

DEPREME DAYANIKLI YAPILARIN TASARIM İLKELERİ

Y. MÜH. BÜLENT YEĞİN

DEPREME DAYANIKLI YAPILARIN TASARIM İLKELERİ

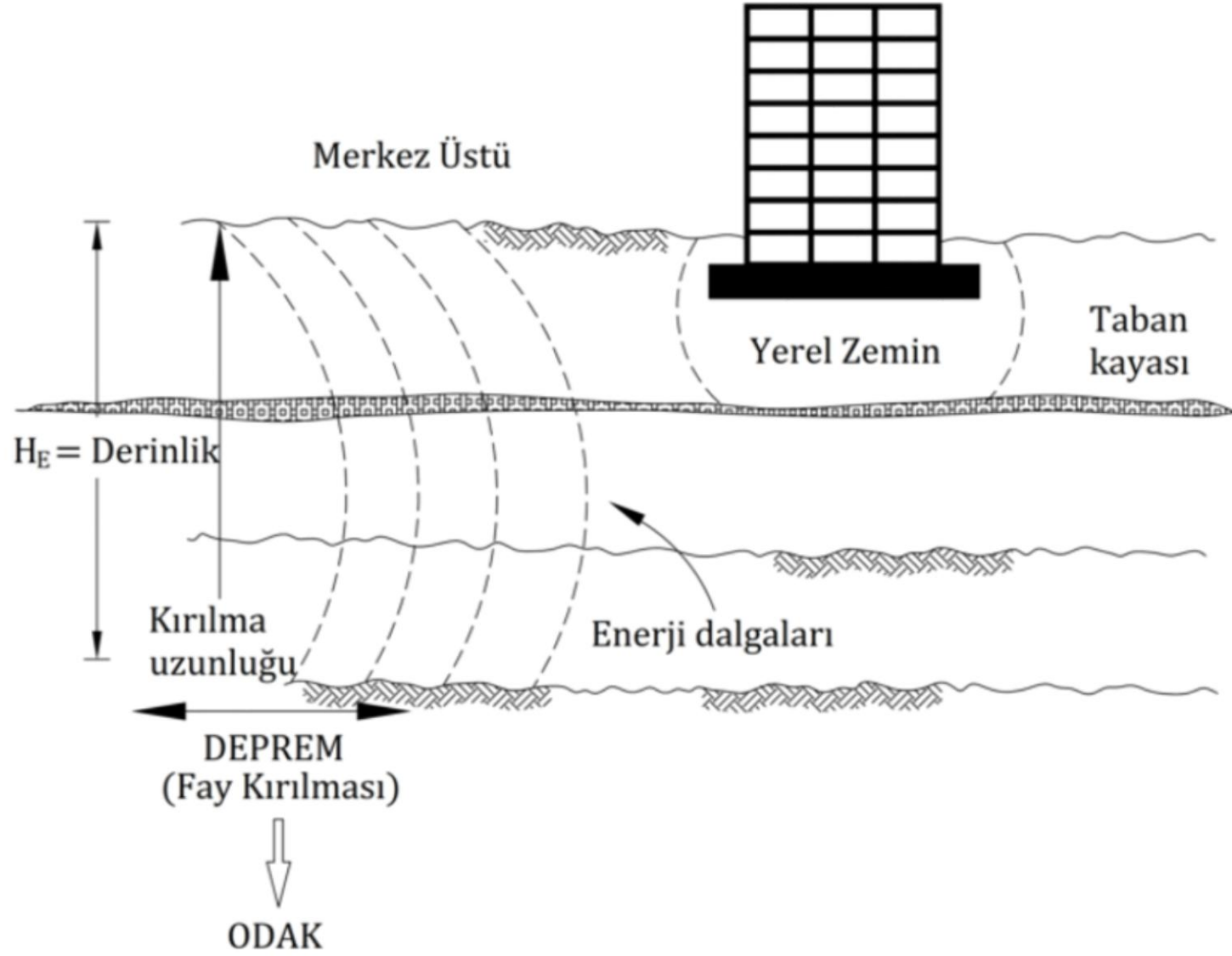
“Özelliklerini sadece tahmin edebildiğimiz malzemeleri kullanarak, kesin olarak saptayamadığımız dış etkilere göre, sadece yaklaşık olarak çözümlayebildiğimiz gerçek yapıları ortaya çıkarma sanatıdır.”

Prof. Dr. Edward Wilson

DEPREMİN OLUŞUMU VE ETKİLERİ

DEPREMİN OLUŞUMU

Yeryüzünün derinliklerinde, mevcut faylar üzerinde rölatif olarak hareket eden kayaçlar, fayların ara düzlemleri içinde enerji biriktirirler. Yeryüzünden HE derinliğinde bulunan fay içinde, göreceli ve çok yavaş, fakat devamlı hareket eden kaya tabakalarının birim deformasyonu, kırılmaya tekabül eden bir sınır değere ulaşınca, fay aniden kırılır. Bu ani fay kırılmasının sonucunda, fay içinde biriken potansiyel enerji açığa çıkar. Enerji dalgaları, deprem odağından başlayarak, zemin içerisinde radyal şekilde dağılır. Deprem odağından uzaklaştıkça, yer değiştirme dalgalarının büyüklüğü de azalır, yani taşınan enerjinin miktarı küçülür. Deprem dalgalarının yeryüzüne ilerlemesi çeşitli şekillerde olmaktadır. En yaygın olan türleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Tsunami, deprem enerjisinin su ortamında taşınmasıdır.



DEPREMİN BÜYÜKLÜĞÜ

Depremiñ büyüklüğü, fay kırılması sonucu ortaya çıkan enerjinin miktarı ile ilişkilidir. Ortaya çıkan enerji miktarı (E) ile, depremin büyüklüğü olarak tanımlanan Richter ölçeği (M) arasında aşağıdaki ilişki vardır.

$$\log_{10}E = 11,4 + 1,5 M$$

Enerjinin birimi erg dir. Richter ölçeği bilimsel bir sınıflandırmadır. Yayılan alana veya hasara bakılarak sübjektif bir karar verilmemektedir. Büyüklüğe bağlı olarak meydana gelen hasarlar genellikle dört grupta toplanabilir.

- $M \leq 5$ Taşıyıcı sistemde önemli bir hasar oluşmaz.
- $5 < M < 6$ Odak noktasına yakın yerlerde hasar oluşabilir.
- $6 < M < 7$ Hasar olasılığı yüksektir.
- $7 < M < 8$ Hasar yaygın ve yüksek olarak görülür.

DEPREMİN ŐİDDETİ

Deprem ile, depremde oluşan hasar arasında ilişki kuran, bu Őiddet cetveline, “Mercalli Őiddet cetveli” adı verilir.

*****Depremin bűyűklűėi ile Őiddeti, birbirine çok karıŐtırılan kavramlardır.**



DEPREMİN DERİNLİĞİ

Depremi olduğu derinliğin, yeryüzünde oluşturduğu hasarı etkilemesi bakımından çok önemlidir. Odak noktasının derinliği (H_E) ye bağlı olarak depremler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Sığ depremler : $H_E < 70 \text{ km}$

Orta derinlikte depremler : $70 \text{ km} < H_E < 300 \text{ km}$

Derin depremler : $H_E > 300 \text{ km}$

Sığ depremlerde deprem dalgası yeryüzüne daha çabuk ve daha etkin bir biçimde ulaşır ve bu nedenle daha büyük hasara sebep olur.

Aynı büyüklüğe sahip depremlerden sığ olanı, daha büyük yıkıntıya sebep olacağından, depremin olduğu odak noktasının derinliğinin önemi de açıkça görülmektedir.

Ülkemizde genellikle sığ depremler meydana gelmektedir. Örneğin 1999 Marmara depremi, 17 km derinlikte ve $M = 7,4$ büyüklüğündedir.

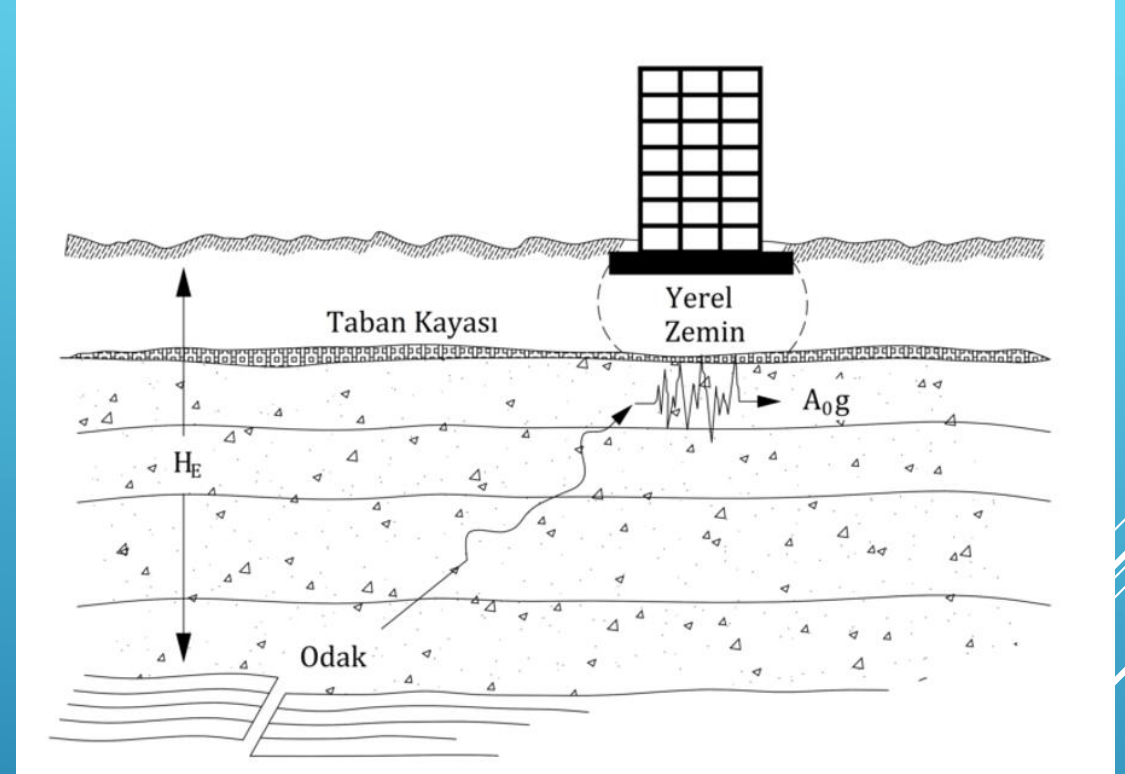
Orta derinlikte ve derin depremler ise Okyanuslarda oluşmaktadır.

TABAN KAYASI VE YEREL ZEMİN

Yapılar doğal zemin içinde konuşlandırılan bir temel üzerine oturur. Genellikle dolgu zemin üzerine temel oturtulmaz, eğer zorunlu ise gerekli önlemler alınmalıdır. (Kazık, keson, vs)

Yapının temelinin oturduğu ve deprem davranışı bakımından bir etkileşim içinde olduğu zemin, YEREL ZEMİN olarak adlandırılır. Değişik yerel zemin özellikleri (Z1, Z2, Z3, Z4), TDY-2007 de tanımlanmıştır. Yerel zeminin özellikleri, deprem titreşimlerine maruz yapının dinamik tepkisini belirlemede önemli rol oynar.

Yerel zeminin derinliklerinde taban kayası bulunur. Deprem odağından yayılmaya başlayan enerji, yapının çok altındaki taban kayasına ulaşır ve deprem titreşimleri oluşturur. Taban kayasında oluşan titreşimler, yerel zeminin içinden geçerek yapının temellerine ulaşır ve (Yapı-Zemin) etkileşimi içerisinde, yapıda önemli titreşimler ve dinamik zorlamalar meydana getirir.



DEPREME MARUZ KALMIŞ YAPININ DAVRANIŞI

Deprem, dinamik bir zorlamadır. O halde dinamik bir zorlamaya karşı yapı da dinamik bir tepki gösterecektir. (Dynamics Response)

Deprem bir ötelenme problemidir.

Yapının temellerinin yer aldığı zemin, deprem etkisi ile dinamik olarak ve tersinir şekilde ötelenmelere maruz kalır. Bu ötelenmelerin büyüklüğü zamana bağlı olarak değişir. Diğer bir deyişle ötelenmeler zamanın bir fonksiyonudur.

Ötelenmelerin zamana göre birinci türevi hızı, ikinci türevi ise ivmeyi verir.

y ötelelenmeyi, v hızı, a ivmeyi, t zamanı göstermek üzere ;

$$\frac{dy(t)}{dt} = v(t) \quad , \quad \frac{d^2y(t)}{dt^2} = a(t)$$

Yapıların taşıma güçlerini sınıra kadar zorlayan ve çökmelere sebep olan etki yatay yer ivmeleridir.

Deprem zorlamalarının, taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elemanları üzerindeki etkileri maximum olduğu ve bu etkiler yapının güç tüketimine yol açtığı zaman, yapı göçer.

O halde, yapı elemanlarında ortaya çıkan deprem zorlamalarının maximum olduğu durumun ve bu durumu oluşturan şartların iyi bilinmesi gerekir.

Deprem başladıktan sonra, deprem süresi boyunca küçükten büyüğe çeşitli salınımlar gösteren yapıda, deprem zorlamaları ne zaman maximum olur ?

Bu sorunun cevabı şudur.

DEPREME MARUZ YAPININ, ÖTELENMESİNİN MAXİMUM OLDUĞU ZAMAN; DEPREM ZORLAMALARI DA MAXİMUM OLUR.

Yapının deprem nedeniyle göçmeden ayakta kalabilmesi için boyutlandırma, bu maximum etkilere göre yapılmalı ve büyük yanal ötelenmeler oluşmamalıdır.

$y_i(t)$ → Herhangi bir katın maximum ötelenmesi

$\frac{dy_i(t)}{dt} = v_i(t)$ → Herhangi bir katın maximum hızı

$\frac{d^2y_i(t)}{dt^2} = a_i(t)$ → Herhangi bir katın maximum ivmesi

$f_i = m_i \cdot a_i$ → Herhangi bir katın maximum sismik kuvveti

m_i → Herhangi bir katın kütlesi

i → Herhangi bir katın seviyesi

DOĞAL PERİYOD VE DOĞAL PERİYODUN ÖNEMİ

Bir yapının "Doğal Titreşim Periyodu", yapının deprem etkilerine karşı göstereceği tepkinin anlaşılması bakımından son derece önemlidir.

Yapıların, deprem enerjisinden ne kadar pay aldığıının, başka bir deyişle dinamik deprem hareketlerinden ne kadar etkilendiğinin en iyi ölçütü, yapının "DOĞAL TİTREŞİM PERİYODU" dur.

Yapının doğal titreşim periyodu, dinamik bir zorlama olan deprem titreşimlerinden bağımsız olup; Geometrisine, kesit boyutlarına, malzemesine ve mesnet şartlarına bağlıdır. Bu sebeple doğal olarak isimlendirilmektedir.

Tanım olarak ifade edilirse ;

Yapının kütlesine bir birimlik öteleme verilir. Ötelenme verildikten sonra kütle aniden serbest bırakılır. Kütle harekete başlar. Kütlenin bir çevrim hareketi yaparak başlangıç konumuna gelmesi için geçen süre; "Doğal titreşim periyodu" olarak tanımlanır ve "Saniye" zaman birimi cinsinden ifade edilir ve T ile gösterilir.

TEK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEMLERDE DOĞAL PERİYOD

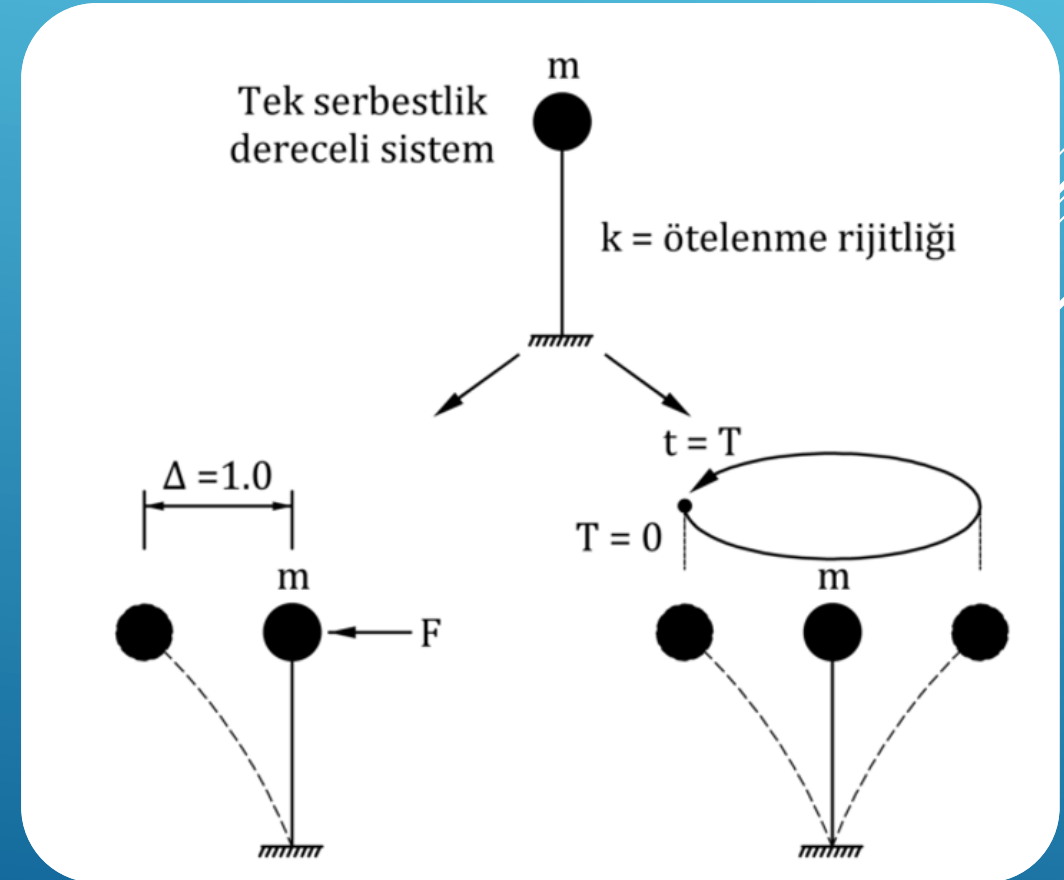
Tüm ağırlığın dolayısıyla kütlelerin tek bir noktada toplandığı varsayılan sistemlere “Tek Serbestlik Dereceli Sistemler” denir. Bu durumda hareketin bütün karakteristik değerleri, tek bir kütleli hareket denkleminin çözümüyle ifade edilebilecek demektir. Pratikte pek karşılaşılan bir durum olmamakla beraber, tek katlı yapılar, ayaklı su kuleleri bu tip sistemlere bir örnek teşkil edebilir.

Yapı dinamiğinde, tek serbestlik dereceli sistemlere ait diferansiyel denklemin çözümünden elde edilen, doğal titreşim periyodunu veren bağıntı aşağıdaki gibidir.

T periyod, m kütle, k rijitlik, w ağırlık, g yerçekimi ivmesi olmak üzere ;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad m = \frac{w}{g}, \quad k = \frac{F}{\Delta}$$

Yapının doğal periyodu ile deprem titreşimlerine gösterdiği tepki arasında çok sıkı bir ilişki vardır.

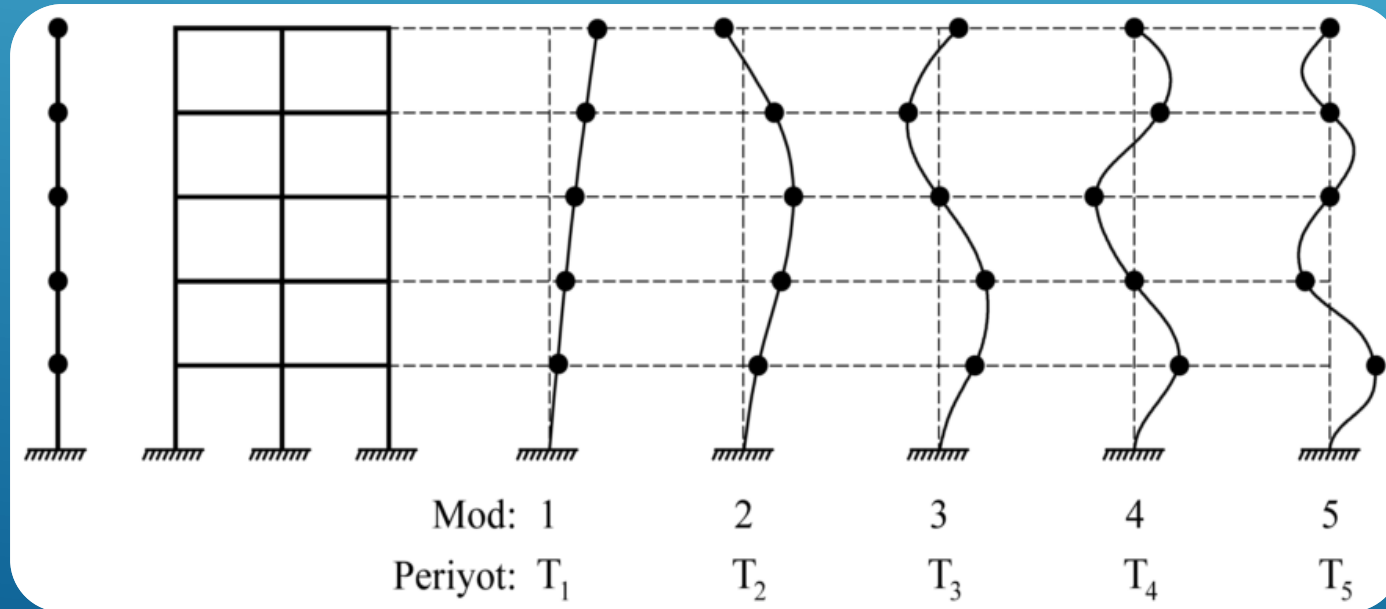


İRDELEME

- Doğal periyod, deprem zorlamalarından ve deprem titreşim özelliklerinden bağımsızdır.
- Doğal periyod değerleri, teorik olarak sıfır değerinden başlar ve yapının geometrik ve mekanik özelliklerine bağlı olarak daha büyük değerler alabilir.
- Doğal periyod, kütlenin ve ötelenme rijitliğinin karekök olarak bir işlevidir. Kütle ve/veya ötelenme rijitliğini değiştirmek ancak karekök işleminden geçtikten sonra periyod büyüklüğünü etkiler. Diğer bir deyişle aralarında doğrusal bir ilişki yoktur.
- Yapının ağırlığını, dolayısıyla kütlesini büyütmek doğal periyodu büyütür.
- Yapının ötelenme rijitliğinin büyümesi doğal periyodu küçültmekte, ötelenme rijitliğinin küçülmesi ise doğal periyodu büyütmektedir.
- O halde doğal periyodun büyük veya küçük olmasının, yapının deprem davranışını nasıl etkidiğinin bilinmesi, büyük önem taşımaktadır.

ÇOK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEMLERDE DOĞAL PERİYOD

Çok serbestlik dereceli sistemlerde, kütle sayısı kadar doğal titreşim periyodu mevcuttur. Meydana gelen her bir ötelenme eğrisine ayrı bir periyod tekabül etmektedir. Bu ötelenme eğrilerine, diğer bir deyişle titreşim şekillerine MOD adı verilir. İçlerinde en önemli mod, birinci titreşim modu olup şartnamelerde deprem yükü hesaplanırken esas alınan mod dur. Daha kesin bir dinamik hesap yapılması istenirse, yüksek modların da katkısını gözönüne alan “ Mod Süperpozisyonu” adı verilen yöntem kullanılmalıdır. Yöntemin izahı için “Yapı Dinamiği” kaynaklarına başvurmak gerekir.

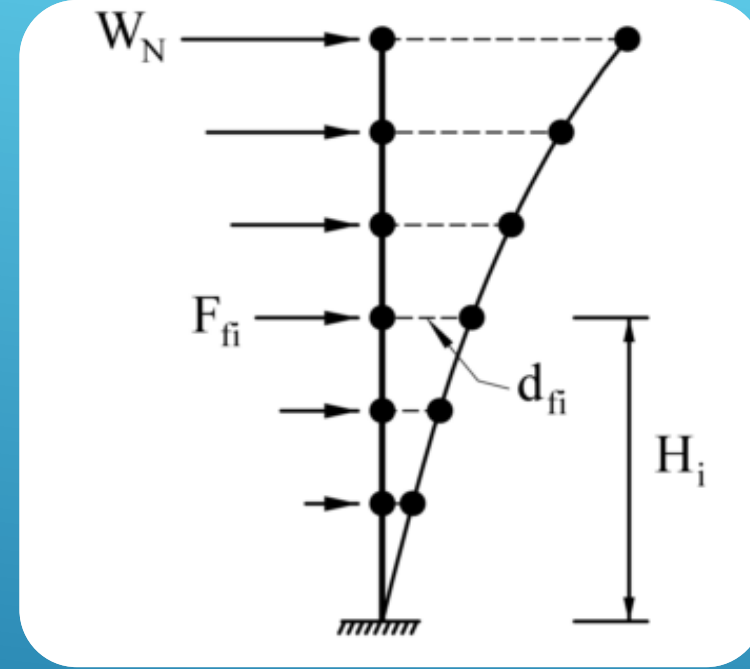


Türk deprem yönetmeliği, çok katlı ve çok açıklıklı bir yapının birinci doğal titreşim periyodunun bulunabilmesi için aşağıdaki denklemi önermektedir.

$$T = 2\pi \left[\frac{\sum m_i \cdot d_{fi}^2}{\sum F_{fi} \cdot d_{fi}} \right]^{1/2}$$

Pay ve payda (d_{fi}^2) ile bölünürse ;

$$T = 2\pi \left[\frac{\sum m_i}{\sum F_{fi}/d_{fi}} \right]^{1/2}$$



Kat kütlelerinin toplamı, yapının tüm kütlesine eşittir.

$$\sum_{i=1}^N m_i = M_e$$

Kat rijitliklerinin toplamı, tüm yapının rijitliğine eşittir.

$$\sum_{i=1}^N \frac{F_{fi}}{d_{fi}} = K_e$$

0 halde yapının özel titreşim periyodu ;

$$T = 2\pi \left[\frac{M_e}{K_e} \right]^{1/2} = 2\pi \sqrt{\frac{M_e}{K_e}}$$

Deprem yönetmeliğindeki bağıntıda $i = 1$ alınır, ifade tek serbestlik dereceli sisteme tekabül eder.

$$T = 2\pi \left[\frac{m \cdot d_f^2}{F_f \cdot d_f} \right]^{1/2}$$

d_f terimleri sadeleştirilirse ;

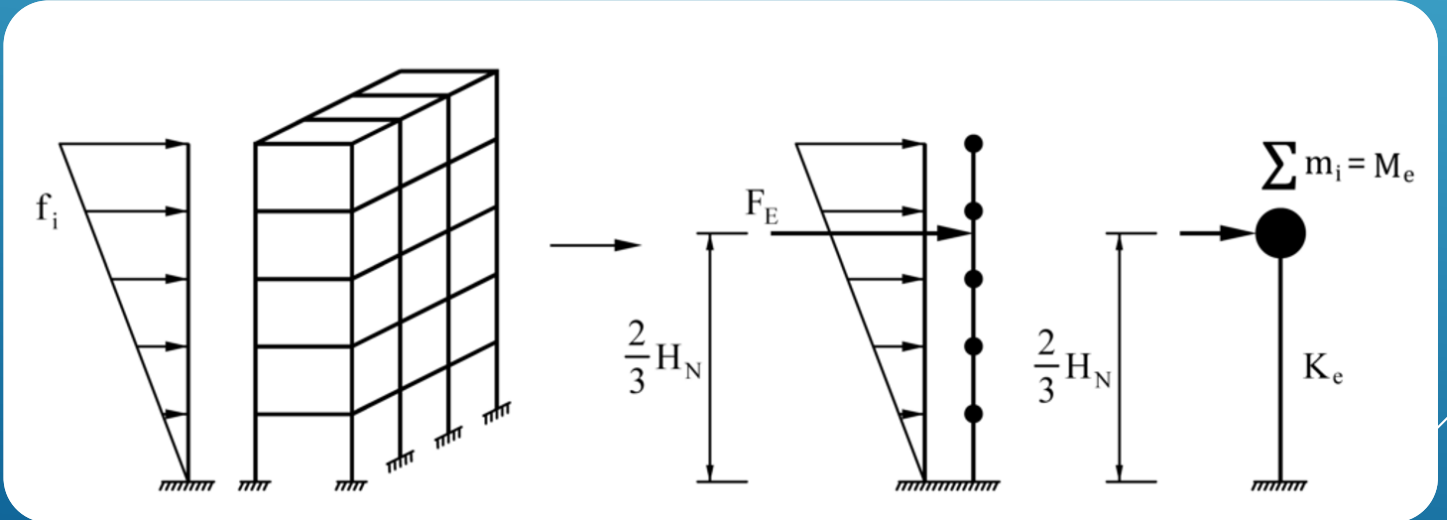
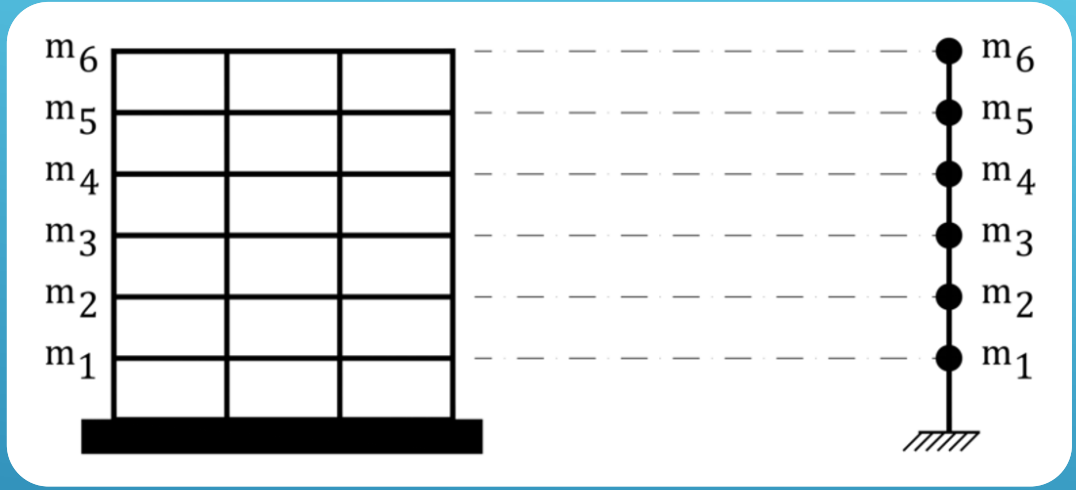
$$T = 2\pi \left[\frac{m \cdot d_f}{F_f} \right]^{1/2} = 2\pi \left[\frac{m}{F_f/d_f} \right]^{1/2}$$

Ötelenme rijitliğini bulmak için yapıya birim ötelenme verilirse ;

$$k = \frac{F_f}{1} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{bulunur.}$$

Görülüyor ki; hem tek, hem de çok serbestlik dereceli sistemlerin doğal periyodları, aynı bağıntı ile bulunabilmektedir. Bağıntının, çok serbestlik sistemlere uygulanabilmesi, ancak çok serbestlik dereceli sistemlerin, tek dereceli sistem olarak modellenebilmesi ile mümkündür. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; Ötelenme profilinde kütle merkezine tekabül eden (Δ_e) ötelenmesinin bulunabilmesidir. Bu da ancak çok serbestlik dereceli sistemin ötelenme rijitliğinin (K_e) bilinmesi ile mümkün olabilmektedir.

Aşağıda çok serbestlik dereceli bir sistemin matematik modeli, tek serbestlik dereceli bir sisteme dönüştürülmesi ve kütle merkezinden itibaren yaklaşık yüksekliği gösterilmiştir. Deprem kuvveti kütle merkezine etki etmektedir.

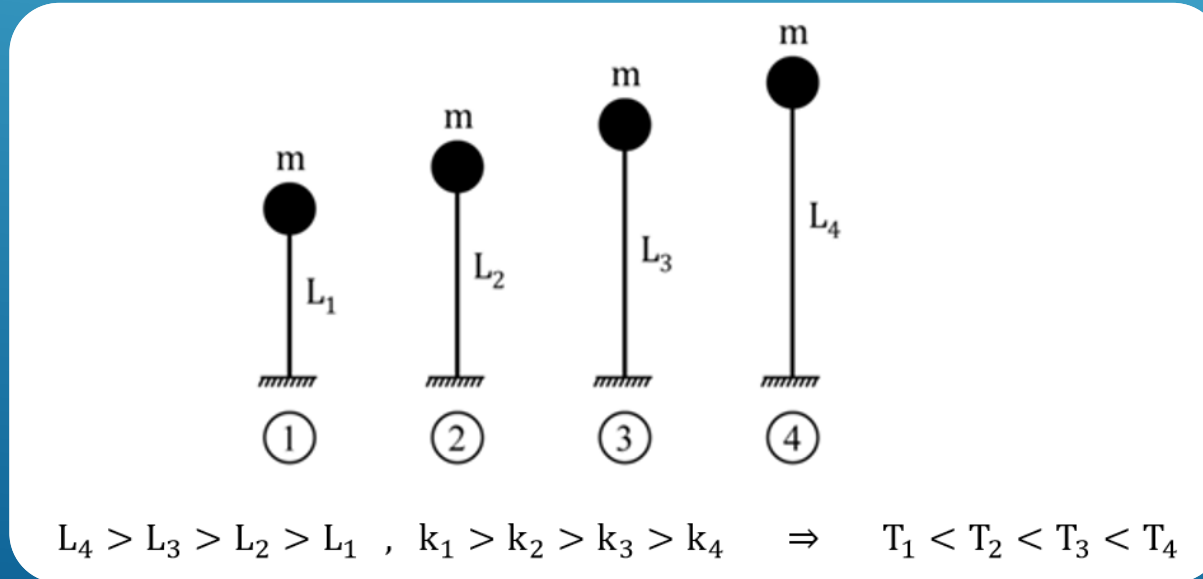


DEPREM KUVVETİNİN OLUŞMASI

Deprem titreşimleri, yerel zemin içinden geçerek yapının temellerine ulaşır. Bu süreçte bazı değişikliklere uğrar. Mevcut yapıların her birinin kendilerine ait özel periyodları vardır. Her yapı kendi özel periyodunun bir fonksiyonu olarak bu etkilerden payını alır.

ÖTELENME, HIZ VE İVME TEPKİ SPEKTRUMLARI

Değişik doğal periyodlara sahip, tek serbestlik dereceli basit sistemler düşünölsün. Bu sistemlerin hepsi aynı deprem etkisine maruz kalsın. Burada dikkat çekici olan, “AYNI DEPREM, DEĞİŞİK DOĞAL PERİYODLAR” kavramıdır.



Geçmişte olmuş ve (zaman - ivme) kayıtları mevcut olan bir depremin, küçük zaman adımlarına karşı gelen ivmeleri olarak, (t_i, a_i) depremin $(t = 0)$ başlangıç anından bitişine kadar çok sayıda koordinatlarla tanımlanır. Her (t_i, a_i) koordinatları için hareket denklemleri bilgisayar yardımıyla çözülür. Yapının kütlesi, $(t = 0)$ anından depremin bitişine kadar, azalan ve çoğalan değişik ötelenmeler, hızlar ve ivmelere maruz kalır. Bu ötelenmelerin, hızların ve ivmelerin maximum değerleri alınır.

Bu çözüm, doğal periyodları farklı, çok sayıda tek kütleli sistemler için tekrarlanır. Her sistemin doğal periyoduna karşı gelen bu maximum tepkiler (Ötelenme, Hız, İvme), yapının doğal periyodunun (T_i) bir fonksiyonu olacak şekilde grafik olarak ifade edilir.

Üretilen bu grafikler, “TEPKİ SPEKTRUMLARI” olarak tanımlanır.

“Spektrum” terimi, “Maximum Tepki” anlamına gelmektedir.

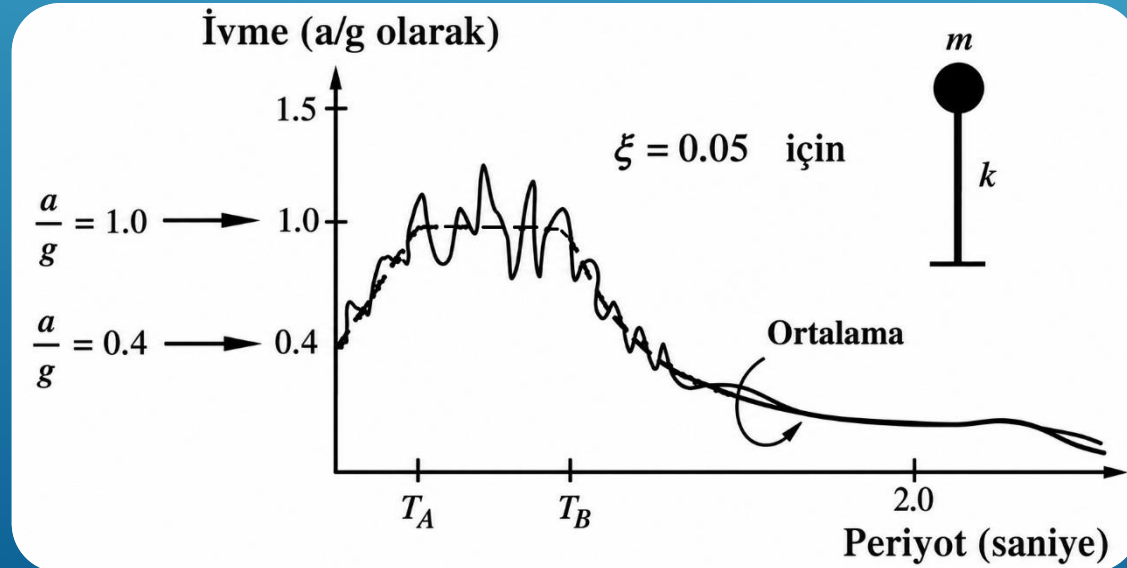
Ötelenme, hız ve ivme tepki spektrumları olarak elde edilen bu spektrumlardan en önemlisi, “İVME TEPKİ SPEKTRUMLARI”dır ve $S(T)$ olarak gösterilir.

İVME TEPKİ SPEKTRUMLARI

Yapıların depreme karşı davranışlarında ivme çok önemli bir kavramdır. Dinamiğin temel yasasına göre bir kütlenin maruz kaldığı ivme, o kütlede oluşan “Eylemsizlik Kuvveti” ni belirler.

Hepsi tek serbestlik dereceli ancak değişik doğal periyodlara sahip taşıyıcı sistemlerin kütle merkezlerinde oluşan “Maximum İvmelerin” grafik olarak gösterilmesine, “İvme Tepki Spektrumu” adı verilir. İvme Tepki spektrumunun oluşturulmasında esas alınan tüm betonarme sistemlerde, sönüm oranı sabit ve $\xi = 0,05$ olarak alınmıştır.

İvme tepki spektrumu, farklı doğal periyodları olan fakat sönüm oranı sabit tüm tek serbeslik dereceli sistemler için geçerlidir ve tüm deprem bölgeleri için kullanılabilir.



Üretilen ivme tepki spektrumu, tüm deprem bölgeleri için kullanılabilir. Örneğin ; $T = 0$ değerine sırası ile 0.4 , 0.3 , 0.2 , 0.1 değerleri verilerek birinci, ikinci üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerine ait ivme tepki spektrumu elde edilebilir.

Her bir koordinat noktası $[T_i , a/g]$ doğal periyodu T_i olan tek serbestlik dereceli bir sistemin (m_i) kütlesinde oluşan maximum ivmenin büyüklüğünü göstermektedir.

$T_i = 0$ olan, ötelenmeye karşı sonsuz rijit tek serbestlik dereceli bir taşıyıcı sistemin (m_i) kütlesinde, ancak maximum etkin yer ivmesi kadar bir ivme oluşacaktır. Elastik eğri oluşmadığı için sistem depremin yer hareketine tam uyumlu rijit kütle hareketi yapacaktır.

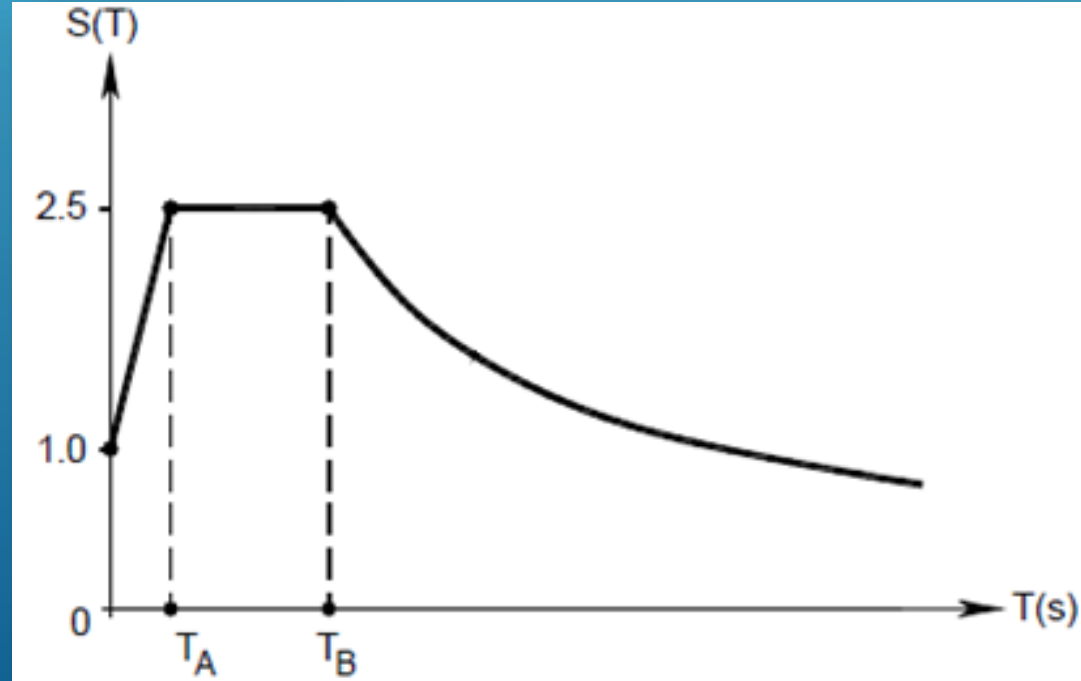
Doğal periyodları, $T_i = 0$ ile $T_i = T_B$ arasında yer alan tek serbestlik dereceli taşıyıcı sistemlerde, çok ilginç bir olay ortaya çıkmaktadır.

Yerel zeminden geçerek taşıyıcı sisteme giren etkin yer ivmesi, yapının kütle merkezine doğru yükselirken, kendini değişik oranlarda büyötmektedir.

Bu büyötmeye, sönüm oranı $\xi = 0,05$ olan sistemlerde maximum olarak (2,50) kat olmaktadır.

$$S(T) = 1.00 / 0,40 = 2,50$$

Yer ivmesinin etkin kütle merkezine doğru yükselirken hangi oranda değiştiiğini gösteren ve doğal periyodun bir fonksiyonu olan ivme büyötmeye katsayısı $S(T)$, Spektrum katsayısı olarak tanımlanır. Üretilen bu ortalamalar ilişkisi, **TASARIM İVME SPEKTRUMU** adını alır.



ZEMİN SINIFININ DEPREM İVMELERİNE ETKİSİ

Tek serbestlik dereceli muhtelif sistemlerin;

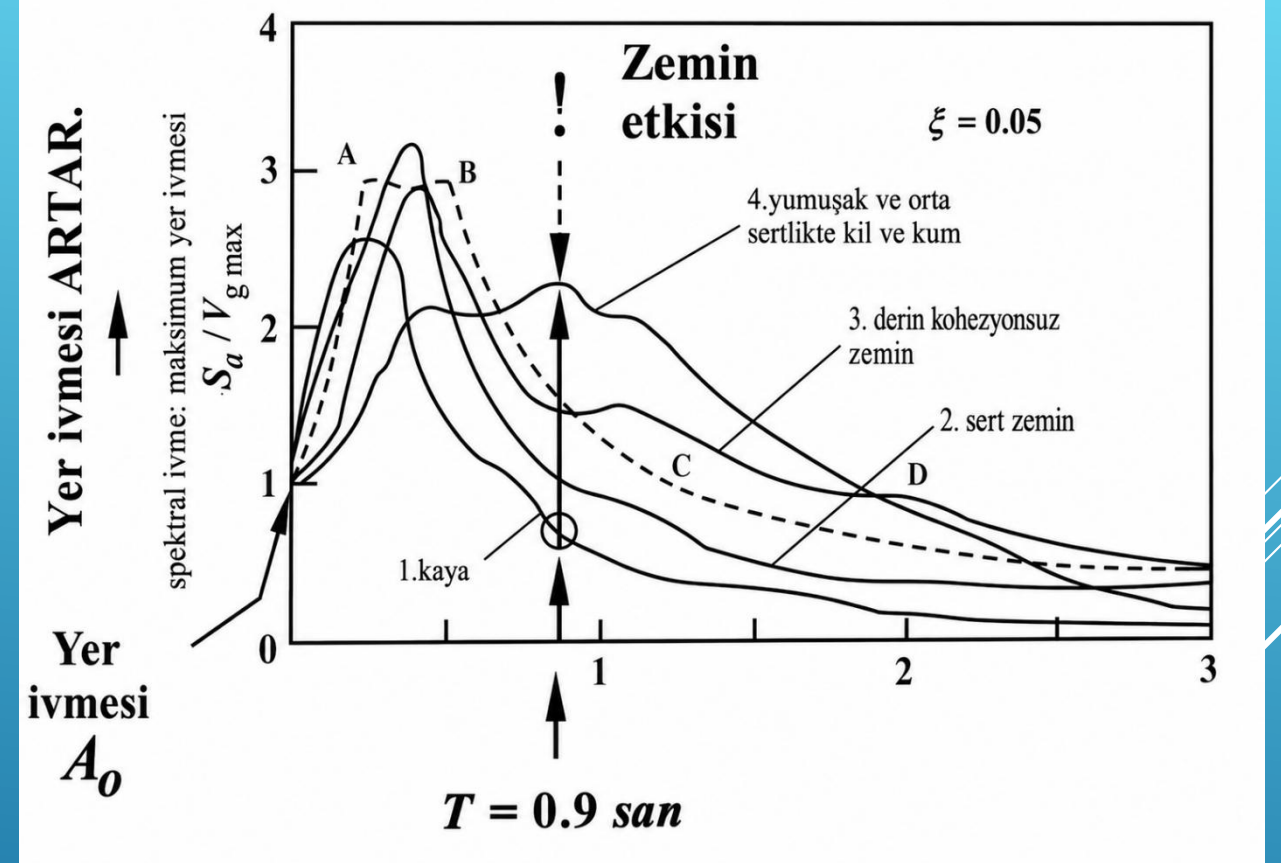
Kaya (Z1)

Sert zemin (Z2)

Derin kohezyonsuz zemin (Z3)

Yumuşak ve orta sertlikte kil ve kum (Z4)

Üzerine oturduğu durumlarda, tepki spektrumu yöntemi ile dinamik çözümlenmeleri yapılırsa, dört ayrı zemin türü için aşağıdaki spektrum eğrileri elde edilir.



Eğrilerin incelenmesinden aşağıdaki sonuçlara varmak mümkündür.

- **Yapının, kaya yerine yumuşak zemin üzerine konuşlanması, genellikle kütle merkezinde oluşan ivmelerin daha büyük olmasına yol açmaktadır.**
- **Etkin yer ivmesinin, yapının etkin kütle merkezine yükselirken nasıl ve ne kadar değişeceğini gösteren, ivme spektrum eğrisi; Doğal periyod, Yerel zemin sınıfı ve sönüm oranı olmak üzere üç parametreye bağlıdır.**

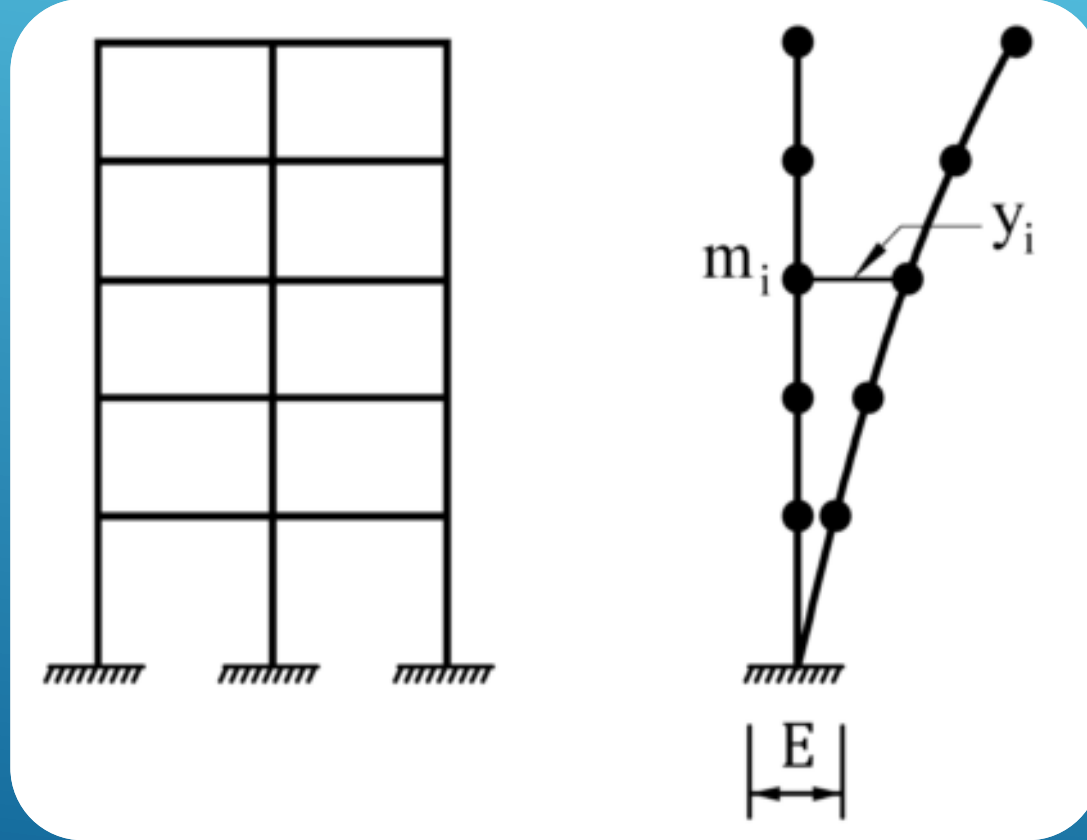
Örneğin : $T = 0,9$ sn olan bir yapı kaya üzerinde ise $S(T) = 0.6$, yumuşak zemin üzerinde ise $S(T) = 2.2$ maximum ivmelere maruz kalmaktadır.

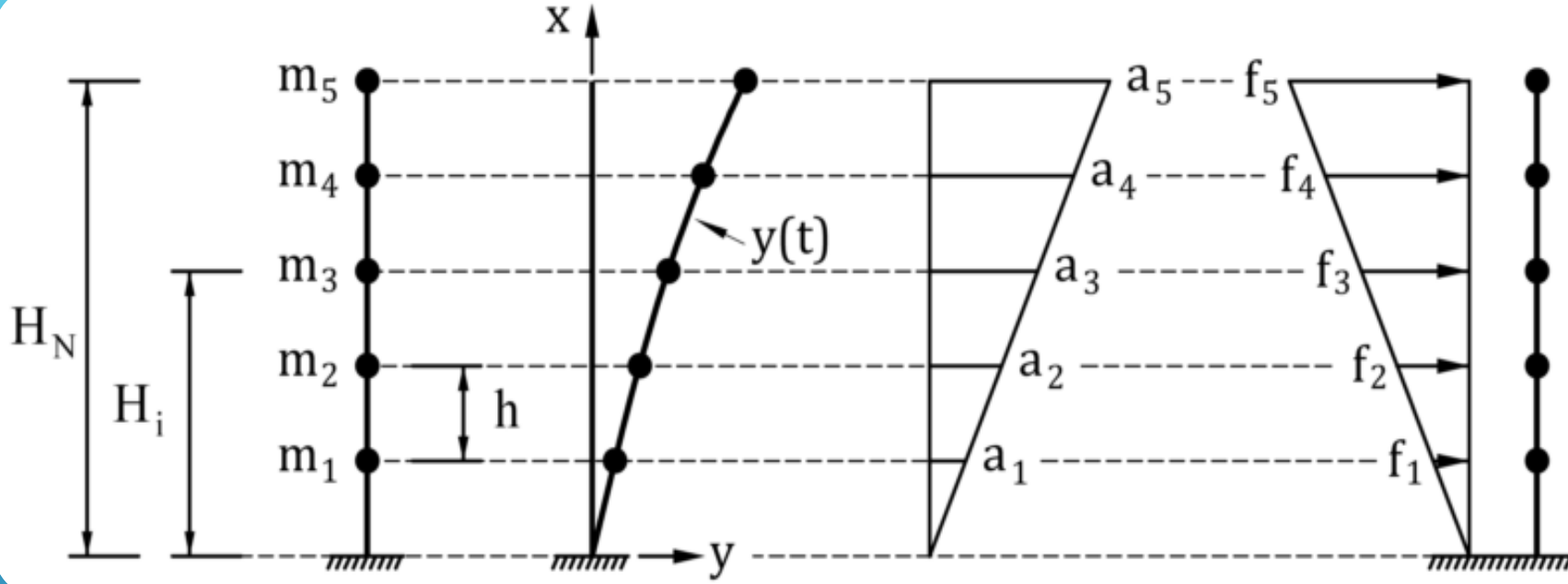
$T = 0,9$ sn olan yapı kaya yerine yumuşak zeminde konuşlanırsa; $2.2/0.6 = 3.7$ kat daha fazla ivme ve bu ivmenin yol açtığı 3.7 kat daha fazla deprem kuvveti meydana gelecektir.

Aynı yapı kaya üzerinde konuşlanmış ise; etkin yer ivmesi etkin kütle merkezine yükselirken büyümemiş aksine küçülmüştür.

YAPIYI ETKİLEYEN DEPREM KUVVETİ

Deprem, yapıyı dinamik bir ötelenme ile zorlar. O halde deprem esnasında, rüzgar yükü, kar yükü, ölü ve hareketli yükler gibi yapıyı dışarıdan etkileyen bir yük söz konusu değildir. Ancak depremin bir yatay yük ve ötelenme problemi olduğu da bilinmelidir.





$i \rightarrow$ Herhangi bir kat seviyesi

$m_i \rightarrow$ Herhangi bir katın kütlesi

$y_i \rightarrow$ Herhangi bir katın ötelenmesi

$a_i \rightarrow$ Herhangi bir katın maximum ivmesi

$f_i = m_i \cdot a_i \rightarrow$ Herhangi bir katın maximum sismik kuvveti (Newton)

Ötelenme profilinin (Elastik Eğri) eğrilikleri çok küçük olup bu eğrinin iki defa türevi alınırsa daha da küçüleceğinden, temelden çatıya ivme dağılımı da doğrusala çok yakın olacaktır. Bu sebeple deprem şartnamelerinde ivmelerin yapı boyunca doğrusal olarak değiştiği kabul edilmektedir.

$y_i(t)$ → Herhangi bir katın maximum ötelenmesi

$\frac{dy_i(t)}{dt} = v_i(t)$ → Herhangi bir katın maximum hızı

$\frac{d^2y_i(t)}{dt^2} = a_i(t)$ → Herhangi bir katın maximum ivmesi

Her kata ait deprem kuvvetleri dinamiğin temel yasasına göre ivmelerle orantılı olacağından, deprem yüklerinin neden ters üçgen şeklinde yayıldığı sorusunun cevabı da verilmiş olmaktadır. En büyük ötelenme, hız ve ivme çatı katı düzeyinde meydana gelmektedir.

DEPREM KUVVETİNİN BULUNMASI

İvme tepki spektrumu (İvme büyütme katsayısı) kullanılarak, 0,4 g büyüklüğündeki maximum yer ivmesinin, uygulamada çok sık karşılaşılan yapıların doğal periyodları için yapı içinde (2,50) kez büyüdüğü hatırlanırsa;

$$A_0 g = (0,4 g) \cdot (2.50) = 1,0 g \quad \text{olacaktır.}$$

(1,0 g) demek, yapının etkin kütle merkezinde, yapının kendi ağırlığı kadar (W) bir kuvvete maruz kalması demektir. Bu çok büyük bir kuvvettir.

$$M = W/g \quad , \quad a = 1,0 g$$

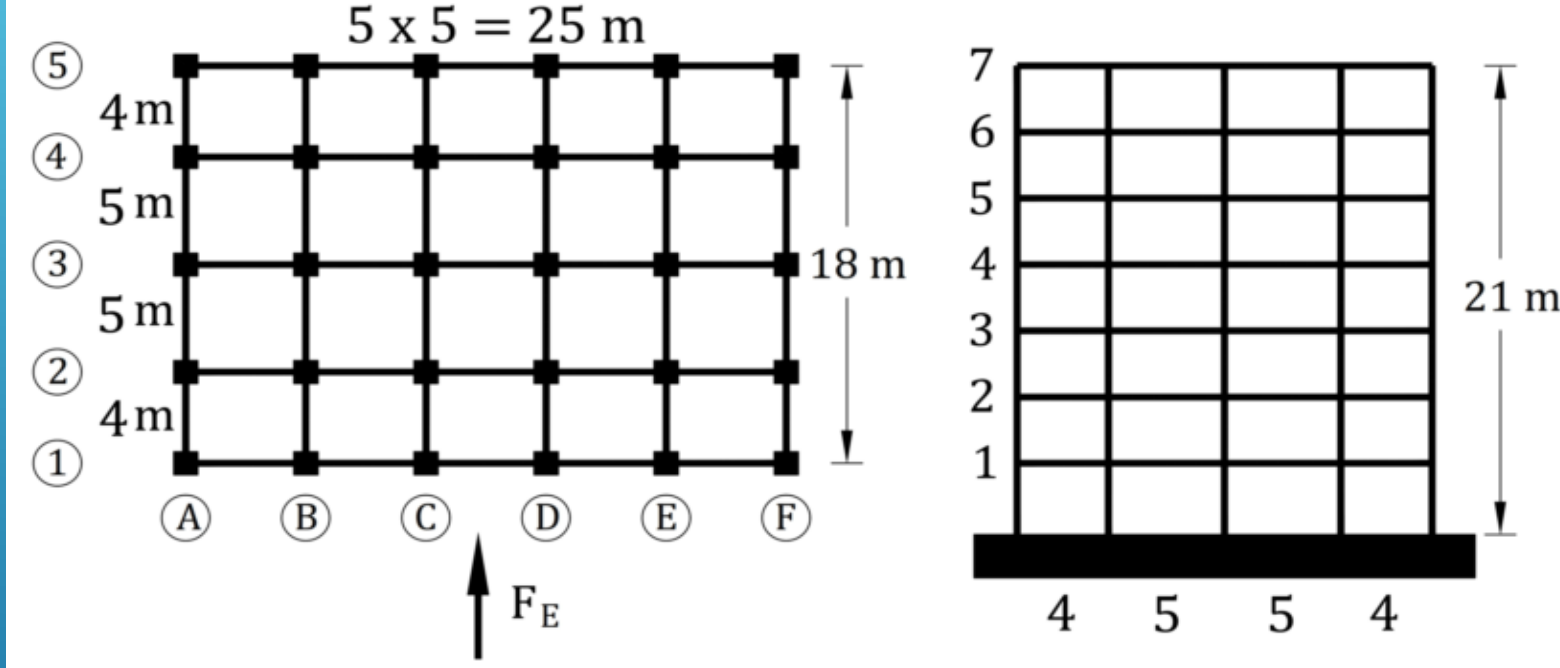
$$F_E = m \cdot a = W/g \cdot 1,0 g \quad (\text{Newton Yasası})$$

$$F_E = W \quad (\text{Elastik Deprem Kuvveti})$$

Görüldüğü üzere (g) terimleri kısaltılmaktadır. O halde kütle yerine ağırlık değerleri (W) kullanılabilir.

Yapının elastik kalması ve hasar görmemesi isteniyorsa, yapı en az, $F_E = W$ büyüklüğündeki bir deprem kuvvetine karşı koyabilecek şekilde boyutlandırılmalı ve donatılmalıdır. Bu çözüm ise; Çok pahalı, ekonomik ve fonksiyonel olmayan bir çözümdür. O halde, çözümün ekonomik olması için, “Yapıda bir miktar deprem hasarının oluşmasına” izin vermek gerekir.

Örnek olmak üzere aşağıda planı ve kesiti gösterilen yapının elastik deprem yükü elde edilmiş ve üzerinde bazı değerlendirmeler yapılmıştır.



$$A_0g = 0,4 g$$

Kiriş kesitleri : 30x55 , Kolon kesitleri : 40x40 olarak verilmiştir.

Yapı ağırlığı $\rightarrow W = 3150$ ton olarak bulunmuştur.

Elastik deprem kuvveti $\rightarrow F_E = (0,4 g) \cdot (2.50) \cdot 3150 / g = 3150$ ton

Zemin kat kiriş uç momentleri $\cong 216$ tm

Zemin kat kolon uç momentleri $\cong 197$ tm olarak elde edilmiştir.

İçindeki donatıya göre kirişin moment kapasitesi : 27 tm

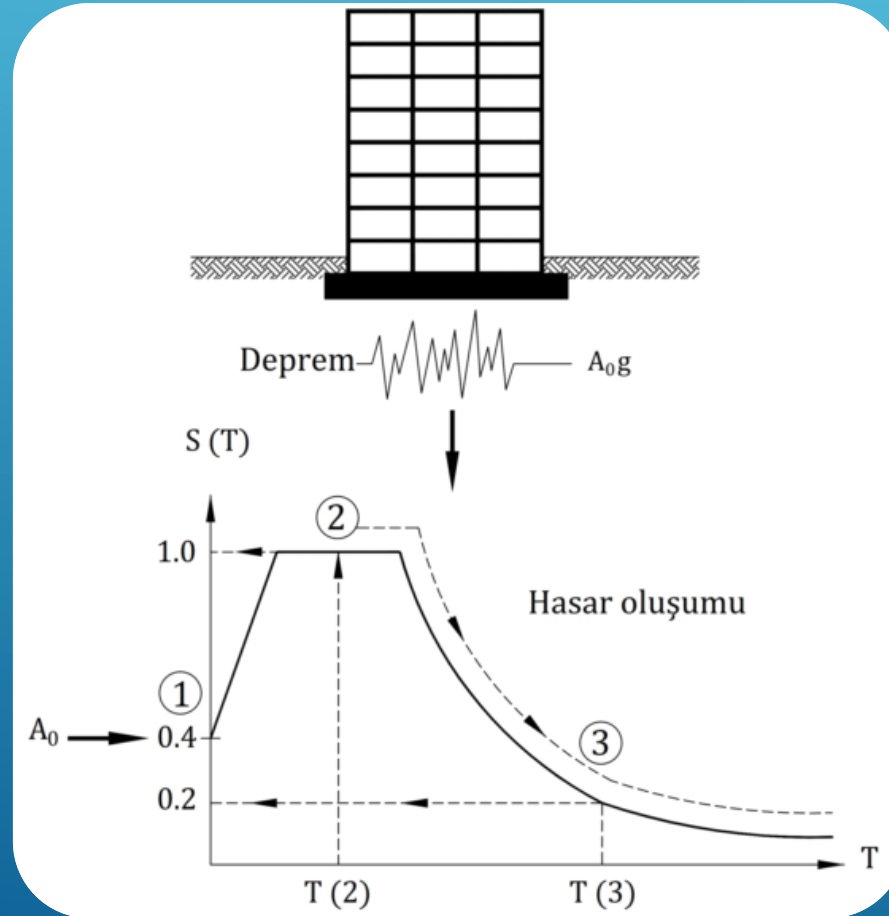
İçindeki donatıya göre kolonun moment kapasitesi : 18 tm dir.

Görüldüğü üzere gerek kiriş momentleri gerekse kolon momentleri, kapasitelerinin yaklaşık 10 katıdır. Kiriş ve kolonun, bulunan bu deprem momentlerine dayanması ve yapının çökmemesi mümkün değildir. Buna mukabil yapı göçmemiş ve ayakta durmaktadır.

İşin bütün sırrı burada olup, depreme karşı dayanıklı yapı kavramının esasını teşkil eder.

YAPI DAVRANIŞ KATSAYISI

Deprem yapıya ilk intikal ettiği anda, yapı toplam ağırlığına eşit çok büyük bir deprem kuvvetine maruz kalır ve yapıda çeşitli hasarlar oluşur. Göçen yapılardaki bütün yanlışlık yapının bu hasar görme sürecinde yaşanmaktadır.



Hasar gören yapının ötelenme rijitliği azalır dolayısıyla periyodu büyür. Hasardan önceki T_2 periyodu hasar gördükten sonra T_3 değerine ulaşır. T_3 periyodu ivme tepki spektrumunda görüldüğü üzere T_2 periyoduna nazaran çok daha küçük bir ivmeye karşılık gelmektedir. İvmenin küçülmesi ise bu ivmenin oluşturduğu deprem kuvvetinin azalmasına neden olmuştur. Deprem etkisine maruz bir yapıda, elastik deprem kuvveti ;

$$F_E = (A_0 g) \cdot S(T) \cdot W/g \quad \text{Olarak bulunmuştur.}$$

Dinamiğin temel yasasına göre;

$$F_E = (A_0 g) \cdot S(T) \cdot W/g \cdot I/R \quad \text{şeklindedir.}$$

$I = 1$ olarak düşünülürse, tek fark $(1/R)$ olmaktadır. Yani ;

$$V_t = F_E \cdot 1/R \quad \text{olur.}$$

$R > 1$ olan bir katsayıdır ve sistem davranış katsayısı adını alır.

O halde yapı, deprem ile etkileşim içine girince, üzerine etki eden deprem kuvvetini defalarca azaltmaktadır.

Depreme maruz yapı, donatı akmaları ve burkulmaları, beton ezilmeleri ve çatlamları gibi nedenlerle hasar görüp, elastik ötesi hatta plastik duruma geçmektedir.

Depreme maruz yapı, elastik ötesi duruma geçer ve çok büyük olan FE elastik deprem kuvvetinin oluşmasına izin vermez. Hasar görerek elastik ötesi duruma geçen yapı, üzerine etkiyen deprem kuvvetini defalarca azaltır ve bu azalmış deprem kuvveti ile başa çıkabilir duruma gelir.

Görülüyor ki ; yapı hasar görmekte fakat bu hasar karşılığında hayatını kurtarmaktadır.

Eğer tasarım hesaplarında, $R > 1$ olarak alınıyorsa, mutlaka hasar oluşumu kabul ediliyor demektir.

Elastik deprem kuvveti küçülmüş ancak yapı da bir hasar görmüştür. Yani bir bedel ödenmiştir. Ancak yapı bu aşamada göçmemelidir.

DEPREME KARŞI GÜVENLİ YAPI NEDİR ?

Depreme dayanıklı yapı demek, öncelikle yıkıcı bir depreme maruz kalmış ve bunun sonucunda ayakta kalabilmeyi baőarmıő yapı demektir.

Deprem kuvvetleri, taşıyıcı sistemde eğilme momenti (M), kesme kuvveti (V), aksenal kuvvet (N) ve burulma momenti (Mt) oluştururlar. Bu iç kuvvetler nedeni ile taşıyıcı sistemde deprem hasarı oluşur, böylece deprem enerjisi tüketilir.

Bu hasar neticesinde, yapı ya göçer ya da ayakta kalır. Amaç, hasar gören yapıyı ayakta tutmak olmalıdır. Çünkü yıkıcı bir depremde hasar kaçınılmazdır. Yapı içine giren deprem enerjisi, yine yapı içerisinde tüketilmelidir.

Depreme maruz yapı, yatay olarak ötelenir. Binlerce ton ağırlığındaki bir yapıyı ötelemek, belli bir enerji gerektirir. İşte bu ötelenme, yapıya intikal eden deprem enerjisini kısmen tüketir. Yapıya intikal eden bu deprem enerjisinin tamamını, yapının elastik olarak ötelenmesi ile tüketmek mümkündür, ancak ekonomik değildir.

Büyük enerji tüketimi, taşıyıcı sistemde oluşmasına izin verilen hasar ile mümkün olur. Yapının kolonlarında, kirişlerinde, perdelerinde ve taşıyıcı olmayan diğer elemanlarında hasar meydana gelir. Oluşan bu hasar deprem enerjisini tüketmelidir.

BİRÇOK NOKTADA OLUŞAN BU HASARA TEKABÜL EDEN VE BÖYLECE TÜKETİLEN ENERJİNİN TOPLAMI, YAPIYI ZORLAYAN DEPREM ENERJİSİNE EŞİT OLURSA VE BU EŐİTLİK SAĞLANIRKEN YAPI GÖÇMEZSE, DEPREME KARŞI DAYANIKLI BİR YAPI VAR DEMEKTİR.

DEPREM HASARININ MİKTARI

- a) Küçük büyüklüklerdeki depreme maruz kalan yapı, depremden sonra kullanılabilir kalmalıdır.
- b) Orta büyüklükte depreme maruz kalan yapıda “Kontrollü Hasar” oluşmalıdır. Yapı tamir edilebilir ve kullanılabilir kalmalıdır.
- c) Büyük ve yıkıcı bir depreme maruz kalan yapıda ise ; Hasar oluşmuş olsa bile ekonomik olarak tamir edilebilir olması istenir, ancak bu tamir ekonomik olmasa bile yapının çökmemesi esastır.

DEPREME DAYANIKLI YAPININ ÖZELLİKLERİ

Depreme karşı dayanıklı yapı, olmazsa olmaz şu üç özelliğe sahip olmalıdır.

- 1) Ötelenme rijitliği
- 2) Dayanım
- 3) Süneklik

Bu özellikler zorunlu şartlardır ve tümünün bir arada bulunması gere-kir.

Zorunlu olmamakla birlikte, yapının mimarisinde aşağıdaki özelliklere de dikkat edilmelidir. Bu şartlar depremle başa çıkabilmek için yapıya avantaj kazandırır.

- a) Taşıyıcı sistem, planda ve yüksekliğince, deprem kuvvetlerini başarı ile taşıyabilecek şekilde, düzenli olarak teşkil edilmelidir.
- b) Taşıyıcı sistemin kütlesi, olabildiğince yatayda ve yükseklik boyunca düzgün ve simetrik dağıtılmış olmalıdır. Kat planı içinde, kütle yığılmalarından kaçınılmalıdır.
- c) Yapı yüksekliğince de kütle, dayanım ve rijitlik düzensizliklerinden kaçınılmalıdır.

GÜVENLİ HASAR TANIMI

Taşıyıcı sisteme giren sismik enerjiyi tüketmek için, yapı hasar görecektir. Ancak bu hasar kesinlikle yapının çökmesine yol açmamalıdır. İşte bu hasara “Güvenli Hasar” denilmektedir.

Güvenli hasar oluşumu; Salt çerçevelerden oluşan yapılarda ve Perdeli - Çerçevesel yapılarda ayrı ayrı incelenecektir.

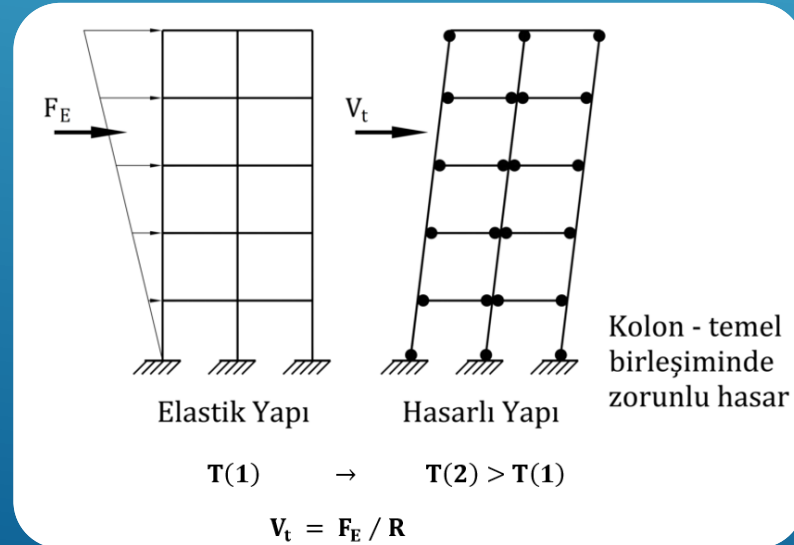
(SALT ÇERÇEVE) YAPILARDA GÜVENLİ HASAR OLUŞUMU

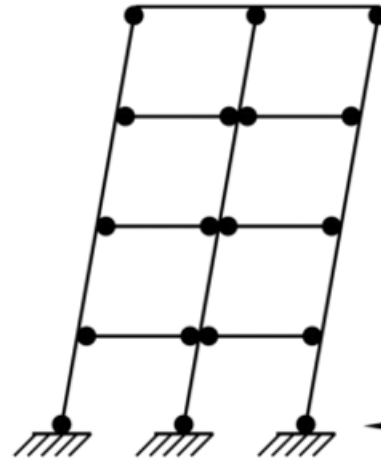
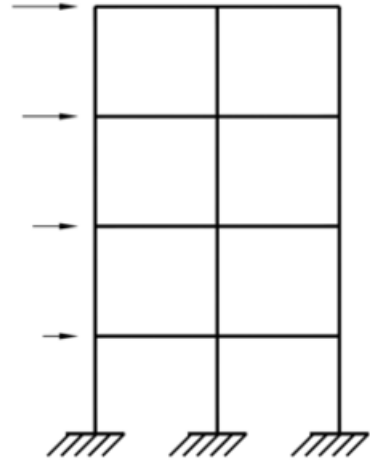
Deprem kuvvetlerine maruz kalan yapı, zemin kat kolonlarının alt uçlarında ve kat kirişlerinin sol ve sağ uçlarındaki eğilme momenti zorlamaları altında, sünek moment mafsalları oluşturarak güç tüketir. Bu sünek moment mafsallarına “PLASTİK MAFSAL” denilmektedir. Artık hasarlı bir yapı sözkonusudur. Yapının doğal periyodu büyür, etkiyen ivme, dolayısıyla zorlayan deprem kuvvetide küçülmüştür. Bu ivme elastik duruma göre çok küçülmüş bir ivmedir. Doğru tasarlanmış bir yapı defalarca küçülmüş olan bu deprem zorlamaları ile başa çıkabilir. Şekilde görülen hasar, güvenli bir hasardır. Oluşan hasara rağmen hala, düşey ve yatay kuvvetlerin dengesini sağlamak mümkündür. Oluşan bu hasar, yapının çökmesine yol açmaz. Böylece yapıya intikal eden deprem enerjisi, başarı ile tüketilmiştir.

"R" yapı davranış katsayısının kullanılmasını mümkün kılabilmek için, çerçeveli yapıda hasar aynen şekilde gösterildiği gibi, moment zorlamaları etkisi altında meydana gelecek plastik mafsallar şeklinde ve gösterildiği yerlerde oluşmalıdır.

- Deprem kuvvetleri altında hasar, eğilme momenti hasarı, yani plastik moment mafsalı tarzında ortaya çıkmalıdır. Başka bir deyişle, en büyük momentin olduğu kesitlerde çekme kuvvetini karşılayan donatı akmalı ve sünek plastik moment mafsalları oluşmalıdır.

- Hiçbir şekilde kesme kırılması oluşmamalıdır. Yani taşıyıcı elemanın güç tüketimi kesme kırılması şeklinde ortaya çıkmamalıdır.
- Çerçevesel yapının kolonlarında hiçbir hasar oluşmamalıdır. Bu prensibe tek istisna, kolon - temel birleşimidir. Çünkü burada kiriş olmayıp, kolon temele ankastre olarak bağlanmıştır. Dolayısıyla plastik mafsallar, kolonda oluşmak zorundadır.
- Oluşan plastik mafsallar sonucunda, çerçeve yapı, mekanizma durumuna kesinlikle geçmemelidir.
- Kolonlarda, asla kesme kırılması veya ankraj çözülmesi olmamalıdır. Bu sebeple, temelden çıkarak kolon içine uzayan filiz donatısı, gerekli kenetlenme uzunluğuna sahip olmalı ve 1350 lik sık etriyelerle sargılanmalıdır. Çünkü kolon-temel birleşiminde plastik mafsallın oluşması kaçınılmazdır. Böylece bu bölgede betonun parçalanarak dağılması ve parçalanan beton içinden de donatının sıyrılıp çıkması engellenmiş olur.
- En üst kat kolonlarının üst ucunda plastik moment oluşabilir. Bu sebeple yapının tüm stabilitesi bozulmaz.



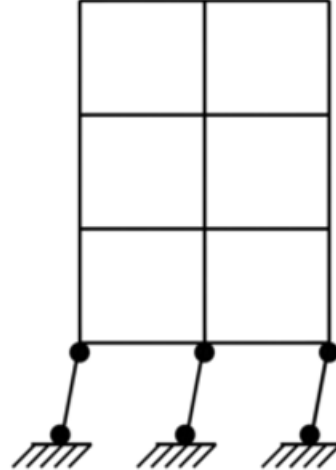
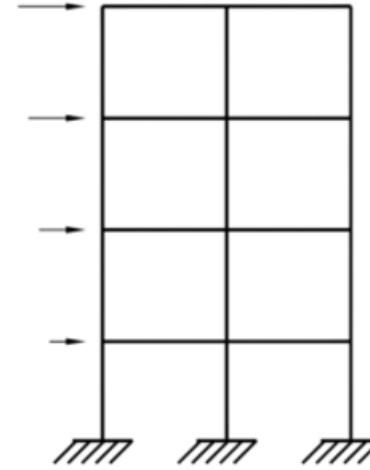


Kirişlerin
uçlarında
moment
mafsalları

Zorunlu
kolon mafsalı

STABİL YAPI

Şekil 4.25



Kolonda istenmeyen
yerde plastik mafsal

ÇÖKEN YAPI

(PERDE – ÇERÇEVE) YAPILARDA GÜVENLİ HASAR OLUŞUMU

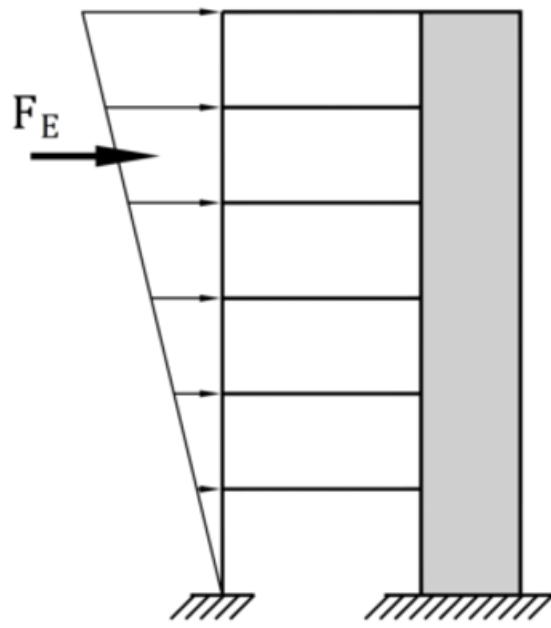
Deprem kuvvetlerine maruz kalan (perdeli-çerçeve) yapıda, aynen aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi bir hasar oluşmalıdır.

Çerçeve yapılarda olduğu gibi, zemin kat kolonlarının alt uçlarında ve kat kirişlerinin sol ve sağ uçlarındaki eğilme momenti zorlamaları altında, sünek moment mafsalları oluşmalı, buna ilaveten perdenin temel ile birleşim bölgesinde, moment zorlaması altında, sünek moment mafsalı (PLASTİK MAFSAL) meydana gelmelidir.

Oluşan bu hasar güvenli bir hasar olup, yapının çökmesine yol açmaz.

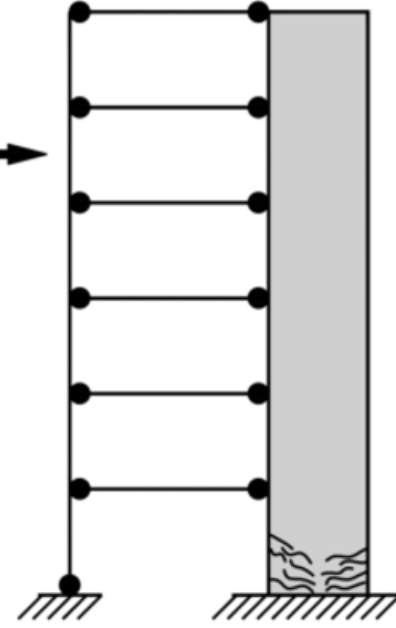
Genel olarak perdelerde iki yüzde karesel donatı ağı ve uç donatısı kullanılır. Bunun bir sonucu olarak perdede;

- a) Eğilme momenti altında oluşan mafsal sünek olur. (Plastik Mafsall)
- b) Genellikle karesel donatı ağı, kesme kırılmasına izin vermez.
- c) Kesme kırılması oluşsa bile, karesel donatı ağı, hasar gören bölge içinde kalan betonun tamamen dağılmasına engel olur. Beton, perdenin kesme dayanımına katkı yapmaya devam eder.
- d) Yeterli kesme donatısı (karesel donatı ağı) kullanılmış olsa bile perde duvarda eğik asal basınç gerilmelerinin oluşabileceği unutulmamalıdır. Eğik asal basınç kırılması gevrek bir kırılma türüdür ve perdenin taşıma gücüne son verir. Bu durumda betonun ezilerek taşıma gücünü kaybetmemesi için, kesit boyutları büyütülmeli ve eğik asal basınç ezilmelerinin oluşmasına kesinlikle izin verilmemelidir. Sonuç olarak; perdelerde eğilme çatlakları ve plastik moment mafsalları oluşmalı, kesmeden dolayı güç tüketimi ve beton ezilmeleri oluşmamalıdır.



$T(1)$

V_t



$T(2) > T(1)$

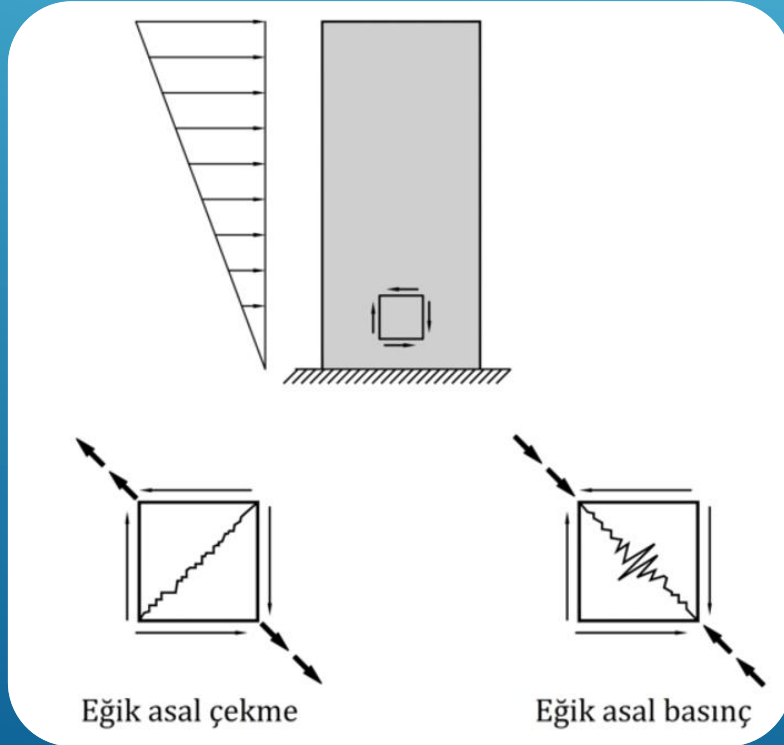
Perde Hasarı
Moment Altında
Güç Tüketimi

$$V_t = F_E / R$$

- Yatay yükün %95-97 si perdeler tarafından karşılanır, çerçevelere çok az yük kalır.
- Çerçevelerin kiriş uçlarında ve kolon- temel birleşimlerinde plastik mafsallar oluşur ve deprem enerjisinin tüketilmesine yardımcı olur.
- Yapı göçmez ayakta kalır.

PERDE GÖVDESİNDE OLUŞAN KESME KIRILMASI

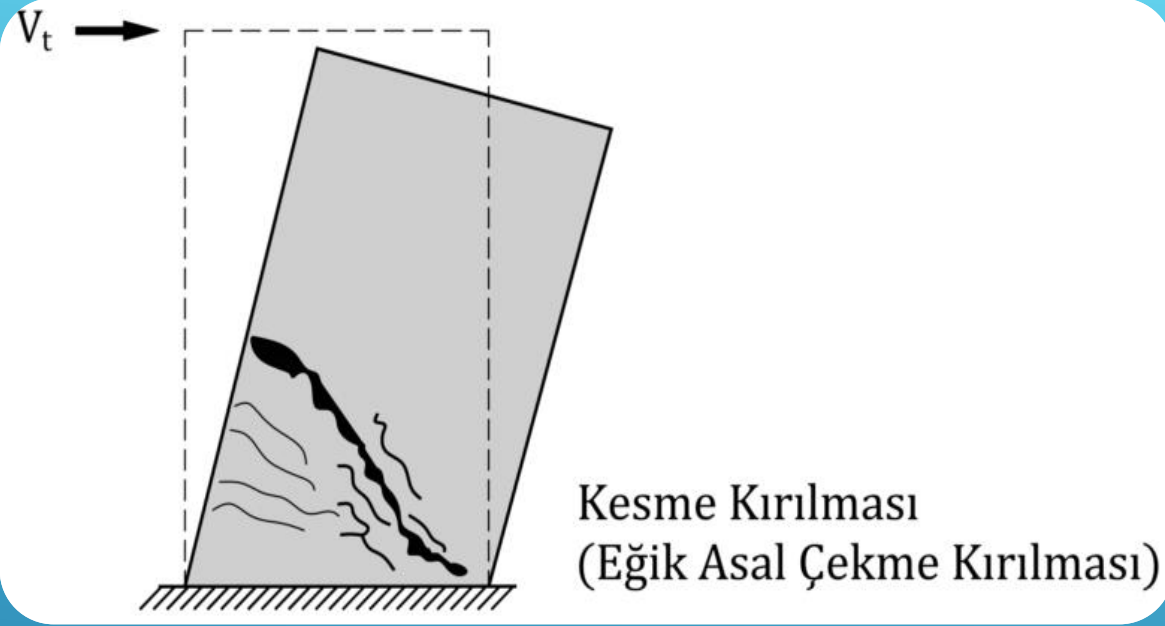
Perdelerde eğilme çatlakları ve plastik moment mafsalı oluşmalı, kesmeden dolayı güç tüketimi ve beton ezilmeleri olmamalıdır. Perdenin kesme dayanımı yetersizse temel kotundaki boyuna eğilme donatısı henüz akma gerilmesine ulaşmadan ve güç tüketimine gerekli sünekliği sağlayamadan kesme çatlağı ve çekme kırılması oluşur. Dolayısıyla perdenin enerji tüketimi tamamlanmadan yarım kalır. Kesme çatlağı nedeniyle perdenin yük taşıma kapasitesi büyük ölçüde azalır ve ağır hasar meydana gelir. Perde içindeki karesel donatı ağı perde betonunun tamamen dağılmasını engeller ve ayakta tutabilir. Eğik asal çekme gerilmeleri donatı tarafından karşılanır. Eğik asal basınç gerilmeleri ise betonun dayanımına bağlıdır, donatının yararı yoktur.



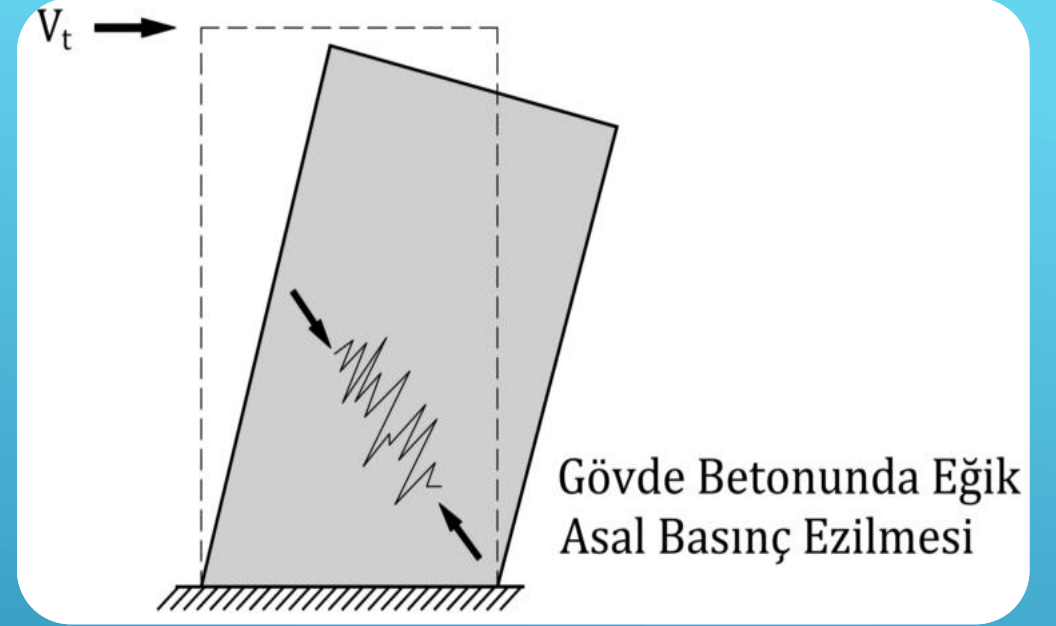
Kesme kuvveti etkisi ile birbirine dik yönlerde eğik asal çekme ve eğik asal basınç kuvvetleri oluşur. Kesme çatlakları, öncelikle eğik asal çekme kuvveti altında ortaya çıkar. Çünkü çekmeye maruz beton, betonun ezilmesinden önce çatlayacaktır. Perdeye etki eden kesme kuvveti çok büyük ise, eğik asal çekme kırılmasını engellemek için perde gövdesine yoğun bir şekilde karesel donatı yerleştirilir. Böylece eğik asal çekme kırılması önlenmiş olur.

Eğik asal basınç ezilmesi, gövde donatısının yoğun olduğu bir durumda ortaya çıkabilir. Asal çekme kırılması engellendiği için perdedeki kesme kuvveti artmaya devam eder. Ayrıca perdenin plastik moment kapasitesini arttırmak için boyuna donatı da çok kullanılmıştır. Ancak plastik mafsala yol açacak eğilme momenti arttıkça kesme kuvveti de artacaktır. Denge şartı gereği eğik asal çekme kuvvetine eşit olacak şekilde ve ona dik yönde eğik asal basınç kuvveti de artmıştır.

Gövde donatısı ve boyuna donatı asal çekme kuvvetlerini karşılar ve çekme kırılmasını önler, böylece kırılma olmaz. Ancak eğik asal basınç kuvvetleri perdenin gövde betonunda ve gövde donatılarında basınç kuvvetleri oluşturur. Donatı, basınç kuvvetlerine karşı etkisizdir hatta donatı burkulmaları bile olabilir. O halde meydana gelen asal basınç kuvvetlerini karşılamak görevi, büyük ölçüde gövde betonuna düşmektedir. Büyük oranda gövde donatısı kullanarak asal çekme kuvvetleri karşılanmış buna mukabil asal basınç kuvvetleri altındaki gövde betonu ezilmiştir. Kırılma ani ve gevrek olup bu esnada yapıya intikal eden deprem enerjisi de çok az tüketilmiştir. Perdenin yük taşıma kapasitesi büyük ölçüde kaybolmuş, ağır hasar meydana gelmiştir.



$$V_r = A_c h (0,65 \cdot f_{ctd} + \rho_{sh} \cdot f_{ywd})$$



$$V_e \leq V_r = 0,22 \cdot A_c h \cdot f_{cd}$$

***** Donatı miktarı arttırılarak eğik asal basınç kuvvetleri altında beton ezilmesi engellenemez. Yukarıdaki koşul sağlanmazsa, perde kesit boyutları arttırılmalıdır.**

SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK PERDE MİKTARININ SEÇİMİ

Perdenin enerji tüketebilmesi için sünek olması şarttır.

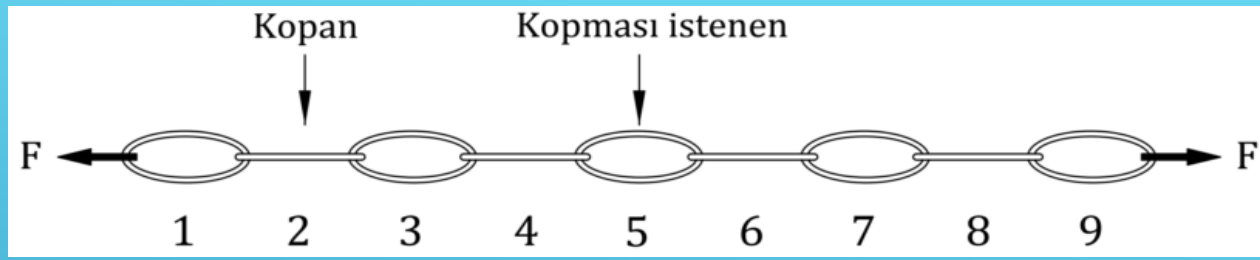
Perde miktarı seçilirken perdenin kesme dayanımı dikkate alınmalıdır. Bu durum iki halde karşımıza çıkar.

- 1 - Kesme kuvvetine maruz perdelerde, “eğik asal çekme” kırılmasının oluşmaması sağlanmalıdır. Bu durum ancak yeterli perde alanı ve yeterli donatı miktarı ile sağlanabilir.
- 2 - Kesme kuvvetine maruz perde, “eğik asal basınç” altında ezilmemelidir.

KONTROLLÜ HASAR

Depremi yapıya ilk etki ettiği anda meydana gelecek olan hasarın, istenilen yerlerde oluşması nasıl sağlanmalıdır ki yapı göçmesin ve hasar görerek ayakta kalsın. Betonarme bir yapıda hasar oluşumunun, dolayısıyla enerji tüketiminin nasıl gerçekleşeceği, Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) yayınlarında zincir analogisi ile açıklanmıştır.





9 adet halkadan oluşturulan bir zincir düşünölsün. Halkaların dayanımları bilinmeyip gelişigözel dizilmiş olsun. Etki eden F kuvveti yavaş yavaş arttırılmış ve 5 numaralı halkanın kopması hedeflenmiştir. Fakat zincir tesadöfen dayanımı en düşük olan 2 numaralı halkadan kopmuştur.

O halde kopmanın hedeflenmiş olan 5 numaralı halkada gerçekleşmesi için nasıl bir yol izlenmelidir ?

- Dizilecek olan halkaların herbirinin dizilmeden önce kopma dayanımları belirlenir.
- Birbirlerine yakın kopma dayanımları olan halkalar ayıklanır ve sadece bir tanesi zincir diziliminde kullanılır.
- Dizilecek olan bütün halkalar içerisinde, belirlenmiş olan dayanımı en düşük halka 5 numaralı halka olarak seçilir.
- Böylece oluşturulacak halkalardan oluşturulan zincir, giderek artan F kuvveti altında istenen 5 numaralı halkadan kopar.

Zincirde kontrollü hasar oluşmuştur.

Bu prensip, deprem etkisi altındaki yapıda aynen uygulanarak, hasarın istenen yerlerde olması sağlanır.

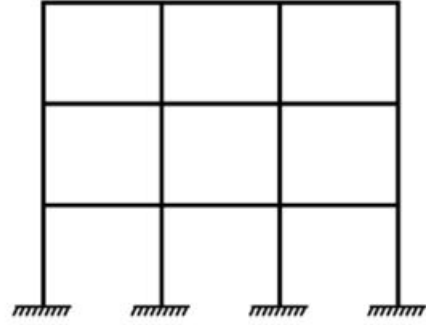
Böylece hasarın, sünek plastik mafsallar şeklinde giriş uçlarında ve perde tabanında oluşması mümkün olur.

YATAY YÜKLERİN TAŞINMASI

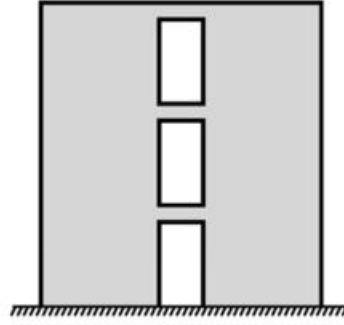
Depremden ve rüzgar yüklerinden meydana gelen yatay kuvvetler, muhtelif elemanlarla taşınmalı ve güvenli bir şekilde yapının temellerine iletilmelidir.

YATAY YÜK TAŞIYICI ELEMANLAR

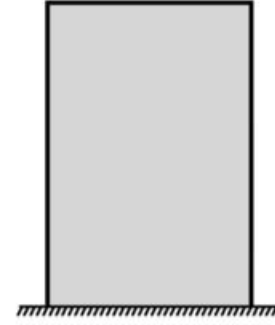
- a) Çerçeveler
- b) Perdeler
- c) Boşluklu (Bağ Kirişli) perdeler
- d) Çekirdekler
- e) Çerçeveler + Perdeler
- f) Çerçeveler + Perdeler + Çekirdekler
- g) Tüpler



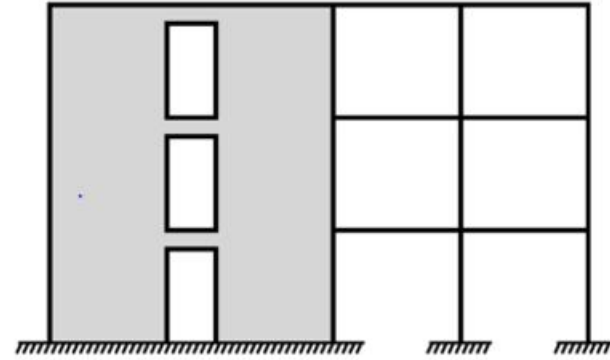
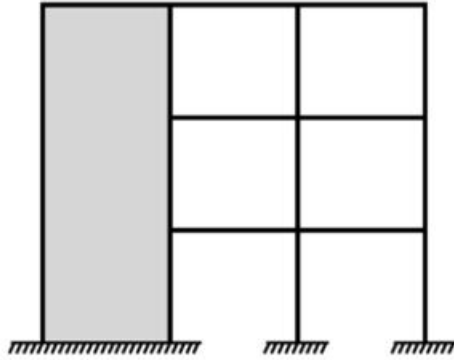
(a) Çerçeve Sistem



(b) Bağ Kirişli Perdeli Sistem

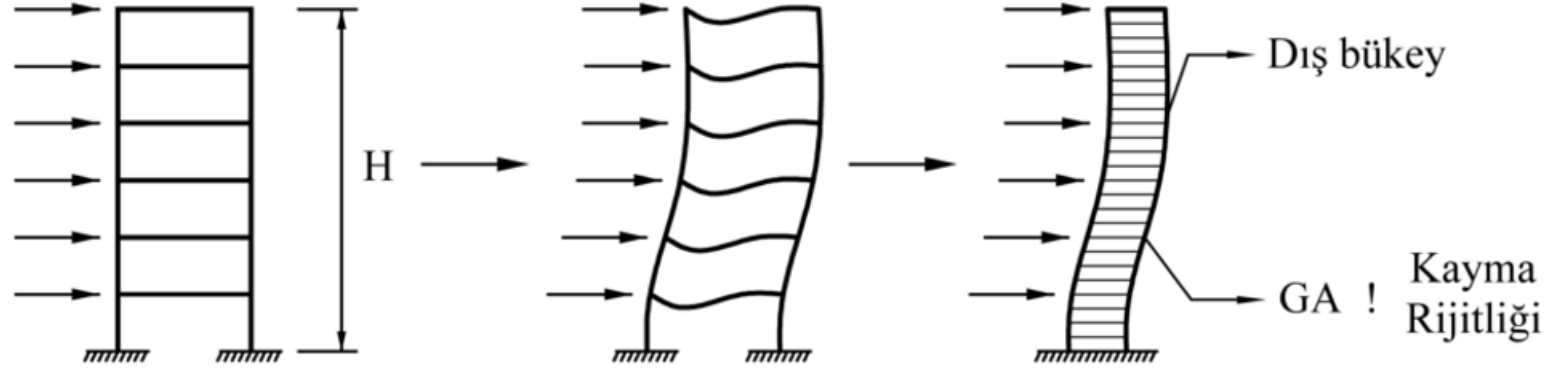


(c) Boşluksuz Perdeli Sistem



(d) Perde ve Çerçeve Sistem

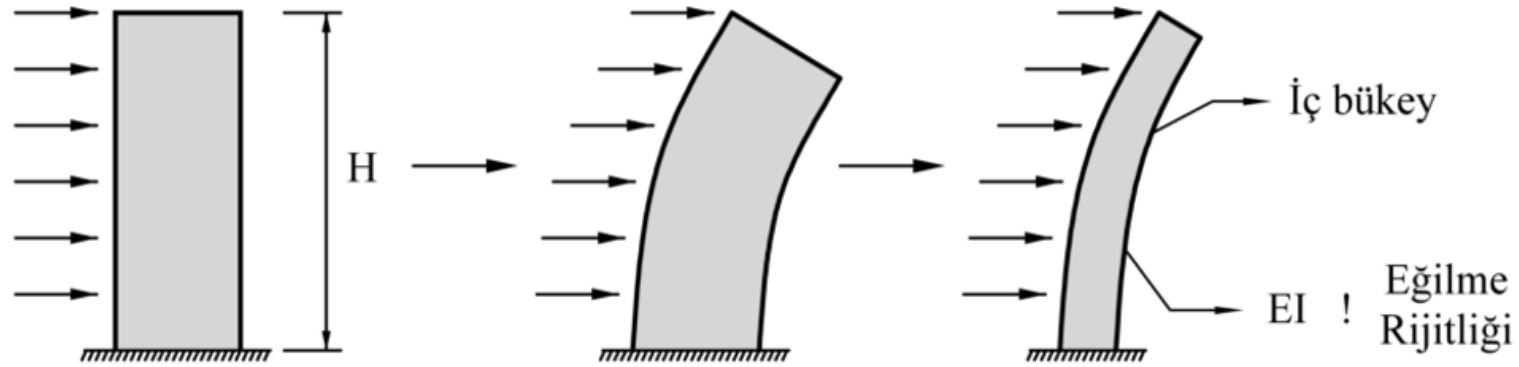
YATAY YÜKLER ETKİSİNDE ÇERÇEVE DAVRANIŞI



(a) Yatay yüklü çerçeve

(b) Kayma kirişi

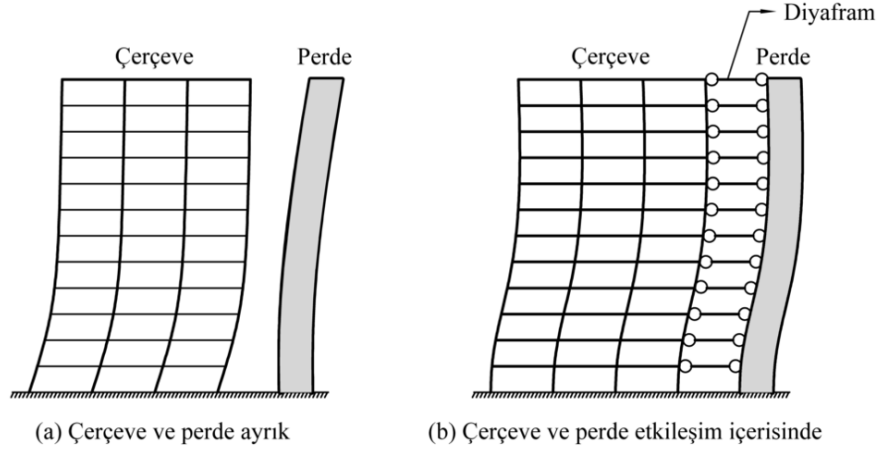
YATAY YÜKLER ETKİSİNDE PERDE DAVRANIŞI



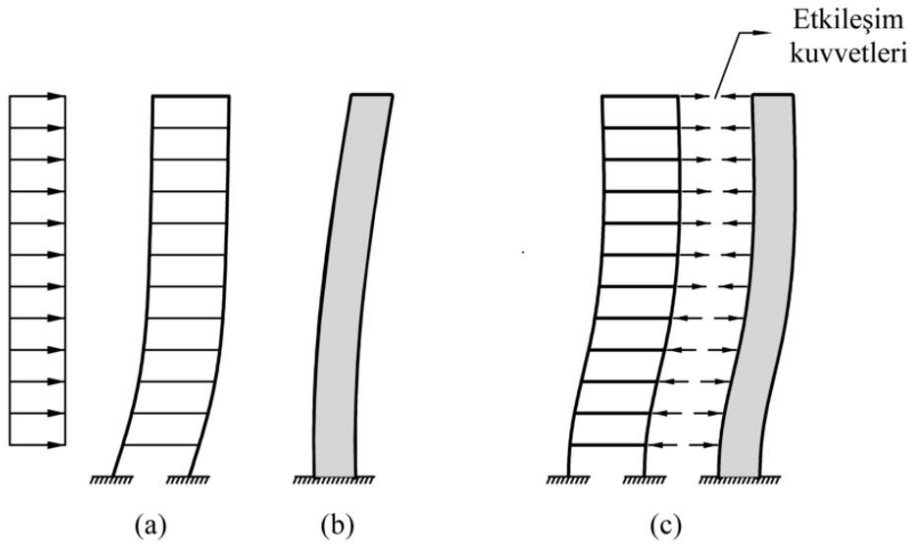
(c) Yatay yüklü perde

(d) Eğilme kirişi

YATAY YÜKLER ETKİSİNDE (PERDE+ÇERÇEVE) DAVRANIŞI



Çerçeve ile perdeyi birleştiren ortak kat kirişleri mevcutsa, perdenin eğilme davranışını yansıtabilmesi için kullanılacak matematik modelde, perde eksenini ile kat kirişinin arasında kalan kısım eğilme rijitliği sonsuz olan çubuk olarak tanımlanmalıdır. ($EI = \infty$)



$$W = 5135 + 0,30 \times (60 + 60) \times 30 \times 2,50 + 0,50 \times 0,50 \times 2,50 \times 30 \times 33$$
$$= 5135 + 2700 + 619 = 8454 \text{ ton}$$

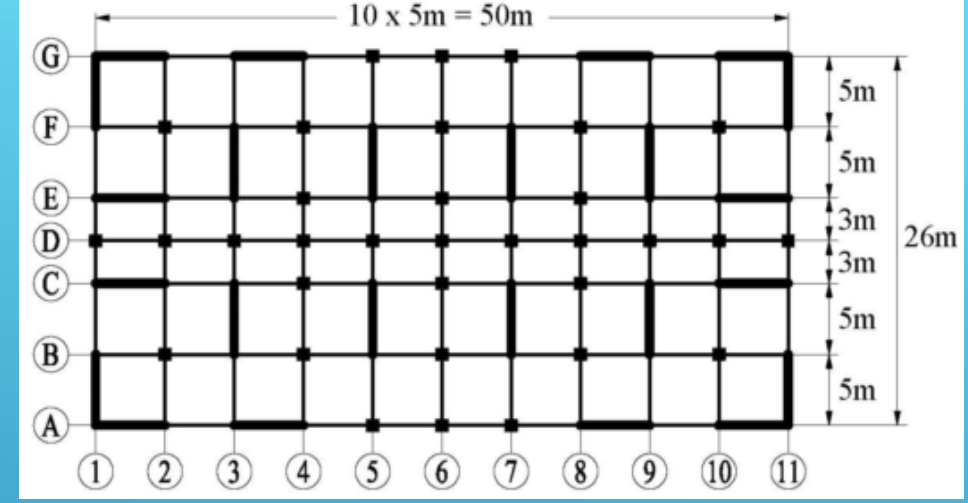
$$V_t = 0,40 \times 2,50 \times 8454 \times 1/6 = 1409 \text{ ton}$$

$$2 V_t = 2 \times 1409 = 2818 \text{ ton}$$

Perdeler bu kuvveti, kesme kuvveti olarak güvenle taşıyabilmelidir.

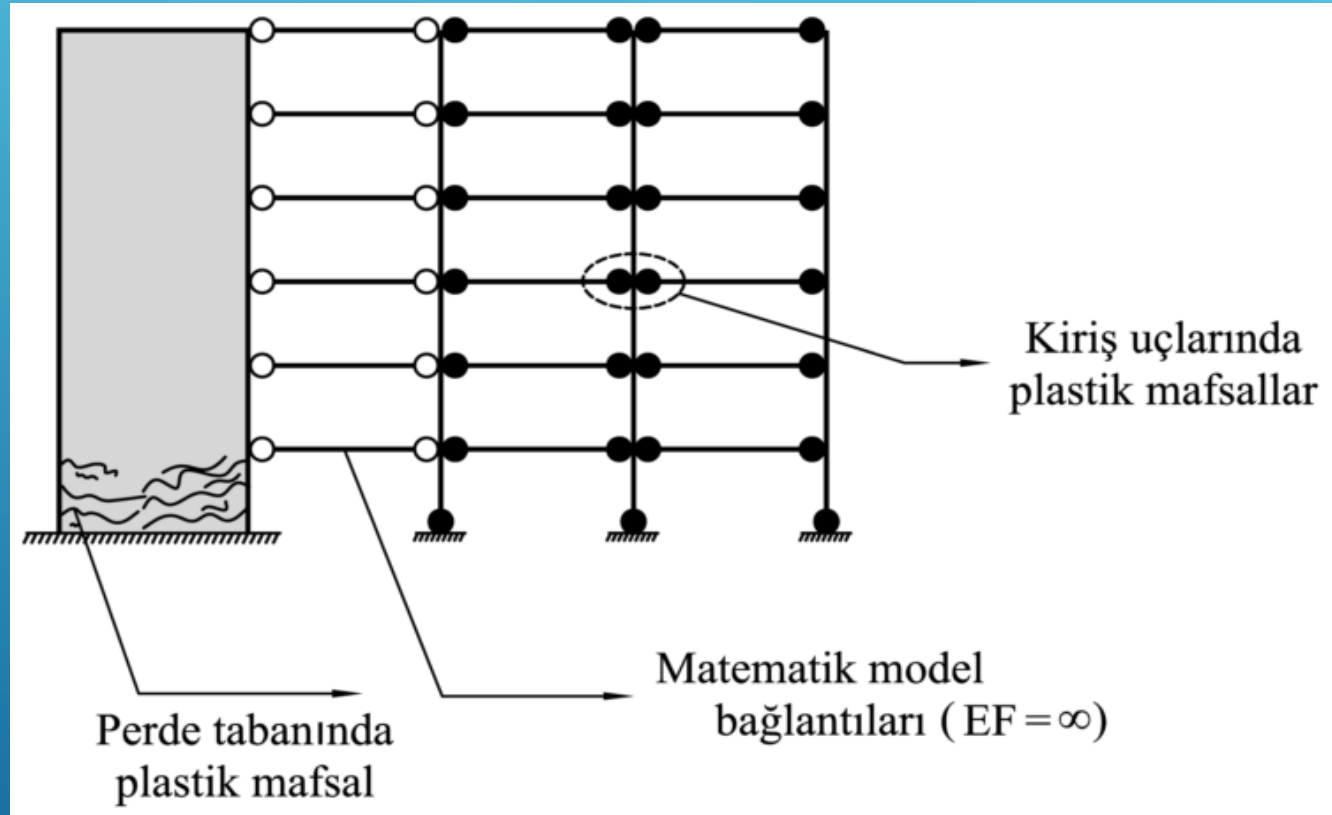
Perdeler, kesme kuvveti için, iki kez büyütülmüş $V_t = 2818 \text{ ton}$ zorlama altındadır.

Perdelerde oluşan moment talebi ise; $V_t = 1409 \text{ ton}$ (İki kez büyütülmemiş) deprem kuvveti altında gerçekleşecektir. İki kez büyütme sadece kesme kuvveti için geçerlidir.



ENERJİ TÜKETİM MODELİ

Deprem enerjisini başarı ile tüketmek için seçilen (Perdeli - Çerçeveseli) taşıyıcı sistemin matematik modeli aşağıda gösterilmiştir.



PERDELERDE KESME KIRILMASININ ENGELLENMESİ :

Şimdi Deprem hesaplarının en önemli kısmına gelinmiştir.

- Adım - Adım artan deprem kuvveti altında, perdenin tabanında sünek moment mafsalı oluşmadan önce, perdede “kesme kırılması” kesinlikle oluşmamalıdır. Kesme kırılması ile deprem enerjisi tüketilemez, çünkü gevrek bir kırılmadır ve kesme kırılması oluşması durumunda, perde yatay deprem kuvvetini taşıyamaz duruma gelir.**
- O halde öncelikle perde üzerinde her türlü parametre düşünülerek, perdede oluşabilecek maximum kesme kuvveti hesaplanmalıdır.**
- Perdenin temel ile birleşim bölgesinde plastik moment mafsalı oluşur.**
- Her türlü olumsuz parametre düşünülerek, bu mafsallaşma momentinin oluşabileceği maximum büyüklük hesaplanır.**
- Bu moment mafsalının oluşumuna tekabül eden deprem kuvveti hesaplanır. Bu deprem kuvveti, perdeyi etkileyebilecek maximum kesme kuvvetidir. İşte bu maximum plastik moment ve buna tekabül eden kesme kuvveti altında;**

- Eğik asal çekme kırılması
- Eğik asal basınç ezilmesi
- Perde - Temel yüzeyinde yatay kayma hareketi (Sürtünme Kesmesi)
- Perde - Temel filiz donatısında ankraj sıyrılması

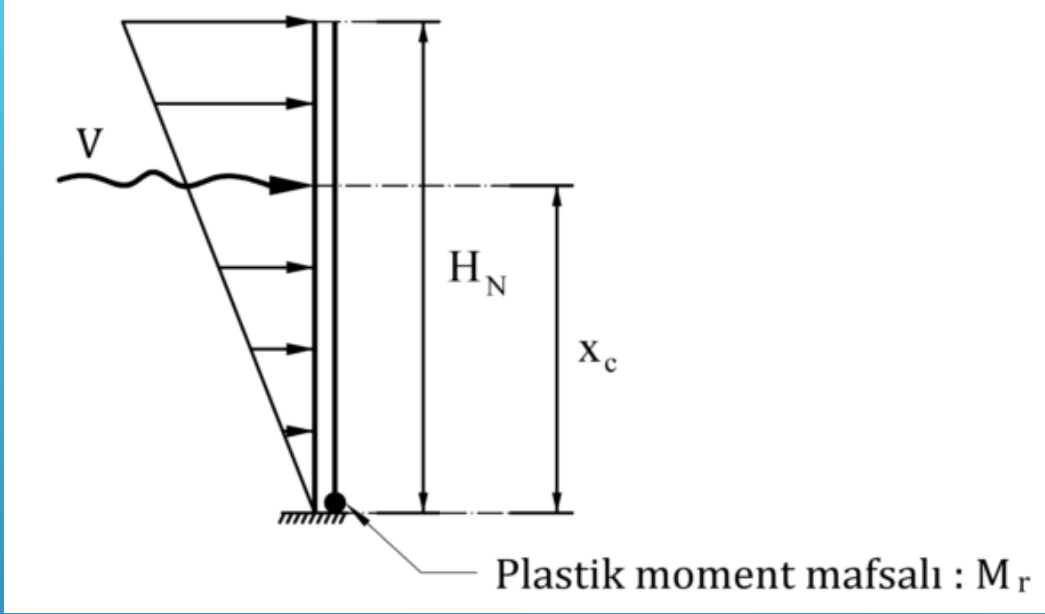
Oluşmamalıdır.

“PERDE DE OLUŞABİLECEK EN BÜYÜK KESME KUVVETİ NE KADARDIR”

Sorusunun cevabı aranacaktır. Soru şöyle özetlenebilir.

“Tabanında plastik moment mafsalı oluşan bir perdede, maximum kesme kuvveti ne kadardır ?”

Bu sorunun cevabı bulunabilirse ve bu cevaba göre çözümlene yapılırsa, perdede kesme kırılması oluşmayacaktır.



$$M_r = V \cdot x_e \quad \rightarrow \quad V = \frac{M_r}{x_e}$$

$x_e \rightarrow$ **Deprem kuvvetinin etki ettiği yükseklik**

V 'nin maximum olması için, M_r maximum olmalıdır.

M_r nasıl maximum olacaktır ?

$x = 0$ kotundan başlayarak, l_p yüksekliğine yayılmış plastik moment mafsalı oluşmuş perde üstünde, elastik analiz ile hesaplanmış V_d kesme kuvvetini arttırıcı iki etken vardır.

1-) Plastik mafsalin üstünde kalan ve oldukça elastik durumda bulunan perde parçası üzerinde, yüksek titreşim modlarının oluşturduğu ek kesme kuvveti.

2-) Plastik mafsalı oluşturan moment büyüklüğünün, hesaplanan değerden daha büyük olması ve bu sebeple oluşan ek kesme kuvveti.

Bu iki durum ayrı ayrı incelenecektir.

1-) Birinci titreşim moduna tekabül eden deprem kuvvetleri, perde tabanında plastik mafsallı oluşturur. Perde tabanı ile çatı seviyesi arasında yüksek titreşim modları etkisini sürdürür. Yüksek titreşim modları, l_p ile H_N arasındaki elastik momentleri de arttırırlar. Ancak bu artan momentler, perde tabanında oluşan plastik momentten büyük olamaz. Perde tabanındaki moment, tasarıma esas moment olmayı sürdürür.

2-) Perde kesitinin moment kapasitesi, genel tasarım denkleminde dolayı, yaklaşık olarak plastik moment mafsallı oluşturan moment büyüklüğüne özdeştir.

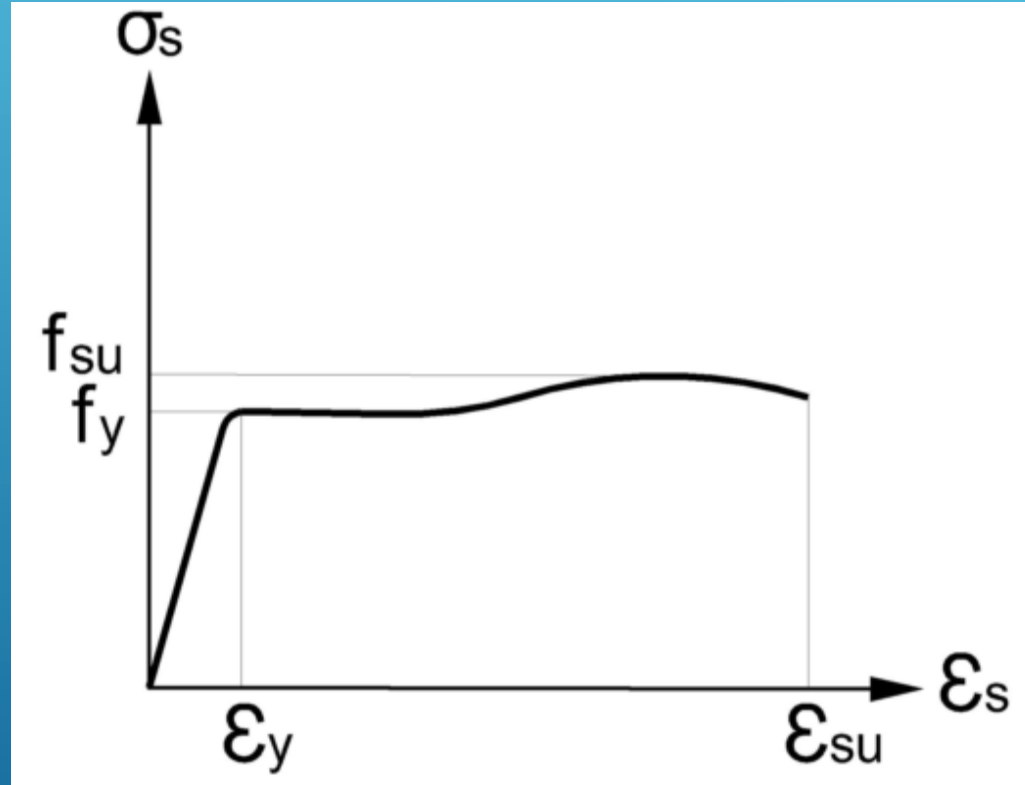
$$M_r \cong M_d$$

Deprem momenti altında, perdenin uç donatıları akmış ve donatı deformasyonları, akma deformasyonuna göre katlanarak büyümüştür. Bunun sonucunda donatıda “pekleşme” olayı başlamıştır.

Pekleşme deformasyonuna tekabül eden gerilme ve bu bağlamda donatıdaki çekme kuvveti, akma durumundaki değerlerden daha büyük olacaktır. Pekleşme olayı sonucunda M_r nin büyüklüğü, akmaya tekabül eden f_{yk} kullanılarak hesaplanan değerden daha büyüktür. Ayrıca, üretim aşamasında kimyasal veya başka nedenlerle f_{yk} değeri, daha büyük olabilir. Kesit içerisine hesaplanan donatıdan daha fazla donatı koyulmuş olabilir. Bütün bu sebepler M_r nin, hesaplanan değerden fazla olmasına yol açacaktır.

0 halde;

"Perde kesitinin, moment kapasitesini maximum yapan bütün olası parametreler, gerçeleşmiş gibi dikkate alınmalı ve kesme kuvveti buna göre hesaplanmalıdır. Perdede kesme kırılması hiçbir koşul altında oluşmamalıdır."



$$V_e = \beta_v \cdot \frac{(M_p)_t}{(M_r)_t} \cdot V_d$$

$\beta_v = 1,50 \rightarrow$ Dinamik büyütme katsayısı

$(M_p)_t \rightarrow$ Pekleşmeli moment

$$(M_p)_t / (M_r)_t \cong 1,40 \rightarrow (M_p)_t \cong 1,40 (M_r)_t$$

Katsayılar, maximum kesme kuvvetini veren bağıntıda yerine koyulursa ;

$$V_e = 1,50 \cdot 1,40 \cdot V_d \rightarrow V_e \cong 2 \cdot V_d \text{ elde edilir.}$$

*****PERDE MİKTARI SEÇİLİRKEN, DEPREM ETKİSİ İLE MEYDANA GELEN TOPLAM KESME KUVVETİNİN, İKİ DEFA BÜYÜTÜLEREK HESABA DAHİL EDİLMESİNİN SEBEBİ BUDUR.**

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM

Y. MÜH. BÜLENT YEĞİN