekillerde günümüze kadar insan yaşamında yer almıştır. Tarihi yapıların doğal taştan oluşması ve dayanımının yüksek olması sebebi ile günümüze kadar varlıklarını sürdürmeleri mümkün olmuştur. Fakat taşlar üzerindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerden dolayı çeşitli bozunmaların da oluştuğu ve zamanla özelliklerini yitirdikleri, görünümünün değiştiği tespit edilmiştir.

Osmanlı mimarisinin güzel ve büyük yapıları dikkatli bir şekilde incelendiğinde güzel sanatlar ilminin üst düzeye geldiği devirlerde meydana gelmiş olan, insan düşünce ve hayallerinin eserleri olan yapılarda özel bir mimari tarzı uygulandığı görülmektedir. Yapılarda uygulanan mimari usüller milletlerin ve toplulukların düşünce ve hissiyatını yansıtan kendine özgü özel yapı usulleri ile yapılmış hayranlık uyandıran büyük ve heybetli yapılar yer almaktadır. Osmanlı mimari yapılarının güzel ve büyük bir görünüme sahip oluşu sadece Türklerin değil farklı milletlerden de insanların beğenisini ve hayranlığını kazanmıştır. Osmanlı Türklerinin egemenliği altında bulunan Balkanlarda 14. ve 15. yüzyıllarda Osmanlı Türk mimarisine ait mimari eserler inşa edilmeye başlanmıştır. Eski şehirler düzenlenirken bir taraftan da yeni şehirler ve yerleşim alanları oluşturulmuştur. Şehir merkezleri Camii, Mescit, Tekke, Zaviye, Türbe, Han, Bedesten Kervansaray, Arasta, Çarşı, Hamam, Köprü, Çeşme, Saat Kulesi, Medrese vb. yapılarla donatılarak bölgede yeni bir uygarlık oluşturulmuştur. Balkanlardaki Türk eserleri erken ve klasik dönem Osmanlı Mimarisinin özelliklerini gösterirken, Anadolu'daki benzer çağda yapılmış olan tarihi eserlerle aynı özelliklere sahip olduğu görülmektedir [1].

Dış saldırılara, yangınlara karşı dayanıklı malzeme olan taşın üretimi zordur. Geçmişten günümüze gelen yapıların taştan yapıldığı görülmektedir. Bu yapılara örnek olarak kaleler, şatolar, saraylar ve surlar doğal taştan yapılmış önemli yapılardır. Ülkemizdeki bütün yerleşim yerlerinde değişik özellikte doğal kaya malzemeler bulunmaktadır. Herhangi bir yerleşim yerindeki eski taş yapılara bakıldığında o yerleşim yerindeki taşlarla ilgili bilgi sahibi oluruz. İlk önce taşın rengi, görünüşü, daha sonra ise yapıdaki taşın durumu yapının sağlamlığını göstermektedir. Ülkemiz doğal taş bakımından

jeolojik yapısı nedeniyle zengin bir potansiyele sahiptir. Ülkemizde günümüz verilerine göre 4 milyar metreküp işletilebilir mermer, 2.8 milyar metreküp işletilebilir traverten, 1 milyar metreküp granit rezervi bulunmakta olup, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın güncel verilerine göre Türkiye dünyadaki doğal taş rezervinin %40'ına sahiptir [2].

Doğadaki taşların insan yaşamında çok büyük bir önemi vardır. İnsanların barınması, korunması, duygularını mesajlarını geleceğe aktarması yer kabuğundan çıkartılan taşlarla gerçekleşmiştir. Bu taşların bir kısmı endüstriyel hammadde olarak da kullanılmaktadır ve günümüzde heykeltirlik, döşeme, inşaat, kaplama, mıcır, mezar taşı yapımı, tıp alanında olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır [3]. 21. yüzyılda insanlar artık her şeyin doğalını tercih etmekte olduğu gibi, inşaat sektörü bile bu akımdan etkilenmiştir. Bu nedenle doğal taşlar inşaat sektöründe tercih edilebilmektedir.

Taşlar kolayca işlenebilmesi, delinebilmesi, yontulabilmesi ve kesilebilmesi gibi avantajlarından dolayı bina yapımında temel hammadde olarak kullanılmaktadır. Mimari yapıların yüzyıllarca özelliklerini korumaları hammadde olarak kullanılan, dayanıklı doğal taşların yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılmasındandır.

Doğal taşlar genellikle döşemelerde zemin kaplama malzemesi, tarihi yapıların kolonlarında, taşıyıcı duvarlarda duvar örgü malzemesi, cephelerde dış yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Taşların özellikleri kullanım yerlerini belirlemektedir. Bu nedenle hangi taşın nerede kullanılacağı mühendislik açısından iyi değerlendirilmeli, yapıya elverişli ve uygun taşlar seçilmelidir.

İnsanlar tarafından tarih boyunca yapılarak kullanılan bütün yapılar, doğa ve yine insan kaynaklı birçok bozunma türüne maruz kalmaktadır. Sonuçta tarihsel değerdeki birçok yapı, geri dönülmesi çok zor olan bozunma ile kültürel değer ve özelliklerini kaybetmektedir. Taşlar fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini zaman, çevre ve iklim koşullarına bağlı olarak kaybetmekte ve bozunmaya uğramaktadırlar. Bozunmaların önüne geçebilmek için bunların hangi sebeple meydana geldiğinin çok iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Tarihi eserlerin bozunmasına neden olan bu dış

etkenlerin erken ve doğru şekilde tespiti eserin ömrünü uzatmak ve koruyucu önlemleri almak adına önemli bir aşamadır.

İklimsel özellikler bozunmalarda önemli bir etken olup; bozunma taşın kimyasal ve fiziksel yapısı ile de doğrudan etkilidir. Bozunma sürecini hazırlayan nedenler ise fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerdir [3], [4].

Bu çalışmada, Kayseri ilinde bulunan Selçuklu Emir 1, Selçuklu Emir 2, Hacıp Çavli, Ali Cafer, Emirhan, Döner Kümbet, Hasbek, Babükbey, Emir Şahap, Çifte Kümbet, Emir Ali Pisrev, Köşk Medresesi, Suya Kanmış Hatun kümbetleri olmak üzere Selçuklu dönemine ait toplam 13 adet tarihi kümbette ve 1 adet tarihi Roma Mezarı'nda meydana gelen bozunmalar incelenmiştir.

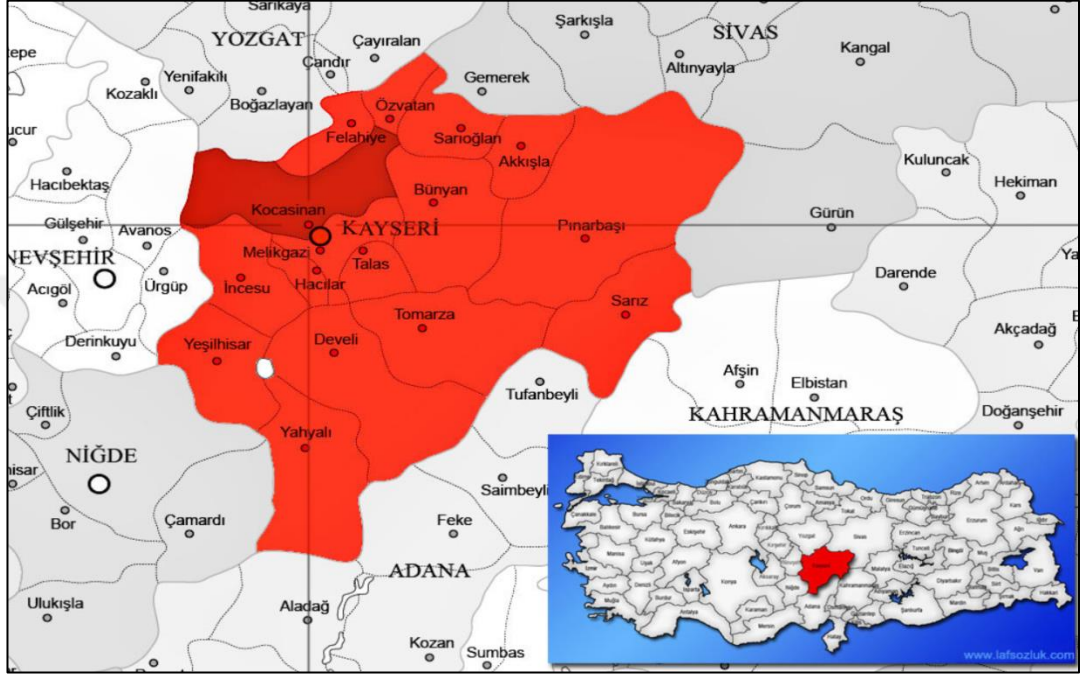
Çalışmanın ilk aşamasında söz konusu tarihi kümbetlerde yerinde gözlemler yapılmış, fotoğraflar çekilerek tarihi eserlerin mevcut durumları incelenmiştir. İkinci aşamada ise incelenen tarihi eserlerde tahribatsız deneyler ile yerinde ölçümler yapılmış ve tarihi eseri oluşturan kaya malzemesinin dayanım özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, tarihi kümbetlerde kullanılan ignimbiritlerin taze örneklerine ait değerlerle karşılaştırılmış ve fiziksel ve mekanik özelliklerdeki bozunmaya bağlı değişimler irdelenmiştir.

Tarihi eserler üzerinde yapılan bu incelemeler, eserlerin bozunma derecelerinin ortaya konması ve bozunma türünün belirlenmesi için oldukça önemlidir. Kültürel miras niteliğindeki tarihi eserlerin gelecek nesillere aktarılması için bozunma türlerinin belirlenmesi ile yerinde doğru önlemler alınması sağlanabilir.

1.BÖLÜM

İNCELEME ALANININ TANITIMI

Bu tez çalışmasında Kayseri ilinin Merkezi ilçelerinden olan Kocasinan ve Melikgazi ilçelerinde bulunan kümbet ve mezar türü tarihi yapılar incelenmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Kayseri ili ve ilçelerinin konumları

1.1. Kayseri'nin Tarihi

Kayseri ili, pek çok uygarlığa ev sahipliği yapmış ve her dönemde önemini korumuştur. Türkler Anadolu'yu fethettikten sonra şehre Kayseriye adını vermişler ve bu ad, Cumhuriyet dönemiyle birlikte Kayseri şeklini almıştır [5].

Kayseri, her köşesi değişik uygarlıkların kalıntılarının birbiriyle kucaklaştığı Anadolu'nun en köklü ve en eski yerleşim alanlarından biridir. M.Ö. IV. binden, yani Kalkolitik (Bakırtaş) çağlardan başlayarak Asur, Hitit, Frig dönemlerinde ve Roma devri sonuna kadar bir yerleşim alanı olan Kültepe; bu uygarlıkların kalıntılarını barındıran bir açık hava müzesidir. Kayseri, bu önemli merkezin yakınında yer alan bir bölge olarak bu uygarlıkların hepsinden derin izler taşımaktadır [5].

Kayseri yer olarak Anadolu topraklarında yol güzergahında bulunan Erciyes Dağı eteklerinde yer alan ovaları ve bölgeden geçen akarsuları ile geçmişten günümüze gelmiş nadir şehirlerden biridir. Bölgede Hititler uzun yıllar hakimiyetini sürdürürken Asurlular ticaret yollarını buradan geçirmişlerdir. Persler batıya yaptıkları seferlerde bölgeye üs kurmuşlar Büyük İskender Hindistan seferinde bölgeyi egemenliği altına almıştır. Ermeniler Kapadokya Krallığı zamanında bölgeyi ele geçirip yeni yerleşim yerleri kurmuştur. Romalılar bölgeyi ele geçirdikten sonra bölgeye çok değer vermişler ve şu anki adını oluşturacak Caesareia adını vermişler. Araplar bölgeyi alabilmek için Bizans ile çok mücadeleler vermişlerdir. Bu bölge için Selçuklular en büyük kumandanlarını görevlendirmişlerdir. Selçuklular bu bölgeyi anayurt yapmışlardır. Osmanlı İmparatorluğu ordularını bu bölgede dinlendirmiş ve şehrin gelişmesini sağlamıştır. Kayseri konumu nedeniyle tarihte farklı kültürlerle sahip olmuştur [6].

İnsanlık tarihi boyunca ölülerini gömme biçimleri mezar geleneği önemli bir yer kaplamaktadır. Toplum içerisindeki önemli kişiler için anıt mezarlar yapılarak kişiler ölümsüzleştirilmek istenilmektedir. Selçuklu kümbetleri, Osmanlı türbeleri, Roma mezarları anıt mezarlara örnek teşkil etmektedir. Selçuklu döneminde yapılan kümbetler, Osmanlı döneminde inşa edilen türbeler Türk mimarisinin orijinal örnek yapılarındandır. Başlangıçta kümbetler tek, birbirinden bağımsız şekilde oluşturulmuş olsa da, sonraki dönemlerde camii ve medrese içerisinde belirli bir plana uygun yapılmışlardır. Temel yapı malzemesi tuğla veya doğal taştır. Kare platform üzerine yükselen silindirik bir gövde üzerine huni şeklinde çatıları bulunmaktadır. Kayseri ilinin şehir merkezinde 19 adet kümbetin yer aldığı bilinmektedir [7].

1.2. Kayseri'nin İklimi

Kayseri ilinin birçok yerinde bozkır iklimi özellikleri vardır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Yüksek yerlerde ise yayla iklimi hüküm sürer. En sıcak günler Temmuz ve Ağustos aylarında olup sıcaklık bazen 38 °C'a kadar yükselir. Bu ayların ortalama sıcaklığı ise yaklaşık 23 °C'dir. En soğuk günler ise Aralık, Ocak ve Şubat aylarında olup, sıcaklığın bazen -36° C'a kadar düştüğü görülmektedir. Kış ortalaması ise -2 °C ile -6 °C arasındadır. Son altmış yıllık gözlemlere göre merkezde ortalama sıcaklık, 10.4 °C'dir [8]. Bu karasal iklim şartları, sıcaklıklar arasında büyük

farklar yapıları olumsuz yönde etkilemektedir. Sıcakların etkisiyle oluşan termik şoklar taş yapılarda çatlak ve kırılmalara neden olur. Mevsim değişikliklerinin termik şokların etkisini artırdığı görülmektedir [9]. Kayseri’de iklim yükseltiye göre çeşitlilik göstermekte olup, çukurda kalan bölgelerde iklim yumuşakken, yaylalarda ve dağlık kesimlere gidildikçe iklim sertleşmektedir.

1.3. Kayseri’de Hava Kirliliği

Kayseri’de hava kirliliği en çok kış aylarında görülmektedir. Nedeni ise hızlı sanayileşme ve kentleşmedir. Göç alan bir konumda olan Kayseri’de hava kirliliği ısınma ve sanayi amaçlı yakıtlardan ve egzoz emülsiyonlardan kaynaklanmaktadır. İl’in topoğrafik yapısı, atmosferik durumlar, meteorolojik parametreler, bina ve nüfus yoğunluğu gibi sebeplerden dolayı kış sezonunda hava kirliliği artmaktadır.

Mahalli Çevre Kurulu kararınca Kayseri il merkezinde toplam kükürt miktarı en çok %0.9 olan ithal kömür, merkez ilçeler dışında kükürt miktarı en fazla %2 olan yerli kömürün kullanımına izin verilmektedir. Kayseri merkezinde hava kirliliğinin artmasının en önemli sebeplerinden birisi de trafiğe çıkan araçların egzoz gazı salınımlarıdır [10].

Kayseri ilinin Melikgazi ilçesinde inceleme yapılan kümbetlere en yakın bulunan hava kalite izleme noktasının, 10 yıllık hava kalite indeksi verilerinin ortalamasına bakıldığında 96 civarı olduğu tespit edilmiştir. Hava kirliliğinin en yüksek olabileceği aylardan Ocak aylarının sonu baz alınarak değerlendirilmiş ve bu değer bazı insanlar için olumsuz sağlık etkileri oluşturabilecek düzeye yakın olduğu anlaşılmıştır (Şekil 1.2 ve Şekil 1.3).

2. BÖLÜM

İNCELENEN TARİHİ KÜMBETLER

Kayseri il merkezinde 2020 yılı içerisinde farklı noktalarda bulunan Selçuklu Emir 1, Selçuklu Emir 2, Hacıp Çavlı, Ali Cafer, Emirhan, Döner, Hasbek, Babükbey, Emir Şahap, Çifte Kümbet, Emir Ali Pisrev, Suya Kanmış Hatun kümbetleri ve Roma Mezarı olmak üzere toplam 14 tarihi yapıda inceleme ve yerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır (Şekil 2.1). Roma Mezarının IV. Yüzyılda, Kümbetlerin ise XII ve XIV. yüzyıllar arasında yapıldığı tahmin edilmektedir ve incelenen tüm tarihi yapılar Kayseri'nin Kocasinan ve Melikgazi ilçelerinde yer almaktadırlar (Tablo 1).

Tablo 1. 1 Tez çalışması kapsamında incelenen tarihi yapılar hakkında bilgiler

S.N.	Tarihi Eser İsmi	Yapım Tarihi	Bulunduğu İlçe	Kullanılan Malzeme
1	Roma Mezarı	IV. yüzyıl	Kocasinan	Koyu gri-siyah Bazalt
2	Selçuklu Emir 1	XII. yüzyıl	Kocasinan	Gri İğnimbirit
3	Selçuklu Emir 2	XII. yüzyıl	Kocasinan	Kahverengi İğnimbirit
4	Hasbek Kümbet	XII. yüzyıl	Kocasinan	Kahverengi İğnimbirit
5	Köşk Medresesi	XII. yüzyıl	Melikgazi	Kahverengi İğnimbirit
6	Hacıp Çavlı Kümbeti	XIII. yüzyıl	Kocasinan	Gri İğnimbirit
7	Emirhan Kümbeti	XIII. yüzyıl	Melikgazi	Gri İğnimbirit
8	Çifte Kümbet	XIII. yüzyıl	Melikgazi	Kahverengi İğnimbirit

9	Alicafer Kumbeti	XIV. yüzyıl	Melikgazi	Kahverengi İğnimbirit
10	Döner Kumbet	XIV. yüzyıl	Melikgazi	Gri İğnimbirit
11	Babükbey Kumbeti	XIV. yüzyıl	Melikgazi	Gri İğnimbirit
12	Emir Şahap Kumbeti	XIV. yüzyıl	Melikgazi	Kahverengi İğnimbirit
13	Suya Kanmış Hatun Kumbeti	XIV. yüzyıl	Melikgazi	Kahverengi- Gri İğnimbirit
14	Emir Ali Pişrev Kumbeti	XIV. yüzyıl	Melikgazi	Kahverengi İğnimbirit



Şekil 2.1 Tez çalışması kapsamında incelenen tarihi eserlerin uydu görüntüsü üzerindeki dağılımı

2.1. Roma Mezarı

Yeri Kayseri Kocasinan İlçesi Sahabiye Mahallesi'ndedir. Günümüzde yapı sağlamdır. IV. yüzyılda yapılmış olduğu düşünülmektedir. Genel olarak mezarın yapısı dikdörtgen bir plana sahip doğu-batı doğrultusundadır. 1956'da restorasyona uğramıştır. Doğu ve batısında ikişer havalandırma penceresi bulunur, üzerinde süsleme yoktur. Yapının üstü sivridir. Mezar koyu gri-siyah renkli bazaltlar kullanılarak inşa edilmiştir ve kitabesi yoktur [12], (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2 Roma Mezarı'nın farklı açılardan görünümü

2.2. Selçuklu Emir 1 Kümbeti

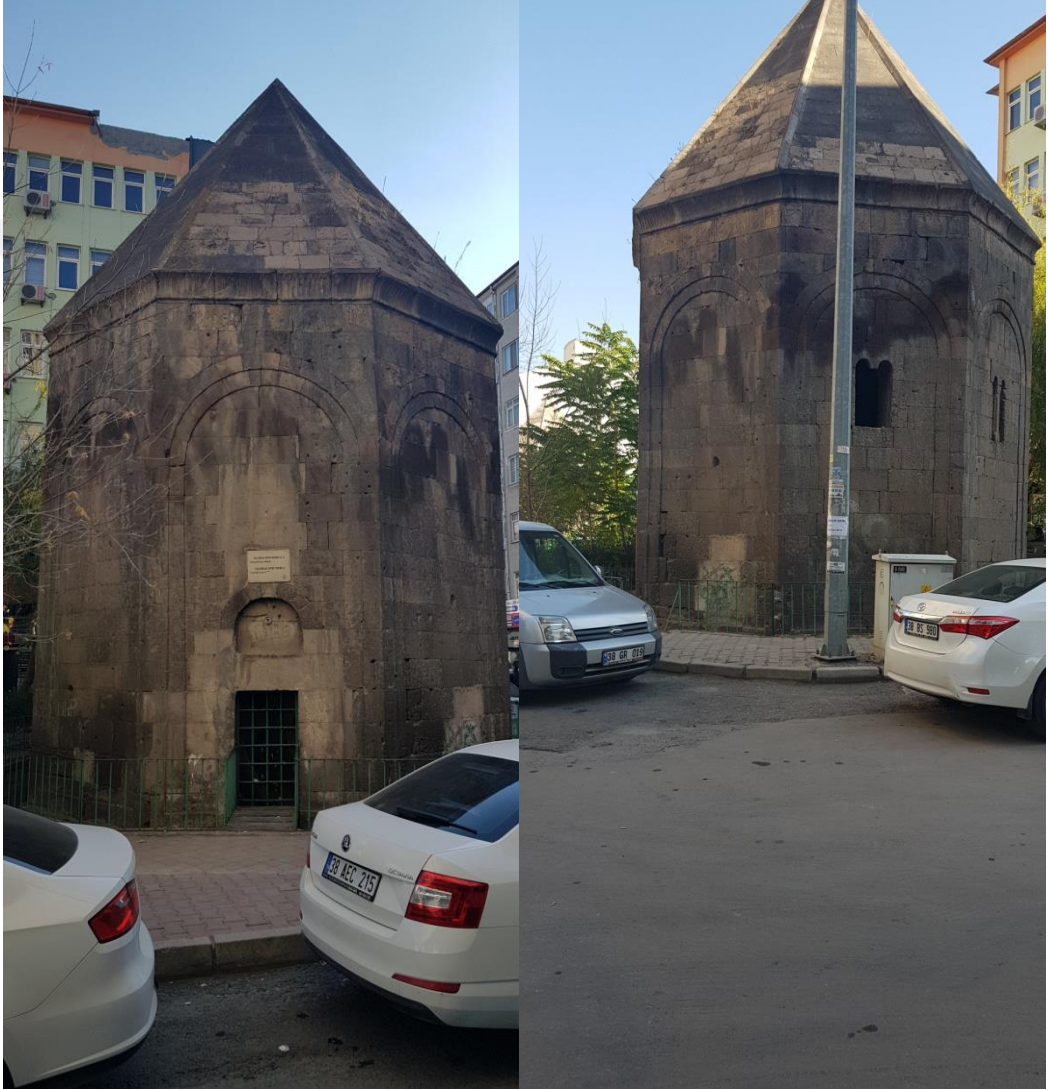
XII. Yüzyılda inşa edildiği tahmin edilmektedir [12]. Yeri Kayseri Kocasinan ilçesi, Sahabiye Mahallesi'ndedir. Gri renkli ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. Kısmen restore edilmiştir. İçten kubbe, dıştan pramidal külah şeklinde bir yapıya sahiptir. Selçuklu Emir 2 Kümbeti ile aralarında yaklaşık 200 m mesafe vardır. Bulunduğu konum itibariyle etrafında birçok yapı bulunmaktadır. Yerleşim yeri içerisinde, binaların arasında kalmıştır (şekil 2.3).



şekil 2. 3 Selçuklu Emir 1 Kümbeti farklı açılardan görünömler

2.3. Selçuklu Emir 2 Kümbeti

XII. Yüzyılda inşa edilmiştir [12]. Yeri Kayseri Kocasınan ilçesi, Sahabiye Mahallesi'ndedir. Kahverengi renkli ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. Kısımense restore edilmiştir. İçten kubbe, dıştan piramidal külah Şeklinde bir yapıya sahiptir (Şekil 2.4 ve 2.5). Selçuklu Emir 1 Kümbeti ile aralarında yaklaşık 200 m mesafe vardır.



Şekil 2. 4 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nden farklı açılardan g r n mler



Şekil 2. 5 Selçuklu Emir 2 Kümbeti dış görünümler

2.4. Hasbek Kümbeti

Yapının 1186 yılında yapıldığı tahmin edilmektedir. Kayseri’de Anadolu Selçuklularına ait en eski kümbetlerden bir tanesidir. Yer olarak Kayseri’nin Kocasinan ilçesinin Hastane Caddesi’nde bulunan Saat Sokağı’ndadır. Günümüzde kümbet sağlam fakat içerisi zarar görmüştür. Dış kısmında da renk değişimleri ve tabana yakın kesimlerde pullanma-kavaklanma türü bozunma izleri göze çarpmaktadır.

Gövdenin görüntüsü yuvarlak kemer olmak üzere doğu-batı, güneydoğu-güneybatı taraflarında ikiz kemerli pencereler bulunmaktadır. Yapının alt tarafı toprak altında kalmış olup alt tarafa denk gelen kübik taban köşeleri ise üçgen çıkıntı olarak bulunmaktadır. Genel olarak türbenin sade bir görüntüsü bulunmaktadır (Şekil 2.6).

Zemini toprak olan kümbetin malzeme olarak moloz taş dolgu duvarlar dıştan kesme taş doldurma olarak içten kubbe ile kaplanmıştır. Ayrıca kubbe piramidal bir külah ile dıştan kesme taştan yapılmıştır [12].



Şekil 2. 6 Hasbek Kumbeti'nin farklı açılardan dış görünümü

2.5. Köşk Medresesi

Yeri Kayseri Melikgazi Köşk Mahallesi'nde bulunmaktadır. Günümüzde yapı sağlamdır. Eretna Devleti'nin (Beyliğinin) kurucusu Alaattin Eretna tarafından 1139 yılında yapıldığı tahmin edilmektedir (Şekil 2.7 ve 2.8). Köşk Medresesi olarak bilinen yapı, bahçesinin ortasına yapılmıştır [13]. Kaide, külah ve gövdeden oluşan yapı düzgün kesme taş malzemeleri ile inşa edilmiştir. Mescit kısmında kuzey cephede bulunan taç kapı üç bordürle çerçevelenerek türbenin en süslü tarafıdır. Geometrik şekiller bulunmaktadır.



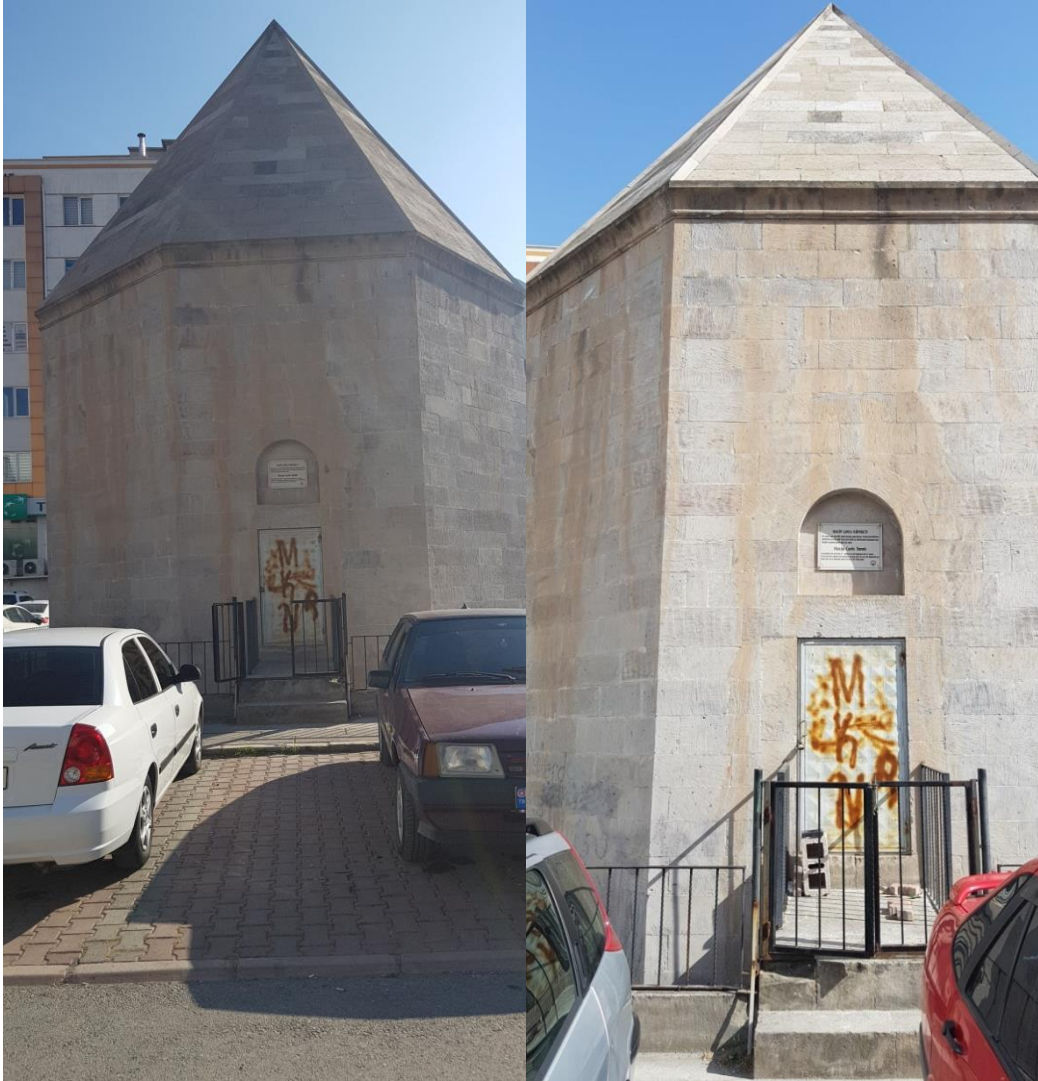
Şekil 2. 7 Köşk Medresesi dış görünümü



Şekil 2. 8 Köşk Medresesi'nin farklı açılardan dış görünümü

2.6. Hacıp Çavlı Kümbeti

Yeri Kayseri Sahabiye Mahalle'sindedir. XII. yüzyıl sonu veya XIII. yüzyıl başında yapıldığı tahmin edilmektedir. Gri renkli ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. Günümüzde yapının bazı bölümleri onarılmış ve kullanılmaktadır (Şekil 2.9). Buna rağmen yapıda bölgesel olarak bozunmalar görülmektedir. Yapı sekizgen gövdeli duvarlarında kesme taş kaplama ile inşa edilmiştir. Güney batı ve batı duvarlarında kesme taş ikiz kemerli pencereleri bulunmaktadır. İçten kubbe dıştan pramidal külah şeklinde olan yapının güney duvarı ortasında olan mihrap kesme taştan sivri kemeri ve nişi (oyuk) bulunmaktadır. Kümbet sade bir görünümündedir. Güney cephesindeki kitabeden ve dış duvarındaki kabartma yazıdan başka süs bulunmamaktadır. Duvarları kesme taş kaplamadır. Kitabesi bulunmamaktadır [12].



Şekil 2. 9 Hacıp Çavlı Kümbetinden farklı açılardan görünüm

2.7. Emir Han Camisi Kümbeti

Yer olarak Kayseri'nin Talas ilçesi yolu üstündedir. Şehir surlarına bitişik olarak inşa edilmiştir. Önceleri han olarak düşünülmüş zamanla camiye çevrilmiştir. Bilinen tarihi XIII. yüzyılın ikinci çeyreğidir. Dikdörtgen planlı bahçesiz bir yapıdır (Şekil 2.10). Yedi bölüm olan sahnlar (avlu) dikdörtgen şeklinde ikişer ayak üstünde oturan yuvarlak kemerlerle birbirine açılacak şeklindedir. İçinde 24 tane taş ayak yer almaktadır. Yakın tarihte minberi taştan yapılmıştır mihrap güney yöndedir. Yapının inşasında dolgu malzemesi bulunmaktadır, kitabesi yoktur [12].



Şekil 2. 10 Emir Han Camii Kümbeti'nin farklı açılardan görünümüleri

2.8. Çifte Kümbet

Yer olarak Kayseri Melikgazi ilçesi Sivas Caddesi'ndedir. Günümüze kadar sağlam şekilde gelmiş olup, halen kullanılmaktadır. H.645/M.1247 tarihinde yapıldığı tahmin edilmektedir. Sekizgen gövdeli dıştan piramid külah içten kubbe olan kümbet yüksek kare oturmalık üzerindedir (Şekil 2.11). Dehliz penceresi oturtmalığın güney cephesinde bulunmaktadır. Günümüzde üst kata tek yönlü yıkılmış yedi basamaklı merdivenle girilmektedir. Sekiz kenarlı kübik gövdenin batı tarafı taç kapı şeklinde inşa edilmiştir. Taç kapı çift merkezli sivri kemer olarak kesme taştan yapılmıştır. Kemerini süslemelidir. Kapı nişinde kabartma yazı olan kitabe yer almaktadır. Pencere mazgal penceredir [13]. İçeriye kesme taş nişler ile açılır. Yapının içinde de dışında da süsleme vardır. Kabartmalı bezemeler yazı kuşağı (Bakara süresi), geometrik süsleme, bitkisel süsleme vardır [12].



Şekil 2. 11 Çifte Kümbet'e ait farklı açılardan görünüm

2.9. Ali Cafer Kümbeti

Türbe Kayseri Melikgazi ilçesinde, Melikgazi Belediyesi'nin doğusunda bulunan parkın içindedir. Kahverenkli ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. Günümüzdeki hali sağlamdır ve türbe olarak ziyarete açıktır (Şekil 2.12).

Türbe 14. Yüzyılda tahminen 1350 yılında yapılmıştır. Klasik Selçuklu kümbetleri tarzındadır. Türbenin örtüsü dışarıdan sekizgen pramidal külah içeriden kubbe biçimindedir. Sekizgen prizmal gövde kare oturtmalık üstüne inşa edilmiştir [13]. 2.40 m yüksekliği 10x10m ölçüleri ile oturtmalığa sahip olan türbenin beş basamaklı merdivenle taş kapısına varılmaktadır. Türbenin girişindeki eyvan batı ve doğu duvarlara pencere ile açılmakta olup, taş kapısı yanlardan sütunceler ile sınırlandırılmıştır. Yapımında düzgün kesme taşlar kullanılmıştır [12].



Şekil 2. 12 Ali Cafer Türbesi'nin farklı açılardan görünümüleri

2.10. Döner Kümbet

Yeri Kayseri Melikgazi ilçesi Talas Caddesi'nde yer almaktadır. Günümüzde sağlamdır. 6.50x6.50m ebatlarında kare yapıya sahiptir (Şekil 2.13). Bir kapı ve bir penceresi bulunmaktadır. Mimari olarak bir kaide üzerine oturtulmuştur. 12 köşeli ve her yüzü değişik motiflerle süslenmiş bu eserin konik külahı bulunmaktadır. Selçuklu dönemine ait bir eserdir. Düzgün kesme taş malzeme kullanılmıştır. XIV. yüzyılın ilk çeyreğinde yapıldığı düşünülmektedir. Gri ignimbiriten yapılmış olan bu kümbet Selçuklu eserlerinin en ince ve en güzellerindedir [12].



Şekil 2. 13 Döner Kümbet'e ait farklı açılardan dış görünüşler

2.11. Babük Bey Kümbeti

Yeri Kayseri Melikgazi ilçesi Yanıkoğlu Mahallesi'ndedir. Günümüzde korunmaya alınmıştır. Babük Bey Mekanı H.768/M.1366 tarihinde yapılmıştır. Gri renkli ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. Dikdörtgen planlı eyvan ve doğu duvarına yapışık sekizgen türbeden oluşmuş yapıdır. Kesme taş malzeme kullanılmıştır (Şekil 2.14). Güney tarafında 1.00 m yükseklikte zarar görmüş düz bir korniş yer almaktadır. Gövdesi kesme taştan yapılmış yarısına kadar restore edilmiştir. Üstüne ise ahşap bir çatı kaplama yapılmıştır. Güney duvarında küçük havalandırma deliği vardır. Yapıda herhangi bir süsleme bulunmamıştır. Kitabesi güney duvarında yer almaktadır [12].



Şekil 2. 14 Babükbey Kümbeti'nin farklı açıdan görünümü

2.12. Emir Şahap Türbesi

Yer olarak Kayseri Melikgazi ilçesi Yanıkoğlu Mahallesi'ndedir. Günümüzdeki durumu sağlam ve kullanılmaktadır. Kahverengi ignimbirit kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.15).1327 yılında vefat eden Emir Şahap adına yaptırılmıştır. Türbe içinde mezar taşları vardır. Türbe dikdörtgen planda 9.90x7.70m ebatlarında iki katlı olarak yapılmıştır. 1.30m yüksekliği planda mumya bölümü vardır. Ziyaretçi ve mumya bölümü kuzeydeki kapıdan ulaşılmaktadır. Güney tarafında mazgal penceresi vardır. Mescit mekanında taştan yapılmış üç sanduka bulunmaktadır. Güneyde bulunan sandukanın Emir Şahap'a ait olduğu, ortadaki Kutluğ Tekin Hatuna ait olduğu kitabeden anlaşılmaktadır. Üçüncü sandukanın yazıları tahrip olduğundan kime ait olduğu anlaşılmamaktadır. Yapının süslemesi ise taç kapısındaki geometrik bezemedir. Malzeme olarak düzgün kesme taş kullanılmıştır [12].



Şekil 2. 15 Emir Şahap Türbesi'nin farklı bir açıdan dış görünümü

2.13. Suya Kanmış Hatun Türbesi

Yer olarak Kayseri Melikgazi ilçesi Yanıkoğlu Mahallesi'ndedir. Kahverenkli ignimbirit kullanılarak, XIV. yüzyılda yapılmıştır. Mimari olarak altıgen şeklinde ayaklı ve üst örtüsü tamamlanmamış kesme taştan bir yapıdır (Şekil 2.16). Günümüzdeki durumu genel olarak sağlamdır, ancak bazı kesimlerinde tuzlanmalar ve buna bağlı bozunma izleri dikkat çekicidir. Kümbetin kitabesi yoktur. 1960-1965 yıllarında onarım geçirmiştir. Kimi tarihçiler türbenin Genç Osman'ın annesine ait olduğunu söylerler de bu kronolojik olarak mümkün olamamaktadır. Türbede herhangi bir süsleme bulunmamaktadır. Malzeme olarak düzgün kesme taş kullanılmıştır [12].



Şekil 2. 16 Suya Kanmış Hatun Türbesi'nin farklı açılardan görünümü

2.14. Emir Ali Türbesi

Yer olarak Kayseri’de Melikgazi ilçesi Erciyes Caddesi’nde, Talas-Hisarcık yol ayrımında bulunmaktadır. Günümüzde yapı sağlam haldedir (Şekil 2.17 ve 2.18). 1351 yılında yapıldığı tahmin edilmektedir ve bazı kaynaklara göre türbeyi inşa ettiren adamın adı Emir Ali Bishrau’dur [12]. 8.60x7.40m kuzey-güney doğrultuda dikdörtgen planlı ve yine dikdörtgen gövdeli mummyalık ile beraber iki katlı olarak yapılmıştır. Türbede mescit zemini kesme taş kaplamadır ve iki sanduka (tahta tabut) yer almaktadır. İlk sanduka Emir Ali’ye aittir öteki sanduka tam anlayılamamaktadır. Yapıda süsleme yer almamaktadır. Düzgün kesme taş ile inşa edilmiştir [12].



Şekil 2. 17 Emir Ali Türbesi’nin genel dış görünümü



Şekil 2. 18 Emir Ali Türbesi'nin farklı açılardan görünümü

3. BÖLÜM

MALZEME VE YÖNTEM

Kayseri ilinde tarihi yapılarda yaygın olarak Erciyes volkanizmasının ürünü olan ignimbirit türü piroklastik kayalar kullanılmıştır. İncelenen tarihi eserler arasında sadece Roma Mezarı'nın bazalt kullanılarak inşa edildiği tespit edilmiştir. Selçuklu Dönemi'ne ait diğer kümbetlerde ise ignimbiritlerin kullanıldığı görülmektedir. Bölgenin iklim ve topoğrafyası Kayseri'deki tarihi yapıların inşasında büyük bir öneme sahiptir. Sahada yapılan çalışmalarda tarihi eserleri oluşturan kaya malzemesinin dolaylı olarak basınç dayanımını belirlemek ve taze örneklerle karşılaştırma yapmak için tahribatsız deneylerden olan İğne penetrometresi, Schmidt çekici ve P-dalga hızının belirlenmesinde Ultrasonik P-Dalga Hızı test cihazı kullanılmıştır. Öte yandan, yapılan incelemeler sırasında tarihi eserler farklı açılardan fotoğraflanmıştır. İncelenen yapıların kültürel değer taşıyan tarihi eser kapsamında olması sebebiyle örnek alınmamıştır.

3.1. P-Dalga Hızı Test Cihazı

İncelenen tarihi eserlerde kullanılan P-dalga hızı ölçüm cihazı ile ultrasonik dalgaların kaya malzemesinin içerisindeki yayılma hızının ölçümü yapılmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2). Aksinel atımlardan oluşan dalga, test edilen kaya malzemesinin yüzeyi ile kontak halinde olan bir elektro-akustik transdüser tarafından üretilir ve uzunluğu bilinen bir mesafeyi kat eden titreşim dalgası ikinci bir transdüser tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve elektronik zamanlama devresi tarafından dalganın geçiş hızı ölçülür [14]. Tarihi eserler üzerinde yapılan P- dalgası hızı ölçümleri ya doğrudan ya da dolaylı yöntem ile yapılmıştır. Doğrudan yöntemde alıcı ve verici transdüserler karşılıklı olarak yerleştirilirken, dolaylı ölçümde alıcı ve verici uçlar belirli bir mesafe aralıklarla yan yana yerleştirilmektedir. İncelenen tarihi eserlerde çoğu zaman alıcı-verici transdüserleri karşılıklı yerleştirecek yüzeyler bulunmadığı için dolaylı ölçüm yöntemi tercih edilmiştir. İletici ve alıcı potlar arasındaki iletim hassasiyeti transdüser üzerine sürülen jel ile artırılmıştır. Kullanılan cihaz 1 ile 10 Hz arasında dalga üretme kapasitesine sahip olup, ölçümler 1 ve 5 Hz ile gerçekleştirilmiştir. İki transdüser arasındaki mesafe "L" ve ultrasonik dalga hızı cihazından elde edilen dalga zamanı "Tp" ile ifade edilir. Buna göre, P-dalga iletim hızı (V_p);

$$V_p = \frac{L}{T_p} \quad \text{formülü ile m/s cinsinden hesaplanır [15].}$$

Bu tez çalışması kapsamında tarihi eserlerde kullanılmış olan ignimbiritler üzerinde yapılan P-dalga hızı ölçümleri ile VP-dalga hızları, taze örneklerle mukayese edilerek P-dalga hızlarının zamana ve bozunmaya bağlı olarak değişimi hakkında bilgi edinilmiştir (Şekil 3.1). İncelenen tarihi eserlerdeki blok yüzeylerinin zaman zaman çok pürüzlü olması nedeni ile bazı bloklarda ölçüm yapılamamıştır. P-dalga hızı ölçümlerinde bu sorun en önemli kısıtlayıcı unsurlardan biri olmuştur.



Şekil 3. 1 Bu tez çalışması kapsamında tarihi eserlerde gerçekleştirilen P-dalga hızı ölçümünden bir görünüm



Şekil 3. 2 P-Dalga hızı test cihazı (Controls marka)

3.2. Schmidt Çekici

Schmidt çekici uzun yıllardan beri günümüze kadar gelen, tahribatsız bir deney metodudur. Önceleri sadece beton dayanımının tahmininde kullanılmaktayken, zaman içerisinde kaya malzemesinin dayanımının dolaylı olarak kestiriminde de kullanılmaya başlanmıştır. Dayanımı belirlenmek istenen kayacın veya bloğun üzerine yerleştirilen Schmidt çekici numuneye bastırılarak, içerideki yayın gerilmesi ve geri tepmesi sağlanır. Bu sırada göstergedeki geri tepme değeri okunur [16].

Schmidt çekici deneyinin yaygın olmasının en önemli sebebi pratik, ucuz, kolay bir deney olmasının yanında kaya malzemesinin ve betonun tek eksenli basınç dayanımının tahmin edilmesinde kullanılmasıdır. İlk olarak 1948 yılında beton sertliğini test etmek için kullanılmış olan Schmidt çekici daha sonra ise kaya malzemesi dayanımını test etmekte kullanılmıştır. Çok sert ve çok yumuşak kayalarda Schmidt çekici deneyi sağlıklı sonuçlar verememektedir. Schmidt çekici ile bulunan geri tepme sayısını etkileyen faktörler; çekiç tipi, ayrışma durumu, pürüzlülükler, nem içeriği, çekicinin kalibrasyonu ve ölçülen yüzeyin hemen arkasında bulunabilecek zayıflık düzlemleridir. Bu nedenle çok yakın süreksizlik aralıklarına sahip kaya kütlelerinde Schmidt çekici değerleri yanıltıcı olabilmektedir.

Hucka (1960) numunede üç farklı nokta belirleyip her noktada 10 tekrar yaparak Schmidt çekici deneyinden bulunan en yüksek üç değerinin ortalamasını kullanmıştır. Soiltest 1976 yılında numunede Schmidt çekici ile 15 farklı noktaya tek vuruş yaparak bunların en büyük 10 tanesinin ortalamasını kullanmıştır. Poole ve Farmer (1980) Schmidt çekici ile 3 farklı noktada hepsine 5 vuruş yaparak 3 noktadaki en yüksek değerlerin ortalamasını almıştır. ISRM (1981) Schmidt çekici ile 20 farklı noktaya tek vuruş yapılarak en büyük 10 vuruşun ortalamasının alınmasını önermiştir. Usbr (1998) kaya malzemesi üzerinde 10 değişik noktadan vuruş yapılmasını, en büyük beş vuruşun ortalamasının alınması gerektiğini belirtmiştir. ASTM (2001) standardında 10 farklı noktaya tek vuruş yapıp, bu vuruşların ortalamasının 7 birim altındaki ve üstündeki değerlerin iptal edilmesini, geri kalanların ortalamasının Schmidt sertlik değeri olarak alınması gerektiğini belirtmektedir. Summer ve Nel (2002) 15 farklı noktadan vuruş değeri alarak en büyük 5 değeri çıkartıp geri kalan 10 değerinin ortalamasını almıştır [17].

Schmidt geri tepme değerine göre kaya malzemesinin sertlik sınıflaması Tablo 3.1’de verilmektedir [18].

Tablo 3. 1 Schmidt geri tepme sayısına göre kaya sertliğinin sınıflandırılması [18].

Schmidt geri tepme sayısı	Kaya malzemesi sertliği
0-10	Yumuşak
10-20	Az yumuşak
20-40	Az sert
40-50	Sert
50-60	Oldukça sert
>60	çok sert

Bu tez çalışması kapsamında incelenen tarihi eserler üzerinde deney yapımına uygun olan farklı kaya blokları üzerinde Schmidt çekici deneyleri gerçekleştirilmiştir. Her blok üzerinde 10 adet Schmidt çekici deneyi gerçekleştirilmiş olup, elde edilen değerlerin ortalaması o bloğa ait Schmidt geri tepme sayısı olarak kabul edilmiştir (şekil 3.3). Elde edilen geri tepme sayıları kullanılarak, kaya malzemesinin dolaylı olarak tek eksenli basınç dayanımları belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3. 3 Bu tez çalışması kapsamında tarihi kümbetlerde gerçekleştirilen Schmidt çekici deneyinden bir görünüm

3.3. İğne Penetrometresi Deneyi

Tarihi kümbetler üzerinde yapılan bozunmaya yönelik değerlendirmelerde SH-70 model iğne penetrasyon aleti kullanılmış olup, söz konusu cihaz Maruto Testing Machine Co. (Maruto, 2006) tarafından üretilmiştir. Yaklaşık 700 g ağırlığındadır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4 Tez çalışmasında kullanılan iğne penetrometresi aleti

Bu çalışma kapsamında iğne penetrometresi yardımıyla incelenen ve örnek alınması mümkün olmayan tarihi eserlerdeki zayıf ignimbirit malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı dolaylı yoldan belirlenmiştir. İğne penetrometresi deneyinin esası, elle yapılan

yüklemeye penetrometrenin ucunda bulunan iğnenin kayanın içine batmasına dayanmaktadır [19]. İğne penetrometresi deneyi sonucunda iğnibirirlerde İğne penetrometresi batma oranları (NPR) okunan yükün batma miktarına bölünmesiyle N/mm cinsinden belirlenmiştir.

Burada iğne ucunun batması ile kayanın (bloğun) sertliği arasında ters orantı bulunmaktadır. Bu deney ile kaya dayanımı hakkında bilgi edinilebilir. İğne hassasiyetinden dolayı genellikle yıpranmış bloklar üzerinde daha iyi sonuçlar alınabilmektedir (Şekil 3.5).

Bu tez çalışması kapsamında tarihi eserlerdeki iğnibirir malzemesi üzerinde yapılan İğne penetrometresi deneyleri sonucunda İğne penetrometresi batma oranlarından (NPR) dolaylı olarak tek eksenli basınç dayanımlarının (UCS) tahmininde Ulusay ve Ergüler (2007) ve Aydan (2012) tarafından önerilen aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$UCS = 0.51 * NPR^{0.8575} [20].$$

$$UCS = 0.2 * NPR [21].$$



Şekil 3. 5 Tarihi eserlerde gerçekleştirilen İğne penetrometresi deneyinden bir görünüm

4. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tarihi eserlerdeki bozunma türleri, bunları nedenleri hakkında farklı araştırmacılar tarafından ülkemizin çeşitli yerlerinde çalışmalar yapılmış ve tarihi eserlerin korunması amacıyla yöntemler önerilmiştir. Bu bölümde tarihi eserlerde meydana gelen bozunmalar üzerinde yapılan bazı bilimsel çalışmalar özetlenecektir.

4. Tarihi Eserlerde Meydana Gelen Bozunmalar ile İlgili Önceki Çalışmalar

Topal ve Sözmen (2001) Midas Anıtı'nın tüfleri içerisinde gelişen bozunma zonunun özelliklerini incelemiştir. Anıtı oluşturan beyaz ve pembe renkli tüflerde ileri derecede bozunmanın meydana geldiğini belirlemiştir. Çalışma kapsamında beyaz ve pembe tüflerin bozunma derinliği ve özellikleri, ince kesit, X-ışını difraksiyonu, metilen mavisi deneyi, ana element anal izleri ve bazı fiziksel parametreler kullanılarak incelenmiştir. Bozunma sonucunda tüflerde fiziksel parçalanma geliştiği tespit edilmiştir. İncelenen tüflerde az miktarda kil minerallerinin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Tüflerin kimyasal bozunması sonucu, beyaz tüflerde 4.5 cm, pembe tüflerde ise 2.5 cm kalınlığında bozunma zonu geliştiği saptanmıştır. Öte yandan, tüflerin indeks özelliklerinin ilk 2.5 cm'lik zonda az miktarda değişmekte olduğu bilgilerine yer verilmiştir [56].

Yavuz ve Topal (2007) yapmış oldukları çalışmada mermer bozunmasında termal nemin ve tuz kristallenmelerinin etkilerini incelemeyi amaçlamışlardır. Mermerlerin fiziko-mekanik özelliklerinin kristallenme testlerinde farklılıklar gösterdiğini ifade etmişlerdir. Mermerlerin su emme, gözeneklilik, Sonik hız ve aşınma değerlerinden bozunma derecesini değerlendirildiğini belirtmiştir. Çalışma kapsamında birçok mermerin deneye tabi tutulduğu ve deney yapılan mermerler arasından Muğla mermerlerinin tuz kristallenmesinden en fazla etkilenen mermer olduğu bilgilerine yer verilmiştir. Islatma-kurutma ve donma-çözülme gibi testlerin, güçlü ve yüksek dayanıklılığa sahip kayalar için çok yıkıcı etkiye sahip olmadığı bu nedenle mermer gibi taşlarda karşılaştırmaya imkân sağlamadığı ifade edilmiştir. Araştırma konusu

mermerlerin çok düşük gözeneklilik içermesine rağmen, mermer üzerinde termal etkiye sahip tuz kristallenme testlerinin etkili sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır [54].

Sağol (2007) Erzurum ilinde hava kirliliğinin tarihi eserler üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Erzurum'da taş yüzeylerde nitrat ve jipsin varlığının hava kirliliğinin etkisini göstermekte olduğunu belirtmiştir. Yılın 6-7 ayının aşırı derecede soğuk olması ve kış mevsiminin uzun olmasının taş yapılarda bozunmayı hızlandırdığını ifade etmiştir. Doğal taş örneklerinin nitrat konsantrasyonlarının nitrit konsantrasyonlarından yüksek olduğu, nedenin ise trafik, yakıtta doğal gazın geçilmemesi ve bilinçsiz kullanılan kömür tüketimi olduğu ifadelerine yer vermiştir. Doğal gaz kullanımını ile hava kirliliğinin azaltılmasının tarihi yapılarda meydana gelen bozunmaları azaltacağı sonucuna ulaşılmıştır [22].

Akın (2008) yaptığı çalışmada Anıtkabir inşasında kullanılan Eskipazar sarı travertenlerinin bozunma davranışlarının belirlenmesini amaçlamıştır. Yapılan çalışmanın ilk bölümünde, taşların insan hayatındaki önemi, kullanım yerlerinden ve zamanla atmosferik ve biyolojik etkilerden dolayı fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmaya uğradıklarından ve bozunmalara neden olan etkenlerden bahsedilmiştir. Sarı travertenlerin fiziko-mekanik, petrografik, kimyasal özelliklerine yer verilmiştir. Yapılan bu bilimsel çalışma kapsamında yaklaşık 60 yıllık bir süreç boyunca atmosferik etkilerle bozunmaya uğrayan travertenlerin taze örneklerine ulaşılmış ve laboratuvar deneyleri fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiş, bozunma davranışları hakkında laboratuvar ortamında gerçekleştirilen yapay bozunma deneyleri ile bilgiler edinilmiştir. İnceleme alanının farklı bölgelerinden elde edilen örnekler üzerinde yapılan çalışmalarda heterojen ve anizotrop özellik gösteren travertenlerin bozunma davranışları hakkında yorumlar yapılmıştır. Anıtkabir'deki bozunmanın yoğun olduğu lokasyonlardan bahsedilmiştir. Bozunma derecelerine göre puanlama esasına dayalı sınıflamalar yapılmıştır. Yapay bozunma deneyleri sonucunda sarı travertenlere en çok zarar veren dış etkenlerin tuz kristallenmesi basınçları olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Anıtkabir'in bazı bölgelerinde travertenler üzerine gözeneklilikte artışların meydana geldiği ve atmosferik etkilere bağlı olarak renk değişimlerinin bulunduğu, ancak Anıtkabir genelinde travertenlerin önemli derecede bozunmaya uğramadığı bilgilerine yer verilmiştir [4].

Özkan (2009) çalışmasında Erzurum çevresindeki bazı tarihi eserlerde biyolojik bozunmaya neden olan bakterilerin türlerini incelemeyi amaçlamıştır. Biyolojik bozunmanın türleri ve meydana getirmiş olduğu tahribatlardan bahsedilmiştir. Erzurum yöresinde bulunan 3 tarihi eser Öşvank Kilisesi, İşhan Kilisesi ve Üç Kümbetler'den örnekler alınarak bu örneklerden bakterilerin izolasyonunun yapıldığı ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda Erzurum yöresindeki tarihi eserlerden, kısmi biyolojik bozucu etkiye sahip bir takım bakteri konsantrasyonunun belirlendiği ifade edilmiştir. Biyolojik bozunma ile mücadele için biyolojik bozunmanın doğru tespitinin önemine vurgu yapılmıştır [23].

Sarıtop (2010), asit yağmurlarının Mardin çevresindeki tarihi eserlere etkisi isimli tez çalışmasında tarihi eser örneklerinin temel bileşenlerinin SiO_2 , CaO ve MgO olduğu ifade edilmiştir. Asit yağmurlarının tarihi eserler üzerindeki etkilerinin yapı malzemesi ile değişkenlik gösterebileceği belirtilmiştir. Sıcaklığın artmasının korozyonu artırdığı, bu nedenle hava kirliliğinin bulunduğu yerleşim yerindeki tarihi eserlerin korozyonunun sıcaklıkla birlikte daha fazla arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu il sıcak bir iklime sahip olduğundan asit yağmurlarından soğuk yerlere göre daha fazla etkilendiği belirtilmiştir [24].

Öcal ve Dal (2012) yılında Kırklareli'nde yapmış oldukları çalışmada doğal taşların sınıflandırılmasından ve kullanım alanlarından bahsetmişlerdir. Taşların kullanım alanlarına göre özelliklerinin farklı olması gerektiğini belirtmişlerdir. Örneğin merdiven basamaklarında kullanılan taşların gözeneklilik ve su emmesi değerlerinin düşük olması, yapıların içerisinde tezgahlarda, raflarda kullanılan taşların darbe dayanımlarının yüksek olması gibi nitel özelliklerinden bahsetmişlerdir. Daha sonraki bölümlerinde doğal taşların bozunma şekilleri sınıflandırılmış ve detaylandırılmıştır. Fiziksel ve kimyasal ayrışma türlerinden bahsedilmiş, ayrışmaya etki eden faktörlere yer verilmiş ve ildeki taş eserlerin bozunmasından, bozunma süreçleri, bozunmaya etki eden faktörler açıklanmıştır [25].

Korkanç (2013) çalışmasında Kapadokya bölgesinde inşa edilmiş tarihi yapıların yapımında kullanılan taşların çeşitli nedenlerle bozunduğunu, çalışma kapsamında Kapadokya'nın güney sınırını oluşturan Niğde bölgesinde farklı tarihi yapılarda

kullanılan taşların mühendislik özelliklerini ve bozulma etkilerini belirlemeyi amaçlandığını ifade etmiştir. Yapı taşları üzerindeki dış etkilerden kaynaklanan bozulmalarını tespit etmek amacıyla detaylı saha gözlemleri ve kimyasal-petrografik analizler yapıldığını belirtmiştir. Jeomekanik özelliklerin belirlenmesi (kuru birim ağırlık, su emme, etkin gözeneklilik, P-dalgası hızı, tek eksenli basınç dayanımı, kapiler su emme, Böhme aşınma değeri ve Schmidt çekiç geri tepme değeri) gibi kapsamlı laboratuvar araştırmaları yapıldığını belirtmiştir. Bazı taş örneklerinde gözlenen bozunmanın, aynı ocaktan gelmelerine rağmen diğerlerine göre daha yüksek olmasının taşların kullanımından da kaynaklandığını ifade etmiştir. Bunların yanı sıra sularının olumsuz etkileriyle taşlarda pullanma, renk bozulması ve mukavemet kaybı gibi hasarların oluştuğu bilgilerine yer vermiştir [26].

Korkanç (2016) çalışmasında Niğde bölgesinde bulunan Roma dönemine ait Tyana su kemerinin jeomekanik ve jeoteknik özelliklerini inceleyerek meydana gelen bozunmaların nedenini belirlemeyi amaçlamıştır. Su kemerlerinde yapı taşı olarak Mio-Pliyosen travertenlerinin kullanıldığını, zamanla taşlarda bozunmaların meydana geldiğini ifade etmiştir. Çalışma kapsamında taşların mineralojik, petrografik ve petrofiziksel özelliklerini belirlemek için laboratuvar çalışmaları yapıldığını ve kimyasal analizlerin sonuçlarında, taze ve kullanılmış traverten numuneleri için benzer özellikler görüldüğünü belirtmiştir. Travertenlerde su emme, efektif gözeneklilik, P-dalga hızı, kılcal su emme ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapıldığını ifade etmiştir. Ayrıca travertenler üzerindeki bantların farklı seviyeleri ve farklı dokusal özellikleri için Schmidt çekiç sertliği ölçümleri yapıldığını belirtmiştir. Su kemerinde insan etkilerinin yanı sıra, küçük taş boyutlarının ve aynı ocaktan farklı veya daha düşük özelliklere sahip taşların kullanılmasının su kemerinin bozunmasında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır [27].

Akın vd. (2016), Bitlis'in Ahlat ilçesinde yer alan Ahlat Selçuklu Mezarları'nın piroklastik bir kaya türü olan ignimbiritler kullanılarak yapıldığı, inceleme konusu Ahlat Selçuklu Mezar taşlarının ve mezar taşı olarak seçilen ignimbiritlerin yumuşak olması nedeniyle üzerlerinde yazı ve motifler yapıldığı belirtilmiştir. Mezar taşlarının 5 metreyi bulan uzunluklara sahip olduklarından ve yaklaşık 800 yıllık süreçte

bozunmaya uğradığı belirtilmiştir. Kültürel değere sahip mezar taşlarının yerinde yapılan gözlemsel ve deneysel çalışmalar sonucunda ignimbiritlerin yüksek gözenekliliği ve kılcal su emme özelliğinin mezar taşlarının bozunmasındaki en önemli etken olduğu ifade edilmiştir. Kaya malzemesinin toprak ve suyun etkisiyle tuzu bünyesine alması sonucunda kristallenmelerin meydana geldiği, kılcallığın da etkisiyle mezar taşlarının orta ve alt bölgelerinden kırıldığı sonucuna ulaşılmıştır [28].

Dal ve Öcal (2017), Mardin şehrindeki taştan yapılmış tarihi eserlerde meydana gelen bozunmalar başlığı altında yapmış olduğu çalışmalarında taş yapının insan hayatındaki öneminden ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir. Doğal taşlar sınıflandırılmış, doğal taşların bozunma şekilleri anlatılarak detaylandırılmıştır. Ayrıca, Mardin şehrinin tarihsel doku olarak ülkemizde önemli bir yere sahip olmasından dolayı buradaki tarihi yapılarda meydana gelen fiziksel bozunmalara, bunların sebeplerine, türlerine dair bilgilere yer verilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda fiziksel bozunmaların yanı sıra biyolojik bozunmaların ve hatalı restorasyon uygulamalarının gözlemlendiği belirtilmiş ve bozunmaların önlenmesi ve mevcut yapının korunması için tavsiyelerde bulunulmuştur [9].

Hasbay ve Hattap (2017) doğal taşlardaki bozunma nedenleri konulu makalelerinde taşlarda meydana gelen bozunmaların nedenlerini ve türlerini incelemiştir. Tarihi yapıların ana malzemesinin taş olması nedeniyle günümüze kadar varlıklarını koruması, buna rağmen taşların üzerinde fiziksel, biyolojik, kimyasal birçok faktörün etkili olduğu ve bozunmaya sebep oldukları ve bu bozunmaların nasıl meydana geldiğinden bahsedilmiştir. Taş bozunmaları sınıflandırılarak, her bozunma türüne görsel örnekler verilmiş, bozunma türleri detaylandırılmıştır. Doğal taşlarda görünen tahribatlar hakkında bilgilere yer verilmiştir. Bozunma sürecini etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerin birbiri ile etkileşimde olduğu belirtilmiş, bozunma hızını birbirlerine yardımcı olacak şekilde hızlandırdıkları ortaya konmuştur. Bununla birlikte taş yapıların dayanımını etkileyen faktörlerden bahsedilerek mevcut yapı formunun korunması için tavsiyelerde bulunmuşlardır [3].

Dolar ve Yardımlı (2017) tarihi taş yapılardaki alg ve bakteri bozunmalarını incelemeyi amaçlamıştır. Tarihi anıtların iklimsel hava koşulları, hava kirliliği, kullanımından kaynaklanan etkiler ile zamanla fiziksel, biyolojik ve kimyasal bozunmalara uğradığı belirtilmiştir. Taş yapıda yaygın olarak görünen biyolojik bozunma çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir. Mikroorganizmaların bozunma etkisini azaltabileceği ve zararlı maddelerin tarihi eserlerin yüzeylerinden çıkarılabilmesi için kullanılabilceği bilgilerine yer verilmiştir. Siyano bakterilerin taş eserlerin bozunmasında büyük etkiye sahip olduğu, ışık, nem ve sıcaklığın bunu tetiklediği, yapıların görünümelerini değiştirdiklerini ifade etmiştir. Ayrıca taş eserlerin temizlenmesi, onarılması, sağlamlaştırılması gibi koruma aşamalarından sonra düzenli olarak bakımlarının yapılması, yapıların korunması için etkili olacağı belirtilmiştir [29].

Döndüren vd. (2017) tarihi yapılarda görülen hasar türlerini detaylı bir şekilde anlatmayı amaçlamıştır. Zeminden kaynaklanan hasarlardan, taşıyıcı duvarlarda oluşan hasarlardan, kubbe, kemer ve tonozlarda oluşan hasarlardan ve diğer hasar türleri başlığı altında atmosfer etkileri, su hareketleri, ıslanma-kuruma, sıcaklık değişimi, donma-çözülme, rüzgar, yağmur ve bunlarla taşınan çeşitli tuzların yapılar üzerinde meydana getirmiş olduğu bozunma türlerinden bahsetmişlerdir. Sonuç olarak dış etkenlere karşı yeterli önlemlerin alınmadığı, ilgisizlik ve kötü kullanım nedeniyle tarihi eserlerde bozunmaların oluştuğu, yapının bütünlüğüne zarar verildiği ifade edilmiştir [30].

Bilgili (2018) Kapadokya bölgesi Nevşehir yöresi kültürel varlıklarının bozunmalarına neden olan etmenleri araştırmıştır. Bozunmaya neden olan iç ve dış nedenlerden bahsedilmiştir. Birçok uygarlığın burada yaşadığı ve bozunmaya yol açan doğa olaylarının yanında, insan faaliyetlerinin de bozunmayı hızlandırdığı, insanların Kapadokya bölgesinde bulunan kültürel varlıklar üzerinde şekillendirmeler yaparak tahrip ettikleri bilgilerine vurgu yapmıştır. Bölgedeki bozunma süreçlerinin iyi anlaşılması, yıllar süren araştırmalardan, deneysel çalışmalardan faydalanılması bozunma etkilerini önleyici tedbirler alınması gerektiği ifade edilmiştir. Koruma amaçlı imar planlarının tamamlanması, turizm yönetim planının oluşturulması, restorasyon çalışmalarında dil birliği yapılması gibi birtakım önerilerde bulunulmuştur [31].

Hasbay vd. (2018) doğal taşlarda görülen fiziko-mekanik hasarlar başlığı altındaki bu çalışmalarında doğal taşlarda görülen bozunmaları incelemişlerdir. Doğal taşların

mineral yapısı, tabakalanma yönü, porozitesi, taşın türünün fiziksel bozunmalardaki önemi hakkında bilgilere yer verilmiştir. Fiziksel bozunma türleri sınıflandırılmış, görsel materyallerle destekli bozunmalar karşılaştırılmıştır. Taş yapılarıdaki mekanik etkiler neticesinde morfolojik yapılarında meydana gelen değişikliklerden bahsedilmiştir. Sonuç kısmında bozunma nedenlerine göre önlem alınması konusunda bilgiler verilmiştir [32].

Avşar (2018) Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Bitlis iline bağlı Ahlat ilçesinde bulunan Ahlat Selçuklu Meydan Mezarlığı mezar taşlarının korunması ve onarım önerilerini açıklamıştır. Mezar taşlarının yüzeylerinde özellikle orta bölümlerde yüzey kayıpları, ayrışma, çatlaklar ve petegözlülük gibi bozunmaların meydana geldiği yapmış oldukları incelemede irdelenmiştir. Yapılarda yüzey temizliği ve tümleme gibi çalışmaların eğik veya devrilmiş kaidelerin özgün yerlerinde tekrar duraylı hale getirilmesi için restorasyon çalışmalarının yapıldığı belirtilmiştir. Sonuç kısmında ilk olarak mezar taşlarında, her bir mezar taşı için kırık ve çatlak bilgilerinin toplanması gerektiği vurgulanmıştır. Gerekli test ve analizler yapıldıktan sonra sağlamlaştırma ve yüzey koruma işleminin gerçekleştirilmesi, taşların çözünebilir tuzlardan arındırılması, çevrede bulunan bitkilerin mezar taşlarına zarar verdikleri bu nedenle taşlara zarar vermeyecek malzeme ve yöntemlerle bölgedeki bitkilerin uzaklaştırılması gibi bozunmayı önleyici, koruyucu birtakım tavsiyelerde bulunulmuştur [33].

Erözmen (2019) tarihi eserlerde kullanılan Küfeki taşlarının litolojik özellikleri ve temizleme yöntemleri karşısındaki davranışları hakkında yapmış olduğu çalışmada, tarihi eserler üzerindeki restorasyon çalışmalarında yapı taşlarının fiziksel-mekanik, kimyasal, mineralojik özelliklerinin bilinmesinin önemli olduğunu belirtmiştir. Yapı taşları üzerinde kirlenme varsa kirlenmenin kaynağının belirlenmesi, belirlendikten sonra uygun temizleme yöntemlerinin uygulanması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca farklı bölgelerden alınan numunelerde yapılan fiziksel deneylerde bazılarında aşırı bozunma, kopma, dökülme olmasına karşın, bazılarında dayanımın yüksek olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak bu farklılıkların yapı taşlarının mineralojik özelliklerinin ve kil içeriğinin farklı olmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir [34].

Essahlaoui (2019) çalışmasında Mersin ilindeki Kızkalesi ve Kanlıdivane isimli tarihi yapılardaki yapı taşlarında meydana gelen bozunma derecelerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Çalışma kapsamında tahribatsız deney yöntemlerinden Schmidt çekici ve Vp-Vs dalga hızlarının ölçüldüğü ultrasonik dalga hızı deneyi kullanıldığı ifade edilmiştir. Kullanılan bu yöntemler ile elde edilen veriler neticesinde yapı taşlarının bozunma dereceleri belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda bozunma ve arazi deney sonuçlarından duvar haritaları oluşturulduğu ifade edilmiştir [35].

Tekin (2020) Konya bölgesindeki tarihi eserler ve doğal yapılardaki bozunma durumlarını ele alarak tarihi yapılarda kullanılan trakit, tuf gibi volkanik kayalar ile traverten ve mermerlerin dayanım, duraylılık ve bozunma özelliklerini incelemiştir. Travertenlerin olumsuz hava koşullarından etkilendiğini, bozunmaya uğradığını, laboratuvar ortamında numune taşlar üzerinde ıslanma-kuruma, donma-çözülme deneyleri yapıldığı, bu deneyler sonucunda kütle kayıplarının meydana geldiğinden bahsedilmiştir. Kırıklı çatlaklı yapıda olan mermerlerde meydana gelen kütle kaybının travertenlere oranla daha fazla olduğu ifadelerine yer verilmiştir. Görünür gözeneklilik suya doyurma yöntemi ve ağırlıkça su emme deneyleri ile belirlenmiş olup, en düşük değerin mermere ait olduğu ve tufün ise en yüksek gözeneklilik değerine sahip olduğu ifade edilmiştir. Tüflerin yapısı gereği yeraltı ve yüzey sularına maruz kalmaları durumunda bozunmaya uğradıkları, bu nedenle yapıların iç kısımlarında kullanılmaları gerektiği sonucuna ulaşılmıştır [36].

Korkanç (2020) çalışmasında Niğde ilinde bulunan Ak Medrese isimli tarihi eserin yapımında kullanılan taşların mühendislik özelliklerinin ve sorunların belirlenmesini amaçlamıştır. Medresenin temeline yaklaşan kısımlardaki yapı taşlarında zemin suyundan dolayı bozunmaların meydana geldiğini ifade etmiştir. 1409 yılında yapılan tarihi yapının, günümüzde yapılan restorasyonlarında orijinal taşları andırmayan taşların kullanıldığından ve kılcal kısımlarda bozunmayı hızlandırdığından bahsedilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda çiçeklenme, renklenme gibi bozunmaların meydana geldiği, taş yapının dayanımını yitirdiği belirtilmiştir. Tarihi yapının korunmasına yönelik zemin drenaj elamanları ve çatı suyu drenajının bakım ve kontrollerinin yapılması gibi önlemlerin alınmasının tarihi yapının ömrünün uzatılmasını sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır [37].

Deniz ve Topal (2021) yapmış oldukları çalışmada Kapadokya'nın bazı tarihi yapılarında kullanılan tüfler için yeni bir dayanıklılık değerlendirme yöntemini ele almıştır. Çalışmanın amacının etkin gözeneklilik, su emme, kuru ve doygun birim ağırlıklar, tek eksenli basınç dayanımları, nokta yük dayanımları, ses hızları ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi gibi özelliklerini kullanarak tüfleri karakterize etmek ve saha performansları ile tüflerin ölçülen özellikleri arasındaki korelasyona dayalı olarak tüflerin uzun vadeli dayanıklılığını tahmin etmek olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma kapsamında Kayseri ve Aksaray bölgelerindeki taş ocaklarından tuf örnekleri alınmış, tüflerin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında araştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak Kapadokya bölgesinde tarihi yapılarda kullanılan tüflerin fiziksel ve mekanik özellikleri düşük olsa da kaliteli ve orta-yüksek dayanıklılığa sahip olduğu bilgisine yer verilmiştir [55].

5.BÖLÜM

KURAMSAL TEMELLER

5.1. Bozunma

Kayaların buldukları ortam koşullarına uyum sağlamak için fiziksel ve kimyasal yapılarında meydana gelen farklılaşmalara bozunma denir [53]. Kayaların çoğu yer altında yüksek sıcaklık ve basıncın etkisiyle oluşmaktadır. Zamanla yüzeye çıkan bu kayalar maruz kaldıkları sıcaklık, basınç değişimi, su ve havanın etkisiyle bozunurlar [38]. Su ve havaya maruz kalan kayaların bozunması sonucunda birçok özelliği değişmektedir. Kayaların gözeneklilik, porozite ve mineral yapısındaki bu değişimler sonucunda dayanımları da azalmaktadır. Bozunma değişen iklim özelliklerine (sıcaklık, nem oranı, vs.) doğrudan bağlı olduğu gibi kaya malzemesi ve kaya kütlelerinin özelliklerine de bağlıdır. Kimyasal yapısı, gözeneklilik ve tane boyu kaya malzemesinin bozunmaya karşı direncine etki eden yerleşir, böylelikle mineral yapısı değişen kaya kırılabilir hale gelir. Kaya içerisine yerleşen minerallerin kayadan herhangi bir sebeple ayrılmasıyla kaya gözenekli bir hale gelir [39].

5.2. Yapı Taşlarındaki Bozunma Nedenleri

Bozunmalar birçok sebepten kaynaklanabilir. Zamanla dış faktörlerin etkisi ile kayalar kendi özelliklerini yitirirler. Zayıflayarak bütünlüğünü kaybedebilirler ve bunun neticesinde kaya malzemesinde fiziksel ve kimyasal bozunma meydana gelebilir. Taşlarda bozunmaya sebep olan iç ve dış faktörler bulunmaktadır [3].

5.2.1. İç Faktörler

Taşın kendi özelliği bozunmayı oluşturan bir iç nedendir. Bunlar, taşın mineral bileşimi, minerallerin oluşum düzeni, kılcal ve geniş çatlak yapısı, gözeneklilik gibi birçok durumdan meydana gelir [25]. Ayrıca çatlaklar, taşın özelliği, taşın seçimi ve kullanımını başlıca iç nedenlerden sayabiliriz [31].

5.2.1.1. Coğrafik Konum

Bozunmada coğrafik konumun etkisi büyüktür. Deniz kenarında bulunan tarihi yapılar havada bulunan nem ile birlikte deniz tuzunun korozif etkisinden daha fazla etkilenerek bozunmaya uğrayabilmektedir [25].

5.2.1.2. Zeminin Özellikleri

Yapının, üzerinde bulunduğu zeminin gevşek olması ya da fay hattı üzerinde bulunması, yapıda büyük hasarlara neden olabilir. Yapı yüklerinin bulunduğu zemine homojen bir şekilde aktarılması, zeminin yapı yüklerini karşılayacak kadar dayanıklı ve duraylı olması gerekmektedir [40].

5.2.1.3. Taşın Kendi Yapısal Özellikleri

Doğal taş gözenekli ve anizotropik bir yapıda ise atmosfer olaylarından daha çabuk ve hızlı şekilde etkilenen taş bozunmaya uğrayabilir. Taşın kristal yapısı bozunma sürecinde oldukça etkilidir. İnce kristal yapıya sahip yapı taşlarının dayanımı iri kristal yapıya sahip olana oranla daha fazladır. İnce kristallerin birbirine olan bağları daha kuvvetlidir. Kristal büyüklüğü arttığında bozunma süreci daha hızlı ilerler [25].

5.2.1.4. Yapı Taşlarının Seçiminde veya Kullanımında Yapılan Hatalar

Taşın çıkarılması ve işlenmesi sırasında yapılan hatalardır. Yanlış yöntemlerle ocaktan çıkarılmış, işlenmemesi gereken alet ve malzemelerle işlenmiş ve yerleştirildiği alan hatalı ise bozunma daha etkili ve hızlı olacaktır [3]. Yapıların inşasında iklim koşullarına uygun yapı taşları seçilmelidir. Doğal taşlar tabakalı yapıya sahip olabilir. Tabakaların yönünün doğru kullanılması, yüklerin tabakalara dik gelecek şekilde taşın yerleştirilmesi gerekmektedir [40].

5.2.2. Dış Faktörler

İnsanların taş yapılara vermiş oldukları zararlar, iklim ve atmosfer etkileri, hava kirliliği, trafik, depremler vb. etkiler dış nedenler gurubundadır.

5.2.2.1. Afetler

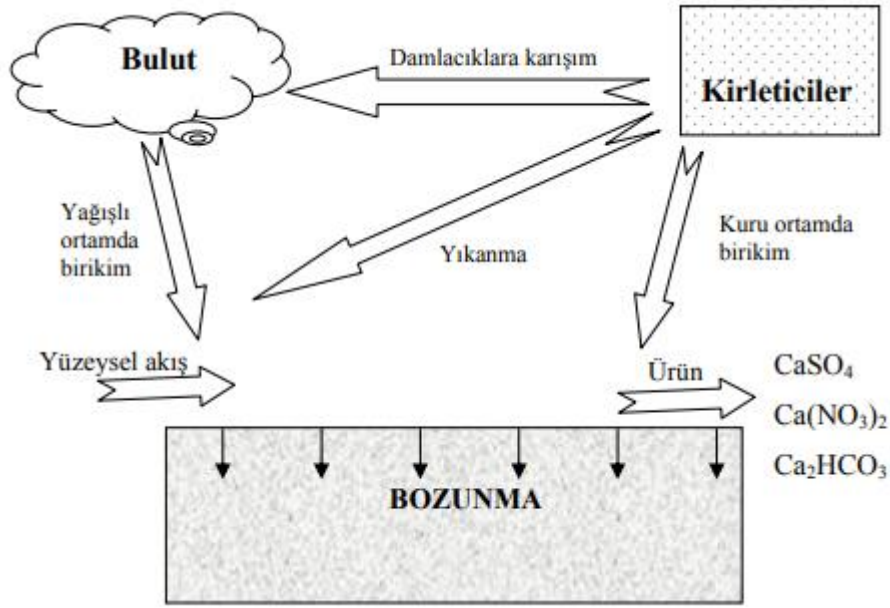
Deprem, toprak kayması ve sel gibi, bir anda oluşan doğa olayları neticesinde yapıların hasar görmesi durumlarıdır. Dere yatağına yapılan bir yapıya, bir anda su seviyesinin yükselerek hasar vermesi örnek olarak gösterilebilir.

5.2.2.2. Atmosfer etkisi

Özellikle yapının dış cephesinde kullanılan doğal taşlar sıcaklık değişimleri, rüzgar, yağmur, suyun hareketi, ıslanma-kuruma, donma-çözülme gibi atmosferik olaylardan daha çok etkilenmektedir.

5.2.2.3. Hava Kirliliğinin Etkisi

Havada çeşitli nedenlerle oluşan kirlenmeler atmosferik olaylar sonucunda yağmur damlacıklarına karışarak yer yüzüne iner ve yapı taşlarının üzerinde birikerek bozunma hızını etkiler (Şekil 5.1). Yapı taşlarının bozunmasında ısınma sistemleri, akaryakıt kullanımı, taşıtlardan çıkan gazlar gibi nedenler doğal yapı taşlarının bozunmasına ve kabuklanmasına neden olur [3].



Şekil 5. 1 Atmosferik kirliliğin yapı taşları üzerine depolanma yöntemleri [4]

5.2.2.4. Yangınlar

Yapının ciddi hasar görmesine ve bir daha kullanılamamasına neden olur (Şekil 5.2). Yapının yangına karşı dayanıklı malzemeden oluşturulması tahribatın en aza indirgenmesine yardımcı olur.

5.2.2.5. Savaşlar

Yapılan araştırmalarda Suriye’de çıkan çatışmalarda 300’den fazla kültürel varlığın yok edildiği tespit edilmiştir [41]. Bombalamak, yakılmak, yıkılmak suretiyle tarihi eserler yok edilmektedir. Bu nedenle savaşların kültürel miras üzerindeki olumsuz etkisi oldukça fazladır. Tarih boyunca birçok tarihi eser savaşlar sonucunda yok olmuştur.

5.2.2.6. Turizmin ve Denetimsiz Konaklamanın Etkileri

Ülkemize her yıl milyonlarca turist gelerek tarihi yapıları ziyaret etmekte ve kullanılmaktadırlar. Kullanırken ve incelerken eserlere ve yapılara zarar verilmektedir. Meraklı ellerle tarihi yapılara dokunulması, fotoğraf çekerken flaş kullanılması vb. nedenler eserlere zarar vermektedir.

5.2.2.7. Bitkisel ve Canlı Mikroorganizmalar

Bitkiler yapı içerisindeki boşluklarda gelişerek, büyüyerek yapıda çatlaklar, kırıklar oluşmasına neden olur.

5.2.2.8. Trafik

Araçlar yapı çevresinden geçerken ağır tonajlarının etkisiyle oluşturdukları titreşimler yapılarda bozunmalara sebep olmaktadır [3]. Meydana gelen titreşimler, yapı temellerinde harekete neden olabilirler, buna bağlı zemin oturmaları oluşabilir ve yapının kolonlarında çatlaklar meydana gelebilir [40].

5.2.2.9. İnsanların Oluşturdukları Tahribatlar

Genel olarak karşılaşılan sorunlar, onarım maksadıyla yanlış yapılan restorasyonların yapılara zarar vermesidir. Bunlardan bazıları derz aralarının tutturulması amacıyla çimento ile yapılan dolgu tamamlama işlemleri, taş yüzeylerin görünümünün yenilenmesi amacıyla yapılan boyama işlemleri, sıvanması, kaplanması vb. restorasyon çalışmalarıdır. Hatalı çimento kullanımı orijinal malzemenin çatlamasına sebep olmaktadır. Çimentolu harç ile temas eden taş yüzeylerinde etraflarında çatlama, tuzlanma ve parçalanma vb. bozunmalar meydana gelmektedir (Şekil 5.3 ve 5.4). Çimentonun hava almaması sebebi ile kapladığı taş yüzeyinin kurumasını geciktirmesi ile taşın iç kesimlerinde oluşan ayrışmaların gerçekleşme ihtimali fazladır [9]. İnsanların kasıtlı veya bilinçsiz şekilde yapıları tahrip etme ve zarar vermeleri eserleri bozunmaya uğratmanın yanı sıra, bozunmayı da hızlandırabilmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5. 2 Çalışma kapsamında incelenen Babükbey Kümbeti'nin insanlar tarafından yakılarak tahrip edilen kesimi

5.3. Taş Yapılardaki Bozunma Türleri

5.3.1. Fiziksel Bozunma

Taşın morfolojik yapısındaki farklılaşmalardır. Örnek olarak taşın içerisinde biriken suyun donması sonucunda, katı hale geçip hacimce genişleyerek iç gerilmeler oluşturması ve kaya malzemesinin çatlayıp dağılmasına neden olmasıdır [3].

Fiziksel bozunmalar yüzey kayıplarına yol açar. Taşın iç yapısı ve dış etkenlere bağlı olarak taşın yüzeyi su, nem ve rüzgarın da etkisi ile ıslanma-kuruma gibi çevrimsel etkilerin sonucunda önce pürüzlü hale gelir, sonra artan bozunmaya bağlı olarak zayıflamaya başlar. Daha sonra kaya malzemesi yüzeyi ısladıkça bozunma artarak devam eder. Yüzeyden ayrışmalara neden olan bu bozunma taşın bir bölümünün ana kütlede ayrılması sürecine de neden olur (Şekil 5.3). Bununla birlikte taşın iç yapısında basınç oluşturarak önce çatlaklar oluşturur ve zayıflayan bölümleri itererek ana kütlede yüzeyinden pullanma ve kavlaklanma şeklinde bazı parçaların ayrılmasına sebep olur [9].



Şekil 5. 3 Çifte Kümbet'te gözlenen fiziksel bozunmadan bir görünüm

5.3.1.1. Kırık ve Çatlak Oluşumu

Tarihi yapılarda, yapı taşlarında ve taşın özgün yapısında herhangi bir eksilme olmadan taşın kendi yapısındaki değişimler neticesinde oluşan çatlaklardır. Bu çatlak sistemi bazen taşı bütün keser, taş yapısına aykırı geliştikleri için de eserlerde kırılmaya sebep olurlar [9]. Doğal yapı taşlarında kırık ve çatlak oluşumuna neden olan en önemli sebeplerden bir tanesi de kaya malzemesi içerisindeki gözeneklerde biriken suyun donmasıdır. Buna benzer şekilde kayaç gözeneklerinde hava kirliliği neticesinde biriken tuzlar da kuruma aşamasında gözenek çeperlerine basınç uygulayarak kaya malzemesinde çatlak gelişimine neden olabilir (Şekil 5.4).



Şekil 5. 4 Ali Cafer Kümbeti’nde kaya malzemesinde gözlenen çatlak oluşumları

5.3.1.2. Petek gözlülük

Tarihi yapıların yüzeylerinde birbirinden bağımsız oyukların meydana gelmesi olayıdır. Tarihi eserlerin taş bloklarının yüzeyinin süngerimsi yapıda bulunması ve fosil içeren taneli yapıdaki taşlarda ortaya çıkan bozunma türüdür. Atmosferden gelen asidik yağmurlar, nem ve tuz oranının fazlalığı oluşum sebepleridir [42]. Doğal yapı taşlarında atmosferik olaylar oyuklanmaya (petekgözlülük) neden olmaktadır [3]. Bu tez çalışması kapsamında Ali Pişrev Kümbeti’nde kullanılan ignimbirit bloklarında da sık sık oyuklanma gözlemlenmiştir (Şekil 5.5).



Şekil 5. 5 Emir Ali Pişrev Kümbeti'nde gözlenen tuzlanma ve petekgözlülük

5.3.1.3. Aşınma

Taşın kullanım alanına ve yerine göre yüzeysel bir yapısal hasarın meydana gelmesidir. İnsan hareketinin yoğun olduğu eşiklerde çoğunlukla görülür [3]. Yapının yüzeyde oluşan kimyasal veya fiziksel bütünlüğünü bozabilen bloktan koparak ufalanmalara ayrılmalara, sebebiyet verebilen ve tozlanmalar halinde görünen erozyon sonucu oluşan fiziksel bozunma çeşididir (Şekil 5.6) [43].



Şekil 5. 6 İnsanların neden olduğu aşınma [40].

5.3.1.4. Erozyon

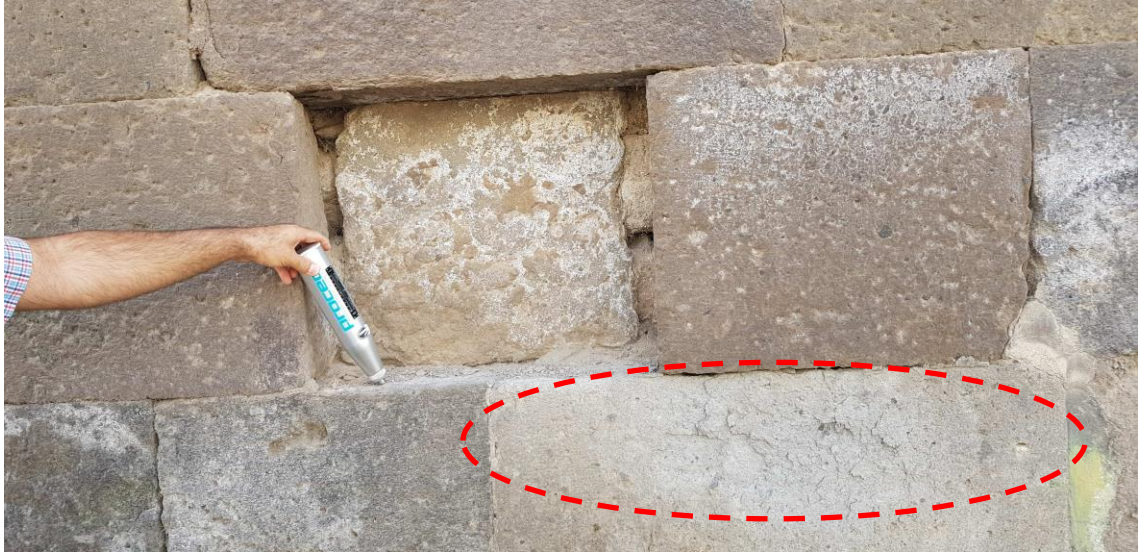
Uzun yıllar atmosferik etkiler altında kalan tarihi eserler rüzgar, yağmur ve donma-çözülme etkisi ile aşınarak erozyona uğrayabilirler (Şekil 5.7) [3]. Taş yüzeyinde materyal kaybına neden olan erozyon, doğal etkenler sonucunda meydana gelebildiği gibi insanların etkileri ile de oluşabilmektedir [25].



Şekil 5. 7 Taş heykelde meydana gelen erozyon [3]

5.3.1.5. Derz Boşalması

Çeşitli kalınlıklardaki doğal taşlar duvar örgüsünde derz oluşturacak biçimde harçla birleştirilerek yerleştirilir. Derz harçlarının ıslanması sonucunda aralarındaki bağların azalmasıyla birbirlerinden ayrılarak boşluklar oluştururlar ve taşların alt ve üst bölgelerinin açıkta kalması nedeniyle başka bozunmaları da hızlandırabilir [9]. Boşluklar nedeniyle bütünden bloğun ayrılarak kopması olayına derz boşalması denir (Şekil 5.8). Çevrenin ve iklimin etkisi ile zamanla aradaki bağlayıcı harçların dökülmesi yapının duraylılığını ve bütünlüğünü kaybetmesine sebep olur.



Şekil 5. 8 Köşk Medresesi'nde gözlenen derz boşalması ve restorasyon malzemesinin bozunması ile çevre taşlara uyumsuz görünümü

5.3.1.6. Tuzlanma

Yapının gözenekli kısımlarında bulunan tuzlar su ile birlikte yüzeye taşınır ve sıcaklığın etkisiyle birlikte suyun buharlaşması sonucunda tuz kristalleşmeleri gözlenmektedir. Gözeneklerde tuz kristallenmesi sonucunda oluşan basınçlar, kaya malzemesinin zaman içerisinde parçalanmasına neden olmaktadır [3]. Özellikle ignimbirit gibi yüksek gözenekliliğe sahip kayalarda kılcallık etkisi ile tuzlanma etkileri oldukça yoğun olarak gözlenebilmektedir (Şekil 5.9).



Şekil 5. 9 Suyakanmış Hatun Kümbeti'nde çatı bölgesinde gözlenen tuzlanma

5.3.1.7. Çiçeklenme

Tuzlanmanın yoğun olarak görüldüğü yapılarda meydana gelmektedir. Tuz kristallerinin yoğun şekilde taş bloğun yüzeyini kapladığı görülmektedir (Şekil 5.10). Tuzlanmanın bir sonraki evresidir, sıcaklıkların etkisiyle zamanla tuzlanan yapıda tuz hacimsel olarak genişlemekte ve yapıyı çevreleyip bozunmasına neden olmaktadır [3].



Şekil 5. 10 Sur duvar örgüsünde tuzlanma (çiçeklenme) [43]

5.3.1.8. Pullanma

Taşın mevcut yüzeyine paralel gelişen genellikle küçük boyutlu ve ince yapıya sahip plakalar halindeki taş kütesinden ayrılmalara pullanma (kavlaklanma) denir (Şekil 5.11). Tek bir kattan veya birden fazla kattan oluşabilen bir bozunma türüdür [25].



Şekil 5. 11 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde ignimbiritlerde gözlenen pullanma (kavlaklanma)

5.3.2. Kimyasal Bozunma

Oksidasyon, hidroliz, çözünme gibi olaylar sonucunda taşın kimyasal yapısında meydana gelen değişimlerdir. Sıcaklıkların kimyasal bozunmayı artırmakta olduğu gözlemlenmiştir. Su ve suyun taşıdığı zararlı maddelerden etkilenen yapıya, kimyasal maddeler yağmur suyu içinde taşınarak, taşın gözeneklerinde tahribata neden olurlar [3]. Bozunma ortam koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Kurak iklime sahip bir alanda bulunan kaya malzemesi üzerinde meydana gelen bozunma hızı yağışlı, tropik bölgelere göre çok daha azdır. Yoğun yağış ve yüksek sıcaklıklar kimyasal bozunmayı hızlandırmaktadır [44]. Kimyasal bozunma sonucunda taşın bünyesindeki minerallerin bir kısmı ya da tamamı yok olabilir [25].

5.3.2.1. Yapılarda Kararma

Doğal yapı taşları üzerindeki siyah tabakaya doğrudan atmosferde oluşan gaz ve partiküllerin oluşturduğu hava kirliliği neden olmaktadır [3]. İnsan yaşamının yoğun olduğu şehir merkezlerinde özellikle kış aylarında fosil yakıtların yoğun şekilde kullanılması neticesinde hava kirliliği ile taşınan sülfat ve yoğun araç kullanımına bağlı artan nitrat değerleri yapı taşlarında kararmalara neden olmaktadır (Şekil 5.12) [25].



Şekil 5. 12 Selçuklu Emir-1 Kumbeti çatı taş yüzeylerinde gözlenen kararma

5.3.2.2. Mikrokarst oluşumu

Mikrokarst oluşumu zayıf dayanımlı tortul kayalarda (yapılarda) aşınmanın etkisiyle görülen bozunma çeşididir (Şekil 5.13). Taşın boşluklarında bulunan su içerisinde çözünebilir kalsiyum karbonat (CaCO_3) gibi maddelerin eriyerek su ile taşınması ve taş yüzeyinde milimetre ve santimetre aralıklarında değişen kanallar oluşturmasıyla meydana gelen bir bozunma çeşididir [43].



Şekil 5. 13 Kireçtaşından yapılmış Apollon Heykeli üzerinde mikrokarst oluşumu [43]

5.3.2.3. Tozlaşma

Tozlaşma doğal taşlarda görülen bir bozunma türüdür. Yüzeyle elle veya bir cisimle dokunulduğunda tozlaşarak ufalanır (Şekil 5.14) [42]. Taşın yüzeyindeki granüller arasındaki bağlayıcı özelliği zamanla dış etkenlerle zayıflayarak etkisini kaybeder ve toz halinde yüzeyden ayrılarak dökülür. Tozlaşma hem kimyasal hem de fiziksel (erozyon) nedenlerle görülen bozunmadır [43].



Şekil 5. 14 Hacıp Çavlı Kümbeti'nde restore edilen blokta kısa zamanda meydana gelen tozlaşma

5.3.2.4. Kabuklanma

Morfolojik değişimler sonucu taş yapısında meydana gelen değişimlerdir. Zamanla taşın yüzeyinde organik ve inorganik maddelerin birikmesi sonucu maddelerin etkileşime, reaksiyona girmesi neticesinde oluşur [45]. Hava kirliliğinin yoğun olduğu yerlerde yağmur sularının partiküllerle birleşerek taşın yüzeyine yapışması, taşı renk değişimine uğratması ve kabuklu bir görünüme erişmesi durumudur (Şekil 5.15) [3].



Şekil 5. 15 Taşta oluşan kabuklanma [46]

5.3.2.5. Korozyon ve Pas Lekesi

Havadaki oksijen, su ve bir çeşit asitle demirin reaksiyona girerek, paslanması olayına korozyon denir. Korozyona uğrayan demirin yağmur sularının etkisiyle yıkanması sonucu çevresinde bulunan taş yüzeylere pas lekelerini akıtması durumudur (Şekil 5.16) [3].



Şekil 5. 16 Sultan Ahmet Camii'nin beyaz mermer sütun başlığının demir kasnağının korozyonunun üzerine akması sonucu renk bozulması [43]

5.3.3. Biyolojik Bozunma

Biyolojik bozunma, yapıların yüzeyinde likenler ve yosun gibi bitkilerin gelişimi ile doğal yapı taşlarında gözlenen bozunmadır. Bitki tohumları rüzgarla taşınarak duvar içerisindeki küçük boşluklara tutunurlar, derz aralarına veya taşların içlerinde zamanla büyüyerek bitki halini almaktadır. Bitkilenme ismi ile bilinen bu bozunma türü, duvar veya çatı örtüsünde de oluşabilir. Zamanla büyüyen bitkilerin kökleri çevresindeki taşlara zarar verir, çatlak ve kırık oluşumuna sebep olur. Bu şekilde yapıda tahribatlar ve bozunmalar meydana gelir. Yosunlar ise yüzeyi kaplayarak, arkasında kalan duvar örgüsünün hava ile temas etmesini engellediğinden ve neme sebep olduklarından oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarını hızlandırarak yapı taşlarında bozunmalara neden olurlar [9]. Canlı mikroorganizmalar nemin olduğu her ortamda bulunmaktadır. Canlı mikro organizmaların etkileri sonucunda taş özelliğini kaybederek telafisi mümkün olmayan bozunmalara uğrayabilir ve ilksel bütünlük tamamen kaybolabilir [29].

5.3.3.1. Bitkiler

Yapıların boşluklarına, çatlak ve kırıklara, derz aralarına rüzgarla ve su ile taşınarak yerleşen bitki tohumları, büyüüp gelişerek çevresinde bulunan bloklara doğrudan zarar verebilir. Yapıdaki kırık ve çatlakların büyümesine, kopmalara ve dağılmalara sebep olabilir (Şekil 5.17 ve 5.18).



Şekil 5. 17 Roma Mezarı'nda derz arasında ot oluşumları



Şekil 5. 18 Ali Cafer Kümbeti merdiven basamaklarında gelişen bitkilerden bir görünüm

5.3.3.2. Algler ve Siyanobakteriler

Algler ve siyanobakteriler taş yapılar üzerinde ilk etkiyi yapmaktadırlar. Işık şiddeti, sıcaklık, pH ve nem ortamı oluştuğunda siyanobakteriler ve algler hızla çoğalmaktadırlar. Büyüme nemin ve yağışın en çok olduğu aylarda meydana gelmektedir (Şekil 5.19). Algler ve siyanobakterilerin gelişimi hava kirliliği ile orantılıdır [29].



Şekil 5. 19 Ali Cafer Kümbeti'nin bazı bloklarında gözlenen yosunlanma ve çimlenme

5.3.3.3. Likenler

Hava kirliliği biyolojik bakterilerin rengini etkilediği gibi yapı üzerindeki tahribatında da önemli etkiye sahiptir. Yeteri kadar nemli ve direk güneş ışığına maruz kalmayan tüm alanlar liken oluşumu için uygun ortamlardır [47]. Özellikle kış aylarında nemli ortamlarda hızlı büyüyen liken ve karayosunları kapladıkları alan arttıkça daha fazla bozunmaya neden olmaktadır (Şekil 5.20 ve 5.21).



Şekil 5. 20 Edirne Beyazıt Camii kalkerli bahçe duvarı üzerinde nem oranının yükseldiği kış aylarında ortaya çıkan, yazın uykuda kalan liken ve karayosunlarının oluşturduğu bozunma [29]



Şekil 5. 21 Ahlat mezartaşları ve Selçuklu Kümbeti üzerinde liken oluşumları [48]

5.3.3.4. Biyolojik Birikimler

Kuş ve benzeri canlıların üzerine kondukları yapının doğal taş malzemesinde tahribata neden olabilirler. Hayvan dışkıları asidik etki oluşturdukları ve bakteri oluşumunu hızlandırdıkları için biyolojik bozunma etkenleri arasında önemli yere sahiptirler (Şekil 5.22).

Kaya ve minerallerin bozunmasının sebepleri arasında fiziksel-kimyasal faktörler, bitkiler, hayvanlar ve bakteriler yer almaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar bakterilerin biyolojik bozunmaya etkisinin çok fazla olduğunu göstermektedir. Bakteriler, yerleştikleri yapı taşları üzerinde enerji üretirler, oluşan enerji sonucunda asit meydana getirirler. Oluşan asitlerin yapıtaşı ile etkileşimi sonucunda yapı taşlarında bozunmalar meydana gelir. Ayrıca organik malzemelerin yapıların gözeneklerine taşınmasında etkili olan su bozunmayı hızlandırmaktadır. Toprakta yaşayan hayvanlar da biyolojik bozunmada etkili olabilmektedir [4].



Şekil 5. 22 Hasbek Kumbeti çatısındaki kuş varlığından bir görünüm

6. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. İncelenen Tarihi Eserlerde Gözlemsel Olarak Belirlenen Bozunma Türleri

Güneş, rüzgar ve suyun neden olduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunma süreçleri birbirleri ile bağlantılı olarak yapı taşlarının dayanımını, sağlamlığını olumsuz şekilde etkilemektedirler. Fiziksel bozunma taşları daha küçük parçalara ayırıp, kimyasal ayrışmayı hızlandırır ve diğer gerekli koşullar da sağlandığında yapıda dayanım kaybı, kütle kaybı ile derz boşlukları ve çatlak oluşumu kaçınılmaz bir hal alır. Kimyasal ayrışma minarelleri zayıflatarak bir döngü içerisinde bozunma süreci gerçekleşmektedir. Bakteri ve asidik konsantrasyon üretilerek, çözünme gibi olaylarla biyolojik bozunma safhası da süreçte etkisini göstermektedir. Su ve tuzlanmanın oluşturduğu tahribatın yanı sıra insanların sebep olduğu bakımsızlık ve kasıtlı tahriplerden dolayı (yazı yazma, oyma, yakma, kurşunlama vs.) oluşan bozunmalar incelenen yapılarda yoğun olarak gözlenmektedir.

İncelenen tarihi eserlerde yapıtaşı olarak kullanılan ignimbritlerde meydana gelen bozunma çoğunlukla fiziksel ve kimyasal etkenlerden kaynaklanmakta ve bozunma hızı sürece göre farklılıklar göstermektedir. Hava kirliliği ve atmosferik etkenler ile birlikte zamana bağlı olarak yapıların renklerinde değişme, yapı üzerindeki bazı motiflerin belirginliğini kaybetmesi ve motiflerde aşınmalar görülmüştür. İl merkezinde yaygınlaşan hızlı nüfus artışı ve kentleşme, kalitesiz yakıt kullanımı ve araçların egzozundan çıkan dumanlar, hava kirliliğine neden olmaktadır. Hava kirliliği ve çeşitli etkiler neticesinde eserlerde ilksel özellik kayıpları olduğu görülmüştür.

6.1.1. Roma Mezarı'nda Gözlenen Bozunmalar

İncelenen tarihi yapılar arasında en eski olanıdır. IV. yüzyılda yapılmış olduğu düşünülmektedir. Roma Dönemi'ne ait olan ve bazalt kaya malzemesi kullanılarak inşa edilen tarihi yapıda genel olarak hava kirliliğine bağlı kararmalar ile su ve tuzun etkisine bağlı olarak tuzlanmalar, mezarın çatı kısımlarında ve yan duvarlarında yine rüzgarlarla

ve su ile taşınan bitki tohumlarının çatlak ve derz aralarına yerleşmesi neticesinde, bitkilerin buralarda büyüdüğü ve bozunmalara sebep olduğu gözlenmiştir.

Kayseri il merkezinde oldukça merkezi bir alanda bulunan Roma Mezarı'nın diğer tarihi yapılara kıyasla çok daha az bozunmaya uğramış olması dikkat çekmektedir. Bunun en önemli nedeninin, mezarın yapımında daha zayıf dayanımlı ignimbiritler yerine daha yüksek dayanıma sahip bazaltların kullanılmış olmasıdır (Şekil 6.1, 6.2, 6.3).



Şekil 6. 1 Roma Mezarı'nda tuzlanma ve derz boşluklarında bitki büyümeleri



Şekil 6. 2 Roma Mezarı'nda hava kirliliğine bağlı meydana gelen kararmalar



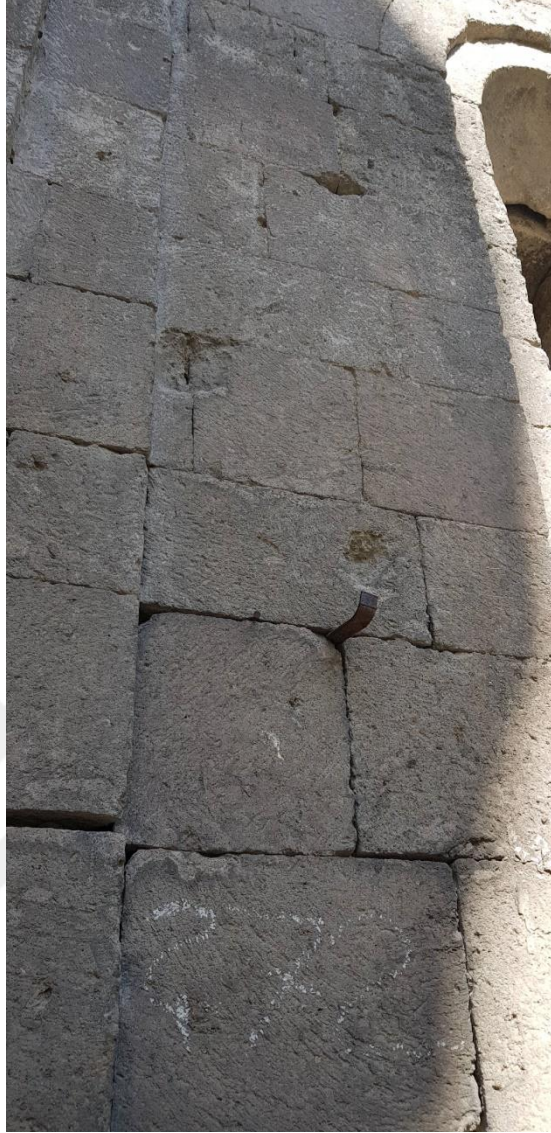
Şekil 6. 3 Derz aralarına yerleşen bitki tohumlarının büyümesi

6.1.2. Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar

Sahabiye Mahalle'sinde yer alan Selçuklu Emir 1 Kümbeti hakkında fazla bir bilgi bulunmamaktadır. Fakat 12. yüzyılda yapıldığı tahmin edilmektedir. Yapımında gri ignimbiritler kullanılmıştır. Hava kirliliğine bağlı olarak kararmalar kullanılan ignimbirit bloklarında yaygın şekilde görülmektedir. Ayrıca kümbette derz boşalmaları ve kırık çatlak oluşumları ve insan tahribatlarına bağlı bir takım bozunmalara da rastlanılmıştır (Şekil 6.4 ve Şekil 6.5).



Şekil 6. 4 Selçuklu Emir 1 Kumbeti'nde ignimbirit bloklarında gözlenen tuz oluşumu, insan tahribatları



Şekil 6. 5 Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde meydana gelen oyulmalar, insan tahribatları

6.1.3. Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar

Sahabiye Mahallesi'ndedir. Hakkında fazla bir bilgi bulunmamaktadır ancak 12. yüzyılda yapıldığı tahmin edilmektedir. Yapımında kahverengi renkli ignimbiritler kullanılmıştır. Selçuklu Emir 1 kümbetine yakın bir mesafededir. Ancak çok daha fazla bozunmaya uğramıştır. Kümbet tabanının yüzeyden daha derinde konumlandırılması ve etrafının duvar ile çevrelenmesi sebebiyle, biriken yağmur sularının bu alandan tahliye olamamaktadır. Buna bağlı olarak alt kesimlerinde kavlaklanma, oyuklanma, malzeme kayıpları gibi bozunma türleri görülmektedir. Bu bölümde ignimbiritlerin dayanımında da önemli derecede azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Hava kirliliğine bağlı olarak bu

kümbette de benzer şekilde kararmalar görülmektedir. Ayrıca bloklara yapılan restorasyon uygulamalarında da benzer bozunma sorunları tespit edilmiştir. Ancak restorasyon malzemesinde meydana gelen bozunmaların, malzemenin konumu ile ilgili olduğu görülmektedir. Su ile temasın yoğun olduğu alt bloklarda ileri derecede bozunmanın etkileri görülmekte iken, yüzey suları ile temasın daha az olduğu orta ve üst bloklarda bozunma etkileri çoğunlukla görülmemektedir (Şekil 6.6 ve Şekil 6.7).



Şekil 6. 6 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde orta seviyedeki ignimbiritlerde gözlenen petegözlülük



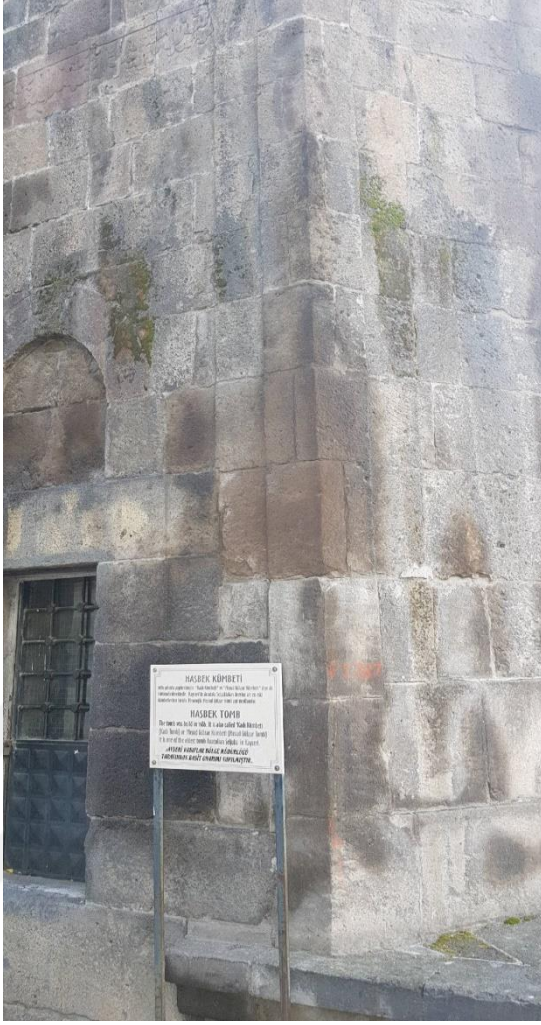
Şekil 6. 7 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde yapının alt kesimlerinde görülen malzeme kayıpları

6.1.4. Hasbek Kumbeti'nde Gözlenen Bozunmalar

1186 yılında (12. yüzyıl) yapıldığı tahmin edilmektedir. Kahverenkli ignimbirit malzeme kullanılarak yapılmıştır. Hastane Caddesi'nde yer almakta olup, konum itibariyle trafiğin yoğun, hava kirliliğinin yüksek olduğu bir yerde bulunmaktadır. Kumbette kararmalar ve yosun oluşumları ve buna bağlı olarak da biyolojik bozunmalar gözlenmektedir (Şekil 6.8 ve 6.9). Öte yandan saha çalışmaları sırasında kümbet çatısında gözlenen güvercinlerin dışkılarının ignimbiritlerde biyolojik bozunmayı tetiklediği de göze çarpmaktadır (Şekil 6.10).



Şekil 6. 8 Hasbek Kumbeti'nde kahverengi ignimbirit malzemesinde meydana gelen kararmalar



Şekil 6. 9 Hasbek Kümbeti'nin yan duvarlarında yosun oluşumları



Şekil 6. 10 Hasbek Kumbeti çatısında bulunan kuşların dışkıları, biyolojik bozunma

6.1.5 Köşk Medresesi'nde Gözlenen Bozunmalar

12. Yüzyılda yapılan Köşk Medresesi kahverenkli ignimbirit malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Yapılan saha gözlemlerinde Köşk Medresesi'nde hava kirliliğine bağılı kararmalar ve derz boşalmaları meydana geldiğı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, oyuklanma, çatlak oluşumları, suyun ve kılcallığın etkilerine bağılı olarak alt bölgelerde kavlaklanma ve tuzlanma yoğun olarak gözlenmektedir. Medrese son yıllarda restore edilmiş olmasına rağmen, sonradan yerleştirilen açık renkli ignimbirit bloklarında bile kısa sürede pullanma ve kavlaklanma meydana geldiğı ve kaya malzemesinin dayanımının önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte, restorasyon

sırasında kullanılan ignimbiritlerin orijinal malzeme ile uyumsuzluğu da dikkat çekicidir (Şekil 6.11, 6.12 ve 6.13).



Şekil 6.11 Köşk Medresesi restorasyonu sırasında yerleştirilen ignimbirit malzemesinde meydana gelen pullanma ve kavlaklanma



Şekil 6.12 Köşk Medresesi'nde sonradan kullanılan ignimbirit malzemesinde görülen kavlaklanma



Şekil 6. 13 Köşk Medresesi'ndeki ignimbirit bloklarında tuzlanma etkileri

6.1.6. Hacıp Çavlı Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar

12. yüzyıl Selçuklu dönemine ait olan Hacıp Çavlı Kümbet'inde Kayseri yöresinden temin edilen gri renkli ignimbirit malzemesi kullanılmıştır. Kümbetin alt kısmının yoğun şekilde bozunmaya uğradığı, pullanma ve kavlaklanma türü bozunmaların yanı sıra tuzlanma gibi bozunma etkilerine maruz kaldığı belirlenmiştir. 2003-2004 yılları arasında restore edilmesine rağmen, restore sonrası kullanılan yeni ignimbirit bloklarında bile bozunma etkileri gözlenmektedir (Şekil 6.14 ve 6.15).



Şekil 6. 14 Hacıp Çavlı Kümbetinin yan duvarlarında bozunma etkisiyle meydana gelen pullanma ve kavlaklanma



Şekil 6. 15 Hacip Çavlı Kümbetinin yan duvarlarında restorasyon malzemesinde görülen tuzlanma, kavlaklanma ve tozlaşma

6.1.7. Emir Han Kümbeti'nde Gözlenen Bozunmalar

Kümbetin 13. yüzyıla ait olduğu düşünülmektedir. Yapının kuzeybatı kısmında gri ignimbiritler bulunmaktadır. Bu kısımda su ve nem etkilerine bağlı olarak alt kesimlerde pullanma ve kavlaklanma görülmektedir. Restorasyon sırasında ignimbirit blokları arasındaki derz boşlukları çok da estetik olmayan çimento malzeme ile doldurulmuştur. Emir Han Kümbeti'nin doğu kısmında alt kat olarak tabir edilebilir bir bölüm bulunmaktadır. Yüzeyden yaklaşık 1-2 m derinde bulunan bu bölüm bir havuz gibi yağmur sularının birikmesine neden olan bir alan oluşturmaktadır. Bu durum neticesinde, ignimbiritlerin su ile olan teması da artmaktadır. Su ile olan temas ve

kılcılık etkisine de bağılı olarak alt kesimlerde bulunan ignimbiritlerde kavlaklanma ve yosunlanma gibi bozunma türlerine rastlanılmaktadır (Şekil 6.16 ve 6.17).



Şekil 6. 16 Suyun tahliye olamadığı bölgede görünen kavlaklanma ve blokların aralarının çimento ile doldurulması



Şekil 6. 17 Suyun tahliye olamadığı bölgede görünen yosunlanma ve kavlaklanma bozunmaları

6.1.8. Çifte Kümbet'te Gözlenen Bozunmalar

Sivas Caddesi üzerinde ana yol kenarında bulunmaktadır. Kahverenkli ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. 13. yüzyıla ait olduğu düşünülmektedir. Kümbetin inşasında kullanılan ignimbiritlerde iri ve yassı pomzalar (fiyam oluşumları) dikkat çekmektedir. Bu bloklarda dış etkenlere bağılı olarak bozunma izleri görülmemektedir. Restorasyon malzemesinde ve diğer alt bloklarda erozyon, derz boşalmaları, kırık ve çatlaklar ile tuzlanma etkilerine rastlanılmaktadır. Ayrıca bazı bloklarda kavlaklanma ve hava

kirliğine bağılı kararmalar ile insan tahribatları da görülmektedir (Şekil 6.18, 6.19 ve 6.20).



Şekil 6. 18 Çifte Kümbet'teki kahverengi ignimbiritlerde derz boşalmaları, kavlaklanma ve petegözlülük oluşumları



Şekil 6. 19 Çifte Kümbet'te alt bölgelerde görülen pullanma ve kavlaklanma türü bozunmalar



Şekil 6. 20 İgnimbiritlerde yassı pomza içeren bloklarda tuzlanma ve petegözlülük ve boşlukların sonradan çimento ile doldurulması

6.1.9. Ali Cafer Türbesi'nde Gözlenen Bozunmalar

14. Yüzyılda yapıldığı tahmin edilen Ali Cafer Kümbeti kahverengi ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. Ağaçlık bir alanda bulunan kümbetin bazı bölgelerinde bitki ve mikroorganizmaların sebep olduğu bozunmalara rastlanılmıştır. Bitki tohumlarının rüzgar ve yağmur ile taşınarak kümbetin bazı bölgelerine yerleştiği, zaman içerisinde burada biyolojik bozunmalara neden olduğu gözlenmiştir. Küçük bir ağaç gövdesinin yapının çatı kısmında büyüdüğü de görülmüştür. Ayrıca tarihi yapıda petegözlülük ve çatlak oluşumları, insanların vermiş olduğu tahribatlar da görülmektedir (Şekil 6.21, 6.22 ve 6.23).



Şekil 6. 21 Ali Cafer Kümbeti'nde derz araların çimento harcının dağılması, petegözlülük, kavlaklanma



Şekil 6. 22 Ali Cafer Kümbeti'nde görülen petekgözlülük, insan etkileri



Şekil 6. 23 Ali Cafer Kümbeti üzerinde büyüyen ağaç gövdesi

6.1.10. Döner Kümbet'te Gözlenen Bozunmalar

Döner Kümbet, konum itibariyle ana yol kenarında açık bir alanda bulunmaktadır. Bu nedenle atmosferik etkenlere ve hava kirliliği etkenlerine açık bir alanda yer almaktadır. Gri renkli ignimbirit blokları kullanılarak yapılmıştır. Dış yüzey kısmında çeşitli motifler bulunmaktadır. Kümbetin bu motiflerinin atmosferik etkenler nedeni ile bozunmaya uğradığı görülmüştür.

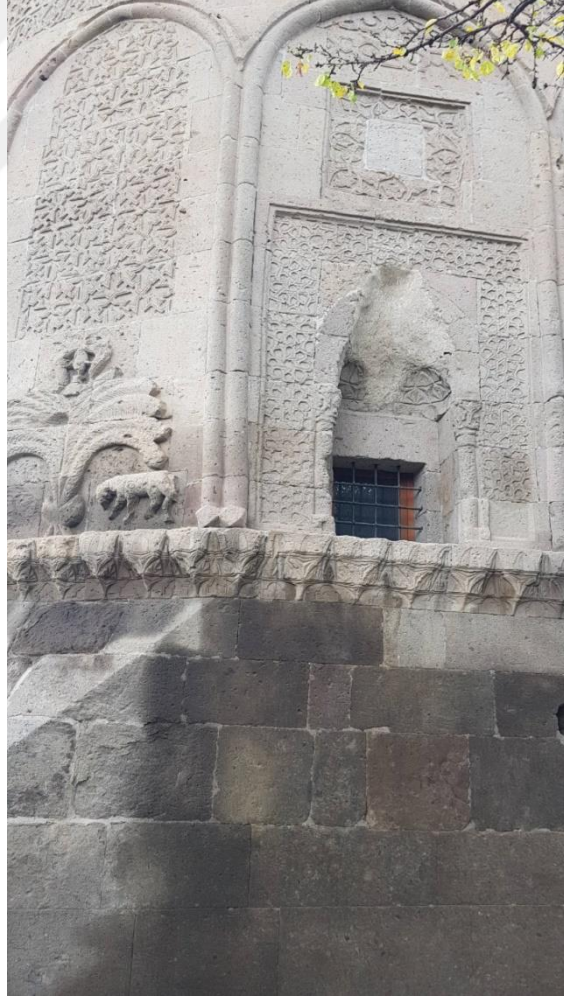
Döner Kümbet tabanında su birikintisi oluşturabilecek bir yükselti bölümü bulunmaktadır (Şekil 6.25). Döner Kümbet'in restorasyonu sırasında kümbet tabanında birikebilecek yağış sularının tahliyesi için yapılan su giderlerinin yanlış yapımından kaynaklı olarak kümbet çevresinde su tahliyesinin gerçekleştirilemediği tespit edilmiştir. Söz konusu su giderleri, kümbet taban kotundan 5-10 cm yukarıda inşa edilmiş olup, bu nedenle yağış suları kümbet çevresinde birikerek uzun süreler kalabilmektedir. Buna bağlı olarak tarihi kümbetin alt bölgelerinde diğer bölgelere oranla daha yüksek derecede bozunma meydana geldiği görülmüştür. Kümbetin içinde bulunduğu sahada su tahliyesi için tabana yapılan tahliye kanallarının çevre duvarlarının, tabandan 5-10 cm civarında bir yüksekliğe sahip olması, biriken suyun bu yüksekliğe ulaşmadan tahliye olamayacağı anlamına gelmektedir. Bu nedenle kümbetin alt bölümlerinde kılcallığın da etkisiyle kavlaklanma, kararma gibi bozunma türlerine rastlanılmıştır (Şekil 6.24, 6.25 ve 6.26).



Şekil 6. 24 Döner Kümbet'in dış yüzeyinde bulunan motiflerin bozunma etkisiyle tahribatı



Şekil 6. 25 Döner Kümbet çevresinde yağış sularının tahliyesi için yerden 5-10 cm yüksekte imal edilen su giderlerinden bir görünüm



Şekil 6. 26 Döner Kümbet'in alt kesimlerinde meydana gelen kararma

6.1.11. Babükbey Zaviyesi'nde Gözlenen Bozunmalar

Yanıkoğlu Mahallesi'nde bulunan Babükbey Kümbeti'nin 14. yüzyılda yapıldığı tahmin edilmektedir. Kümbet gri renkli ignimbirit malzeme kullanılarak yapılmıştır. İnceleme yapılan bu kümbette kararmalar, yanık izleri, tuzlanmalar yoğun olarak görülmektedir. Bozunmalara bağlı olarak derz boşalmalarına da rastlanılmaktadır (Şekil 6.27, 6.28 ve 6.29).



Şekil 6. 27 Babükbey Kümbeti'nin insanlar tarafından yakılarak tahrip edilen bölümü



Şekil 6. 28 Babükbey Kümbeti'nde tuzlanma ve ignimbirit blokları arası derz boşalmaları



Şekil 6.29 Babükbey Kümbeti'ndeki çimento malzemesi etrafında tuzlanma, kavlaklanma, renk değişimleri

6.1.12. Emir Ali Şahap Türbesi'nde Gözlenen Bozunmalar

Yanıkoğlu Mahallesi'nde bulunan Emir Ali Şahap Kümbeti'nin 14. yüzyılda yapıldığı tahmin edilmekte olup, kümbet kahverengi ignimbirit kullanılarak inşa edilmiştir. Tez çalışması kapsamında inceleme yapılan bu türbede yapının dış yüzeylerinde ve orta seviyelerinde oyukların olması dikkati çekmiştir. Yapılan araştırma sonucunda edinilen bilgiler neticesinde türbenin insanlar tarafından kurşunladığı bilgisine ulaşılmıştır. İnsanlar tarafından aşırı şekilde tahrip edilmiş olan türbede, bozunma süreci hızlandırılmıştır. Kümbetin alt kesimlerinde yosunlanma, tuzlanma ve oyuklanma görülmekte, yan duvarlarda insanların neden olduğu tahribatlara rastlanılmaktadır. Hava kirliliğine bağlı kararmalar, bunun yanı sıra suyun etkilerine bağlı olarak tuzlanma bölgesel olarak görülmektedir (Şekil 6.30, 6.31 ve 6.32).



Şekil 6.30 Emir Ali Şahap Kumbeti’nde gözlenen kurşun izlerine bağlı insan tahribatları



Şekil 6.31 Emir Ali Şahap Kumbeti’nde gözlenen yosunlanma ve petegözlülük



Şekil 6.32 Emir Ali Şahap Kumbeti’nde gözlenen kararma ve tuzlanmalar

6.1.13. Suya Kanmış Hatun Kümbet’inde Gözlenen Bozunmalar

14.yüzyılda yapıldığı tahmin edilen Suya Kanmış Hatun Kümbeti yapımında kahverenkli ignimbirit malzemesi kullanılmıştır. Kümbetin alt kısımlarında yoğun şekilde tuzlanma, üst bölgelerinde kararma, renk değişimleri ve derz boşalmaları gözlenmektedir (Şekil 6.33 ve 6.34).



Şekil 6. 33 Suya Kanmış Hatun Kümbeti’nde gözlenen kararmalar ve tuzlanmalar



Şekil 6. 34 Suya Kanmış Hatun Kümbeti’nde belirlenen derz boşalmaları ve bloklar arasında boşluk oluşumu ayrılmalar

6.1.14. Emir Ali Pişrev Türbesi'nde Gözlenen Bozunmalar

Emir Ali Pişrev Kümbeti konum olarak yol kenarında, trafiğin yoğun olduğu bir alanda bulunmaktadır. 14. yüzyılda yapıldığı tahmin edilmektedir. Kahverengi ignimbirit kullanılarak yapılmıştır. Kümbette kullanılan ignimbirit malzemesinde hava kirliliğine bağlı kararmalar dikkat çekicidir. Bunun yanı sıra petegözlülük ve derz boşalmaları gözlenmektedir. İgnimbirit blokları arasındaki boşlukların (derzler) restorasyon sırasında çimento ile doldurulduğu görülmektedir. Alt bölgelerde kararma ve tuzlanma oluşumları, insan tahribatları, blokların arasına bitkilerin yerleşerek oluşturduğu biyolojik bozunmalara da rastlanılmaktadır (Şekil 6.35, 6.36 ve 6.37). Şekil 6.36'te görülen daha açık renkli ignimbiritler, kümbetin restorasyonu sırasında sonradan yerleştirilmiştir.



Şekil 6. 35 Emir Ali Pişrev Kümbeti'ndeki bloklarda oluşan tuzlanmalar ve oyuklanmalar



Şekil 6. 36 Emir Ali Pişrev Kumbeti'nin alt kısmında görülen tuzlanma ve kararmalar



Şekil 6. 37 Emir Ali Pişrev Kumbeti'nde insan kaynaklı tahribatlar

6.2. İncelenen Tarihi Eserlerde Gerçekleştirilen Yerinde Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kayseri ili Kocasinan ve Melikgazi ilçelerinde bulunan 14 tarihi yapı üzerinde yerinde yapılan çalışmalarda tarihi eserleri oluşturan kaya malzemesinin dolaylı olarak tek eksenli basınç dayanımını belirlemek ve taze örneklere ait değerlerle karşılaştırma yapmak için tahribatsız deneylerden olan Schmidt çekici, iğne penetrometresi ve P-dalga hızının belirlenmesinde ultrasonik P-dalga hızı test cihazı kullanılmıştır.

Bu tahribatsız yöntemler ile tarihi eserler üzerinde, farklı bloklar üzerinde deney yapma imkanı bulunmuştur. İncelenen tarihi eserlerde zaman zaman üç yöntemin bir arada kullanılması mümkün olmamıştır. Schmidt çekici deneyi ileri derece bozunmuş yüzeylerde sonuç vermediği için bozunmanın fazla olduğu bloklarda iğne penetrometresi yönteminden yararlanılmıştır. Öte yandan, dayanımı yüksek olan bloklardaki sert blok yüzeylerinde ise iğne penetrometresi deneyi sırasında iğne batmadığı için bu yöntem kullanılamamıştır. Bunun yanı sıra, ignimbitlerin yapısı gereği zaman zaman blok yüzeylerinin çok pürüzlü olması nedeniyle P-dalga hızı ölçümleri gerçekleştirilememiştir. Bu nedenler göz önüne alındığında, inceleme yapılan tarihi eserlerin farklı yönlere bakan tüm yüzlerinde yerinde deney yapma imkanı da bulunamamıştır.

Yapıtalarında nem içeriği ve suya doygunluk gibi durumlar, yerinde yapılan deney sonuçları üzerinde zaman zaman etkili olabilmektedir. Bu nedenle bu tez çalışması kapsamında tarihi eserler üzerinde gerçekleştirilen yerinde tahribatsız deneyler kuru hava koşullarında yapılmıştır. Günümüze kadar süre gelen hızlı kentleşmenin olumsuz etkileri, tarihi yapıların çevresindeki insan hareketliliğinin etkisi, artan hava kirliliği, taşıt hareketliliği vb. faktörler, farklı lokasyonlarda bulunan her bir tarihi yapıda farklı bozunma etkilerine ve derecelerine neden olabilir. Bunun gibi birçok farklı ortam koşullarına maruz kalan tarihi yapıların, lokasyonlarının farklı olması, sonradan yapılan restorasyon çalışmaları ve eserlerin yapım tarihinin tam olarak bilinmemesi gibi etkenlerden dolayı, incelenen tarihi eserlerin birbirleri arasında karşılaştırma yapılması mümkün olamamıştır.

Tarihi eserlerden elde edilen değerler, bu kümbetlerin inşasında kullanılan ignimbiritlerin çıkarıldığı ocaklardan elde edilen taze örneklere ait değerlerle karşılaştırılmıştır. Söz konusu taze ignimbirit örneklerine ait fiziksel ve mekanik özelliklere ait değerler Akın vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen bilimsel çalışma kapsamında elde edilmiştir. Kayseri yöresindeki bazı ignimbiritlere ait taze ignimbirit örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 6.1’de sunulmuştur.

Tez çalışması kapsamında yerinde yapılan gözlemlerde, Selçuklu Dönemi’ne ait kümbetlerin 12. ve 14. yüzyıllar arasında çoğunlukla kahverengi ve gri renkli ignimbiritler kullanılarak inşa edildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, yapılacak değerlendirmelerde Tablo 6.1’de kahverengi ve gri ignimbiritlere ait fiziksel ve mekanik özellik değerleri taze örnekler için referans değer olarak kabul edilmiştir. Öte yandan, Roma Dönemi’ne ait Roma Mezarı, bazalt kaya malzemesi kullanılarak inşa edilmiştir. Söz konusu bazaltın taze örneklerine ait değer bilinmediğinden, bu konuda değerlendirme yapılamamıştır.

Tablo 6. 1 Kayseri yöresine ait bazı ignimbiritlerin ortalama fiziksel ve mekanik özellikleri [49]

Lokasyon	Örnek Kodu	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Görünür Gözeneklilik (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)	P-dalga Hızı-Kuru (m/s)	P-dalga Hızı-Doygun (m/s)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı-Kuru (MPa)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı-Doygun (MPa)
KAYSERİ	Siyah	15.71	16.73	26.32	18.29	2785	2487	21.05	14.01
	Kahverengi	14.64	16.73	26.94	18.76	2710	2694	22.52	16.8
	Kırmızı	17.42	19.24	22.18	12.75	2090	1897	20.65	18.86
	Sarı	15.37	18.3	28.72	18.19	2045	1896	20.92	16.18
	Gri	17.84	19.73	15.99	8.63	1965	1695	36.84	32.8
	Beyaz	15.78	18.53	27.96	17.37	1936	1748	17.26	15.65

6.2.1. Schmidt Çekici Deneyi Sonuçları

Tarihi yapılarda gerçekleştirilen yerinde incelemelerde kümbetlerde kullanılan yapı taşlarının dolaylı olarak dayanımlarının kestiriminde Schmidt çekici deneylerinden faydalanılmıştır. Bu amaçla ileri derecede bozunmaya uğramamış, çok fazla oyuklanma içermeyen, deney yüzeyinin hemen arkasında çatlak bulunmayan bölümlerde Schmidt çekici deneyleri gerçekleştirilerek, bloklara ait Schmidt Geri Tepme Sayısı (N) belirlenmiştir. Her blok üzerinde yatayla paralel ve yüzeye dik şekilde 10 adet Schmidt çekici deneyi gerçekleştirilerek, tüm bloktaki bozunma etkisinin değerlendirilebilmesi için elde edilen değerlerin ortalaması Schmidt Geri Tepme Sayısı olarak dikkate alınmıştır. Tez çalışması kapsamında Schmidt çekici deneyleri sonucunda elde edilen Schmidt Geri Tepme Sayısı yardımıyla tek eksenli basınç dayanımının kestiriminde genel olarak zayıf kaya birimleri için önerilmiş olan aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır.

$$\sigma_c = 0.0001N^{3.2658} \quad (\text{Gökçeoğlu, 1996}) [50]$$
$$\sigma_c = \exp(0.818 + 0.059N) \quad (\text{Yılmaz ve Sendir, 2002}) [51]$$

σ_c = Tek Eksenli Basınç Dayanımı
N = Schmidt Geri Tepme Sayısı

Selçuk Emir 1, Hacip Çavlı, Emirhan, Babükbey ve Döner Kümbetlerinde, yapı malzemesi olarak gri renkli ignimbirit kullanılmıştır. Zamanla bozunmaya uğramış bu ignimbiritlerin taze örneklerinde tek eksenli basınç dayanımı (kuru) 36.84 MPa olarak hesaplanmışken, suya doygun ignimbiritlerde bu değer 32.8 MPa olarak belirlenmiştir (Bknz Tablo 6.1). Yukarıda belirtilen tarihi yapılarda meydana gelen dayanım kayıpları, bu değerler baz alınarak değerlendirilmiştir.

İnceleme yapılan diğer 8 tarihi yapı olan Selçuk Emir 2, Ali Cafer Kümbeti, Köşk Medresesi, Hasbek Kümbeti, Emir Şahap Kümbeti, Çifte Kümbet, Emir Ali Pişrev Kümbeti ve Suya Kanmış Hatun Kümbetlerinde ise yapı malzemesi olarak kullanılan kahverengi ignimbiritlerin ilksel tek eksenli basınç dayanımı değeri (kuru) 22.52 MPa olarak belirlenmiştir. Bu referans değerlere bağlı olarak her bir kümbet için aşağıdaki bölümde değerlendirmeler yapılmıştır. Öte yandan, Gökçeoğlu (1996) formülü ile elde edilen dolaylı dayanım değerlerinin Yılmaz ve Sendir (2002) formülünden elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bozunma derecesindeki artışa bağlı

olarak Schmidt çekici deneyleri kümbetlerin tüm yönlerdeki duvarlarında gerçekleştirilememiştir. Çalışma kapsamında yapılan oransal hesaplamalar iki formülden elden edilen en düşük değer baz alınarak yapılmıştır.

Selçuk Emir 1 Kümbeti'nin doğu yönündeki duvarlarında bozunmuş kaya malzemesinde Schmidt çekici geri tepme sayılarına bağlı olarak belirlenmiş ortalama tek eksenli basınç dayanımı 4.7 MPa (Gökçeoğlu, 1996) ve 10.8 MPa (Yılmaz ve Sendir, 2002) olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.2). İnceleme yapılan bu bloklarda bozunmaya bağlı olarak önemli ölçüde dayanım kayıpları meydana geldiği görülmektedir. Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 36.84 MPa olduğu düşünüldüğünde bazı bloklarda %88 oranında dayanım kaybından söz edilebilir.

Tablo 6. 2 Selçuk Emir 1 Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr igm (İlksel UCS=36.84 MPa)</i> SELÇUKLU EMİR -1 KÜMBETİ			DOĞU
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.26	6.55	
En Yüksek (MPa)	8.23	14.97	
Ortalama (MPa)	4.74	10.76	

Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nin batı yönündeki duvarlarda kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı yaklaşık 15 MPa'dır (Tablo 6.3). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu kabul edilirse, bazı bloklarda %33 oranında dayanım kaybından söz edilebilir.

Tablo 6. 3 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i> SELÇUKLU EMİR -2 KÜMBETİ			BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.3	6.6	
En Yüksek (MPa)	28.9	36.3	
Ortalama (MPa)	15.07	21.41	

Hacip Çavlı Kümbeti'nin kuzey yönündeki ignimbirit bloklarında ortalama tek eksenli basınç dayanımı 5.5 MPa ve 11.9 MPa olarak belirlenmiştir (Tablo 6.4). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 36.84 MPa olduğu düşünüldüğünde, bloklarda %85 oranında dayanım kayıplarından söz edilebilir.

Tablo 6. 4 Hacip Çavlı Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr ignm (İlksel UCS=36.84 MPa)</i> HACİP ÇAVLI KÜMBETİ			KUZEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	2.80	8.80	
En Yüksek (MPa)	8.2	15.0	
Ortalama (MPa)	5.52	11.89	

Roma Mezarı'nda batı yönündeki duvarlarda bazalt malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı Schmidt çekici deneyleri sonucunda yaklaşık 18.8 ve 26 MPa hesaplanmakta iken, kuzey yöndeki bloklarda ortalama tek eksenli basınç dayanımı 24.2 ve 31.8 MPa, güney yönündeki kaya malzemesinde ise ortalama 28.8 ve 36.9 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.5).

Tablo 6. 5 Roma Mezarı'nda Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

ROMA MEZARI			BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	6.7	13.3	
En Yüksek (MPa)	30.9	38.5	
Ortalama (MPa)	18.8	25.9	

ROMA MEZARI			KUZEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	8.2	15.0	
En Yüksek (MPa)	40.2	48.7	
Ortalama (MPa)	24.2	31.8	

ROMA MEZARI			GÜNEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	12.1	19.0	
En Yüksek (MPa)	45.5	54.8	
Ortalama (MPa)	28.8	36.9	

Emirhan Kümbeti'nin güneybatı yönündeki duvarlarında kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı Gökçeoğlu (1996)'ya göre güneybatı yönünde 14.4 MPa, kuzeybatı yönünde 23.4 MPa, kuzey yönünde 26.1 MPa olarak hesaplanmıştır.

Yılmaz ve Sendir (2002)'ye göre bu değer sırası ile 20.8, 30.7 ve 34.1 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.6). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 36.84 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %60 oranında dayanım kaybından söz edilebilir.

Tablo 6. 6 Emirhan Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr igm (İlksel UCS=36.84 MPa)</i> EMİRHAN KÜMBETİ			G.BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.8	7.4	
En Yüksek (MPa)	26.93	34.19	
Ortalama (MPa)	14.4	20.8	

EMİRHAN KÜMBETİ			K.BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.3	6.6	
En Yüksek (MPa)	45.46	54.82	
Ortalama (MPa)	23.4	30.7	

EMİRHAN KÜMBETİ			KUZAY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	6.7	13.3	
En Yüksek (MPa)	45.46	54.82	
Ortalama (MPa)	26.1	34.1	

Babükbey Kümbeti'nin batı yönündeki duvarlarında kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı yaklaşık 9.7 ve 16.1 MPa iken, güney yönündeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 8.7 ve 15 MPa, doğu yönünde 9.4 ve 15.7 MPa, kuzey yönünde ise 10.1 ve 16.4 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.7). Taze örneklerin ortalama tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin 36.84 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %77 oranında dayanım kaybı mevcuttur.

Tablo 6. 7 Babükbey Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr ign (İlksel UCS=36.84 MPa)</i>			BATI
BABÜKBEY KÜMBETİ			
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	2.4	8.3	
En Yüksek (MPa)	17.06	24.00	
Ortalama (MPa)	9.7	16.1	

BABÜKBEY KÜMBETİ			GÜNEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.8	7.4	
En Yüksek (MPa)	15.71	22.62	
Ortalama (MPa)	8.7	15.0	

BABÜKBEY KÜMBETİ			DOĞU
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.8	7.4	
En Yüksek (MPa)	17.06	24.00	
Ortalama (MPa)	9.4	15.7	

BABÜKBEY KÜMBETİ			KUZAY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.8	7.4	
En Yüksek (MPa)	18.49	25.46	
Ortalama (MPa)	10.1	16.4	

Döner Kümbeti'nin doğu yönündeki duvarlarındaki kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 12.2 ve 18.3 MPa iken, kuzey yönündeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 14.3 ve 21.1 MPa, batı yönündeki kaya malzemesinde ortalama 10.4 ve 16.4 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.8). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %54 oranında dayanım kaybı olduğu ifade edilebilir.

Tablo 6. 8 Döner Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr ign (İlksel UCS=36.84 MPa)</i>			DOĞU
DÖNER KÜMBET			
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.0	6.2	
En Yüksek (MPa)	23.29	30.39	
Ortalama (MPa)	12.2	18.3	

DÖNER KÜMBET			KUZEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	5.3	11.8	
En Yüksek (MPa)	23.29	30.39	
Ortalama (MPa)	14.3	21.1	

DÖNER KÜMBET			BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	0.9	5.8	
En Yüksek (MPa)	20.01	27.00	
Ortalama (MPa)	10.4	16.4	

Ali Cafer Kümbeti'nin batı yönündeki duvarlarındaki bloklarda ortalama tek eksenli basınç dayanımı 11.4 ve 18 MPa iken, kuzey yönündeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 4.8 ve 11.2 MPa, doğu yönündeki kaya malzemesinde ise ortalama 11.2 ve 18 MPa'dır (Tablo 6.9). Taze örneklerin dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %79 oranında dayanım kaybı mevcuttur.

Tablo 6. 9 Ali Cafer Kümbeti’nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i> ALİ CAFER KÜMBETİ			BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	2.8	8.8	
En Yüksek (MPa)	20.01	27.00	
Ortalama (MPa)	11.4	17.9	

ALİ CAFER KÜMBETİ			KUZEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	3.7	9.9	
En Yüksek (MPa)	5.97	12.54	
Ortalama (MPa)	4.8	11.2	

ALİ CAFER KÜMBETİ			DOĞU
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	5.3	11.8	
En Yüksek (MPa)	17.06	24.00	
Ortalama (MPa)	11.2	17.9	

Köşk Medresesi’nin batı yönündeki duvarlarında kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 14.1 ve 25 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.10). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %48 oranında dayanım kaybından söz edilebilir.

Tablo 6. 10 Köşk Kümbeti’nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i> KÖŞK MEDRESESİ			BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.3	6.6	
En Yüksek (MPa)	27.0	43.29	
Ortalama (MPa)	14.1	24.9	

Hasbek Kümbeti'nin kuzey yönündeki duvarlarında ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 8.3 ve 14.2 MPa iken, batı yönündeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 14.5 ve 20.8 MPa olarak belirlenmiştir (Tablo 6.11). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %54 oranında dayanım kaybı vardır.

Tablo 6. 11 Hasbek Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i> HASBEK KÜMBETİ			KUZEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	0.9	5.8	
En Yüksek (MPa)	15.71	22.62	
Ortalama (MPa)	8.3	14.2	

HASBEK KÜMBETİ			BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.8	7.4	
En Yüksek (MPa)	26.93	34.19	
Ortalama (MPa)	14.4	20.8	

Emir Şahap Kümbeti'nin kuzey ve güney yönündeki duvarlarında kaya malzemesinde Schmidt çekici deneyleri sonucunda ortalama tek eksenli basınç dayanımı ortalama 10.4 ve 17 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.12). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %54 oranında dayanım azalması vardır.

Tablo 6. 12 Emir Şahap Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i> EMİR ŞAHAP KÜMBETİ			KUZEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	3.7	9.9	
En Yüksek (MPa)	17.06	24.00	
Ortalama (MPa)	10.4	17.0	

EMİR ŞAHAP KÜMBETİ			GÜNEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	1.5	7.0	
En Yüksek (MPa)	20.01	27.00	
Ortalama (MPa)	10.8	17.0	

Çifte Kümbet'in doğu yönündeki duvarlarında kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 14 ve 20 MPa iken, kuzey yöndeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 14.7 ve 21.2 MPa'dır. Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %39 oranında dayanım kaybından söz edilebilir (Tablo 6.13).

Tablo 6. 13 Çifte Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh ign (İlksel UCS=22.52 MPa)</i> ÇIFTE KÜMBET			DOĞU
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	0.9	5.8	
En Yüksek (MPa)	26.93	34.19	
Ortalama (MPa)	13.9	20.0	

ÇIFTE KÜMBET			KUZEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	2.4	8.3	
En Yüksek (MPa)	26.93	34.19	
Ortalama (MPa)	14.7	21.2	

Emir Ali Pisrev Kümbeti'nin kuzey yönündeki duvarlarında ortalama tek eksenli basınç dayanımı 17.3 ve 24.2 MPa iken, güney yönünde ise 16.7 ve 23.6 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.14). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, bazı bloklarda %26 oranında dayanım kaybından söz edilebilir.

Tablo 6. 14 Emir Ali Pişrev Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i> EMİR ALİ PİŞREV KÜMBETİ			KUZAY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	3.7	9.9	
En Yüksek (MPa)	30.95	38.47	
Ortalama (MPa)	17.3	24.2	

EMİR ALİ PİŞREV KÜMBETİ			GÜNEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	10.0	16.8	
En Yüksek (MPa)	23.29	30.39	
Ortalama (MPa)	16.7	23.6	

Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nin güney yönündeki duvarlarında gri renkli ignimbirit malzemede ortalama tek eksenli basınç dayanımı 22.8 ve 30.2 MPa iken, yaklaşık %30 dolayında tek eksenli basınç dayanımı kaybı olduğu görülmektedir. Batı yöndeki kahve renkli ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 11.2 ve 17.9 MPa, kuzey yönünde ise 13.7 ve 20.6 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.15). Taze örneklerin ortalama dayanım değerlerinin 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, %51 oranında tek eksenli basınç dayanımını kaybettiği görülmektedir.

Tablo 6. 15 Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 Mpa)</i> SUYA KANMIŞ HATUN KÜMBETİ			GÜNEY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	2.8	8.8	
En Yüksek (MPa)	42.77	51.68	
Ortalama (MPa)	22.8	30.2	

SUYA KANMIŞ HATUN KÜMBETİ			BATI
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	5.3	11.8	
En Yüksek (MPa)	17.06	24.00	
Ortalama (MPa)	11.2	17.9	
SUYA KANMIŞ HATUN KÜMBETİ			KUZUY
	Gökçeoğlu (1996)	Yılmaz ve Sendir (2002)	
En Düşük (MPa)	7.4	14.1	
En Yüksek (MPa)	20.01	27.00	
Ortalama (MPa)	13.7	20.6	

6.2.2. İğne Penetrometresi Deneyi Sonuçları

Tez çalışması kapsamında iğne penetrometresi yardımıyla incelenen kümbetlerdeki bozunma derecesi artmış ignimbirit malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı dolaylı yoldan belirlenmiştir. İğne penetrometresi deneyinin esası elle yapılan yüklemeyle penetrometrenin ucunda bulunan iğnenin kayanın içine batmasına dayanmaktadır [19].

Deney sonuçlarından elde edilen NPR değerleri doğrultusunda ignimbiritlerin dolaylı olarak tek eksenli basınç dayanımlarının (UCS) tahmininde Ulusay ve Ergüler (2007) ve Aydan (2012) tarafından önerilen aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$\sigma_c = 0.51 * NPR^{0.8575} \quad \text{Ulusay ve Ergüler (2007) [20].}$$

$$\sigma_c = 0.2 * NPR \quad \text{Aydan (2012) [21].}$$

σ_c = Tek Eksenli Basınç Dayanımı

NPR = Yük/Batma Miktarı

İğne penetrometresi deneyi, iğne hassasiyetinden dolayı genel olarak ileri derecede ve orta derecede bozunmuş ignimbiritler üzerinde yapılabildiğinden incelenen tarihi yapıların tamamında uygulanması mümkün olmamıştır. Deney yapılan her bir kümbetten elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerleri ve bunlara ait dayanım kayıpları aşağıda belirtilmiştir. Ulusay ve Ergüler (2007) tarafından önerilen formülden elde edilen dayanım değerleri, Aydan (2012)'ye ait eşitlikten daha düşük değerler vermektedir.

Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nin kuzey yönündeki duvarlarında bozunmuş kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı Aydan (2012) eşitliğine göre hesaplandığında en düşük 6.7 MPa, en yüksek 18.7 MPa iken ortalama değer 12.7 MPa olarak elde edilmektedir. Ulusay ve Ergüler (2007) eşitliğinden hesaplandığında ise en düşük dayanım 4 MPa, en yüksek dayanım 13.3 MPa ve ortalama dayanım 8.7 MPa olarak bulunmuştur (Tablo 6.16). Kahverengi renkli ignimbirit malzemesinin taze örneklerinde dayanım değeri 22.52 MPa'dır. Bu durumda ortalama değerlere bakıldığında deney yapılan ignimbirit bloklarının Ulusay ve Ergüler (2007)'e göre %72 oranında tek eksenli basınç dayanım kaybı olduğu görülmektedir. Aydan (2012) eşitliğine göre ise %57 oranında dayanım kaybından söz edilebilir.

Tablo 6. 16 Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh iğm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i>			KUZEY
SELÇUKLU EMİR 2 KÜMBETİ			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	6.7	4.0	
En Yüksek (MPa)	18.7	13.3	
Ortalama	12.7	8.7	

SELÇUKLU EMİR 2 KÜMBETİ			BATI
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	5.0	2.9	
En Yüksek (MPa)	14.6	10.0	
Ortalama	9.8	6.4	

Hacıp Çavlı Kümbeti'nin kuzey yönündeki duvarlarında bozunmuş kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 7.6 ve 4.7 MPa iken, doğu yönündeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 6.2 ve 3.7 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.17). Deney yapılan bazı bloklarda %90 oranında tek eksenli basınç dayanımı kaybı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6.17 Hacip Çavlı Kümbeti’nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr iğm (İlksel UCS=36.84 MPa)</i>			KUZEY
HACİP ÇAVLI KÜMBETİ			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	6.1	3.6	
En Yüksek (MPa)	9.0	5.7	
Ortalama	7.6	4.7	

HACİP ÇAVLI KÜMBETİ			DOĞU
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	5.7	3.3	
En Yüksek (MPa)	6.7	4.0	
Ortalama	6.2	3.7	

Selçuklu Emir 1 Kümbeti’nin batı yönündeki duvarlarında iğne penetrometresi deneyleri sonucunda ortalama tek eksenli basınç dayanımı 7.4 ve 4.5 MPa olarak hesaplanmıştır. Taze örneklerde ortalama dayanımın 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, inceleme yapılan kaya malzemesinde %88 oranında tek eksenli basınç dayanımı kaybı olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 6.18).

Tablo 6. 18 Selçuklu Emir 1 Kümbeti’nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr iğm (İlksel UCS=36.84 MPa)</i>			BATI
SELÇUKLU EMİR 1 KÜMBETİ			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	6.7	4.0	
En Yüksek (MPa)	8.1	5.0	
Ortalama	7.4	4.5	

Ali Cafer Kümbeti’nin kuzeybatı yönündeki duvarlarında bozunmuş kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 14.5 ve 10 MPa iken, kuzey doğu yönündeki ignimbritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 7.9 ve 5 MPa’dır (Tablo 6.19). Taze örneklerdeki ortalama dayanımın 22.52 MPa olduğu düşünüldüğünde, inceleme yapılan kaya bloklarında %78 oranında tek eksenli basınç dayanımı kaybından söz edilebilir.

Tablo 6. 19 Ali Cafer Kümbeti’nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh iğm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i>			K.BATI
ALİ CAFER KÜMBETİ			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	10.3	6.7	
En Yüksek (MPa)	18.7	13.3	
Ortalama	14.5	10.0	

ALİ CAFER KÜMBETİ			K.DOĞU
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	3.7	2.0	
En Yüksek (MPa)	12.1	8.0	
Ortalama	7.9	5.0	

Emirhan Kümbeti’nin doğu yönündeki duvarlarında yer alan kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 10.9 ve 7.2 MPa olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.20). Taze örneklerdeki ortalama dayanım 36.84 MPa olarak düşünüldüğünde, inceleme yapılan kaya malzemesinde %81 oranında tek eksenli basınç dayanımı azalması olduğu görülmektedir.

Tablo 6. 20 Emirhan Kümbeti’nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr iğm (İlksel UCS=36.84 MPa)</i>			DOĞU
EMİRHAN KÜMBETİ			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	7.3	4.4	
En Yüksek (MPa)	14.6	10.0	
Ortalama	10.9	7.2	

Döner Kümbeti’nin batı yönündeki duvarlarında kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 10.6 ve 7 MPa hesaplanmıştır. Buna göre, inceleme yapılan kaya malzemesinde %81 oranında tek eksenli basınç dayanımı azalmasından söz edilebilir (Tablo 6.21).

Tablo 6. 21 Döner Kümbet'te iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Gr iğm (İlksel UCS=36.84 MPa)</i>			BATI
DÖNER KÜMBET			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	6.7	4.0	
En Yüksek (MPa)	14.6	10.0	
Ortalama	10.6	7.0	

Hasbek Kümbeti'nin kuzey yönündeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 9.1 ve 6 MPa olarak hesaplanmıştır. Taze örneklerde 22.52 MPa olan ortalama dayanım değerine göre inceleme yapılan kaya malzemelerinde %74 oranında tek eksenli basınç dayanımı kaybı mevcuttur (Tablo 6.22).

Tablo 6. 22 Hasbek Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh iğm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i>			KUZEY
HASBEK KÜMBETİ			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	3.7	2.0	
En Yüksek (MPa)	14.6	10.0	
Ortalama	9.1	6.0	

Çifte Kümbet'in kuzey yönündeki duvarlarında bozunmuş kaya malzemesinde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 11.3 ve 7.5 MPa iken doğu yöndeki ignimbiritlerde ortalama tek eksenli basınç dayanımı 10.1 ve 6.7 MPa'dır. Buna göre, inceleme yapılan kaya bloklarında %71 oranında tek eksenli basınç dayanımı kaybından söz edilebilir (Tablo 6.23).

Tablo 6. 23 Çifte Kümbet'te iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>h iğm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i>			DOĞU
ÇIFTE KÜMBET			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	5.7	3.3	
En Yüksek (MPa)	14.6	10.0	
Ortalama	10.1	6.7	

ÇİFTE KÜMBET			KUZEY
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	8.1	5.0	
En Yüksek (MPa)	14.6	10.0	
Ortalama	11.3	7.5	

Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nin kuzey yönündeki duvarlarda iğne Penetrometresi deneyleri sonucunda ortalama tek eksenli basınç dayanımı 14.6 ve 10 MPa olarak hesaplanmıştır. Taze örneklerdeki 22.52 MPa olan ortalama dayanım göz önüne alındığında, bu kümbetteki bozunmanın fazla olduğu bazı ignimbiritlerde %66 oranında dayanım kaybından söz edilebilir (Tablo 6.24).

Tablo 6. 24 Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nde iğne penetrometresi deneyleri sonucunda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri

<i>Kh igm (İlksel UCS=22.52 MPa)</i>			KUZEY
SUYA KANMIŞ HATUN KÜMBETİ			
	(Aydan, 2012)	(Ulusay ve Ergüler, 2007)	
En Düşük (MPa)	14.6	10.0	
En Yüksek (MPa)	14.6	10.0	
Ortalama	14.6	10.0	

6.2.3. P- Dalga Hızı Ölçüm Sonuçları

İncelenen tarihi yapılarda farklı bozunma derecelerine sahip ignimbirit blokları üzerinde (Roma Mezarı hariç) kaya malzemesine dik P-dalga hızı ölçümleri yapılarak, ignimbiritlerdeki ve bazalttaki P-dalgası hızının bozunmaya bağlı olarak değişimi incelenmiştir. P-dalga hızı ölçümleri, ignimbiritlerin yüksek derecede su emme kapasitesi ve nemli koşulların hız ölçümlerini etkilemesi olasılığı dikkate alınarak kuru mevsimde gerçekleştirilmiştir. Buna göre, incelenen tarihi eserlerdeki P-dalga hızı ölçümlerine ait değerler Tablo 6.25'te gösterilmektedir. Elde edilen P-dalga hızı değerlerine ve incelenen tarihi eserlerdeki gözlemsel değerlendirmelere göre bozunma derecesi ile P-dalga hızı arasında ters orantılı bir ilişki bulunduğu görülmektedir. Tarihi eserlerdeki bozunma miktarının artmasıyla, P-dalga hızının azaldığı gözlenmektedir [4].

Tablo 6. 25 İncelenen tarihi yapılarda ölçülen P-dalga hızlarının istatistiksel dağılımı

İnceleme Yapılan Tarihi Eser	Ölçüm Sayısı	En Düşük P-dalga Hızı (m/s)	En Yüksek P-dalga Hızı (m/s)	Ortalama P-dalga Hızı (m/s)	Taze ignimbirite ait ortalama P-dalga Hızı (m/s)
Roma Mezarı	5	1322	2181	1650	-----
Selçuklu Emir 1	7	1000	1684	1241	1965-Gr*
Selçuklu Emir 2	3	1068	1600	1408	2710-Kh*
Hasbek Kümbeti	9	844	1733	1175	2710-Kh
Köşk Medresesi	8	824	1923	1351	2710-Kh
Hacip Çavlı	4	1000	1538	1222	1965-Gr
Emirhan	9	844	1147	1022	1965-Gr
Çifte Kümbet	25	904	2094	1270	2710-Kh
Ali Cafer	5	776	1246	1065	2710-Kh
Döner Kümbet	7	853	1206	1025	1965-Gr
Babükbey	12	786	1563	1020	1965-Gr
Emir Şahap	11	822	1622	1105	2710-Kh
Suya Kanmış Hatun	11	941	1637	1207	2710-Kh
Emir Ali Pişrev	12	719	1369	1036	2710-Kh

*Gr (Gri), Kh (Kahverengi)

Tarihi eserlerde yapı malzemesi olarak kullanılan ignimbiritlerin taze örneklerinden hesaplanan P-dalga hızlarının gri renkli ignimbiritlerde 1965 m/s, kahverenkli ignimbiritlerde ise 2710 m/s olduğu belirlenmiştir [49].

Roma Mezarı'nda 5 farklı noktada yapılan ölçümlerde en küçük P-dalga hızı 1322 m/s, en büyük P-dalga hızı ise 2181 m/s olarak hesaplanmıştır. Buna göre, incelenen tarihi eserde ortalama olarak 1650 m/s P-dalga hızı değerine ulaşılmıştır. Roma Mezarı'nda kullanılan bazalt malzemesinin taze örneklerine ait P-dalga hızına ait veriler bulunmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır.

Selçuklu Emir 1 kümbetinde 7 farklı noktada yapılan ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 1000 m/s, en yüksek P-dalga hızı ise 1684 m/s olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümler

sonucunda ortalama P-dalga hızı 1241 m/s'dir. Buna göre Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde taze örneklerle oranla P-dalga hızlarında %54 oranında bir azalma olduğu görülmektedir (Tablo 6.25).

Selçuklu Emir 2 kümbetinde 3 farklı noktada yapılan ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 1068 m/s, en yüksek P-dalga hızı ise 1600 m/s olarak hesaplanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda bu tarihi eser için ortalama hız 1408 m/s'dir. Buna göre, Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde P-dalga hızı değerleri dikkate alındığında taze örneklerle göre %48 oranında bir azalma olduğu sonucuna varılmaktadır (Tablo 6.25).

Hasbek Kümbeti'nde 9 farklı noktada yapılan P-dalga hızı ölçümlerinde en düşük P-dalga hızı 844 m/s, en yüksek P-dalga hızı ise 1723 m/s olarak hesaplanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda ortalama olarak 1175 m/s P-dalga hızı değerine ulaşılmıştır. Hasbek Kümbeti'nde ignimbiritlerde elde edilen P-dalga hızı değerleri dikkate alındığında taze örneklerle göre %57 oranında bir hız azalması olduğu saptanmıştır (Tablo 6.25).

Köşk Medresesi'nde yapılan ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 824 m/s, en yüksek P-dalga hızı ise 1923 m/s ve ortalama 1351 m/s P-dalga hızı değeri elde edilmiştir. Bu durumda Köşk Medresesi'ndeki ignimbiritlerde P-dalga hızı azalımı %50 civarındadır (Tablo 6.25).

Hacip Çavlı Kümbeti'nde 4 ayrı ignimbirit bloğu üzerinde yapılan ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 1000 m/s, en yüksek P-dalga hızı ise 1538 m/s olarak saptanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda ortalama P-dalga hızı değerinin 1222 m/s olduğu ortaya konmuştur. Bu durumda Hacip Çavlı Kümbeti'ndeki ignimbiritlerde P-dalga hızı azalımı %38 civarındadır (Tablo 6.25).

Emirhan Kümbeti'nde 9 farklı noktada yapılan ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 844 m/s, en yüksek P-dalga hızı ise 1147 m/s olarak hesaplanmıştır. Yapılan P-dalga hızı ölçümleri sonucunda ortalama P-dalga hızı 1022 m/s olarak bulunmuştur. Taze ignimbiritlere ait P-dalga hızı değerleri baz alındığında Emirhan Kümbeti'ne ait ignimbiritlerde %48 oranında P-dalga hızı azalmaları olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 6.25).

Çifte Kümbet'te 25 farklı noktada P-dalga hızı ölçümü gerçekleştirilmiş olup, yapılan ölçümlerde en düşük hız 904 m/s, en yüksek hız ise 2094 m/s olarak saptanmıştır. Öte yandan, bu kümbet için ortalama P-dalga hızı 1270 m/s'dir. Çifte Kümbet'teki P-dalga hızı azalımı %53'tür (Tablo 6.25).

Ali Cafer Kümbeti'nde 5 farklı noktada yapılan ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 776 m/s, en yüksek P-dalga hızı 1246 m/s, ortalama P-dalga hızı ise 1065 m/s olarak tespit edilmiştir. Ali Cafer Kümbeti'nde P-dalga hızındaki değişim %61'dir (Tablo 6.25).

Döner Kümbet'te 7 farklı noktadaki P-dalga hızı ölçümleri sonucunda en düşük P-dalga hızı 853 m/s, en yüksek P-dalgası hızı ise 1206 m/s olarak hesaplanmıştır. Ortalama P-dalga hızı da 1025 m/s'dir. Döner Kümbet'te P-dalga hızı değişim oranının %48 civarında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6.25).

Babükbey Kümbeti'nde 12 farklı ignimbirit bloğunda P-dalga hızı ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 786 m/s, en yüksek P-dalga hızı 1563 m/s olarak hesaplanmıştır. Değerler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde ortalama P-dalga hızının 1020 m/s olduğu sonucuna varılmıştır. Babükbey Kümbeti'nde taze örneklerle göre P-dalga hızı değişim oranı %48'dir (Tablo 6.25).

Emir Şahap Kümbeti'nde 11 farklı noktada yapılan ölçümlerde en düşük, en yüksek ve ortalama P-dalga hızları sırasıyla 822 m/s, 1622 m/s ve 1105 m/s şeklindedir. Bu durumda Emir Şahap Kümbeti'ndeki ignimbiritlerde P-dalga hızı azalımı %59'dur (Tablo 6.25).

Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nde 11 farklı noktada yapılan ölçümlerde en düşük P-dalga hızı 941 m/s, en büyük P-dalgası hızı 1637 m/s, ortalama P-dalga hızı 1207 m/s olarak hesaplanmıştır. Taze ignimbiritlere ait P-dalga hızı değerleri baz alındığında Suya Kanmış Hatun Kümbeti'ne ait ignimbiritlerde %55 oranında P-dalga hızı azalimleri olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 6.25).

Emir Ali Pişrev Kümbeti'ndeki 12 farklı noktada yapılan P-dalga hızı ölçümlerine göre en düşük P-dalga hızı 719 m/s, en yüksek P-dalga hızı ise 1369 m/s olarak saptanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda ortalama P-dalga hızı değeri 1036 m/s'dir. Emir Ali Pişrev Kümbeti'nde P-dalga hızı azalım oranı %62'dir (Tablo 6.25).

Tablo 6. 26 İncelenen tarihi eserlerde P-dalga hızındaki azalma yüzdesi

İnceleme Yapılan Tarihi Eser	Ortalama P-dalga Hızı (m/s)	Taze İgnimbirite ait ortalama P-dalga Hızı (m/s)	P-dalga Hızındaki Azalma (%)
Selçuklu Emir 1	1241	1965	54
Selçuklu Emir 2	1408	2710	48
Hasbek Kümbeti	1175	2710	57
Köşk Medresesi	1351	2710	50
Hacip Çavlı	1222	1965	38
Emirhan	1022	1965	48
Çifte Kümbet	1270	2710	53
Ali Cafer	1065	2710	61
Döner Kümbet	1025	1965	48
Babükbey	1020	1965	48
Emir Şahap	1105	2710	59
Suya Kanmış Hatun	1207	2710	55
Emir Ali Pişrev	1036	2710	62
		Ortalama	52

Zamanla ignimbirit malzemesinde meydana gelen donma-çözülme, tuz kristallenmeleri gibi atmosferik çevrimler neticesinde oluşan bozunma ve gözeneklilik artışları neticesinde tarihi eserlerdeki ignimbirit bloklarında P-dalga hızlarında önemli ölçüde azalmaların meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Hacip Çavlı Kümbeti'nde P-dalga hızındaki %38 oranındaki azalma, ölçüm yapılan diğer kümbetler arasında en az değişimin olduğu tarihi eserdir. Emir Ali Pişrev ve Ali Cafer Kümbeti'ndeki %62 ve %61 oranındaki P-dalga hızlarında meydana gelen azalma ise diğer kümbetlere kıyasla daha fazladır (Bknz Tablo 6.25).

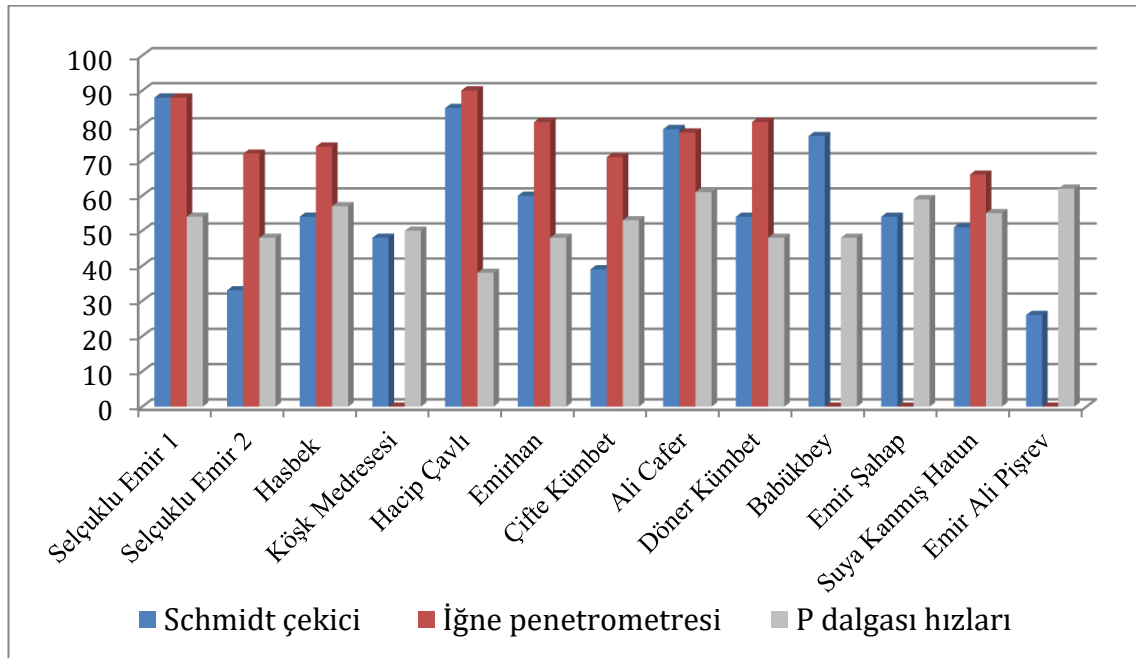
ANON (1979) P-dalgası hızlarına göre sağlam ve zayıf kayaları sınıflandırmıştır (Tablo 29). Buna göre bu tez çalışması kapsamındaki deneysel çalışmalardan elde edilen veriler sonucunda, tarihi kümbetlerin tamamında mevcut durumda P-dalga hızlarının 2500 m/s'den daha düşük olduğu görülmektedir. Buna göre, çok zayıf ve zayıf ignimbiritler

kullanılarak inşa edilen bu tarihi eserlerin, P-dalga hızı ölçüm sonuçları dikkate alındığında dayanımlarını yüksek miktarlarda kaybettikleri ortaya çıkmaktadır.

Tablo 6. 27 Kaya malzemesinin P-dalga hızına göre sınıflandırılması [52]

Sınıf	P-dalga hızı (m.s. ⁻¹)	Dayanım
1	<2500	Çok zayıf
2	2500-3500	Zayıf
3	3500-4000	Orta
4	4000-5000	Yüksek
5	>5000	Çok yüksek

Yukarıdaki bölümlerde açıklanan değerler ışığında Şekil 6.38’de, incelenen 14 tarihi eserden 13’ünde Schmidt çekici geri tepme sayısından ve iğne penetrometresi deneyi sırasında elde edilen penetrasyon oranı değerlerinden hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin taze örnekler için dayanım değerlerine göre yüzdesel değişimini gösteren sütun grafik sunulmaktadır. Aynı grafikte, taze iğnebirirlerdeki P-dalga hızı değerlerine oranla tarihi eserlerdeki P-dalga hızlarındaki % azalış da gösterilmiştir.



Şekil 6. 38 İnceleme yapılan tarihi eserlerde Schmidt çekici ve iğne penetrometresi değerlerine göre dayanım değişim oranı ve P-dalga hızı değişim yüzdelerinin dağılımı

Selçuklu Emir 1 Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %88 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç değerlerinde de ortalama %88 oranında azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %54 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Selçuklu Emir 2 Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %33 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç değerlerinde ortalama %72 oranında azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %48 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Hasbek Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %54 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %74 oranında düşmenin meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %57 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Köşk Medrese'sinde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç değerlerinde ortalama %48 oranında azalma görülmekte iken, P-dalga hızlarında ortalama %50 oranında azalmadan söz edilebilir (Şekil 6.38).

Hacip Çavli Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %85 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %90 oranında kaybın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %38 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Emirhan Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %60 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %81 oranında azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %48 oranında düşüş söz konusudur (Şekil 6.38).

Çifte Kümbet'te Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %39 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %71 oranında azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %53 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Ali Cafer Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %79 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %78 oranında azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %61 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Döner Kümbet'te Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %54 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %81 oranında azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %48 oranında düşme söz konusudur (Şekil 6.38).

Babükbey Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %77 oranında azalma görülmekte iken, P-dalga hızlarında ortalama %48 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Emir Şahap Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %54 oranında azalma görülmekte iken, P-dalga hızlarında ortalama %59 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Suya Kanmış Hatun Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %51 oranında azalma görülmekte iken, iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %66 oranında azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın P-dalga hızlarında ortalama %55 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Emir Ali Pişrev Kümbeti'nde Schmidt çekici deneyi ile elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinde ortalama %26 oranında azalma görülmekte iken, P-dalga hızlarında ortalama %62 oranında azalma söz konusudur (Şekil 6.38).

Tarihi yapılarda gerçekleştirilen deneysel çalışmaların verilerine bakıldığında, Schmidt çekici ve iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımlarında zaman zaman yüksek oranlarda değişimler görülmektedir. Bunun en önemli sebebi, iğne penetrometresinden elde edilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin aslında tarihi eserlerde bozunmanın ileri derecede olduğu blokların dayanımını temsil ediyor olmasıdır. Öte yandan, Schmidt çekicinden elde edilen dolaylı dayanım değerleri ise görece bozunmanın daha düşük derecede olduğu bloklara aittir. P-dalgası hızlarındaki değişimlerin ise daha düşük olduğu gözlenmektedir. Ancak P-dalga hızlarındaki değişim her ne kadar tek eksenli basınç dayanımları kadar olmasa da P-dalgası hızlarının 2500 m/s altında olması, yapı taşlarının çok zayıf dayanıma sahip olduğu göstermektedir (Bknz Tablo 6.27).

Schmidt çekici ve iğne penetrometresi deneylerinden elde edilen ortalama tek eksenli basınç dayanımı verilerine göre incelenen kümbetlerde dayanım azalması en yüksekten en düşüğe doğru sırası ile Selçuklu Emir 1 Kümbeti, Hacıp Çavlı Kümbeti, Ali Cafer Kümbeti, Emirhan Kümbeti, Döner Kümbet, Hasbek Kümbeti, Suya Kanmış Hatun Kümbeti, Çifte Kümbet, Selçuklu Emir 2 Kümbeti, Babükbey Kümbeti, Emir Şahap Kümbeti, Köşk Medresesi Kümbeti, Emir Ali Pişrev Kümbeti şeklindedir (Bknz Şekil 6.38).

P-dalga hızı deneyleri sonucunda en fazla değişim ise sırası ile Emir Ali Pişrev Kümbeti, Ali Cafer Kümbeti, Emir Şahap Kümbeti, Hasbek Kümbeti, Suya Kanmış Hatun Kümbeti, Selçuklu Emir 1 Kümbeti, Çifte Kümbet, Köşk Medresesi, Emirhan Kümbeti, Döner Kümbet, Selçuklu Emir 2 Kümbeti, Babükbey Kümbeti ve Hacıp Çavlı Kümbeti'ndedir (Bknz Tablo 6.25).

Bu çalışma kapsamında tarihi yapılarda verilerin doğruluğunun artırılması amacıyla birbirine yakın birden fazla noktada, bozunmanın farklılık göstermiş olduğu bloklarda, uygun yöntem kullanılarak farklı sayıda ölçüm yapılmıştır. Ölçüm yapılan blokların ayrışma durumu, yüzey pürüzlülüğü, ölçülen yüzeyin hemen arkasında bulunabilecek zayıflık düzlemleri, farklı doku ve renk özellikleri, blokların konumu ve cephesinin farklı olması gibi birçok faktör bir tarihi yapıda farklı deneysel yöntemlerle farklı sonuçlarının elde edilmesini sağlamıştır. Elde edilen veriler genel olarak değerlendirilerek, özellikle tarihi yapıların yoğun şekilde su ile teması neticesinde ileri

derecede bozunmaya uğradığı kesimlerde dayanımlarını yitirdikleri sonucuna ulaşılmıştır.

6.3. Tarihi Kümbetlerde Gözlenen Bozunmalar ile İlgili Genel Değerlendirmeler

Kayseri ilimizde inceleme yapılan tüm tarihi eserlerde çatlak ve kırık oluşumlarını görmek mümkündür. Bu kırık oluşumlarında insan tahribatlarının yanı sıra, ignimbirit gibi su emme kapasitesi oldukça yüksek olan bir kaya biriminde gözeneklerdeki suyun donarak genişlemesi diğer bir etkidir. Tez çalışması kapsamında incelenen tarihi eserlerde yaygın olarak kararmalar, pullanma ve kavlaklanma, malzeme kayıpları, insan tahribatlarına bağlı deformasyonlar, tuzlanma ve petek gözlülük görülmektedir. Bu tür bozunma etkileri sonucunda, doğal yapı taşları dayanımlarını kaybetmekte zamanla parçalanmalar, kırılmalar, buna bağlı yapıdan kopma-ayırma, şeklinde yapı bütünlüğünü ilerleyen dönemlerde bozabilecek bozunmalar meydana gelmektedir. Fakat incelenen tarihi yapılarda mevcut durumda yapının tüm bütünlüğünü bozacak derecede bir bozunma tespit edilmemiştir. Ayrıca her ne kadar bazı açılardan (estetiklik, malzeme dayanımı vb.) eksikleri olsa da, yakın zaman içerisinde yapılan restorasyonların da tarihi yapıların bütünlüğünün korunmasında etkisi olmuştur. Fiziksel bozunmanın derecesi yapıtaşının bulunduğu konuma ve boyutuna göre değişmektedir. Özellikle tarihi yapıların farklı yönlerinde yer alan ignimbirit bloklarında, dış etkenlere bağlı gelişen bozunmaların, birbirinden farklı düzeyde gelişebildiği görülmektedir. İncelenen tarihi kümbetlerde bazı durumlarda bölgesel olarak yapısal hasarlar da meydana gelmiştir. Yüzeyde malzeme kaybının fazla olduğu kesimlerde hasar artmakta ve yapıtaşının boyutlarının küçüldüğü görülmektedir.

Tarihi eserlerdeki genel bütünlükte herhangi bir azalma söz konusu olmadan önce yapı taşlarında (bloklarda), restorasyon çalışmaları yapılarak bütünlük korunmaya çalışılmıştır. Ancak yapılan bu restorasyonların yetersiz olduğu, derz boşalmaları neticesinde oluşan boşluklara uygulanan çimentonun estetik açıdan da uyumlu olmadığı, öte yandan restorasyon sırasında yenilenen bloklarının tarihi yapının orijinal blokları ile görsel açıdan uyumlu olmadığı veya zaman zaman bozunan bloklardan bile daha düşük dayanıma sahip olduğu yapılan incelemelerde tespit edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında çoğunluğu Selçuklu Dönemi'ne ait olan tarihi kümbetlerin bozunmasında en önemli etkenlerden birinin de kümbet yapıları etrafında yeterli drenaj

çalışmalarının yapılmaması olduğu tespit edilmiştir. Bilindiği üzere, ignimbiritlerin dayanımında, su ile teması halinde önemli ölçüde azalmalar olabilmektedir. Bununla birlikte oldukça gözenekli bir yapıya sahip olan ignimbiritlerde kılcallık etkisi ile yapı tabanından su ile temasa geçen ignimbirit bloklarında su üst bloklara kadar ilerleyebilmektedir. Bu durum, ignimbirit bloklarında renk değişimlerine, tuzlanmalara, pullanma ve kavlaklanma türü bozunmalara ve önemli dayanım kayıplarına sebebiyet vermektedir. Bazı kümbetlerin temel bölümleri güncel zemin kotundan daha aşağıda konumlandırılmış olup, etrafları da duvar ile çevrelendiğinden, yağış sularının kümbet etrafında uzun süre kalmalarına imkan sağlanmıştır. Bu nedenle yapılacak restorasyon çalışmalarında bu hususa dikkat edilmesi ve kümbet çevresinde yüzey suyu birikimlerini engelleyecek su giderlerinin tasarlanması gerekmektedir.

Yapılan gözlemlerde bazı kümbetlerin etrafında yapılan su giderlerinin ise doğru şekilde imal edilmediği tespit edilmiştir. Örneğin Döner Kümbet etrafında dört farklı köşede yağış sularının tahliye edilmesi için su giderleri imal edilmiş olmakla birlikte, su gideri seviyesinin tabandan yaklaşık 5-10 cm yüksekte konumlandırıldığı belirlenmiştir. Bu durumda, kümbet çevresindeki yağış sularının tahliye olabilmesi için bu seviyeye kadar yükselmesi gerekmektedir. Bu da kümbet taban seviyesinde yer alan ignimbirit bloklarının su ile daha uzun zaman temas etmesine sebep olmaktadır.

7. BÖLÜM

SONUÇLAR

Geçmişten günümüze insanlar tarafından kullanılan yapılar doğa veya insanların sebep olduğu bozunma süreci ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu nedenle tarihi ve kültürel öneme sahip olan bu yapılar geri dönülmesi güç bozunma sebebi ile bütünlük kaybına uğramaktadırlar.

Tez çalışması kapsamında 13'ü Selçuklu Dönemi'ne ait kümbet ve 1 tanesi Roma Dönemi'ne ait mezar olmak üzere toplam 14 tarihi yapı incelenmiş, yapılan gözlemsel ve deneysel veriler sonucunda benzer nedenlerden dolayı bozunmaya uğradıkları tespit edilmiştir. Tarihi yapılar üzerinde uygulanan tahribatsız deneylerden olan P-dalga hızı deneyi, İğne penetrometresi ve Schmidt çekici deneylerinden elde edilen sonuçlar neticesinde, tarihi yapıların bazılarında bulunan bloklarda ileri derecede bozunmaların meydana geldiği, %90'a varan ölçüde yapı taşlarının dayanımlarını kaybettiği tespit edilmiştir. Bu denli dayanım kayıpları-bozunmalar nedeniyle yapı taşlarına elle temas edilmesi durumunda bile ufalanmalar-tozlaşmalar meydana gelebilmektedir. Bundan dolayı bazı tarihi yapılara restorasyon çalışmaları ile müdahale edilerek parça kayıplarının önüne geçilmiş, yapı bütünlüğü ve duraylılığı sağlanmıştır. Yapılan restorasyonlar her ne kadar yapı bütünlüğünün korunmasını sağlasa da, zaman zaman orijinal bloklar ile restorasyon malzemeleri arasında renk farklılıkları bulunmaktadır. İncelenen tarihi eserlerin restorasyonunda kullanılan güncel bloklar hem rengindeki uyumsuzluk hem de yüzeyinin daha az pürüzlü bir yapıya sahip olmasından dolayı kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Daha çok yüzey suları ile temas eden alt bölgelerdeki güncel restorasyon malzemesinde bile yer yer pullanma-kavlaklanma ve tozlaşma gibi bozunmalar görülmektedir.

Genel olarak incelenen tarihi taş eserlerde doğanın neden olduğu fiziksel ve biyolojik bozunmalar meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra inceleme konusu olan birden fazla tarihi yapıda, insanların neden oldukları tahribatlar da olduğu saptanmıştır. Selçuklu dönemine ait farklı renklerdeki (gri, kahverengi) ignimbirit türü kaya malzemesi kullanılarak inşa edilen bazı kümbetlerde özellikle kılcallık sebebiyle kümbetlerin taban bölümlerinde bozunmanın ileri derecede olduğu ve pullanma-kavlaklanma türü

bozunmaların geliştiği kayacın gözeneklerinde biriken tuzlar nedeniyle bozunmanın ilerlediği görülmektedir. Hava kirliliği nedeni ile bazı kümbetlerde önemli oranda renk değişimleri meydana gelmektedir. Tarihi eserlerde gözlenen bu kararmalar, yapının estetik açıdan özelliğinin kaybolmasına sebebiyet vermektedir.

İncelenen tarihi eserlerin birçoğunun yapı taşı olan ignimbiritlerin bozunmasında en önemli etkenin yüzey suları olduğu yerinde yapılan deneysel ve gözlemsel çalışmalar neticesinde ortaya konmuştur. Yağış sularının neden olduğu bozunmaların tarihi kümbetlerin ilksel özelliklerini, bölgesel veya bütünsel olarak dayanımlarını kaybetmesindeki en önemli etkenlerden biri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kümbetlerin su ile daha az temas eden yüksek kısımlarındaki bozunma, suya daha fazla maruz kalan taban bölümlerine oranla daha az görülmektedir. Özellikle kılcallık ve suyun etkisi ile alt bölgelerde oluşan ileri derecede bozunma, kümbetlerin taban kesimlerinin su ile yoğun şekilde temasta olduğunu göstermektedir. 12. yüzyıldan günümüze kadar varlığını sürdüren ve temel yapı taşı ignimbirit olan bu tarihi eserlerin restorasyonunda kullanılan taşlar ile aralarından yüzyıllarca zaman farkı olmasına karşın, yer yer restorasyon malzemesinin eski malzeme ile hemen hemen aynı dayanıma sahip olduğu da gözlenmiştir. Öte yandan, restore edilen birçok bloğun da orijinal bloklarda olduğu gibi yağmur sularından etkilenerek bozunmaya uğradığı saptanmıştır. Yapının tabanında bulunan ve su ile temas eden restorasyon malzemesinde pullanma-kavlaklanma ve tozlaşma türü bozunmalar görülse de su ile daha az temas eden orta kesimlerde bu tür bozunmalara rastlanılmamıştır. Restorasyon çalışmaları sırasında bu hususlar göz önünde bulundurulmalı, yapının görsel bütünlüğünü bozmayacak şekilde aynı renk ve doku özelliklerine sahip bloklar kullanılmalıdır.

Tarihi kümbetlerde gerçekleştirilen iyileştirme çalışmalarında kümbet çevresindeki yağış suyu drenajlarının yeterli ölçüde yapılamadığı ve bunun tarihi eserlerin daha fazla su ile temas etmesine neden olduğu da gözlenmiştir. Söz konusu tarihi eserlerin korunarak gelecek nesillere aktarılabilmesi için gerekli iyileştirme yöntemlerinin uygulanması ve ignimbiritlerin suya karşı oldukça hassas oldukları göz önüne alınarak, tarihi kümbetlerin çevresinde su drenajına yönelik iyileştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca biyolojik bozunmalara neden olan bitki tohumlarının temizlenerek tarihi yapıdan uzaklaştırılması ile biyolojik bozunmalar

engellenebilecektir. Öte yandan tarihi yapıların koruma altına alınması ve insan tahribatlarının önüne geçilmesi de oldukça büyük önem arz etmektedir. Son olarak, incelenen tarihi eserlerde zaman içerisinde çeşitli etkenlerle meydana gelebilecek bozunmaların periyodik dönemlerde termal görüntüleme gibi güncel teknolojiler yardımıyla incelenmesi ve değerlendirilmesi, tarihi ve kültürel değere sahip bu yapıların gelecek nesillere aktarılabilmesi için uygulanması önerilen bir yöntemdir.



8. BÖLÜM

KAYNAKÇA

- [1] Tunç, F., (2013). Amasya Osmanlı Camilerinde Bulunan Taş Bezemeler, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [2] Avşaroğlu N., (2020). Anadolu'nun Binlerce Yıllık Doğal Taşları, Ankara
- [3] Hasbay, U., Hattap, S., 2017. Doğal Taşlardaki Bozunma (Ayrışma) Türleri ve Nedenleri, Munzur. Ü. Bilim ve Gençlik Dergisi ISSN:2148-0273, Cilt:5, Sayı:1,
- [4] Akın, M., 2008. Eskipazar (Karabük) Travertenlerinin Bozunmasının Araştırılması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [5] Kayseri Valiliği resmi sitesi <http://www.kayseri.gov.tr/kayseri-tarihii> adresinden alıntı.(01.04.2021).
- [6] Köksal, S., (2019). Kayseri İli Yer Adları: Kimlik, Kültür ve Mekan, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Balıkesir.
- [7] Turizm ve Kültür Bakanlığı, Kayseri İl Turizm ve Kültür Müdürlüğü resmi sitesi <https://kayseri.ktb.gov.tr/TR-183240/kumbetler.html> adresinden alıntıdır.
- [8] Kayseri İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü <https://kayseri.ktb.gov.tr/TR-54978/iklim-ve-bitki-ortusu.html> adresinden alıntı. (01.04.2021).
- [9] Dal, M., Öcal, A., 2017, Mardin Şehrindeki Taştan Yapılanmış Eserlerde Görülen Bozunmalar, Araştırma Makalesi BAUM Fen Bil.Enst. Dergisi, 19(1), 60-74, 2017.
- [10] Kayseri Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, Kayseri İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu, 2020.
- [11] Çevre Şehircilik Bakanlığı, www.havaizleme.gov.tr, adresinden alıntı, (01.04.2021).

- [12] Özbek, Y., Arslan, C., 2008. Kayseri Taşınmaz Kültür Varlıkları Envanteri, ISBN:978-975-8046-67-6, Cilt 1, Kayseri.
- [13] Gabriel, A.L., 2009. Kayseri Türk Anıtları, Trc. Tütenk, A.A., Kayseri Enstitüsü Derneği Genel Yayın No:07, Kayseri.
- [14] <https://www.utest.com.tr/tr/20671/Ultrasonik-Dalga-Hizi-Test-Cihazı> adresinden alıntıdır.(02.01.2021)
- [15] Kemikkıran Ö.F., 2019. Nevşehir Yöresindeki İgnimbiritlerin Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri İle P-Dalga Hızı Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksel Lisans Tezi, Nevşehir.
- [16] Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A. 2001. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, 1. Baskı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 161 s, Ankara.
- [17] Karaman, K., Erçikti, B., Cihangir, F., Kesimal, A., 2011. Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tahmininde Schmidt Çekici Yöntemlerinin İncelenmesi, Türkiye 22. Uluslar Arası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Ankara.
- [18] ISRM, Rock characterization, testing and monitoring. In: Brown, E.T. (Ed.), 1981. International Society for Rock Mechanics (ISRM) Suggested Methods. Pergamon, Oxford. 211pp, 1981.
- [19] Ergüler, Z.A., 2007. Su İçeriğinin Kil İçeren Kayaların Mühendislik Davranışı Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara.
- [20] Erguler, Z.A., Ulusay, R., 2007. Estimation of uniaxial compressive strength of clay-bearing weak rocks using needle penetration resistance, Proceedings of 11th Congress on Int Soc Rock Mechanics, Lisbon, vol. 1, pp. 265–268,

- [21] Aydan Ö., 2012. The inference of physico-mechanical properties of soft rocks and the evaluation of the effect of water content and weathering on their mechanical properties from needle penetration tests, Symposium of ARMA, Chicago, Paper No. ARMA12- 639 (on CD),
- [22] Sağol, S., 2007. Erzurum İli Hava Kirliliğinin Tarihi Eserler Üzerinde Etkileri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum
- [23] Özkan, H., 2009. Erzurum Çevresinde Bazı Tarihi Eserlerde Biyolojik Bozulmaya Neden Olan Bakterilerin İzolasyonu, Karakterizasyonu ve Tanısı, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- [24] Sarıtop, B., 2010. Asit Yağmurlarının Mardin ve Çevresindeki Tarihi Eserlere Etkisi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- [25] Öcal, A.D., Dal, M., 2012. Doğal Taşlardaki Bozunmalar, 1.Baskı
- [26] Korkanç, M., 2013. Deterioration of different stones used in historical buildings within Nigde province, Cappadocia, Construction and Building Materials Volume 48, Pages 789-803, November.
- [27] Korkanç, M., 2016. Characterization of building stones from the ancient Tyana aqueducts, Central Anatolia, Turkey: implications on the factors of deterioration processes, Bulletin of Engineering Geology and the Environment 77(1), August.
- [28] Akın, M., Dinçer, İ., Özvan, A., Oyan, V., Tapan, M., 2016. İgnimbitlerdeki Kılcal Su Emme Özelliğinin Ahlat Selçuklu Mezar Taşlarının Bozunmasındaki Rolü , Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Nevşehir.
- [29] Dolar, A. ve Yardımlı, S., 2017. Yapı Taşlarındaki Alg ve Bakteri Alterasyonları, Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu / 2-3-4 Kasım.

- [30] Döndüren, M.S., Şişik, Ö., Demiröz, A., 2017. Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri, Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi Sayı: 13, ss. 45-58,
- [31] Bilgili, B. 2018. Kapadokya Bölgesi Nevşehir Yöresi Kültürel Varlıklarının Bozulmalarına Neden Olan Etmenler, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(1) 60-74.
- [32] Hasbay, U. ve Artık, K., Okuyucu, E., 2018. Doğal Taşlarda Görülen Fizikomekanik Hasarlar, Munzur Üniversitesi Bilim ve Gençlik Dergisi ISSN: 2148-0273 Cilt 6, Sayı 1, 2018 Vol. 6, Issue 1,
- [33] Avşar, A.O., 2018. Ahlat Selçuklu Meydan Mezarlığı Mezar Taşları Koruma Onarım Önerisi, Nisan.
- [34] Erözmen, T., 2019. Tarihi Eserlerde Kullanılan Küfeki Taşların Litolojik Özellikleri Ve Temizleme Yöntemleri Karşısındaki Davranışları, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [35] Essahlaoui, N., Antik Kentlerdeki Kireçtaşları Yapı taşlarındaki Bozunma Derecelerinin Değerlendirilmesi (Kızkalesi kanlıdivane, Mersin), Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksel Lisans Tezi, Mersin 2019.
- [36] Tekin, M.A., 2020. Konya Bölgesindeki Tarihi Yapılarda Kullanılan Kayaların Bozunma Özelliklerinin Araştırılması, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- [37] Korkaç, M., 2020. Ak Medresenin (Niğde) Yapımında Kullanılan Taşların Mühendislik Özellikleri ve Sorunları, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Issn: 2564-6605,.
- [38] Ollier, C., 1984. Weathering, Geomorphology Texts. Ed. K.M. Clayton, Longman, London and New York, 270 p.

[39] Arıkan, F., Aydın, N., 2012. Ankara Andezitlerinin Mühendislik Özelliklerine Bozunmanın Etkileri, Conference: 8. International Marble and Natural Stone Congress, Afyonkarahisar.

[40] Milli Eğitim Müdürlüğü, 2016. İnşaat Teknolojisi Taş Bozulmalarını Teşhis Etme, http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/programlar/insaat/tas_restorator-moduller-MODUL%204_TAS%20BOZULMALARINI%20TESHIS%20ETME.pdf, 2013si 40 (2) Ankara.

[41] <https://www.gzt.com/jurnalist/hicbir-savasin-galibi-olmaz-savaslara-kurban-giden-14-tarihi-eser-3411243> adresinden alıntıdır. Erişim Tarihi 20.02.2021.

[42] Dal, M. ve Yalçın, M., Öcal, A.D., 2016. Gazimağusa Kaleiçindeki Tarihi Taş Yapılarda Görülen Bozunmalar, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), ss. 355-363, Aralık.

[43] Çetin, C., 2015. Taş Eserlerde Bozulma Tür ve Nedenleri, KVK201 Taş Malzeme Bilgisi ve Bozulmaları Ders Notu.

[44] Öcal, A., Kapur, S., 2012. Kayaçtan Yapılmış Eserlerin Koruma Çalışmalarına Arkeometrik Bir Yaklaşım: Ayrışma Durumu. Türkiye ve Kolombiya'daki Anıt Eserlerin Bozunma Analizleri Ç.Ü Fen Bil.Enst. Dergisi, Yıl:2012 Cilt:28-1,.

[45] Artık, K. ve Turan, M., Karbonatlı Yapı Taşlarında Görülen Kimyasal Alterasyonlar, ISSN: 2148-0273 Cilt 6, Sayı 1, 2018 Vol. 6, Issue 1, Munzur.Ü.Bilim ve Gençlik Dergisi, 2018.

[46] https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:d2orWq8EvpEJ:https://www.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_I_SCS_Glossary_Stone.pdf+&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr adresinden alıntıdır. ISBN : 978-2-918086-00-0, France. Erişim Tarihi: 20.02.2021

[47] Dolar, A. ve Yılmaz, E.Ş., Kültürel Yapılarda Biyolojik Bozunma Mekanizmaları, Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR (Eski adı: OrLab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi) Cilt: 12 Sayı: 1 Sayfa: 1-19 www.mikrobiyoloji.org/pdf/702140101, 2014.

[48] Özvan, A., Dinçer, İ., Akın, M., Oyan, V., Tapan, M., 2015. Experimental studies on ignimbrite and the effect of lichens and capillarity on the deterioration of Seljuk Gravestones. *Engineering Geology*, 185, 81-95,.

[49] Akın, M., Topal, T., Dinçer, İ., Akın, M.K., Özvan, A., Orhan, A., 2020. İgnimbiritlerde Kaynaşma Derecesi İle Litik Malzeme Şekli Arasındaki İlişkinin Değerlendirmesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi (BAP18F25) Sonuç Raporu, 89 sf,

[50] Gökçeoğlu, C., 1996. Schmidt Sertlik Çekici Kullanılarak Tahmin Edilen Tek Eksenli Basınç Dayanımı Verilerinin Güvenilirliği Üzerine Bir Değerlendirme. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*; 48:78–81,.

[51] Yılmaz, I., Sendir, H., 2002. Correlation Of Schmidt Hardness With Unconfined Compressive Strength And Young's Modulus İn Gypsum From Sivas, *Eng Geol*, 66:211–219.

[52] ANON, 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping part 1: Rock and soil materials. *Bulletin of International Association of Engineering Geology* 19, pp. 355-371.

[53] REICHE, P., 1943. Graphic Representation of Chemical Weathering, *Journal of Sedimentary Petr.*, 13, 53-68,.

[54] A.B.Yavuz, T.Topal, 2007. Thermal and salt crystallization effects on marble deterioration: Examples from Western Anatolia, Turkey, *Engineering Geology Volume* 90, Issues 1–2, Pages 30-40, 9 March.

[55] B. Ertas Deniz, T. Topal, 2021. A New Durability Assessment Method Of The Tuffs Used In Some Historical Buildings Of Cappadocia (Turkey) Environmental Earth Sciences / 80 (7).

[56] T. Topal, B. Sözmen, 2001. Characteristics of the Weathering Zones Developed Within the Tuffs of the Midas Monument Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 10, pp. 83-91.

