

TKDY 2020 Yöntem 1 ve Yöntem 2.1 Açıklamalı Uygulama

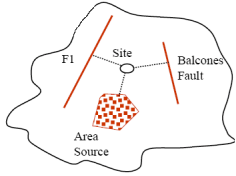
Mehmet DOĞU, PhD



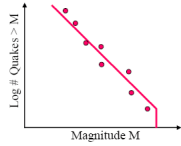
Özel Konularda Tasarım Gözetimi ve Kontrolü

- ❑ Sahaya özel deprem tehlikesi hesapları (KÖS=1 , DTS=1) (Bölüm 2.4)
- ❑ Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap (Bölüm 5.5.5)
- ❑ KKZE-C Yöntemi'ne göre doğrusal olmayan zemin etkileşimi (Bölüm 7.5)

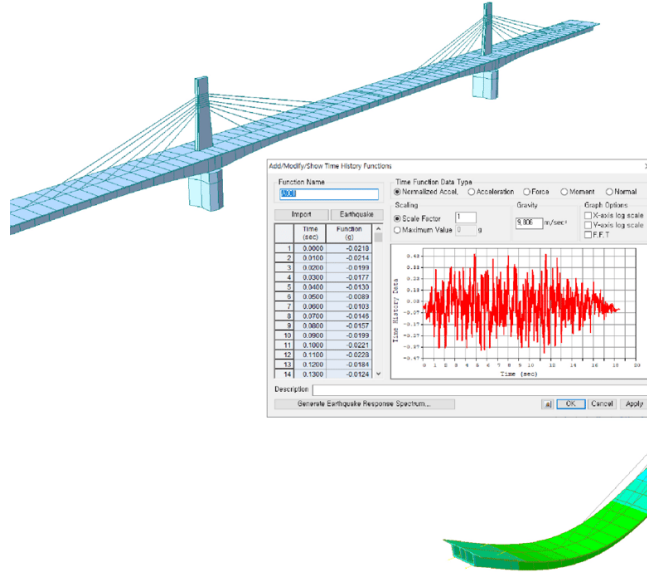
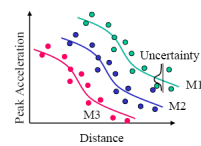
Kaynak Modelleri



Tekrarlanma

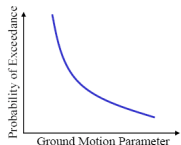


Azalış ilişkileri

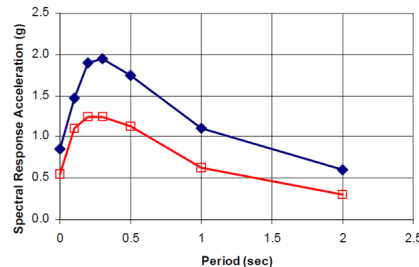


Kaynak: midasoft.com

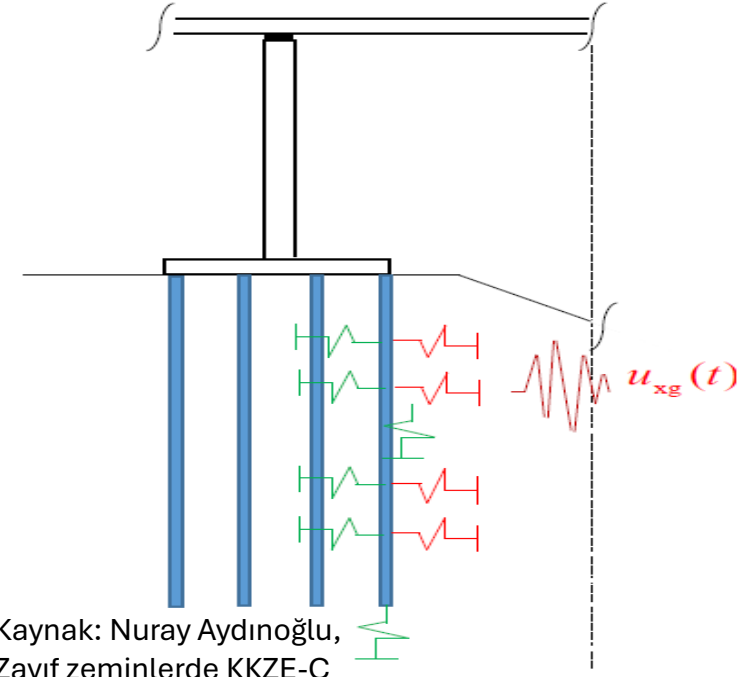
Sismik Tehlike Eğrileri



Birleştirilmiş Tehlike Spektrumu



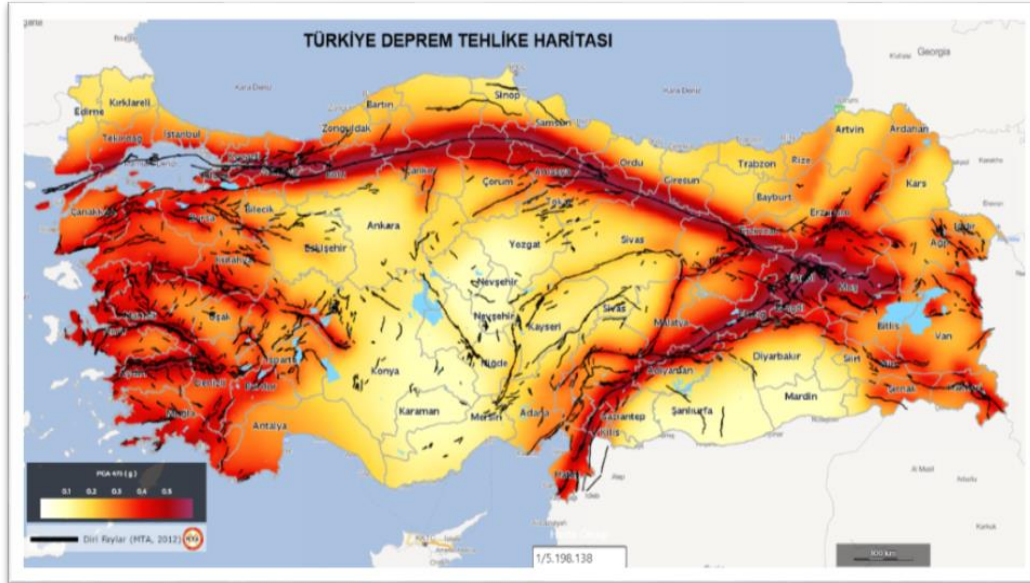
Kaynak: insaport.com



Kaynak: Nuray Aydınoglu,
Zayıf zeminlerde KKZE-C

Deprem Yer Hareketi Düzeyleri (Bölüm 2.2)

- DD-1 ; 50 yılda aşılma olasılığı %2 ; tekrarlanma periyodu 2475 yıl
- DD-2 ; 50 yılda aşılma olasılığı %10 ; tekrarlanma periyodu 475 yıl
- DD-2a ; 50 yılda aşılma olasılığı %30 ; tekrarlanma periyodu 144 yıl
- DD-3 ; 50 yılda aşılma olasılığı %50 ; tekrarlanma periyodu 72 yıl



Örnek

$S_s = 1.195$	$S_1 = 0.339$	$S_{DS} = 1.221$	$S_{D1} = 0.665$
$PGA = 0.491$	$PGV = 30.658$		

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Rapor Başlığı:	V1-DD2
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2
Yerel Zemin Sınıfı	ZD
Enlem:	40.594489°
Boylam	29.698037°

Harita spektral ve Tasarım spektral ivme katsayıları (Bölüm 2.3.2 – 2.3.3)

Tasarım spektral ivme katsayıları

Yerel zemin etki katsayıları

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_S F_S \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned}$$

Denklem 2.1

Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları; S_S, S_1

□ Geometrik ortalama

□ Referans zemin $(V_s)_{30} = 760$ m/s

□ %5 sönüm

Boyutsuz harita spektral ivme katsayıları

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8

Yerel zemin etki katsayıları; F_S, F_1

□ Ara değerler için doğrusal enterpolasyon

□ ZF için sahaya özel zemin davranış analizi (Bölüm 6.6)

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

Yatay deprem tasarım spektrumu (Bölüm 2.3.4)

Köşe periyotları

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Denklem 2.3

T : doğal titreşim periyodu

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

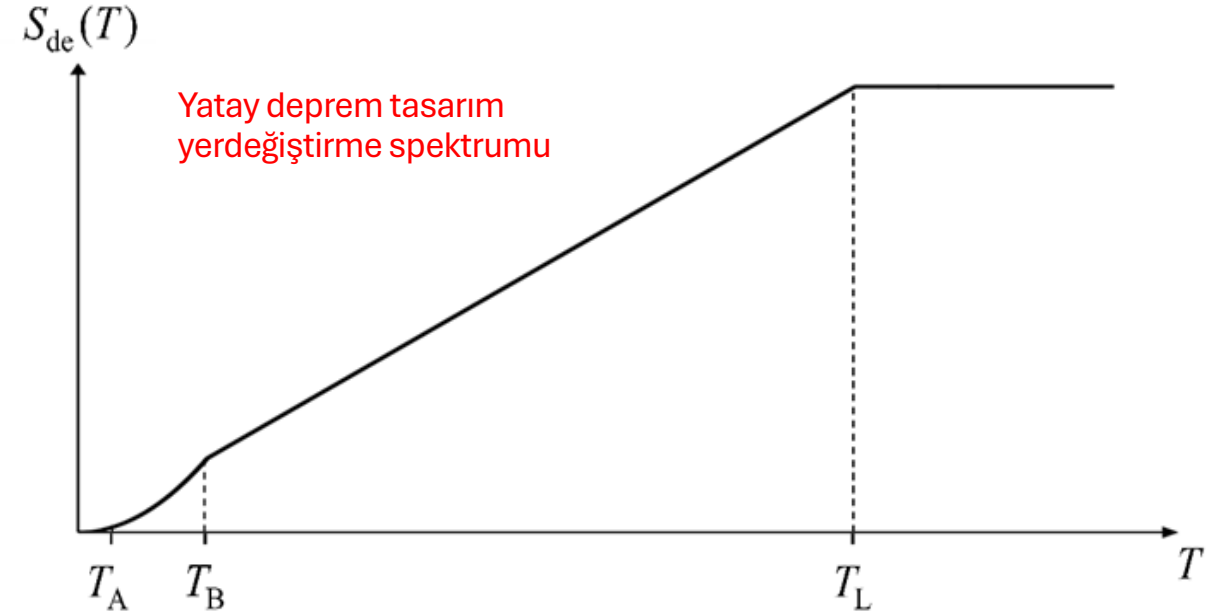
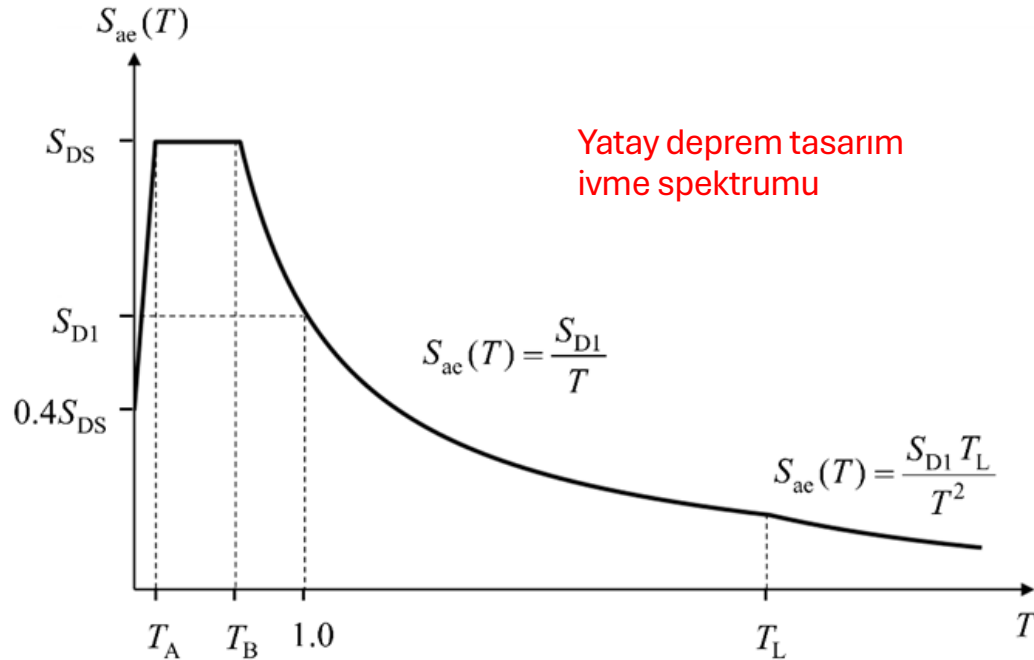
$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad \text{Sabit ivme bölgesi} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad \text{Sabit hız bölgesi} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad \text{Sabit yerdeğiştirme bölgesi} \quad (T_L \leq T) \quad T_L = 6 \text{ s}$$

Denklem 2.2

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad \text{Denklem 2.4}$$



Düşey deprem tasarım spektrumu (Bölüm 2.3.5)

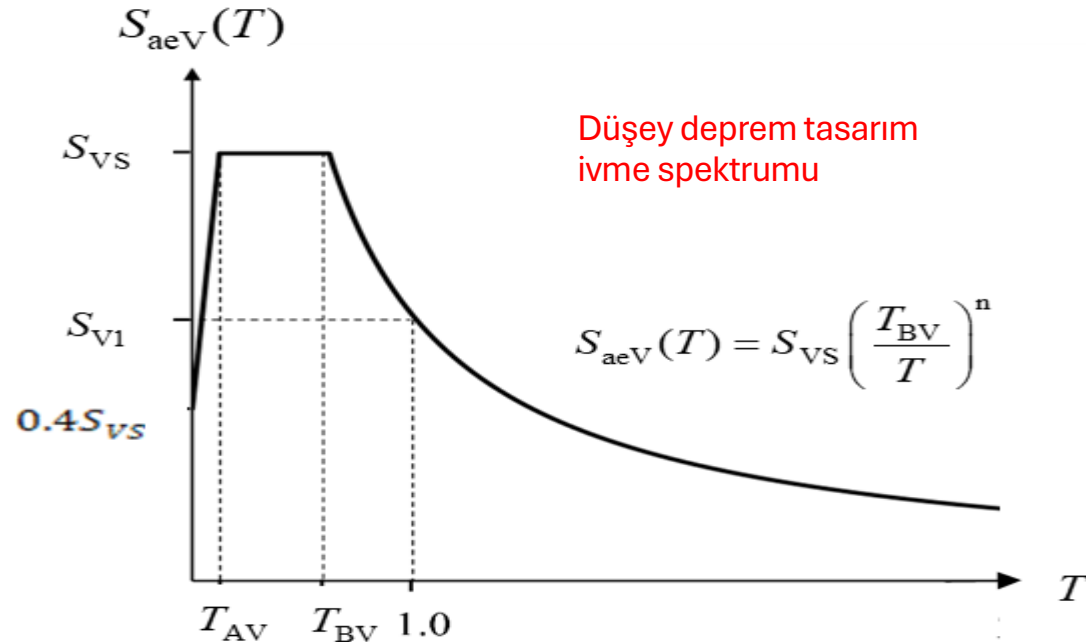
$T_{AV} = 0.05 \text{ s}$ $T_{BV} = \max\{0.13, (0.7 - 0.67C_L)\}$ Denklem 2.6

$(V_S)_{30}$: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı, m/s

$C_L = 1 - \frac{S_{V1}}{S_{VS}}$; $n = \frac{\ln(1 - C_L)}{\ln(T_{BV})}$ Denklem 2.7

S_S, S_1 : Yatay deprem yer hareketi için tanımlanan spektral ivme katsayıları (boyutsuz)

$S_{VS} = a_{VS}(S_S)^{b_{VS}}$; $S_{V1} = a_{V1}(S_1)^{b_{V1}}$
 $a_{VS} = 5.07[(V_S)_{30}]^{-0.306}$; $b_{VS} = 1.03 + 0.066 [\min\{(V_S)_{30}, 760\}] / 1000$ Denklem 2.8
 $a_{V1} = 9.90[(V_S)_{30}]^{-0.467}$; $b_{V1} = 0.91$



$$\begin{aligned}
 S_{aeV}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_{AV}}\right) S_{VS} & (0 \leq T \leq T_{AV}) \\
 S_{aeV}(T) &= S_{VS} & (T_{AV} \leq T \leq T_{BV}) \\
 S_{aeV}(T) &= S_{VS} \left(\frac{T_{BV}}{T}\right)^n & (T_{BV} \leq T)
 \end{aligned}$$

Denklem 2.5

DD-2a deprem yer hareketi, tekrarlanma periyodu 144 yıl (EK 2A)

$$k_s = 1.22 \log_{10} \frac{S_{s,475}}{S_{s,72}} \quad ; \quad k_1 = 1.22 \log_{10} \frac{S_{1,475}}{S_{1,72}} \quad \text{Denklem 2.A3}$$

DD2 ve DD3 deprem yer hareketi düzeylerine ait ivme katsayılarından logaritmik doğrusal enterpolasyon

$$S_{s,144} = (2.0)^{k_s} S_{s,72} \quad ; \quad S_{1,144} = (2.0)^{k_1} S_{1,72} \quad \text{Denklem 2.A4}$$

$$S_{DS} = S_S F_S \quad \text{Denklem 2.1}$$

$$S_{D1} = S_1 F_1$$

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

Örnek

Rapor Başlığı: V1-DD2

Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-2

Yerel Zemin Sınıfı: ZD

Enlem: 40.594489°

Boylam: 29.698037°

$S_s = 1.195$ $S_1 = 0.339$

Rapor Başlığı: V1-DD3

Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-3

Yerel Zemin Sınıfı: ZD

Enlem: 40.594489°

Boylam: 29.698037°

$S_s = 0.450$ $S_1 = 0.119$

Köprülerin Performansa göre değerlendirme ve tasarım ilkeleri (Bölüm 3.1)

- ❑ Köprünün maruz kalma olasılığı yüksek olan depremlerde (DD-3, DD-2a) köprü elemanlarında **şekil değiştirmeler elastik** kalacak. **Dayanıma göre değerlendirme** çerçevesinde **doğrusal hesap yöntemi ($R=1$)** kullanılır.
- ❑ Köprünün ömrü boyunca kalma olasılığı çok düşük olan seyrek oluşumlu şiddetli depremlerde (DD-1) **belirli taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal elastik sınırlar aşılabılır**. Yapısal hasara izin verilebilir. Hasar limitleri öngörülen **performans hedefi** ile uyumlu olmalıdır. Performansa göre tasarım yaklaşımı **doğrusal olmayan hesap yöntemleri** ile **şekil değiştirmeye göre değerlendirme** ile doğrudan ilişkilidir.

Köprü önem sınıfı tanımlanması (Bölüm 3.2)

KÖS = 1 Önemli köprüler	❑Güvenlik/savunma bakımından stratejik öneme sahip standart köprüler ❑Deprem sonrası acil müdahale bakımından kritik köprüler: Yerleşim bölgelerinde 10 km yarıçaplı daire içindeki hastane, acil müdahale merkezleri, liman ve hava meydanlarına doğrudan erişim sağlayan alternatifi olmayan standart köprüler ❑Ayakları sürekli su içinde olup yapım sonrası müdahale imkanı olmayan (deniz, göl, baraj gölü) köprüler	➤ Standart Karayolu Köprüleri ➤ Özel köprüler ➤ Standart Demiryolu Köprüleri
KÖS = 2 Normal köprüler	❑KÖS =1 ve KÖS =3 dışındaki tüm standart köprüler	➤ Standart Karayolu Köprüleri
KÖS = 3 Basit köprüler	❑Deprem sonrası acil ulaşım bakımından önemli olmayan, tali, en çok üç açıklıklı, kurpta olmayan, toplam uzunluğu 100m'den ve ayak yüksekliği 10m'den az olan standart köprüler ❑Tek açıklıklı standart köprüler ❑Standart yaya köprüleri	➤ Standart Karayolu Köprüleri

Özel köprü : Asma köprü, eğik askılı köprü, kemer köprü, dengeli konsol köprü, itme sürme köprü vb.

Deprem tasarım sınıfları (Bölüm 3.3)

Tablo 3.1 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Deprem Tasarım Sınıfı
$S_{DS} < 0.33$	DTS=4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.67$	DTS=3
$0.67 \leq S_{DS} < 1.00$	DTS=2
$1.00 \leq S_{DS}$	DTS=1

Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Yerel zemin etki katsayısı

S_{DS}

S_S

F_S

Denklem 2.1

Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

- ❑ DD-2 deprem yer hareketi düzeyi **sadece deprem tasarım sınıfını** belirlemek için kullanılır.
- ❑ Köprü boyunca zemin koşulları değişken ise DTS belirlemek amacı ile sınırlı olmak üzere, en zayıf yerel zemin sınıfı kullanılarak tasarım spektral ivme katsayısı kullanılır.

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

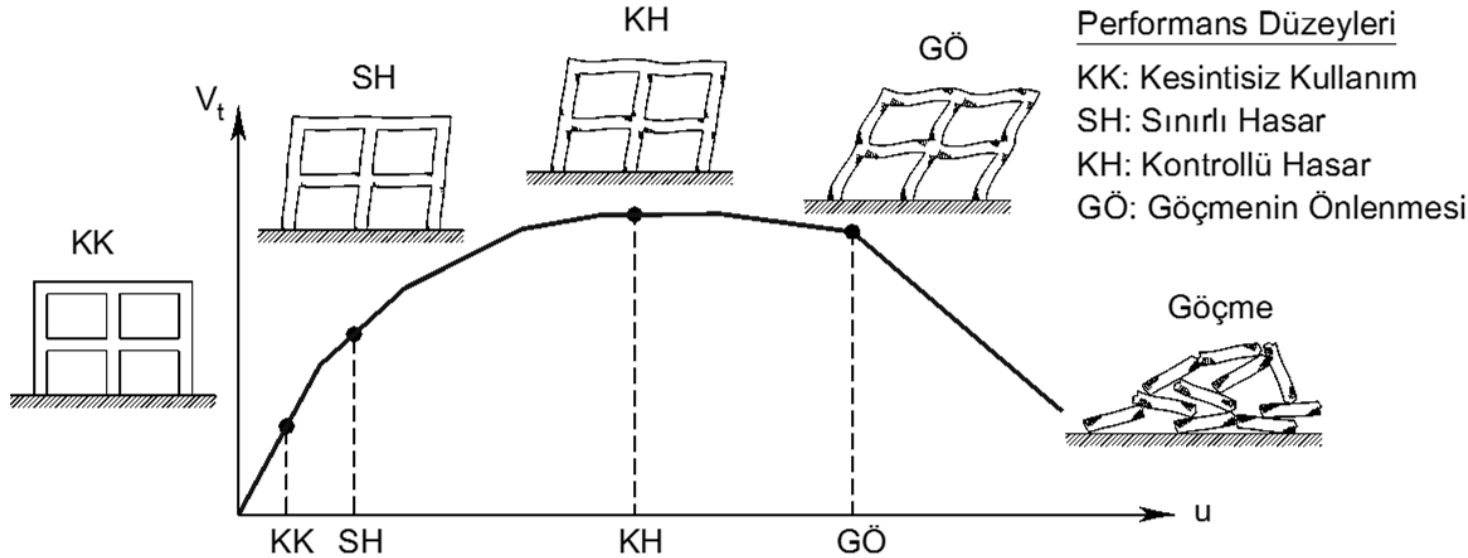
Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8

Deprem etkisi altında köprüler için sünek davranış ilkeleri (Bölüm 3.4)

- ❑ Şidetli depremlerde (DD-1) doğrusal olmayan (plastik) şekildeğişikliklerin sadece orta ayaklarda, pylonlarda veya kulelerde eğilme/eksenel kuvvet etkisinde meydana gelebilir. Kesme hasarına hiçbir şekilde izin verilmez.
- ❑ Sünek davranışa sahip elemanların dışındaki elemanlar ‘kapasite korunmalı elemanlar’ olarak tanımlanır. Tabliye, başlık kirişi, mesnet, deprem takozu, temel, kenarayak doğrusal elastik davranmalı, hiçbir şekilde hasar görmemesi için gerekli kesit dayanımına(eğilme,kesme) sahip olmaları zorunludur.
- ❑ Bağlantı plağında ve kazıklı temellerde kazıkların kazık başlığına birleştiği kesitlerde plastik şekil değişiklikleri sınırlı olarak meydana gelebilir.
- ❑ Bağlantı plağında ve kazıklı temellerde kazıkların kazık başlığına birleştiği kesitlerde azaltılmış şekil değiştirme kapasiteleri kullanılır. Taşıyıcı sistem elemanlarında tanımlanan şekil değiştirme kapasitelerinin yarısı kullanılır. (Bölüm 5.6.4)

Köprü performans düzeyleri(Bölüm 3.5)

- ❑ Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi
- ❑ Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi
- ❑ Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi
- ❑ Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi



Köprü performans hedefleri(Bölüm 3.6.3)

- ❑ Belirli deprem yer hareketi düzeyleri altında hedeflenen performans düzeyleri **Tablo 3.2**'den bulunur.

Tablo 3.2. Özel ve Standart Köprüler İçin Köprü Performans Hedefleri

Köprü Performans Hedefi			
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Köprü Önem Sınıfı		
	KÖS = 1	KÖS = 2	KÖS = 3
DD – 3	—	KK	KK
DD – 2a	KK	—	—
DD – 1	KH	GÖ	—

Taşıyıcı sistem kritikliği (Bölüm 3.7)

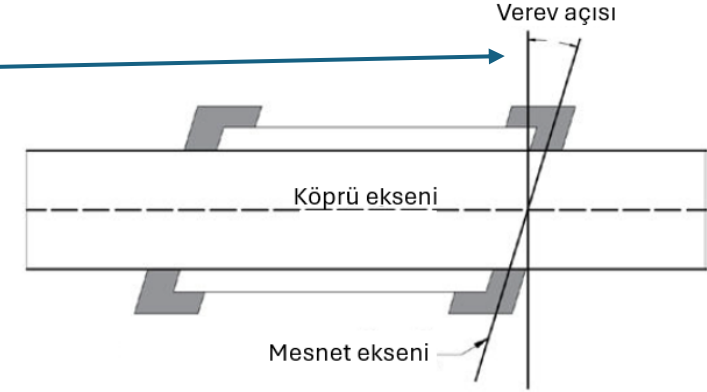
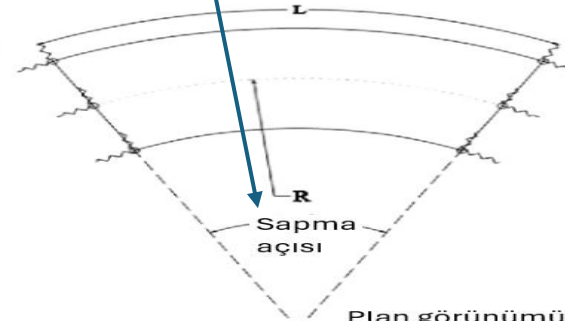
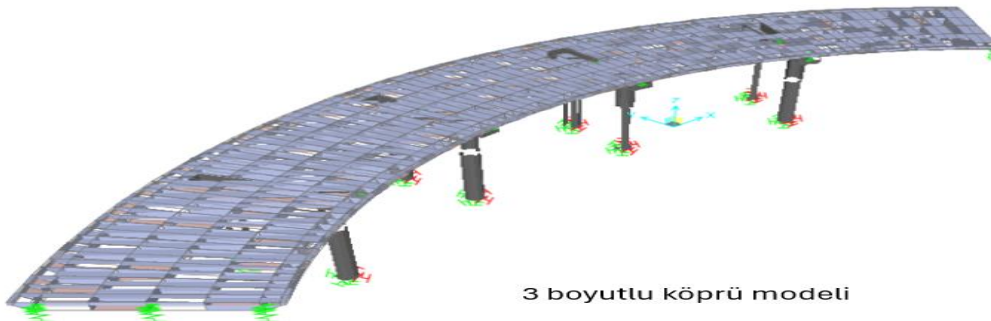
Aşağıda belirtilen özelliklerin en az birine sahip standart köprüler taşıyıcı sistem davranışı kritik köprüler olarak tanımlanır.

- ❑ Ayak-tabliye bağlantıları monolitik olan köprüler (örnek : dengeli konsol köprü)
- ❑ Ön üretimli basit kirişlerle oluşturulan köprüler dışında herhangi bir ayağın yüksekliği 30m'den fazla olan köprüler
- ❑ Ön üretimli basit kirişlerle oluşturulan ve herhangi bir ayağının yüksekliği 20m'den fazla olan köprüler
- ❑ Boyuna ve enine doğrultuda hakim titreşim periyodu 1.5'den uzun olan köprüler
- ❑ Herhangi iyi ayak arasındaki veya aynı ayakta herhangi iki kolon arasındaki yükseklik oranı (kısa kolonun uzun kolona oranı) 0.7'den küçük olan köprüler
- ❑ Verev açısı 20 dereceden büyük olan köprüler
- ❑ Yatayda kurpta olan ve sapma açısı 20 dereceden büyük olan köprüler



TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Modal-Eigen	Mode	1	1.707626	0.14633	0.07115	0.00001453
Modal-Eigen	Mode	2	1.647993	0.13956	0.08019	0.00001297
Modal-Eigen	Mode	3	1.354838	0.00102	0.00028	5.547E-07
Modal-Eigen	Mode	4	1.200486	0.00047	0.00625	4.236E-07
Modal-Eigen	Mode	5	1.121974	0.000001261	0.08968	2.952E-08



Taşıyıcı sistem davranışı kritik olan standart köprüler için deprem etkisi altında hesap ve değerlendirme yöntemleri (Tablo 3.3)

Köprü Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlendirme Aşaması	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
KÖS = 1	Birinci aşama	DD-2a	Yöntem 1	Yöntem 1	Yöntem 1
	İkinci aşama	DD-1	Yöntem 2.3	Yöntem 2.1 ^(*)	-
KÖS = 2	Birinci aşama	DD-3	Yöntem 1	Yöntem 1	Yöntem 1
	İkinci aşama	DD-1	Yöntem 2.2	Yöntem 2.1 ^(*)	-
KÖS = 3	Birinci aşama	DD-3	Yöntem 1	Yöntem 1	Yöntem 1

(*) Tabliye-ayak bağlantısı monolitik köprülerde Yöntem 2.2 kullanılacaktır.

Taşıyıcı sistem davranışı kritik olmayan standart köprüler için deprem etkisi altında hesap ve değerlendirme yöntemleri (Tablo 3.4)

Köprü Önem Sınıfı	Hesap ve Değerlendirme Aşaması	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Tasarım Sınıfı		
			DTS = 1	DTS = 2,3	DTS = 4
KÖS = 1	Birinci aşama	DD-2a	Yöntem 1	Yöntem 1	Yöntem 1
	İkinci aşama	DD-1	Yöntem 2.2	Yöntem 2.1	-
KÖS = 2	Birinci aşama	DD-3	Yöntem 1	Yöntem 1	Yöntem 1
	İkinci aşama	DD-1	Yöntem 2.1	Yöntem 2.1	-
KÖS = 3	Birinci aşama	DD-3	Yöntem 1	Yöntem 1	Yöntem 1

Yöntem 1 : Doğrusal hesap / Dayanıma göre değerlendirme (Bölüm 4)

Yöntem 2.1 : Doğrusal hesap (Karma yöntem) / Şekil değiştirmeye göre değerlendirme (Bölüm 5)

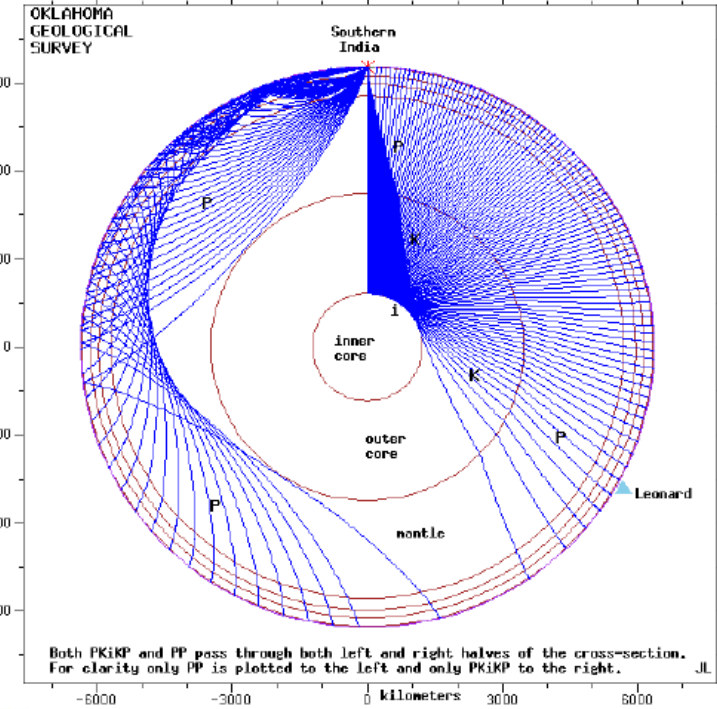
Yöntem 2.2 : Doğrusal olmayan hesap (İtme yöntemi) / Şekil değiştirmeye göre değerlendirme (Bölüm 5)

Yöntem 2.3 : Doğrusal olmayan hesap (ZTA) / Şekil değiştirmeye göre değerlendirme (Bölüm 5)

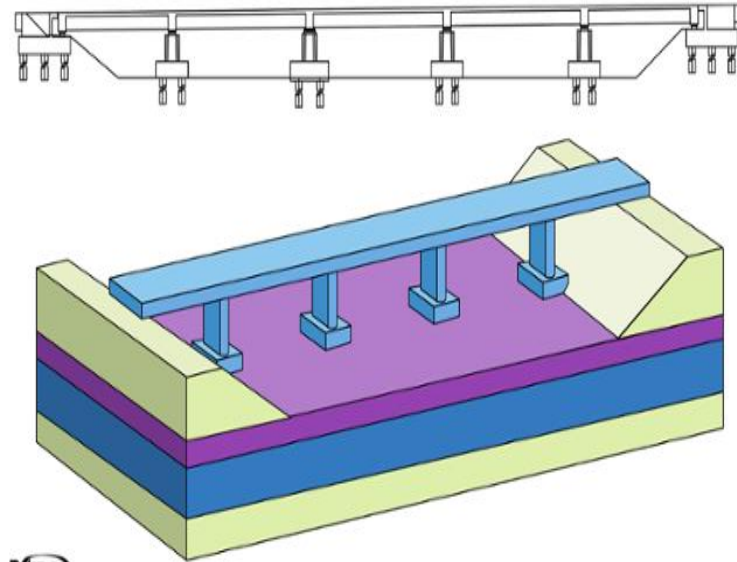
❑ KÖS, DTS ve taşıyıcı sistem kritikliği bilgisi kullanılarak hesap ve değerlendirme yöntemleri belirlenir. (Tablo 3.3 ve Tablo 3.4)

Deprem yer hareketinin köprü boyunca değişken olması (Bölüm 3.9)

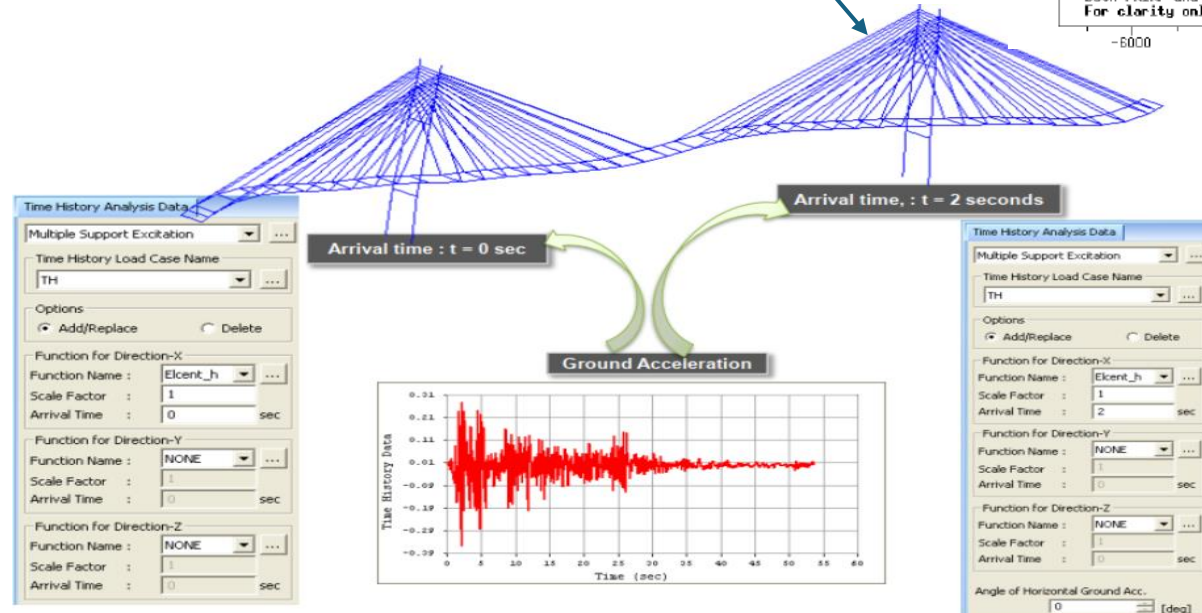
- ❑ Deprem dalgalarının heterojen zemin ortamında saçılması ve farklı zamanlarda ulaşan dalgaların gelişigüzel üst üste binmesine bağlı '**uyumsuzluk etkisi**'
- ❑ Deprem dalgalarının köprü ayak temellerine varış zamanlarındaki faz farklılıklarına bağlı '**dalga geçişi etkisi**'
- ❑ Köprü boyunca farklı zemin koşulları nedeni ile deprem yer hareketinin genlik ve frekans içeriğinde farklılıklara bağlı '**değişken zemin etkisi**'



Kaynak: Geotechnical earthquake engineering, Steve Kramer



Kaynak: midasuser.com , SSI



Kaynak: midasuser.com

Deprem yer hareketinin köprü boyunca değişken olması (Bölüm 3.9)

$r_{s,max}$ = *Sözde – statik davranış büyüklüğü*

$r_{d,max}$ = *Maksimum dinamik davranış büyüklüğü*

- ❖ İki parçadan oluşur. İlki statik çözüm olarak yapılır. Farklı ayaklardaki farklı temel seviyesindeki deplasmanı temsil eden lineer statik çözüm. Ayak ayak analiz yapılırsa lineer skalar toplama ile birleştirilmelidir. Eğer köprü boyunca yer hareketi aynı ise ve ayak ayak aynı miktarda temel seviyesinde deplasman tanımlanırsa ve lineer skalar olarak toplanırsa bu «rigid body motion» olacağından sonuçta herhangi bir tesir oluşmaz. Farklı ayaklar birbiriyle aynı yönde ya da zıt yönde hareket edebilir, bunu değerlendirmek gerekir.
- ❖ İkinci parça çözüm ise dinamik çözümdür(atalet kuvvetlerini temsil eder). Burada farklı ayaklardaki farklı ivme spektrum eğrilerinin etkisi için influence matris gerekmektedir. Her ayak aynı deprem ivme spektrumu alsaydı o zaman birim influence matris oluşurdu. Burada ise birbirinden farklı influence matrisler oluşacak.

Köprü boyunca farklı zemin koşulları nedeniyle KÖS =1,2 ve DTS =1,2 olan köprülerde;

- ❑ En zayıf zemin **ZF**, diğer ayaklar sadece **ZF ve ZE** olması koşulu ile köprü boyunca **ZF** esas olarak üniform deprem yer hareketi varsayımı yapılabilir. Yoksa değişken deprem yer hareketi göz önüne alınacaktır.
- ❑ En zayıf zemin **ZE**, diğer ayaklar sadece **ZE ve ZD** olması koşulu ile köprü boyunca **ZE** esas olarak üniform deprem yer hareketi varsayımı yapılabilir. Yoksa değişken deprem yer hareketi göz önüne alınacaktır.
- ❑ Köprü boyunca **ZA, ZB, ZC ve ZD** sınıfı zeminler tek başına ya da karışık olarak bulunması durumunda, bunların içinden **en zayıf zemin** esas olarak köprü boyunca üniform deprem yer hareketi varsayımı yapılabilir.
- ❑ Ancak proje mühendisi ve/veya onay makamının kararı ile yukarıda belirtilen üç durumda da ilgili koşullar sağlansa bile köprü boyunca değişken deprem yer hareketi göz önüne alınabilir.

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0

Tablo 6.1 – Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Köprü – kazık – zemin etkileşimi (Bölüm 3.10)

□ Yerel zemin sınıfı ZE ve/veya ZF olan zeminlerde kazıklı temel düzenlenmesi zorunludur.

KÖS = 1,2 ; DTS = 1,2 olan köprülerde;

❖ Yöntem 1

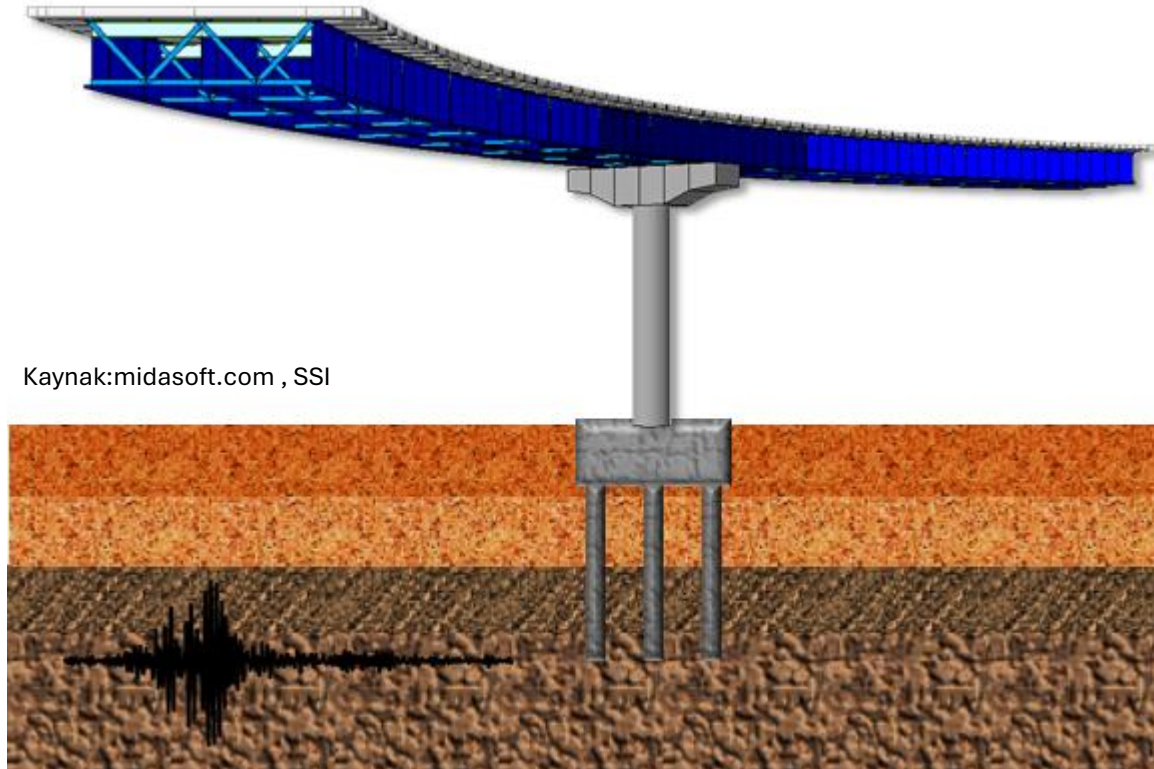
→ KKZE - A

❖ Yöntem 2.1 ve Yöntem 2.2

→ KKZE - B

❖ Yöntem 2.3

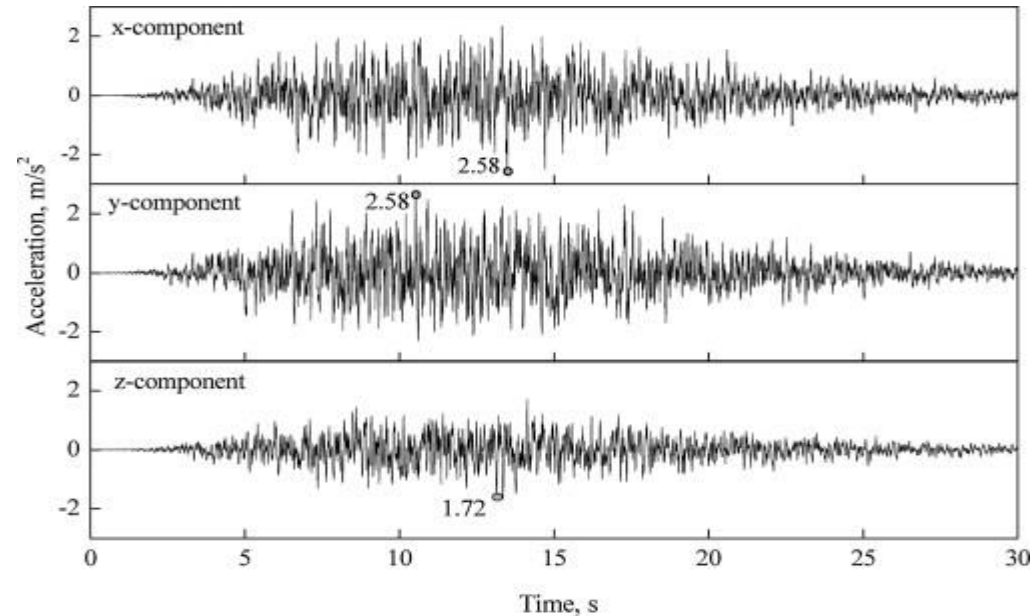
→ KKZE - C



Birinci aşama hesap-tasarım-değerlendirme kuralları (Bölüm 4)

- ❑ Doğrusal hesapta yatay deprem etkisi azaltılmadan doğrudan kullanılacaktır. ($R=1$) (4.2.1.1)
- ❑ ZD, ZE ve ZF sınıfı zeminlerde yapılan kazıklı temellerde göz önüne alınacak yatay deprem hareketi serbest zemin davranış hesabı ile elde edilecektir. (4.2.1.2) – Sahaya özel zemin davranış analizi
- ❑ KÖS = 1,2 ve DTS = 1,2 olan köprülerde herhangi bir açıklık 80m'den fazla ise düşey deprem etkisi alınması zorunludur. (4.2.1.3)

İvme-zaman kaydı

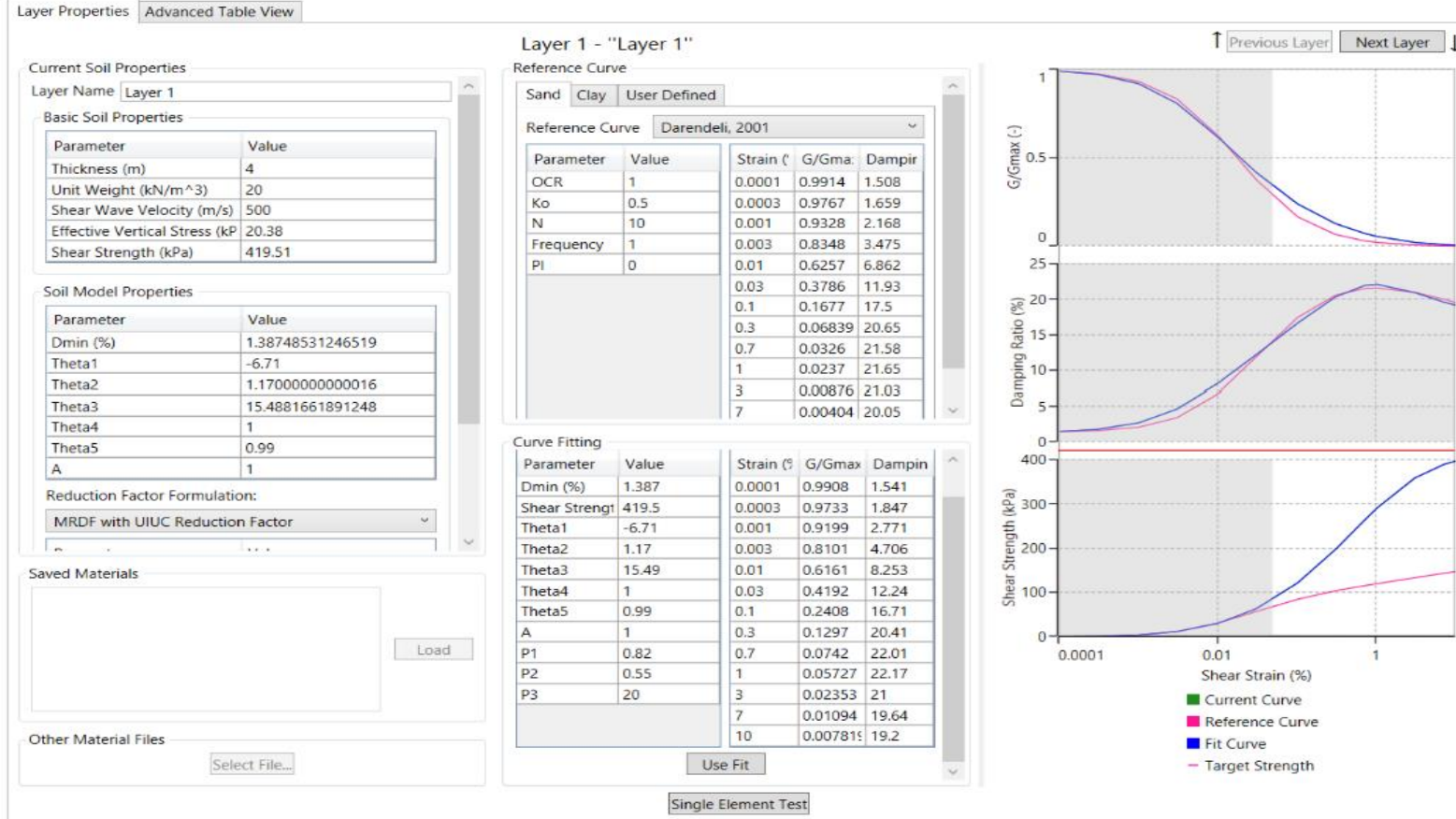
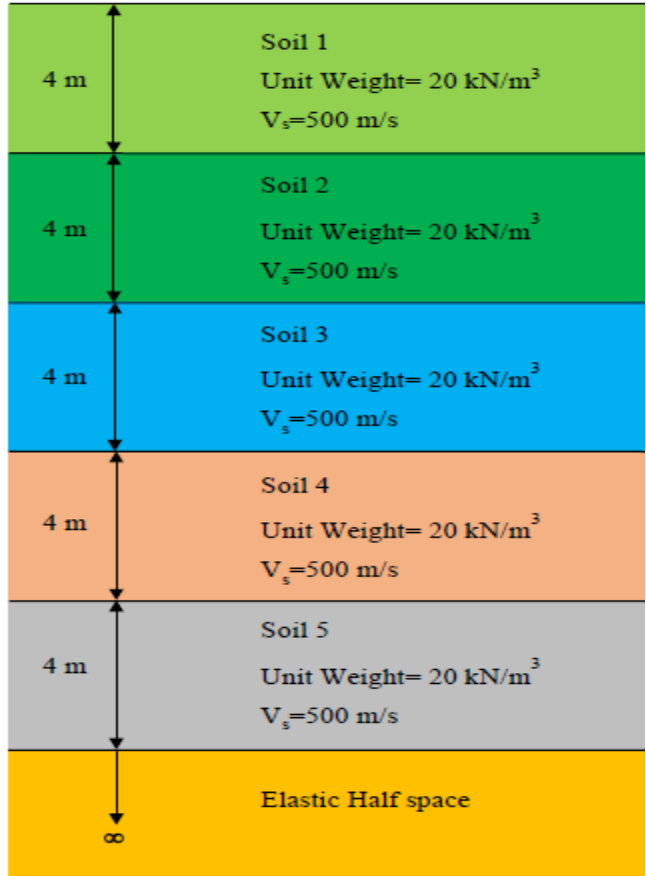


Sahaya özel zemin davranış analizi –DD2a(Bölüm 7.2.2)

- ❑ Frekans tanım alanında eşdeğer doğrusal hesap, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap
- ❑ İdealleştirilmiş zemin profili (Serbest zemin davranış analizinde kullanılacak).
- ❑ Kayma birim şekildeğiştirmesine bağlı olarak kayma modüllerinin ve eşdeğer histerik sönüm eğrilerinin tanımı
- ❑ Her bir zemin tabakası için maksimum alt-tabaka kalınlığı(eleman boyutu)
- ❑ Maksimum zaman artımı(zaman tanım alanında hesap için)

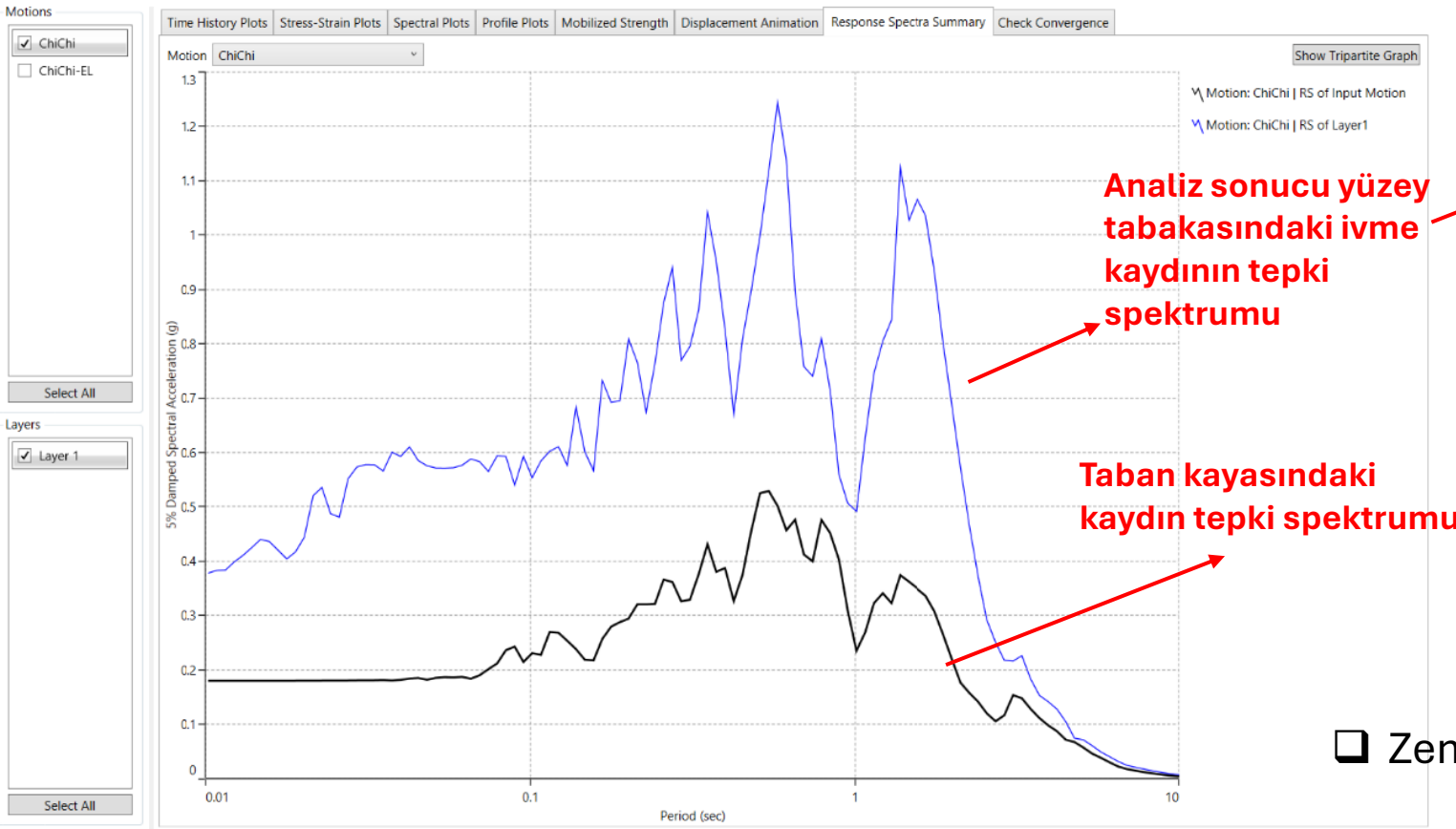
Deepsoil zemin tabakaları

Tabaka tanımlamaları (kayma mukavemeti, sönüm, sekant kayma modülü)

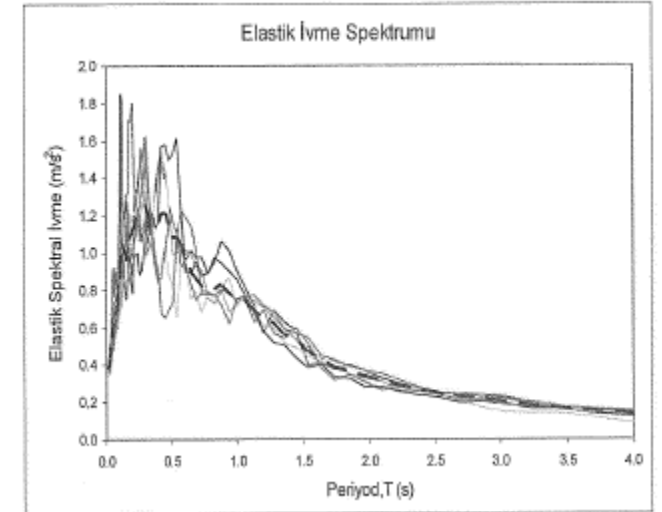


Serbest Zemin Davranış Hesabı(Bölüm 6.5-6.6)

- ☐ Frekans tanım alanında eşdeğer doğrusal hesap, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap
- ☐ İdealleştirilmiş zemin profili (Serbest zemin davranış analizinde kullanılacak).
- ☐ Kayma birim şekildeğiştirmesine bağlı olarak kayma modüllerinin ve eşdeğer histerik sönüm eğrilerinin tanımı
- ☐ Her bir zemin tabakası için maksimum alt-tabaka kalınlığı(eleman boyutu)
- ☐ Maksimum zaman artımı(zaman tanım alanında hesap için)
- ☐ Program zaten zemin büyütmesi/küçültmesini yapacak.



☐ Etkin temel hareketi

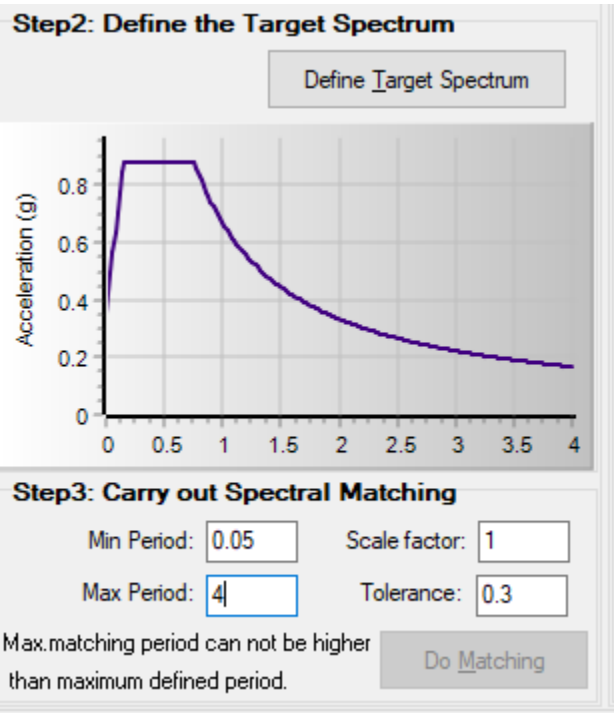


☐ Zemin yüzeyindeki spektrumların (en az 7) ortalaması

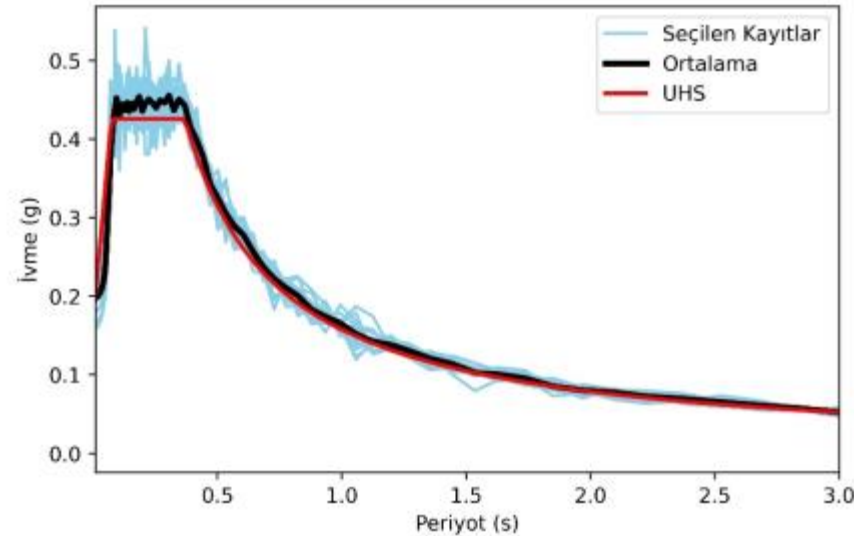
Serbest Zemin Davranış Hesabı(Bölüm 6.5-6.6)

- ❑ Zemin davranış hesabı taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketinin zemin tabakaları boyunca değişimini ve zemin yüzeyindeki deprem yer hareketini belirlemek üzere yapılır.
- ❑ Taban kayasının çok derinlerde olması durumunda tabakalı zemin modeli yerel zemin sınıfı ZC veya ZD olan zemin tabakası ile sonlandırılabilir. Bu tabakadan tanımlanan deprem yer hareketi yerel zemin etki katsayıları ile büyütülecektir.
- ❑ Zemin modeli tabanından zemin profili modeline etki ettirmek üzere elastik ivme spektrumu ile uyumlu en az 7 deprem kaydı tanımlanacaktır. (Spektral uyum – Bölüm 2.5.3)
- ❑ Temel ve yakın çevresinde zemin ortamının yaklaşık olarak yatay tabakalardan oluştuğu durumlarda tek boyutlu yatay tabakalı serbest zemin modeli kullanılabilir.

Seismomatch spektral uyum



Spektral uyum



- ❑ Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumu ordinatlarından daha küçük olmayacaktır. (2.5.3)

Deprem kayıtları seçimi(Bölüm 2.5.1)

- ❑ Deprem büyüklüğü, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları, yerel zemin koşulları dikkate alınacak.
- ❑ En az 7 deprem kaydı seçilecek.
- ❑ Aynı depremden seçilen kayıt takımı sayısı üçü geçmeyecektir.

PEER

Load Sample Input Values

Clear Input Values

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : RSN1,...RSNn
Event Name :
Station Name :

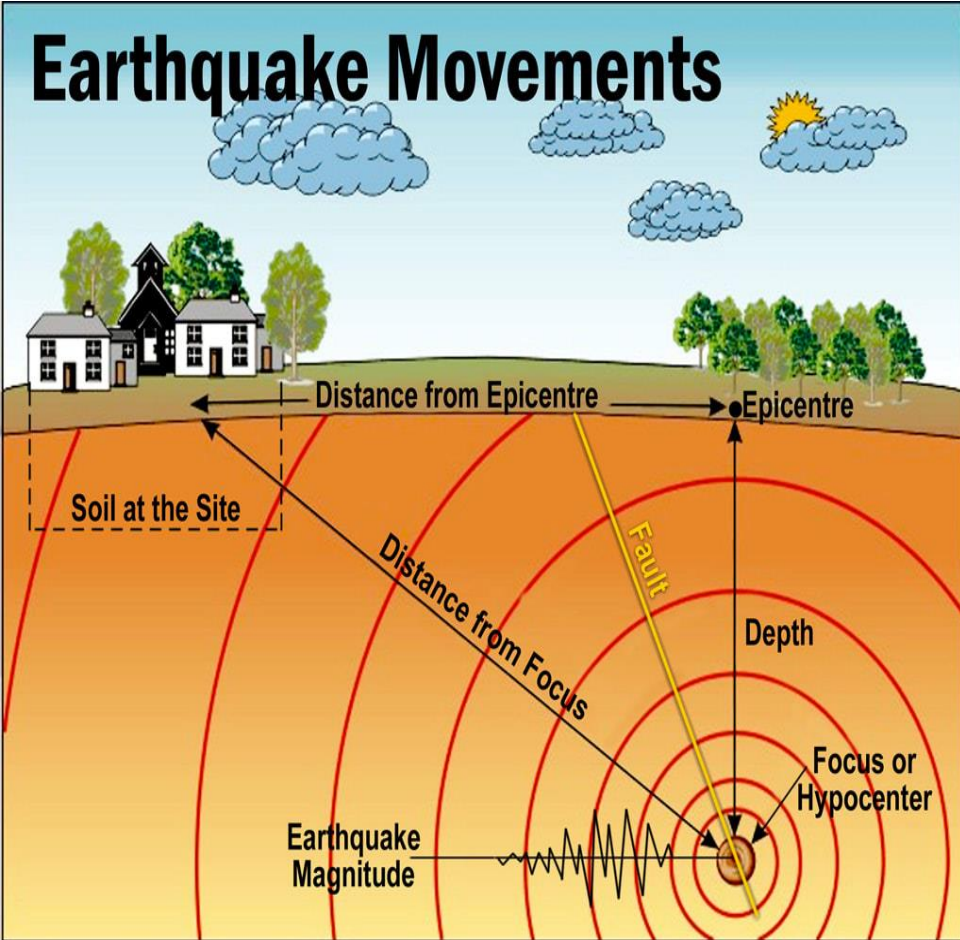
Search Parameters:

Fault Type :
Magnitude :
min,max
R_JB(km) :
min,max
R_rup(km) :
min,max
Vs30(m/s) :
min,max
D5-95(sec) :
min,max
Pulse :

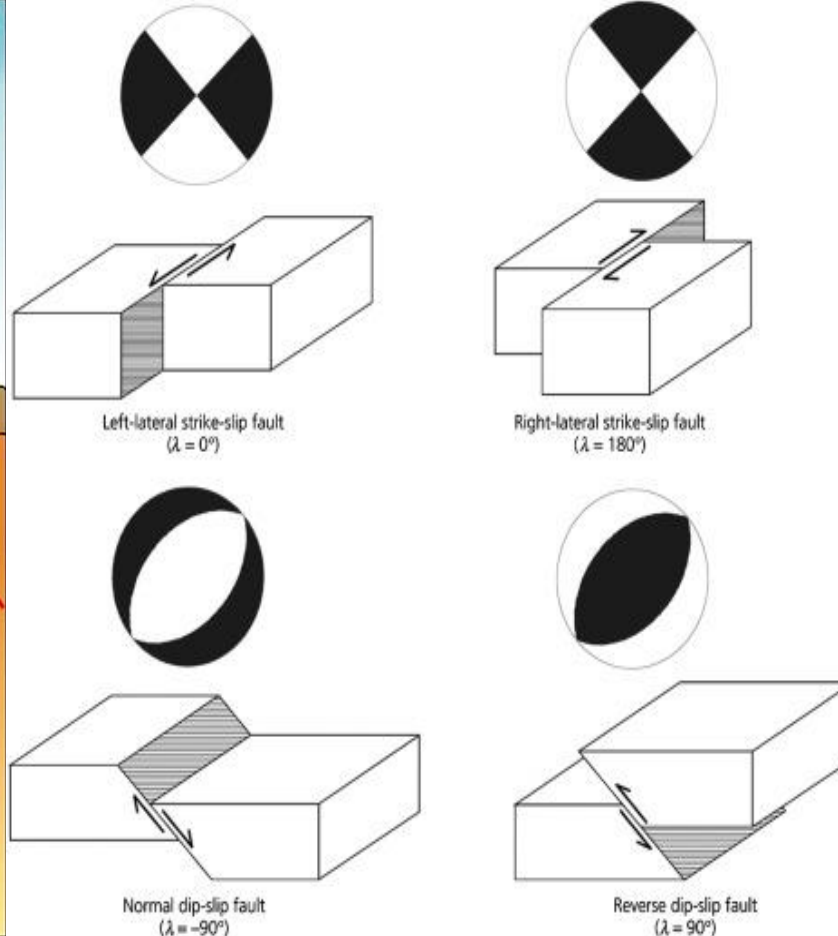
Additional Characteristics:

Max No. Records :
(≤ 100)

Terminoloji



Fay türleri



Yatayda birbirine dik doğrultudaki depremlerden oluşan etkilerin birleştirilmesi (Bölüm 4.2.2)

Mod birleştirme yöntemi (Modal combination)

- ☐ Tepki spektrumu (response spectrum) analizi
- ☐ Doğrultu birleştirme (directional combination)

Doğrultu birleştirilmesi uygulanmış
tasarıma esas yatay deprem etkisi

$$\begin{aligned} E_d^{(H)} &= \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)} \\ E_d^{(H)} &= \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \end{aligned}$$

X doğrultusundaki deprem
etkisi altında hesaplanan
etkiler

Y doğrultusundaki deprem
etkisi altında hesaplanan
etkiler

Denklem 4.1

Modal birleştirme

Doğrultu birleştirme

S Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: EqX Set Def Name Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum Design...

Directional Combination: ☐ SRSS ☐ CQC3 ☒ Absolute Scale Factor: 1.

Mass Source: Previous (MSSSRC1)

Diaphragm Eccentricity: Eccentricity Ratio: 0. Override Eccentricities: Override...

Modal Combination: ☒ CQC ☐ SRSS ☐ Absolute ☐ GMC ☐ NRC 10 Percent ☐ Double Sum

GMC f1: 1. GMC f2: 0. Periodic + Rigid Type: SRSS

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: Modal

Standard - Acceleration Loading ☒ Advanced - Displacement Inertia Loading ☐

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	DD2a	9.81
Accel	U1	DD2a	9.81
Accel	U2	DD2a	2.943

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

Yatayda birbirine dik doğrultudaki depremlerden oluşan etkilerin birleştirilmesi(Bölüm 4.2.2)

[Mod toplama yöntemi \(modal superposition\) veya Doğrudan entegrasyon yöntemi \(Direct integration\)](#)

- ☐ Deprem etkileri yatayda X ve Y doğrultusunda tanımlanan depremlerden oluşan etkiler zaman tanım alanında doğrudan birleştirilecektir.

Başlangıç yüklemesi

Deplasman zaman kaydı

Toplam adım sayısı

Adım aralığı

Sönüm

Load Case Data - Linear Direct Integration History

Load Case Name: TH Set Def Name Modify/Show...

Stiffness to Use

☐ Zero Initial Conditions - Unstressed State

☒ Stiffness at End of Nonlinear Case Initial_Load

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Modal Load Case

Use Modes from Case MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Load Pattern	Disp - X	TH-X	1.
Load Pattern	Disp - Y	TH-Y	1.

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data

Number of Output Time Steps 12000

Output Time Step Size 5.000E-03

Other Parameters

Damping Proportional Modify/Show...

Time Integration Hilber-Hughes-Taylor Modify/Show...

Load Case Type: Time History Design...

Analysis Type: ☒ Linear ☐ Nonlinear

Solution Type: ☒ Direct Integration ☐ Modal ☐ Frequency Domain

History Type: ☒ Transient ☐ Periodic

Mass Source: MSSSRC1

OK Cancel

Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi (Bölüm 4.2.3)

$$G + Q \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad \text{Denklem 4.2}$$

$$0.9G + H \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad \text{Denklem 4.3}$$

- G = sabit (ölü) yük etkisi
- Q = Hareketli yük etkisi
- H = Statik ve dinamik yatay zemin basıncı
- $E_d^{(H)}$ = Yatay deprem etkisi
- $E_d^{(Z)}$ = Düşey deprem etkisi

Sap 2000

☐ Define/Load combination

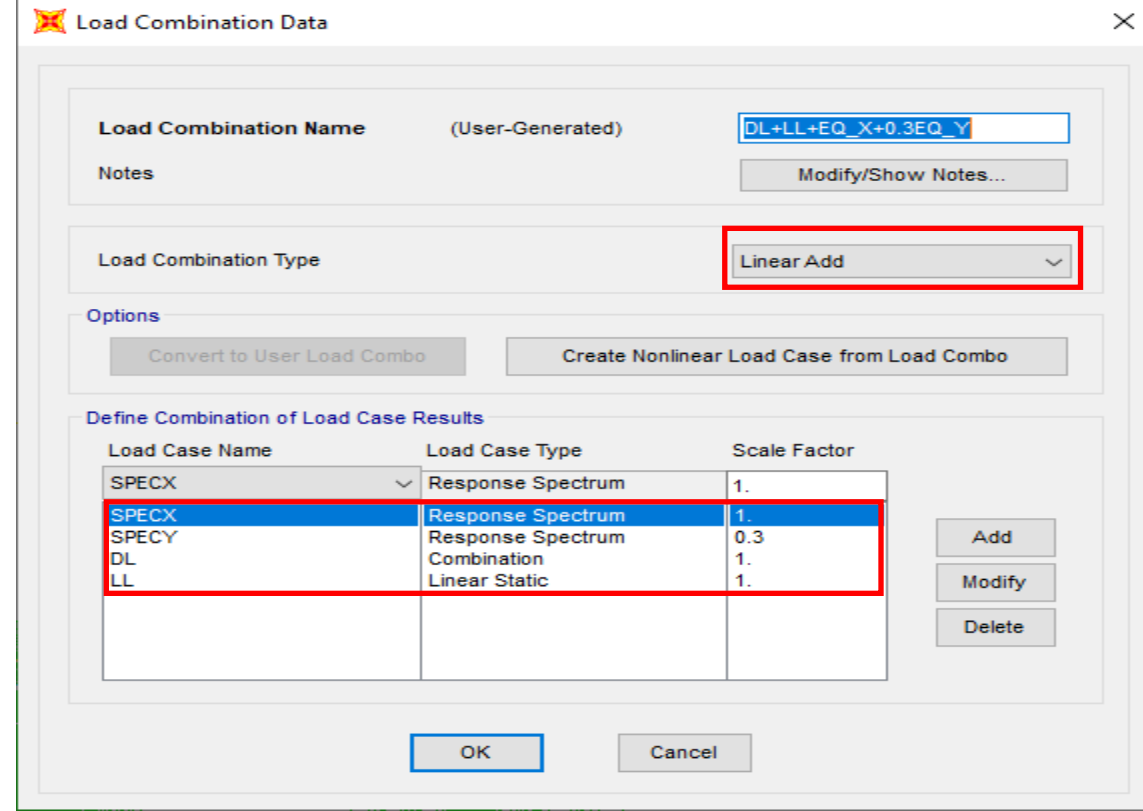
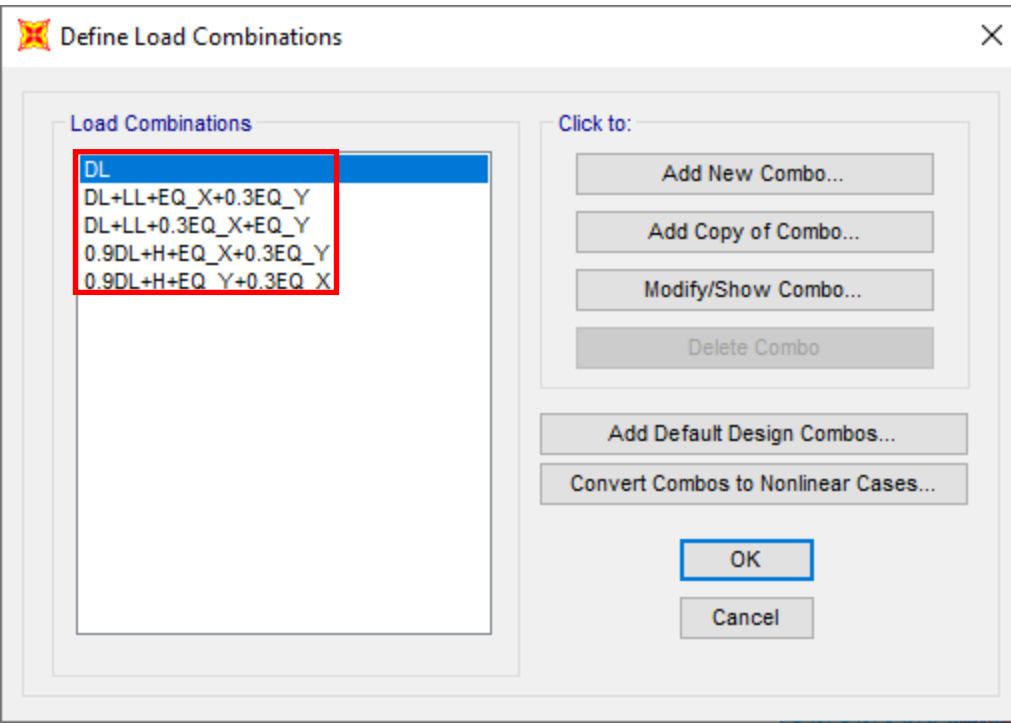
Doğrultu birleştirilmesi uygulanmış
tasarıma esas yatay deprem etkisi

$$\begin{aligned} E_d^{(H)} &= \pm E_d^{(X)} & \pm 0.3E_d^{(Y)} \\ E_d^{(H)} &= \pm 0.3E_d^{(X)} & \pm E_d^{(Y)} \end{aligned}$$

Denklem 4.1

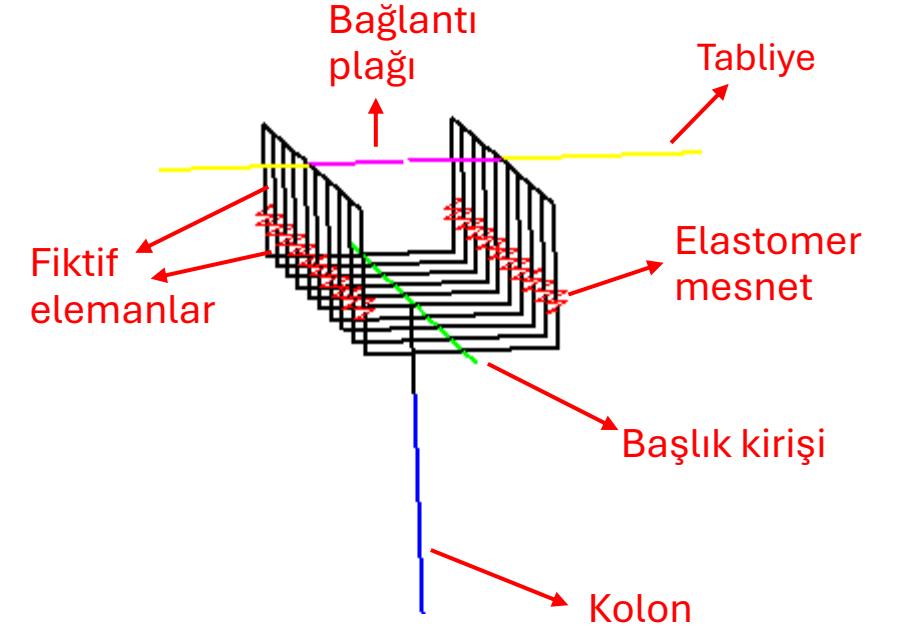
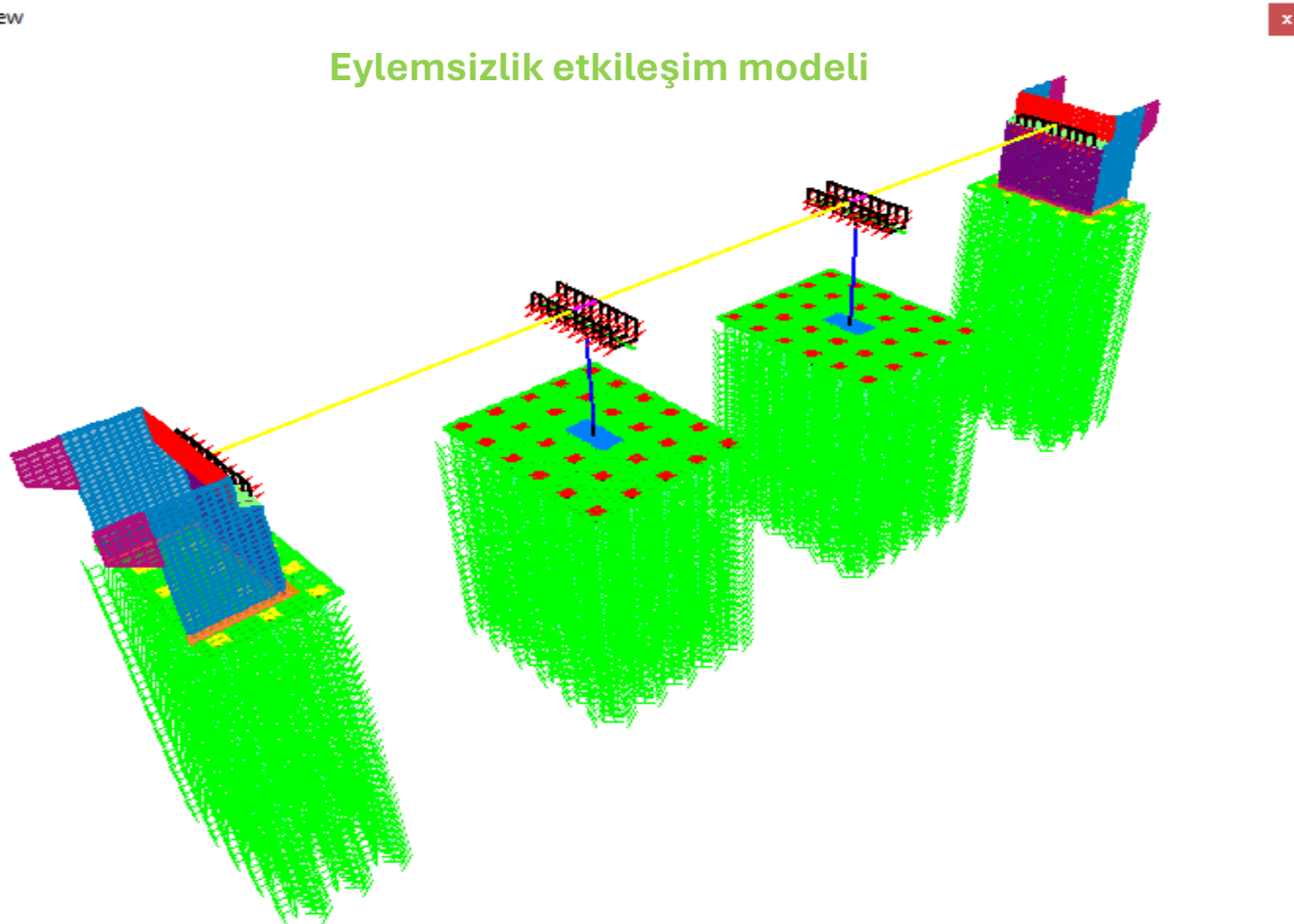
X doğrultusundaki deprem
etkisi altında hesaplanan
etkiler

Y doğrultusundaki deprem
etkisi altında hesaplanan
etkiler



Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)

- ❑ Köprü taşıyıcı sistemleri tabliye, başlık kirişleri, orta ayaklar ve kenar ayakları kapsayacak şekilde üç boyutlu olarak modellenecektir.
- ❑ Birbirine dik doğrultudaki deprem etkileri daima göz önüne alınacaktır.
- ❑ Sönüm oranı %5 alınacaktır.



Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)

❑ Sönüm oranı %5 alınacaktır.

Response Spectrum Function Definition

Function Name: K7-DD2a

Function Damping Ratio: 0.05

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.2042
0.05	0.3605
0.098	0.5105
0.1	0.5105
0.15	0.5105
0.2	0.5105
0.25	0.5105
0.3	0.5105

Function Graph

Display Graph (6.2884 , 0.0379)

OK Cancel

Modal Damping

Modal Damping Type

☒ Constant Damping for all Modes

☐ Interpolated Damping by Period or Frequency

☐ Mass and Stiffness Proportional Damping by Coefficient

Constant Modal Damping

Constant Damping for all Modes: 0.05

Modal Damping Overrides

Mode	Damping
1	0

Add Modify Delete

OK Cancel

Direct Integration Damping

Viscous Proportional Damping

☐ Direct Specification

☒ Specify Damping by Period

☐ Specify Damping by Frequency

	Mass Proportional Coefficient		Stiffness Proportional Coefficient
	0.4488	1/sec	2.728E-03 sec

	Period	Frequency	Damping
First	1.2 sec	cyc/sec	0.05
Second	0.2 sec	cyc/sec	0.05

Recalculate Coefficients

Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)

Tabliye



$$\frac{\text{En kısa köprü açıklığı}}{\text{Köprü genişliği}} > 2$$

Evet

Hayır

Çubuk (frame) eleman ;
en az 5 çubuk eleman



Etkin kesit rijitliği

Eğilme 0.5

Kesme ve eksenel 1.0

Kabuk (shell) eleman veya
kabuk ve çubuk sonlu eleman



Etkin kesit rijitliği

Düzlem içi 0.5

Düzlem dışı 0.5

Assign Automatic Frame Mesh

Mesh Options

☐ No Auto Meshing

☒ Auto Mesh Frame Objects

Auto Meshing Parameters

☒ Mesh at Intermediate Joints

☐ Mesh at Intersections with Other Frames, Area Edges and Solid Edges

☒ Minimum Number of Segments 5

☒ Maximum Segment Length 0.5 m

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Sap 2000 Frame Mesh

☐ Assign/frame/automatic frame mesh

Sap 2000 Etkin kesit rijitliği

☐ Frame property/set modifiers

☐ Shell property/set modifiers

Kolon



$$\frac{\text{Yükseklik}}{\text{Maximum kesit boyutu}} > 2$$

Evet

Hayır

Çubuk (frame) eleman ;
en az 5 çubuk eleman



Etkin kesit rijitliği

Eğilme 0.5

Kesme ve eksenel 1.0

Perde ayak



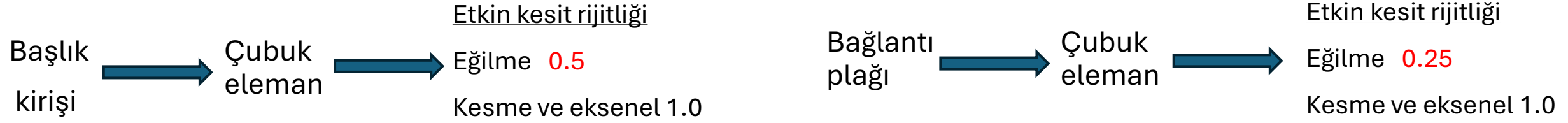
Etkin kesit rijitliği

Düzlem içi 0.5

Kabuk (shell) eleman

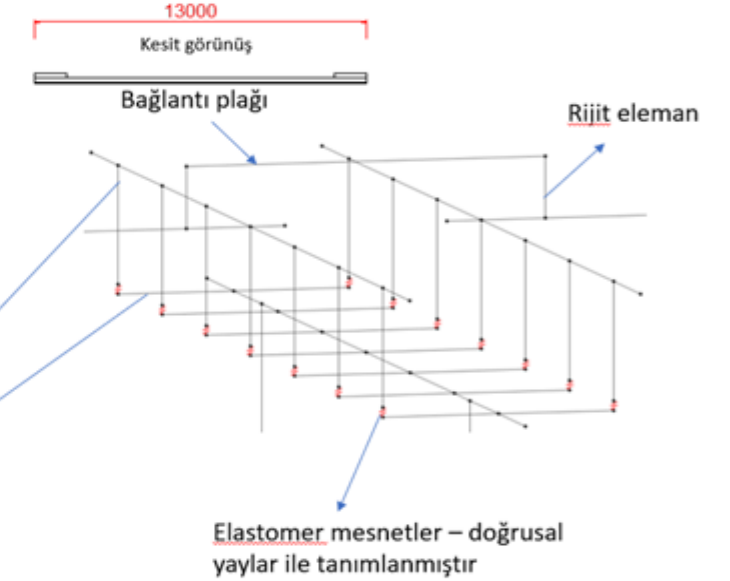
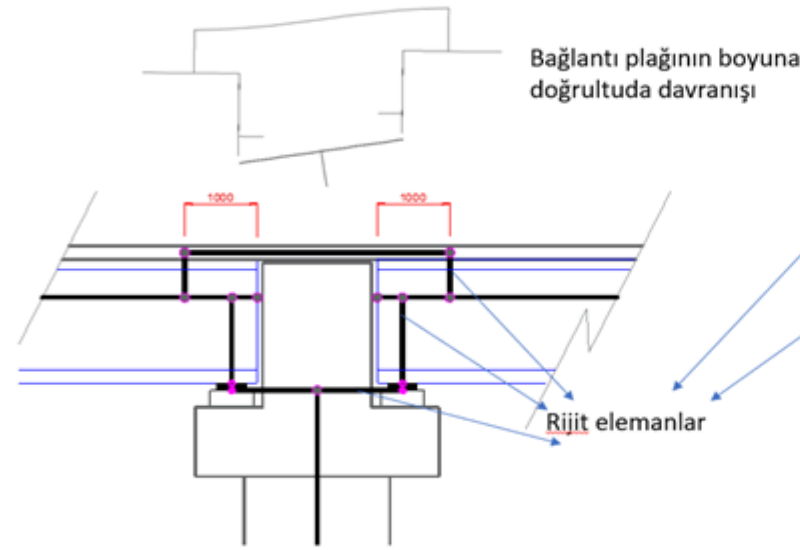
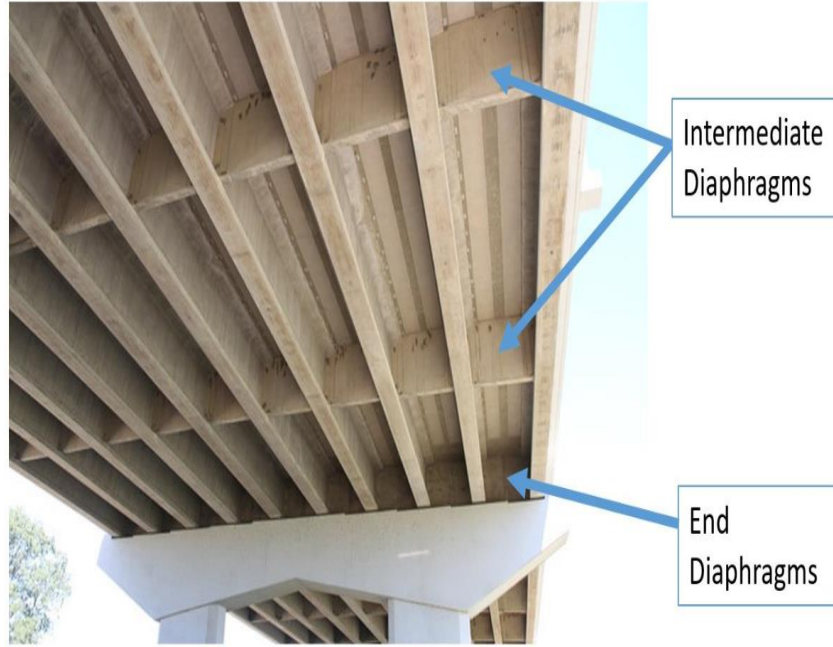
Düzlem dışı 0.5

Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)



❑ Kompozit prekast kirişli yerinde dökme plaklı köprülerde gerekli burulma rijitliği için mesnetlerde ve en az bir adet olmak üzere açıklıklarda enleme kirişlerinin düzenlenmesi zorunludur. (4.3.2.2)

❑ Bağlantı plağı esneklik artırılması amacıyla her iki taraftaki kiriş boylarının %5'i kadar uzunluktaki bölgelerde kompozit çalışmayı önlemek üzere kesme bağlantıları yapılmayabilir. (4.3.2.3)



Dipnot : Farklı kolon boyuna sahip ardışık açıklıklarda deprem durumunda tabliye burulmadan çok zorlanabilir.

Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Tabliye – çubuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Başlık kirişi – çubuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Kolon – çubuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)

Property/Stiffness Modification Factors

Tabliye – kabuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	0.5
Membrane f22 Modifier	0.5
Membrane f12 Modifier	0.5
Bending m11 Modifier	0.5
Bending m22 Modifier	0.5
Bending m12 Modifier	0.5
Shear v13 Modifier	0.5
Shear v23 Modifier	0.5
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK Cancel

Property/Stiffness Modification Factors

Kolon – kabuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	0.5
Membrane f22 Modifier	0.5
Membrane f12 Modifier	0.5
Bending m11 Modifier	0.5
Bending m22 Modifier	0.5
Bending m12 Modifier	0.5
Shear v13 Modifier	0.5
Shear v23 Modifier	0.5
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK Cancel

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Bağlantı plağı – çubuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.25
Moment of Inertia about 3 axis	0.25
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)

Mesnet (Link eleman)

- ☐ Elastomer mesnet
- ☐ Kenar ayak kayıcı mesnet olabilir
- ☒ Sabit mesnet
- ☒ Kayıcı mesnet
- ☒ Yüksek sönüm yalıtım mesnet
- ☒ Kurşun çekirdekli yalıtım mesnet

Elastomer mesnet yatay kayma rijitliği

$$Kayma rijitliği = \frac{G A}{h_{rt}}$$

- G = Elastomer kayma modülü
- A = Mesnet alanı
- h_{rt} = Çelik plakalar hariç net elastomer yüksekliği



Sap 2000 Link displacement

- ☐ Display/Results/Link displacements (U2, U3)

Elastomer mesnet deplasman sonuçları

TABLE: Element Deformations - Links							
Link	LinkElem	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	Text	m	m	m
1	1	DL+LL+EQ_X+0.3EQ_Y	Combinat	Max	-0.00021	0.042017	1.3E-08
1	1	DL+LL+EQ_X+0.3EQ_Y	Combinat	Min	-0.00037	-0.06966	-4.3E-09
1	1	DL+LL+0.3EQ_X+EQ_Y	Combinat	Max	-0.0002	0.011495	1.32E-08
1	1	DL+LL+0.3EQ_X+EQ_Y	Combinat	Min	-0.00039	-0.03914	-4.5E-09
1	1	0.9DL+H+EQ_X+0.3EQ_Y	Combinat	Max	-0.00015	0.038204	1.14E-08
1	1	0.9DL+H+EQ_X+0.3EQ_Y	Combinat	Min	-0.00032	-0.07348	-5.9E-09
1	1	0.9DL+H+EQ_Y+0.3EQ_X	Combinat	Max	-0.00015	0.009388	2.02E-08

Elastomer mesnet kayma şekil değiştirme limiti

$$\frac{\text{Görelî elastomer yatay yerdeğıştirmesi}}{\text{Net elastomer kalınlığı}} \leq \frac{2}{3} \quad (4.3.5.2)$$

Stiffness Values Used For All Load Cases

☒ Stiffness Is Uncoupled

U1: 3200000. U2: 3571. U3: 3571.

Shear Distance from End J

U2: 0.035 U3: 0.035

Units: KN, m, C

Elastomer mesnet yatay kayma rijitliği

Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.1)

Deprem Takozu

- ❑ Enleme kirişinin her iki ucunda birer adet olarak düzenlenecektir.
- ❑ Takozy ile enlemeler arasında darbe önleyici elastomer tamponlar yerleştirilecektir.
- ❑ **Ortada deprem takozu kullanımasına izin yok.**

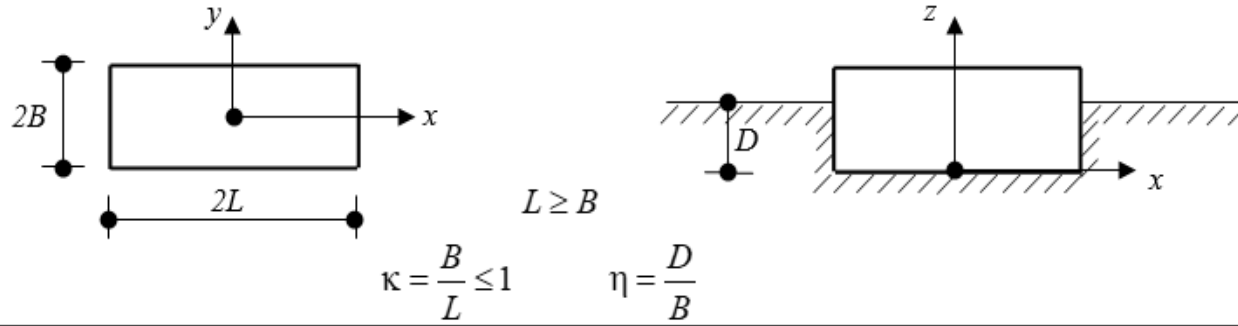


Dipnot : Deprem takozlarından iç kısma yerleştirilenler ve dıştaki deprem takozunun aynı anda çalışıyor kabulü doğru olmayabilir. İmalat toleransından dolayı boşluğu en az olan takozlar ilk önce kırılabilir.

Ortada deprem takozu

Köprü zemin etkileşimi –Yüzeysel veya kısmen gömülü temel(Bölüm 4.3.6)

❑ Statik yay rijitlik katsayıları kullanılabilir.



$$G = \lambda_G G_{max} \quad (\text{Denklem 7.2})$$

- G = Zemin etkin kayma modülü
- λ_G = Etkin kayma modülü azaltma katsayısı
- G_{max} = Maksimum kayma modülü

$$G_{max} = \rho V_S^2 \quad (\text{Denklem 6.1})$$

- G = Zemin etkin kayma modülü
- V_S = En üst 30 m için bulunan ortalama kayma dalgası hızı
- ρ = Zemin birim hacim kütlesi

Poisson oranı

- Kohezyonsuz zemin $\nu = 0.25$
- Kohezyonlu zemin $\nu = 0.45$

YÜZEYSEL TEMEL	ZEMİNE GÖMÜLÜ TEMEL
$(K_{zz})_Y = \frac{2GL}{1-\nu} (0.73 + 1.54\kappa^{0.75})$	$(K_{zz})_G = (K_{zz})_Y \left[1 + \frac{\eta}{21} (1 + 1.3\kappa) \right] \left[1 + 0.2\eta (1 + \kappa)^{2/3} \right]$
$(K_{yy})_Y = \frac{2GL}{2-\nu} (2 + 2.5\kappa^{0.85})$	$(K_{yy})_G = (K_{yy})_Y \left(1 + 0.15\sqrt{\eta} \right) \left[1 + 0.52(\kappa\eta)^{0.8} \left(2 + \frac{2}{\kappa} \right)^{0.4} \right]$
$(K_{xx})_Y = (K_{yy})_Y - \frac{0.2GL}{0.75-\nu} (1-\kappa)$	$(K_{xx})_G = (K_{xx})_Y \left(1 + 0.15\sqrt{\eta} \right) \left[1 + 0.52(\kappa\eta)^{0.8} \left(2 + \frac{2}{\kappa} \right)^{0.4} \right]$
$(K_{\theta_x, \theta_x})_Y = \frac{1.24GL^3}{1-\nu} \kappa^2 (2.4 + 0.5\kappa)$	$(K_{\theta_x, \theta_x})_G = (K_{\theta_x, \theta_x})_Y \left[1 + 1.26\eta (1 + \eta\sqrt{\kappa}) \right]$
$(K_{\theta_y, \theta_y})_Y = \frac{3.72GL^3}{1-\nu} \kappa^{0.6}$	$(K_{\theta_y, \theta_y})_G = (K_{\theta_y, \theta_y})_Y \left[1 + 0.92\eta^{0.6} (1.5 + \kappa^{-0.6}) \right]$
$(K_{\theta_z, \theta_z})_Y = 1.24GL^3 (\kappa + \kappa^3)^{0.75} \left[4 + 11(1-\kappa)^{10} \right]$	$(K_{\theta_z, \theta_z})_G = (K_{\theta_z, \theta_z})_Y \left[1 + 1.4(1 + \kappa)\eta^{0.9} \right]$
—	$(K_{x, \theta_y})_G = (K_{\theta_y, x})_G \cong \frac{D}{3} (K_{xx})_G ; (K_{y, \theta_x})_G = (K_{\theta_x, y})_G \cong \frac{D}{3} (K_{yy})_G$

Köprü zemin etkileşimi –Yüzeysel veya kısmen gömülü temel(Bölüm 4.3.6)

Yerel Zemin Sınıfı(**)	Etkin Kayma Modülü Azaltma Katsayısı – $\lambda_G^{(*)}$			
	$S_{DS} = 0^{(***)}$	$S_{DS} = 0.25$	$S_{DS} = 1.00$	$S_{DS} \geq 2.00$
ZA	1.00	1.00	1.00	1.00
ZB	1.00	1.00	0.95	0.90
ZC	1.00	0.95	0.75	0.60
ZD	1.00	0.90	0.50	0.10

(*) S_{DS} 'in ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

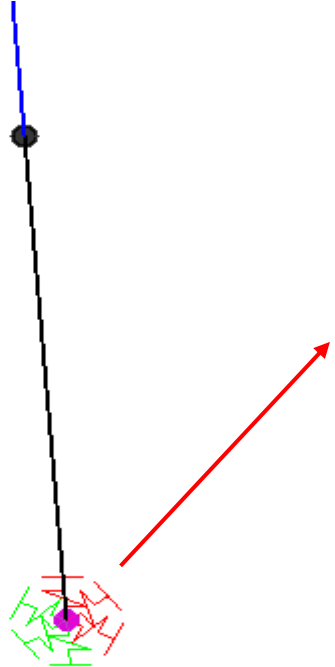
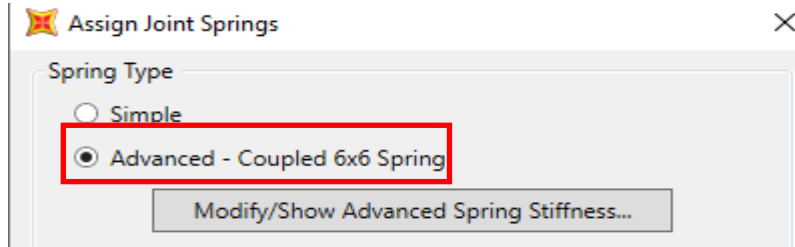
(**) Yerel zemin sınıfı ZE ve ZF olan zeminlerde kazıklı temel yapılması zorunludur (Bkz.3.10.1).

(***) Bu kolon $S_{DS} < 0.25$ için doğrusal enterpolasyon yapılması amacı ile eklenmiştir.

- ☐ 6x6 boyutunda bir temel rijitlik matrisi
- ☐ Yüzeysel temelerde sadece diyagonal üzerindeki terimler sıfırdan farklıdır.
- ☐ Temel rijitlik matrisi tek bir bağ(link) elemanı olarak tanımlanabilir.

Sap 2000 Spring

- ☐ Assign/Joint/Springs/Advanced – Coupled 6x6 Spring



6x6 boyutunda temel rijitlik matrisi

Coupled 6x6 Joint Spring

Upper Stiffness Matrix - Local Coordinate System

	u1	u2	u3	r1	r2	r3
u1	0 kN/m	0 kN/m	0 kN/m	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN/rad
u2	0 kN/m	0 kN/m	0 kN/m	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN/rad
u3	0 kN/m	0 kN/m	0 kN/m	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN/rad
r1	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN-m/rad	0 kN-m/rad	0 kN-m/rad
r2	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN-m/rad	0 kN-m/rad	0 kN-m/rad
r3	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN/rad	0 kN-m/rad	0 kN-m/rad	0 kN-m/rad

Clear Off-Diagonal Terms

OK Cancel

Köprü zemin etkileşimi – Kazıklı temel (Bölüm 4.3.6)

KKZE – A (Bölüm 7.3)

- ☐ Sadece eylemsizlik etkileşimi yapılacaktır.
- ☐ Kinematik etkileşim hesabı yapılmayacaktır.
- ☐ Birleşik taşıyıcı sistem modeli ile hesap
- ☐ Kazık başlığının kütlesi göz önüne alınacaktır.
- ☐ Kazıkların kütlesi göz önüne alınmayacaktır.
- ☐ Kazıklarda doğrusal elastik davranış göz önüne alınacaktır.

- ☐ Kenar ayaklarda enine doğrultudaki deprem etkisi altında yapılan eylemsizlik etkileşiminde kazık başlığının kütlesine ek olarak kenar ayak ön, kanat ve alın duvarları ile arka zemin dolgusunun da kütleleri göz önüne alınacaktır.

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Kazık – çubuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	0
Weight	0

OK Cancel

Property/Stiffness Modification Factors

Kazık başlığı – kabuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	1
Membrane f22 Modifier	1
Membrane f12 Modifier	1
Bending m11 Modifier	1
Bending m22 Modifier	1
Bending m12 Modifier	1
Shear v13 Modifier	1
Shear v23 Modifier	1
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK Cancel

Mass Source Data

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source

☐ Element Self Mass and Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
EV	1.
EV	1.
DEAD	1.

Add Modify Delete

OK Cancel

Zati yük, arka dolgu yükü

Köprü zemin etkileşimi – Kazıklı temel (Bölüm 4.3.6)

KKZE – A (Bölüm 7.3)

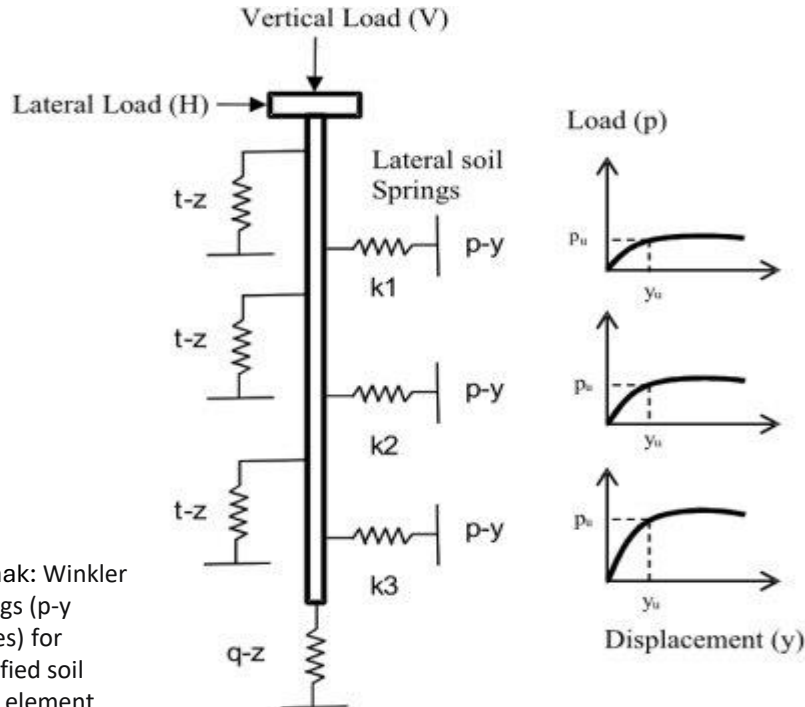
- ❑ Kazıklar boyunca p-y yaylarının doğrusal başlangıç rijitlikleri kullanılacaktır. t-z ve Q-z yaylarında da doğrusal başlangıç yayları kullanılacaktır.

Ortaayak KKZE A için
doğrusal başlangıç yayları

P2 ORTAAYAK			
Derinlik	P-Y (kN/m ²)	T-Z (kN/m ²)	Q-Z (kN/m ²)
0	0	0	-
1	5926	806	-
2	27330	3757	-
3	30444	4157	-
4	63810	4468	-
5	184204	8128	-
6	184204	8508	-
7	184204	8842	-
8	184204	9142	54482
9	184204	9415	54482
10	184204	9667	54482
11	184204	9899	54482
12	184204	10117	54482
13	184204	10322	54482
14	184204	10516	54482
15	184204	10698	54482
16	184204	10871	54482
17	184204	11038	54482
18	184204	11196	54482
19	184204	11477	54482
20	184204	11773	54482

Başlangıç
doğrusal
p-y yayı

t-z ya da Q-Z yayı
başlangıç
doğrusal rijitliği



Assign Joint Springs

Spring Type

☒ Simple

☐ Advanced - Coupled 6x6 Spring

Modify/Show Advanced Spring Stiffness...

Spring Coordinate System

Direction: Local

Simple Spring Stiffness

Translation 1	5926	kN/m
Translation 2	5926	kN/m
Translation 3	806	kN/m
Rotation about 1	0	kN-m/rad
Rotation about 2	0	kN-m/rad
Rotation about 3	0	kN-m/rad

Options

☐ Add to Existing Springs

☒ Replace Existing Springs

☐ Delete Existing Springs

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Köprü zemin etkileşimi – Kazıklı temel (Bölüm 4.3.6)

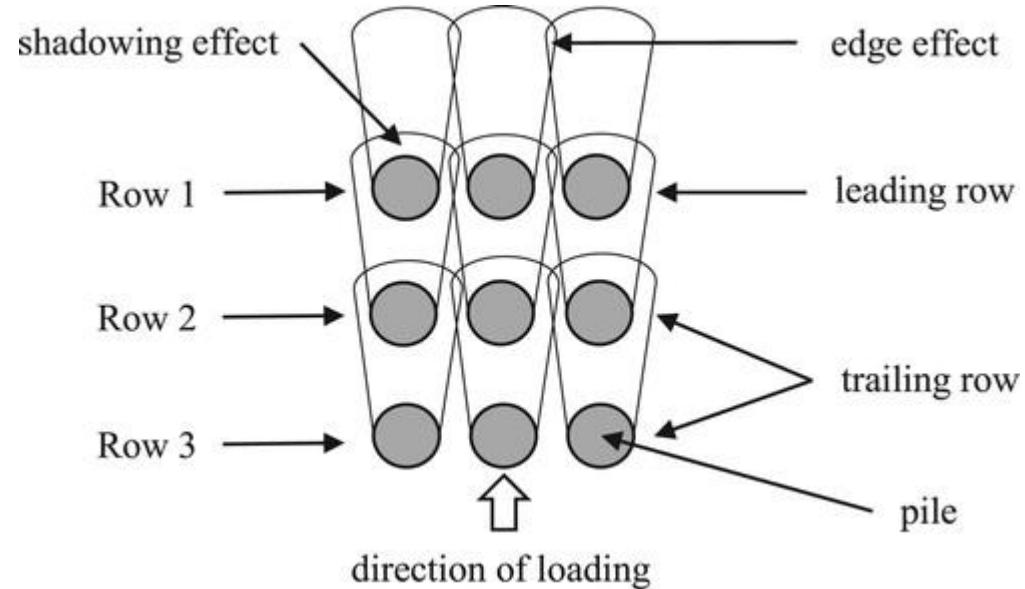


- ❑ Kazık boyunca her bir düğüm noktasında eşdeğer doğrusal tek bir p-y yayının alınması yeterlidir. (7.2.3.2)
- ❑ Kazıklarda yatay deprem etkisi altında grup etkisi faktörü p-y eğrisinin p eksenine uygulanacaktır. (7.2.3.4)
- ❑ Eylemsizlik etkileşimi çıktıları yöntem 1 kapsamında taşıyıcı sistemde ve kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilecektir. (7.3.4)

$$\beta_G = 0.2[(1 - \beta_{G1})s - (1 - 6\beta_{G1})] \text{ (Denklem 7.1)}$$

- s = kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranı

Kazık sırası	β_{G1}
1	0.7
2	0.45
3	0.3
4 ve sonrası	0.2



Kaynak: Estimation of P-multipliers for laterally loaded pile groups in clay and sand

Köprü zemin etkileşimi – Kazıklı temel (Bölüm 4.3.7)

Kenar ayak
ön duvar,
kanat duvarı,
alın duvarı

Kabuk
eleman

Etkin kesit rijitliği

Düzlem içi 0.5

Düzlem dışı 0.5

- Kenar ayaklar enine doğrultuda takozlar vasıtasıyla tabliyei mesnetleyen, boyuna doğrultuda ise elastomer mesnet veya kayıcı mesnetlerle tabliyenin hareketine izin veren köprü taşıyıcı elemanıdır.

Kazık – Çubuk Eleman
Elastomer mesnet

Kayıcı mesnet

Kenar ayak ön duvar, kanat duvarı, alın duvarı – kabuk eleman

Stiffness Values Used For All Load Cases

☒ Stiffness Is Uncoupled

U1	U2	U3
3200000.	3571.	Fixed

Stiffness Values Used For All Load Cases

☒ Stiffness Is Uncoupled

U1	U2	U3
3200000.	0	Fixed

Shear Distance from End J

U2	0.035
U3	

Units

KN, m, C

Shear Distance from End J

U2	0.035
U3	

Units

KN, m, C

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	0.5
Membrane f22 Modifier	0.5
Membrane f12 Modifier	0.5
Bending m11 Modifier	0.5
Bending m22 Modifier	0.5
Bending m12 Modifier	0.5
Shear v13 Modifier	0.5
Shear v23 Modifier	0.5
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK Cancel

Birinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 4.3.8)

- ❑ Tipik bir sonlu eleman düğüm noktasındaki m_i tekil kütlesi, en genel durumda iki yatay ve düşey öteleme serbestlik derecelerine karşı gelecek şekilde tanımlanacaktır. Gereği durumda dönme serbestlik derecelerine karşı gelen kütleler de kullanılabilir. Çubuk veya kabuk sonlu eleman olarak modellenen köprü taşıyıcı sistem elemanlarında düğüm noktası tekil kütleleri düğüm noktalarına bağlanan sonlu elemanların kapsama boylarına veya kapsama alanlarına karşı gelen yayılı kütlelerin toplamı olarak atanacaktır. (lumped mass)

Mass values are calculated for structural elements according to volume and material density. Mass is then automatically concentrated at joint locations. During dynamic analysis, mass translation along each of the three joint displacement degrees-of-freedom (DOF) correlates with Acceleration to create inertial forces.

Kaynak : <https://web.wiki.csiamerica.com/>

The lumped mass matrix element is given below.

$$m_{lumped} = \frac{\rho AL}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{L}{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{L}{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{v}_1 \\ \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{u}_2 \\ \ddot{v}_2 \\ \ddot{\theta}_2 \end{bmatrix}$$

→ Yığılı kütle , diyagonal kütle matrisi

The consistent mass matrix element is given below.

$$m_e = \frac{\rho AL}{420} \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 70 & 0 & 0 \\ 0 & 156 & 22L & 0 & 54 & -13L \\ 0 & 22L & 4L^2 & 0 & 13L & -3L^2 \\ 70 & 0 & 0 & 140 & 0 & 0 \\ 0 & 54 & 13L & 0 & 156 & -22L \\ 0 & -13L & -3L^2 & 0 & -22L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{v}_1 \\ \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{u}_2 \\ \ddot{v}_2 \\ \ddot{\theta}_2 \end{bmatrix}$$

→ Yayılı kütle

Structure Type

Structure Type

☒ 3-D ☐ X-Z Plane ☐ Y-Z Plane ☐ X-Y Plane ☐ Constraint RZ

Mass Control Parameter

☒ Lumped Mass

☐ Consider Off-diagonal Masses

☐ Consistent Mass

☐ Convert Self-weight into Masses

☒ Convert to X, Y, Z ☐ Convert to X, Y ☐ Convert to Z

Gravity Acceleration : 9.806 m/sec²

Initial Temperature : 0 [C]

☐ Align Top of Beam Section with Floor (X-Y Plane) for Panel Zone Effect / Display

☐ Align Top of Slab(Plate) Section with Floor (X-Y Plane) for Display

OK Cancel

Midas Civil Ekranı

Yeterli titreşim modu sayısı (Bölüm 4A.1.4)

- Deprem yükü modal etkin kütleleri toplam yatay (X), (Y) ve gereği halinde dikey (Z) doğrultularda köprü toplam kütlelerinin yüzde %95'inden az olmayacaktır.
- Her bir doğrultuda katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar göz önüne alınacaktır.
- Mod birleştirme yönteminde eşzamanlı olmayan modal katkılar tam karesel birleştirme kuralı ile birleştirilir. (CQC)

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95m_t \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{tyn}^{(Y)} \geq 0.95m_t \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{tzn}^{(Z)} \geq 0.95m_t \quad (\text{Denklem 4A.3})$$

- $m_{txn}^{(X)}$, $m_{tyn}^{(Y)}$, $m_{tzn}^{(Z)}$: n'inci titreşim modunda deprem yükü modal etkin kütlesi
- m_t : köprü toplam kütlesi

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Modal-Eigen	Mode	31	0.06256	4.914E-14	0.000004546	5.212E-12	0.99965	0.99963	0.91521
Modal-Eigen	Mode	32	0.060458	2.838E-11	7.102E-14	0.02349	0.99965	0.99963	0.9387
Modal-Eigen	Mode	33	0.059076	5.801E-12	0.00029	2.628E-13	0.99965	0.99992	0.9387
Modal-Eigen	Mode	34	0.058635	0.00023	6.554E-12	0.000001218	0.99988	0.99992	0.9387
Modal-Eigen	Mode	35	0.053331	6.24E-14	0.00002536	2.747E-11	0.99988	0.99994	0.9387
Modal-Eigen	Mode	36	0.050883	0.00004651	2.111E-13	2.177E-10	0.99993	0.99994	0.9387
Modal-Eigen	Mode	37	0.050179	7.546E-09	6.119E-14	0.05515	0.99993	0.99994	0.99385
Modal-Eigen	Mode	38	0.046573	8.061E-11	1.356E-07	4.631E-08	0.99993	0.99994	0.99385
Modal-Eigen	Mode	39	0.046563	2.398E-07	1.699E-11	0.00049	0.99993	0.99994	0.99435
Modal-Eigen	Mode	40	0.046528	0.000002537	6.25E-13	0.00006101	0.99993	0.99994	0.99441

Yüzde 95 üstü kütle katılımı

Load Case Data - Modal

Load Case Name: Modal Set Def Name Modify/Show...

Load Case Type: Modal Design...

Stiffness to Use: ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State ☐ Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Type of Modes: ☒ Eigen Vectors ☐ Ritz Vectors

Mass Source: MSSSRC1

Number of Modes: Maximum Number of Modes: 40 Minimum Number of Modes: 1

Loads Applied: ☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Frequency Shift (Center): 0. Cutoff Frequency (Radius): 0. Convergence Tolerance: 1.000E-09 ☒ Allow Automatic Frequency Shifting

OK Cancel

Load Case Name: SPECY Set Def Name Modify/Show...

Modal Combination: ☒ CQC ☐ SRSS ☐ Absolute ☐ GMC ☐ NRC 10 Percent ☐ Double Sum

GMC f1: 1. GMC f2: 0. Periodic + Rigid Type: SRSS

Birinci aşamada köprü taşıyıcı sistem tasarımı ve dayanıma göre değerlendirme (Bölüm 4.5)

Sünek elemanlar için dayanıma göre değerlendirme ; bağlantı plağı ile kazık

Kolon  Eğilme $\frac{Talep (etki)}{Kapasite (dayanım)} \leq 1$ (Denklem 4.7) $\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$

Pilon
Kule  Kesme $\frac{Talep (etki)}{Kapasite (dayanım)} \leq \frac{2}{3}$ (Denklem 4.8) $\frac{V_u}{\phi V_n} \leq \frac{2}{3}$

Sünek olmayan elemanlar için dayanıma göre değerlendirme (kapasite korunmalı elemanlar)

Tabliye
Başlık kirişi
Temel
Kenar ayak
Mesnet
Takoz

 Eğilme $\frac{Talep (etki)}{Kapasite (dayanım)} \leq \frac{2}{3}$ (Denklem 4.8) $\frac{M_u}{\phi M_n} \leq \frac{2}{3}$

Kesme $\frac{V_u}{\phi V_n} \leq \frac{2}{3}$

Deprem etkisi altında standart köprü taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımına ilişkin kurallar (Bölüm 8)

- ❑ Köprülerde kullanılacak betonarme betonu en az C30, öngerilmeli beton kalitesi ise en az C40 olacaktır.
- ❑ DTS = 1,2,3 olan köprülerde kullanılan donatı çeliği kalitesi TS 708'de tanımlanan B420C veya B500C olacaktır. TS 708'de tanımlanan S420 çeliği sadece DTS=4 olan köprülerde kullanılabilir.

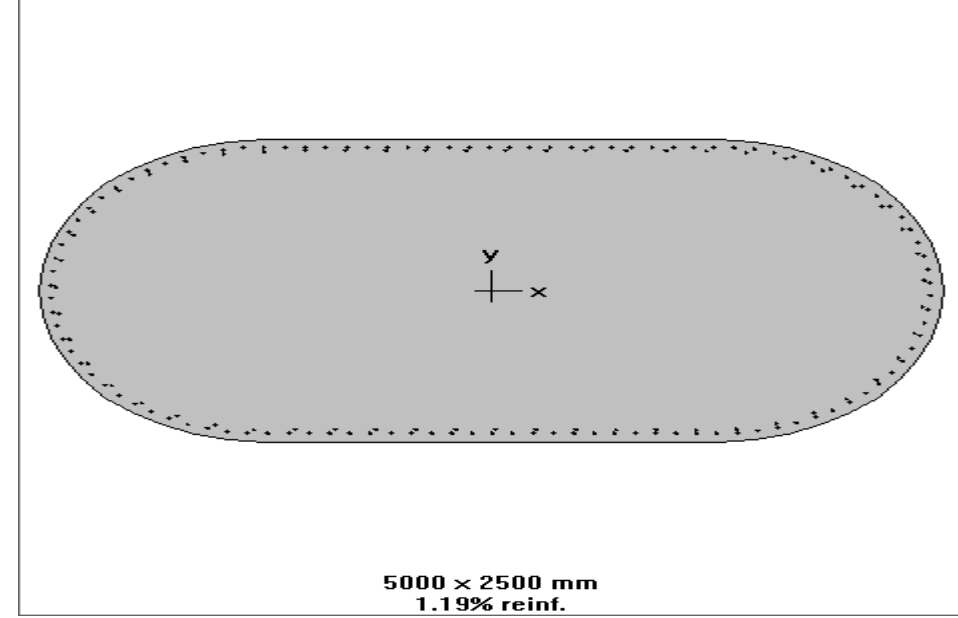
Birinci aşama kesit hesapları kapsamında eğilme ve kesme için tasarım dayanımları

- **TS 500** yaklaşımı kullanılması durumunda betonun tasarım basınç dayanımı $f_{cd} = f_{ck} / 1.5$, donatı çeliğinin tasarım akma dayanımı ise $f_{yd} = f_{yk} / 1.15$ olarak alınarak kesit tasarım dayanımları hesaplanacaktır.
- **ACI / AASHTO** yaklaşımı kullanılması durumunda betonun basınç dayanımı için $f'_c = f_{ck}$ ve donatı çeliğinin nominal akma dayanımı için $f_y = f_{yk}$ alınarak hesaplanan nominal kesit dayanımları, eğilme+eksenel kuvvet için $\phi=0.75\sim0.9$, kesme için $\phi=0.9$ olarak tanımlanan dayanım azaltma katsayıları ile çarpılarak kesit tasarım dayanımları elde edilecektir.
- Kolonlarda minimum boyuna donatı oranı %1, max %4 ; perde ayaklarda minimum boyuna donatı oranı %0.5

Birinci aşamada köprü taşıyıcı sistem tasarımı ve dayanıma göre değerlendirme (Bölüm 4.5)

Eğilme

$$\frac{\text{Talep (etki)}}{\text{Kapasite (dayanım)}} \leq 1 \quad (\text{Denklem 4.7}) \quad \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$



Karakteristik malzeme özellikleri

Material Properties

Concrete

Strength, f'_c : 30 MPa

☒ Standard

Elasticity, E_c : 25743 MPa

Max stress, f_c : 25.5 MPa

Beta(1): 0.83245

Ultimate strain: 0.003

Reinforcing Steel

Strength, f_y : 420 MPa

☒ Standard

Elasticity, E_s : 200000 MPa

Compression-controlled strain limit, E_{ps_yt} : 0.0021

OK Cancel

Dayanım azaltma katsayıları

Units

☐ English

☒ Metric

Run Option

☒ Investigation

☐ Design

Run Axis

☐ About X-Axis

☒ Biaxial

☐ About Y-Axis

Confinement

Confinement: Other

Capacity Reduction Factors, Φ

Axial compression (a): 0.8

Tension-controlled failure (b): 0.9

Compression-controlled failure (c): 0.75

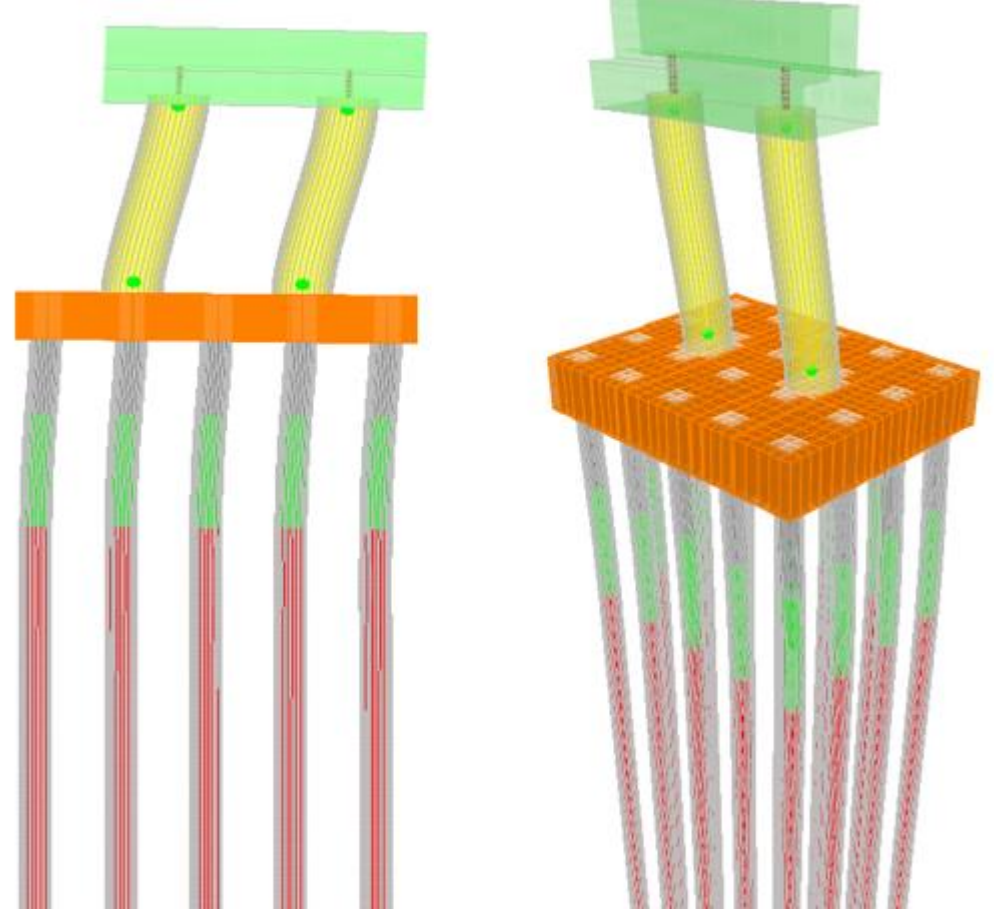
Kapasite/ talep oranı

No	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ϕM_{nx} kNm	ϕM_{ny} kNm	$\phi M_n / M_u$
529	13976.00	65385.00	29997.00	66532.49	30523.45	1.018
353	16687.00	65390.00	29994.00	68737.18	31529.35	1.051
530	13914.00	62913.00	29045.00	66461.87	30683.41	1.056
531	13915.00	62913.00	29045.00	66462.70	30683.80	1.056
881	12958.00	62064.00	27491.00	65801.90	29146.70	1.060

Birinci aşamada tasarım sonu (Bölüm 4.5)

- ❖Yöntem 1 bir nevi ön tasarım ile bize donatı bilgilerini sağlıyor. Çünkü E,A,I,G ve köprü geometrisini kullanarak donatı detaylarını bulabiliyoruz.
- ❖İkinci aşama doğrusal olmayan hesap için donatı detayları(boyuna donatı,sargı donatısı) bilgisi gerekiyor. Bunları kullanarak, kesitteki eğrilik değerlerinden elemandaki plastik dönme kapasitesi hesabına geçebiliyoruz.
- ❖Sünek elemanlarda kesme yenilmesinden uzaklaşmak için 2/3 sınırı uygulanıyor. Kesme yenilmesi gevrek bir mod halinde oluyor.

Yöntem 2.1 (Karma Yöntem) (Doğrusal hesap/Şekil değiştirmeye göre değerlendirme)



İkinci aşama hesap-değerlendirme-tasarım kuralları(Bölüm 5.1)

❑ Birinci aşama için yapılan tasarım ikinci aşamada ön tasarım olarak göz önüne alınacaktır.

(Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım)

- Sünek davranış öngörülen elemanlarda şekil değiştirme taleplerinin şekil değiştirme kapasitelerini aşmadığı gösterilecektir.
- Kapasite korunmalı elemanlarda (sünek davranış öngörülmeyen) ise iç kuvvet taleplerinin iç kuvvet kapasitelerini aşmadığı gösterilecektir.

Yatay deprem etkisinin tanımlanması -Yöntem 2.1

- ❖ Temelleri kazıklı olmayan köprülerde göz önüne alınacak deprem verisi yatay deprem tasarım spektrumu (AFAD TDTH) ya da sahaya özel deprem ivme spektrumudur.
- ❖ ZD,ZE ve ZF sınıfı zeminlerde temelleri kazıklı olan köprülerde kazık başlığının altında göz önüne alınacak deprem verisi serbest zemin davranış hesabından zemin yüzeyinde elde edilen deprem yer hareketinden tanımlanan tasarım ivme spektrumudur.

Düşey deprem etkisinin tanımlanması -Yöntem 2.1

- ❖ KÖS=1,2 ve DTS=1,2 olan köprülerde herhangi bir açıklık 80m'den fazla ise düşey elastik tasarım spektrumu kullanılır.

Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi-Yöntem 2.1

$$G + Q \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad \text{Denklem 4.2}$$

$$0.9G + H \pm E_d^{(H)} \pm 0.3E_d^{(Z)} \quad \text{Denklem 4.3}$$

- G = sabit (ölü) yük etkisi
- Q = Hareketli yük etkisi
- H = Statik ve dinamik yatay zemin basıncı
- $E_d^{(H)}$ = Yatay deprem etkisi
- $E_d^{(Z)}$ = Düşey deprem etkisi

Doğrultu birleştirilmesi uygulanmış
tasarıma esas yatay deprem etkisi

$$\begin{array}{l} E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \\ E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \end{array}$$

Denklem 4.1

X doğrultusundaki deprem
etkisi altında hesaplanan
etkiler

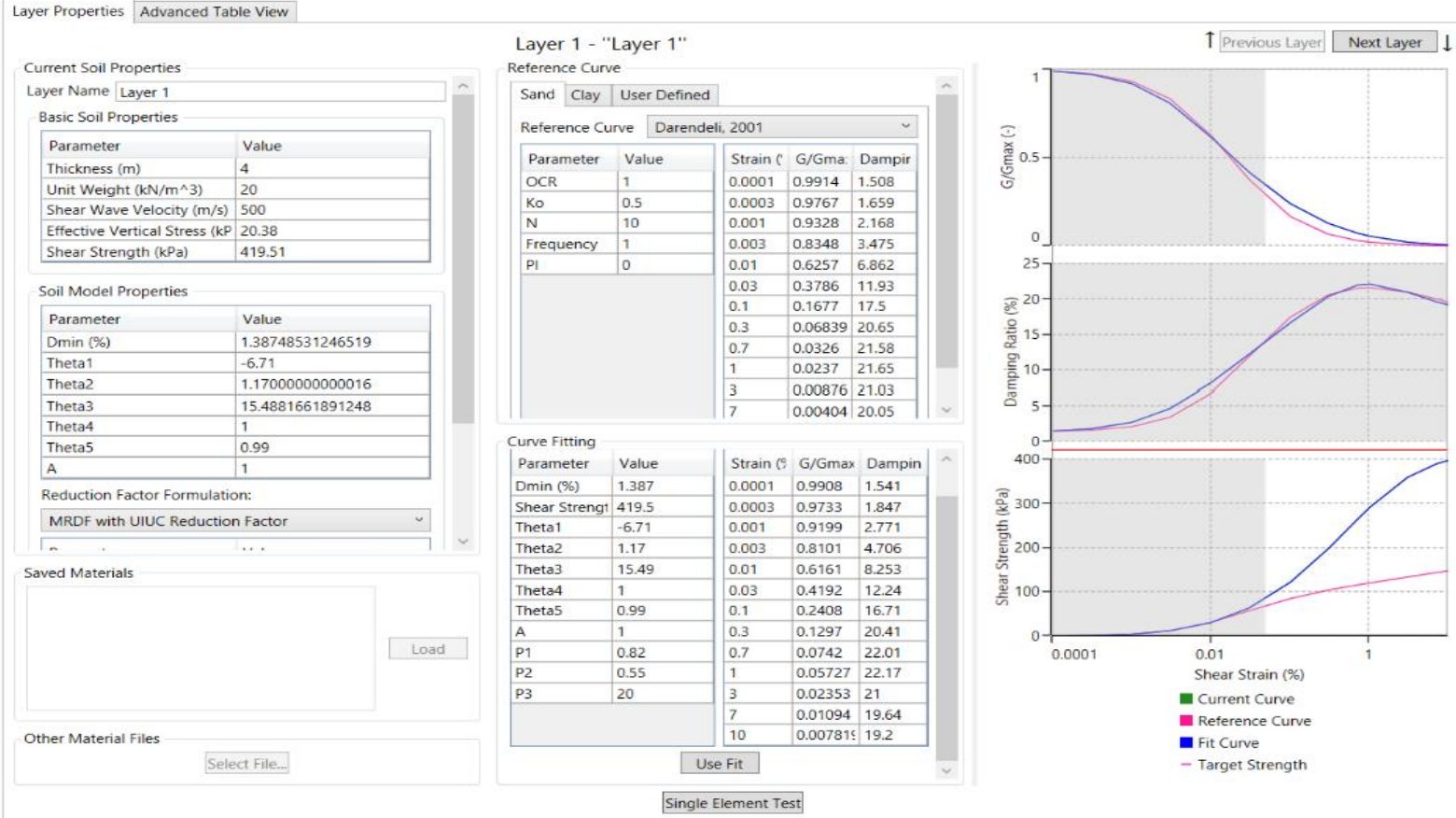
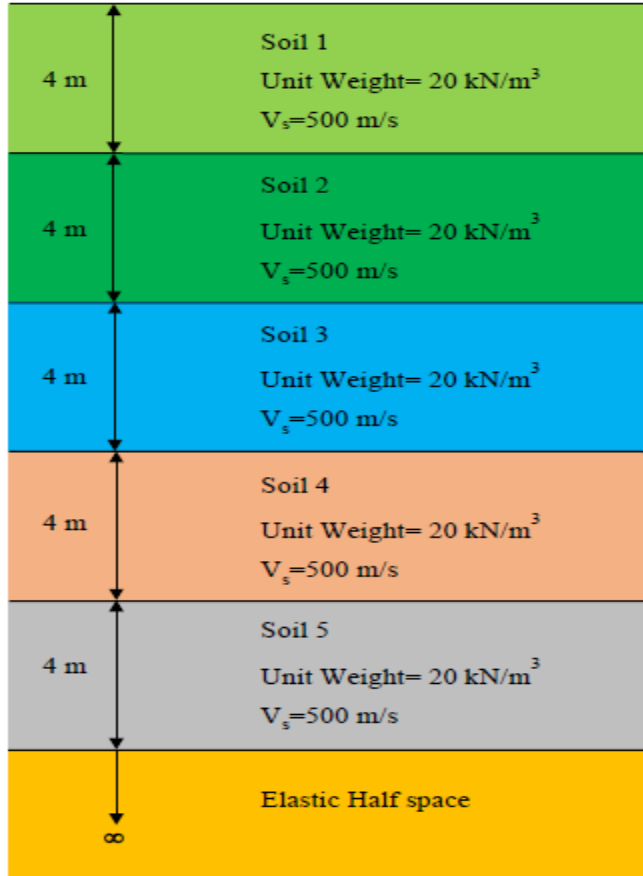
Y doğrultusundaki deprem
etkisi altında hesaplanan
etkiler

Serbest Zemin Davranış Hesabı(Bölüm 7.2.2)

- ❑ Deprem etkisi altında zamana bağlı serbest zemin yerdeğiştirmeleri, kazıkların varlığından bağımsız olarak, taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketi altında 1D,2D veya 3D doğrusal olmayan serbest zemin davranış hesabı ile belirlenecektir.
- ❑ Zamana bağılı serbest zemin yer değıştirmeleri, zemin profili boyunca daha sonra göz önüne alınacak olan kazıkların düğün noktalarının hizalarında toplam yerdeğıştirmeler olarak hesaplanacaktır. Herhangi bir düğün noktasındaki toplam yerdeğıştirme, taban kayasının yerdeğıştirmesi ile zeminde meydana gelen rölatif yerdeğıştirmenin toplamıdır.

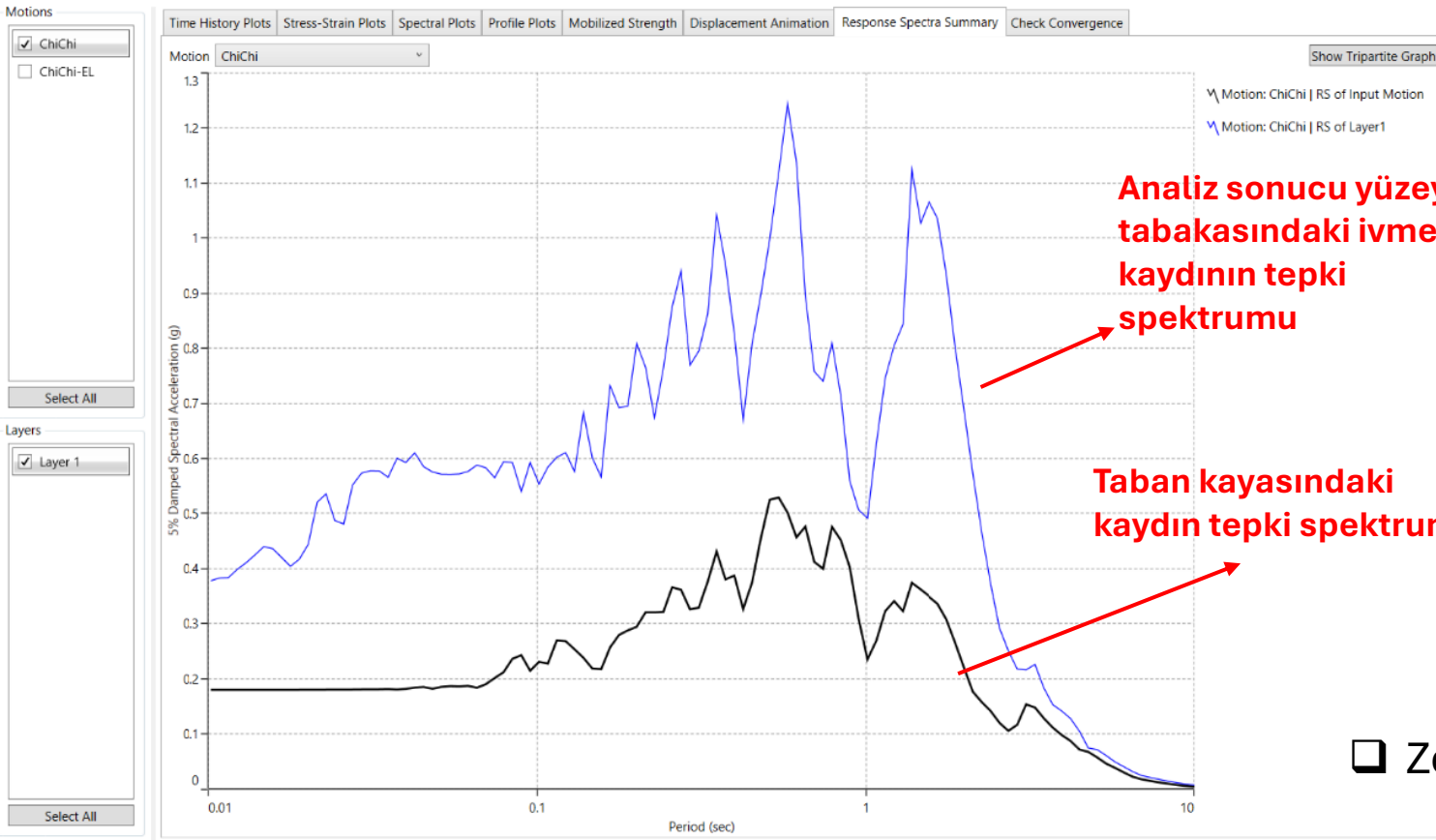
Deepsoil zemin tabakaları

Tabaka tanımlamaları (kayma mukavemeti, sönüm, sekant kayma modülü)

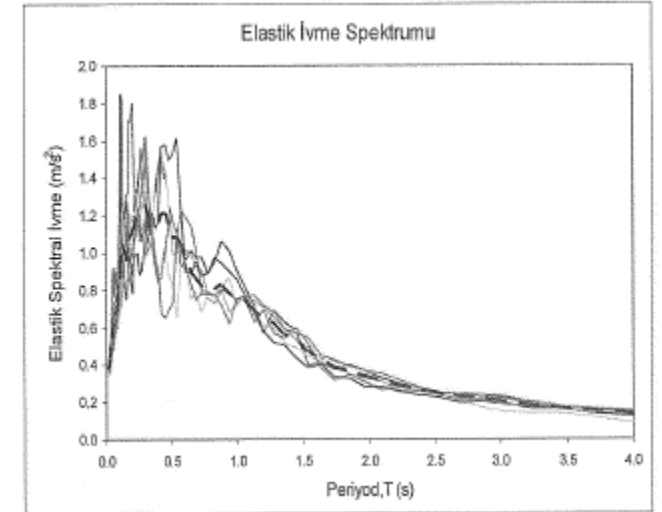


Serbest Zemin Davranış Hesabı(Bölüm 6.5-6.6)

- ☐ Frekans tanım alanında eşdeğer doğrusal hesap, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap
- ☐ İdealleştirilmiş zemin profili (Serbest zemin davranış analizinde kullanılacak).
- ☐ Kayma birim şekildeğiştirmesine bağlı olarak kayma modüllerinin ve eşdeğer histerik sönüm eğrilerinin tanımı
- ☐ Her bir zemin tabakası için maksimum alt-tabaka kalınlığı(eleman boyutu)
- ☐ Maksimum zaman artımı(zaman tanım alanında hesap için)



☐ Etkin temel hareketi

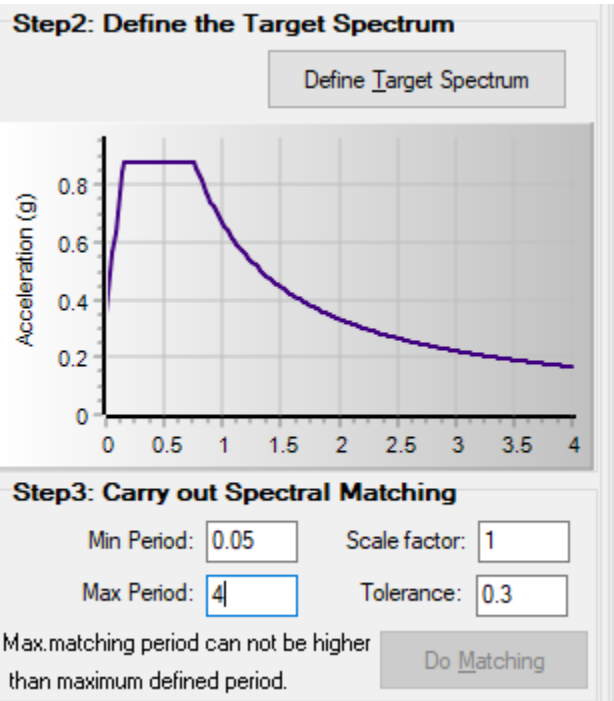


☐ Zemin yüzeyindeki spektrumların (en az 7) ortalaması

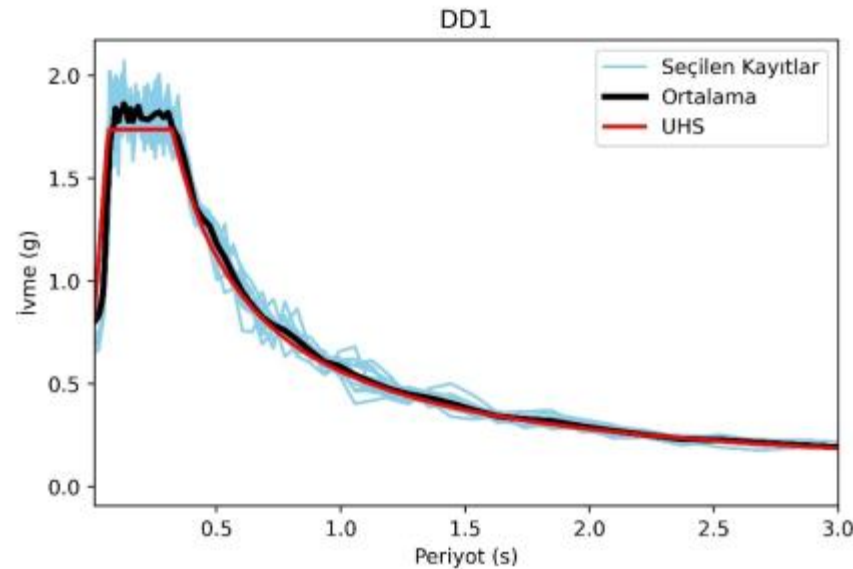
Serbest Zemin Davranış Hesabı(Bölüm 6.5-6.6)

- ❑ Zemin davranış hesabı taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketinin zemin tabakaları boyunca değişimini ve zemin yüzeyindeki deprem yer hareketini belirlemek üzere yapılır.
- ❑ Taban kayasının çok derinlerde olması durumunda tabakalı zemin modeli yerel zemin sınıfı ZC veya ZD olan zemin tabakası ile sonlandırılabilir. Bu tabakadan tanımlanan deprem yer hareketi yerel zemin etki katsayıları ile büyütülecektir.
- ❑ Zemin modeli tabanından zemin profili modeline etki ettirmek üzere elastik ivme spektrumu ile uyumlu en az 7 deprem kaydı tanımlanacaktır. (Spektral uyum – Bölüm 2.5.3)
- ❑ Temel ve yakın çevresinde zemin ortamının yaklaşık olarak yatay tabakalardan oluştuğu durumlarda tek boyutlu yatay tabakalı serbest zemin modeli kullanılabilir.
- ❑ Sahaya özel serbest zemin hesabının sonuçları kazıklı temeller için KKZE hesaplarında deprem verisi olarak kullanılacaktır.

Seismomatch spektral uyum



Spektral uyum



- ❑ Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumu ordinatlarından daha küçük olmayacaktır. (2.5.3)

Deprem kayıtları seçimi(Bölüm 2.5.1)

- ❑ Deprem büyüklüğü, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları, yerel zemin koşulları dikkate alınacak.
- ❑ En az 7 deprem kaydı seçilecek.
- ❑ Aynı depremden seçilen kayıt takımı sayısı üçü geçmeyecektir.

PEER

Load Sample Input Values

Clear Input Values

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : RSN1,...RSNn
Event Name :
Station Name :

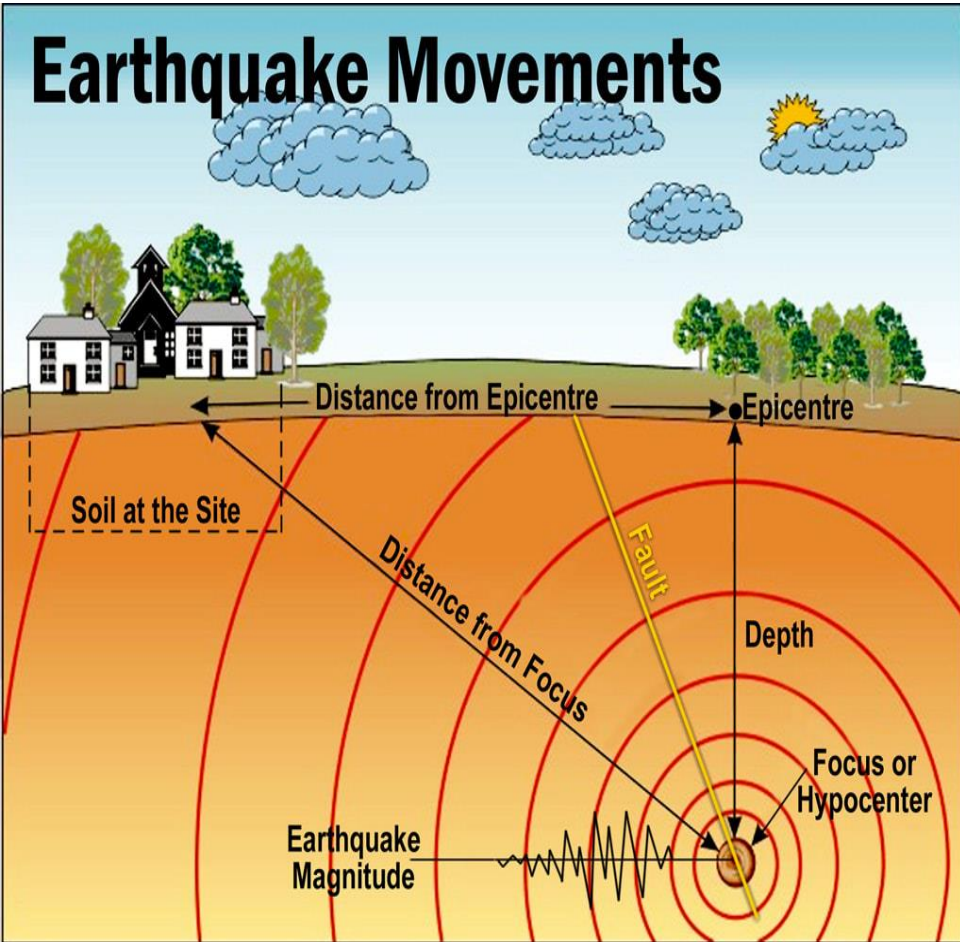
Search Parameters:

Fault Type :
Magnitude :
min,max
R_JB(km) :
min,max
R_rup(km) :
min,max
Vs30(m/s) :
min,max
D5-95(sec) :
min,max
Pulse :

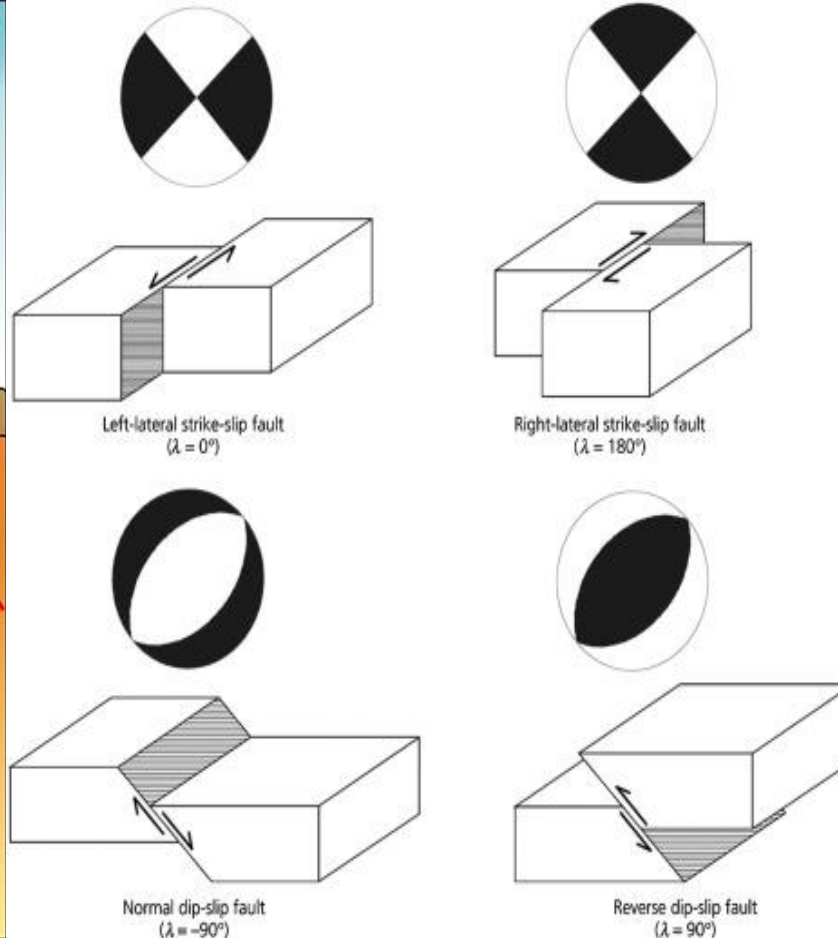
Additional Characteristics:

Max No. Records :
(≤ 100)

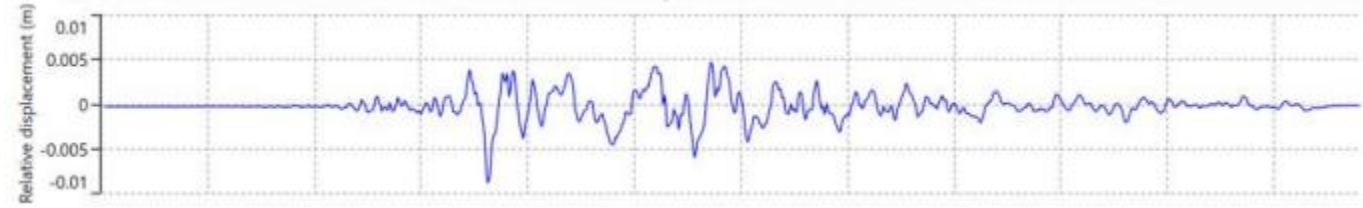
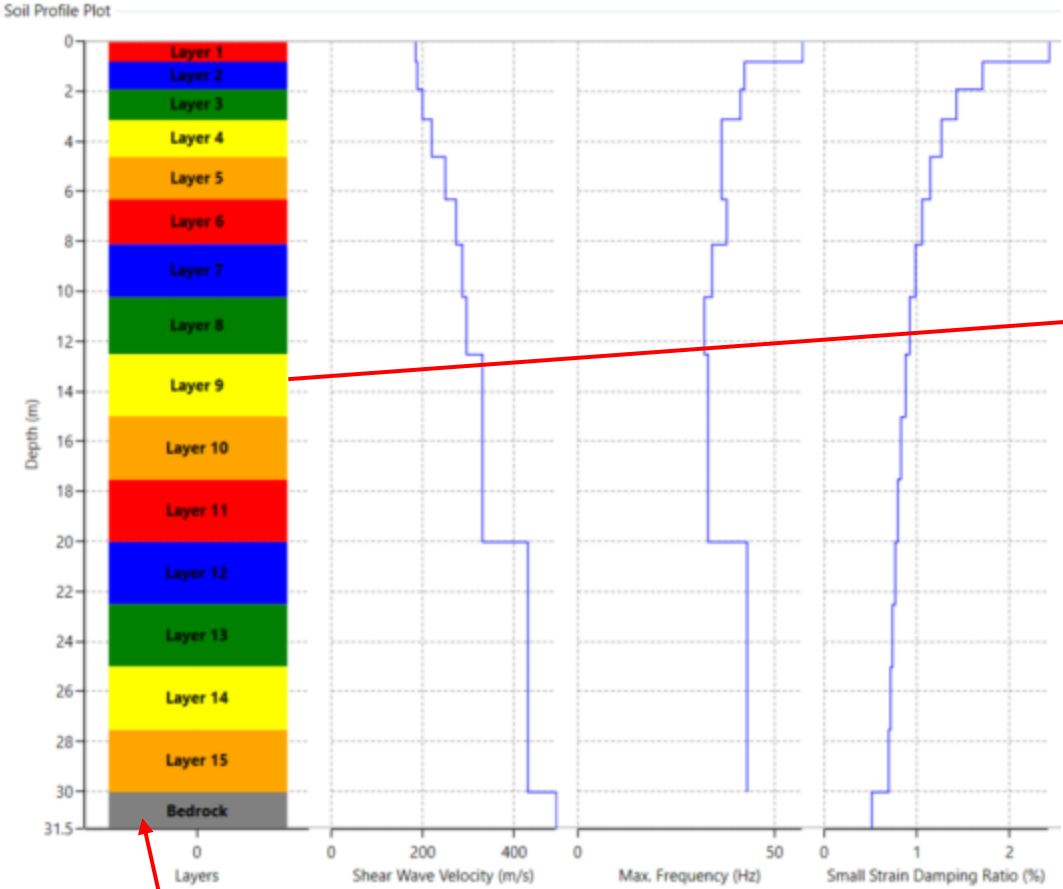
Terminoloji



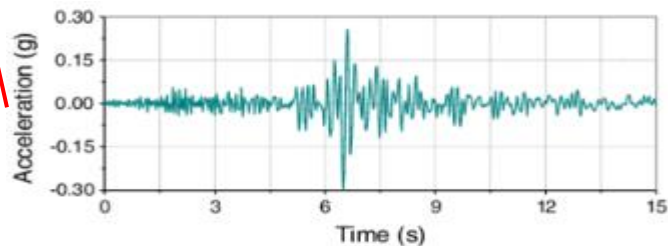
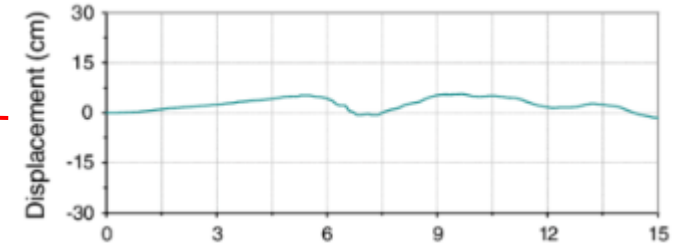
Fay türleri



- ❑ Zamana bağlı serbest zemin yer değiştirmeleri, zemin profili boyunca daha sonra göz önüne alınacak olan kazıkların düğün noktalarının hizalarında toplam yerdeğiştirmeler olarak hesaplanacaktır. Herhangi bir düğüm noktasındaki toplam yerdeğiştirme, taban kayasının yerdeğiştirmesi ile zeminde meydana gelen rölatif yerdeğiştirmenin toplamıdır.



Tanımlanan ivme kaydının deplasman zaman hali (taban kayasında)

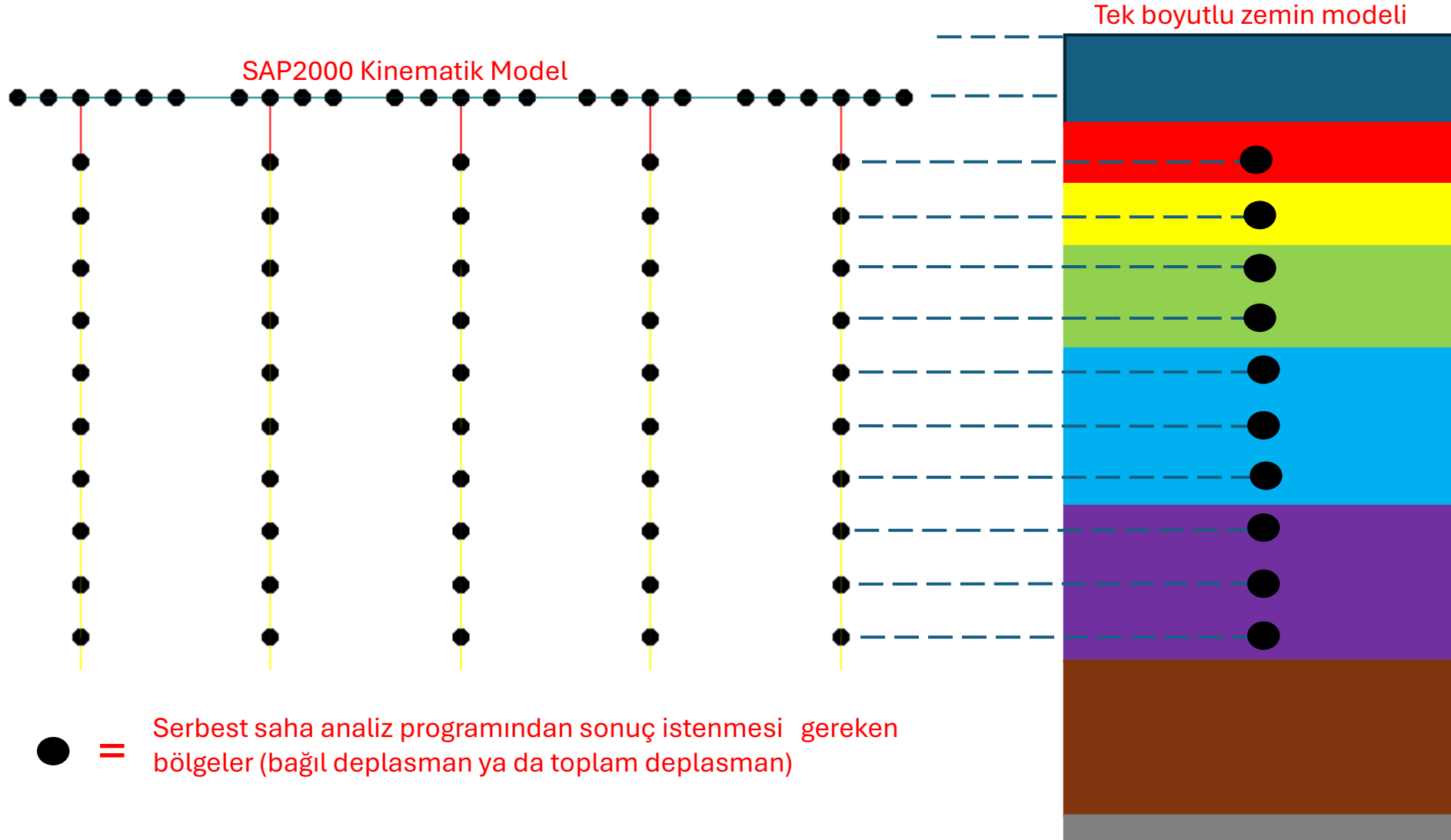


Taban kaya ya da mühendislik kayasından tanımlanan ivme kaydı

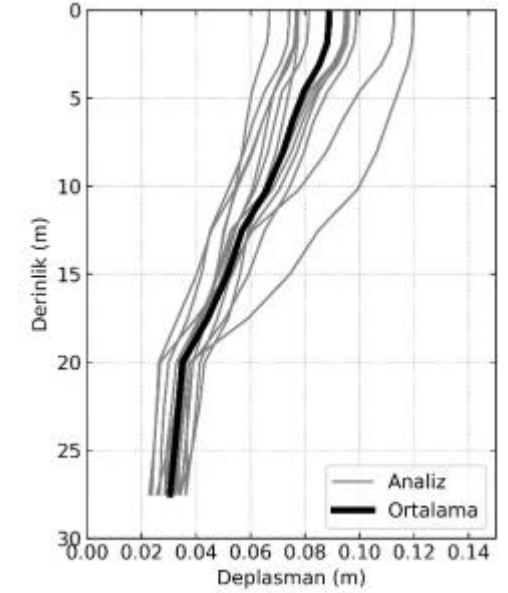
Toplam yerdeğiştirme zaman grafiği (bağıl deplasman okunan tabakada)

Köprü-kazık-zemin etkileşimi (KKZE-B)(Bölüm 7.4)

- ❑ Serbest zemin davranış hesabı taban kayasında tanımlanan 7 deprem kaydı için yapılacak ve daha sonra göz önüne alınacak olan kazıkların düğüm noktalarının hizalarında her bir deprem için elde edilen toplam yerdeğiştirmelerin zaman göre maksimum değerleri hesaplanacaktır. Daha sonra bu maksimumların 7 deprem için ortalamaları alınarak, kazık boyunca toplam yerdeğiştirme profili elde edilecektir.



Toplam deplasman grafiği



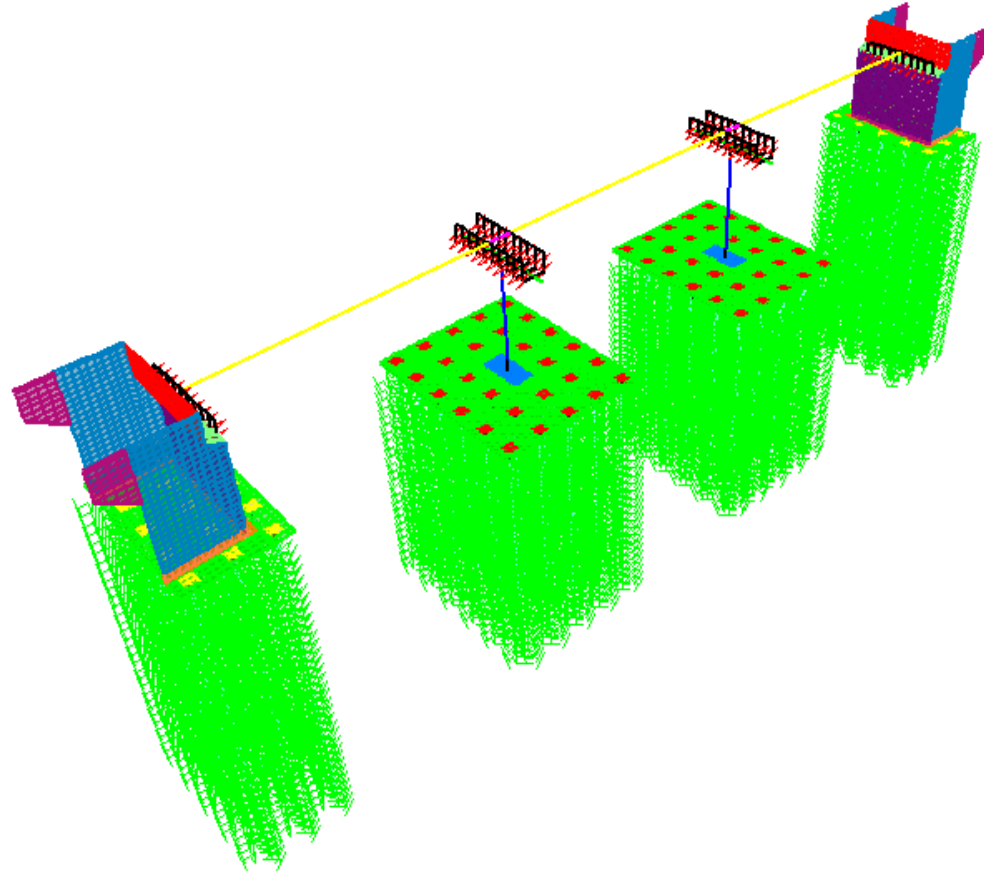
Dipnot:

Serbest saha analiz (1D,2D,3D) programında kazık,temel,köprünün etkisi göz önüne alınmıyor.

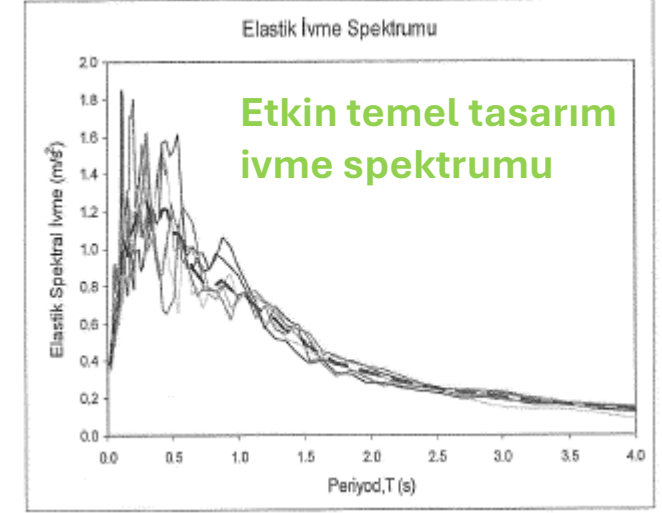
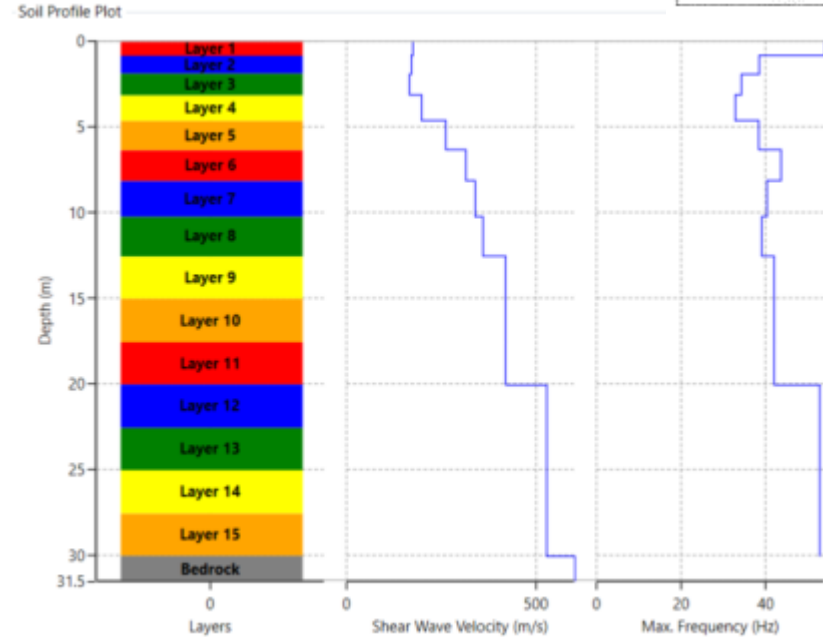
Köprü-kazık-zemin etkileşimi (KKZE-B)(Bölüm 7.4)

- Yapılan serbest zemin davranış hesabından yararlanılarak zemin yüzeyindeki sahaya özel deprem spektrumu elde edilecek ve eylemsizlik etkileşimi hesaplarında kazık başlığı altında etkin temel tasarım ivme spektrumu olarak kullanılacaktır.

Eylemsizlik etkileşim modeli



Serbest zemin davranış modeli (1D)

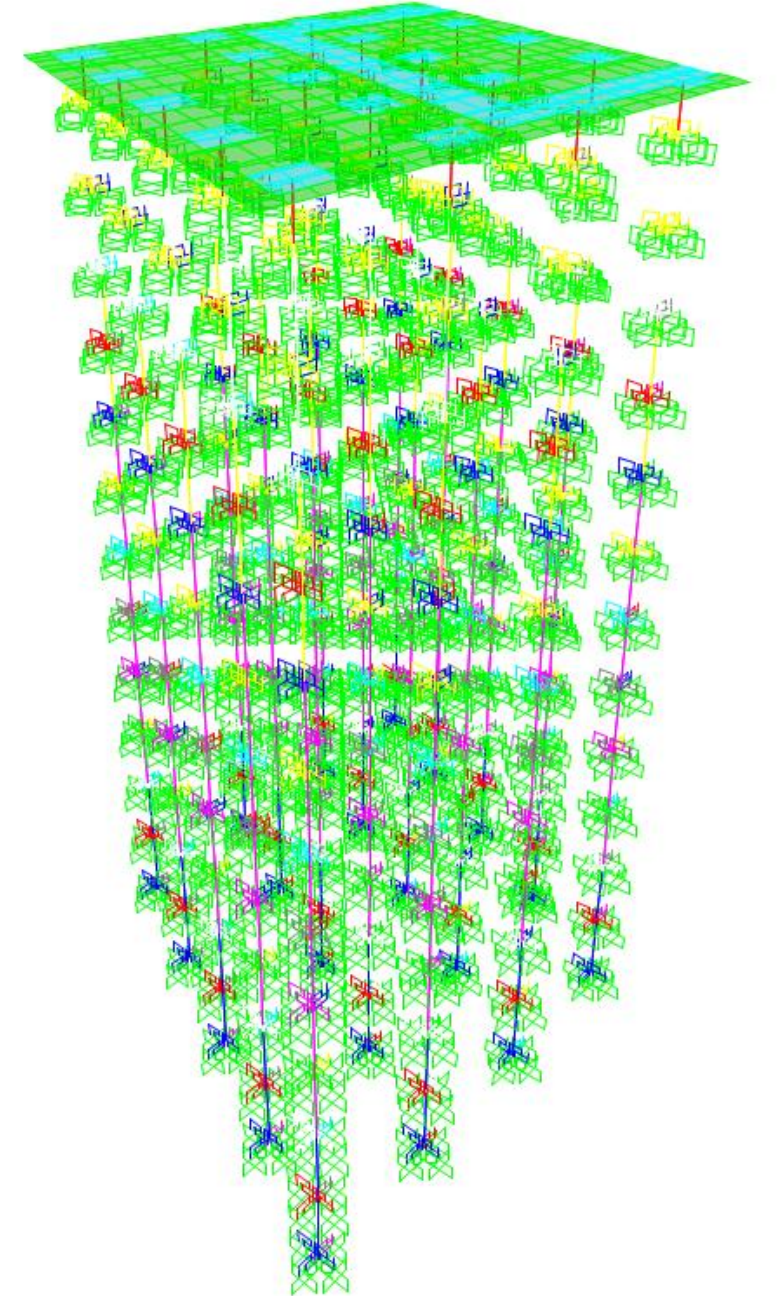


Kazık ve zemin etkileşimin modellenmesi (Bölüm 7.2)

- ❑ Kazık-zemin alt sisteminde zemin ortamının ve kazıkların aynı hesap modeli içinde sonlu elemanlarla (veya sonlu farklarla) modellenmesi gerekmemektedir. Kullanılacak hesap modelinde, zemin ortamının taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketi altında yapılan serbest zemin davranış hesabı sonucundan elde edilen toplam zemin yerdeğiştirmeleri, daha sonra bir uçlarından kazık düğüm noktalarına bağlı olan p-y yaylarının öteki uçlarına (zemin) uçlarına uygulanacaktır. Bu şekilde yapılan yüklemeye yerdeğiştirme yüklemesi adı verilir.

Dipnot:

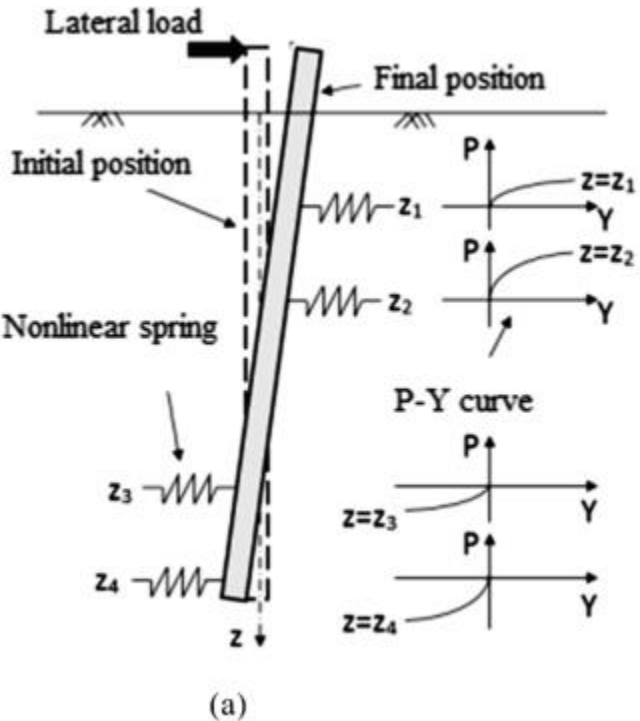
- ❖ Üstyapı modelde yok.
- ❖ Üstyapı yükü modelde yok.
- ❖ Kazık başlığı diyafram etkisi için modelde (doğrusal elastik olarak).
- ❖ Kazık başlığı kütlesiz olarak modellendi.
- ❖ Kazıkların kütlesi hesaba katıldı.



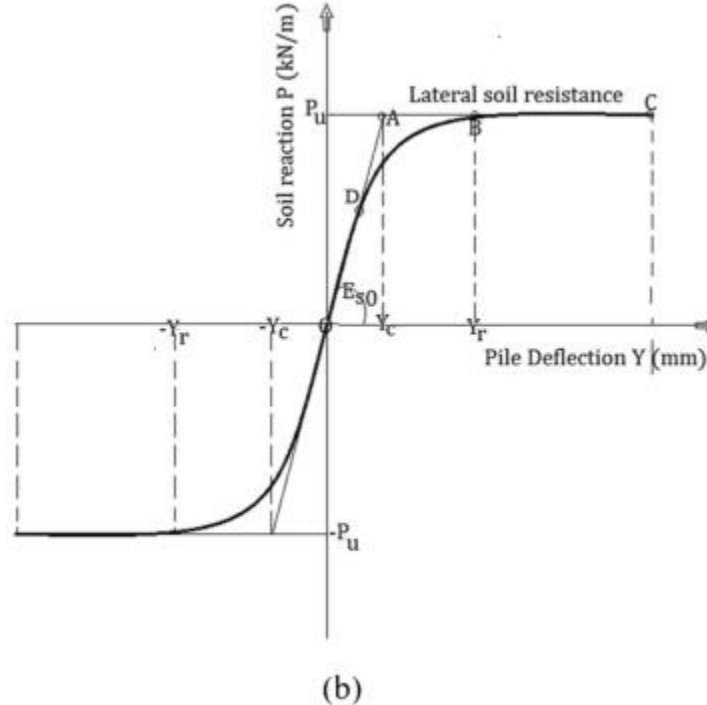
Kinematik etkileşim modeli

Kazık ve zemin etkileşimin modellenmesi (Bölüm 7.2)

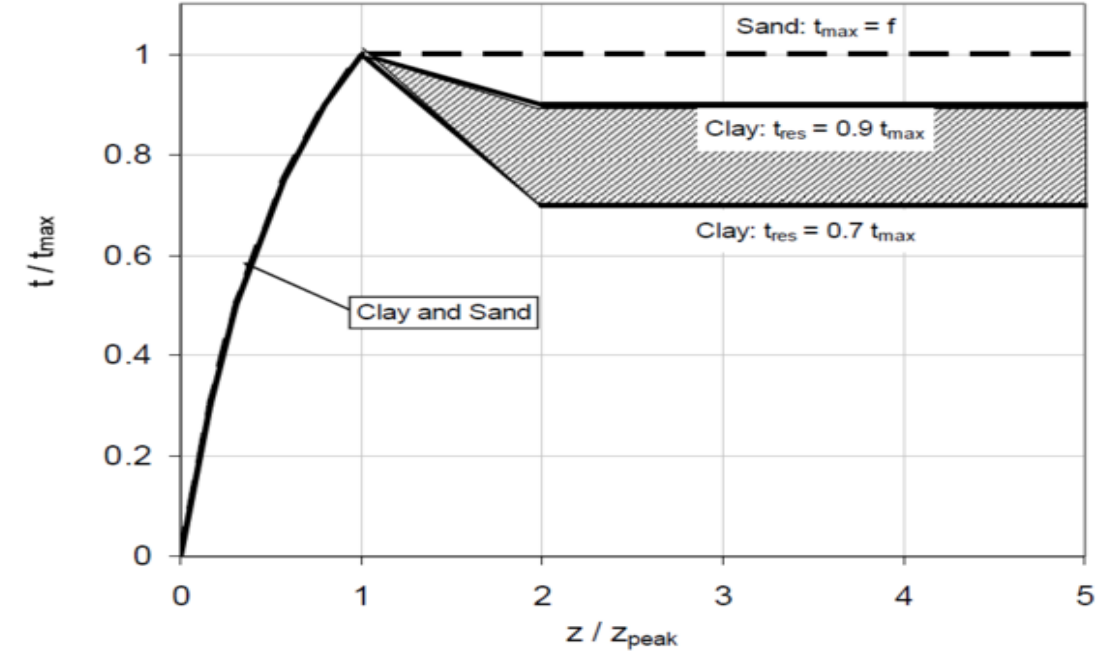
- ❑ Kazık boyunca düğüm noktaları, serbest zemin davranış hesabında kullanılan zemin alt-tabakaları ile uyumlu olarak belirlenecektir.
- ❑ Her bir kazık düğüm noktasında kazık ile zemin ortamı arasındaki doğrusal olmayan göreceli kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisi p - y , t - z yayları ile, kazık ucunda ise Q - Z yayı ile modellenilecektir.
- ❑ Yayların dayandığı kabullere ilişkin belirsizliklerin yanında, zemin parametrelerindeki belirsizliklerin de dikkate alınması amacı ile, bu yayların değerleri alt sınır ve üst sınır olarak ayrı ayrı tanımlanacaktır.



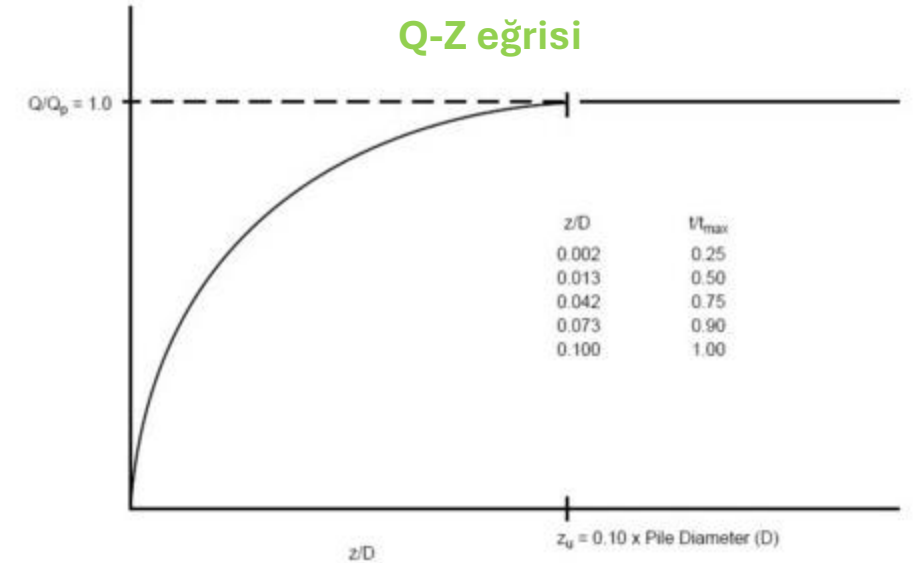
P-y eğrisi



t-z eğrisi



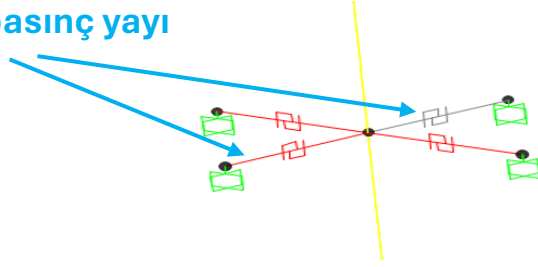
Q-Z eğrisi



Kazık ve zemin etkileşimin modellenmesi (Bölüm 7.2)

- ❑ Doğrusal olmayan p-y yayları her bir düğüm noktasında bir çift sadece basınç yayı olarak tanımlanacaktır. Birinci aktif yay'ın zemin ucundan serbest zemin deprem toplam yerdeğiştirmeleri yüklenecek, ikinci pasif yay ise zeminin tepkisini temsil edecektir.
- ❑ Grup etkisini yaklaşık olarak göz önüne almak için hesaplanan azaltma katsayıları pasif yaylara uygulanır. (zemin yayı)

Çift basınç yayı



Link tipi

Link/Support Directional Properties

Edit

Identification

Property Name: A1_L00_1.00

Direction: U1

Type: MultiLinear Plastic

NonLinear: Yes

Properties Used For Linear Analysis Cases

Effective Stiffness: 0.

Effective Damping: 0.

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type: Takeda

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Hysteresis Definition Sketch

Takeda Hysteresis Model

Multi-Linear Force-Deformation Definition

	Displ	Force
1	-1.	-368.981
2	-0.0159	-368.981
3	-5.314E-03	-667.074
4	-4.649E-03	-704.717

Order Rows Delete Row Add Row 11

OK Cancel

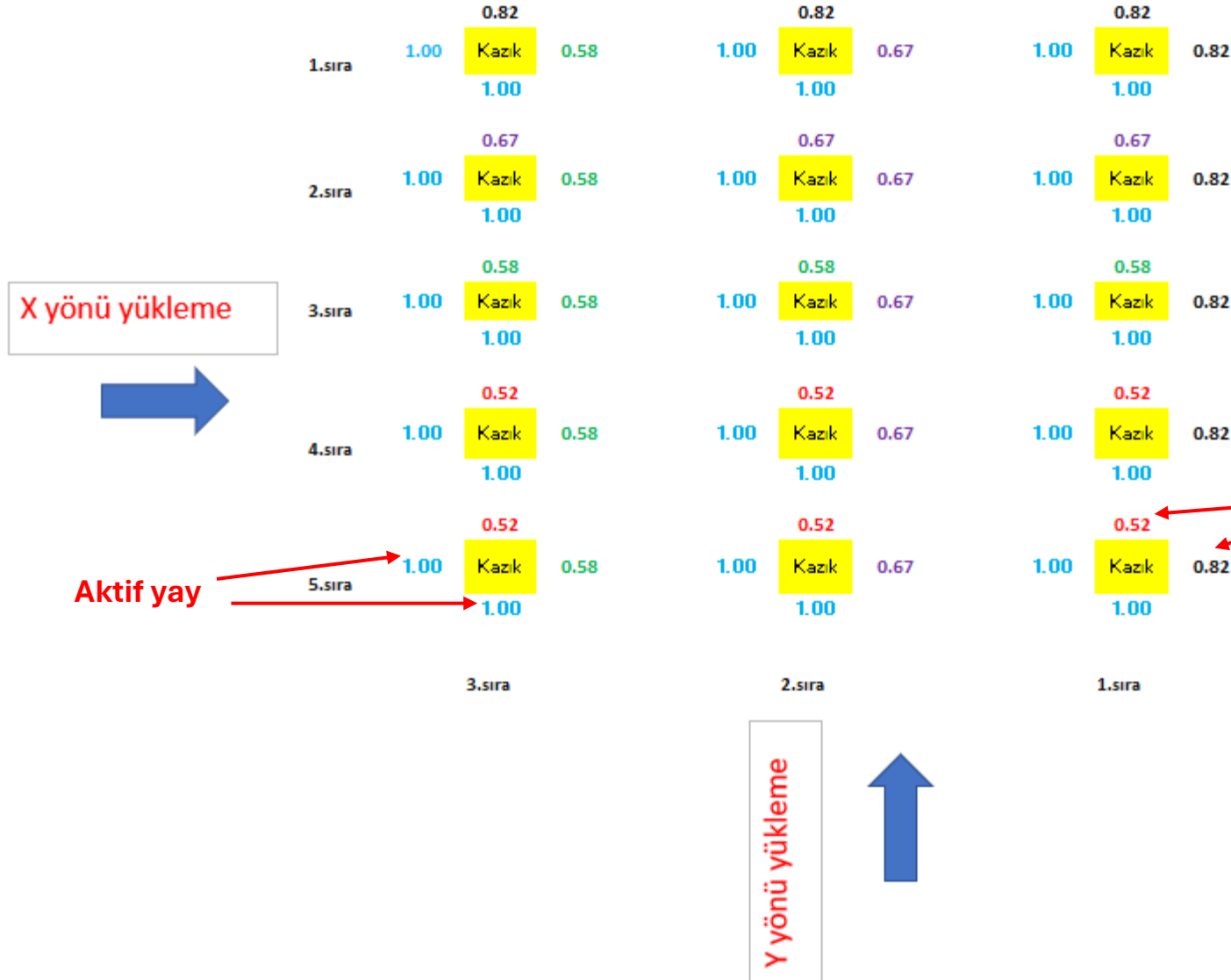
$$\beta_G = 0.2[(1 - \beta_{G1})s - (1 - 6\beta_{G1})] \quad (\text{Denklem 7.1})$$

- s = kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranı

Kazık sırası	β_{G1}
1	0.7
2	0.45
3	0.3
4 ve sonrası	0.2

P-y eğrisi
(sadece basınç yayı)

Kazık ve zemin etkileşimin modellenmesi (Bölüm 7.2)



Dipnot:

- ❖ Aktif yaylarda grup etkisi yok
- ❖ Pasif yaylarda grup etkisi var
- ❖ Grup etkisi yayın sadece kuvvet kısmına yapıldı

Pasif yay
(zemin yayı)

❑ X yönü yükleme ve Y yönü yükleme analizleri ayrı ayrı yapılacaktır.

Kazık ve zemin etkileşimin modellenmesi (Bölüm 7.2)

- ❑ Kazık başlıkları doğrusal elastik veya sonsuz rijit olarak modellenebilir.
- ❑ Plastik mafsallar kazık başlığının hemen altında ve ayrıca zemin içinde derinlik boyunca uygun aralıklarla yerleştirilecektir. (Kazıklar çubuk eleman modellenecek)
- ❑ Betonarme kazıkların kazık başlığı ile monolitik bağlantısında kazık başlığının hemen altında plastik mafsalin plastik mafsallık boyu yarısı kazık içinde, diğer yarısı kazık başlığı içinde olmak üzere $L_p = 0.044f_{ye} d_b$ bağıntısı ile hesaplanır.

- f_{ye} = Boyuna donatı çeliğinin ortalama (beklenen) akma dayanımı (MPa)
- d_b = Boyuna donatı çeliğinin çapı (mm)

Plastik mafsallık boyu

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
Idealized Flexural Hinge

Degree of Freedom
☐ M2 ☐ P-M2
☐ M3 ☐ P-M3
☐ M2-M3 ☒ P-M2-M3

Miscellaneous Data
Hinge Length: 0.71
☒ Use Idealized (Bilinear) Moment-Curvature Curve
Design Code: Caltrans

Interaction Data
Total Number of PM Curves: 40
Max Num Points on Each PM Curve: 50

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Plastik mafsallık çubuk elemanın üzerinde atanacağı yeri belirlemek için parametre

Assign Frame Hinges

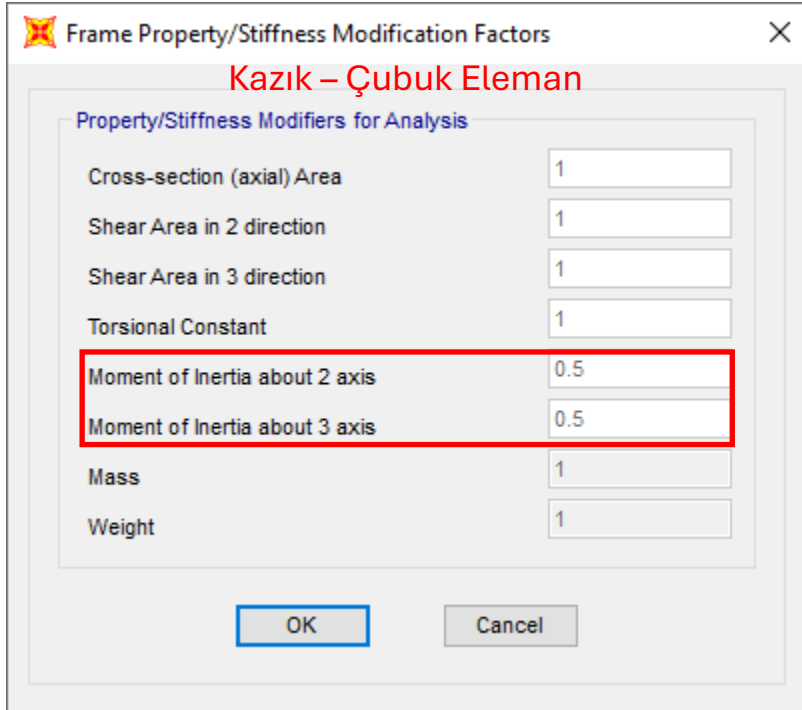
Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0
Auto P-M2-M3	0

Add Hinge...
Modify/Show Auto Hinge...
Delete Hinge

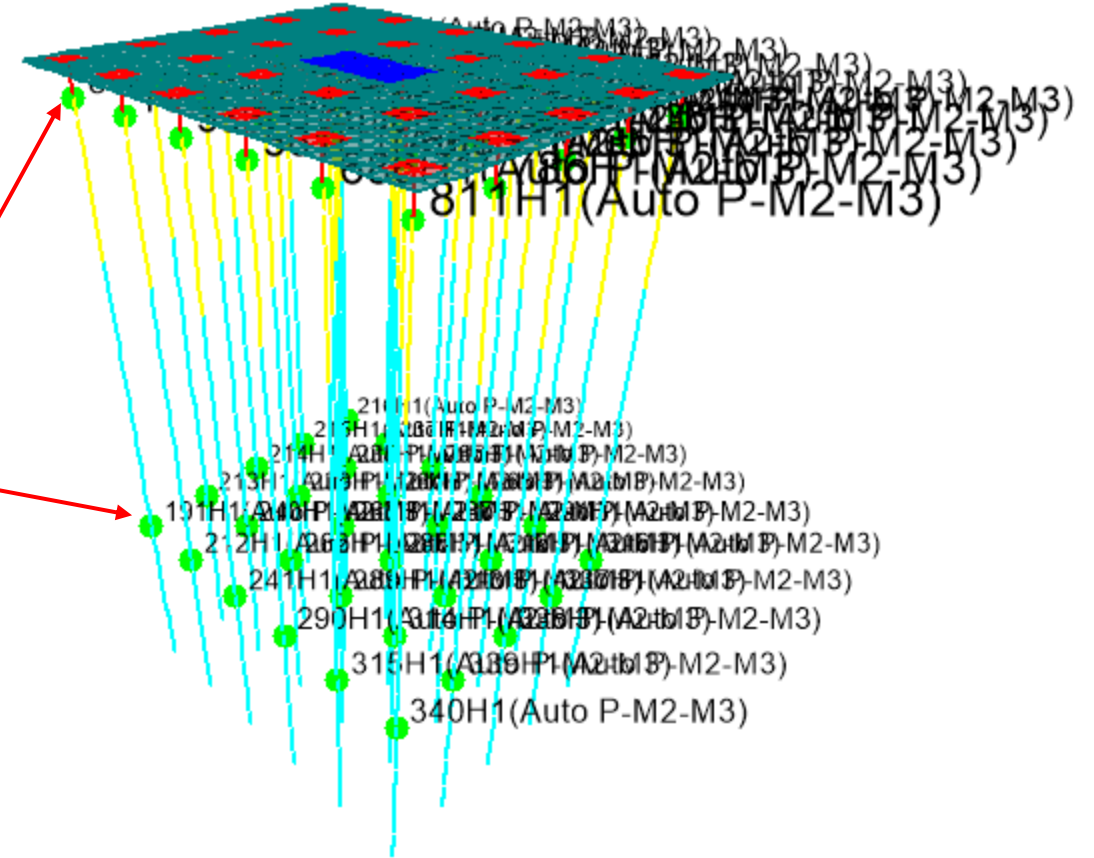
Kazık ve zemin etkileşimin modellenmesi (Bölüm 7.2)

- ❑ Zemin içinde oluşacak plastik mafsallarda plastik mafsall boyu kazığın çalışan doğrultudaki kesit boyutuna eşittir.
- ❑ Bütün etkileşim yöntemlerinde betonarme kazıkların eğilme etkisinde etkin kesit rijitliği brüt rijitliğin %50'si olarak alınacaktır. Kesme ve eksenel kesit rijitliklerinde herhangi bir azaltma yapılmayacaktır.



Frame Hinges

Plastik mafsallar



Kinematik etkileşim modeli

KKZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim (Bölüm 7.4)



Yüklemeye yönü



Aktif yay

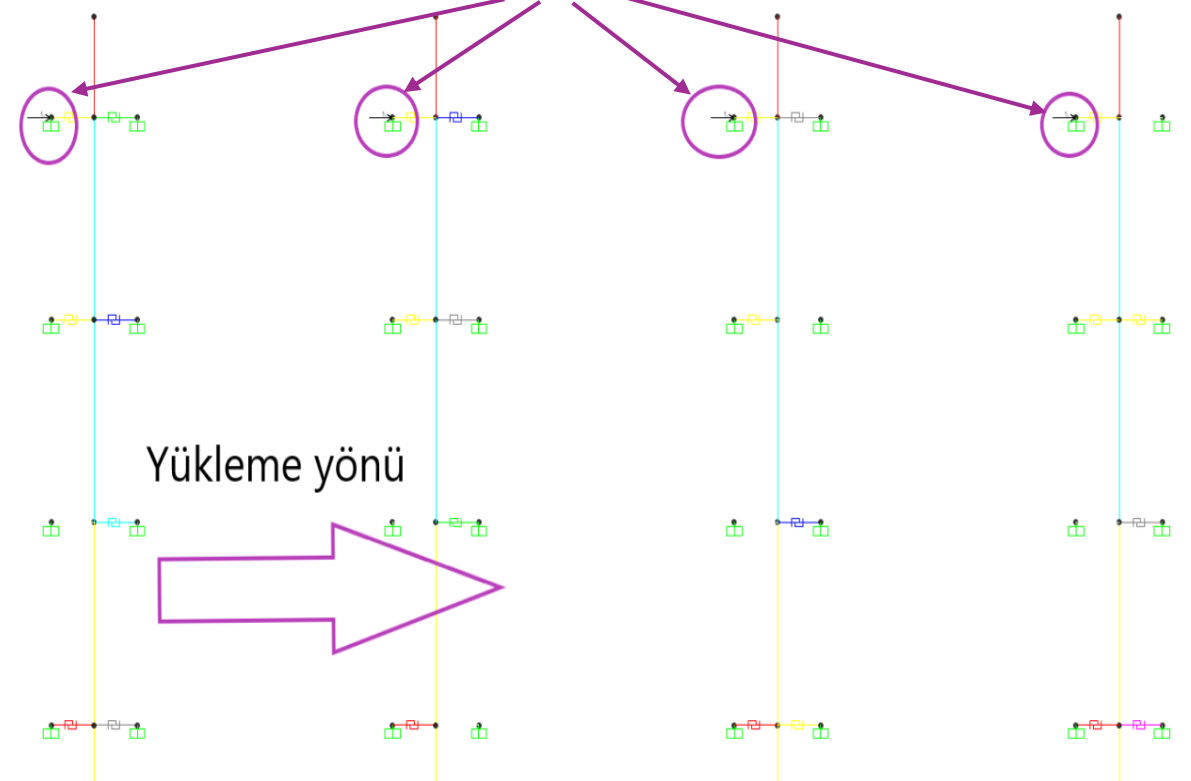
Deplasman
yüklemesi noktası

Pasif yay

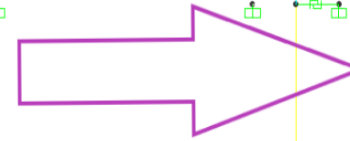
4. kazık sırası 3. kazık sırası 2. kazık sırası 1. kazık sırası

Serbest saha analizinden elde edilen toplam yerdeğiştirme profili kazık-kazık başlığı alt-sistemi modelinde sıfırdan başlayarak artımsal statik yerdeğiştirme yüklemesi olarak kazıkların sadece basınç alan aktif p-y yaylarının zemin uçlarına adım adım uygulanacaktır. Kazıklarda doğrusal olmayan davranış ve grup etkisi göz önüne alınacaktır.

Birim deplasman



Yüklemeye yönü



KKZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim (Bölüm 7.4)

Bütün load patternlerin tek bir senaryoda toplanması

Ortalama toplam yerdeğiştirme profili (kazık düğüm noktalarındaki)

Doğrusal olmayan statik analiz

- Serbest saha analizinden elde edilen toplam yerdeğiştirme profili kazık-kazık başlığı alt-sistemi modelinde sıfırdan başlayarak artımsal statik yerdeğiştirme yüklemesi olarak kazıkların sadece basınç alan aktif p-y yaylarının zemin uçlarına adım adım uygulanacaktır. Kazıklarda doğrusal olmayan davranış ve grup etkisi göz önüne alınacaktır.

Her bir kazık seviyesi için tanımlanan yükler

H0 : Temel alt kotu kazık düğüm noktaları için birim deplasman yükü(aktif yay mesnetine)

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Kinematik_X [Set Def Name] [Modify/Show...]

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	H0_X	0.42
Load Pattern	H1_X	0.417
Load Pattern	H2_X	0.414
Load Pattern	H3_X	0.411
Load Pattern	H4_X	0.408
Load Pattern	H5_X	0.404
Load Pattern	H6_X	0.399

Add Modify Delete

Load Case Type: Static [Design...]

Analysis Type: ☐ Linear ☒ Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters: ☒ None ☐ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Other Parameters

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

OK Cancel

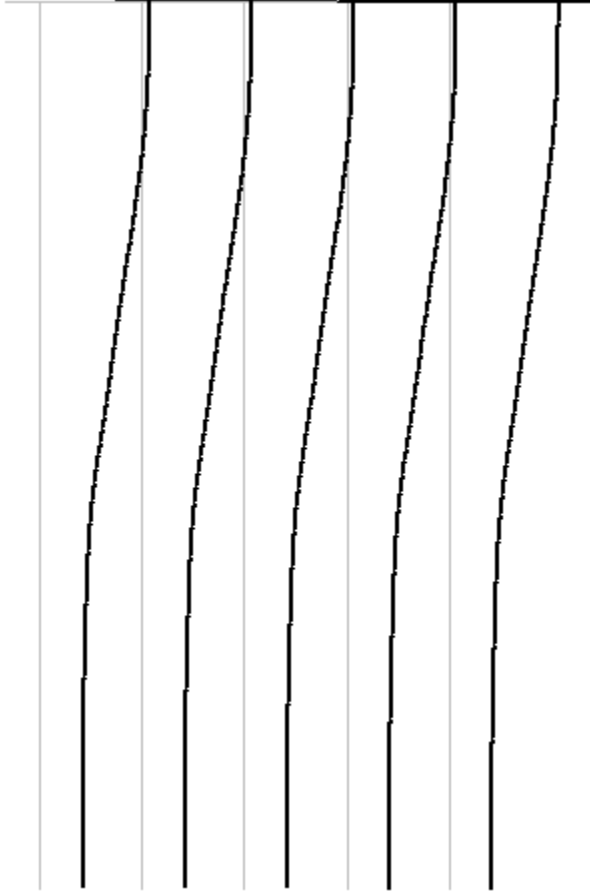
Define Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
DEAD	Linear Static
H0	Linear Static
H1	Linear Static
H2	Linear Static
H3	Linear Static
H4	Linear Static
H5	Linear Static
H6	Linear Static
H7	Linear Static
H8	Linear Static
H9	Linear Static
H10	Linear Static
H11	Linear Static

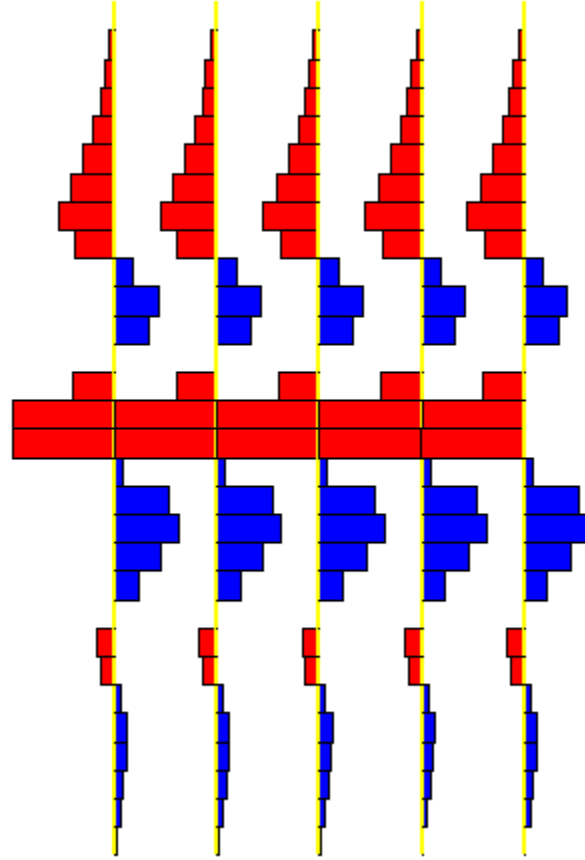
KKZE-B Yöntemi ile Kinematik Etkileşim (Bölüm 7.4)

- Artımsal statik itme hesabı olarak yapılacak kinematik etkileşim hesabının çıktıları olarak kazık yerdeğiştirmeleri, p-y yayları ile t-z ve Q-Z yaylarındaki zemin tepki kuvvetleri ve kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilecektir.

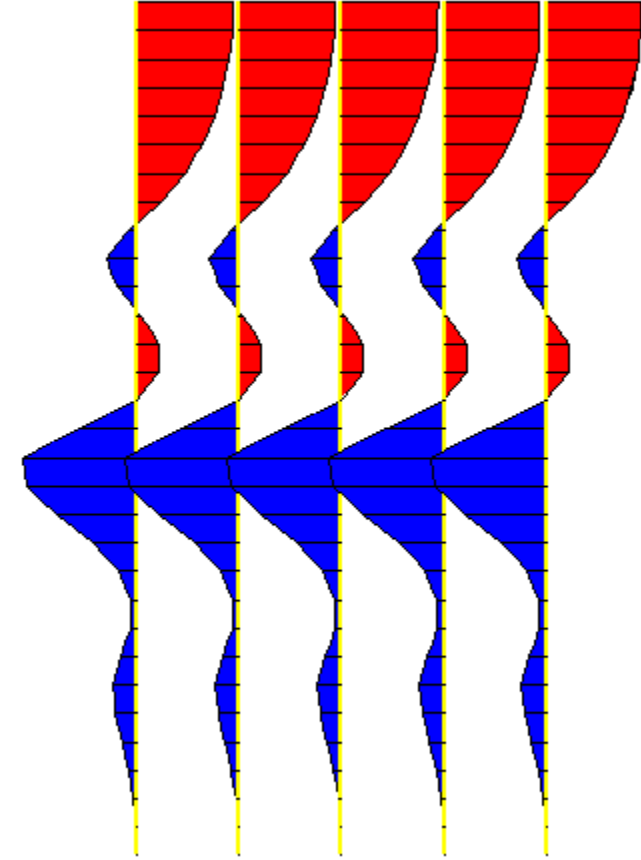
Deformed Shape – Last Step



Kazık – Kesme Kuvveti



Kazık – Eğilme Momenti



Kinematik analiz sonucu

Kinematik analiz sonucu

Kinematik analiz sonucu

KKZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşim (Bölüm 7.4.2)

- ❑ Kazıklar ve kazık başlığından oluşan alt sistem, köprü taşıyıcı sistemi ile birleştirilerek elde edilen birleşik taşıyıcı sistem modeli ile hesap yapılacaktır. Bu sistemde kazık başlığının kütlesi de göz önüne alınacak, kazıkların kütleleri ise hesaba katılmayacaktır. Kenar ayaklarda enine doğrultudaki deprem etkisi altında yapılan eylemsizlik etkileşimi hesabında kazık başlığının kütlesine ek olarak kenar ayak ön, kanat ve alın duvarları ile arka zemin dolgusunun da kütleleri göz önüne alınacaktır.

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Kazık – çubuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	0
Weight	0

OK Cancel

Kütlesiz kazık

Mass Source Data

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source

☐ Element Self Mass and Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

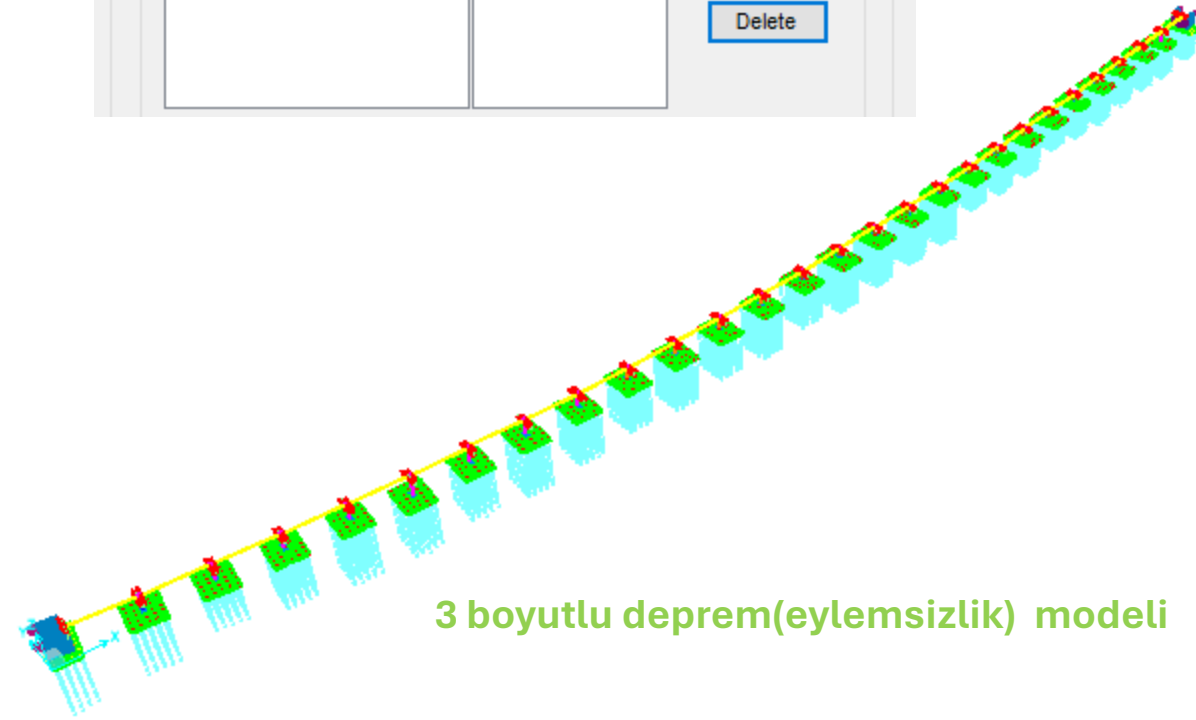
Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
EV	1.
EV	1.
DEAD	1.

Add Modify Delete

Modal analiz yaparken kullanacağımız kütle matrisi

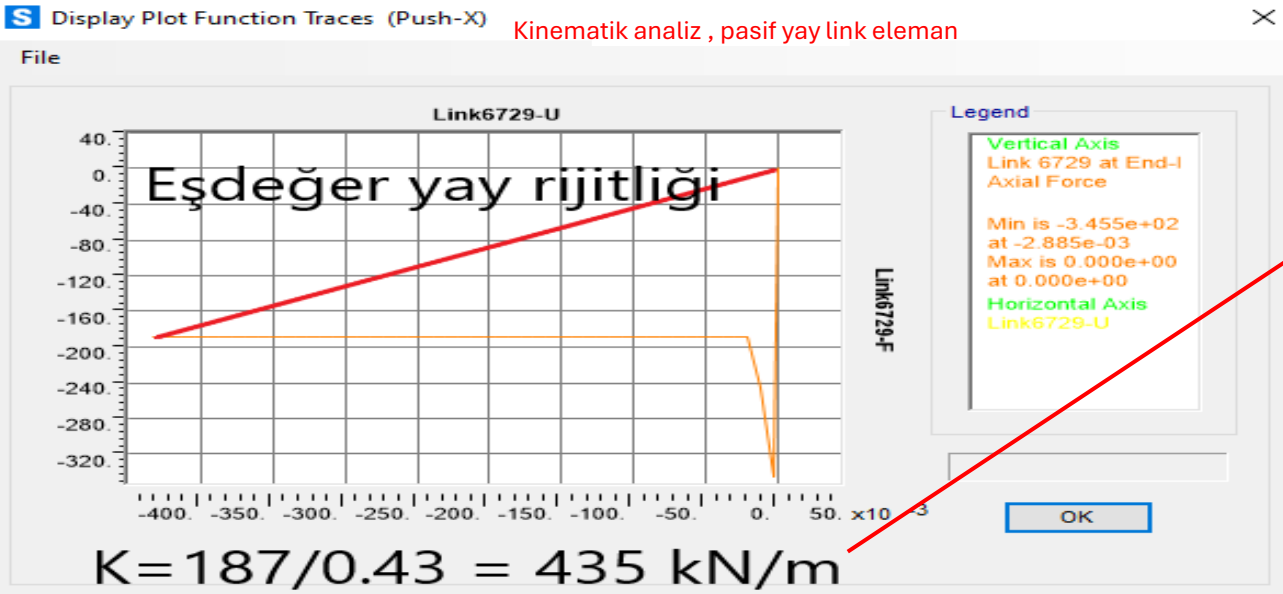
Zati yük, arka dolgu yükü



3 boyutlu deprem(eylemsizlik) modeli

KKZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşim (Bölüm 7.4.2)

- ❑ Karma yöntem ile yapılan doğrusal elastik yerdeğiştirme talebi hesabında, kazıklarda doğrusal elastik davranış göz önüne alınacaktır. Ancak, şekil değiştirmeye göre değerlendirme için yapılan orta ayak itme hesabında kazıkların plastik mafsalları oluşumu hesaba katılacaktır.
- ❑ Deprem verisi olarak zemin yüzeyinde elde edilen sahaya özel deprem spektrumu kullanılacaktır. (Serbest saha analizi)
- ❑ Kazıklar boyunca eşdeğer doğrusal p-y yayları kullanılacaktır. (Her bir düğüm noktasına tek bir p-y yayı)
- ❑ Her bir p-y yayının eşdeğer doğrusal rijitlik katsayısı kinematik etkileşim hesabında pasif p-y yayında elde edilen zemin tepki kuvvetinin aynı yayda elde edilen yerdeğiştirmeye bölünmesi ile elde edilecektir. t-z ve Q-Z yaylarında ise başlangıç rijitlikleri doğrusal rijitlikler olarak kullanılacaktır.



Eşdeğer doğrusal
p-y yayı
(Kinematik analiz)

t-z ya da Q-Z yayı
başlangıç
doğrusal rijitliği

Assign Joint Springs

Spring Type

☒ Simple

☐ Advanced - Coupled 6x6 Spring

Modify/Show Advanced Spring Stiffness...

Spring Coordinate System

Direction Local

Simple Spring Stiffness

Translation 1	435	kN/m
Translation 2	435	kN/m
Translation 3	2000	kN/m
Rotation about 1	0	kN-m/rad
Rotation about 2	0	kN-m/rad
Rotation about 3	0	kN-m/rad

Options

☐ Add to Existing Springs

☒ Replace Existing Springs

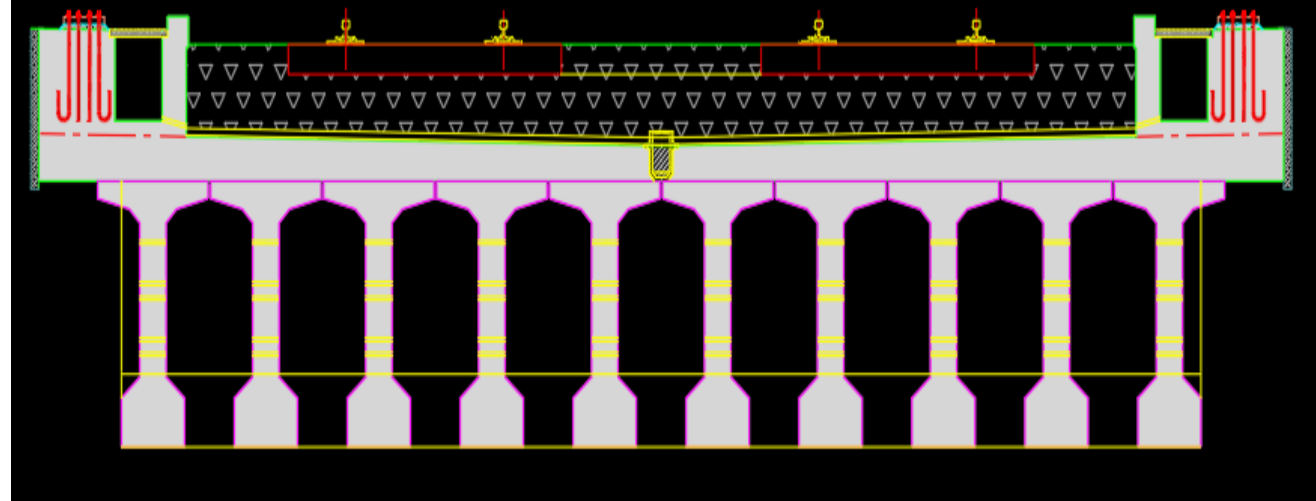
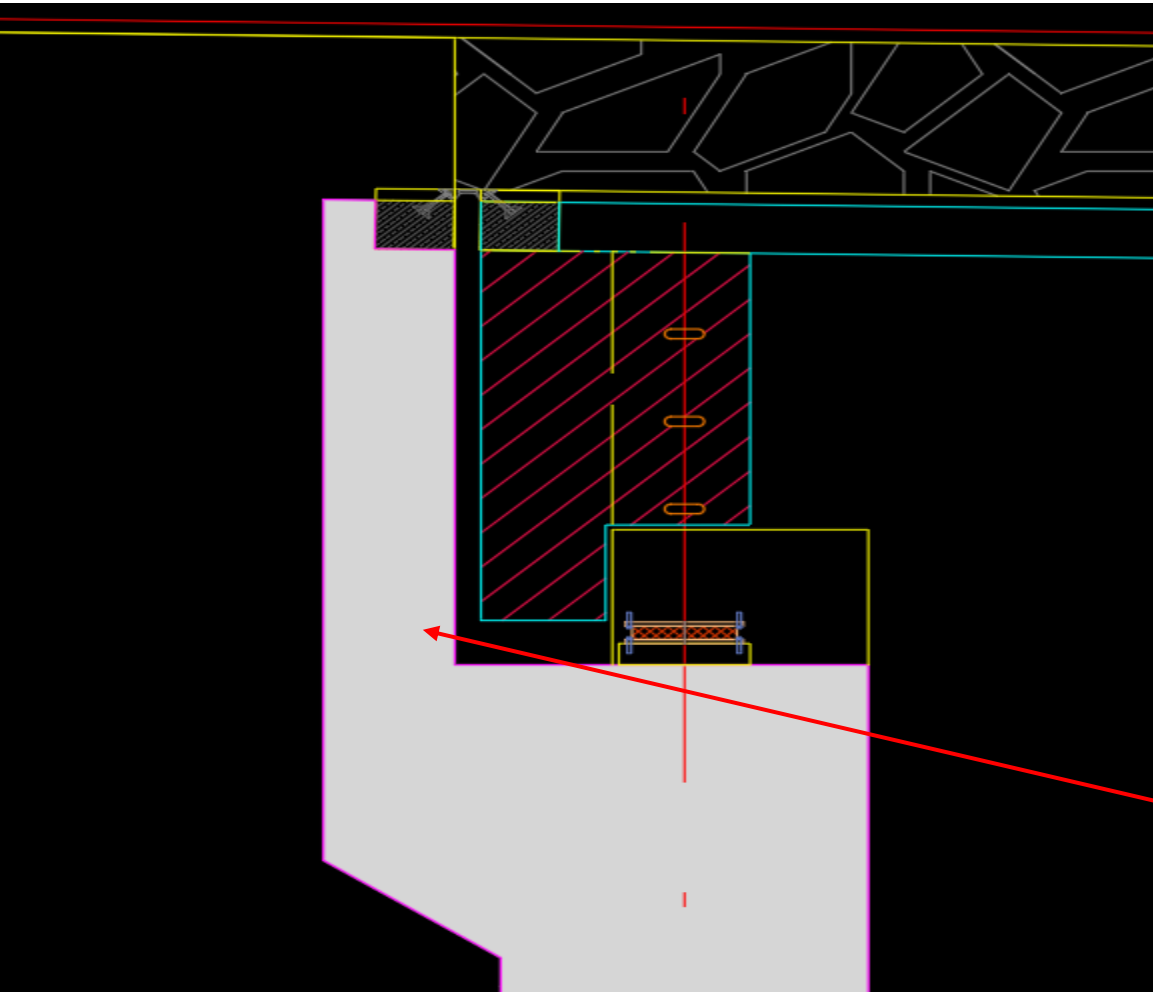
☐ Delete Existing Springs

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

KKZE-B Yöntemi ile Eylemsizlik Etkileşim (Bölüm 7.4.2)

- Temelleri yüzeysel veya kazıklı kenar ayaklarda, ikinci aşamada boyuna doğrultuda tabliye ile kenar ayak arasında öngörülen boşluğun sınırlandırılması için, $KÖS=1,2$ olan köprülerde tabliyenin elastomer veya kayıcı mesnet üzerinde hareket ederek kenar ayak alın duvarına(parapet) çarpmasına izin verilebilir. Bu bağlamda alın duvarının tasarımı, konsol bir eleman olarak alt kesitinde mafsallaşacak şekilde yapılır ve kenar ayak arka dolgusundaki pasif basıncın mobilize olması öngörülür.



Alın duvarı (parapet)

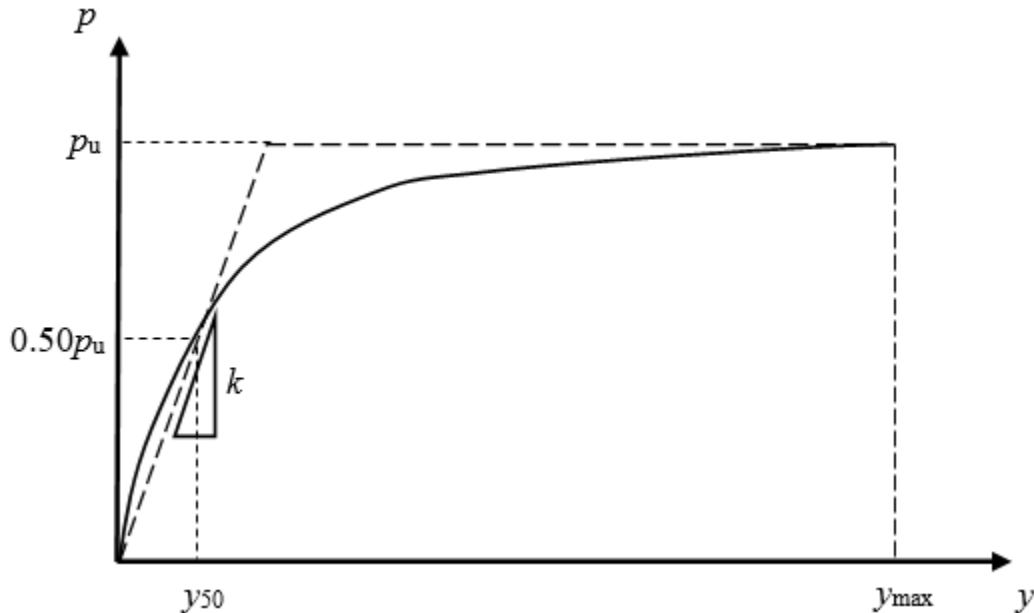
Kenar ayak arka dolgusunda pasif basınç için p-y eğrisi (EK 6D)

$$p = \frac{y}{a+by}$$

$$a = \frac{y_{max}}{2ky_{max} - P_u}$$

$$b = \frac{2(ky_{max} - P_u)}{P_u(2ky_{max} - P_u)}$$

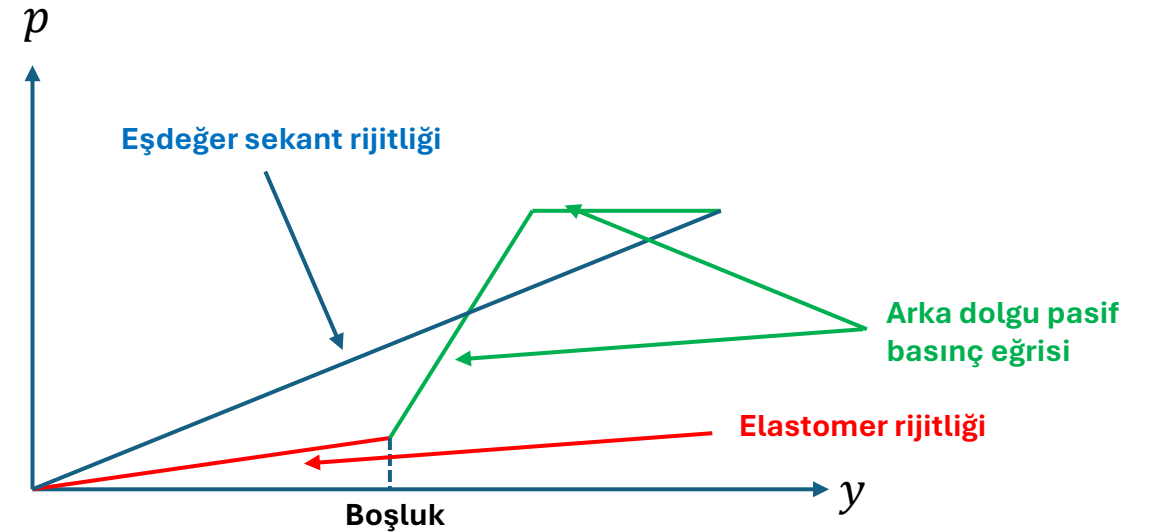
- p = alın duvarının birim uzunluğuna gelen pasif basınç kuvveti
- y = yatay yerdeğiştirme
- a, b = katsayı
- h = alın duvarı yüksekliği (m)



Tablo 6D.1. Kenar ayak p – y eğrisi tanım parametreleri

Zemin cinsi	p_u / h [kN/m/m]	k [kN/m/m]	y_{max} / h
Kohezyonsuz	265	29000	0.05
Kohezyonlu	265	14500	0.10

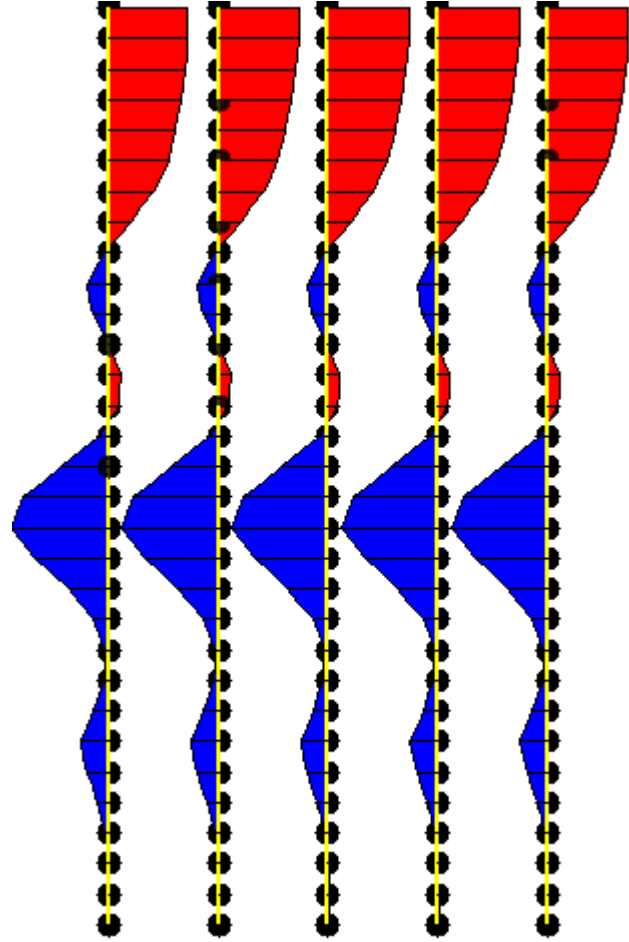
- ❑ Uygulamada yaklaşık eğrisel p-y ilişkisi yerine iki doğrulu ilişki de kullanılabilir.
- ❑ Yöntem 2.1’de iki doğrulu p-y yayı ve boşluğun ortak etkisi, yapılacak ardışık yaklaşım hesabında bir eşdeğer sekant rijitliği olarak göz önüne alınabilir.



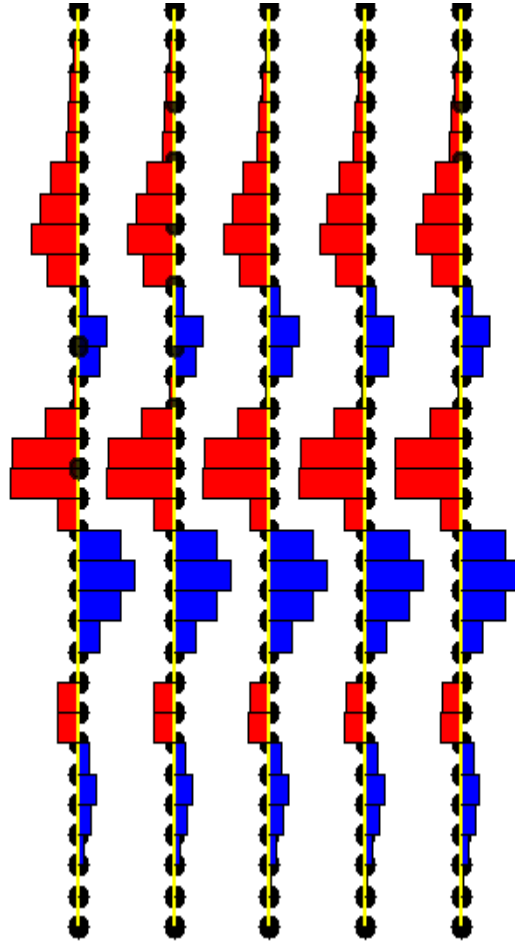
Kinematik ve eylemsizlik etkileşimi sonuçlarının birleştirilmesi (EK 6D)

❑ Kazıklarda oluşan yerdeğiştirmeler, şekildeğiştirmeler ve iç kuvvetler bakımından kinematik ve eylemsizlik etkileşimi etkileri aşağıdaki iki durumun elverişsiz olanına göre birleştirilecektir.

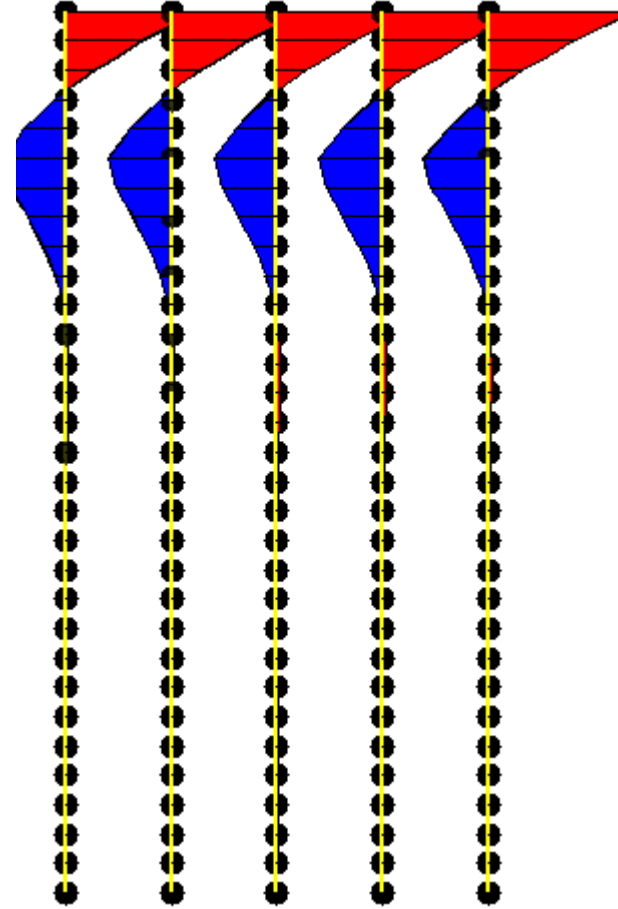
- 1-) Kinematik etkileşim etkilerinin yüzde 100'ü ile eylemsizlik etkileşiminden gelen etkilerin yüzde 50'sinin toplamı
- 2-) Kinematik etkileşim etkilerinin yüzde 50'si ile eylemsizlik etkileşiminden gelen etkilerin yüzde 100'ünün toplamı



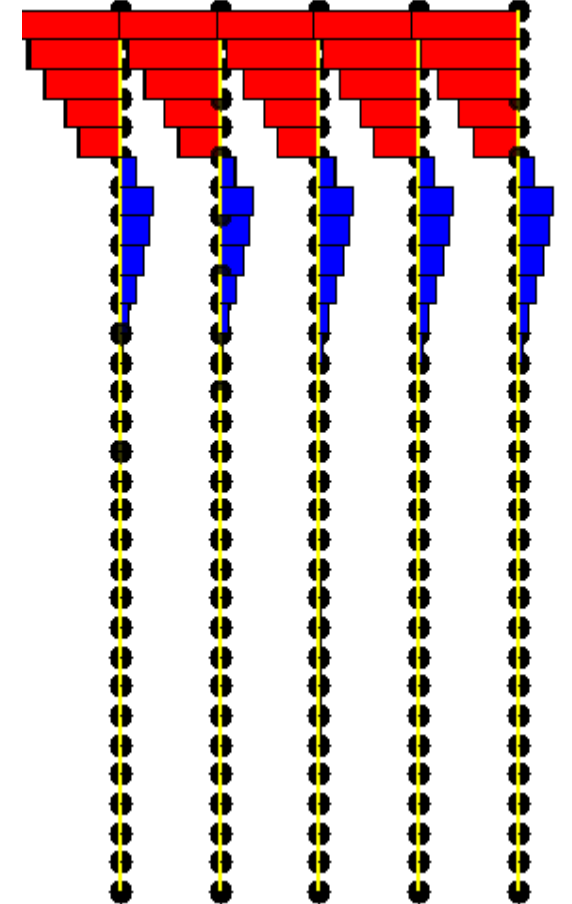
Kinematik – Eğilme Moment



Kinematik – Kesme Tesiri



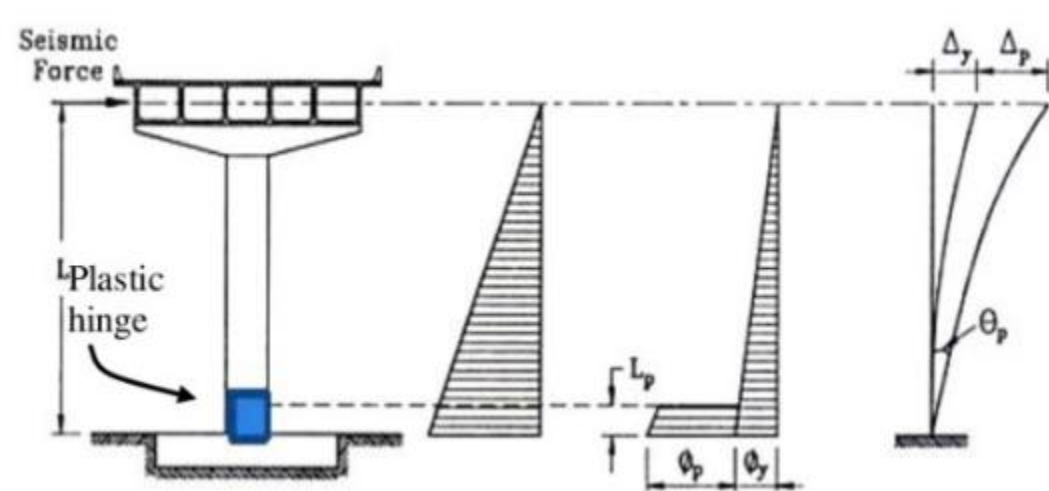
Eylemsizlik – Eğilme Moment



Eylemsizlik – Kesme Tesiri

Doğrusal olmayan davranış modelleri-Yığılı plastik davranış modeli (Bölüm 5.3)

- ❑ Kolonlarda ve perde ayaklarda doğrusal olmayan davranış modeli olarak yığılı plastik davranış(plastik mafsal) modeli kullanılabilir. (Concentrated hinge, plastic hinge model)
- ❑ Yığılı plastik davranış modelinde eğilme momentinin plastik moment kapasitesine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca plastik şekildeğıştirmelerin yayılışı sabit olarak varsayılır. Yığılı plastik şekildeğıştirmeyi temsil eden plastik mafsal bu bölgenin ortasında göz önüne alınacaktır.
- ❑ Kazıklarda plastik mafsallar kazık başlığının hemen altına ve ayrıca kazık boyunca uygun aralıklarla yerleştirilecektir. Kinematik etkileşim nedeni ile zemin tabakalarının rijitlik ve dayanım bakımından ani değışimler gösterdiği derinliklerde plastik mafsal oluşabileceğı göz önüne alınmalıdır.
- ❑ Kapasite korunumlu elemanlarda plastikleşmenin gerçekleşmediğinden emin olmak için pasif plastik mafsal kullanılabilir. (Örnek: çerçeve sistem başlık kiriş-enine itme analizi – pasif plastik mafsal)



Kaynak: Ductility of confined bridge piers in the seismic region

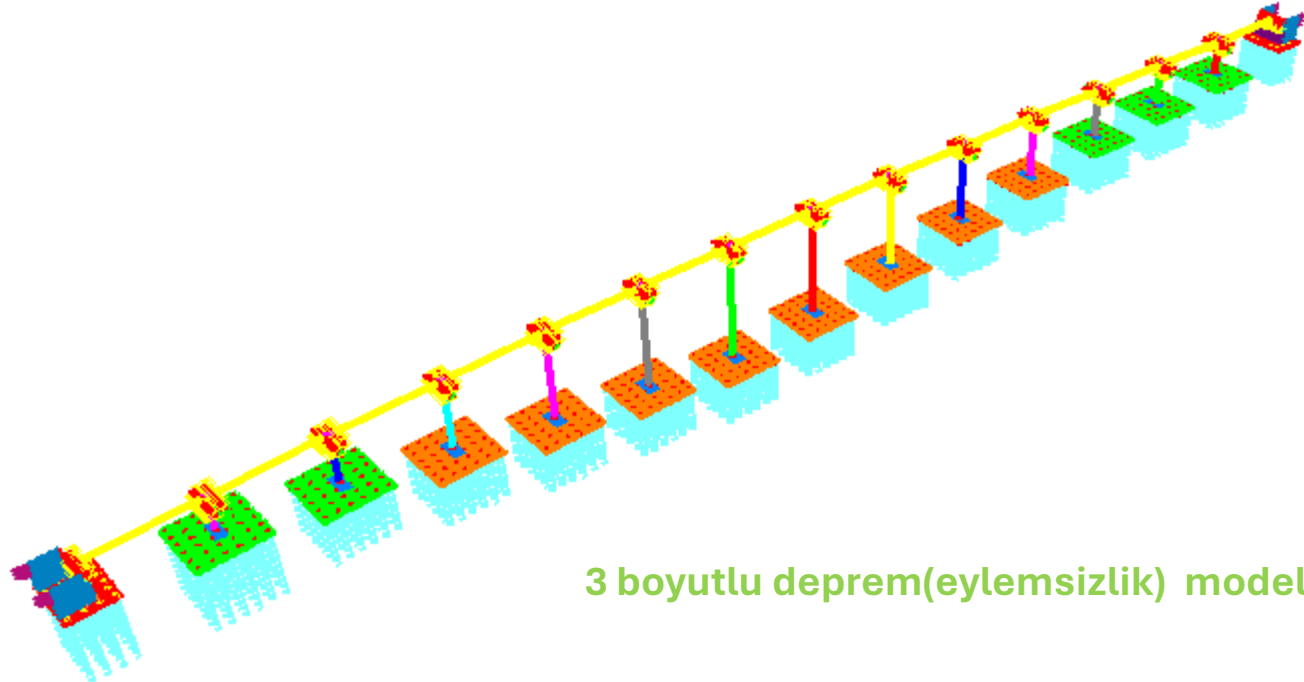
Kolon plastik mafsal boyu

$$L_p = 0.08L_k + 0.022f_{ye} d_{bl} \geq 0.044f_{ye} d_{bl} \quad (\text{Denklem 5.3})$$

- L_p = Plastik mafsal boyu (mm)
- L_k = Konsol olarak çalışan kolonun boyu veya konsol olarak çalışmayan kolonun yarı boyu (mm)
- f_{ye} = Donatı çeliğı beklenen (ortalama) akma dayanımı (MPa)
- d_{bl} = Kesitte ortalama donatı çapı (mm)

İkinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 5.4)

- ☐ Köprü taşıyıcı sistemleri daima üç boyutlu modellenecektir.
- ☐ Birbirine dik doğrultudaki deprem etkileri daima göz önüne alınacaktır.
- ☐ Sönüm oranı %5 alınacaktır.
- ☐ Eksenel kuvvetlerin şekil değiştirmiş taşıyıcı sistemde meydana getirdiği ikinci mertbe etkileri göz önüne alınacaktır. (P-delta etkileri)
- ☐ Eğilme etkisi altında beton ve donatı çeliği için esas alınacak beklenen (ortalama) dayanımlar $f_{ce} = 1.3 f_{ck}$ ve $f_{ye} = 1.2 f_{yk}$ olarak alınacaktır. (Örnek C30, $f_{ck} = 30$ MPa, $f_{ce} = 39$ MPa ; B420C, $f_{yk} = 420$ MPa , $f_{ye} = 504$ MPa)
- ☐ Kesme dayanım hesaplarında beton ve donatı çeliğinin karakteristik dayanımları esas alınacaktır.



General Data

Material Name and Display Color: C30 ■

Material Type: Concrete

Material Grade:

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 25.

Mass per Unit Volume: 2.5493

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 25907000.

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 10794583.

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c : 39000.

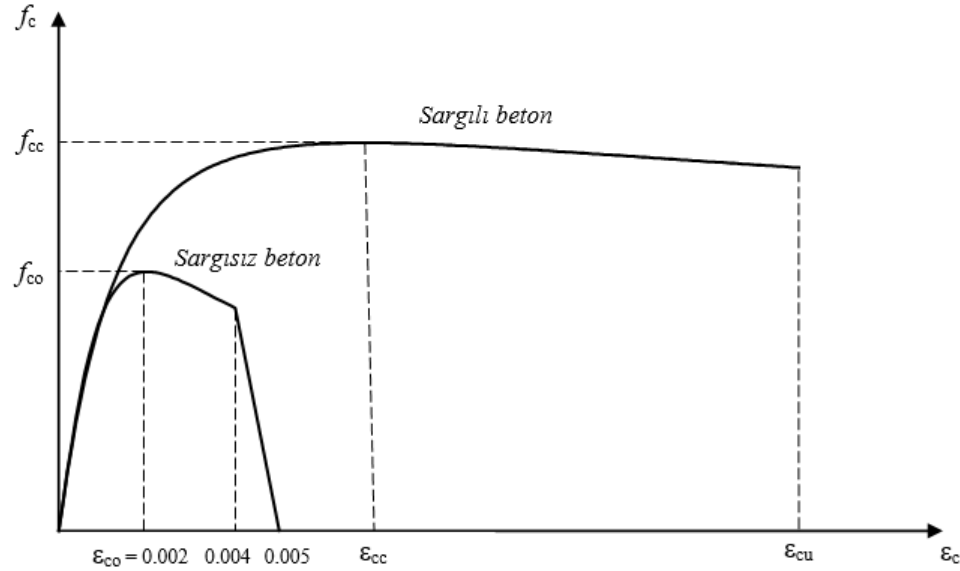
Expected Concrete Compressive Strength: 39000.

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Sargılı ve sargısız beton modelleri (EK 5A)

Dikdörtgen kesitlerde;



$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{ywk} \quad \rho_x = \frac{A_{swx}}{h_o s} \quad \rho_y = \frac{A_{swy}}{b_o s}$$

$$f_{ey} = k_e \rho_y f_{ywk}$$

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2 b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2 h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1}$$

Dairesel kesitlerde;

$$f_e = \frac{1}{2} k_e \rho_s f_{ywk} \quad \rho_s = \frac{4 A_{sp}}{D_o s}$$

Dairesel etriye enine donatı

Spiral enine donatı

$$k_e = \left(1 - \frac{s}{2 D_o}\right)^2 \left(1 - \frac{A_s}{\pi D_o^2 / 4}\right)^{-1} \quad k_e = \left(1 - \frac{s}{2 D_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{\pi D_o^2 / 4}\right)^{-1}$$

- k_e = Sargılama etkinlik katsayısı
- f_e = Etkin sargılama basıncı (MPa)
- f_{cc} = Sargılı betonun karakteristik dayanımı (MPa)
- ρ_s = Dairesel kesitte enine donatının hacimsel oranı
- ρ_x, ρ_y = Dikdörtgen kesitte x ve y doğrultularında enine donatının hacimsel oranları

Sargılı beton basınç gerilmesi basınç birim şekildeğiştirme fonksiyonu

$$f_c = \frac{f_{cc} x r}{r - 1 + x^r}$$

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{co} [1 + 5 (\lambda_c - 1)] \quad \epsilon_{co} = 0.002$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]} \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}}$$

Sargılı beton dayanımı ile sargısız beton dayanımı arasındaki ilişki

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254$$

Donatı Çeliği Modeli(EK 5A)

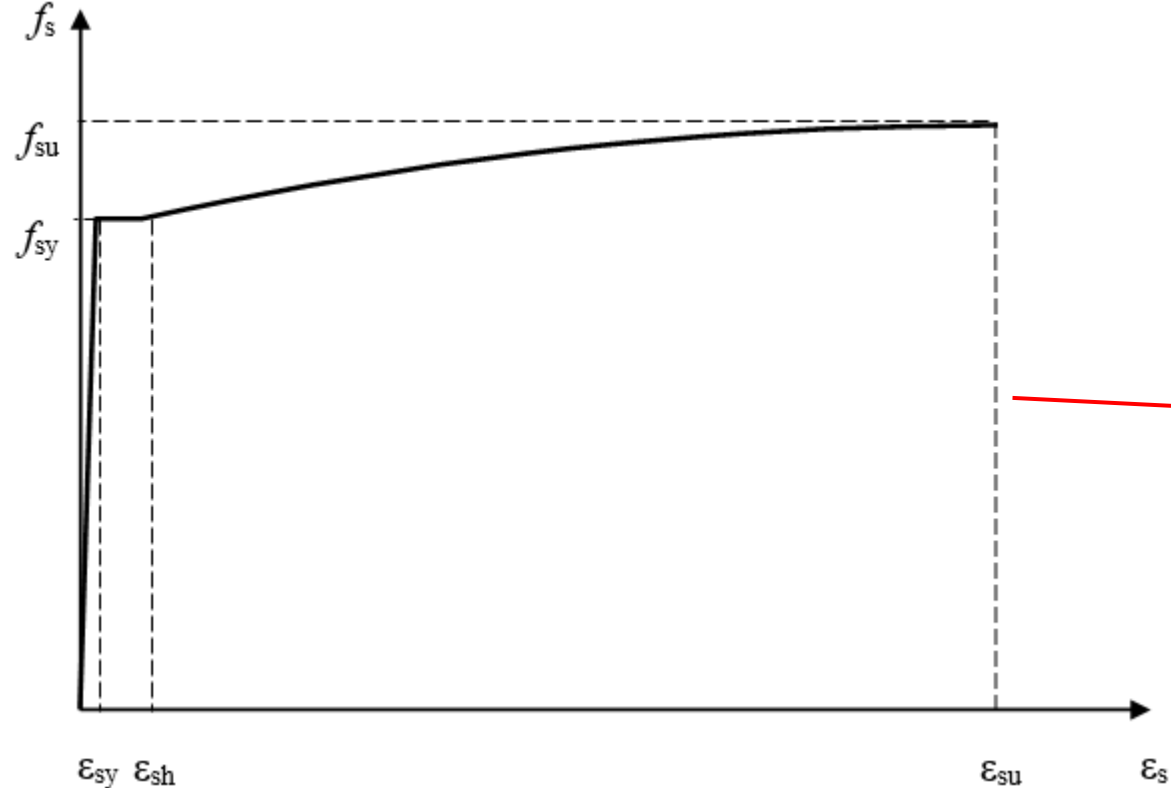
Elastisite modülü 200 GPa

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (Mpa)
B420C	420	0.0021	0.008	0.08	550
B500C	500	0.0025	0.008	0.08	650

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad (\epsilon_s \leq \epsilon_{sy})$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{sh})$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} \quad (\epsilon_{sh} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su})$$



SAP2000 Çelik Malzeme Eğrisinin Tanımlanması

Nonlinear Material Data

Edit

Material Name: B420C

Material Type: Rebar

Hysteresis Type: Kinematic

Drucker-Prager Parameters: Friction Angle, Dilatational Angle

Units: KN, m, C

Stress-Strain Curve Definition Options: Parametric, User Defined (selected)

Convert To User Defined

User Stress-Strain Curve Data

Number of Points in Stress-Strain Curve: 151

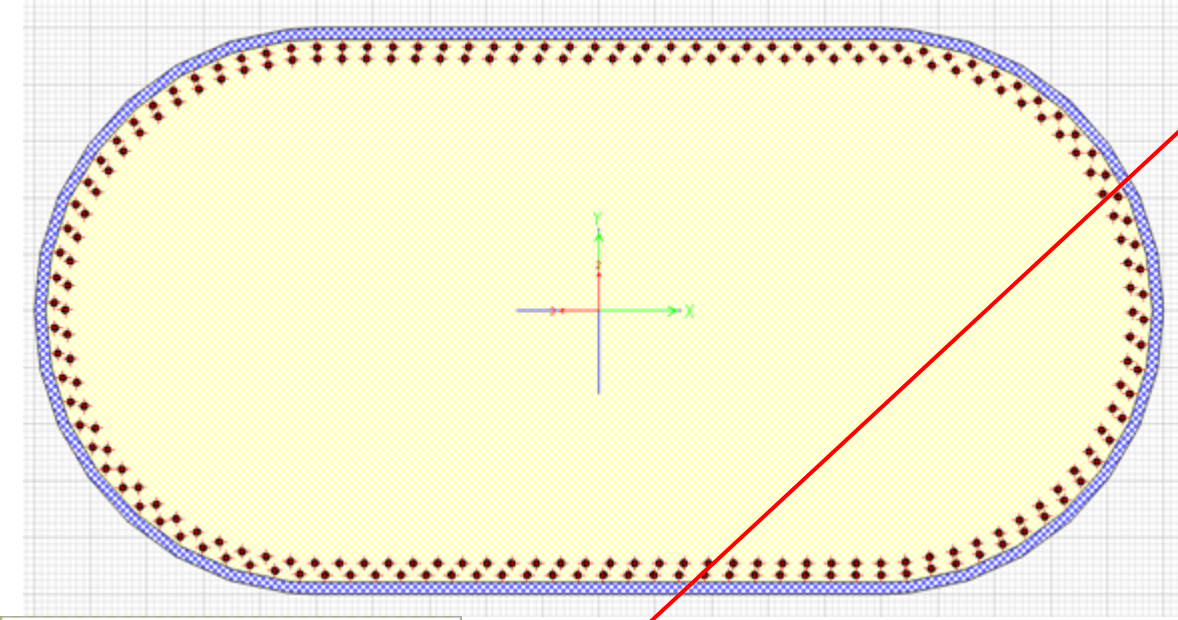
	Strain	Stress	Point ID
1	-0.096	-276000.	
2	-0.08	-660000.	-E
3	-0.079	-659970.	
4	-0.078	-659880.	
5	-0.077	-659729.	
6	-0.076	-659519.	
7	-0.075	-659248.	
8	-0.074	-658917.	
9	-0.073	-658525.	
10	-0.072	-658074.	
11	-0.071	-657563.	
12	-0.07	-656991.	

Order Rows

Show Plot...

OK Cancel

Kesit tanımlanması – SAP2000

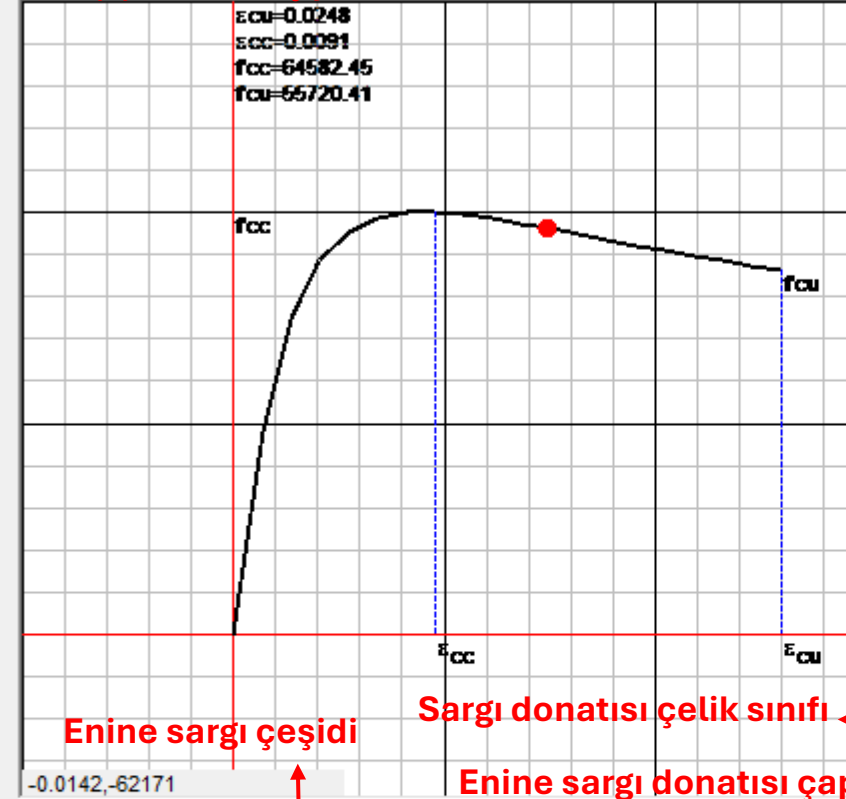


Shape Properties - Polygon	
Name	Polygon2
Material	C30
Color	
Reinforcing	No
Conc. Model	Mander-Confined(R)

C Model	S Model
OK	Cancel

Concrete Model - Mander-Confined(R)

Etriye-çiroz ile sargılı olduğu için core concrete sekmesinde mander-confined(R) kısmını seçiyoruz.



Enine sargı çeşidi

Sargı donatısı çelik sınıfı

Enine sargı donatısı çapı

Confinement Layout	
Type	Tie & Cross Tie
Height (CL-CL of outer conf.)	2.38
Width (CL-CL of outer conf.)	4.88
Longit. Spacing	0.1
# of Ties in Height	9
# of Ties in Width	18

Sargılı bölge boyutları

Enine ve boyuna yönde toplam sargı donatısı kol adeti

Beton sınıfı

Concrete Material	
Name	C30

ϵ_0	2.000E-03
ϵ_u	5.000E-03
ϵ_{fact}	1
f_0	39000
f_u	19500
$\epsilon_{cu(limit)}$	0.05

Boyuna donatı adeti

Main Bar	
Number of Bars	220

Reinforcement	
☒ Bar Size	N32
☐ Bar Area	8.040E-04

Boyuna donatı çapı

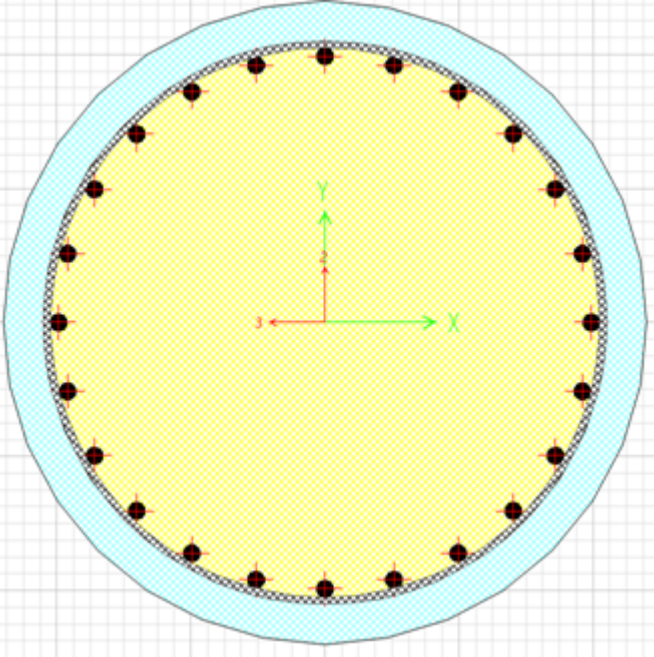
Confinement Material	
Name	B420C

Reinforcement	
☒ Bar Size	N20
☐ Bar Area	3.140E-04

f_{yh}	420000
ϵ_{su}	0.08

OK	Cancel
----	--------

Kesit tanımlanması – SAP2000



Kazık enkesiti

Kesit boyutları

Paspayı beton kalınlığı

Caltrans Section Properties - Round

Geometry

Chamfer 0.0625

Height 1.2

Width 1.2

Rotation 0

☐ Small Base Dimensions

Base Height 1.2

Base Width 1.2

No. of Cores 1

Casing

Thickness 0

Longit. Factor 0

Rings

No. of Rings 1 Ring1 Cover 0.075 Ring2 Cover Ring3 Cover

Region	Ring	No. of Bundles	Bundle Type	Bar No.	Area	Material	Conf. Type	Spacing	Bar No.	Area	Material
Core1	Ring1	24	Single	N32	0.0008	B420C	Spiral	0.06	N12	0.0001	B420C
Prestress		0	Tendon	N/A	0.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Casing		N/A	Casing	N/A	0.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Concrete Model

Material C25

Other Concrete Mander-Unconfined Show...

Core Concrete Mander-Confined Show...

Outer Concrete Mander-Confined(C) Show...

Mander-Confined(C)

OK Cancel

Kazık beton sınıfı

Spiral donatı ile sargılı olduğu için core concrete sekmesinde mander-confined(C) kısmını seçiyoruz.

Boyuna donatı adeti

Boyuna donatı çapı

Boyuna donatı çelik sınıfı

Enine sargı çeliği

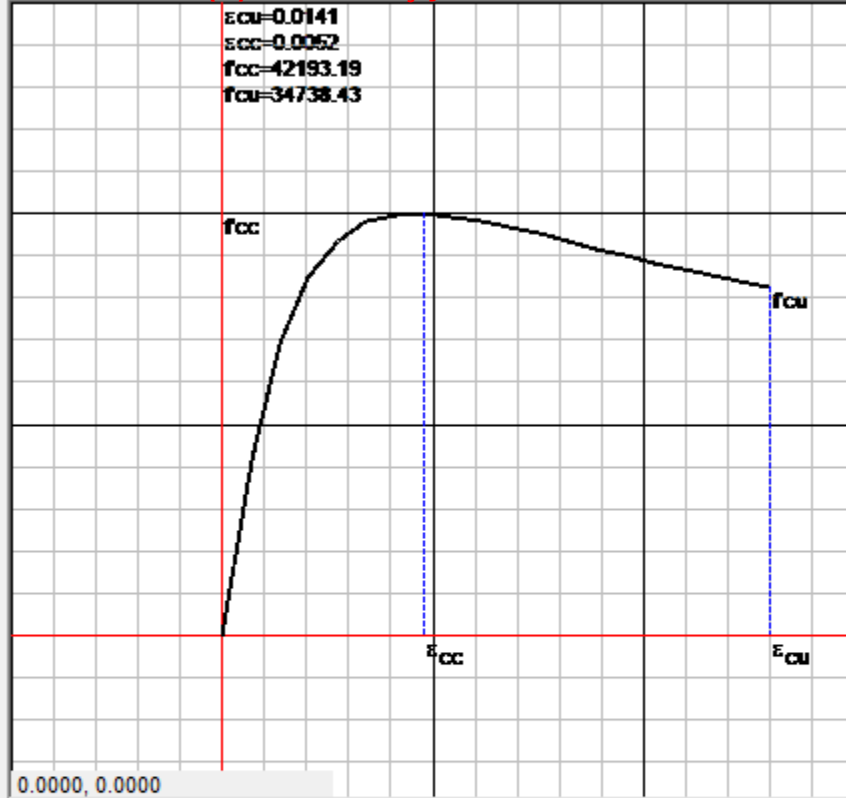
Enine sargı donatısı çapı

Sargı aralığı

Sargı donatısı çelik sınıfı

Kesit tanımlanması – SAP2000

Concrete Model - Mander-Confined(C)
Spiral donatı ile sargılı olduğu için core concrete sekmesinde
mander-confined(C) kısmını seçiyoruz.



Confinement Layout

Type **Spiral** Longit. Spacing 0.06

Spiral Diameter (CL-CL) 1.038

Enine sargı çeşidi

Sargı aralığı

Sargılı bölge çapı

Beton sınıfı

Concrete Material

Name C25

ε₀ 2.000E-03

ε_u 5.000E-03

ε_{fact} 1

f₀ 32500

f_u 16250

ε_{cu(limit)} 0.05

Main Bar

Number of Bars 24

Reinforcement

☒ Bar Size N32

☐ Bar Area 8.040E-04

Boyuna donatı çapı

Confinement Material

Name B420C

Reinforcement

☒ Bar Size 12d

☐ Bar Area 1.130E-04

f_{yh} 420000

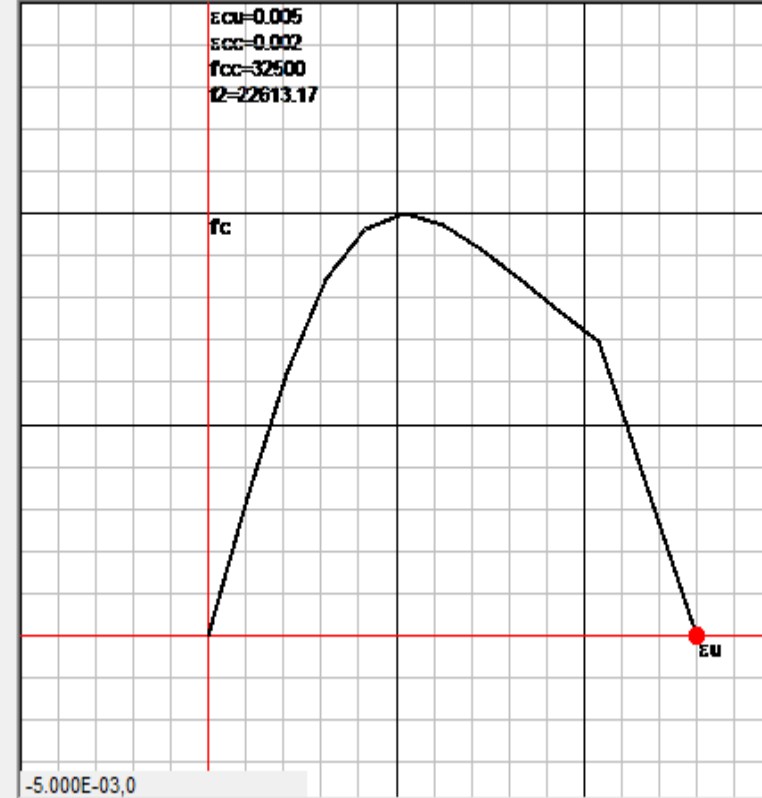
ε_{su} 0.08

OK

Cancel

Concrete Model - Mander-Unconfined

Sargısız beton modeli – Paspayı beton



Concrete Material

Name C25

ε_{c0} 2.000E-03

ε_{cu} 5.000E-03

ε_{fact} 1

f_c 32500

View Values or Print...

OK

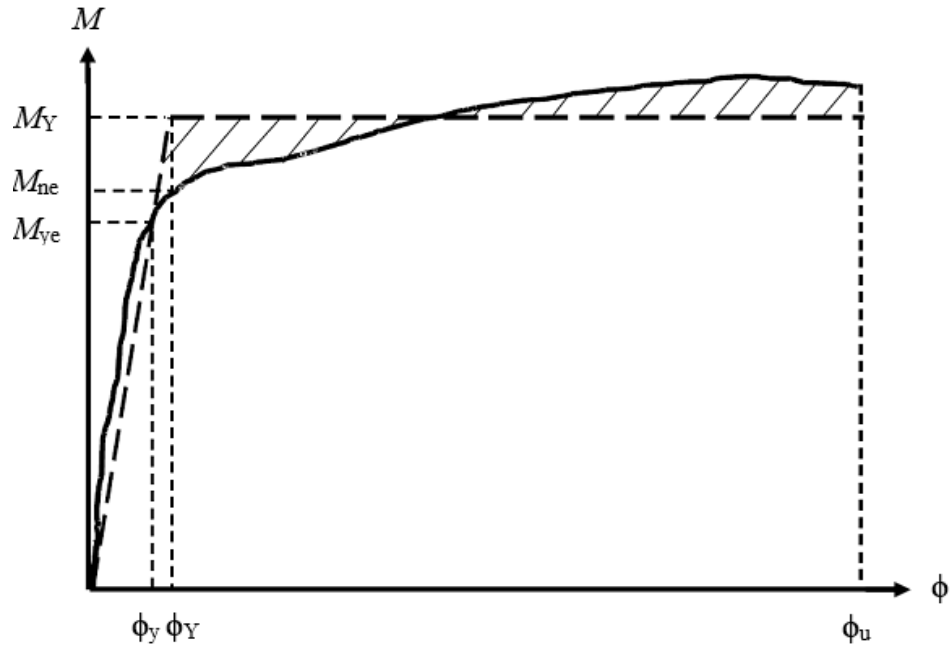
Cancel

Sargı donatısı
çelik sınıfı

Enine sargı
donatısı çapı

Moment – Eğrilik Hesabı (EK 5B)

- ❑ Yığılı plastik davranış modeli kapsamında betonarme kesitlerde etkin eğilme rijitliği, plastik moment kapasitesi (etkin akma momenti kapasitesi) ve etkin akma yüzeyi moment-eğrilik hesabından elde edilecektir.
- ❑ Mühendislik uygulamalarında doğrusal olmayan momen-eğrilik ilişkisi yerine iki doğrulu elasto-plastik moment-eğrilik modeli göz önüne alınır. İki doğrunun kesişme noktası etkin akma noktasıdır (M_Y , ϕ_Y). Birinci doğru kesitin akma öncesi doğrusal elastik davranışını, yatay olan ikinci doğru ise kesitin akma sonrası plastik davranışını temsil etmektedir.
- ❑ Moment eğrilik hesabında beton ve çelikte beklenen(ortalama) dayanımlar kullanılacaktır. Maksimum eğrilik hesabında maksimum beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmelerinden hangisi önce erişilirse esas alınacaktır.
- ❑ Birinci doğrunun eğimi etkin eğime rijitliği $(EI)_e$ olarak tanımlanır. Etkin eğilme rijitliğinin depremde kesite etkiyen eksenel kuvvetle değişimi ihmal edilecektir. Bu nedenle bu amaca yönelik hesapta sadece sabit(ölü) yüklerden meydana gelen eksenel kuvvet göz önüne alınacaktır.
- ❑ İlk donatı akmasından sonra maksimum eğriliğe kadar olan bölgede doğrusal olmayan moment-eğrilik eğrisi ile iki doğrulu yaklaşık modelin arasında kalan alanların dengelenmesi ile elde edilir.

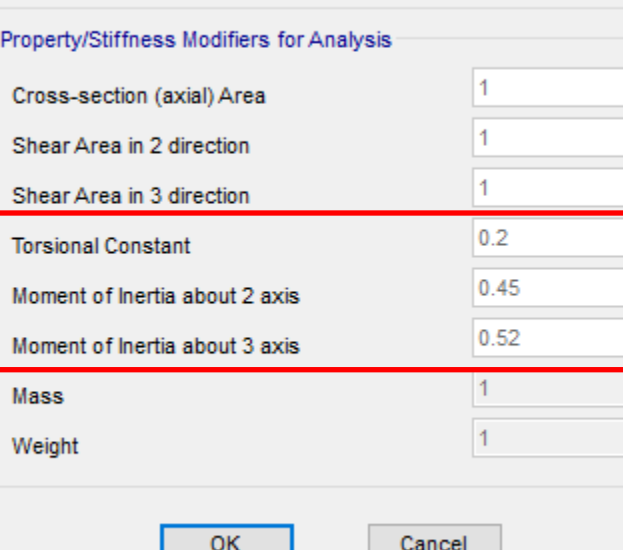


Etkin akma momenti

$$(EI)_e = \frac{M_Y}{\phi_Y}$$

Etkin akma eğriliği

$$Rijitlik\ oranı = \frac{(EI)_e}{(EI)_{brüt}}$$



Frame Property/Stiffness Modification Factors

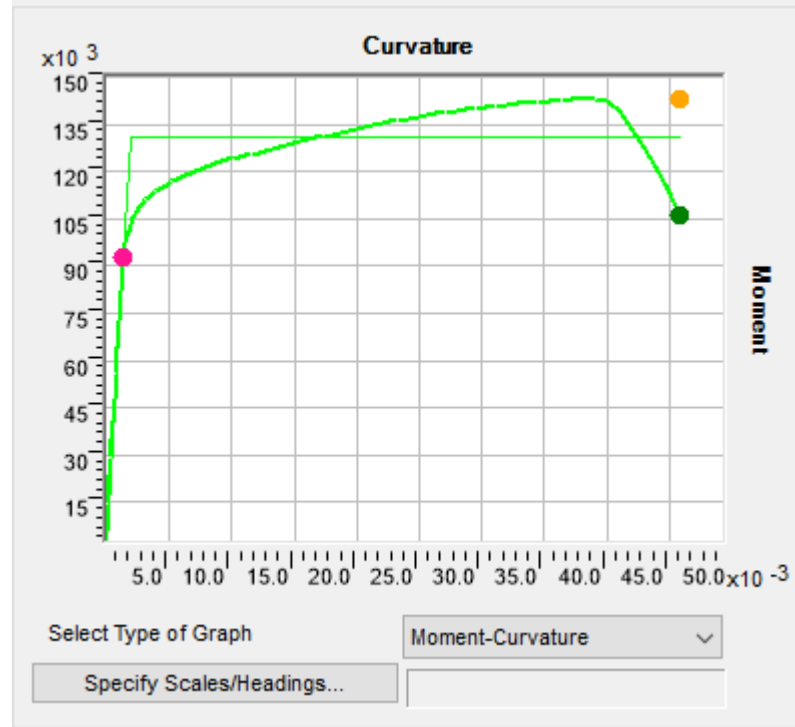
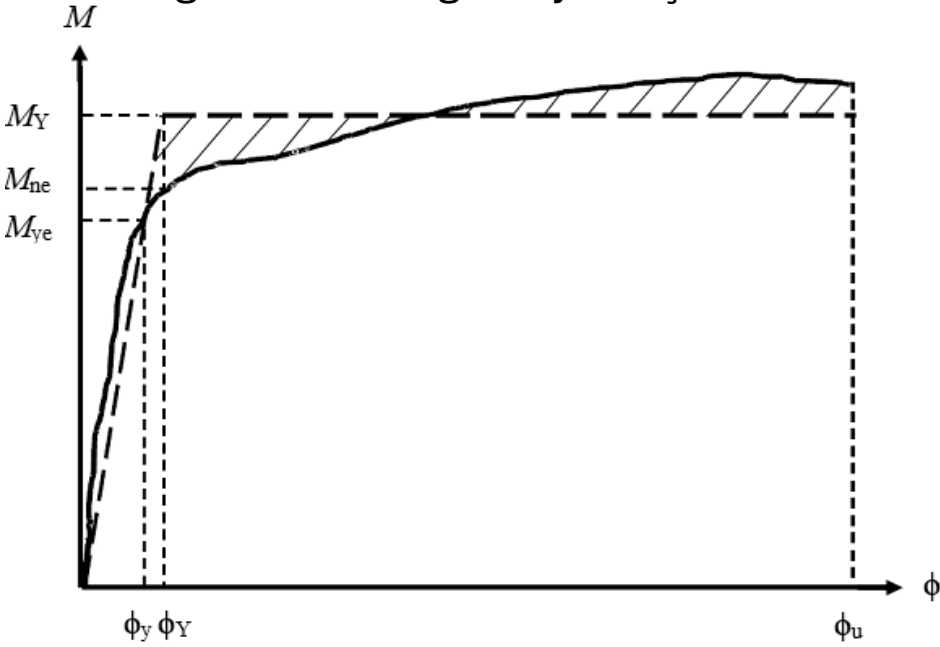
Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	0.2
Moment of Inertia about 2 axis	0.45
Moment of Inertia about 3 axis	0.52
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

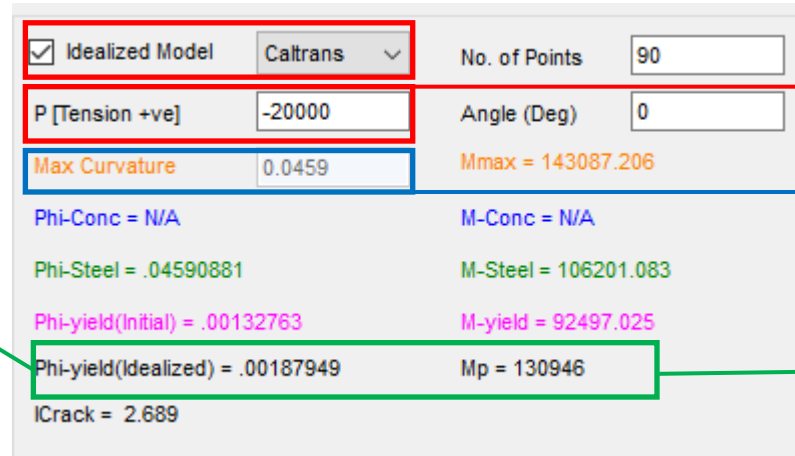
Moment –Eğrilik Hesabı (EK 5B)

- İlk donatı akmasından sonra maksimum eğrilığe kadar olan bölgede doğrusal olmayan moment-eğrilik eğrisi ile iki doğrusu yaklaşık modelin arasında kalan alanların dengelenmesi ile elde edilir.



$$(EI)_e = \frac{M_Y}{\phi_Y}$$

$$\text{Rijitlik oranı} = \frac{(EI)_e}{(EI)_{\text{brüt}}}$$



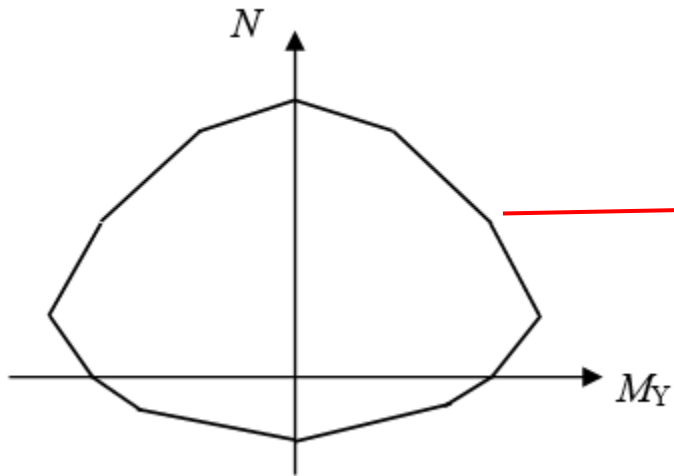
Kesit üzerindeki
eksenel kuvvet

Maksimum eğrilik

Etkin akma eğrilığı ve
etkin akma momenti

Etkin akma yüzeyi (EK 5B)

- ❑ Köprü kolonlarında eksenel kuvvetlerin plastik moment kapasitelerine (etkin akma momentlerine) etkisini göz önüne almak üzere, kolon kesitleri için etkin akma yüzeyleri oluşturulacaktır.
- ❑ Etkin akma yüzeyi yaklaşık olarak doğrusallaştırılabilir.



Plastik mafsalsal boyu

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
Idealized Flexural Hinge

Degree of Freedom
☐ M2 ☐ P-M2
☐ M3 ☐ P-M3
☒ M2-M3 ☒ P-M2-M3

Miscellaneous Data
Hinge Length 0.99
☒ Use Idealized (Bilinear) Moment-Curvature Curve
Design Code Caltrans

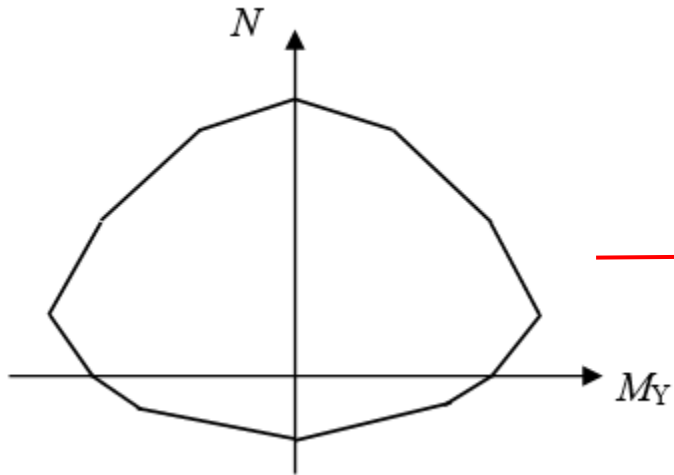
Interaction Data
Total Number of PM Curves 40
Max Num Points on Each PM Curve 50

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Etkin akma yüzeyi (EK 5B)

Çok doğrudu P-M eğrisi



P-M2-M3 Interaction Surface Definition for P1H1

Edit

PMM plastik mafsal etkileşim eğrisi

User Interaction Surface Options

☐ Circular Symmetry
☐ Doubly Symmetric about M2 and M3
☒ No Symmetry

Number of Curves: 40
Number of Points on Each Curve: 50

Scale Factors (Same for All Curves)

P	M2	M3
353459.5	452626.6	452626.6

☐ Include Scale Factors in Plots KN, m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-1.	0.	0.
50	0.2102	0.	0.

Interaction Surface Requirements - No Symmetry

- A minimum of 8 P-M2-M3 curves are specified.
- P (tension positive) increases monotonically.
- Each curve must be convex and the interaction surface as a whole must be convex (no dimples in surface).

Interaction Curve Data

Current Curve: 1

Point	P	M2	M3
1	-1.	0.	0.
2	-0.9627	0.9859	0.
3	-0.9259	0.9925	0.
4	-0.8896	0.9969	0.
5	-0.8538	0.9995	0.
6	-0.8185	1.	0.
7	-0.7837	0.9986	0.
8	-0.7493	0.9955	0.
9	-0.7155	0.9909	0.
10	-0.6823	0.9848	0.
11	-0.6495	0.9771	0.

3D Plot

Plan: 315
Elevation: 25
Aperture: 0

☒ Show All Lines
☐ Hide P Direction Lines
☐ Hide M2-M3 Lines
☒ Highlight Current Curve

3D MM PM3 PM2

OK Cancel

İkinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 5.4)

Tabliye

$$\frac{\text{En kısa köprü açıklığı}}{\text{Köprü genişliği}} > 2$$

Evet
Hayır

Çubuk (frame) eleman ;
en az 5 çubuk eleman

Kabuk (shell) eleman veya
kabuk ve çubuk sonlu eleman

Etkin kesit rijitliği

Eğilme ve kesme 0.5

Eksenel 1.0

Etkin kesit rijitliği

Düzlem içi 0.5

Düzlem dışı 0.5

Bağlantı plağı, yığılı plastik mafsalları kullanımı

$$L_p = 0.5 L_b + 0.022 f_{ye} d_{bl} \quad (\text{Denklem 5.2})$$

Eğilme altında etkin kesit rijitliği kullanılacak.

- L_p = Plastik mafsalları boyu (mm)
- L_b = Bağlantı plağının uzatılmış boyu (mm)
- f_{ye} = Donatı çeliği beklenen (ortalama) akma dayanımı (MPa)
- d_{bl} = Kesitte ortalama donatı çapı (mm)

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Tabliye – çubuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Property/Stiffness Modification Factors

Tabliye – kabuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	0.5
Membrane f22 Modifier	0.5
Membrane f12 Modifier	0.5
Bending m11 Modifier	0.5
Bending m22 Modifier	0.5
Bending m12 Modifier	0.5
Shear v13 Modifier	0.5
Shear v23 Modifier	0.5
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK Cancel

İkinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 5.4)

Kolon $\rightarrow \frac{\text{Yükseklik}}{\text{Maximum kesit boyutu}} > 2$

Evet

Hayır

Çubuk (frame) eleman ;
en az 5 çubuk eleman

Perde ayak
Kabuk (shell) eleman

Etkin kesit rijitliği

Eğilme Etkin kesit rijitliği

Burulma 0.2

Kesme ve eksenel 1.0

Etkin kesit rijitliği

Düzlem içi 0.5

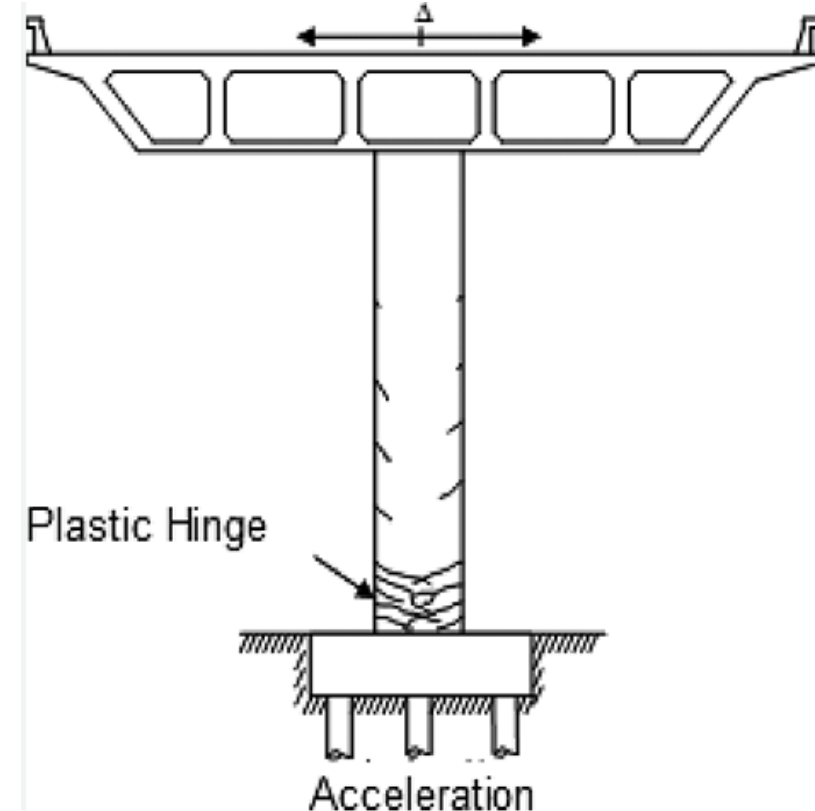
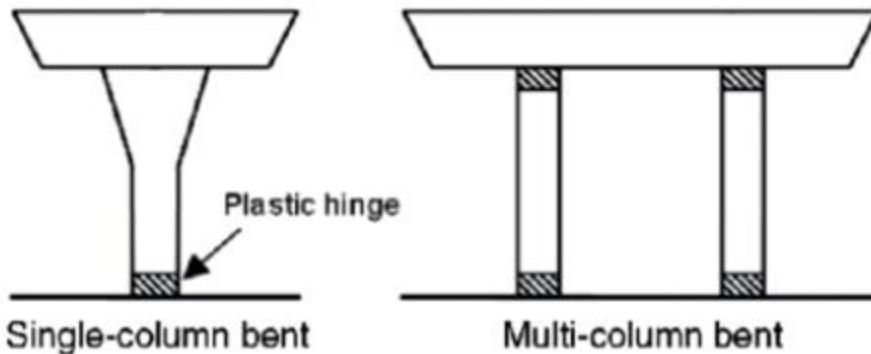
Düzlem dışı 0.5

❑ Her bir kolon boyunca yığılı kütleler çubuk sonlu elemanların kapsama boylarına göre düğüm noktalarına atanacaktır.

❑ Plastik mafsallar;

Konsol tek kolonlarda , her iki yönde temelin hemen üstünde tanımlanacak

Enine yönde çerçeve kolonlarda, temelin hemen üstünde ve başlık kirişinin hemen altında tanımlanacak. Boyuna yönde ise sadece temelin hemen üstünde tanımlanacak.



İkinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 5.4)



- ❑ Başlık kirişi kapasite korunmalı eleman olduğundan deprem etkisi altında elastik kalır.

Elastomer mesnet kayma şekil değiştirme limiti (ikinci aşama)

$$\frac{\text{Görelî elastomer yatay yerdeğiştirmesi}}{\text{Net elastomer kalınlığı}} \leq 2 \quad (5.4.5.1)$$

$\frac{\text{Görelî elastomer yatay yerdeğiştirmesi}}{\text{Net elastomer kalınlığı}}$ oranı 1'i aşarsa elastomer mesnet üstten ve alttan civatalı bağlantı ile bağlanması zorunludur

Frame Property/Stiffness Modification Factors

Başlık kirişı

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	0.2
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

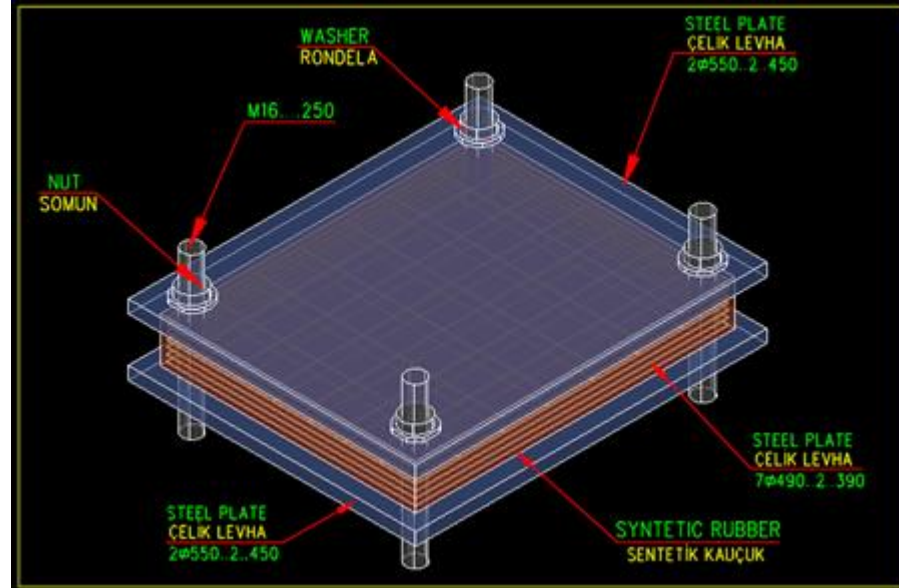


TABLE: Element Deformations - Links

Link	OutputCase	U1	U2	U3
Text	Text	m	m	m
1	DL+LL+EQ_X+0.3EQ_Y	-0.00004	0.100682	7.29E-08
1	DL+LL+EQ_X+0.3EQ_Y	-0.00056	-0.11899	-5.7E-08
1	DL+LL+0.3EQ_X+EQ_Y	-6.7E-06	0.043178	4.75E-08
1	DL+LL+0.3EQ_X+EQ_Y	-0.00059	-0.06149	-3.1E-08
1	0.9DL+H+EQ_X+0.3EQ_Y	0.000024	0.097108	7.02E-08
1	0.9DL+H+EQ_X+0.3EQ_Y	-0.0005	-0.12257	-5.9E-08

Link deplasmanı

U1 :Düşey ; U2,U3: Yatay

İkinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 5.4)

- ❑ Doğrusal deprem hesabında elastomer-boşluk-takoz sistemi'nin eşdeğer fiktif rijitliğinin elde edilmesi için bir ardışık yaklaşım yöntemi uygulanabilir. Bu yöntemin ilk adımında mevcut elastomer rijitlikleri kullanılarak yapılacak doğrusal hesaptan elde edilen elastomer yerdeğiştirmelerinin bırakılan boşluklardan daha küçük veya eşit olması halinde hesap sonuçlandırılacak, ancak daha büyük olması halinde eşdeğer elastomer rijitlikleri fiktif olarak uygun şekilde arttırılarak hesap tekrarlanacaktır. (5.4.5.3.b)

Interactive Database Editing - Link Property Definitions 02 - Linear

File Excel Edit View Options

Link Property Definitions 02 - Linear

	Link	DOF	Fixed	TransKE KN/m	RotKE KN-m/rad	TransRotKE KN/rad	TransCE KN-s/m	RotCE KN-m-s/rad	TransRotCE KN-s/rad	DJ m
1	A1-H	U1	No	3200000.			0.			
2	A1-H	U2	No	17000.			0.			0.035
3	A1-H	U3	No	1.000E+11			0.			0.035
4	A1-H	R1	No		0.			0.		
5	A1-H	R2	No		0.			0.		
6	A1-H	R3	No		0.			0.		
7	A2-H	U1	No	3200000.			0.			
8	A2-H	U2	No	12500.			0.			0.035
9	A2-H	U3	No	1.000E+11			0.			0.035
10	A2-H	R1	No		0.			0.		
11	A2-H	R2	No		0.			0.		
12	A2-H	R3	No		0.			0.		
13	P10-H	U1	No	3200000.			0.			
14	P10-H	U2	No	3571.			0.			0.035
15	P10-H	U3	No	1.000E+11			0.			0.035
16	P10-H	R1	No		0.			0.		
17	P10-H	R2	No		0.			0.		
18	P10-H	R3	No		0.			0.		
19	P10-S	U1	No	3200000.			0.			
20	P10-S	U2	No	1.000E+11			0.			0.035
21	P10-S	U3	No	1.000E+11			0.			0.035
22	P10-S	R1	No		0.			0.		

Undo Last Apply Apply to Model Done

Ötelenme rijitliği

A1-H : A1 kenarayağı
boyuna yönde
hareketli enine
yönde tutulu mesnet

P10-S : P10 ortaayağı
boyuna ve enine
yönde tutulu

Her bir mesnet sırası için yeni bir link elemanı tanımı- link eleman rijitliği ve deplasmanı takibi ile yapılan iterasyon

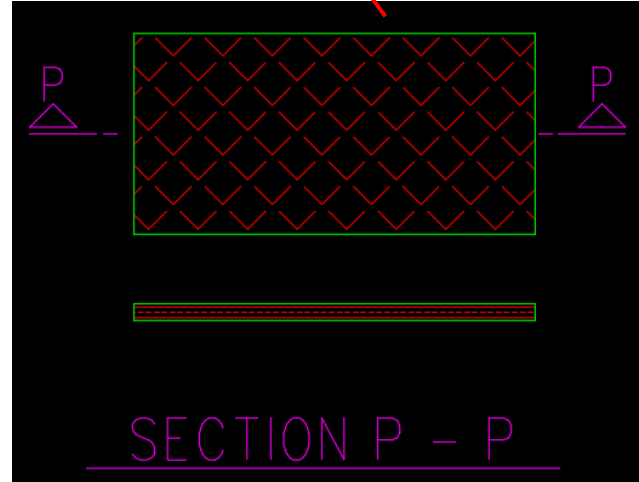
İkinci aşama köprü taşıyıcı sistemlerin modellenmesine ilişkin kurallar (Bölüm 5.4)

Link ID	Displacement (m)				U1	Stiffness (kN/m)	
	Max U2	Min U2	Max U3	Min U3		U2	U3
A1-H	0.100901	-0.122567	7.294E-08	-7.384E-08	3200000	17000	1E+11
P1-S	2.047E-07	-2.006E-07	0.000000124	-1.275E-07	3200000	1E+11	1E+11
P1-SS	1.888E-07	-0.000000193	1.255E-07	-1.304E-07	3200000	1E+11	1E+11
P2-H	0.088133	-0.055645	1.553E-07	-1.597E-07	3200000	4800	1E+11
P2-S	1.127E-07	-1.117E-07	1.555E-07	-1.624E-07	3200000	1E+11	1E+11
P3-H	0.080366	-0.049116	1.597E-07	-1.655E-07	3200000	3571	1E+11
P3-S	9.574E-08	-9.938E-08	0.000000155	-1.601E-07	3200000	1E+11	1E+11
P4-H	0.100859	-0.073165	1.108E-07	-1.126E-07	3200000	6000	1E+11
P4-S	1.343E-07	-1.399E-07	1.076E-07	-1.14E-07	3200000	1E+11	1E+11
P5-H	0.104151	-0.085052	0.000000128	-1.372E-07	3200000	13000	1E+11

Eşdeğer rijitlik

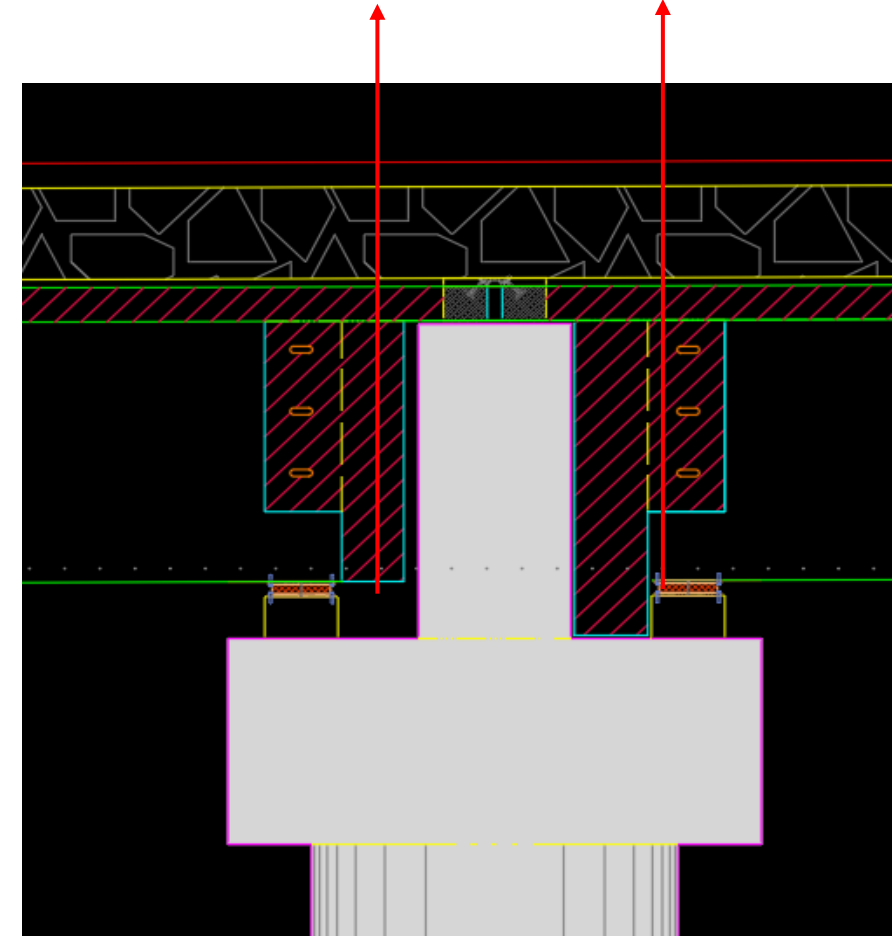
Deprem kombinasyonları sonucu oluşan link deplasmanları

Çelik levhasız elastomer



Boyuna yönde serbest bağlantı

Boyuna yönde tutulu bağlantı



Köprü zemin etkileşimi – Kazıklı temel (Bölüm 5.4.7)

Kenar ayak
ön duvar,
kanat duvarı,
alın duvarı

Kabuk
eleman

Etkin kesit rijitliği

Düzlem içi 0.5

Düzlem dışı 0.5

- Kenar ayaklar enine doğrultuda takozlar vasıtasıyla tabliyeyi mesnetleyen, boyuna doğrultuda ise elastomer mesnet veya kayıcı mesnetlerle tabliyenin hareketine izin veren köprü taşıyıcı elemanıdır.

Property/Stiffness Modification Factors

Kenar ayak ön duvar, kanat duvarı, alın duvarı – kabuk eleman

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	0.5
Membrane f22 Modifier	0.5
Membrane f12 Modifier	0.5
Bending m11 Modifier	0.5
Bending m22 Modifier	0.5
Bending m12 Modifier	0.5
Shear v13 Modifier	0.5
Shear v23 Modifier	0.5
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK Cancel

Stiffness Values Used For All Load Cases

☒ Stiffness Is Uncoupled

U1	U2	U3
3200000.	17000.	1.000E+11

Shear Distance from End J

U2	0.035
U3	0.035

Enine yönde rijit eleman

Eşdeğer boyuna rijitlik

İkinci aşamada deprem hesabı yöntemleri (Bölüm 5.5)

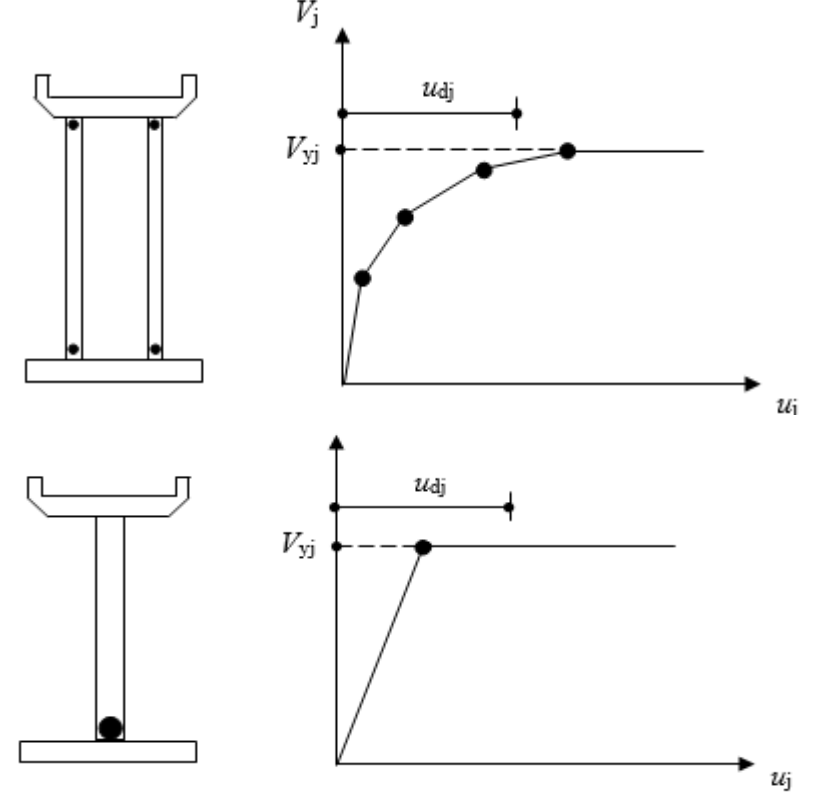
- ❑ Doğrusal hesap yöntemi ile köprü taşıyıcı sisteminin yerdeğiştirmeleri elde edildikten sonra, taşıyıcı sistem düzeyinde ‘eşit yerdeğiştirme kuralı’ esas alınır.
- ❑ Ortaayakta enine ve boyuna yönde ayrı ayrı itme analizi yapılır.
- ❑ Kazıklı kenarayaklarda enine yönde itme analizi yapılır.

Orta ayak yerdeğiştirme talebi (EK 5D)

Enine ve boyuna doğrultularda her bir ayak için elde edilen tepe yerdeğiştirmesinden yararlanılarak, değerlendirmeye esas doğrusal olmayan tepe yerdeğiştirmesi elde edilir.

$$u_{dj} = C_{Rj} u_{ej} \quad (\text{Denklem 5D.1})$$

- u_{dj} = Orta ayağın değerlendirmeye esas doğrusal olmayan tepe yerdeğiştirmesi
- C_{Rj} = Büyütme katsayısı
- u_{ej} = Orta ayağın doğrusal hesaptan bulunan yerdeğiştirmesi



Göz önüne alınan deprem doğrultusunda köprünün hakim doğal titreşim periyodu T_p 'nin köşe periyodu T_B 'den daha büyük ise eşit yerdeğiştirme kuralı gereğince $C_{Rj} = 1$

Köşe periyodundan (T_B) daha küçük ise büyütme katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_{Rj} = \frac{1 + (R_{yj} - 1) T_B / T_p}{R_{yj}} \geq 1$$

$$R_{yj} = \frac{V_{ej}}{V_{yj}}$$

- V_{ej} = Doğrusal hesaptan bulunan orta ayak kesme kuvveti (birinci aşama hesap)
- V_{yj} = Orta ayak itme hesabı sonucu elde edilen ayak akma dayanımı

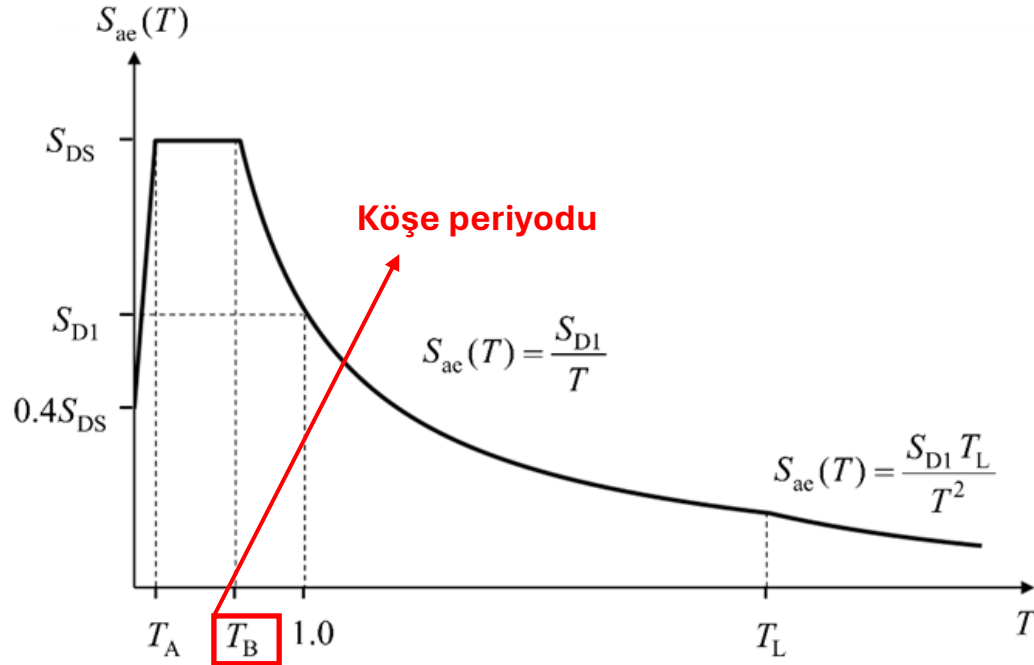
Orta ayak yerdeğiştirme talebi (EK 5D)

Boyuna yönde kütle katılımı sağlayan mod

Enine yönde kütle katılımı sağlayan mod

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Modal-Eigen	Mode	1	1.707626	0.14633	0.07115	0.00001453
Modal-Eigen	Mode	2	1.647993	0.13956	0.08019	0.00001297
Modal-Eigen	Mode	3	1.354838	0.00102	0.00028	5.547E-07
Modal-Eigen	Mode	4	1.200486	0.00047	0.00625	4.236E-07
Modal-Eigen	Mode	5	1.121974	0.000001261	0.08968	2.952E-08
Modal-Eigen	Mode	6	0.954193	0.00005655	0.00333	3.474E-07



Düğüm noktası

Kombinasyon

U_x

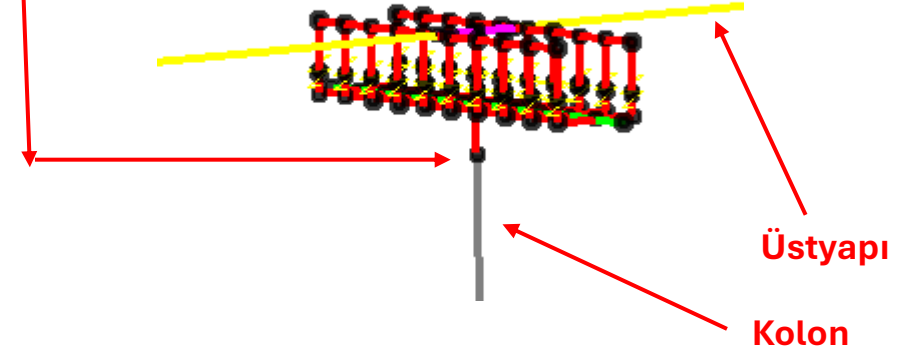
U_y

U_z

Ortaayak

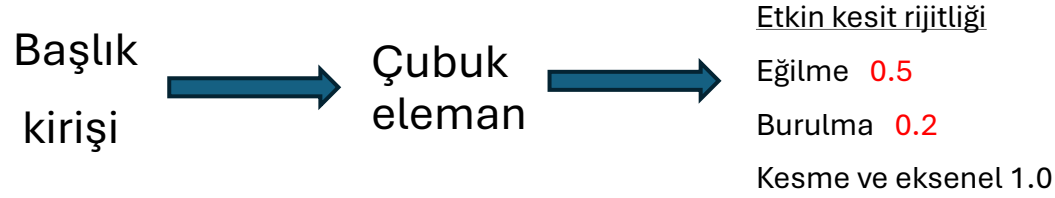
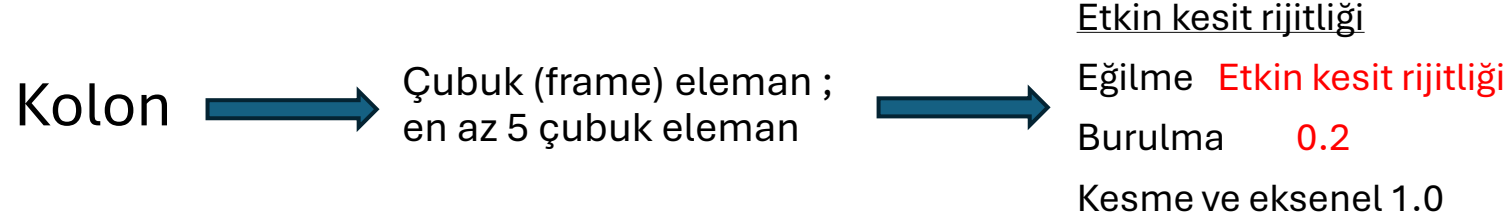
31271	DL+LL+EQ	Combinat	Max	0.132045	0.040335	-0.00411	P1
31271	DL+LL+EQ	Combinat	Min	-0.12718	-0.04116	-0.00594	
31271	DL+LL+0.3	Combinat	Max	0.060232	0.072354	-0.00461	
31271	DL+LL+0.3	Combinat	Min	-0.05536	-0.07318	-0.00544	
31271	0.9DL+H+E	Combinat	Max	0.134212	0.040151	-0.00348	
31271	0.9DL+H+E	Combinat	Min	-0.12501	-0.04134	-0.00532	
31271	0.9DL+H+E	Combinat	Max	0.061224	0.072821	-0.00399	
31271	0.9DL+H+E	Combinat	Min	-0.05437	-0.07271	-0.00481	

Hedef deplasman



Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

- ❑ Kolonların (ve varsa kazıkların) plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet taleplerinin elde edilmesi için yapılır.



- ❑ Tabliye kütleleri komşu açıklıklardaki kapsama boylarına göre kolon tepe noktalarına atanacaklardır.

Mass Source Data

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source

☐ Element Self Mass and Additional Mass
☒ Specified Load Patterns

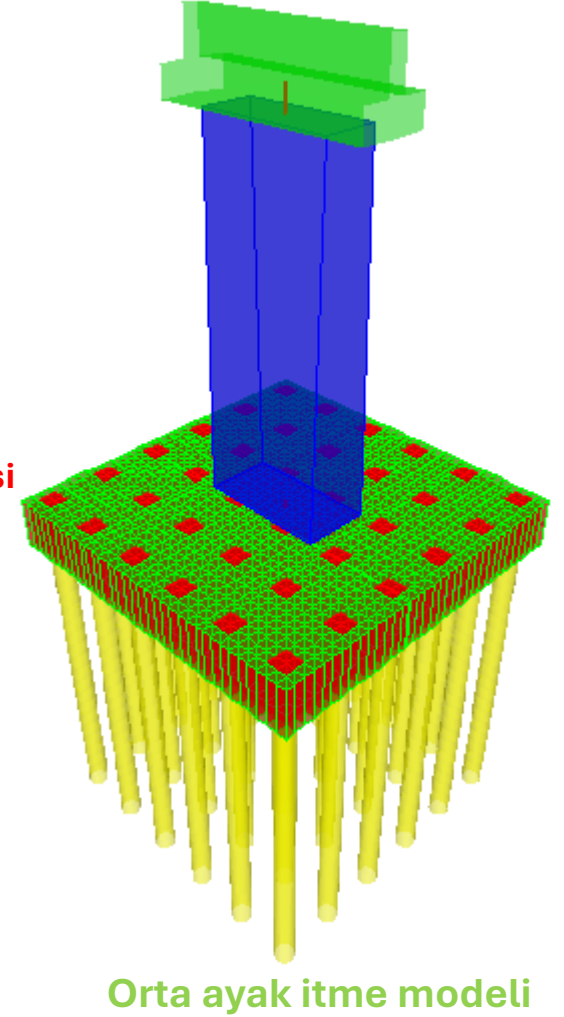
Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
DEAD	1.
DL_superstructure	1.
DEAD	1.

Add
Modify
Delete

Modal analiz yaparken kullanacağımız kütle matrisi

Zati yük, üstyapı zati yükü



Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

Plastik mafsalsalın çubuk elemanın üzerinde atanacağı yeri belirlemek için parametre

- ❑ Konsol olarak çalışan kolonlarda plastik mafsals, kolon tabanının $L_p/2$ kadar üstünde yığılı olarak tanımlanacaktır.
- ❑ ereve ayaklarda enine doğrultuda yapılacak itme hesabında her bir kolonun tepesinden ve tabanından $L_p/2$ kadar uzakta yığılı tanımlanacaktır.
- ❑ Başlık kirişi kapasite korunmalı eleman olarak kalacaktır. (Pasif mafsals kullanılabilir)
- ❑ Kazıklı temellerde, kazıklara plastik mafsals tanımlanacak ve kazıklara kinematik etkileşim hesabından bulunan eşdeğer zemin yayları kullanılacak.

Frame Hinge Assignment Data	
Hinge Property	Relative Distance
Auto	0
Auto P-M2-M3	0.0488

Assign Joint Springs

Spring Type

☒ Simple

☐ Advanced - Coupled 6x6 Spring

Modify/Show Advanced Spring Stiffness...

Spring Coordinate System

Direction Local

Simple Spring Stiffness

Translation 1	37889	kN/m
Translation 2	37889	kN/m
Translation 3	13102	kN/m
Rotation about 1	0	kN-m/rad
Rotation about 2	0	kN-m/rad
Rotation about 3	0	kN-m/rad

Eşdeğer doğrusal p-y yayı (Kinematik analiz)

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type

Idealized Flexural Hinge

Degree of Freedom

☐ M2 ☐ P-M2

☐ M3 ☐ P-M3

☐ M2-M3 ☒ P-M2-M3

Miscellaneous Data

Hinge Length 1.95

☒ Use Idealized (Bilinear) Moment-Curvature Curve

Design Code Caltrans

Interaction Data

Total Number of PM Curves 60

Max Num Points on Each PM Curve 50

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity

☒ Drops Load After Point E

☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Plastik mafsals boyu

t-z ya da Q-Z yayı başlangı doğrusal rijitliği

Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

- İtme hesabından önce taşıyıcı sistem düşey (ölü) yüklerin altında hesaplanacak ve bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler itme hesabında başlangıç değerleri olarak atanacaktır.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Initial_Load [Set Def Name]

Notes: [Modify/Show...]

Initial Conditions:
☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case [v]
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:
All Modal Loads Applied Use Modes from Case [Modal-Eigen v]

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern v	DEAD v	1.
Load Pattern	DEAD	1.
Load Pattern	DL_superstructure	1.
Load Pattern	EV	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:
Load Application: Full Load [Modify/Show...]
Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]
Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]
Analysis Type:
☐ Linear
☒ Nonlinear
Geometric Nonlinearity Parameters:
☐ None
☒ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements
Mass Source: Previous [v]

[OK] [Cancel]

Doğrusal olmayan statik analiz

P-delta etkisi

Ölü yükler altında taşıyıcı sistem

Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

- ❑ Göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim mod şekli ile orantılı modal yüklerin etkisi altında artımsal statik yöntemle itme analizi yapılacaktır.
- ❑ Kazıklı temel durumunda kazıkların kazık başlığı ile birleşiminde plastik mafsallar oluşabilir.

İtme analizi öncesi
ölü yüklerin altında
yapılan statik analiz

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Modal-Eigen	Mode	1	1.278639	0.43566	8.729E-19	1.515E-08
Modal-Eigen	Mode	2	0.784464	3.753E-19	0.54923	6.692E-12
Modal-Eigen	Mode	3	0.277662	0.54821	2.895E-16	6.041E-07
Modal-Eigen	Mode	4	0.253238	8.972E-15	0.44133	4.24E-11
Modal-Eigen	Mode	5	0.244355	1.111E-11	0.00025	2.732E-14
Modal-Eigen	Mode	6	0.169304	9.466E-07	7.794E-12	0.98492

Modal analiz sonucu boyuna
kütle katılım sağlayan mod

Results Saved for Nonlinear Static Load Cases

Results Saved

☐ Final State Only ☒ Multiple States

For Each Stage

Minimum Number of Saved States: 20

Maximum Number of Saved States: 100

☒ Save positive Displacement Increments Only

OK Cancel

Her adımda sonuçlar kaydedilir

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Push-X

Load Case Type: Static

Analysis Type: ☒ Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters: ☒ P-Delta

Mass Source: Previous

Initial Conditions: ☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1.
Mode	1	1.

Artımsal yük şekli = Mod 1

Other Parameters

Load Application	Displ Control
Results Saved	Multiple States
Nonlinear Parameters	Default

OK Cancel

Analiz hedef deplasmana
kadar devam edecek.

Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

- ❑ Ayak tanımlanan ‘hedef yerdeğiştirme’ye kadar itilerek deprem talebine karşı gelen kolon plastik dönmeleri ve kazıklı temel durumunda ,eğer varsa, kazık plastik mafsalsal dönmeleri elde edilecektir.

Deplasman kontrollü itme analizi

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of

Monitored Displacement

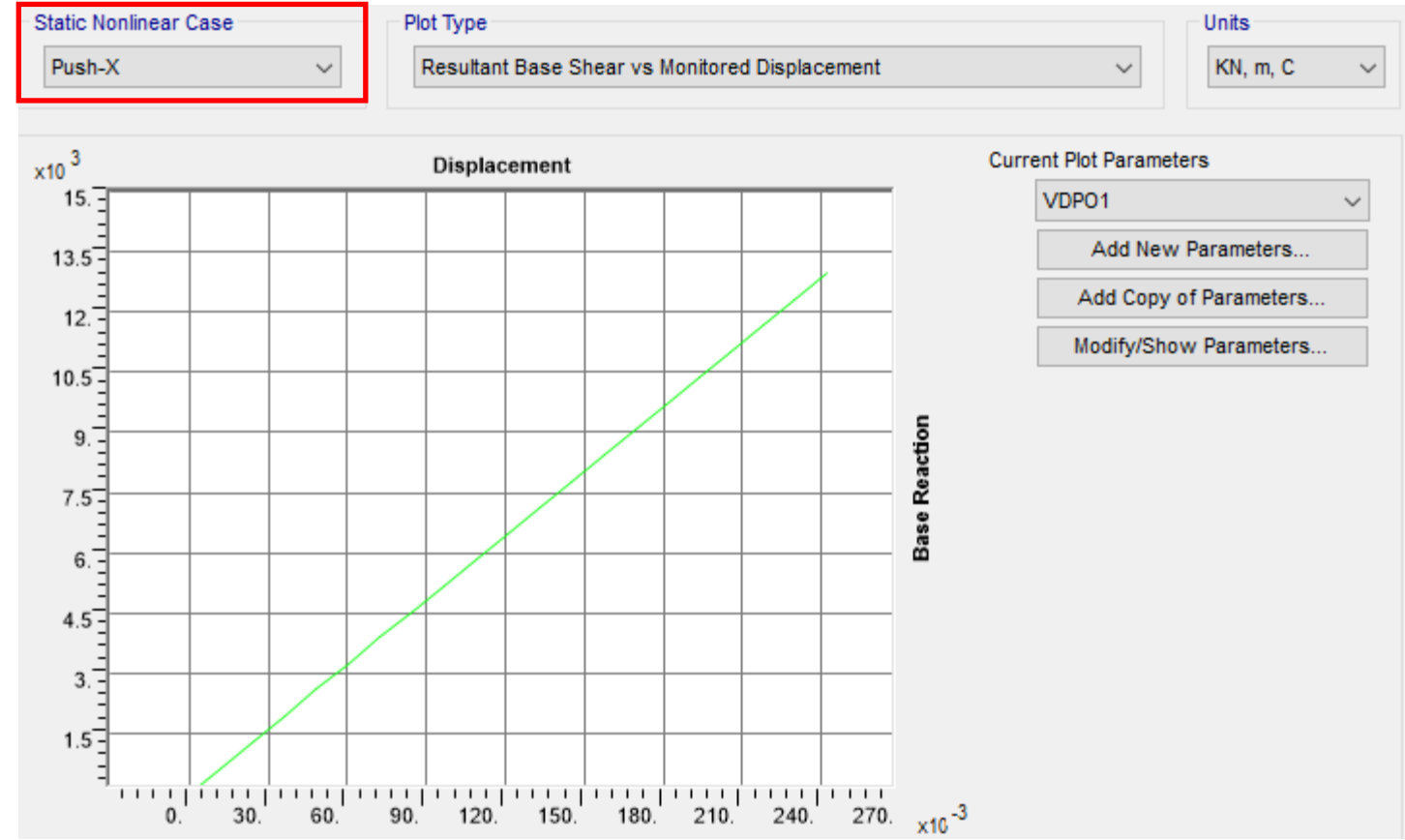
☒ DOF

☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements

Deplasman kontrollü yapılacak doğrultu

Deplasman kontrollü yapılacak düğüm noktası (kolon tepe noktası)



Taban kesme – deplasman eğrisi

Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

- Kolon kesme kuvvetleri ve eksenel kuvvetleri ile başlık kirişindeki ve kazıklardaki iç kuvvetler ise , ayakta tüm mafsalların oluştuğu mekanizma durumuna karşı gelen kuvvetler olarak elde edilecektir.

Deplasman kontrollü itme analizi

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of

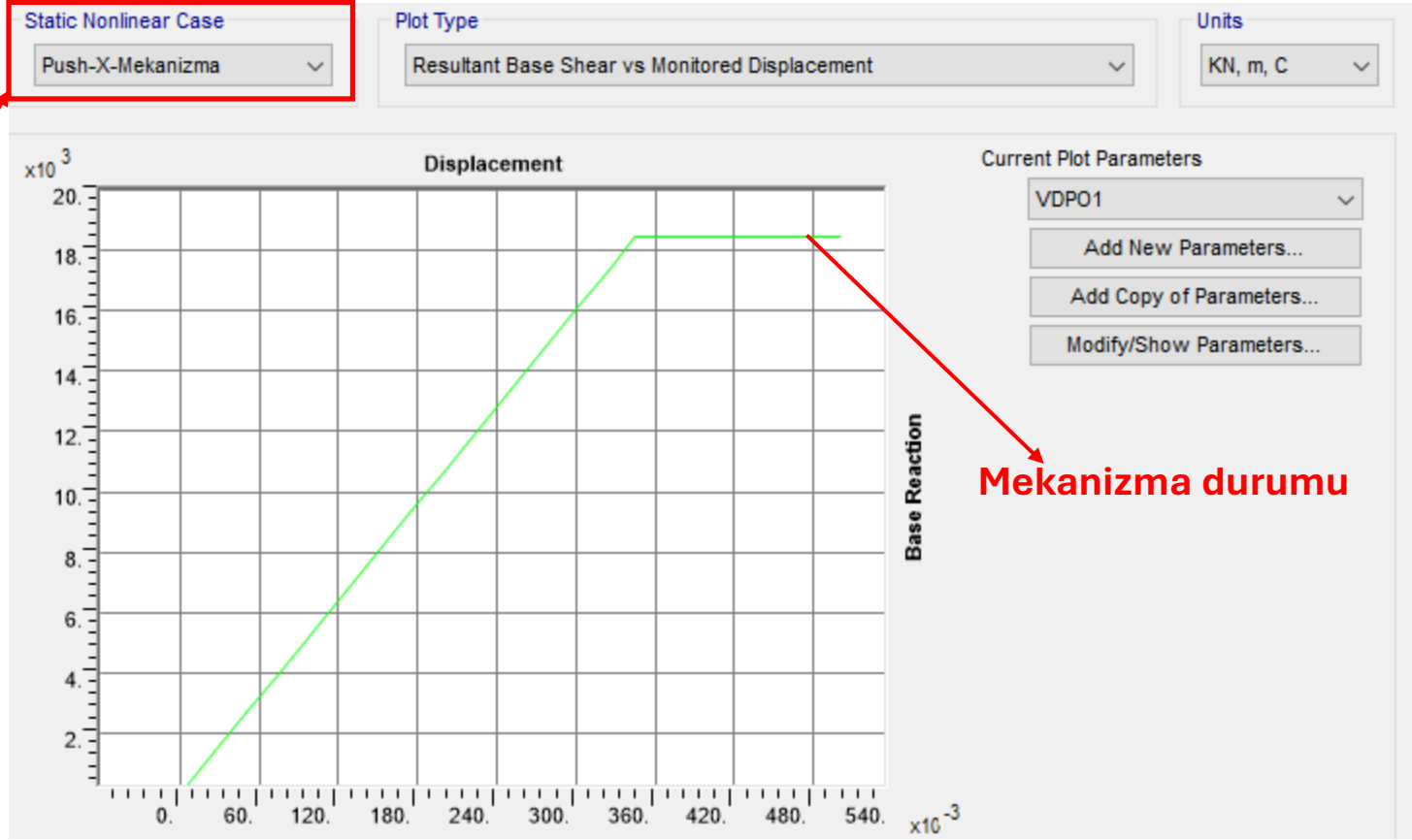
Monitored Displacement

☒ DOF

☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements

Mekanizma durumu
oluşturacak deplasman



Mekanizma durumu

Deplasman kontrollü
yapılacak doğrultu

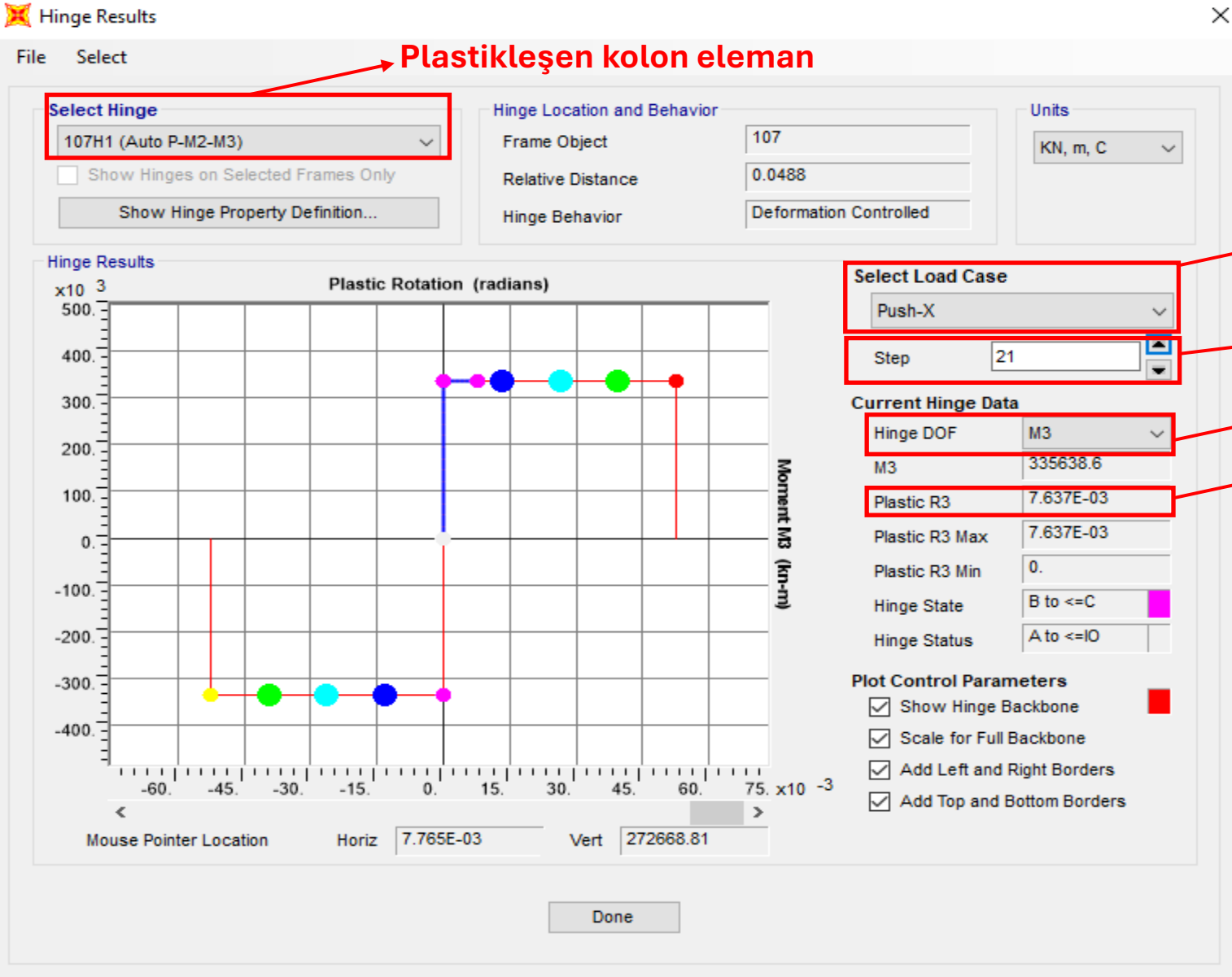
Deplasman kontrollü yapılacak düğüm
noktası (kolon tepe noktası)

Taban kesme – deplasman eğrisi

Dipnot :Daha büyük tesirler oluştuğu senaryo için, kapasite korunmalı elemanlar güvence altına alınır.

Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

- ❑ Ayak tanımlanan ‘hedef yerdeğiştirme’ye kadar itilerek deprem talebine karşı gelen kolon plastik dönmeleri ve kazıklı temel durumunda ,eğer varsa, kazık plastik mafsalsal dönmeleri elde edilecektir.



Plastikleşen kolon eleman

Boyuna itme analizi (hedef deplasmana kadar)

İtme analizi son adım

İtme analizi yönündeki moment

Plastik dönme miktarı

İtme adımları boyunca kolondaki eksenel kuvvet değişmediği için kolonda hep aynı moment dönme ilişkisi analizde kullanılmıştır.

Plastik dönme kapasiteleri (Bölüm 5.6.2)

❑ Plastik dönme talepleri plastik dönme kapasiteleri ile karşılaştırılır.

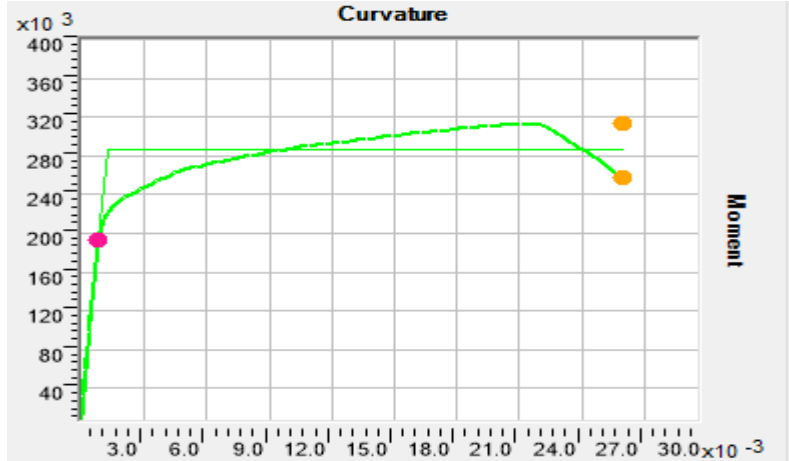
Kontrollü hasar performans hedefi

$$\theta_p^{(KH)} = (0.5 \phi_u - \phi_Y) L_p \quad (\text{Denklem 5.10})$$

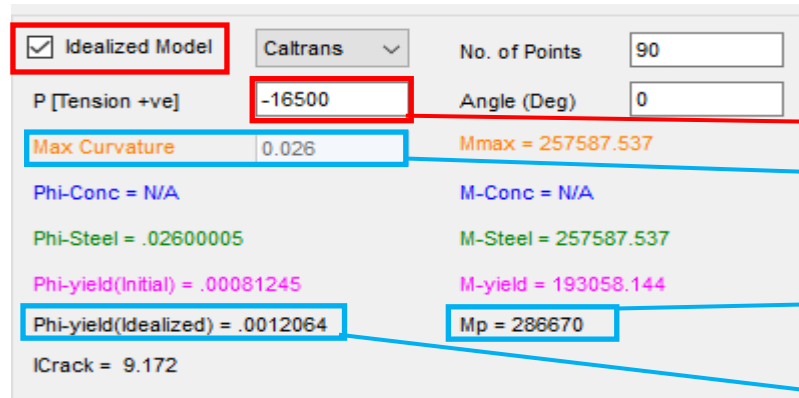
Göçmenin önlenmesi performans hedefi

$$\theta_p^{(GÖ)} = (0.67 \phi_u - \phi_Y) L_p \quad (\text{Denklem 5.10})$$

- ϕ_u = Eksenel kuvvet etkisi altında hesaplanan maksimum eğrilik
- ϕ_Y = Etkin akma eğriliği
- L_p = Plastik mafsal boyu
- $\theta_p^{(KH)}, \theta_p^{(GÖ)}$ = Performans hedeflerine karşı gelen plastik mafsal dönme kapasiteleri



Toplam eğrilik = Plastik eğrilik + elastik eğrilik

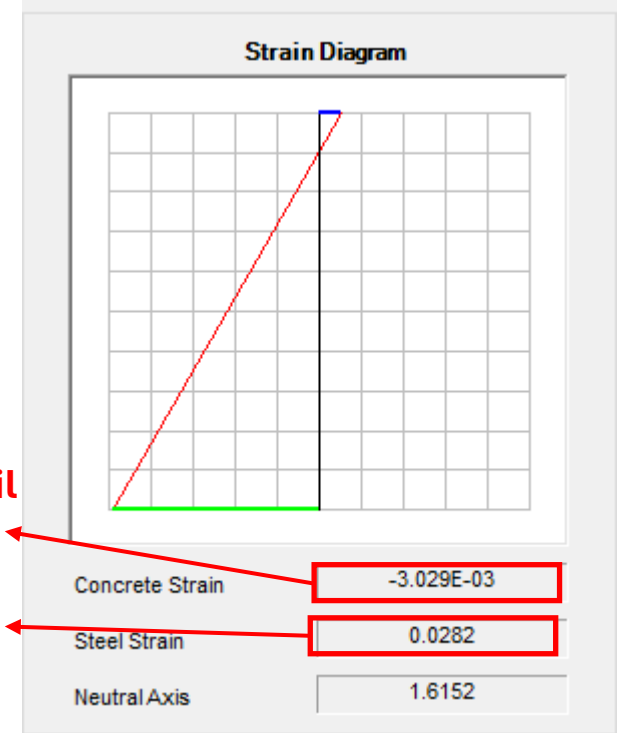


Kesitteki eksenel kuvvet

Maksimum eğrilik

Etkin akma momenti

Etkin akma eğriliği

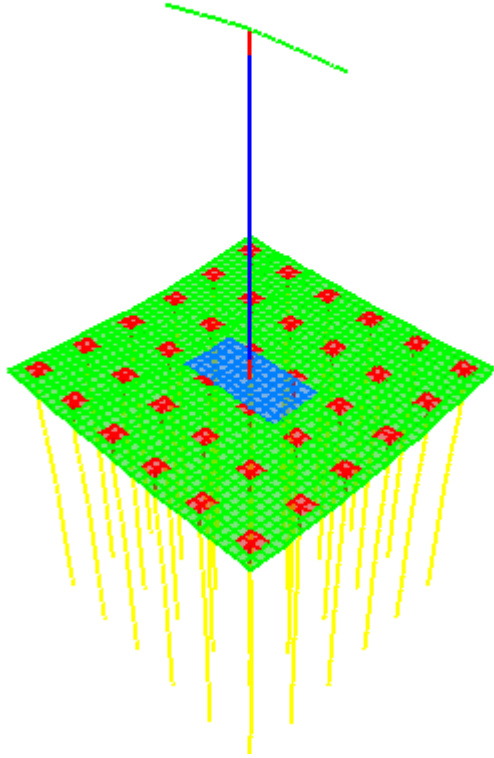


Beton birim şekil değiştirme

Çelik birim şekil değiştirme

Orta Ayak itme hesabı (EK 5C)

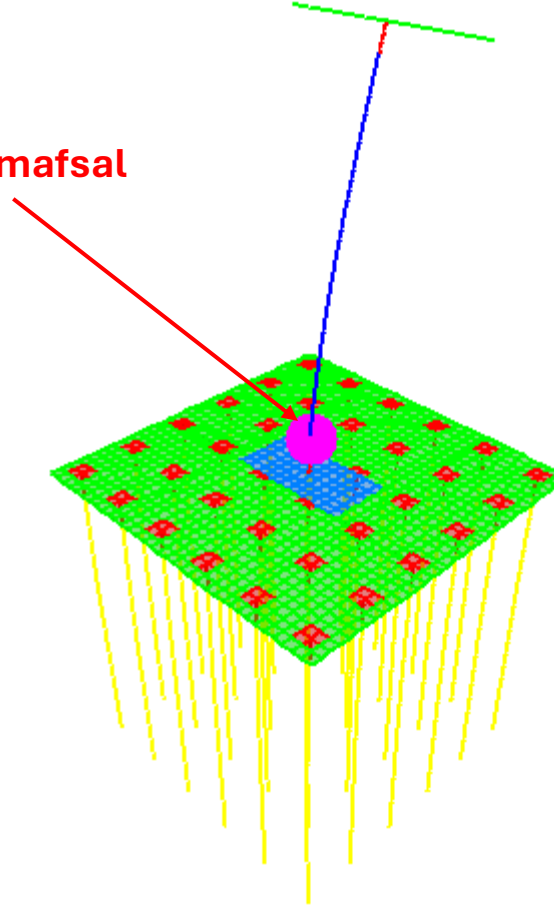
İtme sıfırncı adım



Düşey ölü yüklerin
etkisi altında

İtme son adım

Plastik mafsall

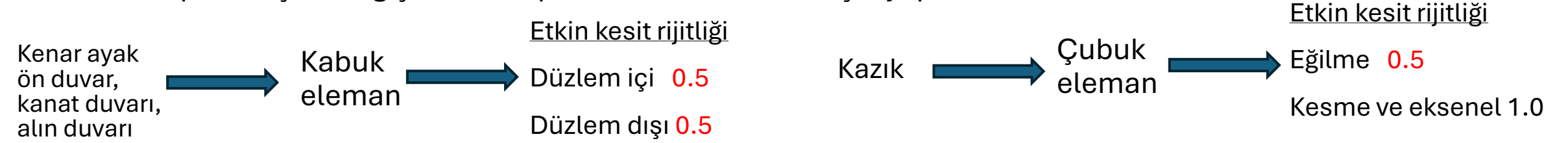


Boyuna itme analizi



Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)

- ❑ Kazıklı kenarayaklarda enine doğrultudaki deprem etkisi altında kenar ayak elemanlarının iç kuvvet talepleri ile kazıkların plastik şekildeğiştirme taleplerinin elde edilmesi için yapılır.



- ❑ Kenar ayak itme hesabında göz önüne alınacak tabliye kütleleri, komşu açıklığın yarısına karşı gelen kütle olarak kenar ayak takozlarının bulunduğu düğüm noktalarına atanacaktır.
- ❑ Kazık başlığının kütlelerine ek olarak kenar ayak ön,kanat ve alın duvarları ile arka zemin dolgusunun da kütleleri göz önüne alınacaktır.

Mass Source Data

Kütle matrisi

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source

☐ Element Self Mass and Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
DEAD	1.
DL_superstructure	1.
EV_back	1.
DEAD	1.

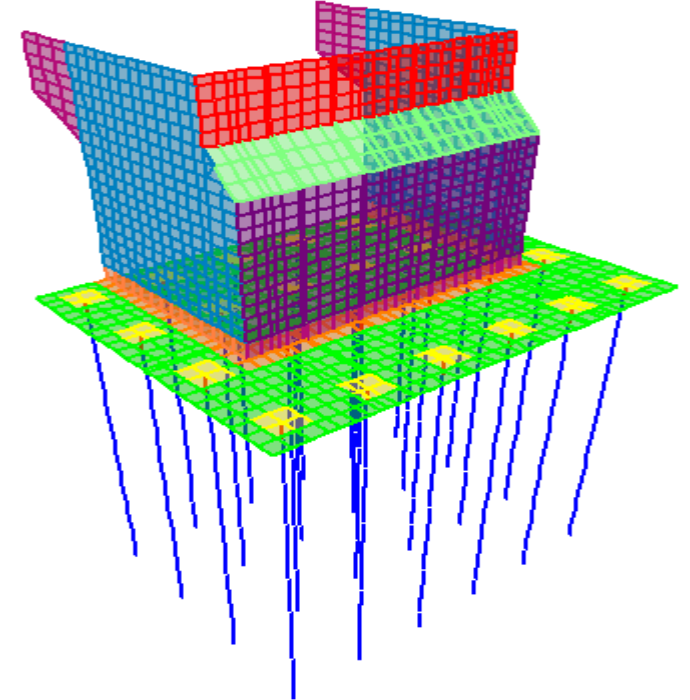
Add

Modify

Delete

Modal analiz yaparken
kullanacağımız kütle matrisi

Zati yük, üstyapı zati
yükü, arka dolgu yükü



Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)

- ❑ Kazıklarda plastik mafsal oluşumu göz önüne alınacak ve kazıklara eşdeğer-doğrusal zemin yayları kullanılacaktır.

Kesit boyutları

Paspayı beton kalınlığı

Kazık beton sınıfı

Spiral donatı ile sargılı olduğu için core concrete sekmesinde mander-confined(C) kısmını seçiyoruz.

Caltrans Section Properties - Round

Geometry

Chamfer: 0.0625

Height: 1.2

Width: 1.2

Rotation: 0

☐ Small Base Dimensions

Base Height: 1.2

Base Width: 1.2

No. of Cores: 1

Casing

Thickness: 0

Longit. Factor: 0

Rings

No. of Rings: 1

Ring1 Cover: 0.075

Ring2 Cover:

Ring3 Cover:

(0.7881,-0.6141)

Region	Ring	No. of Bundles	Bundle Type	Bar No.	Area	Material	Conf. Type	Spacing	Bar No.	Area	Material
Core1	Ring1	24	Single	N32	0.0008	B420C	Spiral	0.06	N12	0.0001	B420C
Prestress		0	Tendon	N/A	0.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Casing		N/A	Casing	N/A	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Concrete Model

Material: C25

Core Concrete

Other Concrete

Mander-Unconfined

Mander-Confined

Mander-Confined(C)

Mander-Confined(R)

OK

Cancel

Boyuna donatı adeti

Boyuna donatı çapı

Boyuna donatı çelik sınıfı

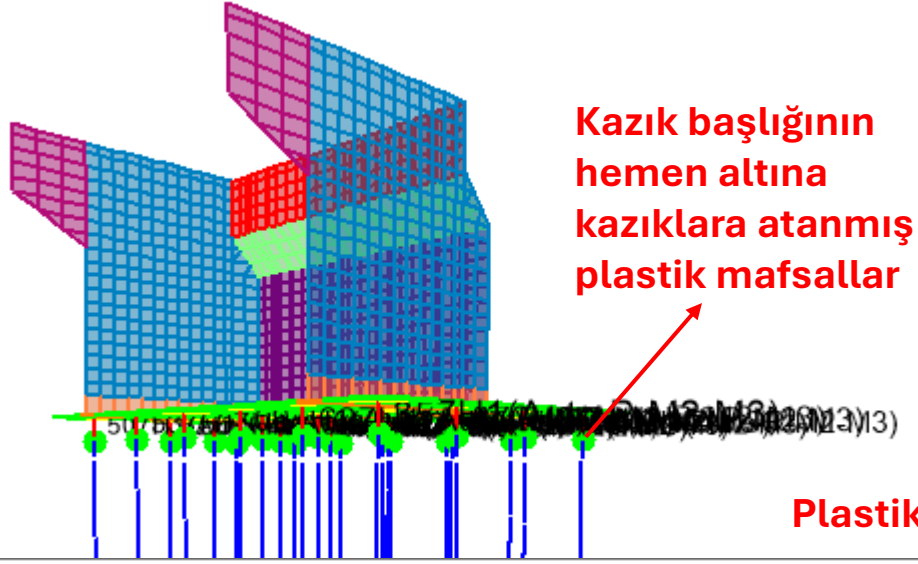
Enine sargı çeşidi

Sargı aralığı

Enine sargı donatısı çapı

Sargı donatısı çelik sınıfı

Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)



Eşdeğer doğrusal p-y yayı (Kinematik analiz)

t-z ya da Q-Z yayı başlangıç doğrusal rijitliği

Plastik mafsalsal boyu

Assign Joint Springs

Spring Type

☒ Simple

☐ Advanced - Coupled 6x6 Spring

Modify/Show Advanced Spring Stiffness...

Spring Coordinate System

Direction Local

Simple Spring Stiffness

Translation 1	25789	kN/m
Translation 2	24873	kN/m
Translation 3	12543	kN/m
Rotation about 1	0	kN-m/rad
Rotation about 2	0	kN-m/rad
Rotation about 3	0	kN-m/rad

Plastik mafsalsalın çubuk elemanın üzerinde atanacağı yeri belirlemek için parametre

Assign Frame Hinges

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0
Auto P-M2-M3	0

Add Hinge...

Modify/Show Auto Hinge...

Delete Hinge

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type

Idealized Flexural Hinge

Degree of Freedom

☐ M2 ☐ P-M2

☐ M3 ☐ P-M3

☐ M2-M3 ☒ P-M2-M3

Miscellaneous Data

Hinge Length 0.71

☒ Use Idealized (Bilinear) Moment-Curvature Curve

Design Code Caltrans

Interaction Data

Total Number of PM Curves 40

Max Num Points on Each PM Curve 50

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity

☒ Drops Load After Point E

☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)

- İtme hesabından önce kenar ayak taşıyıcı sistemi düşey (ölü) yüklerin etkisi altında hesaplanacak ve bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler itme hesabında başlangıç değerleri olarak kullanılacaktır.
- Kenar ayak itme hesabı, kenar ayak taşıyıcı sisteminin enine doğrultudaki hakim mod şekli ile orantılı modal yüklerin altında artımsal statik yöntemle yapılacaktır. Başlangıçtaki elastik davranış esas alınarak hesaplanan mod şekli itme hesabı boyunca sabit kabul edilir.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name
Push-Y

Initial Conditions
☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Modal Load Case
All Modal Loads Applied Use Modes from Case

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	2	-1.
Mode	2	-1.

Other Parameters

Load Application	Displ Control
Results Saved	Multiple States
Nonlinear Parameters	Default

Load Case Type
Static

Analysis Type
☐ Linear
☒ Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters
☐ None
☒ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source
Previous

Buttons: Set Def Name, Modify/Show..., Design..., Add, Modify, Delete, OK, Cancel

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Modal-Eigen	Mode	1	0.342972	0.77997	5.057E-13	0.01744
Modal-Eigen	Mode	2	0.31192	8.089E-13	0.83887	7.295E-14
Modal-Eigen	Mode	3	0.191567	7.135E-13	0.00089	3.266E-13
Modal-Eigen	Mode	4	0.172976	0.06694	6.938E-13	0.87661
Modal-Eigen	Mode	5	0.145776	0.04438	1.13E-10	0.03285

İtme analizi öncesi
ölü yüklerin altında
yapılan statik analiz

Modal analiz sonucu
enine kütle katılım
sağlayan mod

Artımsal yük şekli = Mod 2

Analiz hedef deplasmana kadar
devam edecek.

Her adımda sonuçlar kaydedilir

Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)

- ❑ Kenar ayak itme hesabı, kenar ayak taşıyıcı sisteminin enine doğrultudaki hakim mod şekli ile orantılı modal yüklerin altında artımsal statik yöntemle yapılacaktır. Başlangıçtaki elastik davranış esas alınarak hesaplanan mod şekli itme hesabı boyunca sabit kabul edilir.

Deplasman kontrollü itme analizi

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of

Monitored Displacement

☒ DOF

☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements

Results Saved for Nonlinear Static Load Cases

Results Saved

☐ Final State Only

☒ Multiple States

For Each Stage

Minimum Number of Saved States

Maximum Number of Saved States

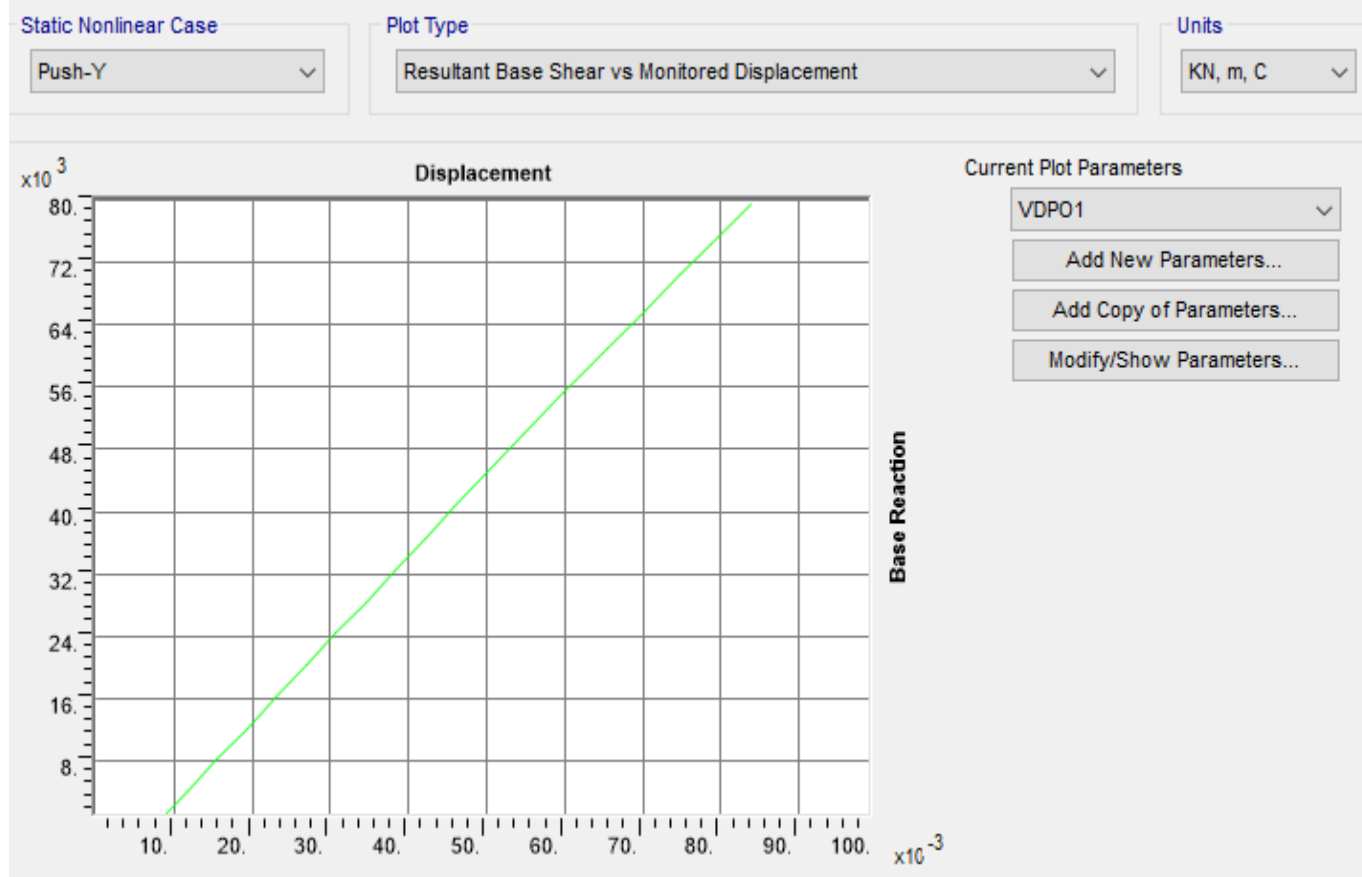
☒ Save positive Displacement Increments Only

Deplasman kontrollü yapılacak doğrultu

Deplasman kontrollü yapılacak düğüm noktası (parapet)

Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)

- Enine doğrultuda artımsal olarak uygulanan modal yüklerin etkisi altında kazıkların kazık başlığı ile birleşiminde plastik mafsalların ardışık olarak meydana geldiği itme hesabı sonucunda, düşey eksen kenar ayak kesme kuvveti ve yatay eksen tabliye-kenar ayak birleşim noktasının yerdeğiştirmesi olan çok-doğrulu ayak itme eğrisi çizilecektir.



Taban kesme – deplasman eğrisi

TABLE: Pushover Capacity Curve

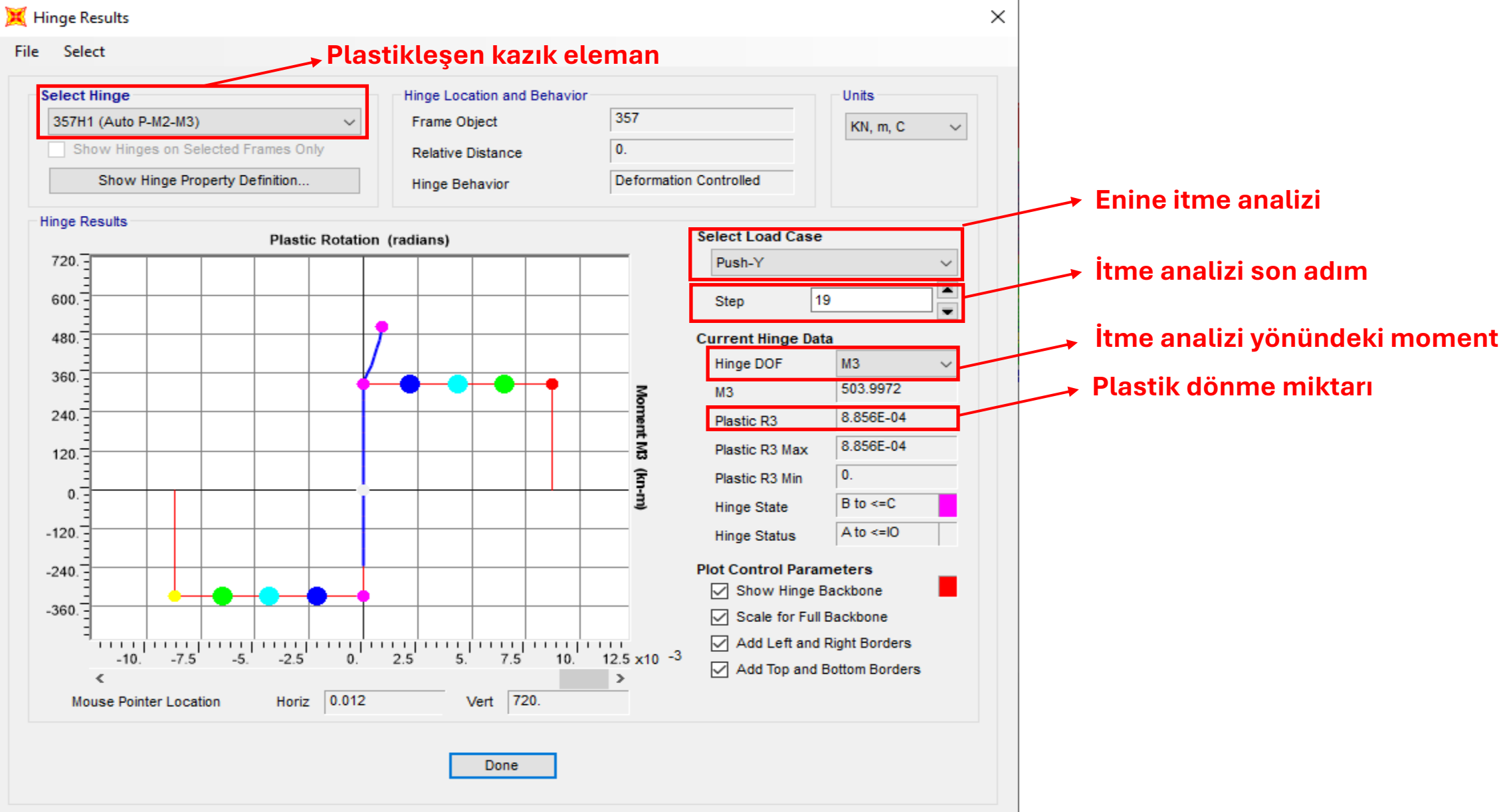
LoadCase	Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	Total
Text	Unitless	m	KN	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Push-Y	0	0.007937	0	24	0	0	0	24
Push-Y	1	0.011737	4058.79	24	0	0	0	24
Push-Y	2	0.015537	8117.579	24	0	0	0	24
Push-Y	3	0.019337	12176.367	24	0	0	0	24
Push-Y	4	0.023137	16235.153	24	0	0	0	24
Push-Y	5	0.026937	20293.938	24	0	0	0	24
Push-Y	6	0.030737	24352.722	24	0	0	0	24
Push-Y	7	0.034537	28411.504	24	0	0	0	24
Push-Y	8	0.038337	32470.284	24	0	0	0	24
Push-Y	9	0.042137	36529.063	24	0	0	0	24
Push-Y	10	0.045937	40587.84	24	0	0	0	24
Push-Y	11	0.049737	44646.614	23	1	0	0	24
Push-Y	12	0.053537	48690.966	22	2	0	0	24
Push-Y	13	0.054691	49912.116	20	4	0	0	24
Push-Y	14	0.059876	55326.094	18	6	0	0	24
Push-Y	15	0.065463	61083.857	16	8	0	0	24
Push-Y	16	0.070286	65972.328	13	11	0	0	24
Push-Y	17	0.074787	70485.601	11	13	0	0	24
Push-Y	18	0.078587	74254.548	11	13	0	0	24
Push-Y	19	0.083937	79520.655	8	16	0	0	24

Plastikleşen
kazık sayısı

Toplam kazık
sayısı

Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)

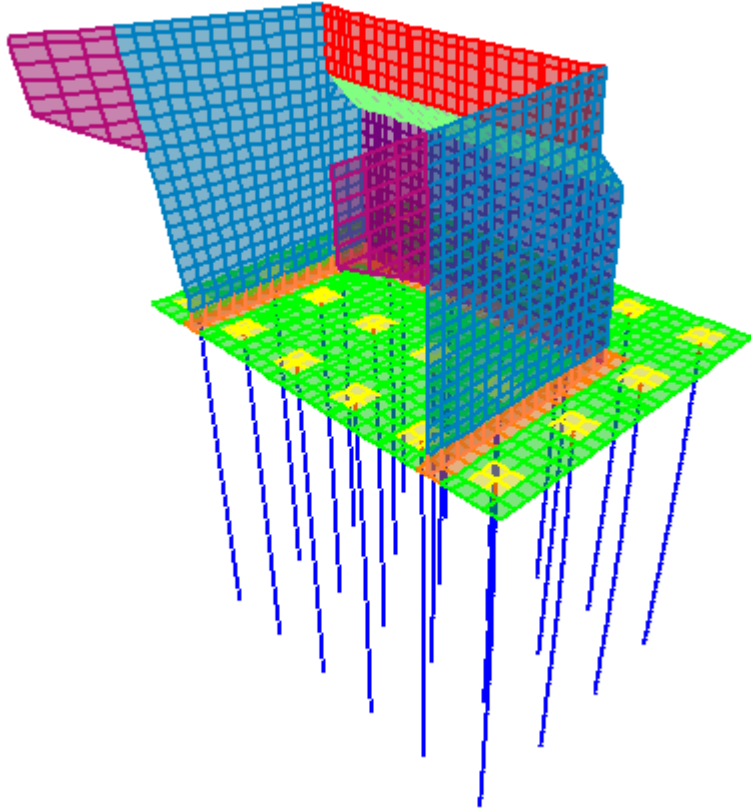
- ❑ Kenar ayak tanımlanan ‘hedef yerdeğiştirme’ye kadar itilerek deprem talebine karşı gelen kazık plastik mafsalları dönme miktarı ile kenar ayağın diğer elemanlardaki iç kuvvetler elde edilecektir.



Kenar Ayak itme hesabı (EK 5C)

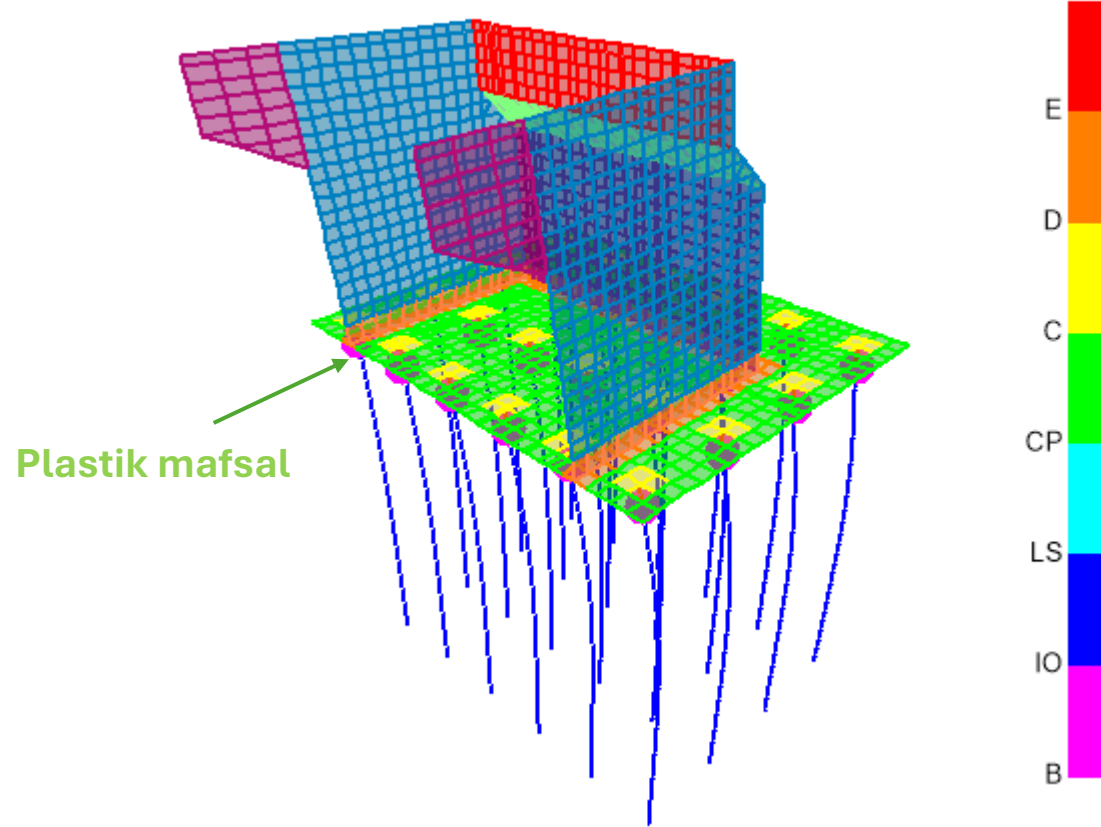
- Kenar ayak tanımlanan ‘hedef yerdeğiştirme’ye kadar itilerek deprem talebine karşı gelen kazık plastik mafsalları dönme ile kenar ayağın diğer elemanlardaki iç kuvvetler elde edilecektir.

İtme sıfırncı adım



Düşey ölü yüklerin
etkisi altında

İtme son adım



Enine itme analizi



Birim şekildeğiştirme kapasiteleri (Bölüm 5.6.1)

❑ Performans hedefleri (kontrollü hasar, göçmenin önlenmesi) göre beton ve çeliğin birim şekil değıştirme kapasiteleri tanımlanır. Yıgılı plastik şekildeğiştirme durumunda, hesaptan elde edilen plastik dönme talepleri ile plastik dönme kapasiteleri karşılaştırılır.

Dikdörtgen kesitli kesitlerde;

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 + 0.04\sqrt{k_e \omega_s}$$

Dairesel kesitli kesitlerde;

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 + 0.07\sqrt{k_e \omega_s}$$

$$\omega_s = \rho_s \frac{f_{ywe}}{f_{ce}}$$

- ε_{cu} = Sargılı betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirme
- k_e = Sargılama etkinlik katsayısı
- ω_s = Mekanik enine hacimsel donatı oranı
- ρ_s = Enine hacimsel donatı oranı
- f_{ywe} = Enine donatının ortalama akma dayanımı
- f_{ce} = Beton ortalama akma dayanımı

Donatı çeliğinde maksimum dayanıma karşı gelen birim şekildeğiştirme; $\varepsilon_{su} = 0.08$

Kontrollü hasar performans hedefleri

$$\varepsilon_{cu}^{(KH)} = 0.5 \varepsilon_{cu} \leq 0.0135$$

$$\varepsilon_{su}^{(KH)} = 0.5 \varepsilon_{su} = 0.04$$

(Denklem 5.8-9)

Göçmenin önlenmesi performans hedefleri

$$\varepsilon_{cu}^{(GÖ)} = 0.67 \varepsilon_{cu} \leq 0.018$$

$$\varepsilon_{su}^{(GÖ)} = 0.67 \varepsilon_{su} = 0.053$$

(Denklem 5.8-9)

Plastik dönme kapasiteleri (Bölüm 5.6.2)

❑ Plastik dönme talepleri plastik dönme kapasiteleri ile karşılaştırılır. (Azaltılmış şekil değiştirme kapasitesi)

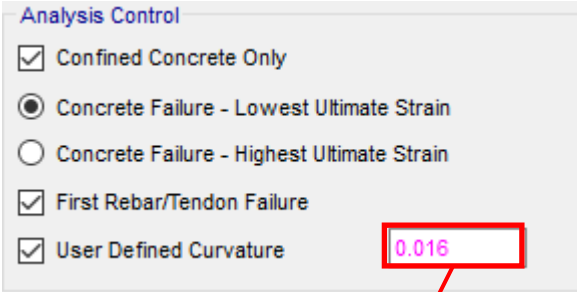
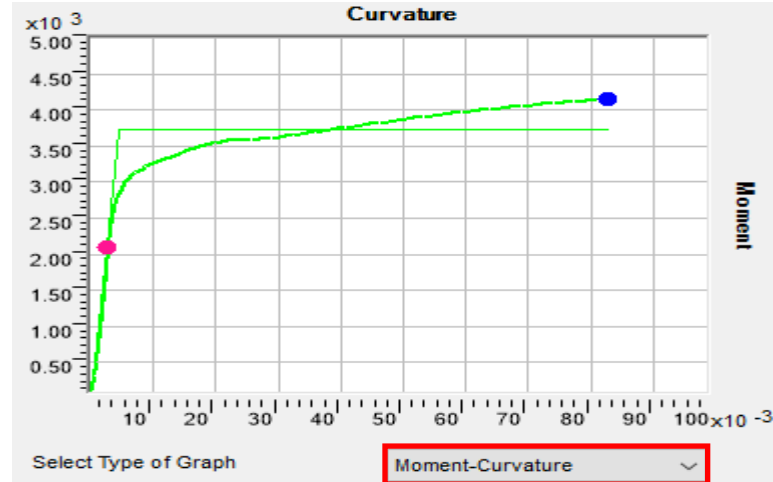
Kontrollü hasar performans hedefi

$$\theta_p^{(KH)} = (0.5 \phi_u - \phi_Y) L_p \quad (\text{Denklem 5.10})$$

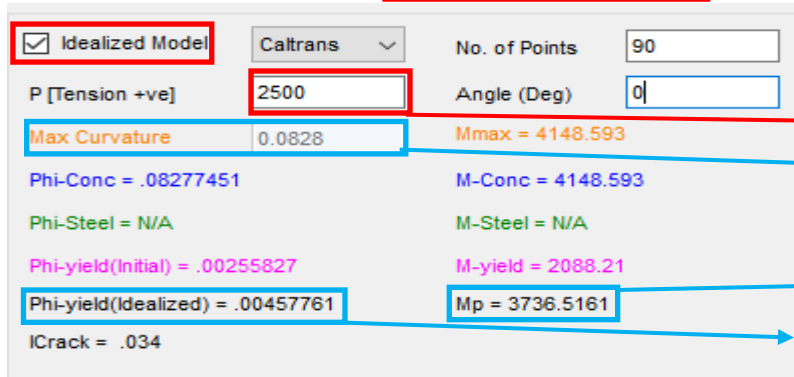
Göçmenin önlenmesi performans hedefi

$$\theta_p^{(GÖ)} = (0.67 \phi_u - \phi_Y) L_p \quad (\text{Denklem 5.10})$$

- ϕ_u = Eksenel kuvvet etkisi altında hesaplanan maksimum eğrilik
- ϕ_Y = Etkin akma eğriliği
- L_p = Plastik mafsal boyu
- $\theta_p^{(KH)}, \theta_p^{(GÖ)}$ = Performans hedeflerine karşı gelen plastik mafsal dönme kapasiteleri



Toplam eğrilik = Plastik eğrilik + elastik eğrilik



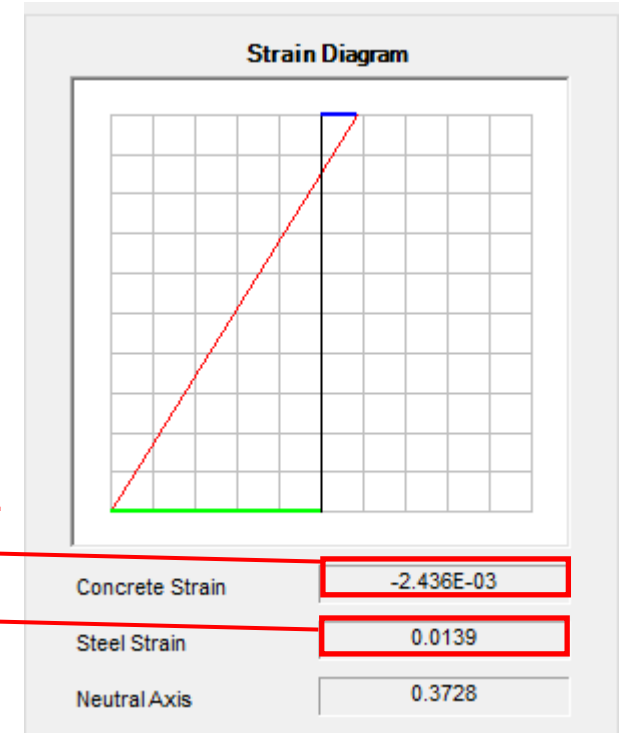
Kesitteki eksenel kuvvet

Maksimum eğrilik

Etkin akma momenti

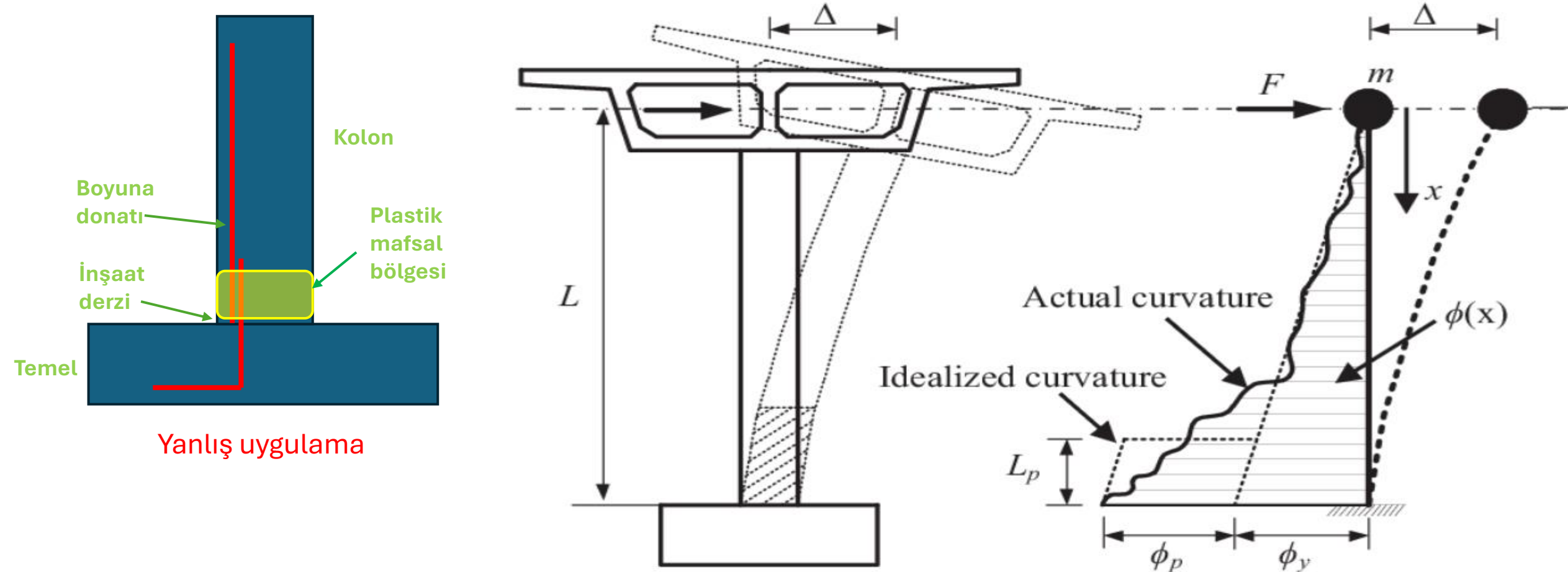
Etkin akma eğriliği

Beton birim şekil değiştirme
Çelik birim şekil değiştirme



Plastik dönme kapasiteleri (Bölüm 5.6.2)

- ❑ Buradaki plastik şekil değiştirme kapasitelerinin kullanılabilmesi için, bindirmeli donatı eklerinin plastik mafsallık etki bölgesinden yeteri kadar uzakta yapılmış olması gereklidir.
 - ❑ Plastik mafsallık etki bölgesinin uzunluğu maksimum kesit boyutunun 1.5 katının ve plastik mafsallık boyunun büyüğü olarak alınacaktır.
- Lap splice is not desirable for seismic performance because: (AASHTO LRFD 9th Edition – C5.11.4.1.6)
- The splice occurs in potential plastic hinge region where requirements for bond are critical and
 - Lapping the main reinforcement will tend to concentrate plastic deformation close to the base and reduce the effective plastic hinge length as a result of stiffening of the column over the lapping region. This may result in a severe local curvature demand.

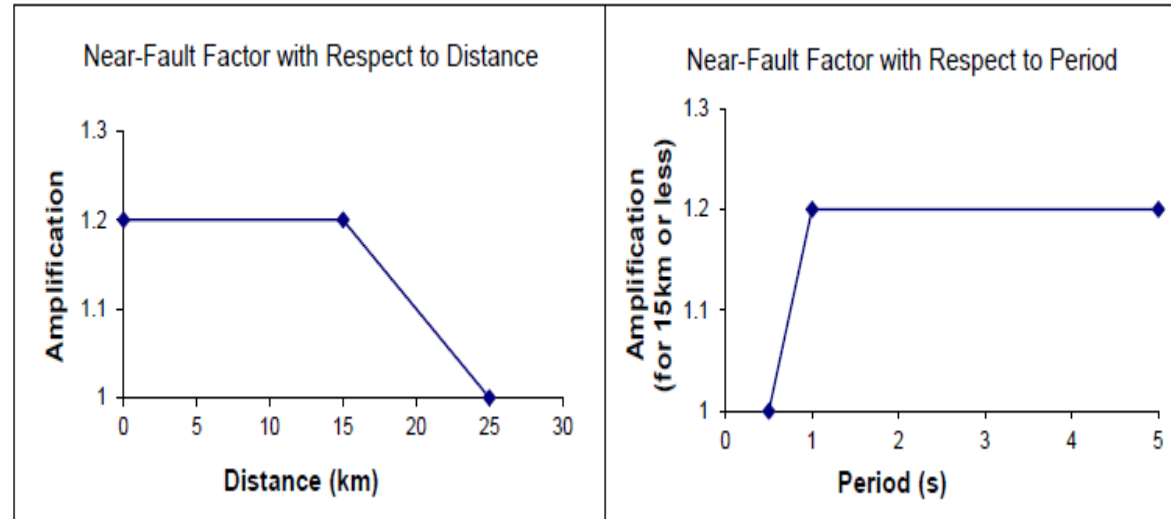


Öneri/Yorum

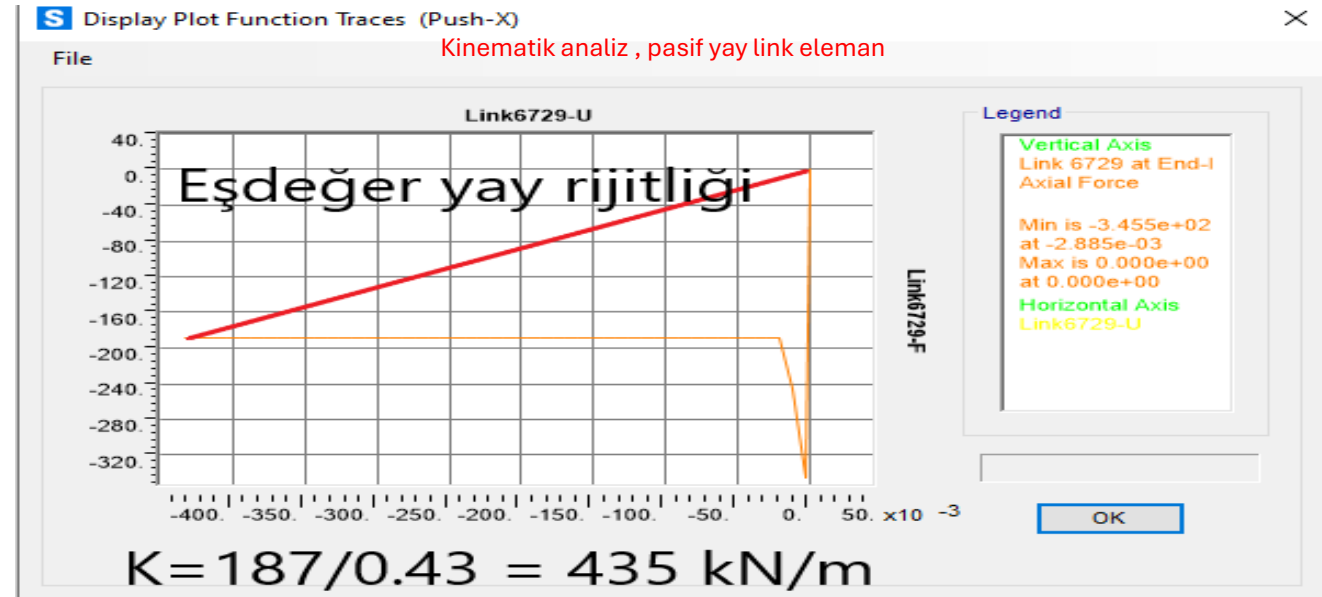
- ☐ Yakın saha etkisinin alınması(yönetmeliğe eklenmesi) gerekmiyor mu?
- ☐ Birinci aşamada elastomer şekil değiştirme limiti 2/3'ü aşarsa ne yapacağız? (DD-2a, zayıf zemin, yüksek sismik aktivitede limiti aşması muhtemel oluyor)
- ☐ Kinematik analiz sonucunu her pasif yayda yapıp eşdeğer yay rijitliğini bulmak yeride daha pratik (kazık sıralarında ortalama gibi) bir kolaylaştırmaya gidilemez mi?
- ☐ Çelik birim şekildeğiştirme limitine donatı burkulması da eklense daha isabetli olmaz mı?

Elastomer mesnet kayma şekil değiştirme limiti

$$\frac{\text{Görelî elastomer yatay yerdeğiştirme}}{\text{Net elastomer kalınlığı}} \leq \frac{2}{3} \quad (4.3.5.2)$$



Caltrans Seismic Design Criteria – 2019 Şekil B.1



8.4.1 Maximum spacing of Transverse Reinforcement

8.4.1.1 Inside the Plastic Hinge Region

The maximum spacing of transverse reinforcement in the plastic hinge regions shall be taken as the smallest of the following:

- Six times the nominal diameter of the longitudinal reinforcement
- Eight inches

AASHTO Guide Specification for LRFD Seismic Bridge Design

C8.4.1.1

The maximum spacing requirements should prevent the buckling of longitudinal reinforcement between adjacent layers of transverse reinforcement.



Sunumu ilgiyle dinlediğiniz için
teşekkürler.



PROYAPI

Mühendislik ve Müşavirlik



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ