Osmanlı Dönemi Yapı Temellerinde Sismik Yalıtım*

Hilal Günay**
Necdet Torunbalcı***

Öz

Yapıların deprem gerçeğine yönelik olarak ele alınması geçmişten günümüze söz konusu olmuştur. Yapısal tasarım noktasında dikkate alınan önemli bir girdi olan sismik yükler, yakın tarihe kadar yapısal dayanıklılık ile ilişkilendirilmekte iken modern sismik anlayışla birlikte çeşitli eleman ve düzenlemelerle sismik girdinin azaltılması ya da aktif etkileşimle sönüm ile ilişkilendirilmekte ve yapısal tepkinin azaltılması amaçlanmaktadır. Günümüzde modern sismik anlayış ile şekillenen taban yalıtım sistemlerinin araştırmaları sürdürülmekte ve kullanım alanları giderek artmaktadır. Osmanlı Dönemi yapıları incelendiğinde de bazı temel düzenlemelerinin taban yalıtımı anlayışına benzerliği gözlenmiştir. Özellikle Konjic Köprüsü, Süleymaniye Camii, Nuru Osmaniye Camii, Büyük Mecidiye Camii ve Küçüksu Kasrı yapılarının temel düzenlemeleri bu duruma kaynak oluşturmaktadır. Çalışma, bu alandaki benzerlikten yola çıkılarak ülkemizdeki bazı yapıların karşılaştırmalı olarak temel düzenlemelerinin incelenmesini, geçmişteki uygulamaların, modern sismik taban yalıtım sistemleri ile benzerliğini irdeleyerek, günümüz taban yalıtım sistemlerinin ilk örnekleri olup olmadığı konusunun açıklığa kavuşturulmasını, geçmişe ve geleceğe ışık tutulmasını hedeflemektedir.

Anahtar kelimeler: Sismik taban yalıtımı, yapı temeli, Konjic Köprüsü, Süleymaniye Camii, Nuru Osmaniye Camii, Büyük Mecidiye Camii, Küçüksu Kasrı

Seismic Isolation in the Building Foundations of the Ottoman Empire

Abstract

Considering structures in view of the reality of earthquakes has occurred throughout history. Until recently, seismic loads were associated with structural durability, but with the modern seismic understanding, the aim is to reduce the seismic input with various arrangements or to reduce the structural response by associating it with active interaction and damping. Research of base isolation systems shaped by modern seismic understanding continues and its areas of usage are gradually increasing. When the structures of the Ottoman Empire are analyzed, it is observed that some of the foundation arrangements are similar to the base isolation approach. This is especially true for the foundation arrangements of the Konjic Bridge, Süleymaniye Mosque, Nuru Osmaniye Mosque, Büyük Mecidiye Mosque, and Küçüksu Pavilion structures. This study aims to examine and compare the foundation arrangements of the aforementioned Ottoman buildings, to clarify whether they are the first examples of today's base insulation systems by examining the similarities of past applications with modern seismic base insulation systems, and to shed light on the past and future.

Keywords: Seismic base isolation, building foundation, Konjic Bridge, Süleymaniye Mosque, Nuru Osmaniye Mosque, Büyük Mecidiye Mosque, Küçüksu Pavilion

* DOI: 10.16971/vakiflar.1260264
Makalenin Geliş Tarihi / Received Date: Mart 2023 / March 2023
Makalenin Kabul Tarihi / Accepted Date: Ekim 2023 / October 2023

** Araştırma Görevlisi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü; İstanbul-Türkiye; hgunay@fsm.edu.tr; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4465-794X.

*** Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, İstanbul-Türkiye; necdet@itu.edu.tr; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3298-8127.

Giriş

Sismik etkilere karşı tasarım, öncelikle yapısal ve bazen de yapısal olmayan elemanların olası deprem etkileri dikkate alınarak tasarlanmasıdır. Genellikle sismik tasarım yaklaşımı, yapının kendi dayanımı ile sismik korumanın sağlanması ya da yapısal sisteme eklenen modern ekipmanlarla sismik etkilerin sönümlenmesi ve/veya yapıya mümkün olduğunca az yansıtılması şeklinde olmaktadır. Geleneksel sismik tasarım yaklaşımına göre bina kapasitesi, deprem talebinden büyük olmalı ve gelen yatay yüklere dayanım sağlamalıdır. Öte yandan modern sismik anlayış, yapının sismik kapasitesini artırmak yerine sismik girdinin azaltılması ya da dağıtılması ile sönümlenmesini veya yapı hareketi ile aktif sönüm sağlanmasını esas almaktadır.

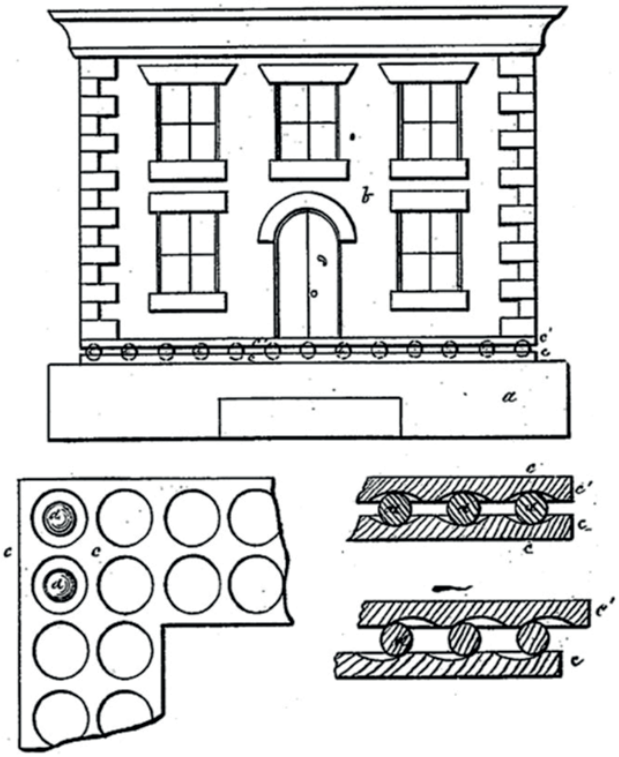
Modern sismik koruma anlayışıyla şekillenen taban yalıtımı, yapı temel seviyesine eklenen özel düzenekler ile binaya etkiyen sismik girdinin bu seviyede sönümlenmesi / yapıdan yalıtılması prensibine dayanmaktadır. Bu nedenle günümüzde çokça tercih edilen ve kullanım alanı giderek artan taban yalıtım uygulaması, sismik koruma konusunda gayet efektif ve modern bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye'de özellikle Osmanlı Dönemi tarihi yapı temelleri incelendiğinde ise günümüzdeki sismik yalıtım uygulamalarının ilk örnekleri olarak değerlendirilebilecek taban yalıtım anlayışının ilkel düzenlemelerine rastlanmaktadır.

Büyük Cyros'un Mezarı, dünyadaki ilk taban yalıtımlı yapı olarak kabul görmektedir (Resim 1). Tarihçilere ve arkeologlara göre M.Ö. 550 yıllarında İran'ın Pasargad şehrinde inşa edilmiş olan yapı, günümüzde varlığını sürdürmektedir. Kireçtaşından yapılmış olan mezarın esasen iki temeli vardır. Saroj harcı (kireç sıvası ve kül veya kum karışımı) kullanılarak birleştirilen taşlardan oluşan alttaki temel, cilalanarak pürüzsüz bir yüzey elde edilmiştir. Bu alt temele bağlanmayan veya harçla sabitlenmeyen bir üst temel seviyesi, büyük bir plaka oluşturmak için metal çubuklar ve klipslerle birbirine tutturulmuş geniş cilalı taş bloklarından döşenmiştir. Böylece olası bir sismik etkide, zemin hareket ettiğinde alt temel hareket etmekte ve üst temel bu hareket eden taban üzerinde serbestçe kaymaktadır. Anıtın bugünkü varlığı ve bütünlüğü, orta şiddetli bir depreme dayanacak şekilde inşa edildiğini doğrulamaktadır. İran'ın dünyanın sismik açıdan aktif ülkelerinden biri olduğu göz önünde bulundurulduğunda taban yalıtımı benzeri bu çözümün, anıtın zaman içinde hasar görmesini önleyerek, günümüze kadar ulaşabilmesine katkıda bulunduğu söylenebilir (Botis ve Harbic, 2012: 95).



Resim 1. Büyük Cyrus'un Mezarı (Url-1)

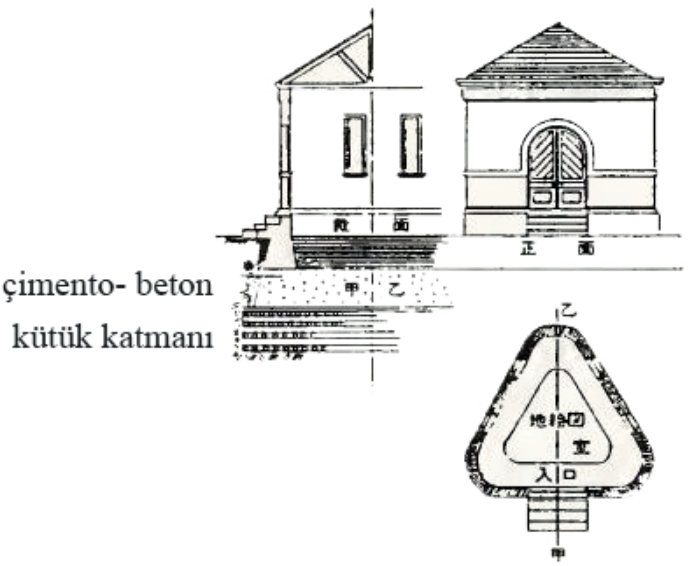
Taban yalıtımına yönelik yakın geçmişteki çalışmalara örnek olarak 1870 yılında Jules Touaillon tarafından geliştirilen ve patent alan küresel toplardan oluşan temel sistemi verilebilir. Bu sistem, küresel içbükey yüzey arasında yer alan küresel toplardan oluşmaktadır (Şekil 1) (Makris, 2018:1). Bu sistemde kürelerin, iç bükey yuvalardaki hareketi sayesinde yer hareketinin üst yapıya etkisinin minimal düzeye düşürüldüğü ve iç bükey yüzeylerin de yer çekimi sayesinde merkezlemeyi sağladığı söylenebilir.



Şekil 1. Jules Touaillon'a ait taban yalıtımı patent çizimleri (Touaillon, 1870)

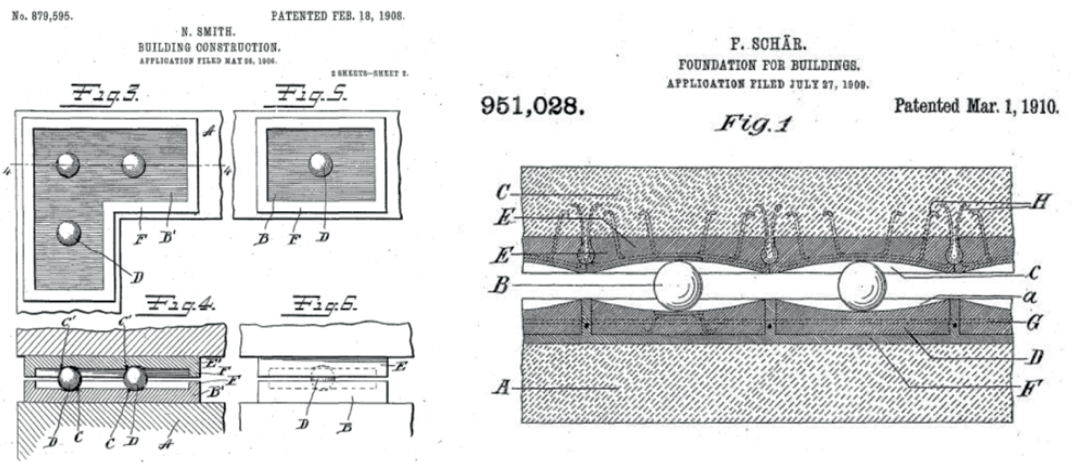
Bir diğer taban yalıtımı örneği Tokyo Üniversitesi'nde profesör olan jeolog ve sismolog John Milne'ye aittir. 1876 ve 1895 yılları arasında araştırmalar yapan Milne, yapıların temeline yalıtım elemanları yerleştirmeyi önermiştir. Milne, çalışmalarında genellikle 25 cm çapına sahip 4 adet dökme demir bilyeyi bina temeline yalıtım elemanı olarak yerleştirmiştir. Bu yalıtım yöntemi ile inşa edilen yapı sismik etkilere karşı iyi performans gösterirken rüzgar etkileri altında olumsuz performans sergilemiştir. Daha sonraki çalışmalarda bilye çapları 2,5 cm'ye düşürülmüş ancak tatmin edici sonuçlara ulaşılamamıştır. Son olarak, yuvarlanma sürtünmesini artırmak için her bir bilye, iki düz plaka arasında duran bir avuç dolusu 6 mm boyutundaki küresel dökme demirle değiştirilmiştir. Milne'nin çalışmasına göre, bu şekilde bina rüzgar yüklerine karşı stabil hale gelirken, yapıda ölçülen ivmeler zeminde ölçülenlerden yaklaşık altı kat daha düşük çıkmıştır (Tezcan ve Cimilli, 2002:5). Milne herhangi bir çizim yayınlamamış olsa da sismik yalıtım konusunda önemli bir çalışma sunmuştur (Carpani, 2017:6).

Japonya'da 1891 yılında sismik taban yalıtımı ile ilgili ilk makale Kozo Kawai tarafından Journal of the Architectural Institute of Japan dergisinde yayınlanmıştır (Raufaste, 1992:27). 'Deprem sırasında maksimum titreşimlerden arındırılmış yapılar' başlıklı makalede, titreşimlere karşı elemanlarla donatılmış küçük bir yapı tanımlanmaktadır. Yapı, rijitliği artırmak amacıyla üçgen bir forma sahiptir ve çapraz bir düzende bir araya getirilmiş birkaç ahşap kütük katman üzerine oturan beton bir platformdan oluşan bir tür hareketli temele sahiptir. Ayrıca bina çevresinde derin hendekler bulunmaktadır (Şekil 2).



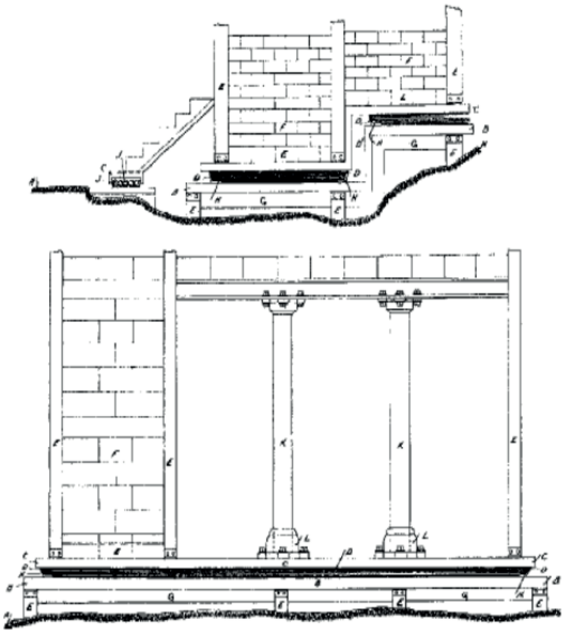
Şekil 2. Kozo Kawai'nin anti-sismik binası (Raufaste, 1992)

Yirminci yüzyılın ilk on yılı, sismik hasarın azaltılmasına yönelik yeni yöntemlerin araştırılmasına ivme kazandıran bir dizi felaket niteliğindeki büyük depremlerle geçmiştir. 1906'da Valparaiso ve San Francisco'da ve 1908'de Messina-Reggio'da meydana gelen depremleri takip eden yıllarda temel yalıtımı yaklaşımlarında özellikle de bilyeli sistemlere dayanan patentlerin sayısında artış gözlenmiştir (Şekil 3) (Carpani, 2017:6).



Şekil 3. 1908 ve 1910 yıllarında patenti alınan bilyeli temel sistemi örnekleri (Carpani, 2017)

Tıp doktoru olan Johannes Avetica Calantarients de 1909'da yapıları temelden ayırmak için kum ya da talk kullanmayı öneren çalışmasıyla bir İngiliz patenti almıştır (Şekil 4) (Naeim ve Kelly, 1999: 1).



Şekil **4.** Calantarients tarafından önerilen taban yalıtım sistemi (Botis ve Harbic, 2012)

Frank Lloyd Wright Tokyo'da bulunan Imperial Otel'i taban yalıtımı anlayışıyla tasarlamıştır. 1921 yılında inşa edilen yapı zemini, 2,5 m sert tabaka altında yaklaşık 20 m yumuşak çamur tabakadan oluşmaktaydı. Bina temeli çamur tabakaya uzanan kazıklar üzerinde yükselmektedir. Bu sayede yapı 1923 yılında gerçekleşen Tokyo depremini hasarsız atlatmıştır (Makris, 2008:2).

Türkiye'de ise modern anlamda ilk taban yalıtımı uygulamaları 1990'larda, öngermeli geniş açıklıklı köprü kiriş mesnetlerinde kullanılmasıyla başlamıştır. Neopren/kauçuk mesnetler köprü kirişlerinin, her ne kadar köprü tabanında olmasa da köprü ayağı ile kirişler/tabliye arasında sismik bir yalıtım oluşturmaktadır. Günümüzde sismik taban yalıtımı uygulamaları özellikle hastane binalarında olmak üzere süratle artmaktadır.

Sismik hareketi temel seviyesinde üst yapıdan ayırmayı ele alan bu örnekler, aslında geçmişten beri süregelen bir araştırmanın da sonucu olmaktadır. Temel inşa sürecinden bahseden en eski kaynaklardan olan Vitruvius'un (M.Ö. 80-70. yy), yazdığı kitaplarda tapınak gibi büyük yapı temellerinin sağlam zemine oturtulması esas alınmıştır. Temel inşa edilecek yerde sert zemine ulaşılamadığında yumuşak zemin kazılıp temizlenmeli ve köprü ayaklarında uygulanan mantıkla ahşap kazıklar çakılmalıdır. Vitruvius ayrıca ahşap malzemenin sürekli su altında kalmasının sağlamlık açısından gerekli olduğunu belirtmiştir (Şekil 5). Öte yandan bu teknikler su seviyesinin yüksek olduğu zeminlerde günümüzde dahi uygulanmaktadır.

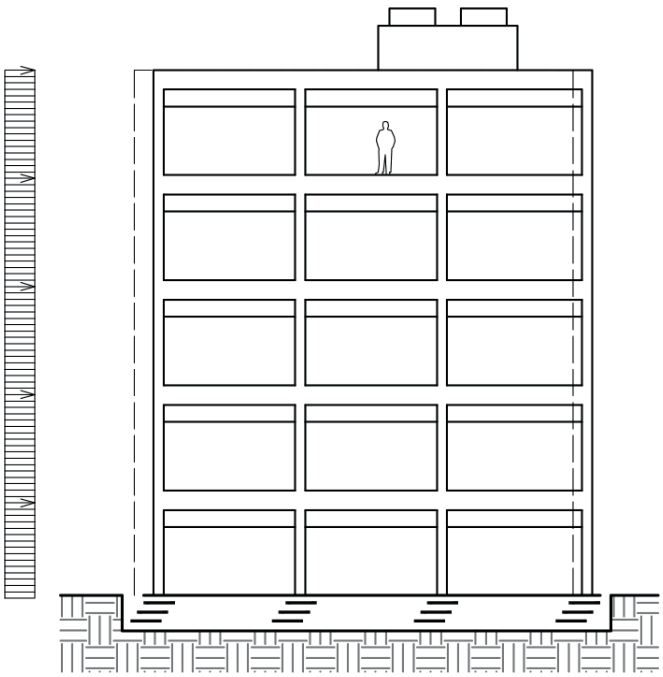


Şekil 5. Vitruvius Mimarlığın On Kitabı'ndan bir temel çizimi (M.Ö. 80-70. yy)

İstanbul Haliç kıyılarında yer alan birçok tarihi yapı temellerinde de çoğu zaman ana kayaya oturan kazıklı temel sistemleri ya da sıkıştırılmış suni dolgu üzerine yüzeysel temeller uygulanmıştır. Suni dolguların sıkıştırılıp, yapının düşük gerilme aktaran yüzeysel temele oturtulmasında bir miktar oturmayı göz önüne almak gerekmektedir. Örneğin Unkapanı-Galata köprüleri arasında Haliç ve Galata surları önündeki kıyılarda, 100-150 yıl önce yapılmış yapılar oturmuş, kaykılmış ya da birbirine yaslanmıştır (Toğrol vd. 1986:95). Bu olumsuzluklara karşı Osmanlı Dönemi yapılarında birtakım temel düzenlemeleri gözlenmiştir. Yapıyı zemin koşullarına rağmen taşıyan ve olası sismik etkilere karşı koruyan bu döneme ait temel yapılarının taban yalıtımı anlayışına benzerliği dikkat çekmektedir. Bu araştırma, taban yalıtım sistemlerinin çalışma prensibi üzerinden Osmanlı dönemi yapı temellerinin incelenerek aralarındaki benzerlik ilişkisinin örnek vakalar üzerinden irdelenmesini kapsamaktadır.

1. Sismik Taban Yalıtımı

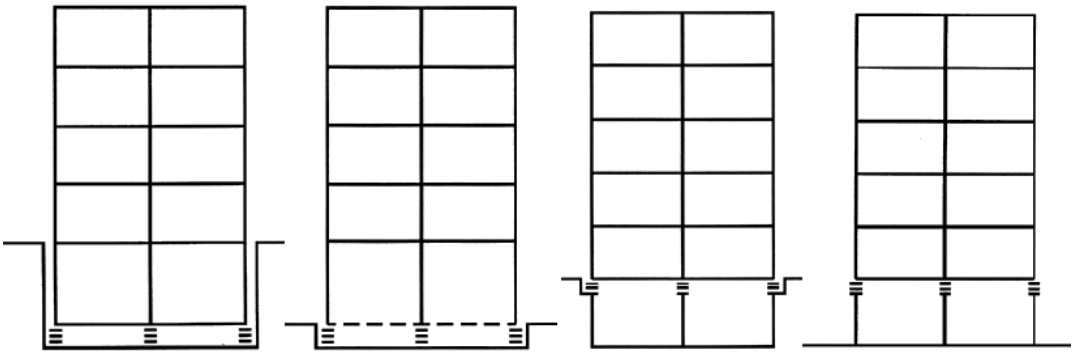
Taban yalıtımının çalışma prensibi, yapıyı deprem yükü etkiyecek zemin hareketlerinden ayırma esasına dayanmaktadır. Bu durumda altyapı ve üstyapı birbirinden ayrılmakta ve sismik yükler altyapıda özel ekipmanlar sayesinde sönümlenmektedir. Taban yalıtımında amaç, yapının olası bir deprem etkisi karşısındaki sismik enerjinin zemine en yakın yapısal eleman olan temel ya da temele yakın seviyede azaltılmasıdır (Şekil 6). Sismik taban yalıtım sistemleri, dünyada ve ülkemizde sismik etkilere karşı yapılarda en yaygın kullanılan modern sismik koruma sistemleridir.



Şekil 6. Sismik taban yalıtım sistemleri sismik yük etkisi (Mayes ve Naeim 2001)

Sismik taban yalıtım sistemleri, yapının frekansını yani titreşim sıklığını düşürmekte dolayısıyla yapı periyodunu artırmaktadır. Yapı periyodunun artışı, bina yatay yerdeğiştirmelerinin artmasına neden olmaktadır. Yalıtımlı yapıda yatay yerdeğiştirmelerin büyük kısmı, yalıtım seviyesinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla sismik yük etkisinde üstyapıda daha küçük yatay deplasmanlar meydana gelirken taban izolatörlerinde büyük yatay deplasmanlar oluşmaktadır. Bu yatay yerdeğiştirmeler sayesinde yalıtım seviyesinde sismik enerji büyük oranda sönümlenmektedir. Üstyapıda ise katlar arası yatay yerdeğiştirmeler küçüleceğinden deprem esnasında daha rijit bir davranış sergilenmektedir.

Taban yalıtımında sönümü sağlayan elemanlar olan izolatörlerin konumu temel üst kotu veya bodrum kat seviyeleri olarak çeşitlenebilmektedir (Şekil 7). Diğer yandan geniş açıklıklı çatı sistemlerinin kolonları üzerine yerleştirilen izolatörler ile yalıtılabildiği örnekler de mevcuttur.

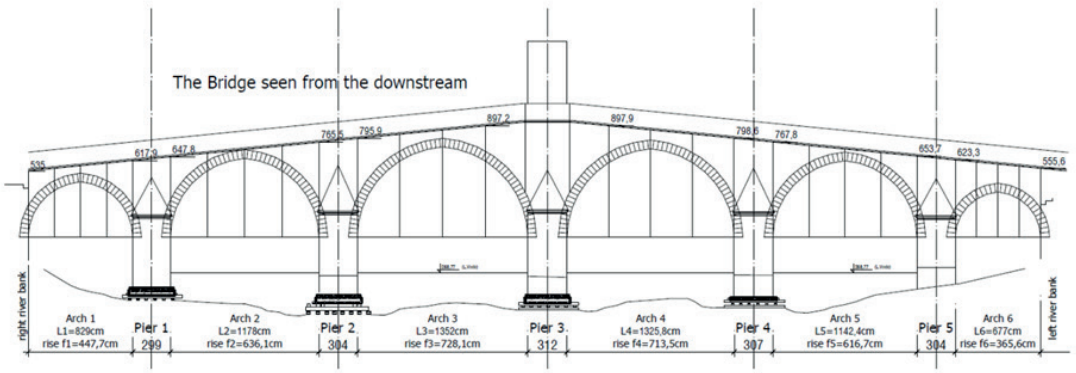


Şekil 7. Temel ya da bodrum kat seviyelerinde taban yalıtımı (Mayes ve Naeim, 2001)

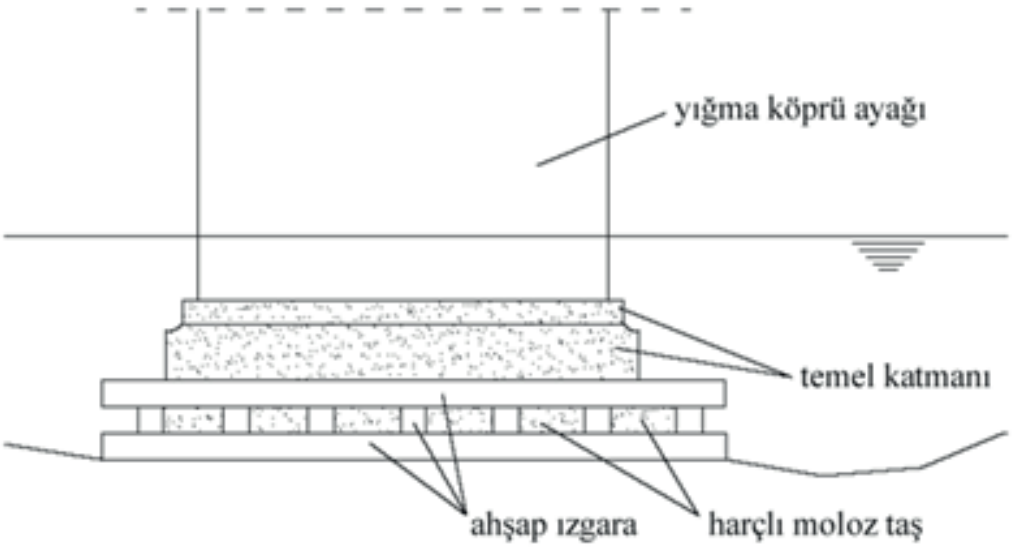
2. Osmanlı Dönemi Yapı Temelleri ve Taban Yalıtımı

Sismik taban yalıtımı anlayışı ve mevcut tarihi yapılardaki izleri ve etkileri incelendiğinde Osmanlı dönemi yapılarında da bu tarz düzenlemelerin sismik etkilere karşı etkili olarak kullanıldığı gözlenmiştir. Bu konuda öncelikli olarak İstanbul zemin koşulları ve sismik etkileri dikkate alınarak Konjic Köprüsü, Süleymaniye Camisi, Nuru Osmaniye Camisi, Büyük Mecidiye Camisi ve Küçüksu Kasrı yapıları değerlendirilmiştir.

Osmanlı Döneminde inşa edilen Saray Bosna Neretva Nehri üzerinde bulunan 1682 yapım tarihli Konjic Köprüsü ayaklarında, ızgaralı temel sistemi kullanılmıştır (Kulukcija vd. 2009:6). Yatayda her iki yönde çalışan ızgara sistemi olası bir yatay hareket etkisinde iki yönde hareket sağlamaktadır. Bu sayede olası sismik etkileri sönümleyerek azaltan dolayısıyla sismik yalıtım sağlayan elastik bir temel sistemi Konjic Köprüsü'nde uygulanmıştır (Şekil 8, 9).



Şekil 8. Konjic Köprüsü kesit çizimi (Kulukcija vd. 2009)

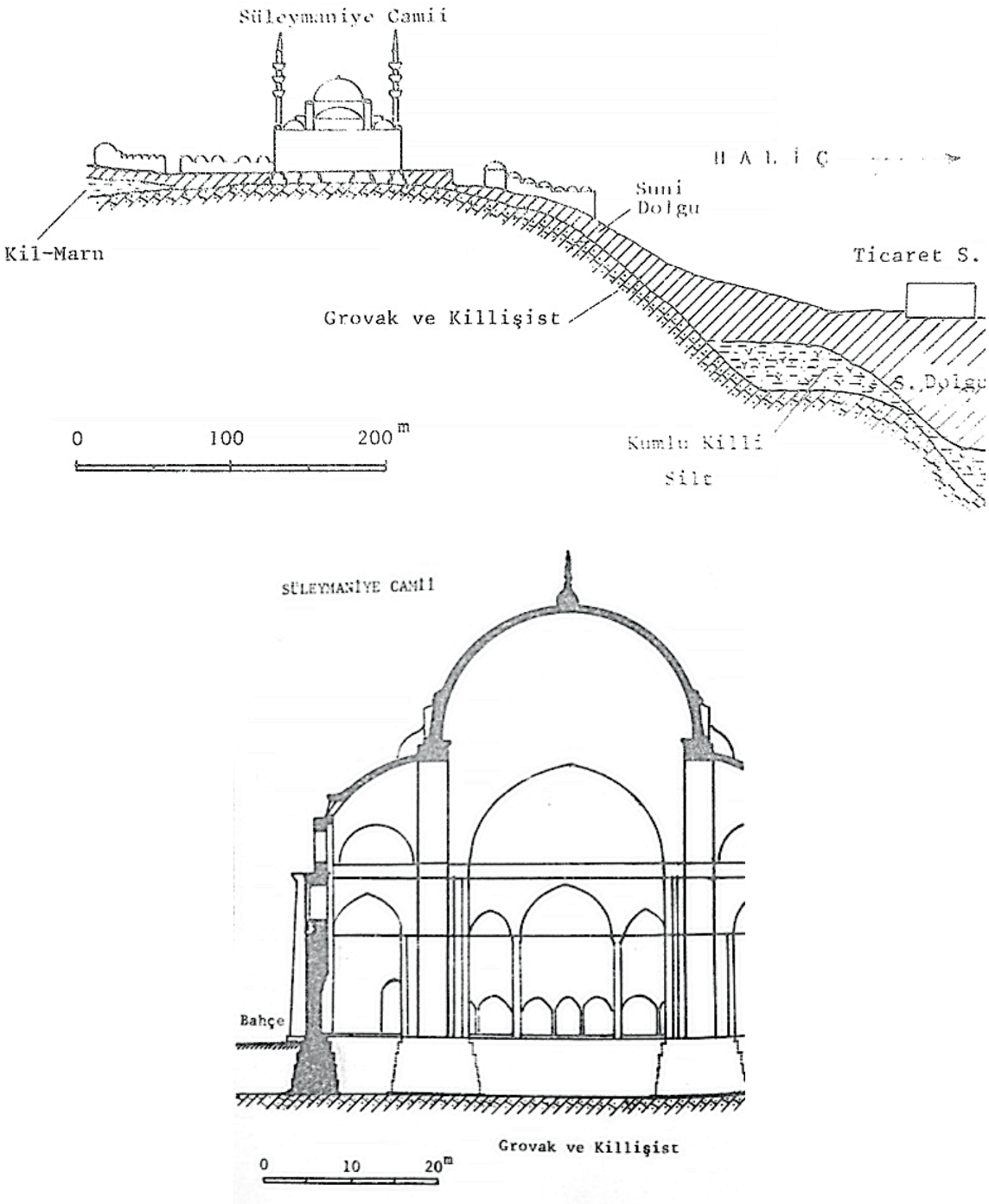


Şekil 9. Konjic Köprüsü ayak temelleri karakteristik kesit çizimi (Kulukcija vd. 2009)

Haliç'e hakim tepelerden biri üzerinde bulunan Osmanlı Dönemi ve günümüz için büyük değere sahip Mimar Sinan eseri Süleymaniye Camisi'nde 1957 yılında yapılan sondaj çalışmaları ile yapının temel sistemi hakkında bilgiler edinilmiştir. Yapı temel ayaklarının ampatmanlı şekilde genişlediği ve içerisinde meşe ahşap ızgaraların bulunduğu 20 cm kalınlığındaki horasan harcına oturduğu gözlemlenmiştir. Taşıyıcı özelliğe sahip beden duvarları ve minare temel ayaklarında ampatmanların geniş, avlu temel ayaklarında ise dar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10) (Aksoy, 1982:53).



Resim 2. Süleymaniye Camisi'ne Haliçten bakış (Url-2)

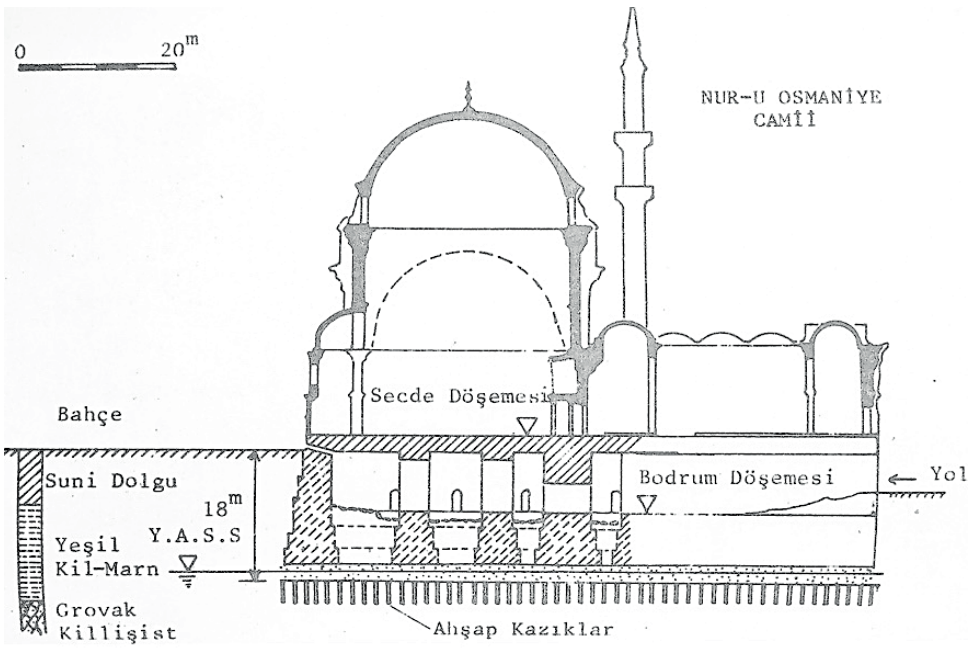


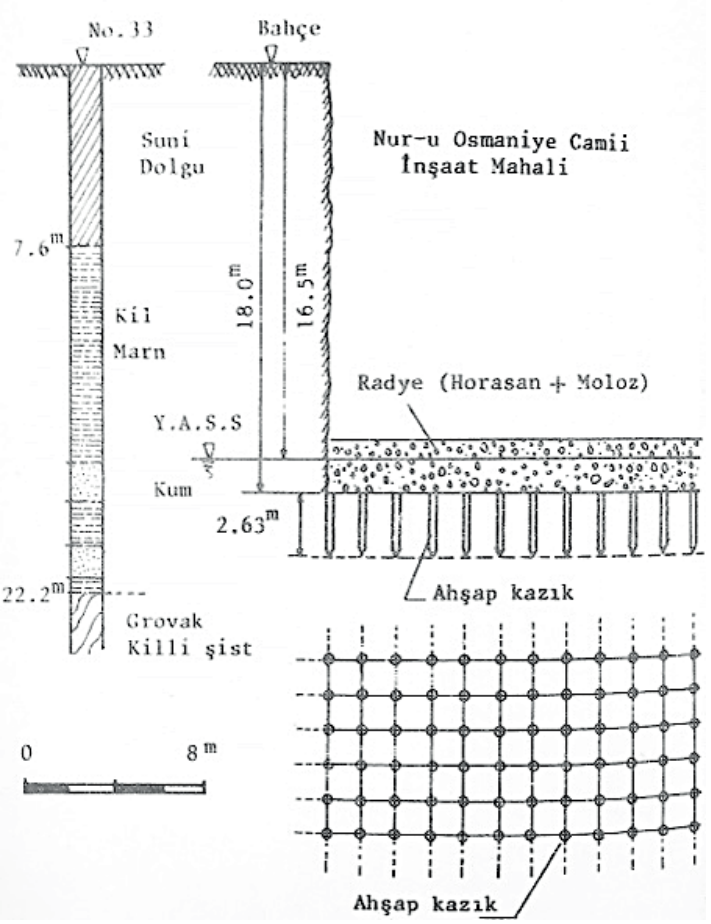
Şekil 10. Süleymaniye Camisi jeolojik kesiti ve temel ayakları (Peynircioğlu vd. 1978; Aksoy, 1982)

1748-1755 yılları arasında İstanbul'un suriçi bölümünde inşa edilen Osmanlı'nın ilk barok üsluplu eseri olan Nuru Osmaniye Camisi temeli, ahşap çerçeve sistem üzerinde harç ve ampatmanlı temel ayakları şeklinde çözülmüştür (Şekil 11). Bu sayede geçirilen birçok büyük deprem sonrası yakınlarındaki yapılarda hasarlar gözlenirken Nuru Osmaniye Camisi önemli bir hasar almadan günümüze ulaşmıştır.



Resim 3. Nuru Osmaniye Camisi (Url-3)





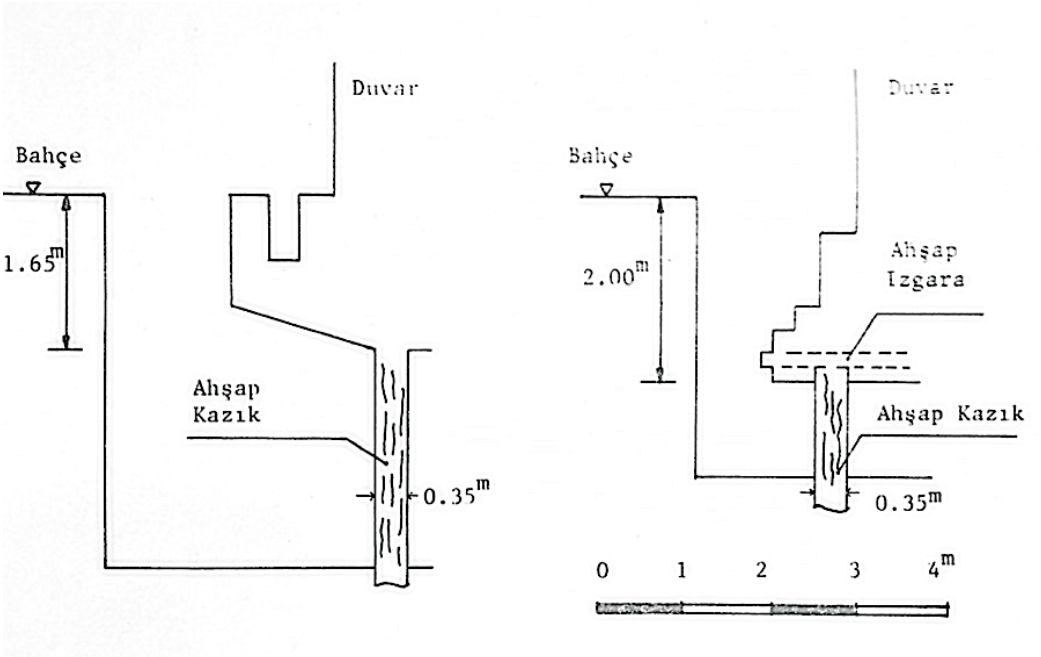
Şekil 11. Nuru Osmaniye Camisi temeli (Aksoy, 1982)

Nuru Osmaniye Camisi 2010-2012 arası restorasyon çalışmaları sırasında yapı malzemeleri ve yapısal sisteminde sağlamlaştırma işlemleri uygulanmıştır. Yapısal sistemde uygulanan sağlamlaştırmalar; ağırlık kule çekirdeklerindeki çatlaklarda paslanmaz çelik malzeme kullanımı, mermer bütünlemelerde paslanmaz çelik- epoksi- hidrolik kireç esaslı yapıştırma harcı kullanımı, kopan taş parçalarında derz harcı ve paslanmaz çelik tij elemanlar vasıtasıyla yerine tespit ve en önemlisi de yapı bodrum katında paslanmaz çelik destekleyici elemanların eklenmesidir (Alioğlu ve Aydemir, 2012:90). Ampatmanlı temeller üzerinde kalın ve yüksek yığma taşlardan yükselen kemer ve tonozlara sahip bodrum katta yapının özgün halinde çekme etkilerini azaltmak amaçlı ahşap hatıl ve gergiler eklenmiştir. Mevcut durumda hatıl ve gergilerde kullanılmış olan ahşap çürümüş ve yapısal özelliklerini büyük oranda kaybetmiştir. Restorasyon çalışmaları sırasında bu elemanlar özgün kotlarında paslanmaz çelik elemanlar ile değiştirilmiştir. Hatıl elemanlar uzay kafes çelik sistem ile gergiler ise çelik çubuklar ile elde edilmiştir. Yeni hatıl ve gergi elemanları çevresinde oluşan boşluklar yapının özgün harcına benzer özellikteki hazırlanan harç ile doldurularak bodrum kat seviyesinde yapısal sağlamlaştırma işlemleri tamamlanmıştır (Alioğlu ve Aydemir, 2012:90). Uygulanan sağlamlaştırma işlemleri ile yapı özgün halindeki yapısal güvenlik seviyesine erişilmiştir.

Suni dolgular üzerinde yükselen bir diğer tarihi değeri yüksek Osmanlı Dönemi yapısı olan Büyük Mecidiye Camisi'nde de temel sisteminde benzer şekilde ahşap kazıklar üzerinde ahşap ızgara elemanlar gözlenmiştir (Şekil 12).

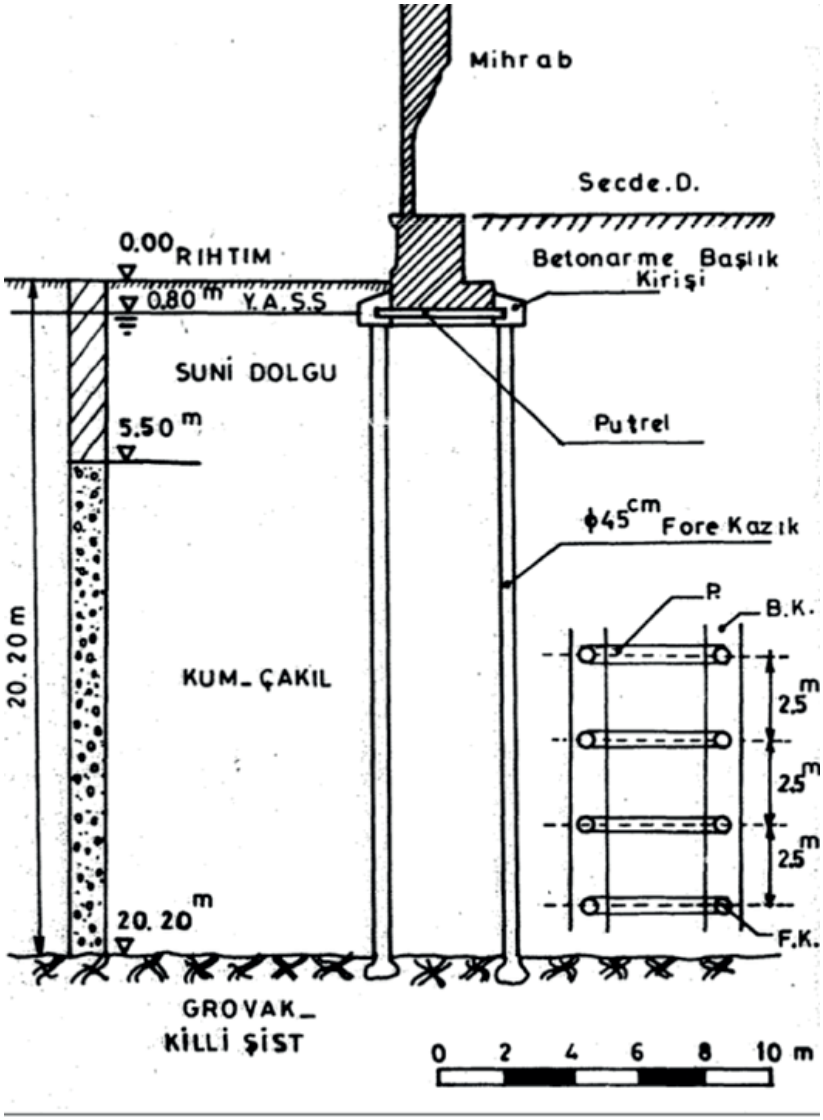


Resim 4. Büyük Mecidiye Camisi (Url-4)



Şekil 12. Büyük Mecidiye Camisi temel kesitleri (Aksoy, 1982)

Yapı temellerinin suni dolgu zemin üzerine oturması ve lodos dalgaları etkisiyle zamanla hasarların oluşması nedeniyle 1968 yılında temel sistemine fore kazıklar eklenmiş ve yapı yükü ana kayaya aktarılmıştır (Şekil 13) (Sarı, 2008:119).



Şekil 13. 1968 yılı Büyük Mecidiye Camisi fore kazıklarla yapılan temel takviyesi (Aksoy, 1981)

Büyük Mecidiye Camisi'nde uygulanan 2011-2014 tarihli restorasyonu ile önceki restorasyonlarda yapıya eklenen ve yapısal sistemi olumsuz etkileyen durumlar ortadan kaldırılmaya çalışılmış ve taşıyıcı sisteme olumlu etki edecek düzenlemeler yapılmıştır. Restorasyon çalışması öncesi betonarme döşeme üzerine ahşap parke ve halı kaplama olan zeminde hidrolik kesim yaparak tüm zemin kat betonarme döşemeleri kaldırılmış ve gerekli kot ayarlamaları yapıldıktan sonra ahşap konstrüksiyonlu döşemeye dönüştürülmüştür (Resim 5, 6). Yapı tonozlarında ve duvarlarında zamanla meydana gelen yapısal çatlaklar sağlamlaştırma harcı enjekte edilerek kapatılmıştır. Çelik konstrüksiyona sahip muhdes ara kat döşemesi sökülmüş ve işlem sonrası duvarlarda ortaya çıkan hasarlar tuğla dikişleri yapılarak ortadan kaldırılmıştır. Baş kurtarma seviyesinden kesilen taşıyıcı kemerler, çürütülerek ve tuğla dikişleri yapılarak tamamlanmıştır. Kesilen gergi demirleri yerine ise statik proje raporuna uygun detayda yenileri eklenmiştir (Resim 7) (Ersen ve Timas Koçak, 2014:392). Camide uygulanan son restorasyon projesi ile yapısal problemler çözüme kavuşmuş ve yapısal güvenlik seviyesine ulaşılmıştır.



Resim 5. Büyük Mecidiye Cami zemindeki betonarme döşemenin tahliyesi (Ersen ve Timas Koçak, 2014)



Resim 6. Büyük Mecidiye Cami Hünkar Kasrındaki ahşap zemin uygulaması (Ersen ve Timas Koçak, 2014)



Resim 7. Büyük Mecidiye Cami son cemaat yeri restorasyon sonrası görünümü (Ersen ve Timas Koçak, 2014)

Bir diğer örnek yapı Küçüksu Kasrı'dır. Gevşek bir zemine inşa edilen yapı temelleri ahşap kazıklar üzerine yerleştirilen ahşap ızgara sistem üzerinde bulunmaktadır (Toğrol, 1993:135).



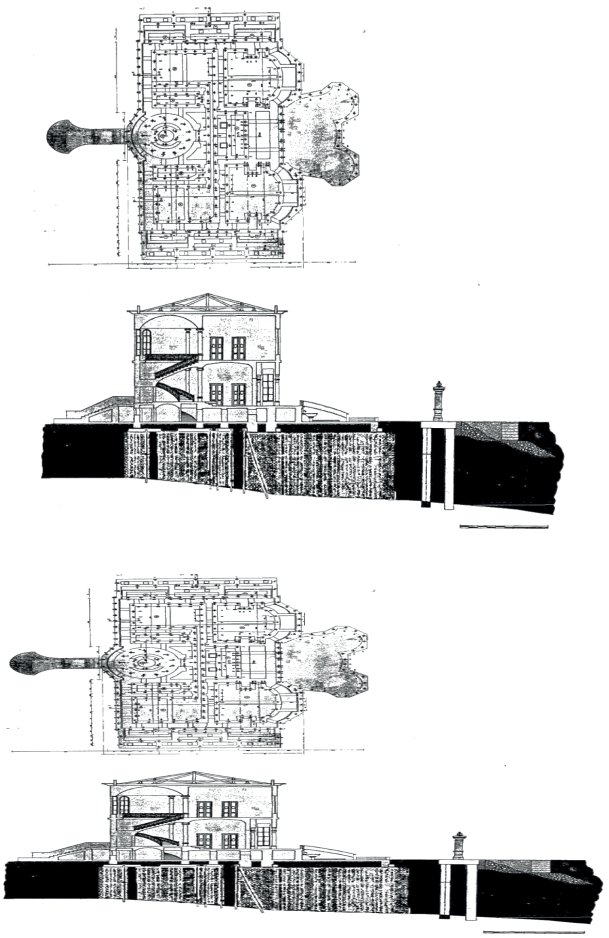
Resim 8. Küçüksu Kasrı (Url-5)

Yapı denize doğru kayma nedenli çatlaklarla birlikte önemli bir tehlike altında kaldığı için 1992 yılında restorasyonu gerçekleştirilmiştir. Yapının bir taraftan deniz yönünde kaykılması diğer taraftan da zemine oturması gözlenmiştir. Yapıda oluşan çatlak ve deformasyonların ana nedeni yapı temelinin çeşitli kısımlarında farklı oturmalar olması ile binada meydana gelen dönme etkileridir. Binanın taşıyıcı duvar temellerinin ahşap ızgara ve ahşap kazıklardan oluşması, bina yükünün radye temel sisteminde olduğu gibi eşit dağılmasını sağlamış ve yapının karşılaştığı bu tarz oturmalar nedeniyle daha büyük hasar görmemesini sağlamıştır (Toğrol, 1993:135).

Küçüksu Kasrı yapısı ve bahçesinde oluşan çatlak ve deformasyonların onarılması ve arazi stabilitesinin güçlendirilmesi için 1992 yılında uygulanan restorasyon projesinde; yapının ana kayaya oturtulması ve yapı zeminindeki olası yatay etkilerin kontrol altına alınması amaçlanmıştır. Yapının ana kayaya oturması için temellere güçlendirme yapılması ve toplam yükün kazıklar ile ana kayaya iletilmesi (underpinning) yöntemi benimsenmiştir. Yatay etkilerin kontrolü ise binayı taşıyan kazıklı sistem ve rıhtımı meydana

getiren kazıklı sistem sayesinde sağlanmıştır (Toğrol, 1993:136).

Temellerin desteklenebilmesi ve bina toplam yükünün derinlerdeki sağlam zemin tabakasına iletilebilmesi için bina dışından 94, bina içinden 224 adet jet-grout kazıkları yapı temelleri çevresinde yerleştirilmiştir (Şekil 14). Ayrıca temellerin her iki yanına betonarme yanak kirişleri dökülmüştür. Bu kirişler, taşıyıcı duvarlar 20 cm kertilerek duvar içine sokulmuştur. Öte yandan duvarlarda belli noktalarda oyuklar açılarak duvarın iki yanında yanak kirişleri birbirlerine bağlanmış durumdadır. Yanak kirişleri içerisine yerleşen jet-grout kolonları, taşıyıcı duvar yüklerini ana kayaya yani sağlam zemine iletmektedir (Toğrol, 1993:137).

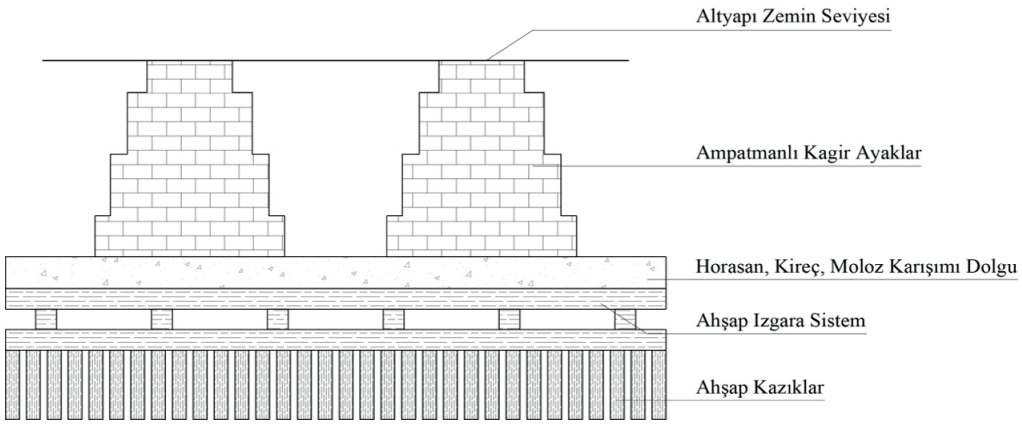


Şekil 14. Küçüksu Kasrı jet-grout uygulaması (Toğrol, 1993)

Küçüksu Kasrı, özgün halindeki temel sistemine ek olarak son restorasyon çalışmasında uygulanan yapısal güçlendirme işlemleri ile daha uzun yıllar hizmet verebilecek bir duruma gelmiştir.

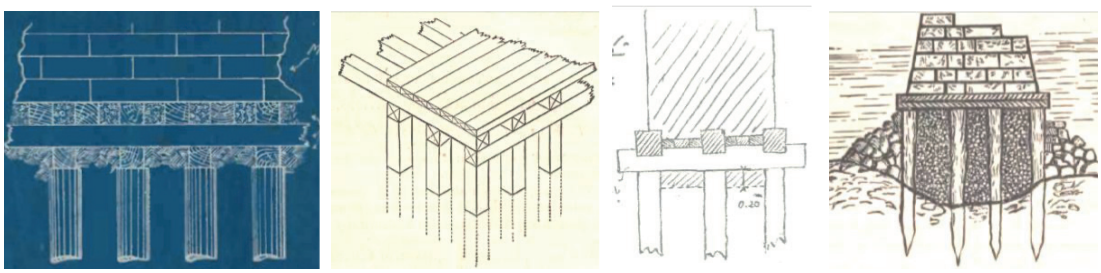
Osmanlı Dönemi yapılarında öncelikli olarak temellerin kayalık zeminlere oturtulması benimsenmiş dolayısıyla temel kazıları sağlam zemine ulaşılana kadar sürdürülmüştür. Zeminin sağlam olmadığı tespit edildiğinde ise kazıklı ve/veya ızgaralı temel sistemleri uygulanmıştır. Kazıklı ve ızgaralı temel sistemlerinde, sık düzende ahşap kazıklar sağlam zemine kadar çakılmakta sonrasında her iki yönde ahşap elemanlar ızgara düzeninde dizilmektedir. Izgara düzeninin üstüne horasan, kireç ve moloz karışımından oluşan dolgu malzemesi eklenmektedir. Sağlam olmayan zemine eklenen kazıklarla yapılan bu düzenleme ile artık zemin üzerine gelen yük eşit şekilde dağılmakta ve her iki yönde hareket edebilen ızgara sis-

temle olası sismik etkileri sönümleyen bir çeşit taban yalıtımı sağlanmaktadır. Bu şekilde temel sistemi hazırlandıktan sonra kagir temel bloğu ampatmanlı olarak örülmektedir (Şekil 15).

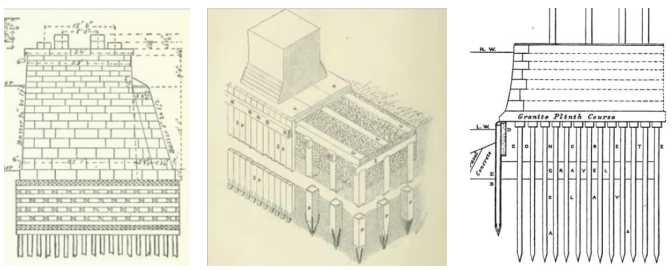


Şekil 15. Osmanlı Dönemi kazıklı yapı temellerinin karakteristik kesit çizimi.

Öte yandan ahşap ızgara sistemin tarihte zemin koşulları, yapı özellikleri ve diğer nedenler sonucunda birçok yapının temel inşasında uygulandığı bilinmektedir. Ahşap ızgara sistemler çok çeşitli olabilmekle birlikte birleşim noktalarında ahşap malzemeye özgü birleşim detay çözümleri uygulanmıştır (Şekil 16 ve Şekil 17).

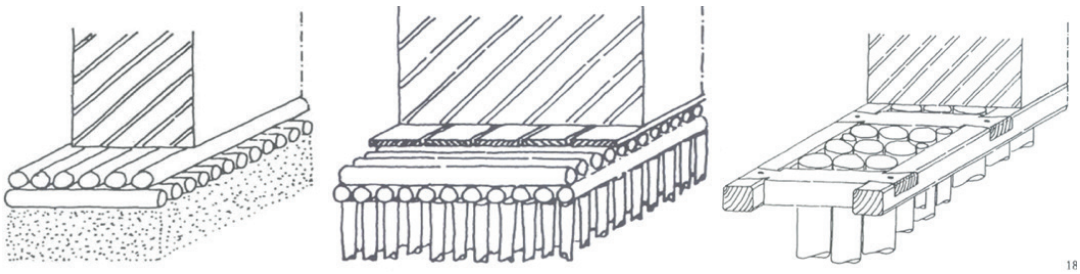


Şekil 16. Ahşap ızgara sistem detayları (sırasıyla Derleth, 1921; Feyzi, 1911; Dobson, 1872; Hasley, 1883).



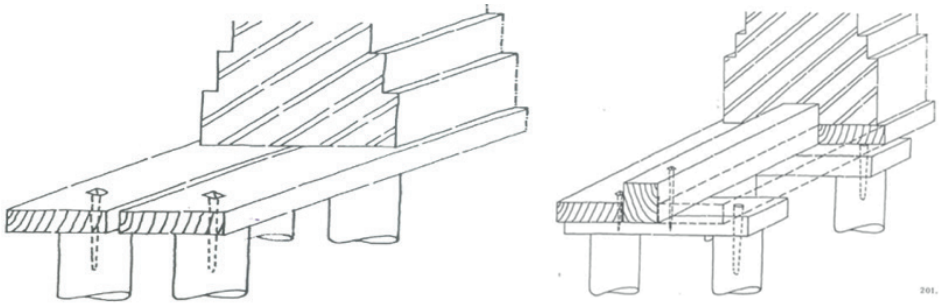
Şekil 17. Ahşap ızgara sistem detayları (sırasıyla Baker, 1902; Notes on Building Cons., 1891; Ashpitel,1867).

11. yy'dan beri uygulanan ahşap ızgara sistem detayları gelişerek günümüze ulaşmıştır. Şekil 18.a'da kazıksız temeller üzerine ince daire kesitli ahşap gövdeler iki yönde uygulanmıştır. Şekil 18.b'de birçok kısa kazık üzerine ince daire kesitli ahşap gövdeler iki yönde uygulanmıştır. Kazıkların uzunluğu yaklaşık 3 ila 4 metredir. Zemin mekaniği açısından bakıldığında bu sistem sürtünme kazıkları ve zemin iyileştirmenin bir kombinasyonu olarak işlev görmektedir. Şekil 18.c ise Şekil 18.b'deki sistemle ilgili sorunlardan biri olan kazıkların yatay yer değiştirmelerinin önlenmesi amacıyla geliştirilmiştir (Klaassen, 2005:14).



Şekil 18. Ahşap ızgara sistem gelişimi (Klaassen, 2005)

Şekil 19.a'da daha uzun kazıklar kullanılmıştır (uzunlukları 7 ila 8 metre). Bu kazıklar sürtünme kazıkları olarak işlev görürken, yine de uygun bir taşıma tabakasına ulaşmamışlardır. Daha yüksek taşıma kapasitesi nedeniyle boyuna kirişli bir sistem geliştirilmiştir. Şekil 19.b'de sert zemin katmanlarına yerleştirilmiş uzun kazıklar enine ve boyuna kirişli sistem eklenerek sağlamlaştırılmıştır. Uç taşıyıcı kazıklar sağlam zemin tabakasına oturtulmuştur ve oldukça güvenilirdir. Bu sistem 20. yüzyılın ilk yarısına kadar kullanılmıştır (Klaassen, 2005:15).



Şekil 19. Ahşap ızgara sistem gelişimi (Klaassen, 2005)

3. Değerlendirme ve Sonuç

Ülkemizde modern anlamda sismik taban yalıtım sistemlerinin iyileştirme amaçlı uygulandığı tarihi yığma yapı örnekleri henüz mevcut olmamakla birlikte Osmanlı dönemi yapı temellerinde günümüz taban yalıtım sistemlerinin ilkel haline rastlanmaktadır. O dönem yapılarında, sağlam zemine oturan temeller benimsense de sağlam olmayan zeminlerde ahşap kazıklar üzerine ahşap ızgara sistemi ve üzerinde dolgu tabakası oluşturarak zemin iyileştirilmesi yoluna gidilmiş ve günümüz taban yalıtım sistemlerinin yüklendiği görevi yerine getiren bir temel yalıtım sistemi oluşturulmuştur. Bosna Hersek'te bulunan Konjic Köprüsü, İstanbul'da bulunan Süleymaniye Cami, Nur-u Osmaniye Cami, Ortaköy Cami ve Küçüksu Kasrı yapılarının temellerinde yapılan çalışmalarla bu sistemin uygulandığı kanıtlanmıştır. Bu sistem sayesinde hem yapı yükleri temele yüzey alanı genişletilerek iletilmiş hem de temelde sismik yalıtım sağlanmıştır. Tarihi yapı temellerine restorasyon çalışmaları öncesi yapılan sondaj çalışmalarıyla birlikte edinilen bilgilerle ortaya çıkan bu sistemler günümüz taban yalıtım sistemleri ile karşılaştırmalı incelendiğinde Osmanlı temel düzenlemelerinin, yapılar için hem inşa edildikleri dönemde hem de günümüzde başarılı ve etkin olduğunu söylemek mümkündür. Ek olarak yapıların geçirdikleri restorasyon çalışmalarının yapısal güvenlik seviyelerinin artırılmasında etkili olduğu ve tarihi yapılarımızın günümüze güvenle ulaşmasındaki önemi de söz konusu olmaktadır.

Kaynaklar

Aksoy, İsmail Hakkı. (1981). Ortaköy Camii Temel Takviyesi, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Bülteni,* 3 (1), 47-57.

Aksoy, İsmail Hakkı. (1982). *İstanbul'da* Tarihi Yapılarda Uygulanan Temel Sistemleri (Foundations of Historical Buildings in Istanbul). İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayımlanmamış Doktora Tezi. İstanbul.

Alioğlu, Füsun ve Olcay Aydemir (2012). Nuruosmaniye Camii ve 2010-2012 Yılları Restorasyonu. *Vakıf Restorasyon Yıllığı,* (5), 77-90.

Ashpitel, Arthur. (1867). *Threatise on Architecture*. Edinburg: Cambridge University.

Baker, Ira Osborn. (1902). *A Threatise on Masonry Construction*. New York, ABD: John Wiley & Sons, Inc.

Botis, Marius ve C. Harbic, (2012). "A brief history upon seismic isolating systems". *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Engineering Sciences. Series I*, 5 (1), 93-98.

Carpani, B. (2017). "Base isolation from a historical perspective". *16th World Conference on Earthquake, 16WCEE 2017,* Santiago, Chile.

Derleth, Charles. (1921). *Notes On Foundations And Masonry Structures*. Berkeley: University of California.

Dobson, Edward. (1872). *Foundations And Concrete Works*. London: Lockwood & Co..

Ersen, Ahmet ve Timas Koçak, Serap. (2014). "Büyük Mecidiye (Ortaköy) Camii 2011-2014 Restorasyonu". *Büyük Mecidiye Camii ve Ortaköy*. İstanbul: Kuveyt Türk Katılım Bankası A.Ş., 367-415.

Feyzi, Mehmed. (1911). *Usul-u Umumiye-i İnşaat*. İstanbul, Türkiye: Mühendis-i Berr-i Hümayun Matbaası.

Hasley, James. (1883). *Railway Masonry and Bridge Foundations*. The Railway Age Publishing Co.

Klaassen, R.K.W.M. (Ed.). (2005). Final Report of EU Project BAC- POLES, Preserving Cultural Heritage by Preventing Bacterial Decay of Wood in Foundation Piles and Archaeological Sites EU number: EVK4-CT-2001-00043.

Kulukcija, Salko, Mustafa Humo, Enver Mandzic, Kenan Mandzic ve Mustafa Selimovic (2009). *Existing Historical Foundation System of Two Old Bridges from the Ottoman Period in Bosnia and Herzegovina*. *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*. Cottbus, Germany.

Makris, Nicos. (2018). 'Seismic isolation: Early history.' *Earthquake Engineering & Structural Dynamics,* (10), 1-15. https://doi.org/10.1002/eqe.3124.

Mayes, R.L. ve Farzad Naeim (2001). *Design of Structures with Seismic Isolation: From Theory to Practice*. John Wiley & Sons, Inc.

Naeim, Farzad ve Kelly, James M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures*. New York, ABD: John Wiley & Sons, Inc.

Notes On Building Construction. (1891). (v.2), 226.

Peynircioğlu, Hamdi, İsmail Hakkı Aksoy ve Kemal Özüdoğru (1978). Eminönü-Süleymaniye-Unkapanı Bölgesinin Geoteknik Etüdü ve Yeni Cami Temellerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Teknik Rapor No:31.

Raufaste, N. J. (1992). "Earthquake Resistant Construction Using Base Isolation". *National Institute of Standards and Technology Special Publication,* 832 (1), Washington, ABD. 27.

Sarı, Mustafa Serkan. (2008). Temellerin Takviyesi ve Uygulamadan Örnekler (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Tezcan, Semih S. ve Cimilli, Serra. (2002). *Seismic Base Isolation*. Istanbul, Türkiye: Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı.

Toğrol, Ergün, Güler, Erol, Özüdoğru, Kemal, Ersoy, T. ve Aksoy, İsmail Hakkı. (1986). *Haliç'in Geoteknik Sorunları ve Özüm Yolları*. İstanbul, Türkiye: Boğaziçi Üniversitesi Matbaası.

Toğrol, Ergün. (1993). *Milli Saraylar 1993*. Ankara: TBMM Basımevi.

Touaillon, Jules. (1870). Improvement in buildings. U.S. Patent No. 99. 973.

Elektronik Kaynaklar (URL)

Url-1<https://en.wikipedia.org/wiki/Pasargadae#/media/File:Pasargad_Tomb_Cyrus3.jpg>

Url-2<https://tr.wikipedia.org/wiki/Süleymaniye_Camii#/media/Dosya:Istanbul_asv2020-02_img49_Süleymaniye_Mosque.jpg>

Url-3 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Nuruosmaniye_Camii#/media/Dosya:Nuruosmaniye_Camii.jpg>

Url-4 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Büyük_Mecidiye_Camii#/media/Dosya:Ortakoey_Istanbul_Bosporusbruecke_Mrz2005.jpg>

Url-5 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Küçüksu_Kasrı#/media/Dosya:Istanbul_Küçüksu_Palace_(239058277).jpeg>