

MİMARLIK VE EĞİTİM KURULTAYI-XII  
CUMHURİYETİN İKİNCİ YÜZYILI ve MİMARLIK EĞİTİMİ  
10-11 Kasım 2023



# *Deprem Etkisi Altında Tasarımda Yerel Zemin Özelliklerinin Önemi*

**Doç.Dr. Taner Uçar**

Dokuz Eylül Üniversitesi

İzmir, Türkiye

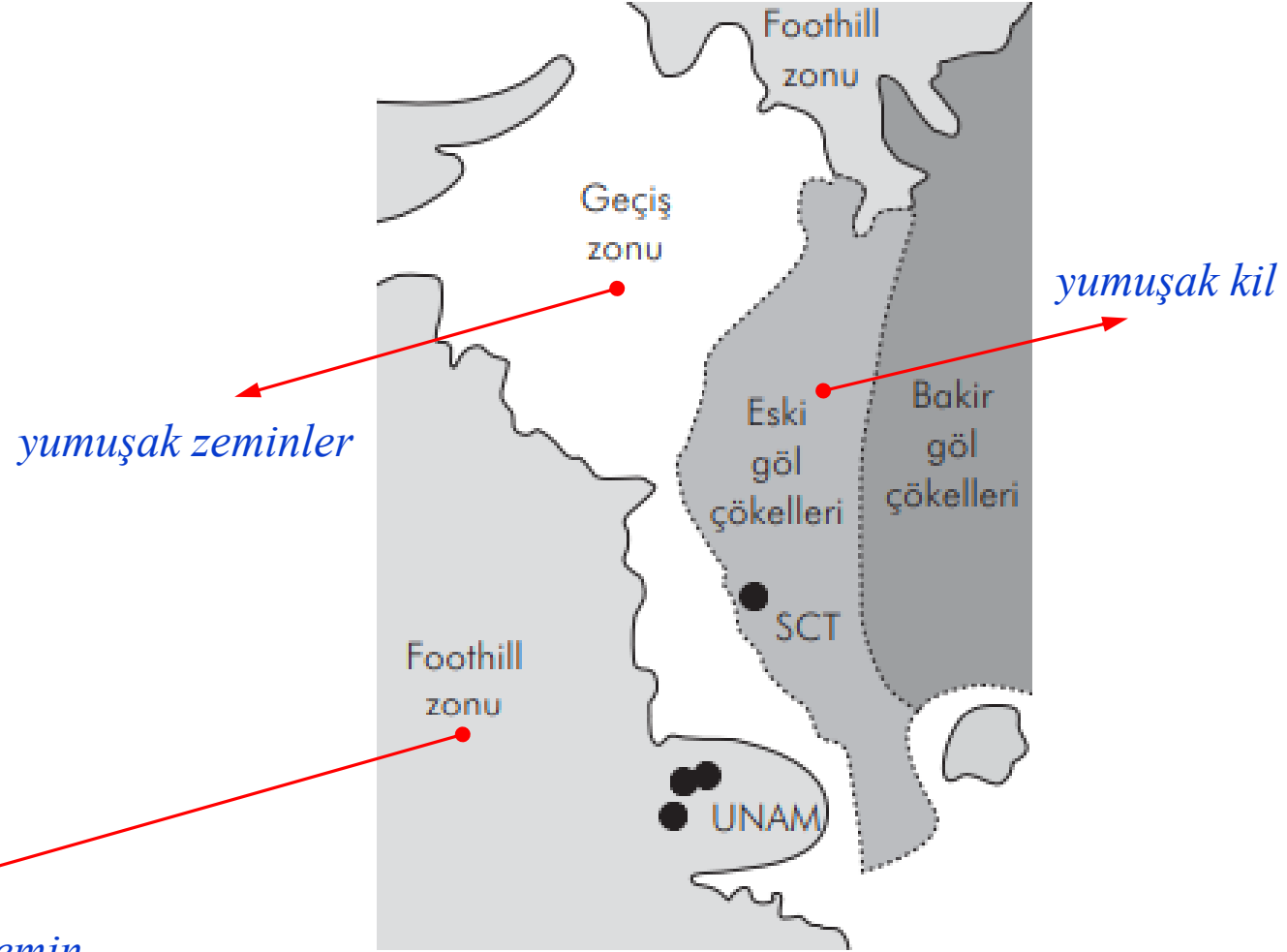


# İçerik

- Depremde Yerel Zemin Özelliklerinin Önemine Tarihsel Bakış
- Yerel Zemin Özelliklerinin Yapının Deprem Tepkisine Etkisi
- Sonuçlar – Öneriler

# Mexico City, 1985

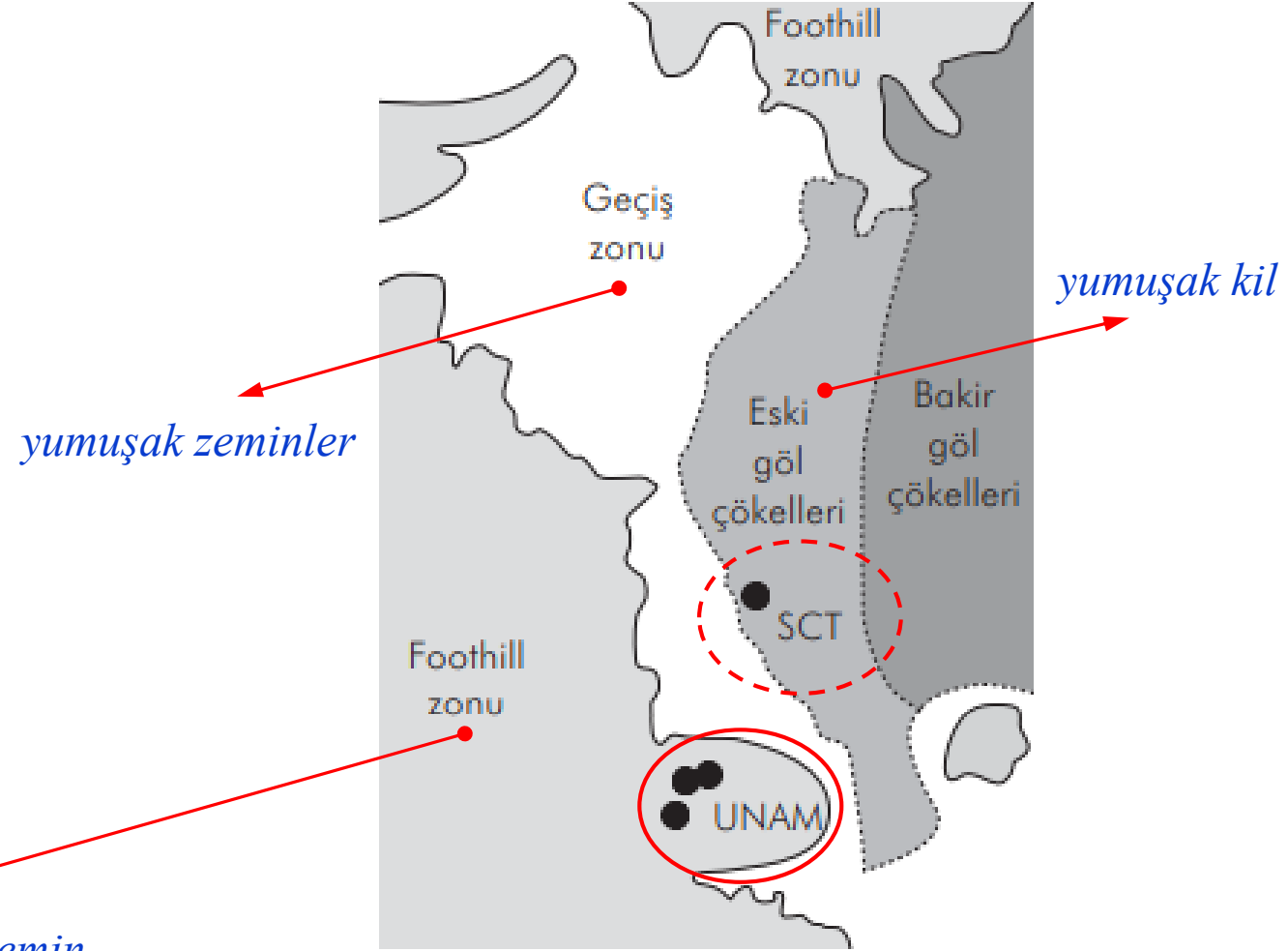
- 19 Eylül 1985 Michoacan depremi ( $M_s = 8.1$ )
- Dışmerkez civarında (Meksika'nın Pasifik kıyısına yakın yerlerde) sadece orta düzeyde hasar.
- Yaklaşık 400 km kadar uzaktaki Mexico City'de ise çok büyük zarar!
- MC'de değişik sahalarda kaydedilen yer hareketleri üzerinde yapılan çalışmalar, yerel zemin şartları ile yıkıcı yer hareketi arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur.



*çoğunlukla granüle zemin,  
bazalt veya volkanik tüf  
şeklindeki sıg ve sıkı çökeller*

# Mexico City, 1985

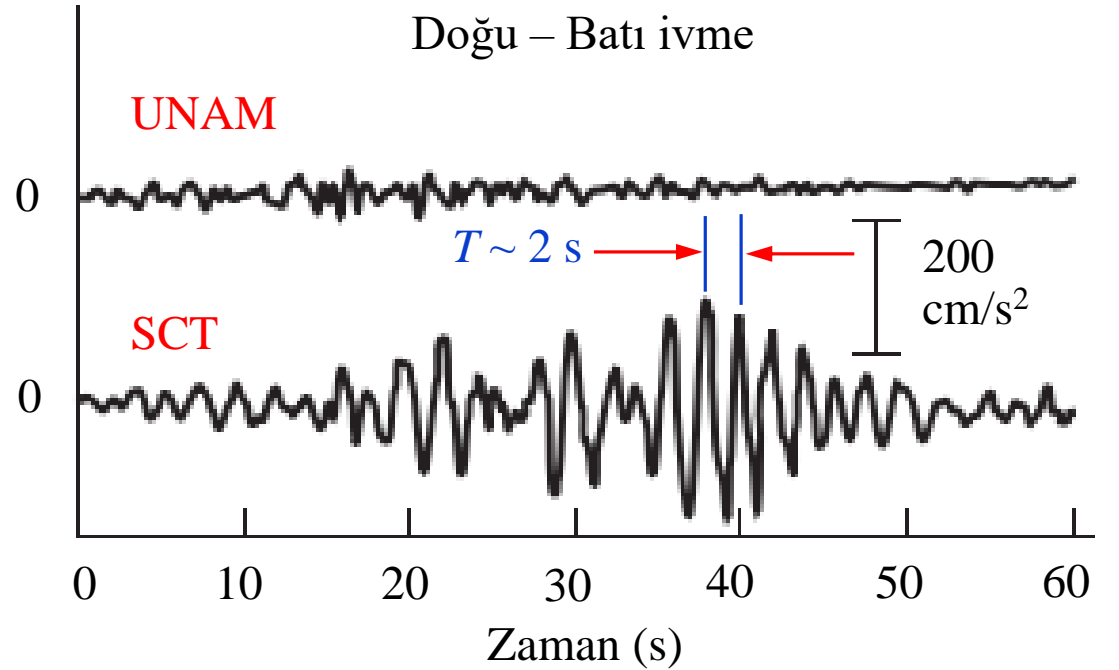
- 19 Eylül 1985 Michoacan depremi ( $M_s = 8.1$ )
- MC'de 1985'ten önce çok sayıda kuvvetli yer hareketi ölçüm cihazı yerleştirilmiştir.
- Universidad Nacional Autonoma de Mexico (UNAM) istasyonu
- Secretary of Communications and Transportation (SCT) istasyonu



*çoğunlukla granüle zemin,  
bazalt veya volkanik tüf  
şeklindeki sıg ve sıkı çökeller*

# Mexico City, 1985

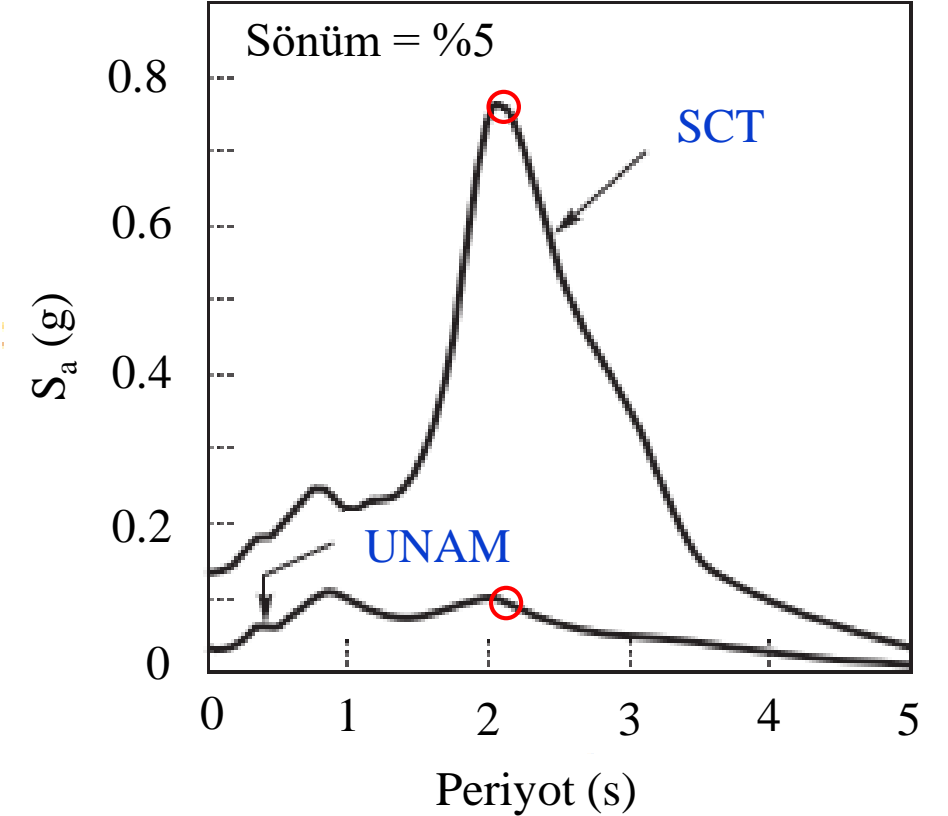
- 19 Eylül 1985 Michoacan depremi ( $M_s = 8.1$ )
  - Deprem çok büyük olmasına rağmen, MC'den çok uzakta bulunan UNAM'daki (kaya) istasyonda sadece 0.03-0.04g'lik ivmeler üretmiştir.
  - Göl Bölgesi'nde yer alan SCT istasyonundaki pik ivmeler ise UNAM'dakinin 5 katından daha büyüktür.
  - Her iki istasyondaki hareketlerin frekans içerikleri de çok farklıdır.
  - SCT'deki hareketin baskın periyodu  $\sim 2$  s'dir.
  - Ayrıca SCT'deki istasyonda kuvvetli yer hareketi süresi daha uzundur.



# Mexico City, 1985

## ○ Tepki Spektrumları

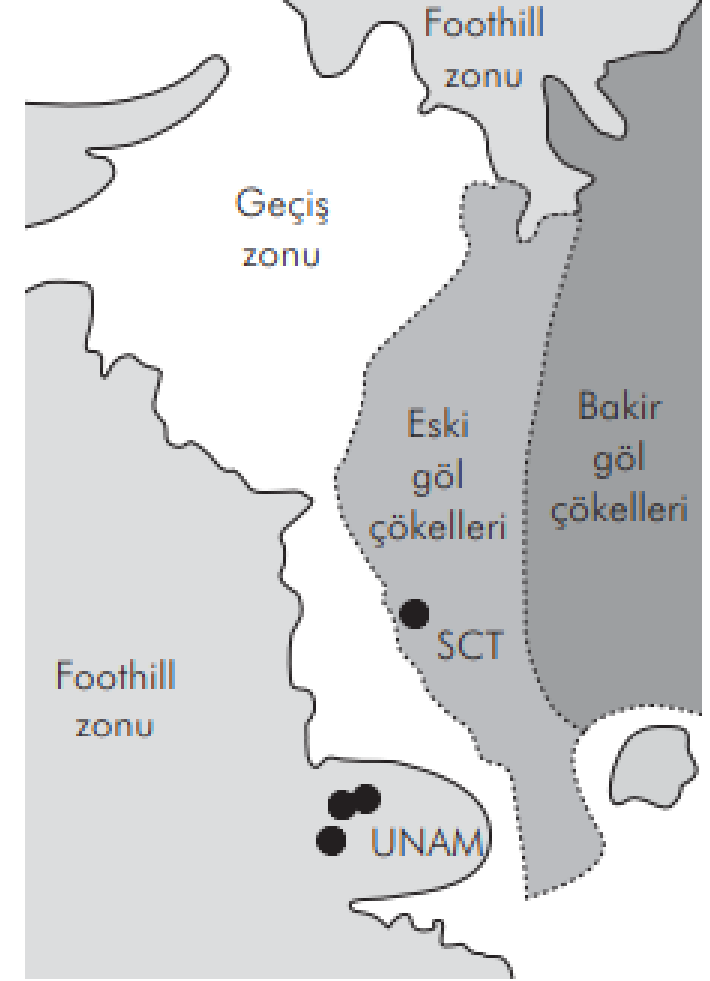
- Yandaki tepki spektrumları Göl Bölgesi'ndeki zeminlerin kuvvetli etkisini ortaya koymaktadır.
- $T = 2$  s'deki periyotlarda SCT'deki spektral ivmeler UNAM'dakilerin yaklaşık 10 katıdır.
- SCT sahasının zemini, kayma dalgası hızı yaklaşık 75 m/s ve kalınlığı 35-40 m olan yumuşak kilden oluşmaktadır.
- Karakteristik zemin periyodu  $T_s = 4H/V_s \approx 4(37.5)/75 \approx 2$  s bulunur ki bu değer SCT tepki spektrumunun maksimumu ile uyum içerisindedir.



# Mexico City, 1985

## ○ Yapısal Hasar Dağılımı

- MC'deki yapısal hasar oldukça seçici olmuştur!
- Kentin önemli bir kısmında herhangi bir hasar meydana gelmez iken, bazı bölgelerde çok büyük hasar meydana gelmiştir.
- Foothill Bölgesi'ndeki hasar önemsiz iken, Geçiş Bölgesi'nde de minimum düzeyde kalmıştır.
- Hasarın en büyüğü, karakteristik zemin periyodu 1.9 - 2.8 s arasında tahmin edilen 38 - 50 m kalınlığındaki yumuşak çökellerden oluşan Göl Bölgesi'nde meydana gelmiştir.
- Burada bile  $N < 5$  ve  $N > 30$  olan modern binalarda düşük düzeyde hasar gözlenmiştir. Ancak, kat sayısı 5 ile 20 arasında değişen yapılar ya tamamen göçmüş, ya da ağır hasara uğramıştır.
- $T_1 \approx N/10$  pratik kuralı kullanıldığında, hasar görmüş çoğu yapının  $T_1$  periyodunun karakteristik zemin periyoduna eşit veya yakın olduğu görülür.



# Mexico City, 1985

- Sonuç
  - Zemin-yapı etkileşiminin periyod uzatma etkisi ve şiddetli bir deprem sırasında yapının temel periyodunun (kümülatif yapısal hasarın neden olduğu rijitlik azalmasından ileri gelen) artma eğilimi hesaba katıldığında, hasara uğramış yapıların muhtemelen bunların  $T_1$  periyodlarına yakın periyodlardaki büyük dinamik kuvvetlerin çok sayıdaki tekrarına maruz kaldıkları görülmektedir.
  - Bu durum (ana kaya hareketinin zemin tarafından büyütülmesi ve zemin hareketinin de yapı tarafından büyütülmesi) tasarım ve yapım kusurlarıyla bir araya gelerek, yerel olarak yoğunlaşmış olan yıkıcı hasarı doğurmuştur.

# $M_w = 7.51$ Kocaeli, 1999

## ○ Düzce İstasyonu

○  $R_{rup} = 15.37$  km

○  $V_{S30} = 281.86$  m/s

○ Yerel zemin sınıfı: ZD

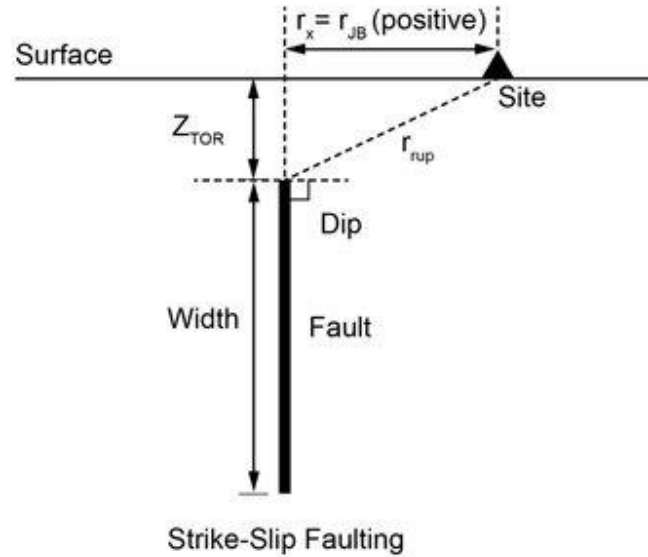
## ○ Gebze İstasyonu

○  $R_{rup} = 10.92$  km

○  $V_{S30} = 792.0$  m/s

○ Yerel zemin sınıfı: ZB

Tablo 16.1 – 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 (sıvılaştırılabilir 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.			

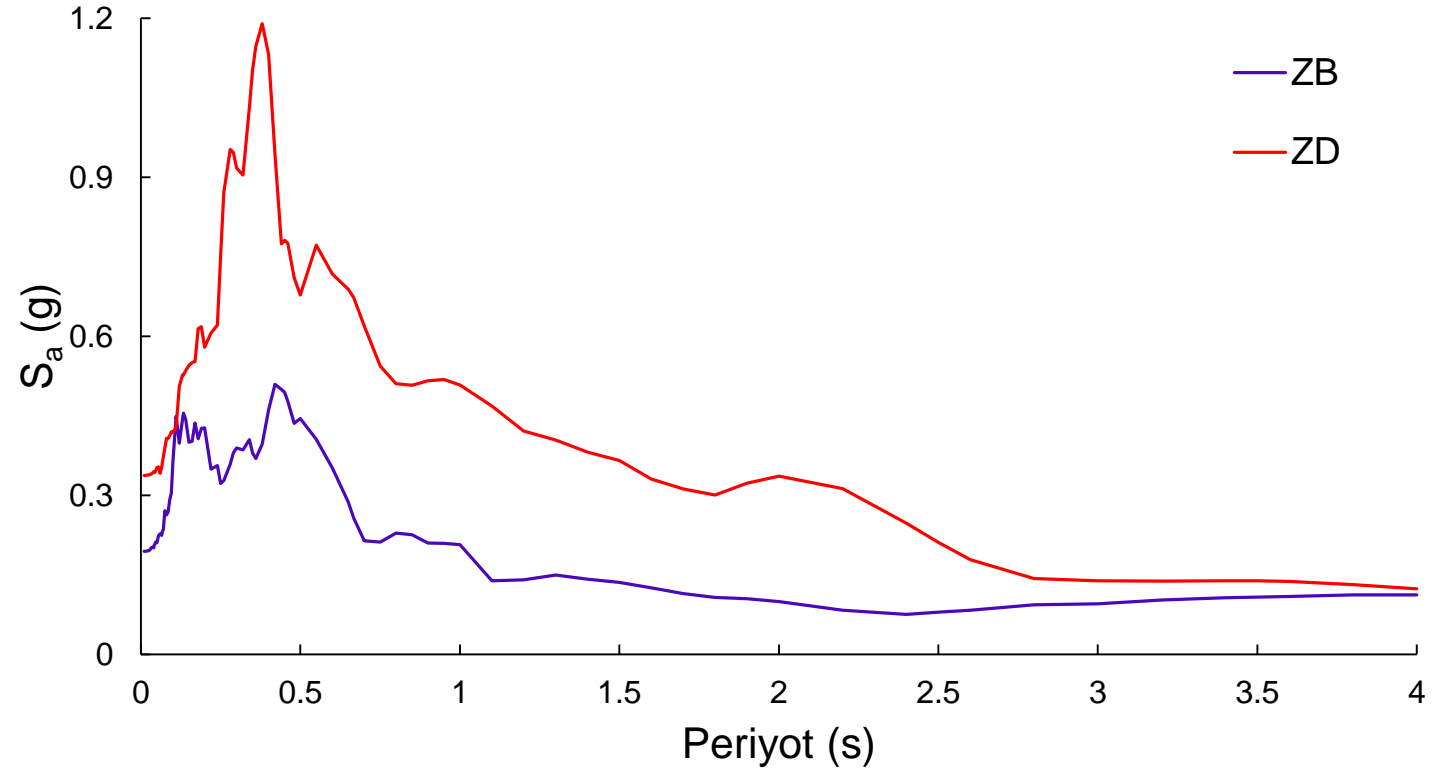
# $M_w = 7.51$ Kocaeli, 1999

## ○ Düzce İstasyonu

- $R_{rup} = 15.37$  km
- $V_{S30} = 281.86$  m/s
- Yerel zemin sınıfı: ZD

## ○ Gebze İstasyonu

- $R_{rup} = 10.92$  km
- $V_{S30} = 792.0$  m/s
- Yerel zemin sınıfı: ZB



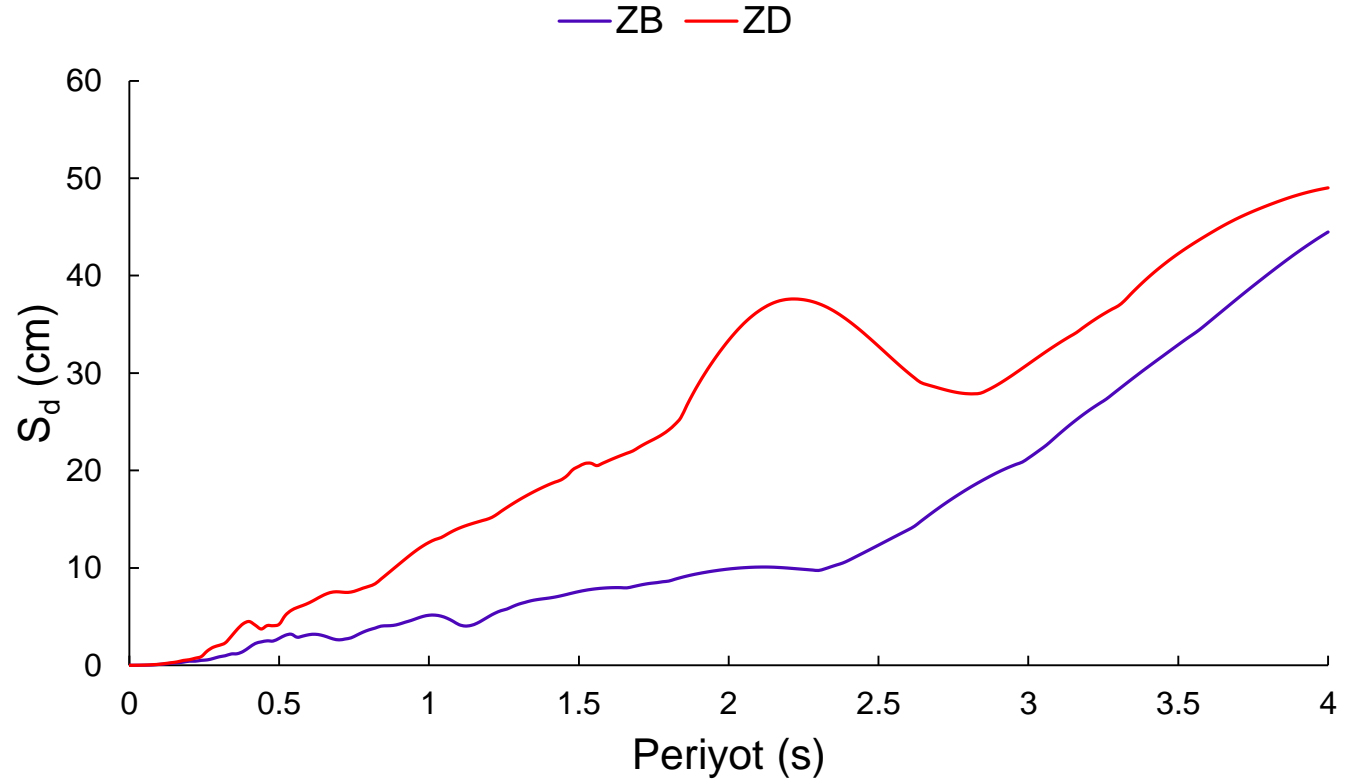
# $M_w = 7.51$ Kocaeli, 1999

## ○ Düzce İstasyonu

- $R_{rup} = 15.37$  km
- $V_{S30} = 281.86$  m/s
- Yerel zemin sınıfı: ZD

## ○ Gebze İstasyonu

- $R_{rup} = 10.92$  km
- $V_{S30} = 792.0$  m/s
- Yerel zemin sınıfı: ZB



# Sonuçlar – Öneriler

- Aynı yapısal karakteristiklere sahip yapılar farklı yerel zemin koşullarında farklı deprem etkilerine maruz kalmaktadır.
- Yerel zemin koşullarına bağlı olarak yapının deprem davranışının ve tasarımının değişebileceği mimari tasarım aşamasında dikkate alınmalıdır.
- Mimari tasarım aşamasında alınan kararların yapı periyoduna ( $T_n = 2\pi(m/k)^{0.5}$ ) etkisi göz ardı edilemez.
- Yapı ve zemin sürekli bir etkileşim içindedir ve ayrı düşünülemez.
- Mimarlık eğitiminde zorunlu olarak yer alması gereken depreme dayanıklı tasarım ilkesi kapsamında zemin-yapı etkileşimi de dikkate alan derslerin konulması elzemdir (bk. GTÜ Mimarlık Bölümü, MİM262 Zemin Yapı İlişkisi (2+0)).