

TARİHİ KONYA HASBEY DAR'ÜL HUFFAZI'NIN (MESCİT) SONLU ELEMENLAR ANALİZİ YÖNTEMİYLE DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF EARTHQUAKE BEHAVIOR OF HISTORICAL KONYA HASBEY DAR'ÜL HUFFAZI (MESCIT) BY FINITE ELEMENT ANALYSIS METHOD

Murat ERDEMİR * & Mehmet Emin BAŞAR **

* *Lisansüstü Öğrencisi, Konya Teknik Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, TÜRKİYE,
e-mail: erdemirmurat1996@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1769-710X>*

** *Doç. Dr., Konya Teknik Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, TÜRKİYE,
e-mail: mebasar@ktun.edu.tr
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9778-4563>*

Geliş Tarihi: 23 Temmuz 2019; Kabul Tarihi: 19 Ekim 2019
Received: 23 July 2019; Accepted: 19 October 2019

ÖZET

Tarihî yapılar geçmişle bugün ve gelecek arasındaki ilişkiyi sağlayan ve bize yapıldığı dönemin yapım tekniği, malzeme özelliklerinin yanı sıra geçmişten günümüze kadarki olaylar hakkında da önemli bilgiler veren kültür varlıklarıdır. Bu sebeplerden dolayı bu yapıların korunması ve gelecek nesillere aktarılması gereklidir. Hiç kuşkusuz tarihî yapılara zarar veren en önemli olaylardan birisi de depremdir. Günümüzde depremin etkileri, bilgisayar ortamında çeşitli programlar vasıtasıyla önceden tahmin edilebilmektedir. Bu çalışmada, Karahanlılar Dönemi yapılarından olan, Konya Merkez'de bulunan ve 1421 (H.824) yılında Hatıplı Hacı Hasbey oğlu Mehmed tarafından yaptırılan Hasbey Dar'ül Huffazi'nin mescit kısmının SAP 2000 programında sonlu elemanlar modeli ve analizi yapılmıştır. Model üzerine iki farklı yükleme tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi sabit olan yükleri, ikincisi de Konya'ya özgü deprem spektrumunda tarif edilen yer hareketlerinin sebep olduğu etkileri belirtir. Yapılan analizler sonucunda tarihî yapının deprem davranışları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Tarihî yapı, Hasbey Dar'ül Huffazi, Deprem, Sonlu elemanlar yöntemi*

ABSTRACT

Historical buildings are cultural assets that provide the relationship between the past and present and future and give us important information about the construction techniques of the period, material properties as well as events from past to present. For these reasons, these structures need to be protected and transferred to future generations. Undoubtedly, one of the most important events that damage historical buildings is the earthquake. Today, the effects of the earthquake can be predicted through various programs in computer environment. In this research, finite element model and analysis of the masjid part of Hasbey Dar'ül Huffazı, which is one of the structures of Karahanlılar Period, located in the center of Konya and built by Mehmed the son of Hatıplı Hacı Hasbey in 1421 (H.824), was performed in SAP 2000 program. Two different loads are defined on the model. The first one indicates constant loads and the second one indicates the effects of ground movements described in the earthquake spectrum specific to Konya. As a result of the analyzes, the earthquake behavior of the historical building was examined.

Keywords: Historical structure, Hasbey Dar'ül Huffazı, Earthquake, Finite element method

1.GİRİŞ

Selçuklu Devletine başkentlik yapmış Konya birçok tarihî yapıya ev sahipliği yapmaktadır. Tarihî yapılar genellikle yığma yapım tekniğiyle inşa edilmişlerdir. Taş veya tuğla yığma yapıların basınç dayanımı iyi olmasına rağmen çekme ve kesme dayanımları düşüktür. Bu sebepten yığma yapılarda çekme gerilmesi olan bölgeler önemlidir. Tarihî yapılar yapıldıkları dönemden günümüze kadar birçok tahribata uğramışlardır. Deprem ve zemin oturmaları, tarihî yığma yapılarda görülen iki temel hasar nedenidir (Korkmaz et al., 2014).

Tarihî yapıların çoğu yüzyıllardır ayaktaadır. Bu kadar uzun sürede, genellikle zemin-yapı etkileşimi belirli bir dengeye ulaşmıştır ve dışarıdan fiziksel bir müdahale yoksa daha fazla bir zemin hareketi beklenmez. Ancak deprem, geçmişte birçok tarihî yapıyı yıktığı gibi ağır kütleyle sahip taş ve tuğla yapılar için her zaman büyük bir tehdittir (Ünay, 2002).

Tarihî yapıların statik ve dinamik analizleri bilgisayar ortamında sonlu elemanlar analizi yöntemiyle yapılabilir. Tarihî yapılardaki depremin etkilerinin iyi bir şekilde belirlenebilmesi için analiz modelinin iyi hazırlanması gerekir. Ancak tarihî yapıların günümüz yapılarından farklı özelliklerde olması strüktürel analiz yapmayı zor hale getirmektedir. Tuğlanın, taşın ve harcın oluşturduğu yapı elemanları birbirinden çok farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Aynı zamanda yığma yapı tekniğiyle inşa edilen tarihî yapıların seçiminde belirli bir şartname olmadığından aynı yapının benzer elemanları farklı malzeme özellikleri göstermektedir. Bu nedenle yapılacak analizler için hazırlanan modelde yapı elemanlarının gerçek malzeme özelliklerinin tanımlanması çok zordur (Akan and Özen, 2007, Ünay, 2002).

Tarihî yapılara müdahale edebilmek için ilk olarak onların strüktürel davranışlarının eksiksiz bir şekilde öğrenilmesi zorunludur. Yapıların davranış biçimlerini gelişmiş hesaplama teknikleriyle detaylı bir şekilde analiz etmek mümkündür. Genel olarak eğrisel geometrik forma sahip olan kagir sistemli tarihî yapıların yük taşıyan ve aktaran elemanlarının üç boyutlu yapısal davranış göstermesi sonlu elemanlar analizini, tarihî yapıların davranışını analiz etmede en uygun hesap yöntemi olmasını sağlamaktadır (Toker and Ünay, 2004).

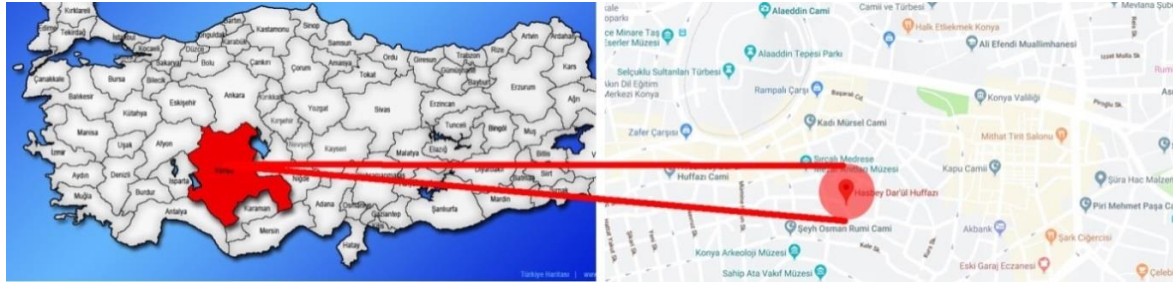
Yapılan analizler kesin bilgiler içermediğinden dolayı genellikle doğrusal (linear) olarak yapılmaktadır. Kesin bir yapısal analiz; çatlak desenini, kırılma olayını ve kesin dayanım gücü hesabını dikkate alarak, doğrusal olmayan (non-linear) gerilme-deformasyon ilişkilerini içeren malzemelerin gerçek özelliklerini uygulamakla başlamalıdır. Bu çok zor ve zaman alıcı bir

işlemdir. Yapısal analiz temel olarak elastik alanda uygulanır. Doğrusal olmayan analiz (non-linear) ise genellikle sonlu elemanlar yönteminin ardından adım adım yapılır (Crocı, 1998).

Bu çalışmada Hasbey Dar'ül Huffazı'nın sonlu elemanlar modeli oluşturularak Konya'ya özgü deprem spektrumu hesaplanmış ve analizler bu spektruma göre yapılmıştır. Yapının mummyalık kısmına girilememesi, elimizdeki rölöve çizimlerinde mummyalık tonoz kısımlarının detaylarının olmayışı ve bu kısmın yarısından fazlasının toprak altında olmasından dolayı modellemede ve analizlerde mummyalık kısmı dikkate alınmamıştır. Modelleme ve analizler yapının mescit kısmını kapsamaktadır.

2. HASBEY DAR'ÜL HUFFAZI

Şekil 1. Hasbey Dar'ül Huffazı'nın konumu



Konya İli, Meram İlçesi'nde, Sırçalı Medrese'den Larende Caddesi'ne giderken solda, Hasbey Sokağı'nın karşısında bulunmaktadır (Karpuz, 2009).

Detaylarındaki ince işçilikten dolayı İstanbul'daki Ayasofya Camisine benzediğinden, batılılar bu yapıya Ayasofya Mescidi demişlerdir (Konyalı, 2007).

Yapı Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün mülkiyetinde olup yakın zamana kadar mescit olarak kullanılmakta iken şu an bulunduğu alandaki çalışmalar sebebiyle kullanıma kapatılmıştır.

Yapının kitabesine göre, Karamanoğlu Alaeddin Bey oğlu II. Mehmet Bey zamanında Hatıplı Hacı Hasbey oğlu Mehmet tarafından (H.824) 1421 yılında yaptırılmıştır. Yapının mimar ve ustaları bilinmemektedir. Eskiden çevresinde evler bulunan yapının, günümüzde kentsel dönüşüm çalışmaları sebebiyle çevresindeki evler tamamen yıkılmıştır (Karpuz, 2009).

Yapı kare planlı olup kenar uzunlukları 6,53 metre ile 6,62 metre arasında değişmektedir. Yapının kuzey ve doğu cephelerinde birer adet sivri kemerli tepe penceresi yer almaktadır. Mihrabın yer aldığı güney cephe tümüyle sağır tutulurken, kuzey cephede, üzeri demir kapakla kapatılmış mummyalık girişi yer almaktadır. Girişin yer aldığı batı cephe, yapının en ilginç ve en süslü cephesini oluşturmaktadır. Bu cephede sivri kemer boşluğu içerisinde, lento taşı dilimli kemer biçiminde oyulmuş, giriş kapısı bulunmaktadır. Kapının güneyinde dikdörtgen pencere ile bunun üzerinde sivri kemerli bir niş görülmektedir (Dülgerler, 2006).

Silme ucundan ortalama 0,65 metre içeride 0,05 metre yükseklikte kare planlı bir kaide ile başlayan kasa 1,97 metre yükseklikte ve iki kademeli olarak yapılmıştır. İlk kademe 7 ve 8'lerden oluşan üçgen geçiş bölgesi, bunun üzerinde ise onaltıgen kasa yer alır. Kasa'nın üzerinde, asal yönlere açılan, dört adet sivri kemerli pencere yer alır (Dülgerler, 2006).

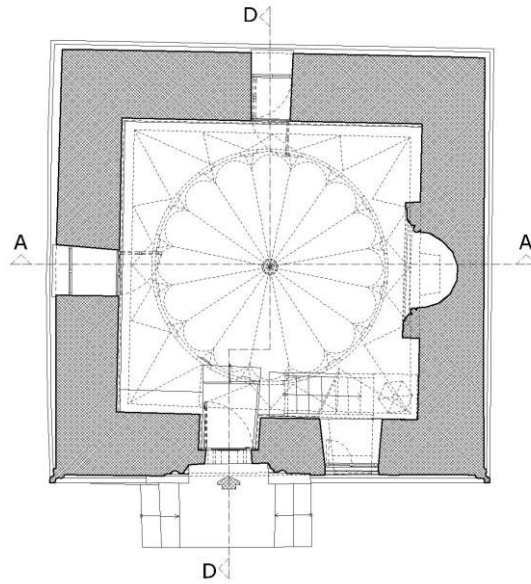
2.1. Yapıda Kullanılan Malzemeler

Hasbey Dar'ül Huffazında subasman kotuna kadar alt kısımda blok kesme taş kullanılmıştır. Binanın subasmandan yukarısı tamamen tuğladan yapılmış, batı cephesi mermer, diğer üç cephe de kireç taşı ile kaplanmıştır. Kaplamanın döküldüğü yerler tuğla ile örülmüştür. İç kısım tümüyle sıvandıği için malzeme bilinmemektedir. Ancak kalan izlerden yapının belli bir kota kadar çini ile kaplı olduğu anlaşılmaktadır (Dülgerler, 2006, Uğurlu, 1997).

Şekil 2. Hasbey Dar'ül Huffazı'nın günümüzdeki hali

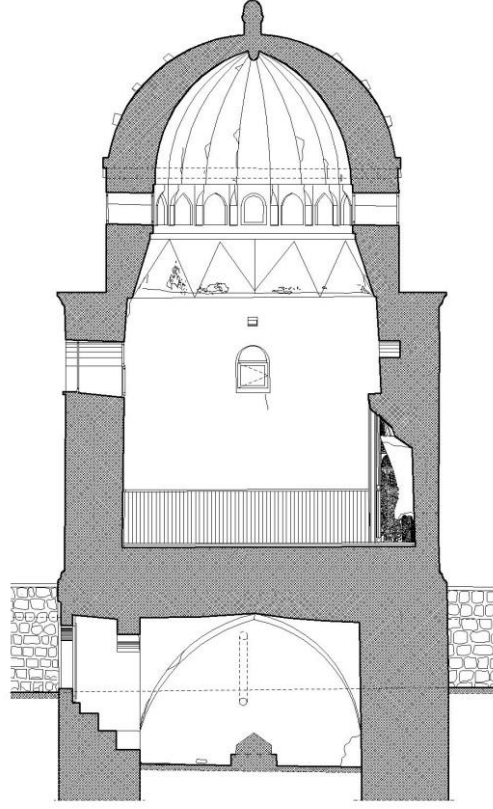


Şekil 3. Hasbey Dar'ül Huffazı'nın planı



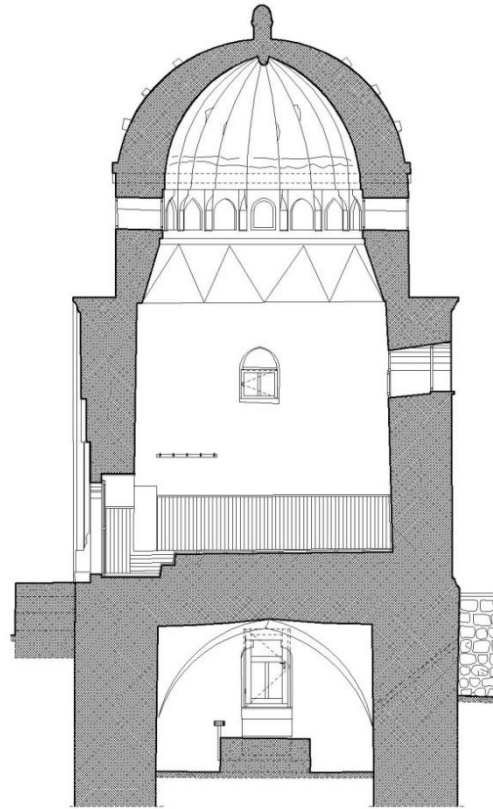
(VGM)

Şekil 4. Hasbey Dar'ül Huffazı'nın A-A kesiti



(VGM)

Şekil 5. Hasbey Dar'ül Huffazı'nın D-D kesiti



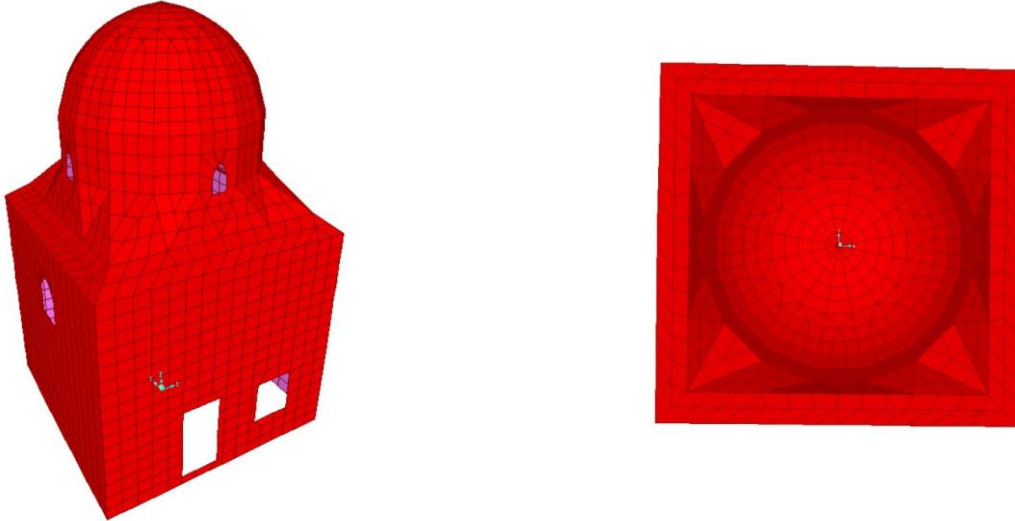
(VGM)

3. SONLU ELEMANLAR MODELİ VE HESAPLAMANIN TEMEL PARAMETRELERİ

Tarihî kagir yapıların strüktürel analizinde genel olarak sonlu elemanlar yöntemi tercih edilir. Strüktürel analiz, yapının tümünün ya da bir kısmının sayısal modelinin oluşturulmasıyla başlar. Bu işlem yapının ayrıştırılması olarak adlandırılır. Tarihî yapı, ayrıştırma esnasında, analizin maksadına elverişli sayı ve boyutlarda sonlu elemana bölünür. Yapının matematiksel modeli, geometrik boyutlar, strüktürel elemanların yanı sıra, yapı üzerine etki eden çeşitli yükler, mesnet-eleman birleşim noktalarının hareket kabiliyetleri ve serbestlik sınırları göz önünde bulundurularak hazırlanır (Toker and Ünay, 2004, Ünay, 2002).

Matematiksel modelleme, yapının tümünün, belirli kısımlarının, ya da yapısal elemanlarının farklı yük etkileri veya fiziksel etkiler karşısında olağan tepkisinin gözlemlenmesini sağlamayı amaçlar. Yapının gerçekteki davranışları genel olarak karmaşık olduğundan, yapı modellenirken birçok sadeleştirme yapılmalıdır. Bununla birlikte yapı elemanlarını oluşturan malzemeler de uygun bir şekilde tanımlanmalıdır (Ünay, 2002). Analiz programlarında analitik modelleme ilkelerine uyulmadan oluşturulan veriler ciddi yanlışlara sebebiyet verebilirler. Bundan dolayı, modelleme safhası tarihî yapılardaki sonlu elemanlar analizi hesap kısımlarında son derece önem arz etmektedir (Akan, 2010).

Şekil 6. Habey Dar'ül Huffazı'nın sonlu elemanlar modeli



SAP2000 programı model hazırlama özellikleri ve kuralları doğrultusunda Hasbey Dar'ül Huffazı'nın sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur (SAP2000, 2000). Sonlu elemanlar modelini oluşturabilmek için gereken ölçüler ve boyutlar, yapının önceden çizilmiş rölövelerinden sağlanmıştır. Model oluşturma ve hesap değerleri aşağıda maddeler şeklinde verilmiştir:

- Yapının duvarları, kubbe geçiş elemanları, kubbe kasmağı ve kubbesi SHELL elemanları ile modellenmiştir. Modellemede yapı elemanlarının kalınlıklarının orta noktaları dikkate alınmıştır.
- Analizi yapılacak olan analitik model 1937 düğüm noktası ve 1968 SHELL eleman kullanılarak hazırlanmıştır.
- Modelde SOLİD ve FRAME eleman kullanılmamıştır.
- Yapının tuğla duvarlarının kalınlığı bazı yerlerde 1 metreden fazla olduğundan dolayı, iç ve dış yüzeylerde oluşabilecek gerilmelerin daha ayrıntılı hesaplanabilmesi için duvarlar ve diğer yapı elemanları modellenirken, bu türden elemanların tanımlanmasına imkan veren “Shell-Thick” seçeneği seçilmiştir.

- Yapının zemin ile mesnet ilişkisi ankastre mesnet olarak tanımlanmıştır.
- Yapıdan malzeme örneği alınmadığından ve bundan dolayı yapının kendi malzemesinin özellikleri test edilemediğinden, yapıda kullanılan malzemelerin özellikleri seçilirken, benzer yapılara yönelik önceden yapılmış çalışmalar sonucunda ortaya çıkan ve literatürde önerilen bağlantılardan yararlanılmıştır (Can et al., 2012, Ünay, 2002).
- Elastisite modülü ve birim ağırlık kabulü yapılırken, tuğlalar ile harcın birlikte tek bir malzeme gibi davrandığı varsayılmıştır. Yapının duvarlarındaki taş kaplamalar hesapta dikkate alınmamıştır.
- Hazırlanmış olan model üzerine, yapıdaki sabit yüklerin ve deprem spektrum eğrisi ile tanımlanmış olan yer hareketlerinin sebep olduğu gerilmelerin göz önünde bulundurulduğu iki farklı yükleme durumu tanımlanmıştır. Deprem spektrumu, EQx ve EQy yüklemesi olacak şekilde farklı farklı iki asal doğrultuda tanımlanmıştır. Sonuçları kolay değerlendirebilmek için, G + EQx (Sabit yükler + x eksen doğrultusundaki deprem yüklemesi) ve G + EQy (Sabit yükler + y eksen doğrultusundaki deprem yüklemesi) olarak iki ayrı yük kombinasyonu tanımlanmıştır.
- Deprem tesirlerini belirten spektrum hesabında ilk 6 mod göz önünde bulundurulmuştur.

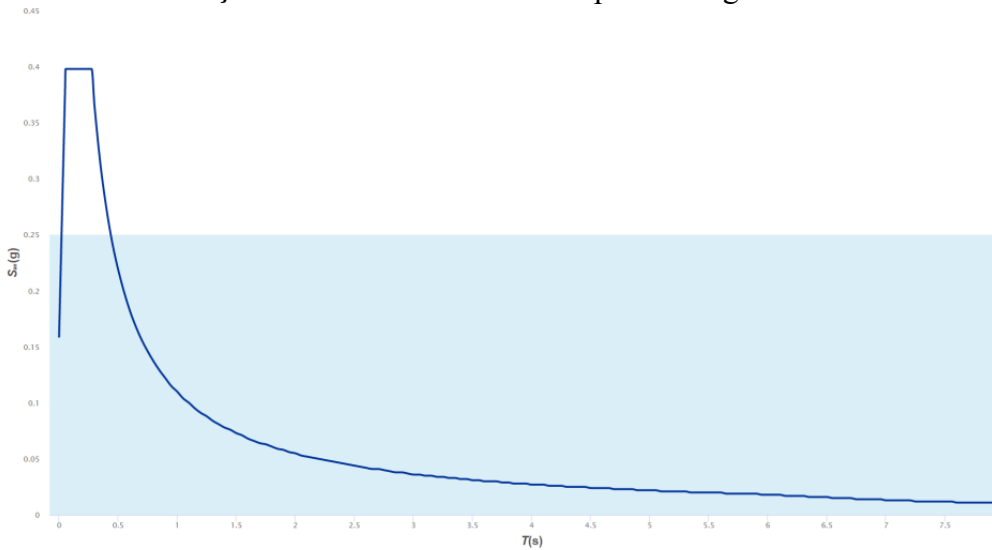
Tablo 1. de, Hasbey Dar'ül Huuffazı'nın sonlu elemanlar hesap modeli üzerine tanımlanan tuğla malzemenin özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Yapının Sonlu Elemanlar Modeli Üzerine Tanımlanan Malzemenin Özellikleri

Eleman Türü	Elastisite Modülü (MPa)	Özgül Ağırlık (kN/m ³)	Kütle (t/m ³)	Poisson Oranı
Tuğla Kubbe, Geçiş Elemanları ve Duvarlar (harç ile birlikte)	1200	24	2,45	0,2

Hasbey Dar'ül Huffazı'nın analizinde kullanılan spektrum grafiği Şekil 7 de verilmiştir. Analize ait spektrum grafiği AFAD'ın hazırlanmış olduğu Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması üzerinden elde edilen veriler tanımlanarak hesap edilmiştir (AFAD).

Şekil 7. Analizde kullanılan spektrum eğrisi



4. SONLU ELEMENLER ANALİZİ

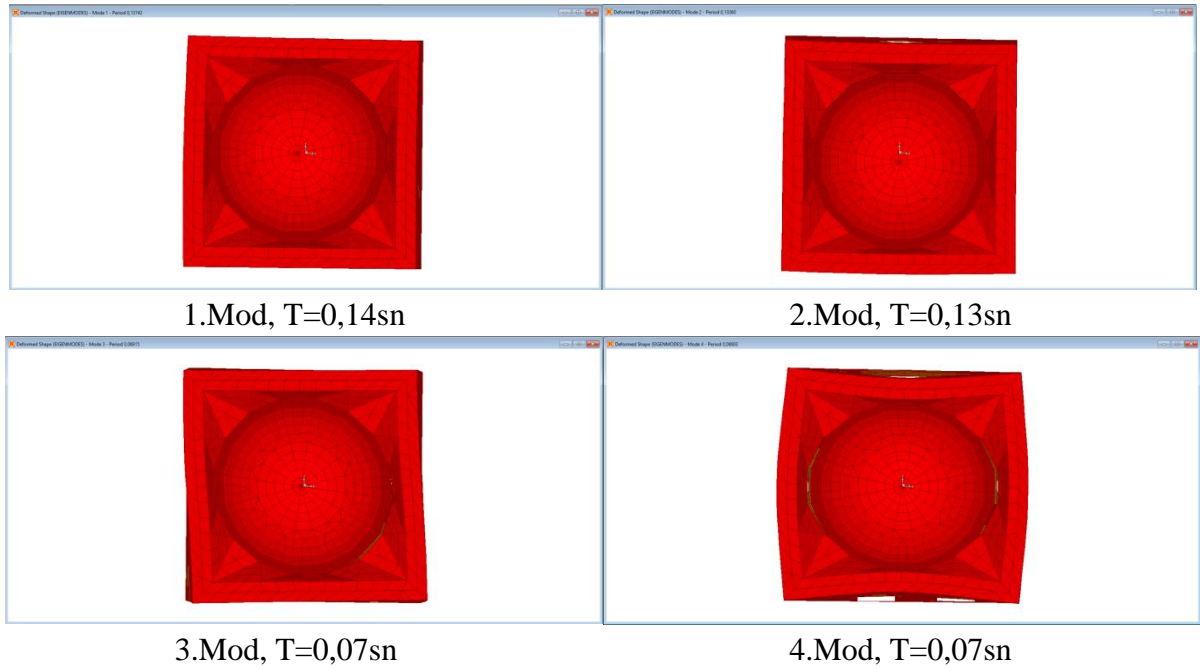
Hasbey Dar'ül Huffazı'nın depreme karşı dayanımını yorumlayabilmek için yapının analizi sonucu elde edilen gerilmeler yapı malzemesinin emniyet gerilmeleriyle karşılaştırılmıştır. Tuğla malzemenin emniyet gerilmeleri literatürdeki çalışmalardan alınmıştır (Can et al., 2012).

Tablo 2. Tuğla malzeme için kabul edilen emniyet gerilmeleri

Malzeme Türü	Basınç Emniyet Gerilmesi (MPa)	Çekme Emniyet Gerilmesi (MPa)	Kayma Emniyet Gerilmesi (MPa)
Tuğla Kubbe, Geçiş Elemanları ve Duvarlar (harç ile birlikte)	2,4	0,36	1,05

Hasbey Dar'ül Huffazı'nın analizleri yukarıda ifade edilen yük kombinasyonları doğrultusunda SAP2000 sonlu elemanlar programında yapılmıştır. Analiz sonuçları yorumlanırken SAP2000 programında oluşan renk kodlu şekil ve gerilme haritaları dikkate alınmıştır (SAP2000, 2000). Analiz sonucunda elde edilen periyotlar Tablo 3'de gösterilmiştir.

Şekil 8. Hasbey Dar'ül Huffazı'nın ilk 4 moduna ait şekil değiştirmeler ve periyotlar



Tablo 3. Modlara göre periyotlar

Mod	Periyot (Sn)
1	0,14
2	0,13
3	0,07
4	0,07
5	0,06
6	0,06

Toplam yapı ağırlığı **3646 kN**, kuzey-güney (modelde X eksen) doğrultusunda uygulanan deprem etkisi sonucunda oluşan toplam taban kesme kuvveti **1018 kN**, batı-doğu (modelde Y eksen) doğrultusunda uygulanan deprem etkisi sonucundaki toplam taban kesme

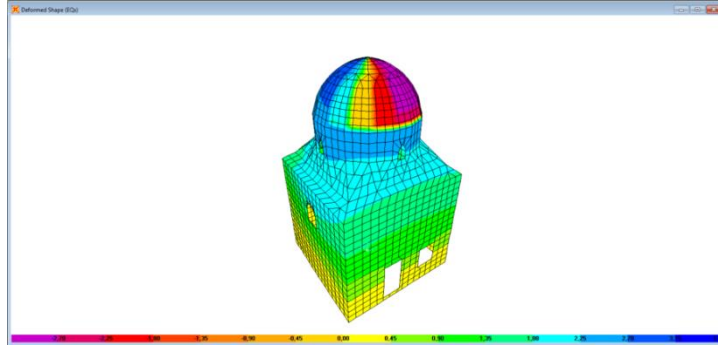
kuvveti **985 kN** olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda yapıda oluşan taban kesme kuvveti, X yönünde toplam yapı ağırlığının %28'ine, Y yönünde ise toplam yapı ağırlığının %27'sine eşittir.

Yapılan analiz sonucunda yapıda Şekil 9 ve Şekil 10'da görüldüğü gibi X doğrultusundaki deprem yüklemesi neticesinde x yönündeki maksimum yer değiştirme $\Delta_x=3$ mm, Y doğrultusundaki deprem yüklemesi neticesinde y yönündeki maksimum yer değiştirme ise $\Delta_y=3$ mm'dir.

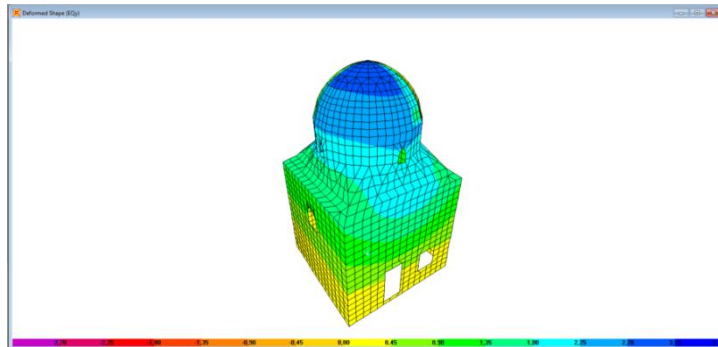
Tablo 4. Taban kesme kuvvetleri ve eksenel kuvvetler

Yükleme türü	Analiz tipi	Aşama	X yönünde taban kesme kuvveti	Y yönünde taban kesme kuvveti	Düşey yönde reaksiyonlar
			kN	kN	kN
G (Düşey yük)	Doğrusal Statik	Max			3646
EQx	Doğrusal Davranış Spektrumu	Max	1018	8	17
EQy	Doğrusal Davranış Spektrumu	Max	8	985	56
G+Ex	Kombinasyon	Max	1018	8	3664
G+Ex	Kombinasyon	Min	-1018	-8	3629
G+Ey	Kombinasyon	Max	8	985	3702
G+Ey	Kombinasyon	Min	-8	-985	3590

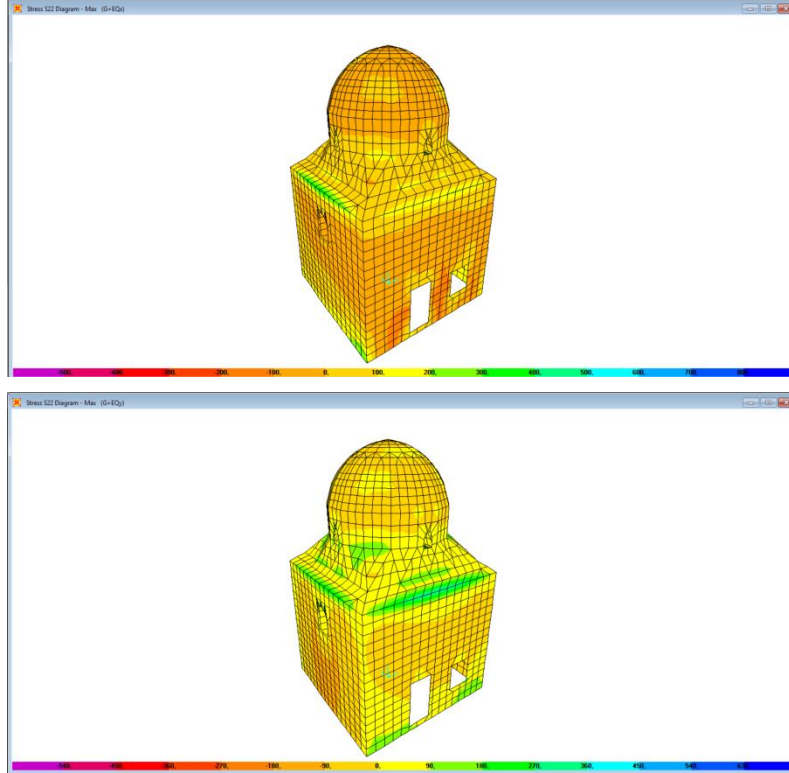
Şekil 9. X doğrultusundaki deprem yüklemesi neticesinde bulunan ötelenmeler



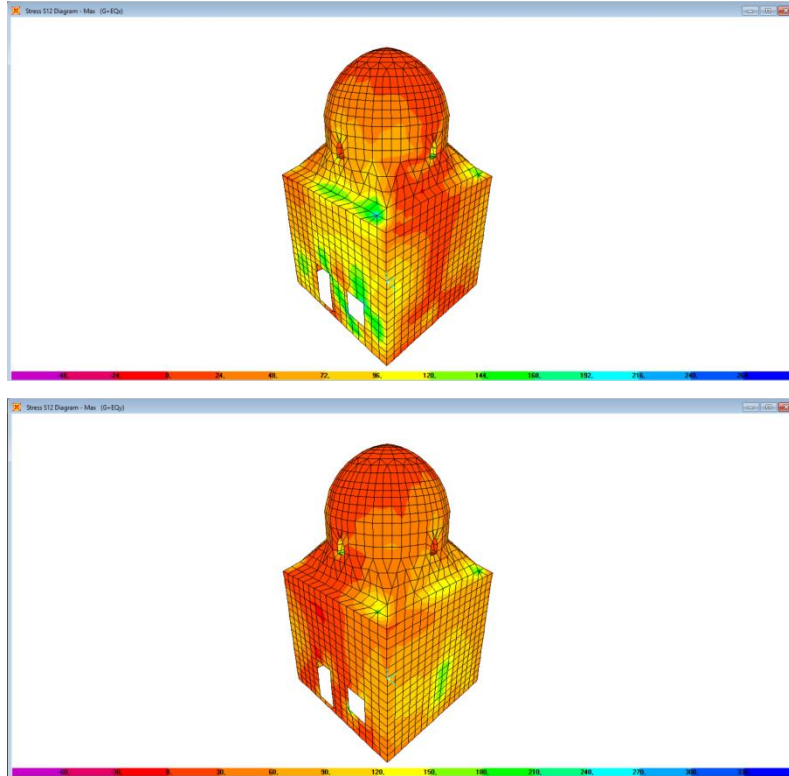
Şekil 10. Y doğrultusundaki deprem yüklemesi neticesinde bulunan ötelenmeler



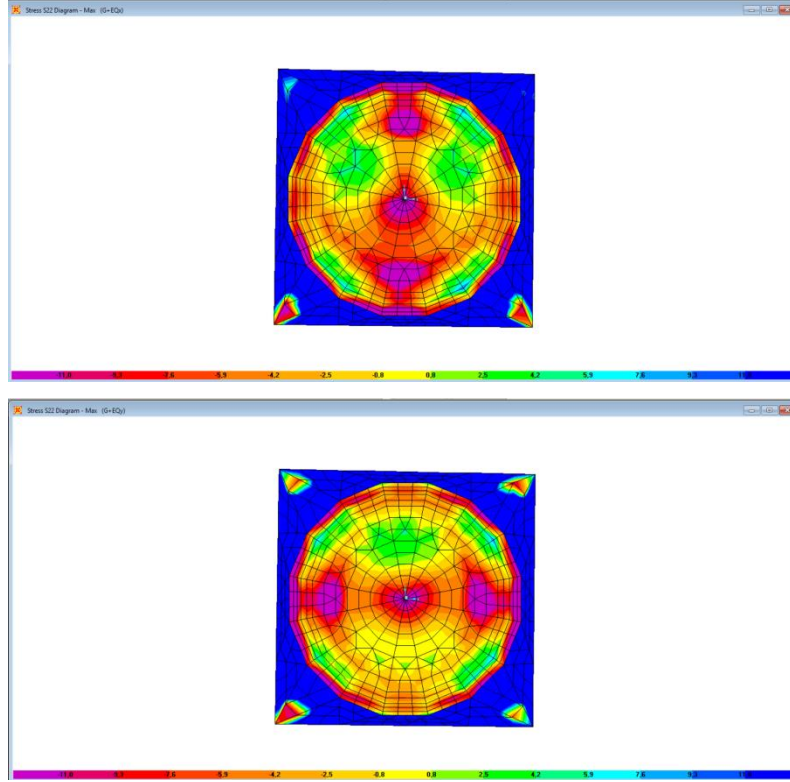
Şekil 11. G+EQx ve G+EQy ve yüklemesi neticesinde meydana gelen S22 basınç ve çekme gerilmeleri



Şekil 12. G+EQx ve G+EQy ve yüklemesi neticesinde meydana gelen S12 kayma gerilmeleri



Şekil 13. G+EQx ve G+EQy ve yüklemesi neticesinde kubbeye meydana gelen S22 basınç ve çekme gerilmeleri



Tablo 5. Farklı eleman gruplarında bulunan maksimum gerilmeler (S22)

Eleman Grubu			G + EQx Yüklemesi MPa	G + EQy Yüklemesi MPa
Kubbe	Üst Yüzey	Basınç	-0,03	-0,03
		Çekme	0,009	0,008
	Alt Yüzey	Basınç	-0,06	-0,06
		Çekme	0,005	0,005
Kubbe Kasnağı	Üst Yüzey	Basınç	-0,17	-0,19
		Çekme	0,035	0,03
	Alt Yüzey	Basınç	-0,04	-0,04
		Çekme	0,19	0,18
Kubbe Geçiş Elemanları	Üst Yüzey	Basınç	-0,25	-0,25
		Çekme	0,62	0,60
	Alt Yüzey	Basınç	-0,48	-0,49
		Çekme	0,19	0,21
Duvarlar	Üst Yüzey	Basınç	-0,23	-0,21
		Çekme	0,32	0,18
	Alt Yüzey	Basınç	-0,20	-0,20
		Çekme	0,15	0,10

G+EQx ve G+EQy yüklemeleri sonucunda yapının davranışını etkileyen yapı elemanlarının Şekil 11 ve Şekil 13' de gösterildiği gibi S22 (basınç ve çekme) gerilme değerleri, Şekil 12'de gösterildiği gibi S12 (kayma) gerilmeleri, farklı farklı gerilme haritaları kullanılarak incelenmiştir. Şekil 13'de kubbedeki S22 (basınç ve çekme) gerilmeleri daha detaylı gerilme haritası kullanılarak gösterilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi G+EQx ve G+EQy yüklemeleri sonucu tuğla malzeme için kabul edilen basınç, çekme ve kayma sınır değerleri yapının neredeyse hiçbir yerinde aşılmamıştır.

Yapı elemanlarının basınç ve çekme değerleri, "Kubbe", "Kubbe Kasnağı", "Kubbe Geçiş Elemanları", "Duvarlar" olarak 4 gruba ayrılmış ve G+EQx ve G+EQy yük kombinasyonları için S22 (basınç ve çekme) gerilmeleri detaylı olarak incelenmiştir. Grupların basınç ve çekme gerilmeleri SHELL elemanlarının alt ve üst yüzeyleri için ayrı ayrı Tablo 5'de gösterilmiştir.

5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tarihî yapıların analizi oldukça karmaşık bir iştir. Tarihî yapıların analizinde çeşitli sorunlar görülmektedir. Geometrik verilerin tam olarak bilinmemesi, eksik olması, yapı elemanlarının iç kısımları hakkındaki bilgilerin eksik olması, kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinin zor ve pahalı olması, doğal malzeme kullanılması ve işçilik farklılıklarından dolayı yapıların mekanik özelliklerinde farklılıklar olması, uzun yıllar önce yapıldıklarından dolayı malzemelerin yapısında değişiklikler meydana gelme olasılığı, yapının inşa edilmiş sırasının bilinmemesi, yapıdaki mevcut hasarların tam olarak bilinmemesi yapının analizinde karşılaşılan sorunlardan bazılarıdır (Lourenço, 2002).

Yapılan model her ne kadar ayrıntılı yapılsa da yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı tarihî yapıların analizi, eldeki veri eksikliği en aza indirilerek daha ayrıntılı bir şekilde yapılmalıdır.

Hasbey Dar'ül Huffazı'nın sonlu elemanlar analizi doğrusal elastik malzeme özellikleri baz alınarak yapılmış ve yapının Konya'ya özgü oluşturulan deprem spektrum etkileri altındaki davranışları incelenmiştir.

Şekil 7'deki spektrum eğrisindeki deprem etkisi doğrultusunda yapılan analizler neticesinde bulunan maksimum yer değiştirme değerleri kubbenin en üst noktasında x ve y doğrultusunda 3'er mm'dir. Bu noktanın modelde kabul edilen zemine göre kotu 9,5 m olduğundan görelî yer değiştirme oranı 0,0003 olarak bulunur. Bu değer kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunmaktadır ve yapının yıkılma olasılığı neredeyse yoktur.

Şekillerde de görüldüğü gibi G+EQx ve G+EQy yüklemeleri sonucu tuğla malzeme için kabul edilen basınç ve kayma sınır değerlerinin aşılmadığı, çekme sınır değerinin ise duvar ile kubbe geçiş elemanının birleştiği çok küçük bir alanda aşıldığı fakat yapının diğer kısımlarında ise bu değerlerin aşılmadığı görülmüştür. Fakat çekme değerinin aşıldığı kısım çok küçük olduğundan dolayı çekme sınır değeri de aşılmamış olarak kabul edilebilir.

Yapılan gerilme hesaplarında, yapı elemanlarını oluşturan tuğla malzemenin mekanik özelliklerinin literatür araştırmaları sonucunda önerilen değerlere göre belirlendiği göz önünde bulundurulmalıdır. Böylece yapıda meydana gelebilecek malzeme bozulmaları ve malzeme kayıpları yapının strüktürel davranışını etkileyebilir. Buna rağmen, bulunan yer değiştirmeler ve gerilmeler makul sınırlar içerisinde olduğundan, bu tür bir varsayım neticesinde bile Hasbey Dar'ül Huffazı'nın depreme karşı dayanımı ile ilgili bir olumsuzluğun oluşması olasılığı çok düşüktür.

6. SONUÇLAR

Tarihî yapılar hem malzeme olarak hem de yapım sistemi olarak günümüz modern yapılarından farklılıklar gösterirler. Bunun yanında çok uzun yıllar önce yapıldıklarından süreç içerisindeki yapılan bakımlar, onarımlar ve değişiklikler tam olarak bilinemeyebilir. Yapıdan örnek alınamaması veya yapı üzerinde tahribatlı deneyler yapılamaması gibi nedenlerden dolayı yapının malzemesi ve yapım sistemi hakkında kesin veriler elde etmek neredeyse mümkün değildir. Bu belirsizlikler nedeniyle yapılan analizlerde kullanılan malzeme özellikleri, sınır gerilme değerleri ve hesap sonuçlarının yorumlanmasında benzer yapılar üzerindeki çalışmalardan faydalanılmıştır.

Yapılan modelleme ve analizler her ne kadar gerçek durumla bire bir aynı olmasa da, gerçeğe en yakın ve ayrıntılı olacak şekilde modelleme ve analizler yapılmaya çalışılmıştır. Bu sebepten elde edilen yapı davranışlarının ve sonuç değerlerin gerçeğe yakın değerler olduğu düşünülmektedir. Daha doğru sonuçlar elde edilebilmesi için yapının doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz edilmesi gerekmektedir. Bunun için de yapının malzeme özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde deneysel çalışmalarla elde edilmesi şarttır. Daha detaylı yapılacak çalışmalarda ise ilgili meslek gruplarının ortak çalışması daha sağlıklı sonuçlar ortaya koyacaktır.

Bu çalışmada Konya'da bulunan Hasbey Dar'ül Huffazı'nın sonlu elemanlar yöntemi ile deprem davranışları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yapıda meydana gelen gerilmeler sınır değerlerin aşağısında olup yapı için herhangi bir risk söz konusu değildir. Bu durum ileride yapılacak restorasyon veya güçlendirme çalışmaları için bir altlık oluşturarak, yapı ile ilgili alınacak kararlarda göz önünde bulundurulabilir.

TEŞEKKÜR

Yapının modelleme ve analiz sürecinde yardımcı olan Prof. Dr. Ali İhsan Ünay'a ve yapıya ait bilgilerin elde edilmesinde yardımcı olan Arş. Gör. Ceyhan Tazefidan ve Mimar Emine Nur Selçuk'a teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- AFAD Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması.
- AKAN, A. E. 2010. Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi İle Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2, 41-54.
- AKAN, A. E. & ÖZEN, Ö. 2007. Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi. *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2007*.
- CAN, H., KUBIN, J. & ÜNAY, A. İ. 2012. Düzensiz Geometrik Şekle Sahip Tarihi Yığma Binaların Sismik Davranışı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27.
- CROCI, G. 1998. *The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*, Computational Mechanics Publications, Southampton.
- DÜLGERLER, O. N. 2006. *Karamanoğulları Dönemi Mimarisi*, Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Türk Tarih Kurumu Yayınları, Ankara.
- KARPUZ, H. 2009. *Türk Kültür Varlıkları Envanteri Konya 42*, Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Türk Tarih Kurumu Yayınları, Ankara.
- KONYALI, İ. H. 2007. *Abideleri ve Kitabeleriyle Konya Tarihi*, Konya.
- KORKMAZ, K. A., ZABIN, P., ÇARHOĞLU, A. I. & NUHOĞLU, A. 2014. Rize Merkez Kurşunlu Camisi'nin deprem davranışının incelenmesi. *Sakarya University Journal of Science*, 18, 149-156.
- LOURENÇO, P. B. 2002. Computations on historic masonry structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 4, 301-319.
- SAP2000 2000. Computers and Structures. Berkeley, USA.
- TOKER, S. & ÜNAY, A. İ. 2004. Kemerli Taş Köprülerin Matematiksel Modellenmesi ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi. *GÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 17, 129-139.
- UĞURLU, K. 1997. Has Bey Darülhuffazı. *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*. İstanbul.
- ÜNAY, A. İ. 2002. *Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara.VGM Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivi.
- URL-1 [Online]. Available: https://2.bp.blogspot.com/-fuK3_PtilAo/U_uho6YNUvI/AAAAAAAAATjk/Q1W-QyXFwRI/s1600/konya_turkiye_haritasinda_yeri_nerede.jpg [Erişim tarihi: 24.05.2019].
- URL-2 [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Hasbey+Dar'+C3%BCI+Huffaz%C4%B1/@37.8702906,32.4928197,16.26z/data=!4m12!1m6!3m5!1s0x0:0x53ba5ec4f3e5f74c!2sHasbey+Dar'+C3%BCI+Huffaz%C4%B1!8m2!3d37.8693018!4d32.4950706!3m4!1s0x0:0x53ba5ec4f3e5f74c!8m2!3d37.8693018!4d32.4950706!5m1!1e4> [Erişim Tarihi: 26.05.2019].