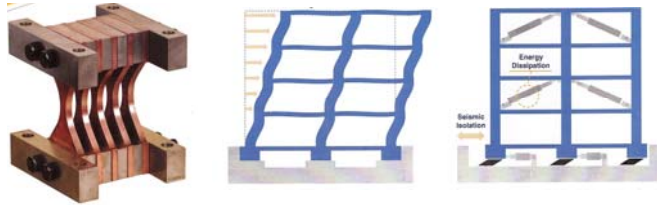


Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi  
Taşkışla, Taksim  
[celikoguz@itu.edu.tr](mailto:celikoguz@itu.edu.tr)

## DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA ENERJİ SÖNÜMLEYİCİ SİSTEMLER



### Giris

- Özellikle 13 Mart 1992 Erzincan depreminden sonra yapısal güçlendirme uygulamaları hızlı bir şekilde artmıştır.
- Bu çalışmalar inşaat sektöründe faaliyet gösteren tasarım ve yapı firmalarına ve de üniversitelerde bu konularda yapılan araştırmalara çok katkıda bulunmuştur. Özellikle kamu ve özel kuruluşlar güçlendirme üzerine yoğunlaşan projeleri önemli ölçüde desteklemişlerdir.
- Güçlendirme çalışmalarının çoğunluğu betonarme sistemler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bunun yanısıra yığma kargir yapılar, çelik yapılar da güçlendirilmiştir. Betonarme yapıların CFRP/GFRP elemanlarla ya da çelik elemanlarla güçlendirildiği durumlar da olmuştur.
- Mevcut yapı stoğunda hâlâ önemli miktarda ve önceki depremlerde gözlenen benzer olumsuzlukları içeren çok sayıda sorunlu yapı bulunmaktadır.

Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

### Son Depremlerde Gözlenen Yapısal Sorunlar

- Zayıf malzeme özellikleri (betonarme betonu ve donatı)
- Düzensiz taşıyıcı sistemler (plan ve kesitte düzensizlikler, burulma)
- Bitişik düzende yapıların çarpışması (çekiceme etkisi)
- Sünek olmayan donatı detaylandırması
- Yetersiz kesit boyutları
- Kısa kolonlar
- Kısa kirişler
- Yetersiz yatay rijitlik
- Yumuşak/zayıf katlar
- Yığma/kargir yapılarda aşırı duvar boşlukları
- Kat döşemelerinde yeterli diyafram etkisinin sağlanamaması
- Çelik yapılarda niteliksiz kaynaklar, yerel, tümsel burkulmalar
- Yerel zemin koşulları vb.

.....  
Bütün bunlar içinde, pek çok sünek olmayan, perdesiz betonarme çerçevesel binaların önemli düzeyde hasar gördüğü ya da göçtüğü izlenmiştir.

Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

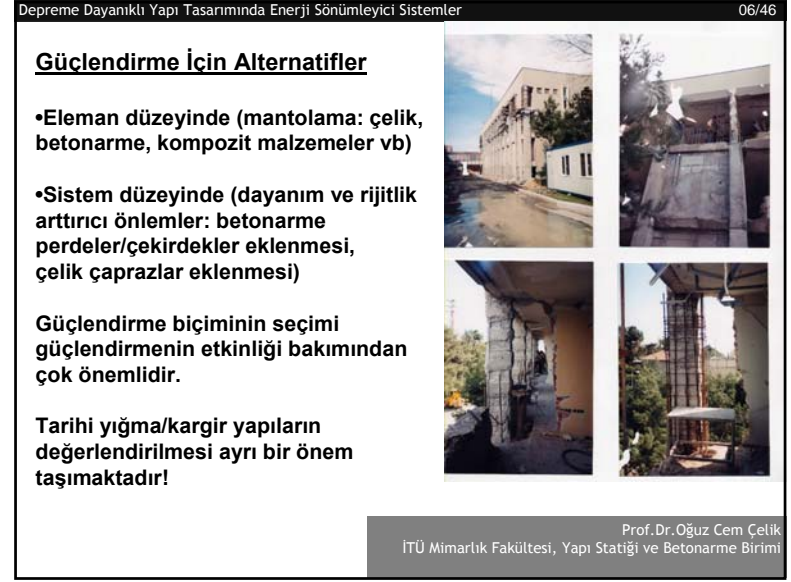
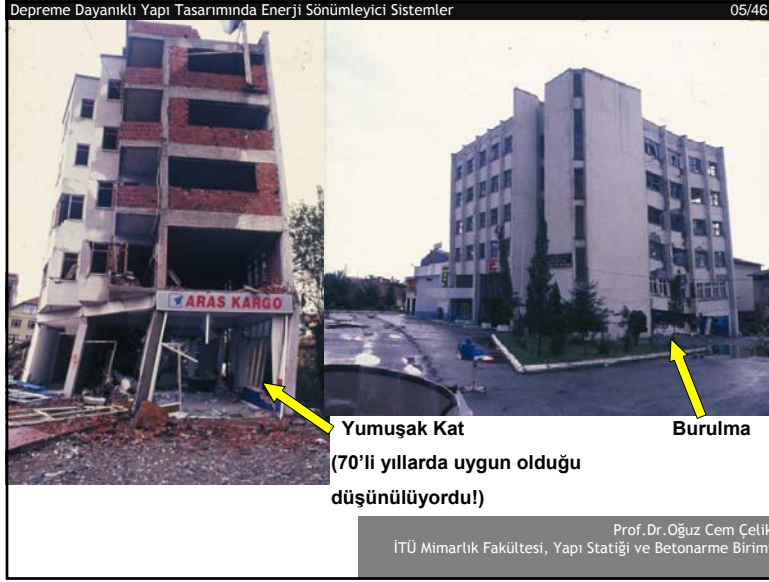


Tümden göçme (yetersiz rijitlik)

Tümden göçme (zayıf zemin koşulları)

Kısa kolon (okul binası)

Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi



**Dayanıma Göre Tasarım:**

Dayanım anlaşılması kolay ve depreme dayanıklı yapı tasarımı bakımından önemlidir.

- Performansı yüksek (dayanım, dürabilite vs) malzemelerle inşa edilmiş yapıların deprem performansı daha yüksektir.
- Belirli kurallara uyulmak koşuluyla, daha büyük kesitli yapı elemanlarının kullanımı deprem dayanımını artırır.

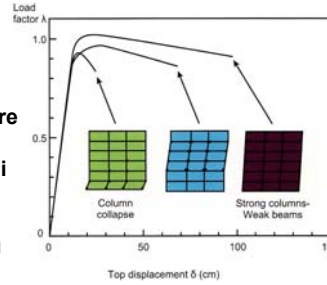
$$\text{İstem (Talep)} \leq \text{Kapasite}$$

**Yerdeğiştirmelere Göre Tasarım:**

Depreme dayanıklı yapı tasarımında yerdeğiştirmelerin önemi yıllar önce farkedildi ve tasarım kriterleri buna göre geliştirildi.

- Yerdeğiştirmelerin kontrol edilmemesi durumunda hedeflenen dayanıma ulaşılamayacağı anlaşıldı.
- Deprem enerjisinin önemli bir bölümü taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların sünekliliği ile tüketilir.

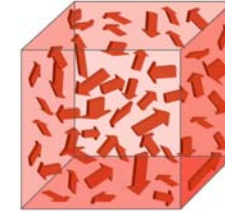
$$\Delta_{\max} \leq \Delta_{\text{limit}}$$



Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

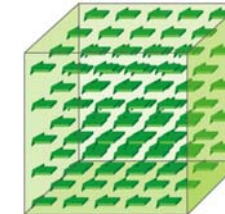
Deprem



Düzensiz Taşıyıcı Sistem:

Büyük olasılıkla göçme beklenebilir.

Deprem



Düzenli Taşıyıcı Sistem:

Yüksek performans beklenebilir.

Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

Bina sahipleri, doğal olarak, yalnızca kendi binalarının depreme dayanıklı olarak tasarlanmaları ile ilgileniyorlar. Binanın tasarlanan ömrü kısa seçilirse, daha düşük tasarım depremi seviyelerine göre bir tasarım yeterli olabilir.

Bir bina bir şehrin yalnızca bir birimidir. Bu nedenle, bazı görüşlere göre, tasarım sürecinde deprem etkilerinin önemsenmemesi ekonomik nedenlerle göz ardı edilebilmesi mümkün olabilmekle birlikte, şehir ölçeğinde düşünüldüğünde bu büyük bir hatadır.

Bir şehrin deprem güvenliği ya da deprem güvenli bir toplum için herbir yapının (bina, köprü vb) güvenli olması ön koşuldur.

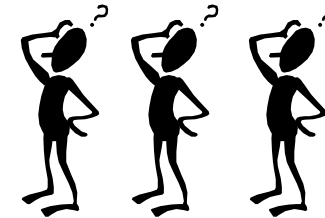
Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

İnsan ömrü	70-90yıl
Bina ömrü	40-100 yıl
Önemli bir depremin oluşum periyodu	30-2000yıl

İyimser insanlar kendi ömürlerinde böyle bir depreme olasılık vermiyorlar.

Bu yüzden depreme karşı savaşmak ve inandırıcı olmak güçleşiyor!



Ne yapmalı?

Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Enerji Sönümleyici Sistemler 13/46

**Katlar arası görece yerdeğiştirmelerin ve kat ivmelerinin aynı anda azaltılmasını sağlamak geleneksel sistemlerle çok güçtür.**

**Büyük yerdeğiştirmeler** → **Yapısal olmayan yaygın hasar, P-Δ etkisi, önemli cihazlarda sorunlar...**

**Çözüm: Daha esnek, rijitliği az sistem tasarımı**

**Geleneksel çözüm: Sistemin rijitleştirilmesi (BA perde, çelik çaprazlar)**

**Ek sorun: Yüksek kat ivmeleri (özellikle önemli cihazların bulunduğu binalar)**

**Sismik İzolatörler**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Enerji Sönümleyici Sistemler 14/46

**Performans Matrisi**

Tasarım Depremi	Tamamıyla Kullanılabilir	Kullanılabilir	Can Güvenliği	Göçme Güvenliği
Sık (43 yıl)	■	■	●	■
Ara sıra (72 yıl)	●	■	●	■
Nadir (DBE) (475 yıl)	▲	●	■	■
Çok Nadir (MCE) (2475 yıl)		▲	●	■

**■ Konutlar, işyerleri vb olağan işlevli yapılar**

**● Kritik işlevli yapılar (Hastaneler, Rafineriler vb)**

**▲ Güvenlik işlevli kritik yapılar (Nükleer, Savunma binaları)**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Enerji Sönümleyici Sistemler 15/46

**Pekçok yapı bir sonraki önemli bir depremde ya aşırı düzeyde hasar görecektir ya da göçecektir. Mevcut yapı stoğunun taşıyıcı sistem elemanları kontrolsüz bir şekilde aşırı deformasyonlara uğrayacaktır.**

**Büyük Deprem**

**★ Göçme**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

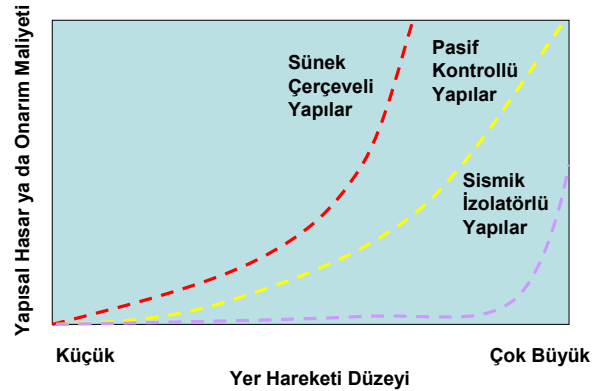
Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Enerji Sönümleyici Sistemler 16/46

**Aktif/Pasif enerji sönümleyiciler ve sismik izolatörler gibi yeni teknolojilerle tasarlanmış sınırlı sayıda binada sınırlı düzeyde yapısal sorun beklenmekle birlikte, bu şekilde tasarlanmış pekçok binanın deprem performansının gayet iyi olacağı tahmin edilmektedir.**

**Büyük Deprem**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

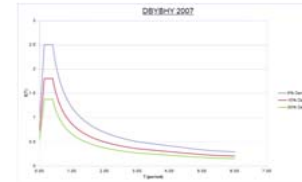
### Yer Hareketi Düzeyi- Yapısal Hasar ya da Onarım Maliyeti İlişkisi



Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

### Değişik Türden Yapıların Olası Sönüm Oranları

Yapı Taşıyıcı Sistemi	Sönüm ( $\xi$ ) %
Çelik çerçeve (kaynaklı)	2~5
Çelik çerçeve (bulonlu)	5~10
Betonarme çerçeve (dolgu duvar varlığı, tipi, çerçeve elemanlarına bağlantı detayı...)	5~10
Yığma/kargir duvarlı yapılar	10
Ahşap yapılar	15



Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

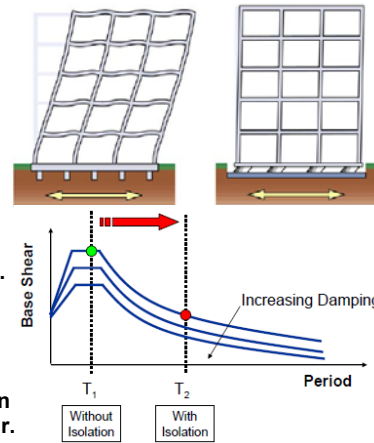
### Yapıları Depreme Karşı Koruyan İleri Sistemler

**Gereçe:** Histeretik davranışları betonarme, çelik, yığma gibi sistemlerden daha doğru tahmin edilebiliyor ve hasar kontrol altına alınıyor.

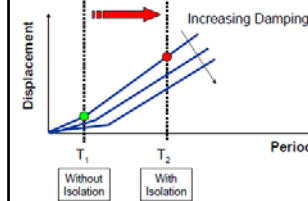
### Sismik İzolasyon

- Elastomer Mesnet
- Yüksek/düşük Sönümlü Kauçuk Mes.
- Kurşun Çekirdekli Kauçuk Mesnet
- Sürtümlü Sarkaç Mesnet
- .....

İlk sismik izolatörlü bina 30 yıl önce Tokyo'da inşa edildi. 2 katlı bu binanın 6 adet kauçuk izolatörü bulunmaktadır. Bundan sonra Japonya'da 3000 adet izolatörlü bina tasarlandı ve inşa edildi.

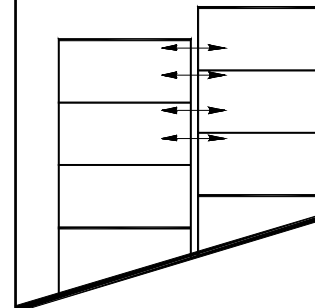


Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi



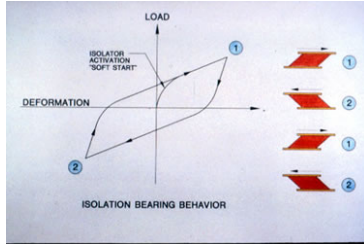
Yapı periyodunun uzaması yerdeğişirmelerin artmasına neden olmaktadır. Sönümün artmasının olumlu etkisi vardır.

Bitişik düzende yapılar uygulama güçlüğü... Yüksek yapılar?



Ginza,  
Tokyo  
 $\Delta=30-50\text{cm}$   
boşluk!

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Sismik İzolatörlerin Histeretik Davranışı**

- Temel, bodrum kat, ara kat ya da çatı kolonları üzerine konulan düşey yük kapasitesi yüksek, yatay yük kapasitesi düşük elemanlardır.
- Yatay rijitlikleri az olduğundan yapı periyodu uzamaktadır.
- Katlar arası yerdeğiştirme oranlarına ve kat ivmelerindeki azalmalara çok katkıları var.



Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Örnekler:**

**İzolator Denei Düzeneđi (UB)**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Teknoloji geliřtirmede ve kullanımda öncü ülkeler:**

ABD  
Japonya  
Yeni Zelanda  
İtalya  
...

Özellikle önemli ve büyük yapılarda kullanıma öncelik veriliyor.

Türkiye'de bina ve köprülerde birkaç örneği var. Zamanla artması bekleniyor. (Önem katsayısı yüksek, I=1.4-1.5, binalar)

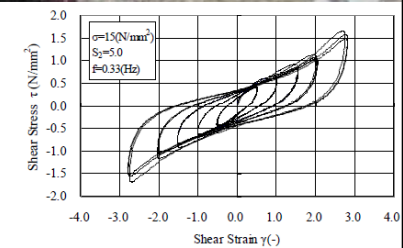
Düşük maliyetli izolasyon sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmalar devam ediyor. Özellikle Çin, Şili, Endonezya'da...

Böylece, konutlar için de kullanımın yaygınlaştırılması amaçlanıyor.

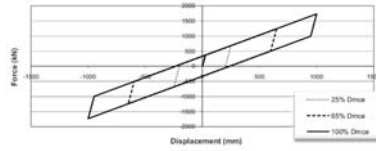
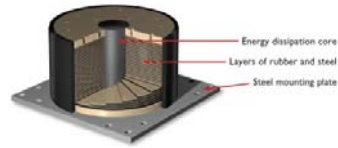
Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnetler (HDRB)**

- Daire ya da kare/dikdörtgen olabilir.
- Tabakalar arasında ince çelik plakalar kullanılıyor.
- Sönüm %10~15 civarında...
- Hesaplarda kullanılmak üzere yönetmelik spektrumu izolator sönüm oranına göre değiştirilmelidir.
- Az ya da orta yükseklikteki binalar için (çok esnek olmayan) daha uygun.

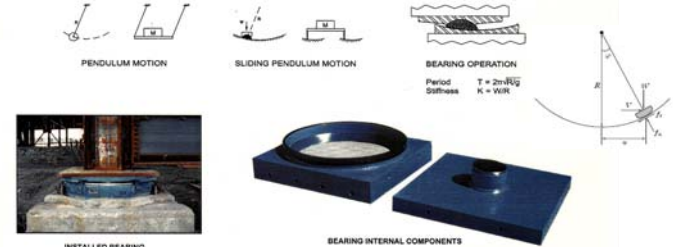


Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Kursun Çekirdekli Kauçuk İzolatör**

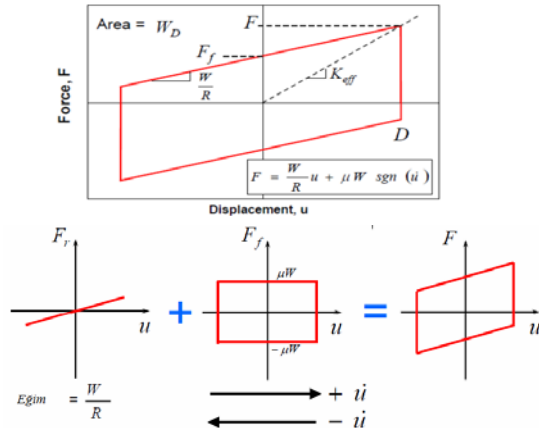
- Yüksek sönümlü kauçuk izolatör gibi üretilirler.
- Orta bölümlerinde kurşun çekirdek bulunur. Çekirdek izolatörün enerji tüketme özelliğini artırır.
- %10~20 civarında sönüm oranlarına sahiptirler.
- Yüksek sönümlü kauçuk izolatörler gibi yaşlanma ve sıcaklıktan etkilenirler.
- Önemli bir deprem sonrası değiştirilmeleri gerekir.
- ABD'de en çok kullanılan izolatörlerden biridir.
- İzolatörler, uzun dönem performanslarını korumaları gerekiyor. (Mekanik özelliklerinin zamanla bozulmaması...)

Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

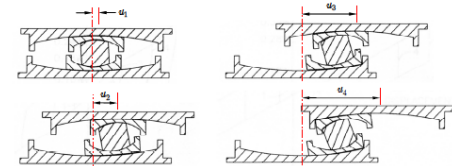
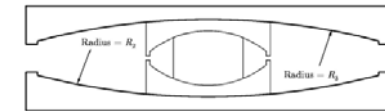
**Sürtüneli Sarkaç Türü İzolatörler**

- Ters sarkaç gibi çalışıklarından yapının periyodu kütlede bağımsız olarak izolatörün eğrilik yarıçapına göre değişir.
- İzolatör periyodu eğrilik yarıçapına bağlı olarak seçilir.
- Periyodlar T=(1~5)s aralığında, dinamik sürtünme %(2~12), efektif sönüm %(10 ~ 40) aralığında olabilmektedir.
- 14000ton düşey yük ve ± 150cm deplasman kapasitesine kadar üretilebilmektedir. 900t civarında bir çekme kapasitesi vardır.
- Kauçuk esaslı izolatörlerin en büyük rakibidir.

Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Sürtüneli Sarkaç Türü İzolatörlerin Modellenmesi:**

Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Üçlü Sürtüneli Sarkaç Türü İzolatör:**

- Rüzgâr yüklerinde ve küçük depremlerde öncelikle içteki sistemde hareket meydana gelmekte, tasarım depreminde ise izolatör şeklindeki gibi açılarak gereken deplasman istemini sağlamaktadır.

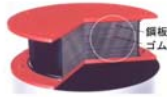
Prof.Dr.Oğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Japonya'da Enerji Sönümleyiciler:**

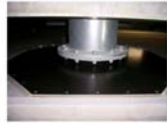
İzolatsız Yapı



İzolotörlü Yapı



Elastomerik İzolatör



PTFE (Teflon)



RBB



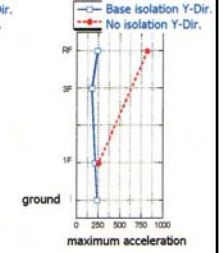
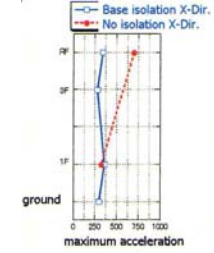
Kurşun İzolatör

Metalik/Çelik İzolatör

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

Üstyapı ve temel arasında yatay rijitliği az elemanlar yerleştiriliyor. İzolasyon sistemi gerekli yatay esnekliği sağlıyor ve yerdeğiştirmeler bu izolasyon sisteminin olduğu kotta yoğunlaşıyor.

İlk mod yalnızca izolatörün baskın olduğu bir mod olup üst yapı neredeyse rijit olarak ötelenir. Yüksek modların katkısı yoktur.



(Shimizu and Tohoku University)

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Diğer Enerji Sönümleyiciler**

Viscous Damper	Oil Damper	Viscoelastic Damper	Steel Damper
$F = C \dot{u}^\alpha$	$F = C \dot{u}$	$F = K(\omega) \cdot u + C(\omega) \cdot \dot{u}$	$F = K \cdot f(u)$

Viskoz sönümleyiciler:

Elips ve dikdörtgenden biraraya gelen histeretik davranış gösterirler. Silikon sıvı ile sönümleyici kuvveti oluşur. Panel, kutu ya da silindirik konfigürasyonlarda sönümleyiciler üretiliyor.

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Diğer Enerji Sönümleyiciler:**

Viscous Damper	Oil Damper	Viscoelastic Damper	Steel Damper
$F = C \dot{u}^\alpha$	$F = C \dot{u}$	$F = K(\omega) \cdot u + C(\omega) \cdot \dot{u}$	$F = K \cdot f(u)$

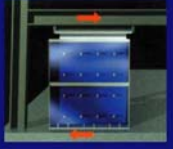



Yağ sönümleyiciler:

Elips şeklinde histeretik davranış gösterirler. Kullanılan yağ ile sönümleyici kuvveti oluşur. Genelde tüp/silindirik konfigürasyonlarda üretiliyor.

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi



**Diğer Enerji Sönümleyiciler:**

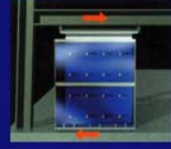



Viscous Damper	Oil Damper	Viscoelastic Damper	Steel Damper
			
$F = C \dot{u}^\alpha$	$F = C \dot{u}$	$F = K(\omega) \cdot u + C(\omega) \cdot \dot{u}$	$F = K \cdot f(u)$

**Viskoelastik sönümleyiciler:**

Eğik elips şeklinde histeretik davranış gösterirler. Bazı malzemelerde yüksek deformasyonlarda iki doğrulu (bi-linear) histeretik eğri elde edilebilir. Silikon vb malzeme kullanılabilir. Çok değişik konfigürasyonlarda sönümleyiciler üretiliyor.

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

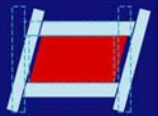
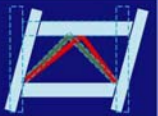


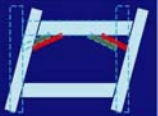
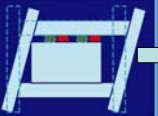
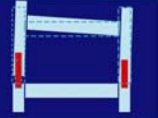
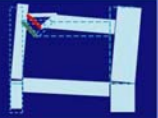
**Diğer Enerji Sönümleyiciler:**

Viscous Damper	Oil Damper	Viscoelastic Damper	Steel Damper
			
$F = C \dot{u}^\alpha$	$F = C \dot{u}$	$F = K(\omega) \cdot u + C(\omega) \cdot \dot{u}$	$F = K \cdot f(u)$

**Metalik (çelik vb) sönümleyiciler:**

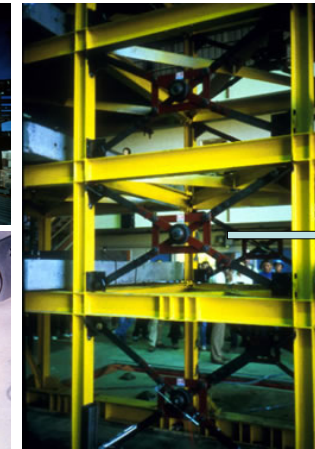
İki doğrulu histeretik davranış gösterirler. Sürtüneli yüzeyler de kullanılabilir. Akma ya da kayma ile elasto-plastik davranış elde ediliyor. Genelde panel konfigürasyonlarda üretiliyor. Maliyeti en uygun olan sönümleyicidir.

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

	Wall Type	Brace Type	Shear Link Type
Directly Connected System			
Indirectly Connected System			
Special System			

**Yapılarda Uygulanma Biçimleri**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Örnekler:**

Pall sürtünme sönümleyicileri

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Burkulması Önlenmiş Caprazlar (BÖÇ):**  
Bir tür metalik sönümleyicilerdir.  
Mantığı çok basit olmasına karşın ciddi bir teknolojik altyapısı vardır. Amaç, çekme ve basınçta benzer aksenal dayanımı ve dolu histeretik davranışı elde etmektir.

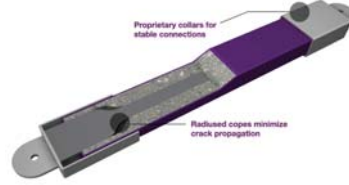


Fig. 3 Buckling-restrained Brace (BRB)

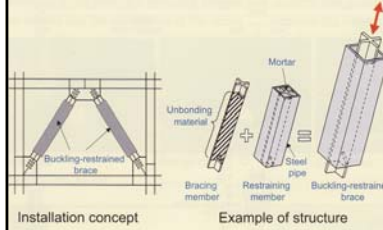
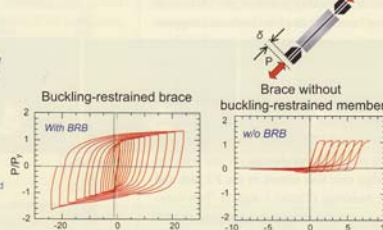


Fig. 4 P-σ Relation of Brace



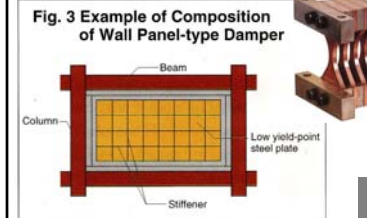
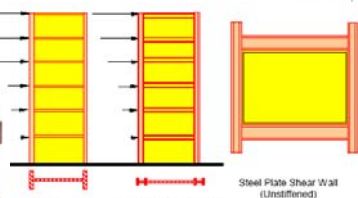
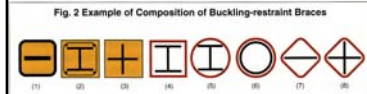
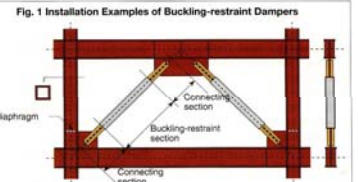
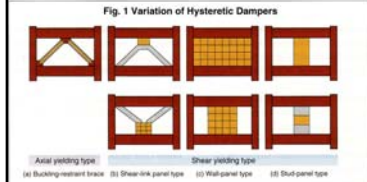
İlk üreticiler: Japonya, ABD, Tayvan, Çin...Türkiye (İTÜ) ...

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi



Çelik ve alternatif çekirdekli ve uç birleşimli BÖÇ'ler tasarlandı, üretildi. Üretilen BÖÇ'ler İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarında test edilmektedir.

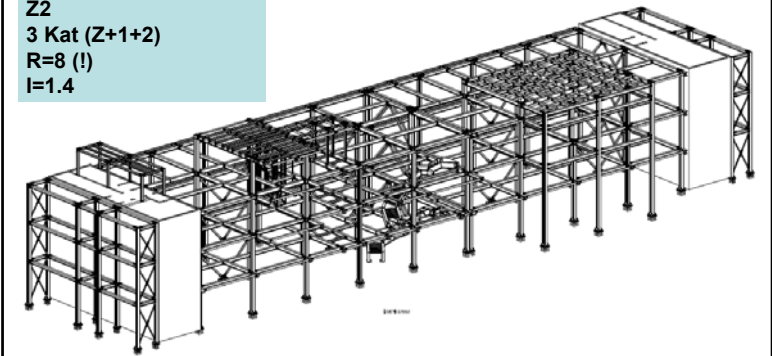
Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi



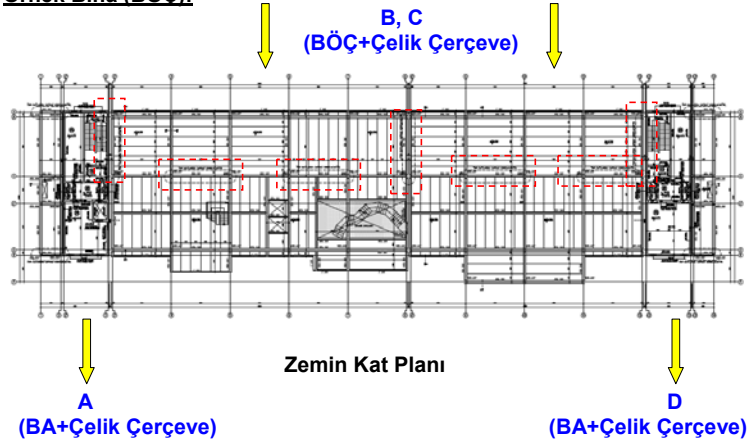
Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

### Örnek Bina (BÖÇ):

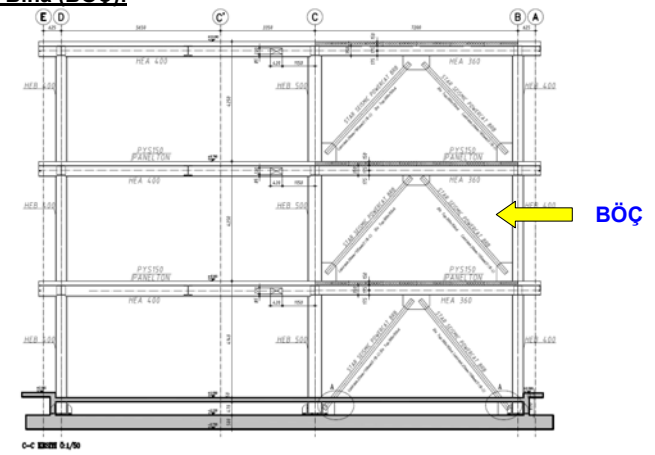
İstanbul  
2° Deprem Bölgesi  
Z2  
3 Kat (Z+1+2)  
R=8 (!)  
I=1.4



Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statiği ve Betonarme Birimi

**Örnek Bina (BÖÇ):**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statik ve Betonarme Birimi

**Örnek Bina (BÖÇ):**

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statik ve Betonarme Birimi

**Sonuçlar:**

•Geleneksel yapım sistemleriyle inşa edilen yapılarda tasarım depreminde önemli yapısal hasarlar olabilir.

•Yapısal hasarları kontrol altına almak üzere enerji sönümleyicilerden yararlanılması özellikle önem katsayısı yüksek ve kritik binalarda giderek artacaktır.

•Köprülerde de değişik amaçlar için sönümleyicilerden yararlanılmaktadır.

•Maliyeti düşük sönümleyicilerin geliştirilmesi her zaman bir gereksinim olacaktır.

•Sönümleyicilerin kullanılması sanıldığı kadar maliyetli olmayabilir.

•En etkin sönümleyici tipinin seçimi yapının durumuna göre farklılık gösterir. Bunun için alternatifli bir ön çalışma yapılması kaçınılmazdır.

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statik ve Betonarme Birimi

**Kaynaklar**

- DIS
- EPS
- RJ Watson
- Mageba
- Emke
- Star Seismic
- A. Wada, Lecture Notes
- K. Kasai Laboratory Publications
- Weir
- Steel Construction, Today&Tomorrow

Prof.Dr.Öğuz Cem Çelik  
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Statik ve Betonarme Birimi

### Teşekkürler

- İnş.Yük.Müh. Ömer Yalçın (Büro İstanbul)
- İnş.Yük.Müh. Özkan Yalçın (Büro İstanbul)
- İnş.Müh. Seçkin Çetinkaya (Büro İstanbul, Arup)
- İnş.Yük.Müh. Tunç Tıbet Akbař (Arup)
- İnş.Yük.Müh. Cem Haydarođlu (Arup)
- Dr.Fatih Sütçü (İTÜ)
- İnş.Yük.Müh.Çiđdem Avcı Karatař (NKÜ)



Teşekkürler!  
SORULAR?

