

Yapısal Özellikler

Prof. Dr. Müfit YORULMAZ

Strüktür Sorunları



Osmanlı İmparatorluğunun en kudretli devrinde Ser Mimârân-ı Hasa olan Koca Sinan'ın, mimarlığı yanında daha bir çok mesleklerin de ustası olduğu muhakkaktır. Bu mesleklerin başında bu günkü anlamı ile planlama uzmanlığı gelmektedir. Mimar Sinan'ın başardığı çeşitli işlerde ve yarattığı eserlerde bu özelliğin izlerini, hatta damgasını görmemek imkânsızdır.

Çalışma hayatına askerlikle başlamış ve 1514'ten 1539'a kadar Osmanlı ordusunun çeşitli seferlerine katılmış olan Sinan, Balkan ülkelerindeki değişik türden mimarlık ve mühendislik eserlerini görmüş, incelemiş ve özümsemiştir. Bu süre içinde Sinan daha ziyade askerî mühendislik eserleri -Van gölünde gemi, Prut nehri üzerinde köprü- gibi ününü pekleştiren ve kendisini sonunda baş Mimar yapan faaliyetlerde bulunmuştur. 1539'da Mimarbaşı olduktan sonra Osmanlı İmparatorluğunun tüm yüzeyine yayılan eserlerin birinci derecede yaratıcısı ve uygulayıcısı oldu.

Çeşitli disiplinler arasından birini ayırarak Mimar Sinan'ı sadece o açıdan incelemek yanıltıcı olabilir. Yine de Sinan devrinin ve devrini izleyen pek çok yüzyılın gerçekten en büyük mühendislerinden biri olarak kabul edilecek eserler bırakmıştır, diyebiliriz.

İnşaat mühendisliğinin, mimarlığa nazaran öne çıktığı köprüler, su yolları ve kemerler konu dışı bırakılırsa, yapı inşaatı mühendisliği bakımından en önemli eserleri camileri olmaktadır.

Mimar Sinan'ın tüm eserlerinin sayısı, aralarında tüm inşa süresince başından uzun süre ayrılamıyacağı çok önemli yapıları ve devrinin ulaşım olanakları düşünülürse, bu camilerden bazılarının katkısının Baş Mimar olarak bulunduğu mimarlar grubunda kendi yürütücüsü olduğu ekolün sınırları içinde yaratıcı fikirleri vermek ve ortaya çıkacak eseri denetlemekle belirlendiğini düşünebiliriz. Mimar Sinan ustası olduğu tüm mesleklerde olduğu gibi yapı inşaatı mühendisliğinde de evvelce kullanılmış taşıyıcı sistem elemanlarını ele almış, bunları kendi orjinile sentezi içinde birleştirerek şaheserlerini yaratmıştır. Bu taşıyıcı elemanları camilerinde aşağıdaki gibi gruplayabiliriz:

- Kubbeler,
- Geçiş elemanları
 - Çemberden poligona geçiş için kullanılanlar,
 - Yatay itki doğrultusunu izlemek için kullanılanlar,
- Kemerler,
- Ağırlık kuleleri,
- Ayaklar,
- Duvarlar ve payandalar,
- Temeller



1-Kılıç Ali Paşa -yarım kubbe



2-Süleymaniye -yarım kubbe

Kubbeler:

Mimar Sinan'da kubbe, iç yüzeyi düşünülürse yarım küre olarak kabul edilebilir. Kilit ile üzengi arasında kesit değişikliği nedeni ile kubbe aksı veya kubbe dış yüzeyi aynı merkezli küreler olmamaktadır. Kubbe çapları 8 m ile 30.75 m arasında değişmektedir. Kubbe çapı ile, kubbenin oturduğu plan arasında kesin bir ilişki saptanamamıştır.

Mimar Sinan camilerinin büyük bir bölümünde ana hacmi örtmekte 11.50-14.00 m arasında kubbe çapları kullanılmıştır. Mimar Sinan'ın yakın ve sıkı kontrolunda bulunamayacağı yapılarda çok denemiş olduğu bu çap sınırları içinde kalmayı tercih ettiği düşünülebilir.

Kubbelerin hemen hemen tümünde çevreye açılmış pencereler bulunmakta, kubbenin yatay kesidinde alan, yüzde elliye yakın oranlarda azalmaktadır. Buna karşın, kesitlerde oluşan basınç gerilmeleri oldukça küçük kalmakta, çekme gerilmeleri ise kenetlerle kolaylıkla alınacak değerleri aşmamaktadır. Pencere üstlerinde ve altlarında kesitler ayrıca genişletilmiştir. Bu kısımlarda demir çember tipi elemanların yerleştirilmiş olması olasılığı vardır. Daha sonraki yüzyıllarda bu çemberlerin kullanıldığını biliyoruz.

Kubbe pencerelerinin üst hizalarından payandalarla tutulmasına Mimar Sinan'ın camilerinin çoğunda rastlanmaktadır. Kubbelerin teorik hesabı için yapılan çeşitli matematik modellerle, kabul farklılıklardan dolayı payandalarla kubbelerin karşılıklı etkileşimi hakkında farklı sonuçlar verebilmektedir. Kârgir bir uzay taşıyıcı sistemin matematiksel veya deneysel modelleşmesindeki zorluklar nedeniyle, şimdilik, ancak gözlemler ve a priori bilgilerle bu payandaların yük aktarımında ve kubbelerin deformasyonlarını önlemede yararlı bir eleman olarak kullanıldığı söylenebilir.

Geçiş Elemanları:

Camilerde ana hacmi örten bir yarım kubbe ve bu kubbelerin plandaki çevre izdüşümleri birer çemberdir. Bu çemberin mesnetlendiği alt yapı ise dörtgen, altıgen veya sekizgen poligonlar olabilmektedir. Bu poligonların düşey elemanları ise duvarlar, plastrlar ve ayaklardır. Düşey elemanlar arasındaki kemerler, dolu kemerler veya tromplar kubbenin mesnetleneceği poligonun üst sınırını oluşturmaktadır.

Bu poligonla kubbe çemberi arasında kalan alanlar, iç yüzeyleri bir kubbe parçası olan çeşitli boyutlardaki pandantiflerle örtülmektedir. Bu geçiş parçasına Mimar Sinan'ın tüm camilerinde rastlanmaktadır. Pandantifler taşıyıcılık ve yük aktarıcılık özellikleri bakımından ilgi çekici elemanlardır. Bir taraftan kubbeden gelen yatay ve düşey yükleri mesnetlendirildikleri elemanlara aktarıırken, diğer taraftan bu elemanlara yatay bir mesnet görevini görürler.

Mimar Sinan'ın camilerinin ana hacmi dikdörtgenler prizması bir dış kabuğa dönüşür. Kubbe taşıyıcıları ile bu dış kabuk arasında kalan boşluklar ise dörtte bir kürelerden oluşan tromplarla örtülürler. Bunların sayısı genellikle dört adettir. Tromplar düşey kesitlerinin tüm çevresinde yatay ve düşey yüklerle yüklenmekte, bu yükleri mesnetlendirildikleri elemanlara yatay düzlemde yatay ve düşey tepkiler halinde aktarmaktadırlar.

Gerek pandantifler, gerekse tromplar dekoratif amaçlarla iç hacimde çeşitli görünüşler alabilmektedir. Örneğin, mukarnaslı pandantifler, dilimli tromplar gibi... Ancak bu şekillenmelerin elemanın taşıyıcı özelliğine belirli bir etkisi yoktur.

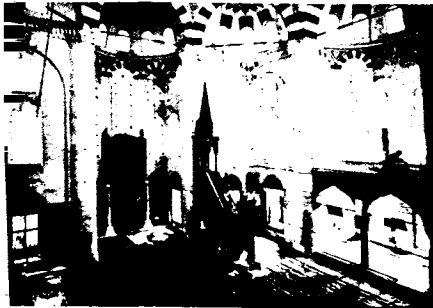
Trompların mesnetlenme düzlemlerinde, özellikle çap büyüdüğünde yatay itkileri karşılama amacıyla demir gergiler kullanılmıştır.



3. Mihrimah (Üsküdar)-3 yarım kubbe



4. Şehzade-4yarım kubbe



5. Nişancı Mehmet Paşa-mihrab nişi kubbesi

Mimar Sinan kubbenin oturduğu poligonu çevreleyen dörtgeni büyütme istediğinde yarım kubbe olarak adlandırabileceğimiz dörtte bir kürelerden yararlanmaktadır. Bu durumdaki yarım kubbe üç kenarından mesnetlenmek üzere bir dikdörtgene oturmaktadır. Kılıç Ali Paşa ve Süleymaniye camilerinde kubbenin iki tarafında, Üsküdar Mihrimah camiiinde kubbenin üç tarafında, Şehzade camiiinde ise kubbenin dört tarafında bu tür yarım kubbeler kullanılmıştır. Bazı camilerde ise sadece mihrap üstünü örtmek üzere ayrıca bir yarım kubbe bulunmaktadır (Şekil 1-5).

Bu yarım kubbeler buldukları tarafta olan ve kubbe pandantiflerini taşıyan kemerle karşılıklı etkileşimdedir. Kemerleri bu kubbelerin rijitleştirilmiş kenar elemanı olarak düşünmek mümkündür. Bu suret sistemde oluşan kuvvetlerin bileşkesi doğrultusunda, özellikle Şehzade camii örneğindeki gibi, yapının tümü rijit üç boyutlu bir uzay taşıyıcı sistem oluşturmaktadır bu sistem yükleri olumsuz kesit tesirleri doğmadan taşıyabilmektedir.

Yarım kubbeler yüklerini mesnetlendirildikleri düşey duvarlara yine tromp-pendantif dizisi ile aktarmaktadır.

Kemerler:

Mimarlık tarihinde taşıyıcı sistemlerin kârgir olduğu sürelerde büyük açıklıkları geçmek için kullanılan çubuk sistem kemer olmuştur. Mimar Sinan da kemeri çeşitli eksen formları ile kullanmış, bu kemerleri ayaklara, duvarlara veya duvarlarda oluşturduğu plastrlara mesnetlendirmiştir.

Mimar Sinan'da en büyük kemer açıklıklarından biri Süleymaniye camiiinde 21.60 m dir. Bu kemerin oluşturulmasında Mimar Sinan kemer-ayak ilişkisini ustalıklı kullanarak çapı 26.10 m olan kubbeyi 21.60 m açıklıktaki kemerlere iç hacimde hiç bir aksaklık ve çirkinlik yaratmadan oturtabilmiştir (Şekil 6).

Kemerler itkilerini doğrudan doğruya veya pandantif - tromp yardımı ile ayaklara ve çoğu örneklerde olduğu gibi kendi doğrultusunda ve/veya kendi doğrultusuna bir açı yaparak oluşturulan diğer taşıyıcı sistemlere - kemer sıralarına, yan hacimlere - aktarmaktadır.

Kemerler, cephe duvarı düzleminde olduklarında altları duvarla doldurulmaktadır.

Kemerlerin büyük bir kısmında demir gergi kullanılmıştır.

Ağırlık Kuleleri:

Yatay kuvvetlerin doğuracağı etkilerden endişe duyulan hallerde ana ayakların bir devamı olarak yapı da dış örtüsü dışına çıkan ve düşey kuvvetleri arttırarak ayak üzerindeki dışmerkezliği azaltmak yoluna gidilmiştir. Bu kulelerden bazılarının içleri boştur. Sinan'ın camilerinde dört veya daha fazla sayıda ağırlık kulesi kullanılan çözümler vardır (Şekil 7).

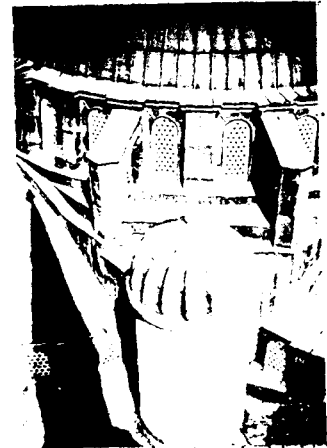
Ayaklar:

Mimar Sinan'ın camilerinin çoğunda, özellikle büyük camilerinde, duvarlardan bağımsız, esas kubbenin yüklerinin aktarıldığı ayaklar - fil ayakları vardır. Bu ayakların sayısı kubbeyi taşımakta olan duvar ve payandalarla yaptıkları iş bölümüne bağlı olarak iki, dört, altı veya sekiz olabilmektedir. Altı ve sekiz ayaklı sistemler Mimar Sinan'ın özgün yapılarıdır.

Mimar Sinan'ın kubbe çapı en büyük eseri olan Selimiye camiiinde sekiz ayaklı sistem kullanılmıştır (Şekil 8).



6. Süleymaniye Camii kubbe kemeri-ayak



7. Şehzade -ağırlık kulesi

Ayakların en kesidi çeşitli şekillerde olabilmektedir. Üst yapı ile uygunluk ve görünüşte süslemenin birlikte düşünülmesi sonucu daireden başlayarak, kenarlarına çeşitli profiller verilmiş poligonlar en kesit şekli olarak seçilmişlerdir.

Yatay itkilerin gerektirdiği yerlerde ayak ve dış duvarlar alt katlarda kemerlerle birleştirilmiş, iç ayakla duvardan çok parçalı basınç elemanı gibi yararlanılmağa çalışılmıştır.

Kubbe alanı ile ayak alanı arasındaki oranlar 6 - 9 arasında değişmektedir.

Duvarlar ve Payandalar:

Camilerinin ana kütle çevresini dörtgen duvarlarla çevirmek Mimar Sinan'ın hemen hemen daima uyguladığı bir çözümdür. Bu duvarlar kubbeyi de taşımak zorunluluğunda kalıyorsa, gereken yerlerde kalınlaştırılmış ve plastrlar oluşturulmuştur. Bu plastrlar genellikle yapının iç tarafındadır. Çıkıntı miktarları hem düşey etkiyi arttırmak, hem de bu etkinin de yardımı ile yatay düşey kuvvet bileşkesini artan taban alanı çekirdeğinin içine düşürmek amacı ile belirlenmiştir.

Duvarların yatay kesidinde boşlukların tüm alana oranı yüzde kırkı aşmamakta, duvarların köşelerinde daima yeterli bir doluluk bulunmaktadır. Bu ölçüler günümüzde depreme dayanıklılık konusunda öne sürülen kurullarla büyük bir uygunluk göstermekte, 350 yıl evvel bu konuda bu günkü bilgilerimize enşildiği anlaşılmaktadır (Şekil 9).

Ana kütlelerin dış duvar kalınlıkları 1.00-1.40 m arasındadır.

Yatay yüklere karşı duvarların yeterliliğini sağlamak veya arttırmak amacı ile yapı dışlarında 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.

Temeller:

Mimar Sinan camilerinin temelleri üzerinde çok az sayıda inceleme yapılmıştır. Yine de bu araştırmalardan elde edilen bilgiler, temellerin kaba yonu taşından kademeli genişleyen kârgir duvar tipinde olduğu, sağlam kaya zemine indiğini göstermektedir. Temel altlarında ahşap ızgaralar veya kazıklarla zemin islahı yapıldığı haller bulunması da büyük bir olasılık olarak ortaya çıkmaktadır.

Mimar Sinan sıralanan ve kendinden evvelkilerin de kullandıkları taşıyıcı sistem öğelerini kendisine özgü dehasıyla seçmiş ve bunlarla oluşturduğu her biri diğerinden güzel, daima birbirini aşan daha evvel kullanılmamış kombinasyonlarla birleştirerek camilerini oluşturmuş ve bu eserlerinde bu günkü olanaklarımızla dahi incelediğimizde hatalı olabilecek bir yolu denememiştir. Eserlerinin 350 yıldır taşıyıcı sistem arızası göstermeden bu güne kadar çeşitli doğal afetleri de geçirecek kalması, Mimar Sinan'ın üst ve alt yapı çözümlerindeki engin bilgi ve deneyimini kanıtlamaktadır.

Kendinden evvelkileri özümleyip, kendinden sonrakilere -bu günkü mimar ve mühendisler dahil - örnek alınacak eserler bırakan Mimar Sinan'ın dünya mimarlık ve mühendislik tarihindeki değerli yeri tartışılmaz.



8. Mihriman Sultan (Edirnekapi)-dış yan duvar görünüşü



9. Selimiye-dış görünüş payandaları