

HASEKİ SULTAN CAMİSİNİN YAPISAL DEĞERLENDİRİLMESİ**STRUCTURAL ASSESSMENT OF HASEKİ SULTAN MOSQUE****Esra ŞAHİN**

Öğr. Gör., İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi
Bölümü, esrasahin3@aydin.edu.tr, İstanbul/TÜRKİYE
ORCID: 0000-0001-5842-9115

ÖZET

Tarihi yığma yapılar, geçmişten günümüze kültürel değerleri yansıtan ve her biri dönemine göre belli öneme sahip olan anıtlardır. Bu anıtların gelecek nesillere aktarılması için mimari ve mühendislik açısından değerlendirilmesi ve korunması gerekmektedir. Bu çalışmada, 16. yüzyılda Osmanlı mimarisine büyük katkı sağlayan Mimar Sinan'ın İstanbul'daki ilk eseri olan Haseki Sultan camisi örnek yapı olarak seçilmiştir. Cami Sinan'ın erken dönem eseri olması açısından büyük öneme sahiptir. Camide yer alan kubbeler, kubbe geçiş elemanları (pandantif, tromp...), kemerler ve payandaların yapısal açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapı elemanlarından kubbe ve kemerler için statik değerlendirmeye bağlı olarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalarda kubbe basıklık oranı yorumlanmıştır. Kubbe geçiş elemanları için ise, diğer taşıyıcı elemanlarla ilişkisine değinilmiştir. Ayrıca, yapıda hangi kemerlerin kullanıldığı, kullanılan kemer türünün yapıya etkisi ve daha sonradan eklenen ikinci kubbenin kemerlerle bağlantısı ele alınmıştır. Bu yapı elemanları dışında cami ana kubbelerinin dışında bulunan payandaların konumları ve yapıya ne gibi katkı sağladığı açıklanmıştır. Sonuç olarak, tarihi caminin yapı elemanları statik açıdan güvenlidir. Yapı güvenliğinin devam edebilmesi için koruma yöntemleri uygulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Kubbe, Kubbe Geçiş Elemanı, Kemer, Payanda.

ABSTRACT

Historical masonry structures are monuments that reflect cultural values from the past to the present and each has a certain importance according to its period. These monuments need to be evaluated and preserved in terms of architecture and engineering in order to be passed on to future generations. In this study, Haseki Sultan mosque, the first work in İstanbul of Mimar Sinan, who contributed greatly to the Ottoman architecture in the 16th century, was chosen as an case study. The mosque is of great importance in terms of being an early work of Sinan. It is aimed to evaluate the domes, dome transition elements (pendant, tromp...), arches and buttresses in the mosque in terms of structure. Calculations based on the static evaluation were applied for the dome and arches of the structural elements. In these calculations, the dome flatness ratio is interpreted. For dome transition elements, its relationship with other load bearing elements is mentioned. In addition, which arches were used in the building, the effect of the type of arch used on the structure, and the connection of the second dome added later with the arches were discussed. Apart from these building elements, the positions of the buttresses outside the main domes of the mosque and how they contribute to the building are explained. As a result, the structural elements of the historical mosque are statically safe. Conservation methods should be applied in order to continue for building safety.

Keywords: Dome, Dome Transition Element, Arch, Buttress.

1. GİRİŞ

Tarihi yapılar, işlevsellik, yapıldığı dönem, kullanılan malzeme ve kullanım amacına göre farklılık göstermekte ve bu özelliklere göre sınıflandırılmaktadır. Bu yapıların ortak özelliklerinden birisi, kuşaktan kuşağa kültürel mirasın aktarılmasıdır. Bu kültürel mirası ayakta tutabilmek adına yapılarda oluşan hasarlar için önlemler alınması gerekmektedir. Bir diğer ortak özellik ise, bu yapıların inşasında yığma yapım tekniğinin uygulanmasıdır. Tarihi yığma yapılar, basınç özelliği bakımından dayanıklı, çekme, eğilme ve kayma özellikleri bakımından zayıftır. Yığma yapılar bu özellikler dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Tarihi yapılar hangi dönem olursa olsun toplum açısından büyük bir değere sahiptir. Ancak Osmanlı mimarisi incelendiğinde dönemlerine göre geniş bir yelpaze ortaya çıkmaktadır. Bu mimarinin en parlak döneminin 16. yüzyılda gerçekleştiği, Mimar Sinan'ın ortaya koyduğu eserlerden anlaşılmaktadır. Sinan'ın 1538 yılında mimar başı olarak atanmasından sonra İstanbul'da ilk eseri olan Haseki Sultan Camisi, Haseki Hürrem Sultan adına inşa edilmiştir. Haseki Sultan Camisi daha sonra sadece cami yapısı olarak kalmamış, külliye olarak planlanmıştır. Haseki külliyesi 1538-1551 tarihleri arasında ayrı zamanlarda inşa edilmiştir. Sinan'ın erken dönem eseri olan külliye; merkezi planlı olup cami, medrese, imaret, sübyan mektebi ve darüşşifa yapılarından meydana gelmektedir (Necipoglu, 2013).

Mimar Sinan yapılarının mimari ve mühendislik açıdan değerlendirilmesi ile ilgili konular literatürde çalışılmıştır. Bilgin "Mimar Sinan Yapılarında Kubbeli Örtü Sistemlerinin Yapısal Analizi" adlı makalesinde, Mimar Sinan'ın bazı önemli yapılarından dörtgen, altıgen ve sekizgen mesnet sistemiyle desteklenen camilerin mekan örtülerinin zati ağırlıkları altında analizlerini yapmıştır. Altıgen ve sekizgen destek sistemiyle desteklenmiş yapılar deplasman ve gerilme dağılımı bakımından dörtgen desteklenen yapılardan daha sağlamdır kanısına varmıştır (Bilgin, 2006). Alioğlu ve Köroğlu "Mimar Sinan Camilerinde Modüler Sistem" başlıklı makalesinde, kare baldaken şemalı Üsküdar Mihrimah Sultan Camisi, Süleymaniye Camisi ve Kılıç Ali Paşa Camisinde analitik çalışmalar sonucunda modüler sistemin varlığını araştırmıştır (Alioğlu ve Orbeyi, 2010). Şeker "Mimar Sinan Camilerinin Statik ve Dinamik Yükler Etkisinde Davranışlarının İncelenmesi" adlı doktora tezinde, Sinan camilerinin geometrisine ilişkin parametre değerlerinin belirlenmesini ve bu parametrelerin camilerin statik ve dinamik davranışına etkilerini araştırmıştır. Camilerin dış yüklerin etkisi altında dayanıklı olduğu ve kubbelemenin deprem anında etkili olabileceği sonucuna varmıştır (Şeker, 2011). Kartal "Haseki Hürrem Sultan Yapıları" adlı yüksek lisans tezinde, baniliği Hürrem Sultan'a ait olan yapıların mimarlık tarihi bakımından önemini vurgulamıştır (Kartal, 2012). Orbeyi "Mimar Sinan Camileri Revak Sütunlarında Bir Araştırma: Süleymaniye Camisi, Selimiye Camisi ve Kara Ahmet Paşa Camisi Örnekleri" adlı araştırma makalesinde, taşıyıcı sistem elemanlarından olan sütunlar, sütun başlıkları ve incelenen camilerin revaklarını ele almıştır. Yapısal açıdan sütun başlıklarının biçimlenme şekillerini araştırmıştır (Orbeyi, 2012). Orbeyi "Çift Revaklı Sinan Camilerinde Modüler Sistem" adlı diğer makalesinde, modüler sistem olarak farklı dönemlerde inşa edilmiş Sinan camilerinin revak etkisini sorgulamış, bu sistemin çift revaklı olmayan Sinan camilerinde kullanılmış olabileceğini irdelemiştir. Elde edilen verileri farklı dönemdeki camilerle kıyaslamıştır (Orbeyi, 2016). Eraslan'ın "Mimar Sinan'ın Altıgen Baldaken Sistemli Camilerinde Taşıyıcı, Örtü ve Mekan İlişkisi" adlı makalesinde, Sinan'ın altıgen baldaken sistemindeki yapıları olan camilerini ana mekan ve yan mekan kuruluşunda strüktür, örtü ve mekan ilişkilerini ele almıştır. Sonuç olarak, çoklu mesnet sistemlerine sahip kubbelemeleri aralarında kıyaslayarak analiz etmiştir (Eraslan, 2018).

Bu makalede, Haseki camisinin kubbe, kubbe geçiş elemanları, kemer gibi önemli taşıyıcı elemanlarının strüktürel açısından değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu strüktürel elemanların

mimari ve mühendislik bakış açısıyla analiz edilmesi hedeflenmektedir. İlk olarak, Haseki Sultan camisinin mimari özellikleri ele alınmıştır. Daha sonra, Haseki Sultan camisinin kubbe, kubbe geçiş elemanları (pandantif, tromp), kemerler ve payandalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu bölümde ek olarak Haseki Sultan Camisi için strüktür hesabı da yapılmıştır. Sonuç olarak, bu bilgilere göre Sinan'ın erken dönem eseri olan bu anıtının kubbe ve diğer taşıyıcı elemanlarındaki önemi belirtilmiştir. Ayrıca, açıklanan bölümler içerisinde cami içerisinde askı kemerinin temsili etkisi, çift kubbeden oluşan caminin kubbelerinin kemere mi yoksa duvara mı oturduğu, cami içerisinde sonradan eklenen bölümün iç mekanında oluşan değişiklik ve cami kubbelerinin dışındaki payandaların konumu vurgulanmıştır.

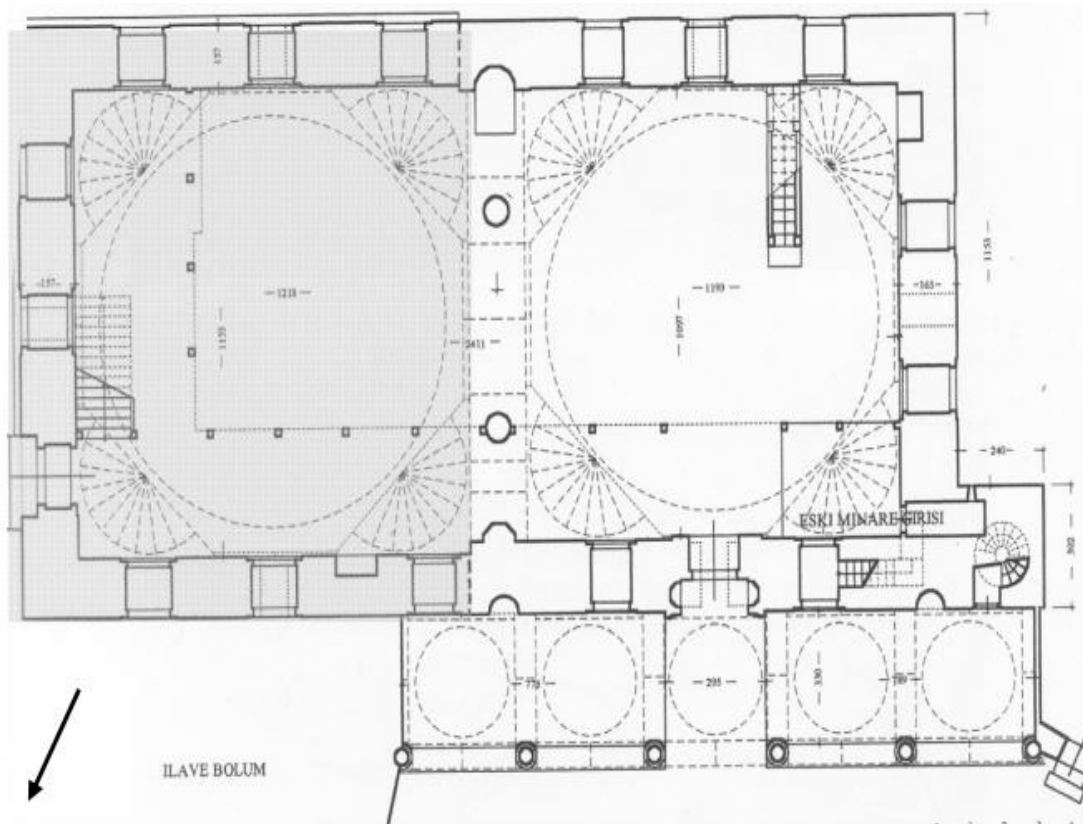
2. HASEKİ SULTAN CAMİSİ

Sinan'ın ilk hanedan projesi ve külliye'nin 1538 yılında ilk inşa edilen yapısı olma özelliğini taşıyan cami, külliye'nin diğer yapılarından ayrı bir adada, Haseki caddesinin güney yönünde yer almaktadır. Külliye'nin diğer yapıları ise caddenin kuzey yönünde konumlanmıştır. Kuzeydoğu-güneydoğu doğrultusunda yer alan ve caddeye yaklaşık 45 derece açı ile konumlanmış olan cami, boyutça birbirlerine yakın ölçülere sahip iki kubbeli ve iki hacimli yapıdır. Resim 1'de Haseki Sultan camisinin dıştan görünümü verilmiştir.

Mimar Sinan tarafından yapılan cami kare planlı ve tek kubbeli yapıya sahiptir. Kubbe, ana beden duvarlarına köşelerde yer alan dilimli tromplarla birlikte oturur (Taşkiran, 1972). Daha sonra yapının doğu cephesine, I. Ahmet döneminde 1612 yılında caminin boyutça küçük olması ve toplumun camiye sığmamasından ötürü, vakfın mütevellisi olan Hasan Bey tarafından benzer ölçülere sahip bir kubbe daha eklenerek yapı, yan yana iki kubbeli ve enine dikdörtgen planlı cami haline dönüşmüştür (Kuban, 1993). Caminin dikdörtgen planı Resim 2'de gösterilmiştir. Böylece caminin kuzey- güney doğrultusunda yer alan orta aksta bulunan beden duvarları kaldırılmıştır. Yerine, somaki taşından olan iki sütun ve bu sütunlarla taşınan üç adet kemer yerleştirilmiştir. Resim 3'de caminin iç mekanı ile sütunlarla taşınan kemerler gösterilmiştir. Bu kalın kemerlerden ortada bulunan kemerin açıklığı diğer iki kemerden daha geniştir. Köşelerde bulunan kemerlerin üstlerinde kubbe geçiş elemanı olarak adlandırılan dilimli tromplar ve pandantifler yer almaktadır. Kubbeli hacimler üç kemer ile birbirine bağlanmıştır. Hem Sinan'ın kubbesinde hem de sonradan eklenen kubbe'de tromplar, beden duvarlarının birleştiği köşelere ve trompların içerisinde kemerlerin tabanında yer alan mukarnaslara oturur.



Resim 1.Haseki Sultan Cami



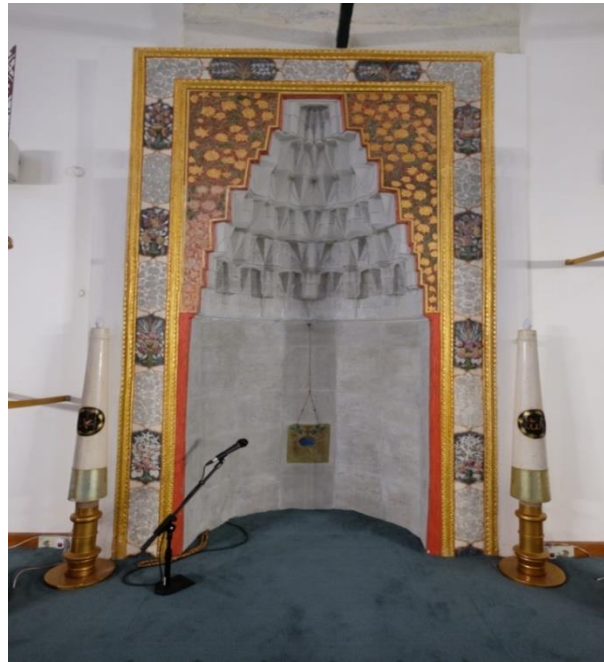
Resim 2. Haseki Cami planı (Yüksel, 2004)



Resim 3: Somaki gövdeli iki sütun ile taşınan kemerler ve iç mekan

İkinci kubbe eklenmeden önce Sinan'ın ele aldığı yapıda mihrap cümle kapısı ile aynı aksta yer almaktaydı. İkinci kubbe eklendikten sonra iç mekanda kubbeli hacimleri birleştiren üç açıklıklı kemerler ile mihrap aynı aksta olacak şekilde doğuya doğru kaydırılmıştır. İçmekanda mihrabın konumu Resim 4'de gösterilmiştir.

48



Resim 4. Haseki Sultan Camisinin mihrabı

Sekiz adet ahşap destekle taşınan "L" planlı mahfil, orijinal değildir. İç mekanın kuzeybatı köşesinde, kuzey beden duvarları içinde yer alan merdiven, Sinan'ın yaptığı kare planlı ilk yapıda

da, bu köşede bir mahfilin bulunduğunu gösterir (Sönmezer, 2013). Resim 5’de caminin mahfili yer almaktadır.



Resim 5. Haseki Sultan Camisinin mahfili

İlk yapı kütesinin bulunduğu konumda, son cemaat yerinin sağ ucunda, cami beden duvarına bitişik, dikdörtgen olarak planlanmış minare kaidesi bulunmaktadır. Minare kaidesine son cemaat yerinin sağ ucunda bulunan bir kapı ile ulaşılır. Ancak caminin son cemaat yeri, arsanın elverişsizliğinden dolayı sonradan eklenen kubbeli mekanın olduğu yönde uzatılmamıştır. Sonuç olarak, caminin önündeki son cemaat yeri revakı simetrik olmayan bir görünüm elde etmiştir. Son cemaat yeri revakı kubbeli olup, beş bölümden oluşmakta ve kubbeler altı sütun ile taşınmaktadır. Şekil 6’da caminin son cemaat yeri revakları vurgulanmıştır. Ön cepheden bakıldığında taş kemerlerin tuğla örgülü olduğu görülmektedir. Malzemenin bu kullanımı, klasik dönemde son cemaat yeri revak cephelerinden farklı bir görünüş elde etmektedir. Cümle kapısının bulunduğu yerdeki tuğla örgülü kemer, diğer kemerlerden daha yüksek tutulmuştur. Benzer şekilde orta revakta yer alan kubbe de yanlarda bulunan kubbelerden daha yüksektir. Buradaki amaç cümle kapısının vurgulanmasıdır.



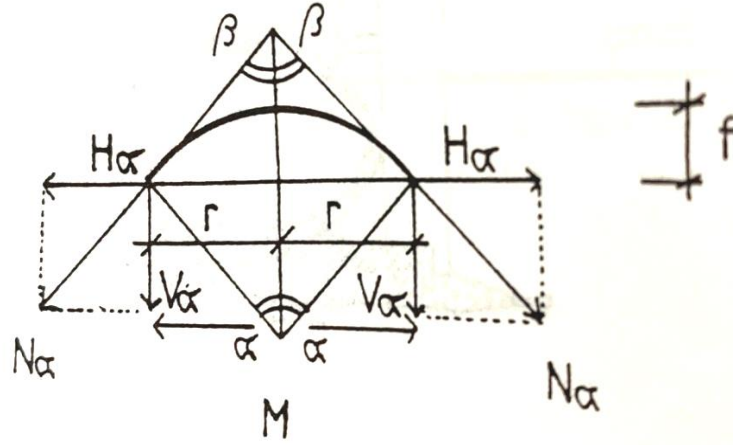
Resim 6. Son cemaat yeri revakları

3. HASEKİ SULTAN CAMİSİNDE STRÜKTÜREL BULGULAR

3.1. KUBBE

Doğal etkenlere karşı korumanın bir simgesini oluşturan örtü, geçmiş uygarlıklardan başlayarak günümüze dek ulaşan kubbelerdir. Kubbe, bir kemerin ekseni etrafında 360 derece dönmesiyle elde edilen üç boyutlu bir taşıyıcı sistemdir. Kubbelerin sürekli bir taşıyıcı mesnete gerek duymalarından dolayı, dairesel bir mesnete oturması gerekir.

Sinan mimarisinde yapının ağırlık merkezini kubbe oluşturmakta olup, kubbenin meridyeni dairesel, kubbe ise küre kapağı şeklindedir. Sinan kubbesinin kesiti incelendiğinde, kesit eğrisinin bir daire yayı olduğu ve bu yay parçasının yüksekliğinin uzunluğuna oranının küçük olduğu görülür. Bu nedenden ötürü, yayın uç noktalarındaki mesnet yükü vektörü yatık olup, kubbenin yanal itki kuvveti büyüktür. Diğer bir ifadeyle, kubbenin eğriliği büyük olduğu için düşey veya düşeye çok yakın olur. Resim 7 incelenirse, kubbe mesnet yatay birleşimin (H) ile kubbe açıklığının (2r) doğru orantılı olduğu, kubbe açıklığı (2r) ile kubbe basıklığının (k) ters orantılı olduğu görülmektedir. Kubbe basıklığı, kubbe yüksekliği (f) ile kubbe açıklığının (2r) oranını ifade eder. Kubbe basıklığı ne kadar büyük olursa kubbe mesnetinin yatay birleşeni o kadar küçük olur. Bu durum ise, kubbenin desteklenmesinde büyük sorun teşkil eder. Bu sorunu ortadan kaldırmak amacıyla, ölçüyü küçülterek yarım daire veya sivri kemerli kubbeler kullanılmıştır (Çamlıbel, 1998).



Resim 7. Kubbe kesit özellikleri (Çamlıbel, 1998)

Sinan dönemi yapılarının kubbe basıklık oranları 0,30-0,448 arasında değişiklik göstermektedir (Çamlıbel, 1998). Ancak, Sinan'ın İstanbul'daki ilk eseri olan Haseki Külliyesinin cami yapısında kubbe basıklık oranı (k) 0.48 civarındadır. Bu durum caminin planının Sinan'a ait olmadığını, 1538 yılında baş mimarlık görevini üstlendikten sonra camiye tamamladığını göstermektedir. Haseki Sultan camisinde kubbelerin iç mekan görünümü Resim 8'de gösterilmiştir.

Sinan'da kubbe kare alt yapıya mesnetlendiği gibi altıgen ve sekizgen planlı alt yapıya da mesnetlenmiştir. Sonuç olarak, kubbenin daire planından mesnetlere yük aktarımı kolay bir şekilde sağlanmıştır. Kubbelerin desteklenmesindeki büyük sorunun çözülmesi Sinan kubbelerinin basıklığının küçük olması etkilidir. Sinan, yapı planının gerektirdiği yapı yüksekliğini bulduktan sonra, kubbenin yerini ve geometrisini belirlemiş, en uygun geçit elemanlarını kullanmış ve kubbe yüklerinin temele aktarılmasını statik kurallarına uygun olarak sağlamıştır (Çamlıbel, 1998).

51

Dikdörtgen planlı iç mekan 24.20 metre enine ve 11.15 metre boyuna ölçülandırılmaktadır. Örtü elemanı olan her iki kubbenin çapları birbirine yakın olup 11.30 metredir ve bu kubbelerin zeminden kilit taşına kadar olan yükseklikleri 8.81 metredir. Köşelerde ise bu kubbeler kemer kilit taşı yükseklikleri 7.78 metre olan tromplarla beden duvarlarına oturur. Ayrıca, tromp kemerlerinin taban yüksekliği 5.56 metredir (Sönmezer, 2003).

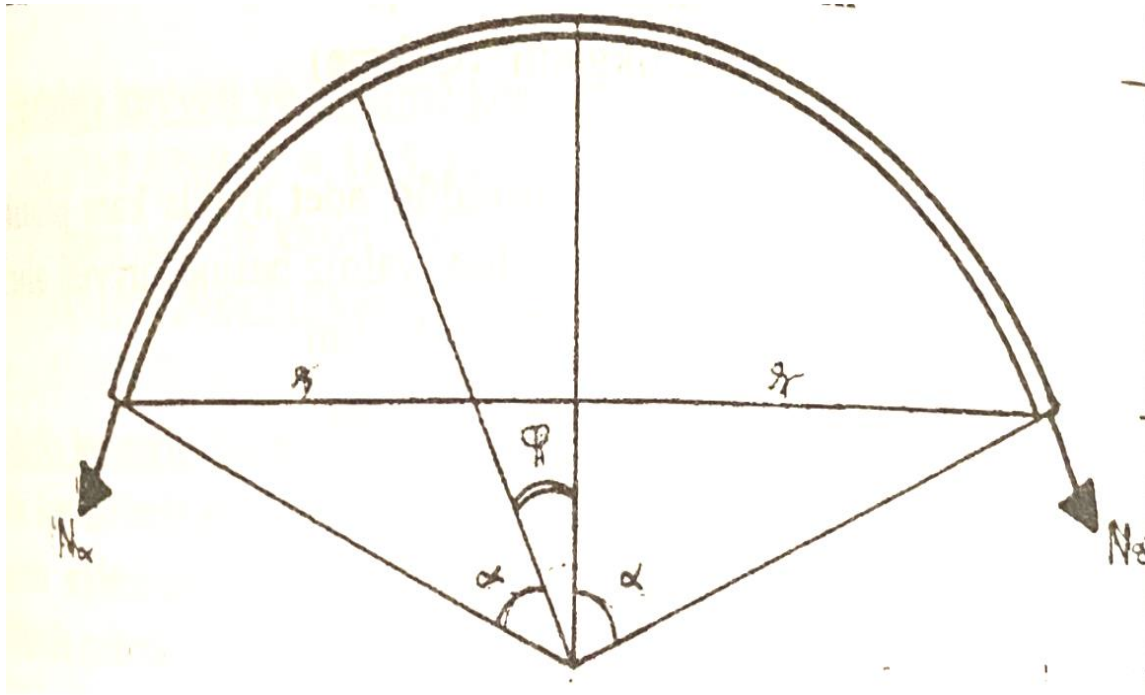


Resim 8. İki benzer kubbe

Haseki Sultan Camisinin kubbe örtü sistemine gelen yükleri analiz etmek için bir takım yük ve gerilme tespitleri yapılmıştır. Kubbe boyutları ve hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Kubbe boyutları ile ilgili değerler Tablo 1’de belirtilmiştir. Kubbe kesiti üzerinde gerekli olan değerler Resim 9’da gösterilmiştir.

Tablo 1. Kubbe boyutları

Kubbe açıklığı (2r) (m)	Kubbe yüksekliği (f) (m)	Kubbe kilit noktası kalınlığı d ₁ (m)	Kubbe mesnet noktası kalınlığı d ₂ (m)	Kubbe ortalama kalınlığı d ₃ (m)
11.30	5.42	0.28	0.55	0.42



Resim 9. Kubbe kesiti (Çamlıbel, 1998)

Formüller aşağıda verilmiştir;

$$r = [(2r)/(2)] + [(d_3)/(2)] \quad (1)$$

$$f' = f + (d_3/2) \quad (2)$$

$$a = (r^2 + f'^2) / (2f) \quad (3)$$

$$k = f/2r \quad (4)$$

Hesap değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Hesap değerleri

Kubbe yarıçapı bağlantısı r (m)	Kubbe yükseklik bağlantısı f' (m)	Kubbe kilit yüksekliği a (m)	a-f	Kubbe basıklık oranı k	Sinα	Cosα
5.860	5.630	5.860	0.440	0.480	1.000	0.075

Yük analizi için Tablo 3’deki değerler kullanılmıştır.

Tablo 3. Yük analizi

Kubbe yükü (t/m ²)	Çamur dolgu (t/m ²)	Kurşun kaplama (t/m ²)	Kar + avize yükü (t/m ²)	Toplam yük (g) (t/m ²)
0.739	0.200	0.100	0.120	1.159

İç kuvvetlerin hesabı ile ilgili formüller aşağıda verilmiştir;

$$N\varphi = \left[-\frac{ga(1)}{1 + \cos\varphi} \right] \quad (5)$$

$$N\theta = -ga \left[\cos\theta - \frac{1}{1 + \cos\theta} \right] \quad (6)$$

Kilit noktasındaki iç kuvvetler hesabında $\varphi = 0$ için;

$$N\varphi 0 = \left[-\frac{6.79(1)}{1 + 1} \right] = -3.40t/m(\text{basınç})$$

$$N\theta 0 = -6.79 \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right) \right] = -3.40t/m(\text{basınç})$$

Mesnetteki iç kuvvetler için,

$$N\alpha = \left[-\frac{6.79(1)}{1 + 0.075} \right] = -6.32t/m (\text{basınç})$$

$$N\theta\alpha = -6.79 \left\{ 0.075 - \left[\frac{1}{1 + 0.075} \right] \right\} = +5.81t/m (\text{çekme})$$

Kubbe kesitlerinde gerilme analizleri ile ilgili formüller ve hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

Kilit noktası için;

$$\sigma\varphi A = (N\varphi)/(100d1) \quad (7)$$

$$\sigma\theta A = (N\theta)/(100d1) \quad (8)$$

Her iki değer için de gerilme 1.21 kg/cm² basınç olarak hesaplanmıştır. Toplam gerilme 2.42 kg/cm²'dir.

Mesnet noktası için;

$$\sigma\alpha = (N\alpha)/(100d2) \quad (9)$$

$$\sigma\theta\alpha = (N\theta\alpha)/(100d2) \quad (10)$$

$$\sigma\alpha = \frac{6320}{[(100)(55)]} = 1.15kg/cm^2 (\text{basınç})$$

$$\sigma\theta\alpha = \frac{5810}{[(100)(55)]} = 1.06kg/cm^2 (\text{çekme})$$

Kubbe yükleri, kubbe kasnağı atındaki ayaklarla kare planlı alt yapıya iletir. Ayaklar kubbe eğiminde düzenlendiği için yalnız basınç kuvveti alırlar (Çamlıbel, 1998).

Bir ayağa gelen basınç yükünün formülü aşağıda verilmiştir.

$$NA = \left[\frac{Na(3.14)(2)(r)}{n} \right] \quad (11)$$

Tablo 4'de kubbe ayaklarında gerilme analizleri verilmiştir.

Tablo 4. Kubbe ayaklarında gerilme analizi

Kubbe açıklığı (2r) (m)	Kubbe çevresi (m)	Kubbe mesnet yükü N_A (t)	Ayak adedi (n)	Basınç yükü N_A (t)	Ayak en kesit alanı m^2	$\sigma A_{kg}/cm^2$
11.30	35.48	6.32	17	13.19	1.53	-0.86

Kubbe ayakları yükleri kare planlı alt yapıya iletmektedir. Payandalar kubbe kasnağının stabilitesini sağlayan yapı elemanlarıdır. Bu elemanlar yanal kubbe yüklerinin iletilmesi eylemine katılmadıkları için hesaba katılmaz (Çamlıbel, 1998).

3.2. KUBBE GEÇİŞ ELEMANLARI VE KEMERLER

Kubbenin mesnetleneceği üst sınırı, düşey elemanlar arasındaki kemerler veya kubbe geçiş elemanları olarak adlandırılan pandantifler veya tromplar oluşturmaktadır. Geçiş parçasını oluşturan pandantifler, iç yüzeyleri çeşitli boyutlarda olan bir kubbe parçasıdır. Bu kubbe parçasına Sinan'ın eserlerinde rastlanmaktadır. Pandantifler, kubbeden gelen yatay ve düşey yükleri mesnetlendikleri elemanlara aktarmaktadır. Bunun dışında, elemanlar üzerinde yatay mesnet görevi üstlenirler.

Sinan'ın tasarladığı camilerinde dikdörtgen prizması formu dış kabuk halini almaktadır. Pandantiflerle dış kabuk arasında kalan boşluklar tromplarla örtülüdür. Çeyrek küre formundan oluşan tromplar, pandantiflerde olduğu gibi kubbeden gelen yatay ve düşey yüklerin mesnetlenen yapı elemanlarına aktarımını sağlar. Pandantif ve tromplar dekoratif amaçlı olarak da yapı içerisinde kullanılmaktadır. Bunlar dilimli tromp, mukarnaslı pandantif şeklindedir. Haseki Sultan camisinde dilimli tromplar mevcuttur. Ancak bu trompların dilimli olarak şekillenmesinin elemanlara taşıyıcı olarak katkısı yoktur. Resim 10'da cami içerisinde dilimli trompların görünüşü verilmiştir.

**Resim 10.** Haseki Sultan Camisindeki dilimli tromplar ve geçiş elemanları

Kemerler, mimarlık tarihi boyunca taşıyıcı sistemin kagir olduğu zamanlarda büyük açıklıkları geçmek için kullanılmıştır. Mimar Sinan da kemeri çeşitli eksen şekilleri ile kullanmış, bu kemerleri ayaklara veya duvarlara mesnetlendirmiştir (Yorulmaz, 1988).

Haseki Sultan camisinde sonradan yapılan ikinci kubbe için mihrabın bulunduğu duvar yıkılmıştır. Yıkılan duvarın bulunduğu açıklığa somaki taşından elde edilmiş iki sütun eklenmiş ve üç adet

kemer sistemi uygulanmıştır. Ayrıca her iki kubbede direk bu kemerlere oturmaktadır. Diğer bir deyişle, açıklıkta bulunan sivri kemerler kubbeyi taşımaktadır. Sivri kemerlerinin kubbeyi taşıması durumu da, askı kemerlerin yapım tekniğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak iç mekanda bulunan iki sütun ve üç kemer, kubbeler için taşıyıcı özelliğe sahiptir. Askı kemer yapım tekniğinin uygulandığı iç mekanın görüntüsü Resim 3'te gösterilmiştir. Camide bulunan üç kemerin üzengi yükseklikleri birbirine eşittir ve 3.67 metredir. Bu kemerler, 1.70 metre kalınlığına sahiptir. Güneyde mihrap duvarına, kuzeyde ise beden duvarlarından 0.45 metre içe taşan, köşeleri kırık çokgen planlı duvar payesine oturur. Kemer açıklıkları ise 2.53 metredir. Orta kemerin açıklığı diğer iki kemere göre daha fazladır (Sönmezer, 2003).

Haseki Sultan Camisinin orta kemerinin düşey yük etkisi ve gerilme analizi yapılmıştır. Orta kemerin açıklığı 4.33 m, kilit taşı yüksekliği 6.15 metredir. Ana kubbe yükü düşey bileşeni 6.32 t/m olarak bulunmuştur. Geçiş elemanlarından gelen yük 1.2 t/m² kabul edilirse, ortadaki kemere gelen yük 3.79 t/m hesaplanarak toplam yük 10.11 t/m olarak hesaplanmıştır. Bu toplam yük, orta kemer genişliğinde ve kemer malzemesinden yapılmış kagir bir eleman gibi düşünülerek hayali bir yüke göre bulunmuştur (Çamlıbel, 1998).

Burada askı kemer genişliği 1.95 metredir. Kagir malzemenin birim hacim ağırlığı ise 1.76 t/m³'tür.

Hayali düzgün yayılı yük aşağıda verilen formül ile hesaplanır (Çamlıbel, 1998).

$$qT = (\gamma) * (bA) * (hF) \quad (12)$$

Toplam yük (qT) 10.11 t/m olduğuna göre, formülde bilinenler yerine yazılırsa, (hF) değeri 2.95 metre olur. Askı kemerin geometrisine uygun olarak, ayak kesiti ve kilit kesitinin çekirdek alanı içinden geçen basınç kemeri kutup noktaları seçilerek belirlenmiştir (Çamlıbel, 1998).

Kilit noktasında gerilme kontrolü yapılırsa, N değeri 208.65 ton ve kesit boyutu 1.24 m olduğuna göre, σ değeri 8.63 kg/cm² basınç gerilmesi olarak bulunur.

3.3. PAYANDALAR

Yatay yüklere karşı duvarların yeterliliğini sağlamak veya arttırmak amacı ile yapı dışlanırdaki çeşitli formlarda payandalar kullanılmıştır. Bu payandalar özellikle büyük kubbe kemer açıklığı olan camilerde belirgin durumdadır ve ana kubbeyi taşıyan kemerlerin düzleminde, onların yatay itkilerini karşılayacak şekildedirler (Yorulmaz, 1988). Resim 11'de Haseki Sultan camisindeki payandalar gösterilmiştir.



Resim 11.Haseki Sultan Camisinin payanda görünümü

Haseki Sultan camisinde her bir kubbede yedi adet payanda mevcuttur. Payandalar üç köşede ikişerli, diğer köşesinde bir adet olarak konumlanmıştır. Konum olarak köşelerde payandaların bulunması duvarlara gelen yatay kuvvetlerin destek sağlaması amacıyla gereklidir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sinan yapısının erken döneminden olan Haseki Sultan Camisi için bazı taşıyıcı elemanlarında incelemeler yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir:

- Haseki Camisinin Mimar Sinan tarafından yapılan kubbesinin hesaplanması sonucunda ölçülere bağlı olarak uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu uyum yük hesabı, iç kuvvetlerin hesabı, kubbe kesitinde gerilme analizi ve kubbe ayaklarında gerilme analizindeki sonuçlarda görülmektedir. Ancak, ayrıntı olarak Sinan'ın kubbe basıklığı aralığının 0.33-0.448 olmasına rağmen camide bu basıklık 0.48 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, başta tasarımın başka bir mimara ait olduğunu daha sonradan Sinan'ın yapıyı ele aldığı bir kanıt olarak gösterilebilir.
- Sinan'ın erken dönem eseri olan ve ayrı zamanlarda inşa edilen bu caminin genel olarak strüktür dayanımı gerek malzeme seçimi, gerekse statik ve stabilite bakımından günümüz standartlarına uygundur. Kubbe strüktürü sade, geometrisi düzgün, alt yapıya mesnetlendirilmesi çevre boyunca uniformdur. Ayrıca ortak olarak bu yapının kubbesinde de kabuk teorisine uygun bir şekilde yükleri aktarmıştır. Bu da Sinan'ın yapılarında statik ve mimariyi birleştirdiğinin bir kanıtıdır.
- Haseki Camisinde 17. Yüzyılda ikinci bir kubbenin inşa edilmesi alanın başta kare biçiminde olmasının yanı sıra dikdörtgen bir geometrik biçime dönüşmesine neden olmuştur. Ayrıca ikinci kubbenin eklenmesi başta iç mekanda sütuna sahip olmayan caminin sütunlu camiler kategorisine girmesi olanağını doğurmuştur. Böylece üç kemer ve iki sütuna sahip olan geçiş yeri, sonradan inşa edilen mekana geçişi sağlamaktadır.
- Haseki Camisinin son cemaat yeri revaklı, beş kubbeli ve altı sütundan oluşmaktadır. Yalnız arazinin elverişsizliğinden dolayı asimetric görünüme sahiptir. Mimari açısından değerlendirecek olursak, revaklı son cemaat yerinin ortasındaki kubbe girişi vurgulamak için daha yüksek olarak tasarlanmıştır.
- Haseki Caminin her iki kubbesi her üç yönünde payandalarla desteklenmiştir.
- Tarihi yapıların geçmişten günümüze aktarılması için dış etkilere karşı korumak amacıyla taşıyıcı elemanların güçlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle deprem yüklerinden bütün tarihi yığma yapılar etkilenmektedir. Bu yüzden restorasyon şarttır. Haseki Sultan Camisinde belli tarihlerde restorasyon çalışmaları yapılmıştır. Şu anki durumda cami, mimari ve statik açısından problem teşkil etmemektedir. Ancak kemerlerdeki gergi elemanlarının ve buna benzer elemanların paslanma sorunundan dolayı bakımının düzenli olarak yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak Sinan, Haseki Sultan Camisinde olsun ya da herhangi bir eserinde olsun gerek tasarımda gerekse yapı mekan ve strüktür ilişkisinde mimarlığa ve mühendisliğe evrensel nitelikte yeni bir yorum getirmiştir.

KAYNAKÇALAR

- Alioğlu, F., Orbeyi, N., (2011). Mimar Sinan Camilerinde Modüler Sistem, SİGMA Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Özel Sayı, YTÜ FBE Doktora Tezlerinden Üretilmiş Yayınlar 3(2) 331-40.
- Bilgin, H . (2006). Mimar Sinan Yapılarında Kubbeli Örtü Sistemlerinin Yapısal Analizi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi , 21 (3) , 119-128 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/sujest/issue/23269/248377>
- Çamlıbel N., (1998). Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

- Eraslan, A., (2018). “Mimar Sinan’ın Altıgen Baldaken Sistemli Camilerinde Taşıyıcı, Örtü ve Mekan İlişkisi.” Osmanlı Mirası Araştırmaları Dergisi (OMAD) Cilt 5, Sayı 13: 31-48.
- Kartal, Ş., (2012). Haseki Hürrem Sultan Yapıları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık A.B.D., Mimarlık Tarihi Programı, İstanbul.
- Kuban, D. (1993). Sinan ve Sanatı, Türk Kültüründe Sanat ve Mimari, 21. Yüzyıl Eğitim ve Kültür Vakfı, İstanbul, s.89-112.
- Necipoğlu G., (2013). Sinan Çağı: Osmanlı İmparatorluğu’nda Mimarî Kültür, (Çeviri: Gül Çağalı Güven), Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Orbeyi, N., (2012). Mimar Sinan Camileri revak sütunları üzerine bir araştırma: Süleymaniye Camisi, Selimiye Camisi ve Kara Ahmet Paşa Camisi örnekleri . Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi , 28 (3) , 175-185 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/erciyesfen/issue/25565/269683>.
- Orbeyi N., (2016). Çift Revaklı Sinan Camilerinde Modüler Sistem. Metu JFA 33/2: 201-225.
- Sönmezer, Ş., (2003). İstanbul’daki Sinan Camilerinde Mekan ile Serbest Düşey Taşıyıcılar Arasındaki Boyut İlişkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Şeker, B., Ş., (2011). Mimar Sinan Camilerinin Statik ve Dinamik Yükler Etkisinde Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taşkıran, N. (1972). Hasekinin Kitabı, Haseki Hastanesi Kalkındırma Derneği Yayınları, İstanbul.
- Yorulmaz, M., (1988). Yapısal Özellikler, Mimarbaşı Koca Sinan Yaşadığı Çağ ve Eserleri I, İstanbul.
- Yüksel, İ. A. (2004). Kanuni Sultan Süleyman Devri İstanbul, İstanbul Fetih Cemiyeti, c.VI, İstanbul.