

# BİNALARIN DEPREM TASARIMINDA YENİ YAKLAŞIMLAR ve TESİSATLAR İÇİN DEPREM KORUMASI YÖNTEMLERİ

*New Approaches in Seismic Design of Buildings and Seismic Protection Methodologies for Mechanical Installations*

**Cüneyt TÜZÜN**

## ÖZET

Deprem mühendisliğinin ana çalışma alanlarından biri olan depreme dayanıklı yapı tasarımı, gelişen araştırma ve teknolojilere paralel olarak son yıllarda oldukça büyük gelişmeler göstermiştir. Uzun yıllardır yapıların genel deprem tasarım yaklaşımı içindeki insanların can güvenliğini sağlamak olarak belirlenmiştir. Ancak son yıllarda yapıların içinde bulunan yapısal olmayan elemanlar olarak adlandırılan elektrik, su, havalandırma ve diğer tesisatların da deprem sonrası hasar görmesi ve işlevlerinin yerine getirememesi yapıların deprem tasarımında yeni yaklaşımların geliştirilmesinin önünü açmıştır.

Özellikle 2000 yılı sonrası deprem mühendisliği alanında mühendislik uygulamasına giren ve “performansa dayalı deprem tasarımı” olarak adlandırılan tasarım yaklaşımı, yapıların deprem sonrası kullanılabilirliği ve meydana gelen hasarın ekonomik boyutuna dayalı olarak tanımlanmıştır. Söz konusu performans hedefleri gerek yatırım yapan kişilere gerekse yapıların son kullanıcılara tasarım hakkında daha net bilgi vermesi açısından devrim niteliğinde bir gelişmedir. Son yıllarda ülkemizde yapılan bina yatırımlarının maliyetleri dikkate alındığında bu yaklaşım uygulamada karşımıza çıkmaktadır.

Tasarım aşamasında belirlenen performans hedeflerinin uygulamada sağlanabilmesi için çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin başında yapısal olmayan elemanların özel bağlantı sistemleri ile yapısal sisteme bağlanması yöntemidir. Bu çerçevede tesisat sistemleri uygun malzeme ve yöntem uygulaması ile deprem etkilerinden hasar görmesi engellenmekte ve fonksiyonlarını sürdürebilmesi sağlanmaktadır. Tesisat sistemlerinin hedeflenen deprem performansını sağlaması için geliştirilen diğer bir yöntem ise “deprem yalıtımı” olarak adlandırılan teknolojidir. Bu teknoloji ile yapı içindeki tesisat sistemlerine deprem sırasında oluşan etkiler oldukça azaltılmakta ve böylece hasarın en düşük düzeye indirilmesi sağlanmış olmaktadır. Söz konusu uygulama örnekleri ülkemizde son yıllarda büyük yatırım yapılan yüksek yapı ve hastane binalarının tesisat sistemlerinde artan sayıda karşımıza çıkmaktadır.

Ülkemizde 2019 yılı Ocak ayında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [7] kapsamında çeşitli bina türleri için hedeflenen deprem performansının tanımı ve bu hedefi gerçekleştirilmesi için yapılacak olan gerek yapısal gerekse yapısal olmayan eleman (tesisat sistemleri) tasarımı için gerekli kriterler tanımlanmıştır. Böylece tesisatların deprem koruması yöntemleri için gerekli teknik alt yapı tanımlanmıştır. Ancak burada vurgulanması gereken en önemli nokta, tesisatların deprem koruması çalışmalarının çok disiplinli bir çalışma olduğu ve farklı disiplinlerin birlikte çalışması gerektirdiğidir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem yalıtımı, Sismik koruma, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019, Yapısal olmayan hasar

## ABSTRACT

The earthquake resistant structural design, which is one of the main fields of study of earthquake engineering, has shown great improvements in recent years in parallel with developing research and technologies. For many years, it has been determined to ensure the safety of people in the general

earthquake design approach of the buildings. However, in recent years, non-structural elements in the Building such as electricity, water, ventilation and other installations, which are damaged after the earthquake and fail to fulfill its functions have led to the development of new approaches to earthquake design of structures.

In particular, the design approach called performance-based earthquake design which is introduced to engineering practice in the field of earthquake engineering after year 2000, was defined based on the economic loss of the structures after the earthquake and the usability of the building. These performance objectives are a revolutionary development in terms of providing more information about the design to the people who invest in the building and to the end users. Considering the costs of building investments made in our country in recent years, this approach emerges in practice.

Various technologies have been developed in order to achieve the performance targets set in the design phase in practice. At the beginning of these technologies, non-structural elements are connected to the structural system with special connection systems. In this context, the system is prevented from damaging the earthquakes by means of appropriate materials and methods, and it is ensured that they can maintain their functions. Another method developed to ensure the intended earthquake performance of the installation systems is the so-called seismic isolation. With this technology, the effects of earthquake is reduced considerably with the help of seismic isolation system and thus the damage is minimized. The examples of these applications in our country in recent years are increasing with the large investment in high-rise and hospital buildings.

In our country, the definition of seismic performance target for different building types is defined in Turkish Building Seismic Code 2019. Thus, the technical infrastructure for the earthquake protection of the installations is defined. However, the most important point to be emphasized here is that the earthquake protection of the installations is a multidisciplinary study and requires the interdisciplinary working together.

**Key Words:** Seismic isolation, Seismic protection, Turkish Seismic Code 2019, non-structural damage

## 1. PERFORMANSA DAYALI DEPREM TASARIM YAKLAŞIMI

Yapıların deprem tasarımındaki gelişmelerin ana kaynağı geçmiş depremlerde yapıların göstermiş oldukları davranış ve laboratuvarlarda yapılan deneylere dayanmaktadır. Saha gözlemleri ve deney sonuçlarına dayalı olarak deprem dayanıklı yapı tasarımının ana ilkeleri belirlenmiştir. 2000 yılların başında deprem tasarımı yaklaşımında devrim niteliğinde bir gelişme meydana gelmiştir ve söz konusu gelişme Amerika Birleşik Devletleri'nde yayınlanan "Vision 2000" olarak adlandırılan "Performansa Dayalı Deprem Tasarımı" dokümanının yayınlanmasıdır [1].

Bu dokümanda tanımlanan deprem tasarım yaklaşımı yapıların farklı deprem etkisi düzeylerinde farklı davranışları hedeflemesine dayanmaktadır. Bu yaklaşım o güne kadar tek bir deprem düzeyi için tek bir davranışı hedefleyen yaklaşımdan oldukça farklı bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Klasik deprem tasarımı deprem davranış hedefi binada hasarın kabul edilmesi ve binayı kullananların deprem sonrası "can güvenliği" nin sağlanmasıdır. Bu durumda binada hasar görmesi kaçınılmaz bir gerçektir.

Performansa dayalı deprem tasarımı yaklaşımında deprem sonrası binaların hedeflene durumu tanımlanmış ve bu tanımda sadece yapısal sistemin değil yapısal olmayan elemanların da davranışı dikkate alınmıştır. Bu davranış temel olarak 4 ana tanımda belirtilmiştir. Bu performans hedeflerinin tanımları şöyledir:

- **Kesintisiz Kullanım (Operasyonel):** Bina yapısal ve yapısal olmayan sisteminde hasar meydana gelmez, bina deprem sonrası hizmet vermeye devam eder
- **Hemen Kullanım :** Bina yapısal sisteminde hasar meydana gelmez

- **Can Güvenliği** : Bina yapısal sisteminde belirli ölçüde hasar meydana gelir binada can kaybı meydana gelmez
- **Göçmenin Önlenmesi** : Binada önemli ölçüde yapısal hasar meydana gelir ancak binada göçme meydana gelmez

Yukarıda tanımlanan performans düzeyleri farklı deprem düzeylerinde tanımlanmıştır. Binanın servis ömrü boyunca meydana gelebilecek depremlerin sıklığı ve büyüklüğü dikkate alınarak bina türüne bağlı olarak hedeflenen minimum deprem performansı tanımlanmıştır.

Amaçlanan Yapısal Tasarım Performansları				
Deprem Tasarım Seviyesi	Deprem Performans Seviyeleri			
	Operasyonel	Hemen Kullanım	Can Güvenliği	Göçmenin Önlenmesi
Sık Olan Deprem (43 yıl)	●	○	○	○
Ara Sıra Olan Deprem (72 yıl)	●	●	○	○
Tasarım Esaslı Deprem (475 yıl)	■	■	●	○
Olası En Büyük Deprem (2475 yıl)	■	■	■	●

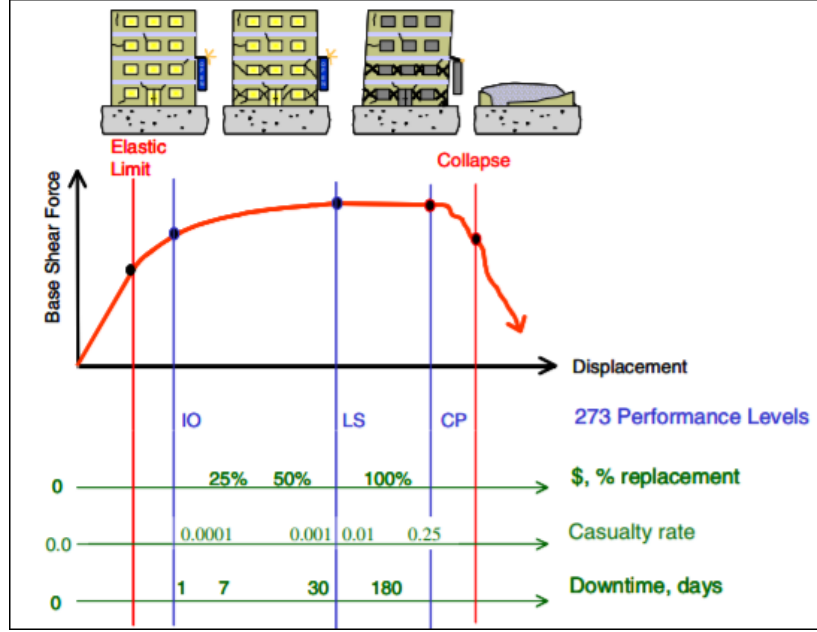
Genel Hedef (Red line)  
Önemli Yapılarda (Yellow line)  
Kritik Önemdeki Yapılarda Hedef (Black line)  
Uygun Olmayan Seviye (Grey box)

Şekil 1. Performansa dayalı tasarım matrisi

Günümüzde deprem tasarımı bina sahibinin deprem sonrası yapısının durumunu belirlemesi ve tasarımcının da bu hedefe uygun mühendislik hesaplarını yapması ve uygulamaya geçirmesi mümkündür. Başka bir deyiş ile yapıların deprem tasarımı mal sahibinin isteğine bağlı olarak belirlenmesi mümkündür. Bu yaklaşım ile deprem sonrası meydana gelecek yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda meydana gelecek kayıp belirli ölçüde minimize edilebilmesi mümkündür.

2000 yılında yayınlanan dokümandan sonra yapılan araştırmalar ve uygulamadan elde edilen tecrübeler sonucunda 2. versiyon performansa dayalı tasarım yaklaşımı deprem mühendisliği alanında kullanılmaya başlanmıştır. Bu yaklaşımda deprem tasarımı hedefi binada meydana gelecek hasar düzeyinden ziyade binanın deprem öncesi durumuna gelmesi için gerekli maliyet, can kaybı yada yaralanma ve iş gücü kaybının kriter olarak belirlendiği yaklaşım kullanılmaya başladı. Bu yaklaşımla yatırımcıya, deprem sonrası binada meydana gelebilecek hasarın binanın yapım maliyetinin belirli bir yüzdesi olarak ekonomik karşılığı ve bu hasarın yaratacağı etki nedeniyle söz konusu binanın işlevini yerine getiremeyeceği süre ve bu süre içinde meydana gelen ekonomik kayıp tasarım kriteri olarak tanımlanabilmektedir. Bu yaklaşım özellikle yatırımcılar ve son kullanıcılar için daha anlam ifade eden bir tasarım kriteri olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu güncellenmiş performansa dayalı deprem tasarımı yaklaşımı Şekil -2'de özetlenmiştir.

2015 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yapıların deprem performanslarını depremin yarattığı ekonomik kayıp ve iş gücü kaybına dayalı olarak belirleyen bir deprem tasarım sınıflandırması FEMA P-58 dokümanı kapsamında tanımlanmıştır [4]. Bu yaklaşımda binada meydana gelen yapısal hasarın yarattığı ekonomik kayıp ile yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen hasarın ekonomik kayba etkisi de dikkate alınmıştır. Bu yaklaşım sonucunda gerek mal sahibi gerekse son kullanıcılar için diğer binalara göre tasarım farklılığı mühendislik parametreleri dışında daha anlaşılır bir parametre ile tanımlanmış olmaktadır. Bu yaklaşım özellikle sigorta sektöründe daha risk tanımlama ve yönetimi için daha iyi algılanma ve prim belirlemeye imkân sağlamaktadır.

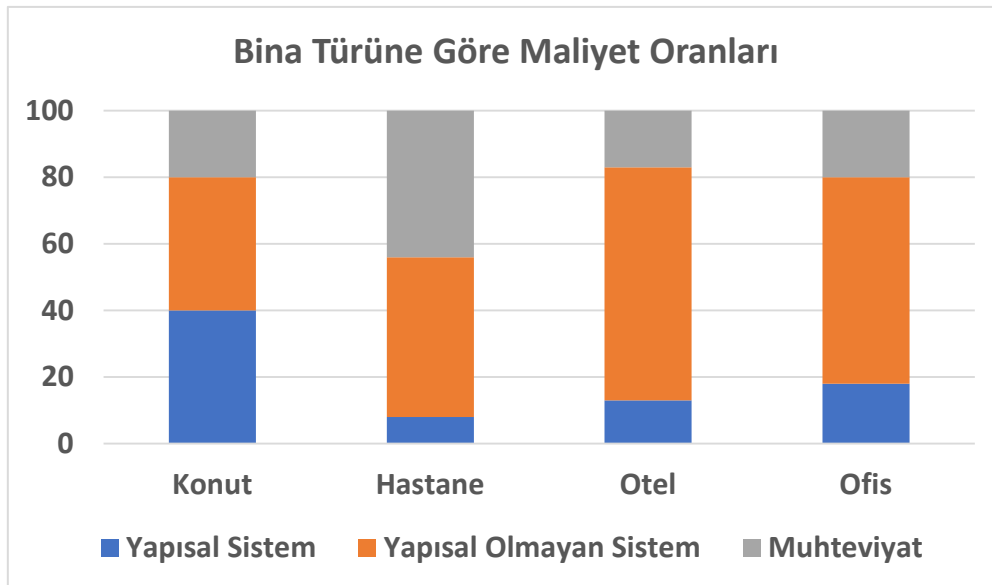


Şekil 2. Güncellenmiş performansa dayalı tasarım yaklaşımı [2]

Türkiye'de ise performansa dayalı tasarım ilkeleri 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında da dikkate alınmıştır. Artık Türkiye'de de yeni yapılacak yapıların deprem tasarımında farklı deprem düzeylerinde farklı davranışların hedeflendiği, yapısal elemanlar dışında yapısal olmayan elemanlarında deprem güvenliğini tasarım aşamasında dikkate alındığı resmi bir yönetmelik yürürlüktedir.

## 2. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARIN DEPREM DAVRANIŞI

Dünya'da ve Türkiye'de meydana gelen deprem incelendiğinde oluşan ekonomik kaybın temel kaynağı yapısal olmayan elemanlar olduğu görülmektedir. Binaların yapısal sisteminin yapım maliyeti dikkate alındığında binanın kullanım türüne göre yapısal olmayan elemanlar olan sıhhi tesisat, elektrik sistemi, havalandırma, bölme duvarlar, elektronik ve diğer eşyaların maliyeti oldukça yüksektir.



Şekil 2. Bina türüne göre maliyet oranları [8], [9]

Yapılan çalışmalarda bina türüne göre yapısal, yapısal olmayan ve muhteviyatın bina maliyeti içindeki oranları Şekil 3’de verilmiştir. Ayrıca dünyaca kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılan deprem kayıp çalışmalarında kullanılan yöntem ve parametreleri içeren HAZUS [5] , [6] dokümanında da yapısal olmayan sistemlerin bina maliyeti içindeki yerini belirten veriler bulunmaktadır. Söz konusu oranlar Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Yapısal ve Yapısal Olmayan Sistemlerin Bina Toplam Maliyetine Oranı [5]

Bina Türü	Bina Toplam Maliyetine Oranı	
	Yapısal Sistem	Yapısal Olmayan Sistem
Az Katlı Konut	%25	%75
Çok Katlı Konut	%19	%81
Ticari Bina	%38	%62
Endüstriyel Yapı	%27	%73

Yapısal olmayan elemanlar deprem sonrası meydana gelen hasarı yaratacağı maddi kayıp yanında içinde buldukları binaların işlevlerini yerine getirmesine engel olmaktadır. Diğer bir deyiş ile bu durum söz konusu binanın kullanılmasını engellemekte ve böylece “iş gücü” kaybına neden olmaktadır. Özellikle binanın kullanılmamasından dolayı meydana gelen ekonomik kaybın belirlenmesi oldukça güç ve kayıp miktarı da oldukça yüksektir. Söz konusu işlemin sektördeki yerini ve geleceğinin belirlenmesinde önemi bir etkiye sahiptir. Deprem sonrası yapısal olmayan sistemlerde meydana gelebilecek hasarlar hakkında fikir verebilmesi için aşağıdaki Resim 1, Resim 2 ve Resim 3’de verilen hasarlar örnek verilebilir.



**Resim 1.** Asma tavan hasarı, Northridge 1994 [3]



**Resim 2.** Mobilyaların devrilmesi ile oluşan hasar, Northridge 1994 [3]



**Resim 3.** Depo tesislerinde meydana gelen raf hasarı, Northridge 1994 [3]

Özellikle yatırımların yüksek maliyetlere ulaştığı son yıllarda yapıların deprem tasarımında yapısal olmayan elemanların (tesisat sistemlerin) deprem riskinin azaltılması adına tasarım yapılması yaygınlaşmaktadır.

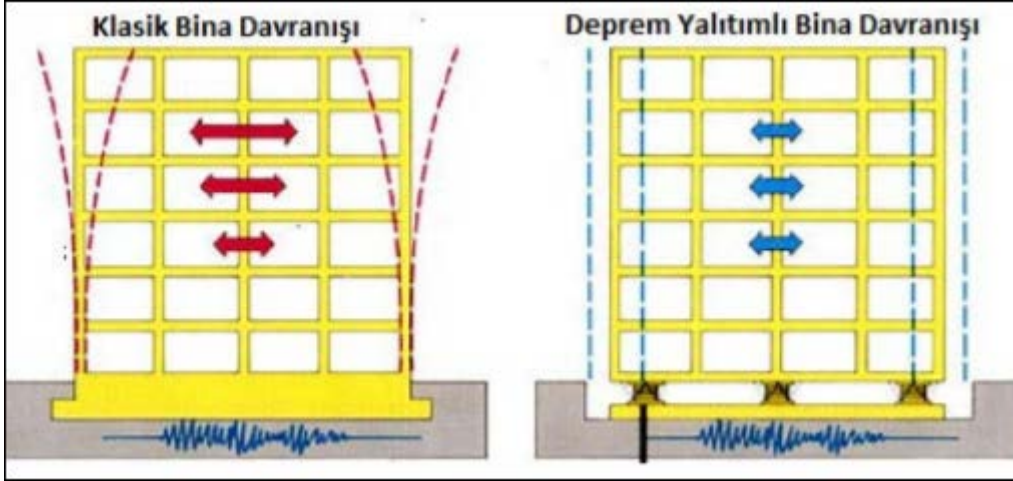
### **3. YAPILARIN DEPREM TASARIMINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR : DEPREM YALITIMI**

Gelişen mühendislik teknolojisine paralel olarak binaların deprem tasarımında yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Son 20 yılda giderek daha fazla uygulama alanı bulan bu teknoloji “deprem yalıtımı” olarak adlandırılmaktadır.



Deprem yalıtımı uygulamasının temel felsefesi deprem sırasında binaya etkiyen kuvvet ve ivmelerin azaltılmasına dayanmaktadır. Böylece gerek yapısal sistemde gerekse yapısal olmayan sistemde meydana gelecek deprem hasarı en alt düzeye indirgenebilmektedir.

Yapılardaki deprem hasarlarının azaltılması için yapının belirli düzlemlerine “deprem yalıtım birimi” olarak adlandırılan cihazların yerleştirilmesi ile yapıların deprem davranışları değiştirilmekte ve böylece hasar görmeleri önlenmektedir. Deprem yalıtım uygulamasının binaların deprem davranışını değiştirmesi Şekil-2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Deprem yalıtımlı binanın davranışının şematik gösterimi

Deprem yalıtımı uygulaması ile binaya etkiyen deprem yükleri oldukça azaltılmakta ve böylece binanın taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, kiriş ve perde gibi elemanların hasar görmesi engellenmektedir. Bu uygulama sadece yapısal elemanları değil bina içindeki eşya ve ekipmanların da devrilmesi ya da hareket etmesini engellemektedir. Özellikle depremden hemen sonra kullanılması gerekli olan hastane, iletişim binaları, enerji santralleri gibi kritik binaların klasik tasarım ile beklenen davranışı göstermesi oldukça zor bir süreçtir. Diğer yandan binaların içinde bulunan eşya ve ekipmanların yatırım maliyetleri düşünüldüğünde söz konusu elemanlarda oluşabilecek hasarlar çok büyük ekonomik boyutlara ulaşabilecektir. Yapısal olmayan elemanlarında deprem güvenliğini sağlayan bu uygulama “iş sürekliliği” kavramının gerçekleştirilebilmesi için rasyonel deprem tasarım yaklaşımıdır.

#### 4. TÜRKİYE’DE YAPISAL OLMAYAN SİSTEMLERİN DEPREM TASARIM YAKLAŞIMI

Ülkemizde yeni sayılabilecek bir süredir uygulama alanı bulan “yapısal olmayan elemanların deprem koruması” uygulamaları her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Deprem sonrası kullanılması zorunlu olan hastane gibi binaların deprem tasarımı için en rasyonel adımlardan biri olarak Sağlık Bakanlığı hastanelerin deprem yalıtımlı olarak yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Böylece büyük yatırımlar yapılarak inşa edilen bu yapıların gerek yapısal gerekse yapısal olmayan elemanlarında deprem sonrası hasar oluşması engellenmektedir. Böylece olası ekonomik kayıplar azaltılmış ve daha da önemlisi binaların deprem sonrası kullanımı da sağlanmış olmaktadır.

Mühendislik pratiğinde yapıların deprem tasarımı için uzun yılların birikimini içeren yönetmelikler geliştirilmiş ve belirli bir güven düzeyinde tasarım gerçekleştirilmesi için gerekli yöntem ve parametreler belirlenmiştir. Ancak bugüne kadar yapısal olmayan elemanlar için deprem tasarımı kuralları Türkiye’de yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinde yeterli şekilde belirtilmemiştir. 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında Bölüm 6 içinde yapısal olmayan elemanların deprem koruması için belirli kurallar tanımlanmıştır. Göreceli olarak daha önceki yönetmeliklere göre daha detaylı ve kapsamlı olmasına rağmen uygulamadaki çalışmalar düşünüldüğünde geliştirilmesi gerekli olduğu açıktır.

Ancak uygulamadaki projelerde tasarımda sorumlu mühendisler yapısal olmayan elemanların tasarımı ile ilgili çalışmalarını yapmamakta ya da sürece dahil olmamaktadır. Bu nedenle yapısal olmayan elemanların deprem tasarımı ve uygulaması inşaat ya da deprem mühendisleri dışındaki disiplinlerdeki kişiler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum gerek tasarım gerekse uygulama aşamasında sorunlar hatta eksiklikler oluşmasına neden olmaktadır.

## 5. SONUÇ

Gelişen teknoloji ve artan yatırımların ekonomideki payı düşünüldüğünde, söz konusu yatırımların deprem riskinin azaltılması önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca geçmiş depremlerde meydana gelen hasarın yarattığı ekonomik etkiler de dikkate alındığında bu sorunun ülke genelini etkileyecek boyutta olduğu bilinen bir gerçektir.

Son 15 yıldır ülkemizdeki yatırımların ekonomik boyutu dikkate alındığında ise deprem riskinin azaltılması için yapılan çalışmaların yeterli olduğu söylemek çok mümkün değildir. Yapıların deprem tasarımındaki çağdaş yaklaşımlar artık yapı hasarının en aza indirgenmesinin yanında yapısal olmayan sistemlerinde deprem sonrası işlevlerini yerine getirmeyi amaçlamaktadır. Çağdaş deprem tasarımında tasarım kriterleri artık hasarın bina maliyetine oranı ve iş gücü kaybının süresi gibi parametrelere bağlanmıştır.

Deprem riski yüksek ülkelerde bu yaklaşımlar artık günlük uygulamalarda karşılaşılrken ülkemizde bu konu hala akademik çalışmaların konusu olmaktadır. Söz konusu tasarım hedeflerine gerçekleştirebilmek için iki alternatif karşımıza çıkmaktadır. Bunlar;

- i. Deprem yalıtımı uygulaması
- ii. Yapısal olmayan elemanların deprem koruma tasarımlarını gerçekleştirilmesi

Her iki uygulamada ülkemize son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu iki konu gerek tasarım gerekse uygulama aşamasında çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar temel olarak şöyle sıralanabilir.

- i. Tasarıma çok disiplinli olarak yaklaşılması
- ii. Deprem tasarımından sorumlu kişilerin deprem yalıtımı konusundaki teknik bilgi yetersizliği
- iii. Deprem tasarımında sorumlu kişilerin yapısal olmayan sistemlerin deprem koruması konusundaki teknik bilgi yetersizliği
- iv. Özellikle yapısal olmayan sistemlerin deprem koruması tasarımının bu konuda malzeme sağlayan firmalar tarafından yapılması
- v. Uygulama aşamasında yapısal olmayan elemanların deprem koruması için uygun olmayan malzemelerin kullanılması

Yukarıda belirtilen sorunların çözümü için belli başlı çözüm önerileri şöyle sıralanabilir;

- i. Tasarımın başlangıç aşamasında yapısal tasarımdan sorumlu kişi ile yapısal olmayan elemanların tasarımından sorumlu kişilerin mimari, elektrik, mekanik sistemlerin tasarımını ilk aşamada deprem etkisi dikkate alınarak tasarlanması
- ii. Yapısal olmayan sistemlerin yapı tasarımı konusunda tecrübeli deprem mühendisleri tarafından gerçekleştirilmesi
- iii. Yapısal olmayan elemanların deprem koruması tasarımını ve uygulamasını yapan kişilerin ayrı kişiler olması
- iv. Yapısal olmayan elemanların deprem korumasında kullanılan malzemelerin belirli bir sertifikasyon sahibi olması

Son olarak belirtilmesi gereken nokta, deprem sonrası büyük ekonomik kayıplara neden olabilecek yapısal olmayan elemanların deprem koruması konusunda ciddi bir tasarım ve uygulama süreci işletilmelidir. Bugüne kadar önceliği ve hatta uygulaması olmayan bu konu artık günümüzde karşımıza önemli bir tasarım bileşeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada bu işin çok disiplinli bir iş olduğu



ve tasarım sürecinde herkesin birlikte çalışması gerektiği bilinmelidir. Gelecekte bu konunun tasarım ve uygulamada sağlam temeller üzerine oturması için bugünden farklı disiplinlerdeki kişi ve kuruluşların bir araya gelerek soruna rasyonel ve uygulanabilir bir çözüm bulması gereklidir. Bu konuda yıllardır bilinç ve kalite oluşmasını hedefleyen Deprem İzolasyon Derneği konu ile ilgili diğer tüm paydaşlar ile birlikte çalışmaya ve bilgi paylaşmaya hazırdır.

## KAYNAKLAR

- [1] SEAOC (1999) “Guidelines for performance-based seismic engineering”, SEAOC Blue Book - draft of Appendix I.
- [2] Hamburger R.O., A Vision for Performance Based Earthquake Engineering. Unpubl. white paper for the ATC-58 Project, Framework for Performance-Based Design of Nonstructural Components, Appl. Technol. Council, Redwood City, CA, 2003
- [3] FEMA 74, Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide FEMA E-74 / January 2011, FEMA, NEHRP
- [4] FEMA P-58, Seismic Performance Assessment of Buildings Volume 1 & 2, September 2012, FEMA, NEHRP
- [5] “Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model Hazus MH-MR4 Technical Manual”, Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response Directorate FEMA Mitigation Division, 2003.
- [6] Earthquake Loss Estimation Methodology, HAZUS, MH 2.1, Advanced Engineering Building Module (AEBM), Federal Emergency Management Agency Mitigation Division
- [7] “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, TC İçişleri Bakanlığı AFAD Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Resmi Gazete No.: 30364, 2018
- [8] Dan K. and Kanda J.: “Analysis of Earthquake Hazard using Distribution of Extreme Value with upper and lower Bound,” Journal of Structural Engineering, Architectural Institute of Japan, Vol.363, 1986. pp.50-60.
- [9] Taghavi S. and Miranda E.: “Seismic Performance and Loss Assessment of Nonstructural Building Components,” Proceedings of 7th National Conference on Earthquake Engineering, Boston, MA, 2002.

## ÖZGEÇMİŞ

### Cüneyt TÜZÜN

Cüneyt Tüzün, 1997 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi'nden İnşaat Mühendisliği lisans, 1999 yılında yine aynı üniversiteden Yapı Mühendisliği yüksek lisans ve 2007 yılında Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü'nden Deprem Mühendisi doktora derecesini almıştır. 2007-2016 yılları arasında Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Bölümünde uzman araştırmacı olarak çalışmıştır.

İlgi alanları arasında kentsel deprem riski belirlenmesi, performans dayalı tasarım, yüksek yapı tasarımı, deprem yalıtımlı binaların tasarımı, yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi ve binaların deprem güçlendirmesi sayılabilir.

Dr. Tüzün yapısal deprem mühendisliği alanında müşavirlik hizmeti vermekte ve ayrıca Gebze Teknik Üniversitesi, Özyeğin Üniversitesi ve Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünde “Betonarme Binaların Performansa Dayalı Tasarımı” ve “Deprem Yalıtımlı Binaların Tasarımı” ve “Deprem Mühendisliği” başlıklarında yüksek lisans ve doktora düzeyinde yarı zamanlı öğretim üyesi olarak ders vermektedir.

Dr. Tüzün ayrıca 2018 yılında yürürlüğe giren yeni “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” içindeki “Deprem Yalıtımlı Binaların Tasarım Kuralları” bölümü hazırlama komisyonu üyesidir. Deprem İzolasyon Derneği yönetim kurulu başkanıdır.