

Deprem-Yapı-Zemin Etkileşiminin
Araştırılmasına Yönelik Çalışmalarda

Yapılması Gereken
Yapı, Zemin ve Ana kaya Özellikleri
İle İlgili Çalışmaların Nedeni ve Önemi

Bu Aşamada Jeoloji-Jeofizik-Geoteknik Araştırmalar ve Deprem-Zemin-Yapı alışmaları İle İlgili Sorulması Gereken Sorular

- Yönetmeliklerde Tanımlanan zemin etütlerinin yapılma nedenleri nedir?
- Bu zemin etütlerinin yapılmasını isteyen kimlerdir?
- Araştırılması gereken parametrelere karar veren kimdir?
- Bu etüt sonuçlarını hesaplarında kullanan kimdir?
- Yönetmeliklerdeki araştırmaların yapılmasına karar veren kimlerdir?
- Bu sorulara ortak yanıtımız nedir?
- 1. Jeoloji mühendisimi,
- 2. Jeofizik mühendisimi
- 3. Geoteknik (İnşaat) mühendisimi veya
- 4. Tüm mühendislik dallarının hepsimi olmalı ?
- Yanıtımız Bence inşaat mühendisleri olmalı.
- Daha doğrusu zemin-yapı etkileşimi kurarak depreme dayanıklı yapı tasarlayacak inşaat, geoteknik ve deprem mühendisliği özelliği olan kişiler yukarıdaki sorularımızın yanıtı oluyor.

Bu Soruların Yanıtı Bize Yer Bilimleri Olarak Bu Çalışmaların Neresindeyiz Sorusunu Tekrar Soruyor

- Bu sunuda amacımız deprem zemin yapı konusunda biz yerbilimcilerden
 - Hizmet isteyen,
 - Bizim çalışmalarımızı yönlendirmeye çalışan
 - Çalışmalarda hangi parametrelerin araştırılması gerektiği konusunda yön vermeye çalışan
 - Depreme dayanıklı yapı tasarımında hangi çalışmaların ne kadar kullanılması konusunda kendilerini yetkili kılan

Meslek dallarına hem onların anlayacağı dilde hem de 2015 yılında ulaşılmış bilgiler ile nasıl yanıt verilmeli konusunda yapılan çalışmalarını tanıtmak olacaktır.

Ayrıca, bu kapsamda onlara bizde yol göstererek zeminle ilgili çalışmaların hedeflerini nasıl genişletebiliriz sorusunu sormak olacaktır.

Günümüzde Zemin Raporlarında
Kullanılan Jeolojik Jeofizik Geoteknik
Çalışmalar Sonucunda Elde Edilen
Sonuçlarla İlgili Kısa Hatırlatmalar

Günümüzde Zemin Raporlarında Kullanılan Genel Bağlıntılar

Zemin Dinamik Elastik Parametreleri	Formüller
Yoğunluk (V_p)	$\rho = 0.31 \times V_p^{0.25}$ (gr/cm ³)
Yoğunluk (V_s)	$\rho = 0.44 \times V_s^{0.25}$ (gr/cm ³)
Poisson	$\sigma = (0,5 * (V_p / V_s)^2 - 1) / ((V_p / V_s)^2 - 1)$
Shear(kayma)	$G_d = (\rho * V_s^2) / 100$ (kg/cm ²)
Elastisite(young)	$E_d = G_d * (3 * V_p^2 - 4 * V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)$ (kg/cm ²)
Taşınma Gücü	$Q_u = \rho * V_p / 100$ (kg/cm ²)
Güvenli Taşınma Gücü	$Q_e = \rho * V_s / 100$ (kg/cm ²)
Oturma	$S = ((Q_u + Q_e) / E) * h$ (cm)
Sıkışmazlık (Bulk)	$K = M_c = \rho * (V_p^2 - 4/3 * V_s^2) / 100$ (kg/cm ²)
Zemin Hakim Periyodu	$T_0 = 4 * \sum h_i / V_{si}$ (s) veya $T_0 = 10 / \sqrt{V_s}$ (s)
Sıkışabilirlik	$M_b = (1 / M_c)$ (cm ² /kg)
Zemin Büyütmesi	$A = 68 V^{-0.005}$ ($V < 1100$ m/sn) $= 1.0$ ($V > 1100$ m/sn)(Midorikawa 1987)

Depreme dayanıklı yapı tasarımlarında bu bağlantılar kullanılarak sonuçlar üretilir . Ancak günümüzde, bu bağlantıların kullanılma amaçları jeoloji ve Jeofizik Mühendislerine hiçbir açıklanma yapılmadan sadece hesaplanması isteniyor.

	(λ, G)	(E, G)	(K, λ)	(K, G)	(λ, ν)	(G, ν)	(E, ν)	(K, ν)	(K, E)	(M, G)
$K =$	$\lambda + \frac{2G}{3}$	$\frac{EG}{3(3G-E)}$			$\frac{\lambda(1+\nu)}{3\nu}$	$\frac{2G(1+\nu)}{3(1-2\nu)}$	$\frac{E}{3(1-2\nu)}$			$M - \frac{4G}{3}$
$E =$	$\frac{G(3\lambda+2G)}{\lambda+G}$		$\frac{9K(K-\lambda)}{3K-\lambda}$	$\frac{9KG}{3K+G}$	$\frac{\lambda(1+\nu)(1-2\nu)}{\nu}$	$2G(1+\nu)$		$3K(1-2\nu)$		$\frac{G(3M-4G)}{M-G}$
$\lambda =$		$\frac{G(E-2G)}{3G-E}$		$K - \frac{2G}{3}$		$\frac{2G\nu}{1-2\nu}$	$\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$	$\frac{3K\nu}{1+\nu}$	$\frac{3K(3K-E)}{9K-E}$	$M - 2G$
$G =$			$\frac{3(K-\lambda)}{2}$		$\frac{\lambda(1-2\nu)}{2\nu}$		$\frac{E}{2(1+\nu)}$	$\frac{3K(1-2\nu)}{2(1+\nu)}$	$\frac{3KE}{9K-E}$	
$\nu =$	$\frac{\lambda}{2(\lambda+G)}$	$\frac{E}{2G} - 1$	$\frac{\lambda}{3K-\lambda}$	$\frac{3K-2G}{2(3K+G)}$					$\frac{3K-E}{6K}$	$\frac{M-2G}{2M-2G}$
$M =$	$\lambda + 2G$	$\frac{G(AG-E)}{3G-E}$	$3K - 2\lambda$	$K + \frac{4G}{3}$	$\frac{\lambda(1-\nu)}{\nu}$	$\frac{2G(1-\nu)}{1-2\nu}$	$\frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$	$\frac{3K(1-\nu)}{1+\nu}$	$\frac{3K(3K+E)}{9K-E}$	

$$V_p = \sqrt{E(1-\nu) / \rho_r(1-2\nu)(1+\nu)}$$

$$V_s = \sqrt{E / 2 \rho_r(1+\nu)}$$

E: young modülü

ρ_r : özgül ağırlık

V_p : P dalgası hızı

ν : poisson oranı

V_s : S dalgası hızı

($\nu=0.25$ için $V_p= 1.73 V_s$,

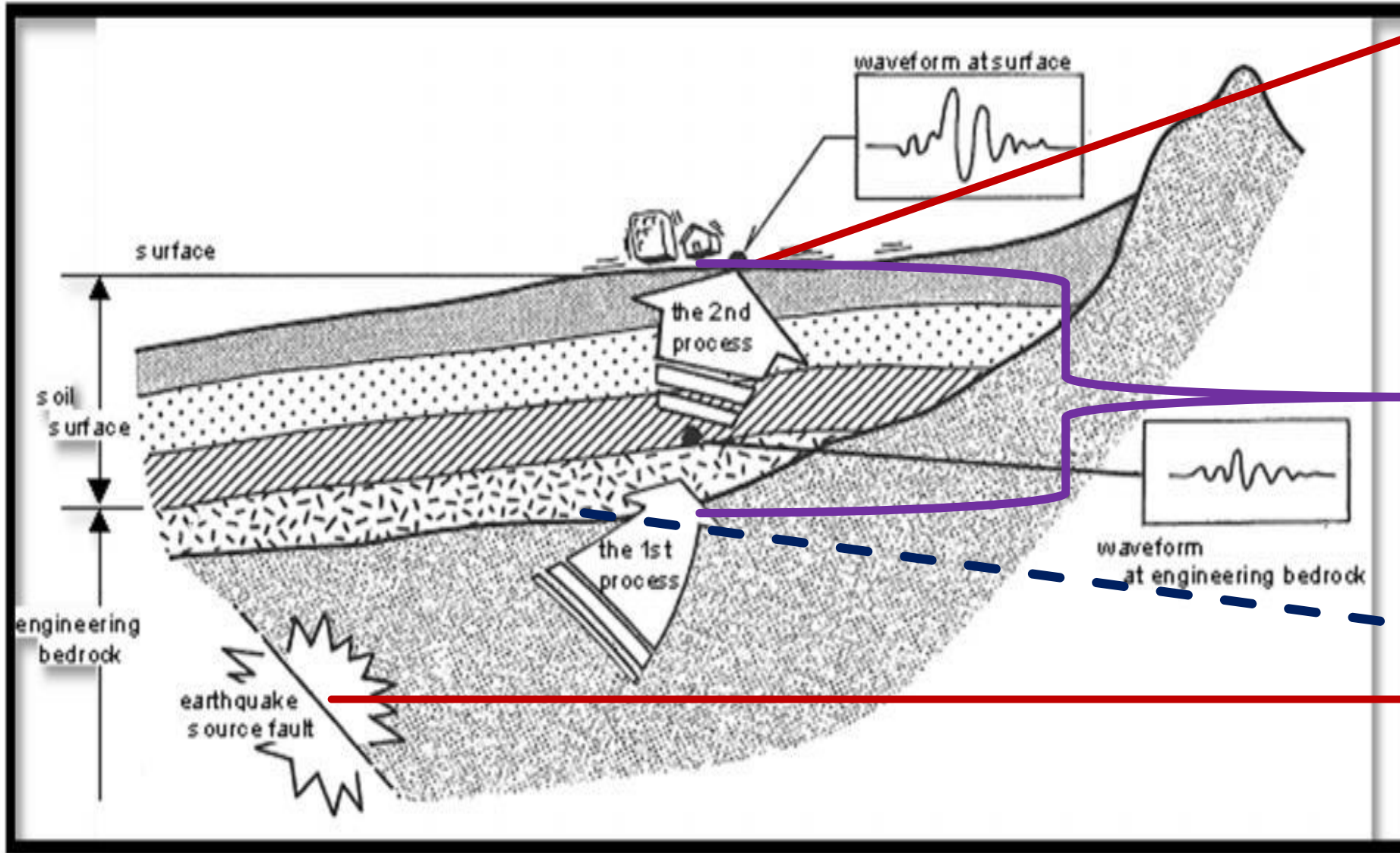
V_r : Rayleigh dalgası

$V_r= 0.9 V_s$ ' dir)

**Deprem Bölgelerinde Depreme Dayanıklı
Yapı Tasarımı Yapılırken**

**Deprem-Zemin-Yapı Etkileşiminde
Kullanılan Temel Kavramları Kısaca
Tanımlarsak Bu Konularda Yer Bilimlerin
Yerini Tanımlamak Daha Kolay Olur.**

Soru 1. Deprem Zemin-Yapı Davranışı Üzerindeki Kuvvet Etkisi Nerde Başlar Nerde Biter



Deprem Etkisinin Bittiği Nokta
(Zemin Yüzeyi)

Deprem Etkisinde Değişim Yaratacak Ortam

1. Bu ortamın hangi özellikleri bu değişimleri yaratır
2. Bu ortamın kalınlığı ne olmalı
3. Bu ortamın özellikleri zemin yüzeyine nasıl yansıtılır.

Zemin Ana Kaya Sınırı Değişimin Başladığı Sınır Olarak Tanımlanır

Deprem Etkisi Başlama Noktası
(Deprem Kaynağı)

Soru : Depremin Yapılarda Hasar Yapıcı Etkisi Nerde Başlar Nerde Biter?

Yanıt: Depremin Hasar Yapıcı Etkisi

1. Depremin kaynağında Başlar ve
2. Zemin Yüzeyinde Önce Zemin-Yapı Ortak Davranışının
3. daha sonrada Yapı Salınımının Sona Ermesi İle Biter.

Soru : Depremin Zemin Yüzeyindeki Hasar Yapıcı Etkisi Nasıl Azaltılır?

Yanıt: Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Bu Konuları Kapsar.

Soru: Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temeli Nedir?

Yanıt: Bu Sorunun Yanıtı Olasılık Dahilinde Yapılacak Hesaplamalardan Oluşur.

1. Ana Kaynağından Çıkararak Zemin Yüzeyine Ulaşacak Deprem Etkisini Tahmin Etmek
2. Deprem Sırasında Oluşabilecek Zemin Yapı Ortak Yer Değişirmesini En Büyük Değerinin Tanımlamak
3. Deprem ve Zemin İle İlgili Yukarıda Tanımlanan Olasılık Hesaplama Sonuçlarını Kullanarak,
 - Yapının Deprem Sırasında Yapacağı Davranışın Yer Değişirme, Hızı Ve İvmesini
 - Yapının Yüksekliğini, Geometrisini, Temelini, Rijitliğini, Sönümünü ve Malzeme Özelliklerini Dikkate Alarak Tasarlamaktır.

Bu Konularda İnşaat Mühendisliği Bölümünde

Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Dersinin Temel Kavramları

Deprem Zemin Yapı Ortak Davranışını Açıklayan Video

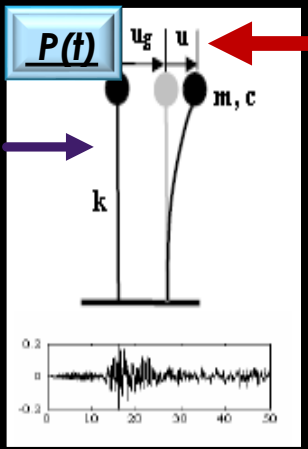
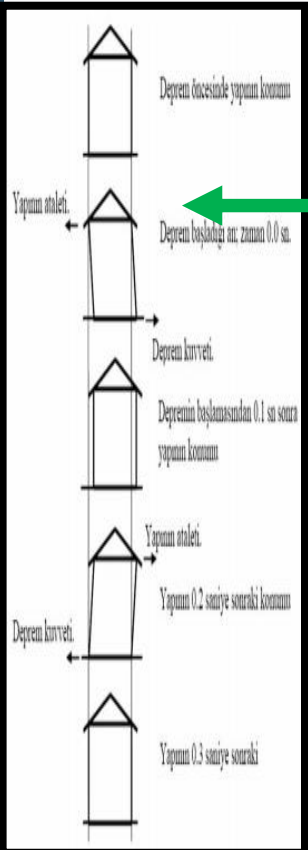
Sallanan Tabla



Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Akış Şeması Ne Olmalı?

- Depreme dayanıklı yapı tanım olarak
- Yapı-zemin ve çalışma alanında beklenecek en büyük magnitütlü depremin ortak etkileşimi sonucunda insan yaşamına zarar vermeyecek şekilde ayakta kalabilen yapıdır.
- Bu özelliklerin sağlanması için deprem olmadan önce bilinmesi gerekenler
 - Deprem sırasında yapıya etki edecek olan dinamik yükün büyüklüğü ve yönü
 - Yapı yapılan noktadaki zeminin tekrarlı dinamik yükleme altındaki gerilme şekil değiştirme özellikleri (zeminde deprem sırasında kayma ve göçme olmaması için) zemin ana kaya modelleri dikkate alınarak irdelenmelidir. Bunun için zemin ana kaya modelinin S dalga hızına göre tanımlanması gerekir.
 - Yapının yüksekliği, kütlesi, malzeme özellikleri yapının deprem sırasında yapacağı salınım hareketine uygun olması.

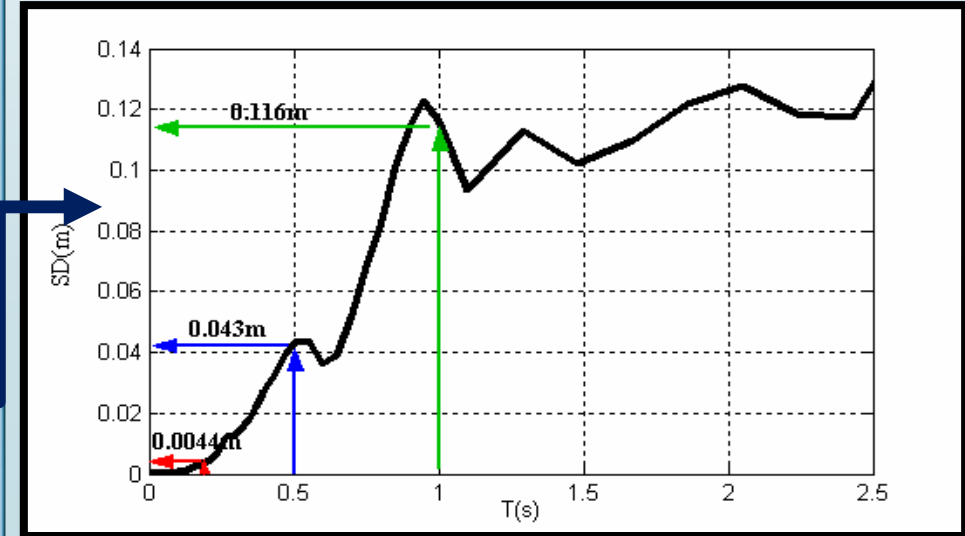
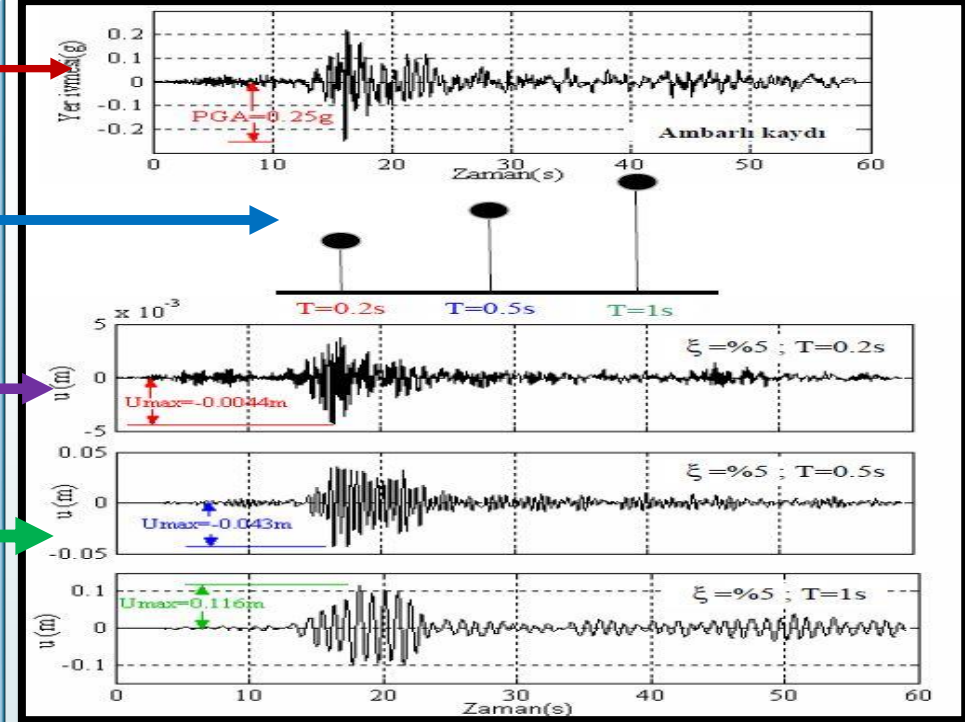
Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Genel Matematiksel Bağıntısı



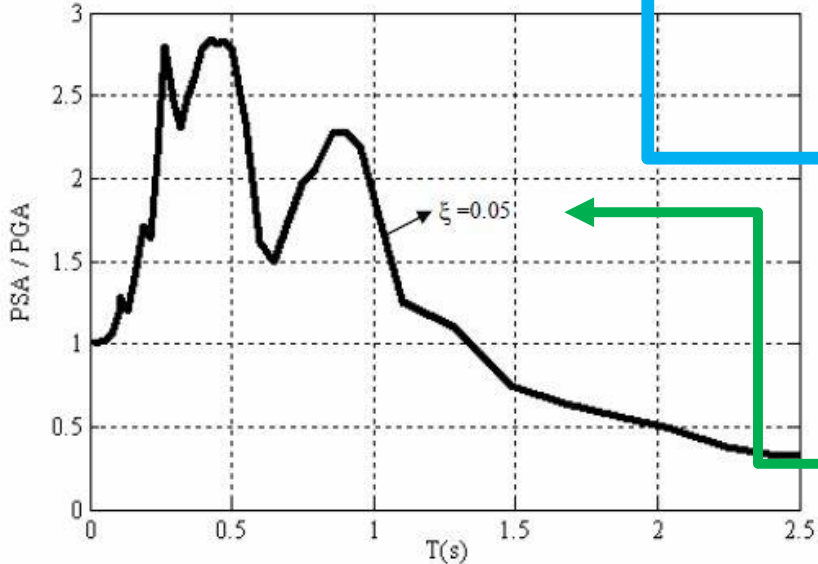
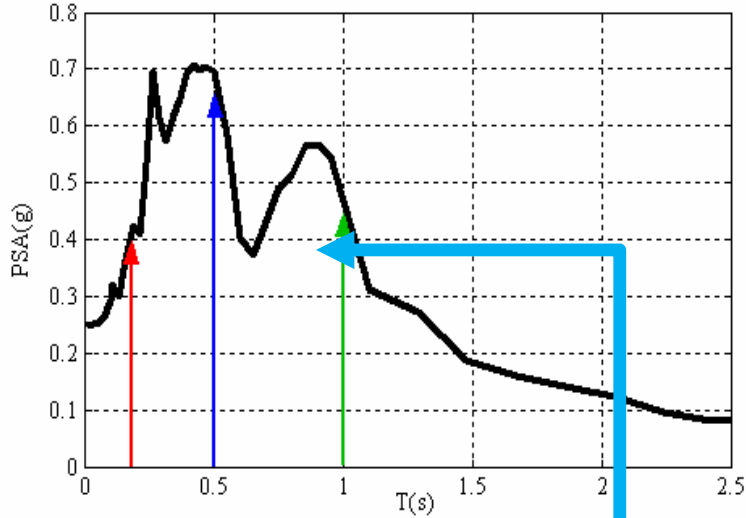
- Yapıya deprem sırasında yanal ve düşey yönde kuvvet etki eder
- Düşey yöndeki kuvvetin yapı kütlesi ile dengelendiği kabul edilir.
- Depreme dayanıklı yapı tasarımında yanal yöndeki deprem kuvvet etkisinde zemin ve yapının ortak yapacağı yanal yöndeki toplam yer değiştirmesi dikkate alınır.
- Depremde Etki-Tepki kavramı gereği (Eylemsizlik kuvveti) yapı bu dış etkiye karşı iç kuvvetlerle tepki verir.
- $\{P(t)=m.a(t)\}$ Deprem sırasında ortaya çıkarak yapıyı zamana bağlı olarak yer değiştirmeye zorlayan yanal yönlü dış kuvvet olarak tanımlanır.
- Yapı içinde oluşan iç kuvvetlerin denklemi $ma_y(t)+cV_y(t)+kU_y(t)$ ile tanımlanır
- Etki-tepki eşitliğine göre iç kuvvetler+dış kuvvetler=0 olmalıdır.
- Bu durumda deprem sırasında $dma_y(t)+cV_y(t)+kL_y(t) - ma(t)=0$ olur.
- $[ma_y(t)]$ Yapı eylemsizlik kuvveti , $cV_y(t)$ Sönüm kuvveti $[k U_y(t)]$ Yapı iç kuvveti .
- $\{m$, Yapının toplam kütlesi}, $\{k$, Yapının rijitliği $\{m(4\pi^2/T^2)\}$, $\{T$ Periyot (yapı yüksekliği)}.
- $\{c$, Yapının sönüm katsayısı $\{2 m\xi(2\pi/T)$ ve ξ betonun sönüm katsayısıdır % 5 olarak tanımlanır},
- $\{a$ Yer çekim ivmesi}, $\{a_y$ Yapı hareketi ivmesi},
- $\{U_g$ Yapı-Zemin ortak hareketine ait yer değiştirme},
- $\{U$ yapının tek başına yapacağı harekete ait yer değiştirmesi},
- $\{U_y=(U_g+U)$ Yapının zeminle ortak yapacağı toplam yer değiştirmesi}

Yapının Deprem Sırasındaki Yer Değiştirme Davranışı Nasıl Tanımlanır ve Modellenir

- Deprem sırasında zeminde yanal yönlü yer değiştirme yaratacak kuvvetin ivmesi.
- Bu ivme KYH deprem istasyonunda doğrudan ölçülmüş ve anlık kuvvet olarak PGA değeri ile tanımlanmıştır.
- Bu kuvvet etkisiyle (PGA=0.25g) farklı periyot (Yükseklik) değerlerine sahip yapılar için (örneğin burada T=0.1, 0.5 Ve 1 Sn için çizilmiş) zamana bağlı yer değiştirme grafikleri çizilir.
- Bu grafikler elde edilirken yapı yüksekliği periyot değerleri ile ilişkilendirilmiştir (Kat başına 0.1 sn).
- Ayrıca yapı sönüm katsayısı (ξ) %5 olarak tanımlanır.
- Örnek olarak her bir T periyot değeri için zamana bağlı olarak yer değiştirme grafikleri ayrı ayrı (3 adet T değeri için 3 adet U(T) grafiği) çizilmiştir.
- Depreme dayanıklı yapı tasarımında en önemli parametre, farklı yüksekliğe sahip yapıların zamana bağlı olarak yapacakları yer değiştirmelerin maksimum değerleri olarak kabul edilir.
- Bu durumda her bir T değeri için bulunan zamana bağlı U(T) grafiklerinden maksimum U(T) değerleri okunur ve
- Bu değerler periyoda göre çizilirse hem frekans ortamına geçiş sağlanmış hem de yapı yüksekliği temel alınarak yapıların zamana bağlı yer değiştirmeleri elde edilmiş olur.
- Ayrıca bu maksimum U değerleri T ye göre çizilirse (Umax(t)) spektral yer değiştirme (SD(T)) grafikleri T periyota göre elde edilir.



Yapının Deprem Sırasındaki Yer Değiştirme Davranışı Nasıl Tanımlanır ve Modellenir



- Deprem sırasında yapıya etkiyen F kuvvetinin statik olarak etkideği ve yer etkisinde oluşacak bu kuvvetlerin maksimum değerinin maksimum yer değiştirmeye bağlı olarak değişeceği varsayımı yapıldığında yapı içinde oluşacak olan karşı koyma kuvveti bileşenlerinden olan iç kuvvet
- $F=mw^2(SD)$ Bağıntısı ile tanımlanmış olur.
- Bu bağıntı bize yapının eylemsizlik kuvvetini yapının maksimum yer değiştirmesi ile orantılı olarak tanımlamış olur.
- Newton kanununa göre kütle ve ivme kavramları da dikkate alındığında
- $F=m.a_y = m.\{w^2(SD)\}$ ve
- Yapı hareketinin ivme değeri $a_y = w^2(SD) = PSA(T)$ olur.
- Tanım olarak PSA(T) grafikleri ile belirli bir deprem için elde edilmiş yer ivmesi etkisinde kalarak ve farklı periyotlar için hareket edecek tek serbestlik dereceli bir sistemin zorlanmış titreşimine ait maksimum yer değiştirmeleri temel alınarak elden edilen maksimum yer değiştirmelere ait ivme grafiklerini tanımlamaktadır.
- Sonuç olarak PSA(T) grafikleri çizilirken maksimum yatay ivme değeri (PGA) ile ölçeklenir.
- PSA/PGA (T) grafikleri de PGA değerleri ile normalleştirilmiş sözde ivme spektrumu grafikleri olarak tanımlanır

Yapının Deprem Sırasındaki Yer Değiştirme Davranışı Nasıl Tanımlanır ve Modellenir

- Bu aşamaya kadar tanımlanan parametreleri hatırlayalım;
 - PGA(t) = Pik Yatay Deprem İvmesi. Kayıtlardan maksimum değer olarak okunur
 - SD(T) = Spektral Yer Değiştirme.
 - PSA(T)= Söзде İvme Değerı = Pseudo Spectral Acceleration. (SD.w²) bağıntısı ile hesaplanır.
- Bu değerlerin elde edilmesindeki amaç, depreme dayanıklı yapı kavramında kullanılması gereken, elastik deprem tasarım yükünü tanımlamaktır.
- Elastik tasarım deprem yükü hesaplanırken kullanılması gereken bağıntı $F=PSA.m$ dir.
- Bu durumda PSA değerı elde edilirse elastik deprem tasarım yükü hesaplanabilir.
- Spektrumların, belirli bir yer hareketi etkisinde, sabit bir sönüm oranı için, tek serbestlik dereceli sistemlerin, o yer hareketine verdiği tepkinin (ivme, hız, yer değiştirme) en büyük değerini gösterir
- **SONUÇ 1. Bu hesapların yapılabilmesi için doğadan elde edilmesi gereken parametre**
 - **a = depremin yatay ivmesi oluyor.**
- **Bu Sonuçlardan Hareketle Jeofizik çalışmaların**
 - **hem a parametresinin elde edilmesinde (Deprem kaynağındaki etkinin zemin yüzeyine taşınması aşamalarında sismik empedans oranlarının araştırılması)**
 - **hem de yapı salınım hareketi ile ilgili olarak kullanılması gerekiyor (Yapı yüksekliği ile salınım periyodu arasındaki ilişkinin irdelenmesi aşamalarında)**
 - **Sonucu çıkmaktadır.**

Yapının Deprem Sırasındaki Yer Değiştirme Davranışı Nasıl Tanımlanır ve Modellenir

- SONUÇ 1. Bu hesapların yapılabilmesi için doğadan elde edilmesi gereken parametre a = depremin yatay ivmesi oluyor.
- Bu aşamada ivme değeri hem nasıl elde edilecek hem de yapı yapılacak noktanın özelliklerine göre tanımlanmış olması nasıl sağlanacak sorusu karşımıza çıkıyor.
- Farklı magnitüt değerlerine göre depremler göz önüne alınarak a değerleri elde edilmeli.
- Deprem kuvvetinin yönleri nasıl dikkate alınacak.
- Geleceğe yönelik senaryo depremleri nasıl tasarlacak.
- SONUÇ 2. Yapı-Zemin ortak hareketi modellenirken dikkat edilirse yapının deprem sırasında yapacağı salınım hareketi sırasında zemine yatay konumda olduğu kabul ediliyor.
- Bunun anlamı yapı deprem sırasında hem zeminle hem de tek başına hareket ederken düşey konumunu koruduğu kabul ediliyor.
- Bu varsayımı denetlemek için statik ve dinamik koşullarda yapının düşeyden sapmasını sağlayacak hangi zemin özelliklerinin araştırılması gerekir.
- Jeofizik çalışmalar hangi aşamalarda kullanılacak.

DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMININ İZLENESİ İLE İLGİLİ TEMEL TANIMLAR VE VARSAYIMLAR

- Zemin yüzeyine ait yanıl ve düşey yönlü deprem kuvvetinin hesaplanması çalışmaları yapılır.
- Zemin yüzeyindeki deprem kuvveti zaman ortamında ivme, hız veya yer değıştirme değerlerinin maksimum değeri (PGA, PGV, PGU) olarak tanımlanır.
- **Çalışma 1.** Bu aşamadaki amaç zemin yüzeyine ait bir noktadaki (yapı yapılacak nokta) maksimum PGA, PGV veya PGU değerlerinin zaman ortamında tanımlanmasıdır.
 - Çalışma alanının geçmiş deprem üretme veya etkisinde kalma özelliklerinin tanımlanarak geleceğe yönelik en uygun deprem parametre tahminin yapılması
 - Tahmin edilen depremin kaynak enerjisinin modellenmesi ve daha sonrada bu enerjinin, deprem dalgalarının zemin yüzeyine ulaşınca kadar geçeceği tüm ortam özellikleri (jeolojik, jeofizik ve geoteknik özellikler) dikkate alınarak zemin yüzeyine taşınması.
 - Geçmiş deprem kayıtları kullanılarak yapı yapılacak noktaya gelecekte etki edecek depremin yönü, büyüklüğü ve mekanizmasının modellenmesi.
 - Bunun için senaryo depremi kullanılırsa M (magnitüt), D (deprem kaynağına olan yatay uzaklık), H (deprem odak derinliği) ve r (sismik ana kayaya ait) sönüm faktörü kullanılarak sismik ana kaya üst sınırındaki deprem dalgasının genlik-frekans spektrumu hesaplanması ve çizilmesi
 - Ana kaya üst sınırından itibaren zemin yüzeyine kadar olan katmanlar arasındaki sismik empedans oranları (P ve S dalgaları ile yoğunluk değeri gerekli olacak) hesaplanarak her bir katman geçişinde (Sismik dalga hızları ve yoğunlukları farklı olan katmanlar arasındaki sınır) deprem dalgalarındaki genlik artışları ve bu artışların oluşacağı frekans değeri elde edilir.

Çalışma 1.

Zemin Yüzeyine Ait Deprem Kuvvetinin Elde edilmesinin İzlenesi

c.1. Çalışılacak nokta için müh. Ana kayasına kadar Vs hız değerleri ile tabaka kalınlıkları bulunur.

c.2. Müh. Ana kayasına kadar litoloji tanımlanır.

c.3. Müh. Ana kayası üzerinde kaydedilmiş bir deprem ivme kayıtları bulunur.

c.4. Azalım ilişkileri kullanılarak müh. Ana kayası üzerindeki deprem ivmesi çalışılan noktada zeminin tabanında bulunan müh. Ana kayasına taşınır.

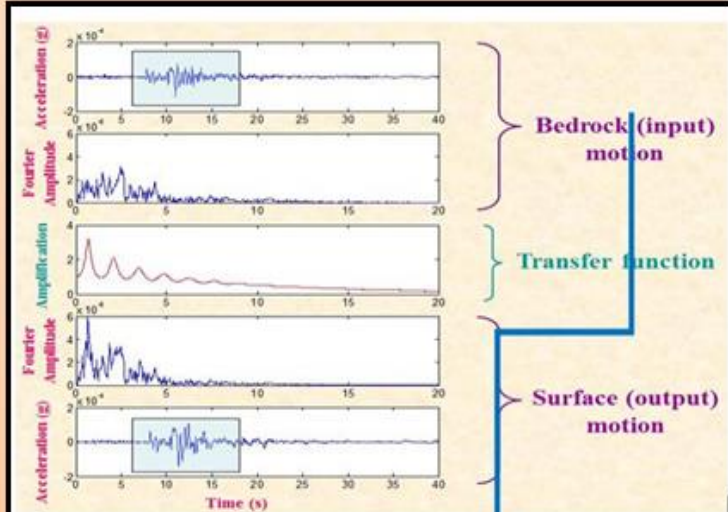
c.5. Lineer sistem kavramı kullanılarak müh. Ana kayasındaki deprem ivmesi zemin yüzeyine taşınır. Bu işlem zaman ortamında evrişim işlemi ile tanımlanır.

$$\text{Çıktı (t)} = \text{Girdi (t)} \cdot \text{ZTF (t)}$$

$$\text{Müh. Ana. İvmesi} \cdot \text{zemin profili} = \text{zemin yüzeyindeki deprem ivmesi}$$

Bu işlem frekans ortamında çarpma işlemi ile yapılır.

$$\text{Çıktı (f)} = \text{Girdi (f)} \cdot \text{ZTF (f)}$$



Bir Boyutlu Zemin Dinamik Tepki Analizi Zaman Ve Frekans Ortamı Giriş Çıkış ve Transfer

Fonksiyonlar

- Bu işlemler zemin transfer fonksiyonu hesaplamaları ile yapılır.
- Bu hesaplamalar yapılırken lineer sistem kuramı dikkate alınır.
- Lineer sistem kuramına göre zaman ve frekans ortamında aşağıdaki bağıntılar kullanılır

(f) ortamında Sismik ana kaya ivmesi (conv.) Zemin Transfer Fonk. = Zemin Yüzeyindeki Deprem ivmesi

(f) ortamında Sismik ana kaya ivmesi (Çarpım) Zemin Transfer Fonk. = Zemin Yüzeyindeki Deprem ivmesi

- Çarpım işlemi matematiksel kolaylık sağladığı için işlemler önce frekans ortamında yapılır
- Daha sonra da Fourier Dönüşüm özellikleri kullanılarak çıkış verisi hem zaman hem de frekans ortamlarında tanımlanmış olur
- Bu çıkış verisi grafiklerinin ya ortalama değerleri ya da pik genlik değerleri, PGA, PGV veya PGL tanımını yapmak için kullanılır
- Maksimum değerlerin zemin yüzeyinde oluşacağı frekans değeri Kramer 1996 tarafında $f_0 = VS / 4H$ (Temel frekans) olarak tanımlanmıştır.

Zemin Yüzeyine Ait Deprem Kuvvetinin Elde edilmesinin İzlenesi

- Enerjinin korunumu kanunu gereği sismik enerji $=\{A^2 w^2 \rho V\} / 2$ veya $E=\{\rho V_s V(t)^2\} / 2$
- Zemin yüzeyine doğru azalan sismik hız ve yoğunluk değerlerine karşılık A genlik değerini artırır.
- A genlik değerindeki artış $B= \{1/[(1/a) + (\pi/2)\xi]\}$.
- Sismik empedans oranı; $a=(\rho_2 V_2)/(\rho_1 V_1)$ Bağıntısı ile sönüm oranı da $\xi=(\eta w)/2G$ bağıntısı ile tanımlanır.
- Sönüm oranı; viskozite değeri (η) ve açısal hız w değeri ile doğru orantılı ve $G=(\rho V^2)$ değeri ile de ters orantılı olarak değişir.
- Çalışma alanının yatay yarı sonsuz homojen izotrop katmanlardan oluştuğu kabul edilir.
- Deprem dalgaları zemin yüzeyine yaklaştıkça yayılım doğrultusu düşey olur (Yoğunluk ve hız azalması sonucu normale yaklaşarak kırılır).
- Enerjinin korunumu gereği $w=$ açısal frekans değeri deprem dalgasının zemin yüzeyine kadar seyahati boyunca sabit kalır.
- Deprem dalgaları zemin yüzeyine doğru yaklaştıkça, azalan basınç nedeni ile yoğunluk ve sismik dalga hız değerlerinde azalmalar oluşur.
- Hız ve yoğunluk azalması sonucu zemin yüzeyine yaklaştıkça deprem dalgası genlik değerlerinde de büyümeler meydana gelir.
- Zemin yüzeyine yaklaştıkça A genlik değeri B katsayısı ile çarpılır.
- B katsayısını kontrol eden parametreler sismik empedans oranı a ile ξ sönüm oran katsayısıdır.
- Bu durumda hız ve yoğunluk değerleri ile sönüm oranı arasında ters orantı vardır.
- Zemin transfer fonksiyonları hesaplanırken derinliğe bağlı olarak elde edilen P, S dalga hızları, kalınlıklar, yoğunluk ve sönüm oranları kullanılır.

Zemin Yüzeyine Ait Deprem Kuvvetinin Elde edilmesinin İzlenesi

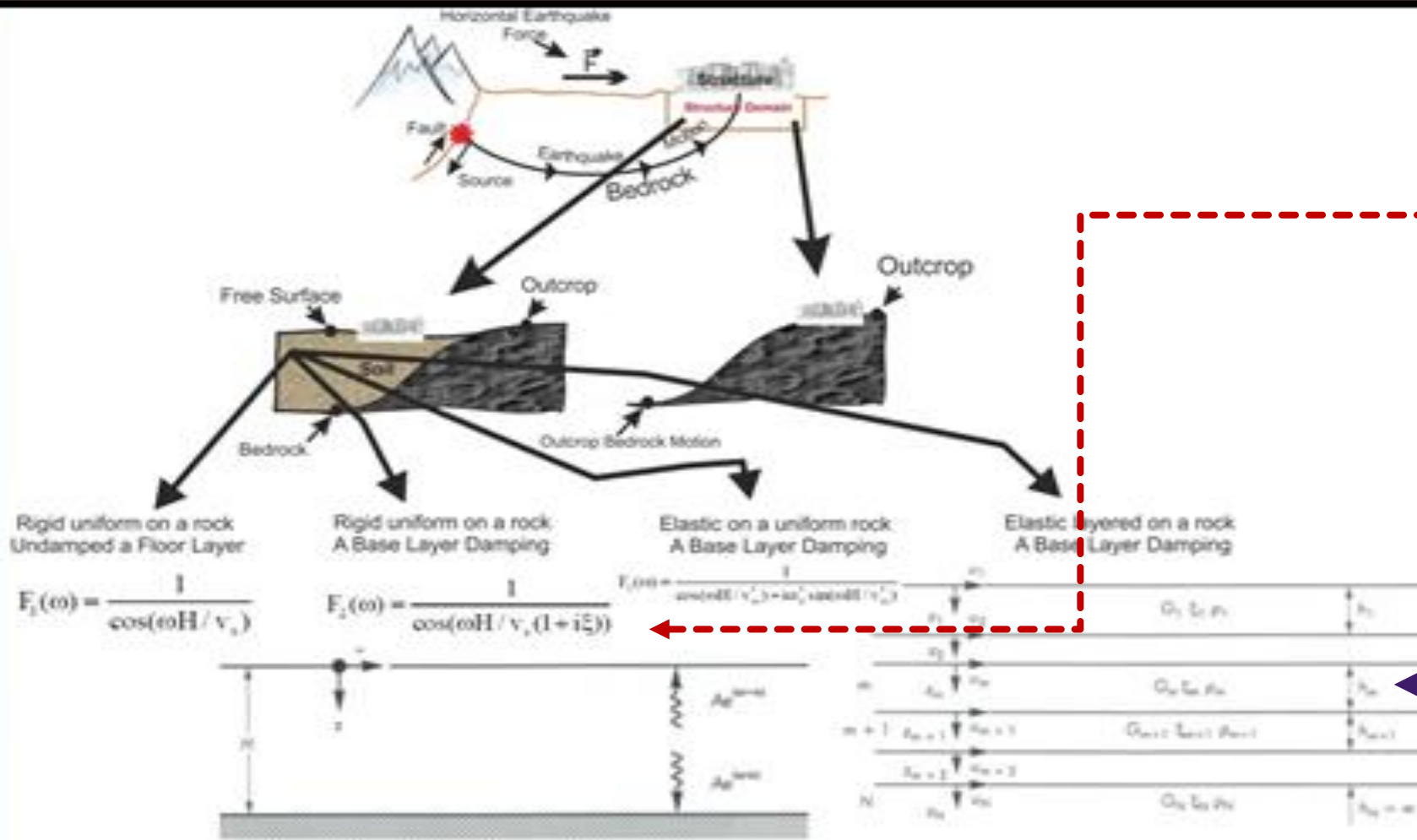


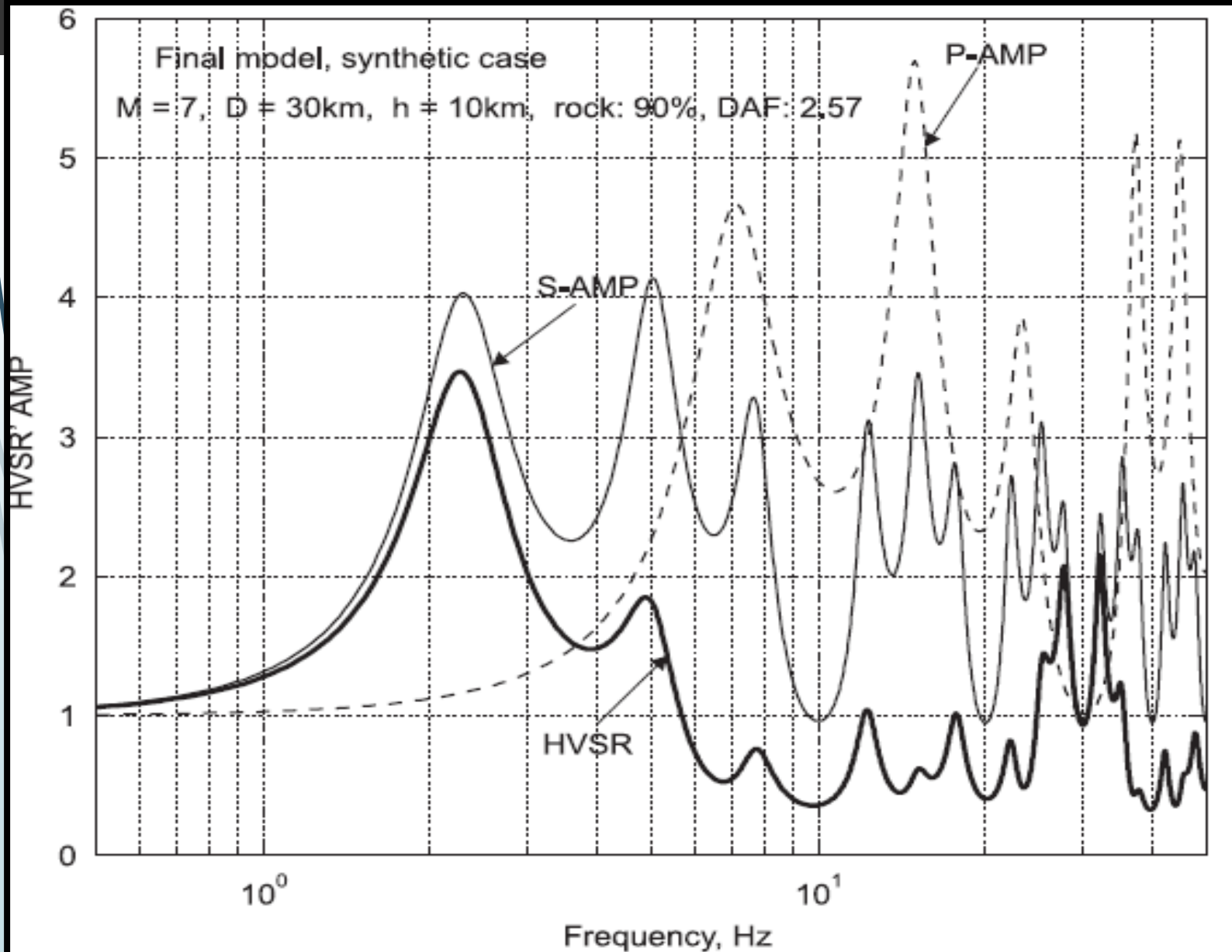
Figure 2. Calculation of ground transfer function.

Farklı ana kaya ve zemin türleri için tanımlanmış kuramsal zemin transfer fonksiyon bağıntıları

Bağıntılar tanımlanırken lineer sistem özellikleri temel alınmıştır.

Zemin tabakalarının ve ana kaya üst yüzünün yatay olduğu kabul edilmiştir.

Zemin Yüzeyine Ait Deprem Kuvvetinin Elde edilmesinin İzlenesi



Nakamura (1989) kabulleri temel alınmış.

P ve S dalgalarına ait ve ayrı ayrı zemin transfer fonksiyonu hesaplanmış ve frekans ortamında çizilmiştir.

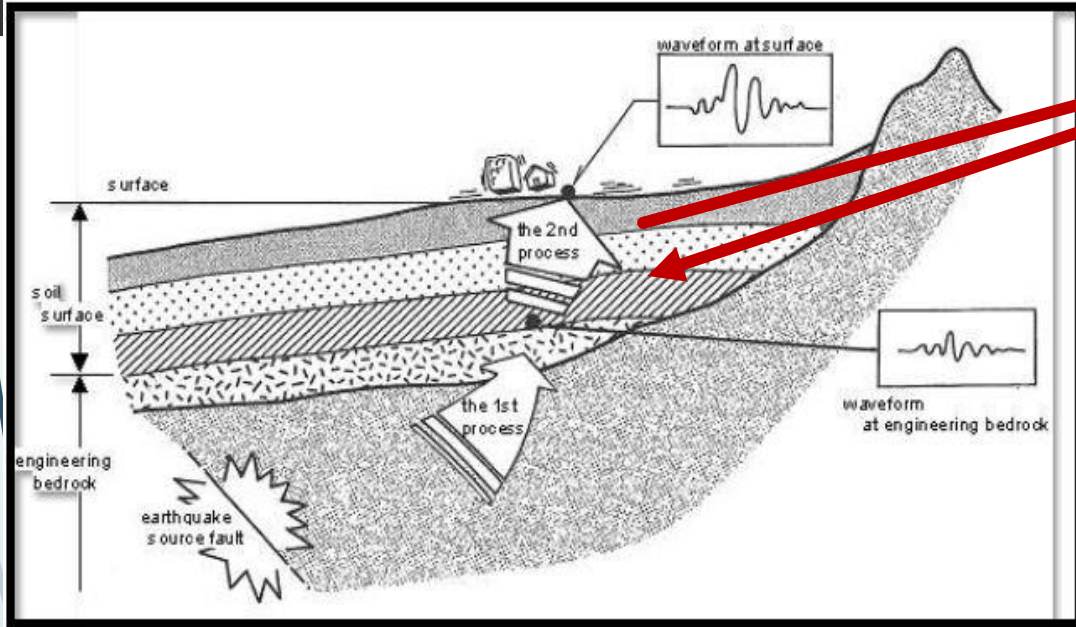
Senaryo depremi ile ana kaya spektrumu hesaplanmış

HVSZ=(Yatay/Düşey) için zemin transfer fonk. çizilmiştir.

Lineer sistem özelliklerine göre ana kaya spektrumu ile zemin transfer spektrumu çarpılarak deprem ivmesi zemin yüzeyine taşınmıştır.

Sonuç olarak zaman ortamında DAF ile tanımlanan ortamın genlik büyütme katsayısı hesaplanmıştır.

Zemin Yüzeyine Ait Deprem Kuvvetinin Elde edilmesinin İzlenesi



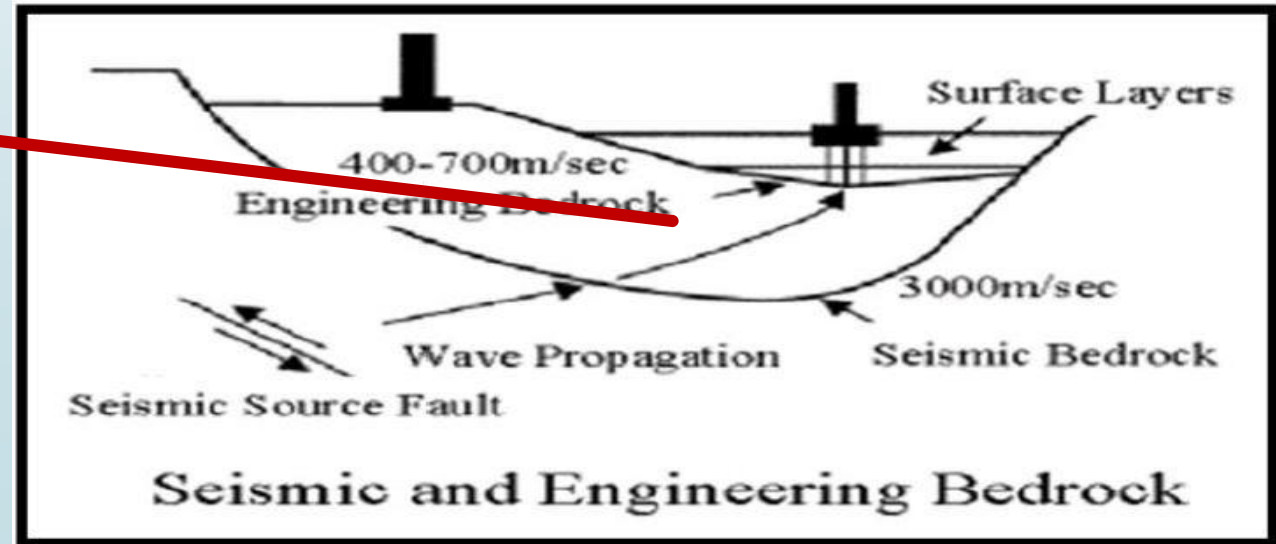
a. Bu sınırlardan yukarıya doğru deprem dalgaları geçerken sismik empedans oranlarına bağlı olarak genlik değişimleri diğer bir tanımla zemin büyütme olayları oluşurmu oluşmazmı?

b. Bu değişimler nasıl irdelenir, tanımlanır, deprem dalgasının hangi özellikleri değişir?

c. Deprem dalgası enerjisinin zemin yüzeyine kadarki mesafe içinde enerjisinin sabit kaldığı kabul edilirse ne olur.

Ana kaya olarak Sismik Bedrock $V_s > 3000$ m/sn özelliğine sahip olarak Engineering Bedrock $V_s > 700$ m/sn ve bugüne kadar yapılan zemin dinamik analizi çalışmalarında bu sınırın etkisi ele alınıyor muydu?

Bu sınırın sismik empedans oran değerini düşünersek bu yaklaşım doğrumu?



Seismic and Engineering Bedrock

Zemin Yüzeyine Ait Deprem Kuvvetinin Elde Edilmesinin İzlencesinde Yapılan Kuramsal Varsayımlar

- Yeraltı ortamı zemin dinamik özellikleri yönünden yatay yarı sonsuz homojen izotrop tabakalardan oluşmuş
- Deprem dalgalarının genlik değişimleri (enerji değişimler veya enerjinin korunumu kanunu) $V_s = 700$ m/sn olan ortamın üzerindeki katmanlardan başlar. Bunun anlamı bu hızdan düşük tabakalara ulaşıncaya kadar sismik enerji değişimi, genlik değişimi oluşmaz.
- Bunun diğer bir anlamı anlamı daha alttaki katmanlar arasında oluşan sismik empedans oranları geçersizdir veya göz ardı edilebilir.
- Lineer sistem kuramı. Girdi(ana kaya ivmesi), transfer fonksiyonu (yatay katmanlara ait sismik hız ve yoğunluklar) ile çıktı (zemin yüzeyindeki ivme) arasında doğrusal ilişki vardır.
- Yapıya sadece yatay deprem yükü etki eder.
- Yapı dinamik etki altında statik konumunu korur. Bunun anlamı zeminde kayma ve göçme oluşmaz.
- Zemin tabakaları arasında düşük yoğunluklu ve düşük hızlı tabakalar yoktur.

Zemin Yüzeyine Ait Deprem Kuvvetinin Elde Edilmesinin İzlenesinde Bu Güne Kadar Yapılmış Farklı Araştırmacıların Çalışma Sonuçlarına Ait Özet Bilgiler

Kuvvetli yer hareketleri üzerinde yerel zemin şartlarının etkisi teorik-analitik çözümlerle de araştırıldığında karşımıza çıkan sonuçlar;

- Ana kayadan yeryüzüne yaklaştıkça, zemin ortamlarının yoğunluğu ve kayma dalgası hızı düşer. Ancak arada düşük veya yüksek değer değişimleri oluşabilir.
- Deprem dalgalarının saçılma etkisi ve malzeme sönümü ihmal edilirse, elastik dalga enerjisinin korunumuna göre, sismik dalga genlikleri, genellikle sediment ortamlarda, düşük kütle yoğunluğu ve düşük sismik hızlardan dolayı oldukça büyür.
- Modern deprem yönetmeliklerinde, depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılacak elastik tasarım ivme spektrumlarının oluşturulmasında, yerel zemin koşullarının göz önünde bulundurulması gerekir.
- kuvvetli yer hareketi parametreleri (genlik, frekans, süre) yerel zemin şartlarından etkilenir ve yüzeyde PGA değişimleri oluşturur.
- Bu etkinin sınırlarının zemin tabakalarının malzeme ve geometrik özelliklerine ve deprem dalgasının karakteristiklerine bağlı olarak değişir. Bu değişimlerin ölçeği yatay ve düşey yönlerde bazen metre bazen yüz metre bazen de km. ölçeğinde olabilir.

Deprem şiddetini arttıran fiziksel özellikler:

- Zemin sıvılaşma potansiyeli,
- Zemin oturması,
- Deprem şiddet artış katsayısı, (Deprem iki derece yükseltme özelliğine sahip ise 6 şiddetindeki deprem, 8 şiddetinde tepki gösterir)

Deprem şiddetini arttıran yapısal özellikler:

- İnşaat temeli altındaki jeolojik yapı farklılıkları,
- Görünen veya görünmeyen kırık, çatlak ve fayın düşey kesimi,
- Gevşek kalın alüvyon ortamlar, ince kaya tabakalar,
- Heyelan durumu varsa heyelan düzlemi,
- Yer altı boşlukları,
- Yeryüzünde sismik enerji odaklanması oluşturan eğimli senklinal yapılar,
- Sismik dalgalarda ardışık kırılma ve yansımalar oluşturan yer altı yapısal özelliklerine sahip ortamlar,
- Büyük genlikli yüzey dalgaların meydana gelmesinde sismik enerjiyi saçan sığ derinliklerdeki heterojeniteler.
- Mekanik rezonans oluşturan tabakalı yapılar

Bu aşamada kendimize sormamız gereken soru
zemin büyütme analizleri yapılırken zemin yüzeyine ait olası
yanal deprem pik ivmesi (PGA) değeri kuramsal olarak
hesaplanırken kaç metre derinlik hedef alınmalı ?

1. Sismik-Mühendislik Ana Kaya sınırımı?

2. Mühendislik Ana Kayası-Zemin sınırımı?

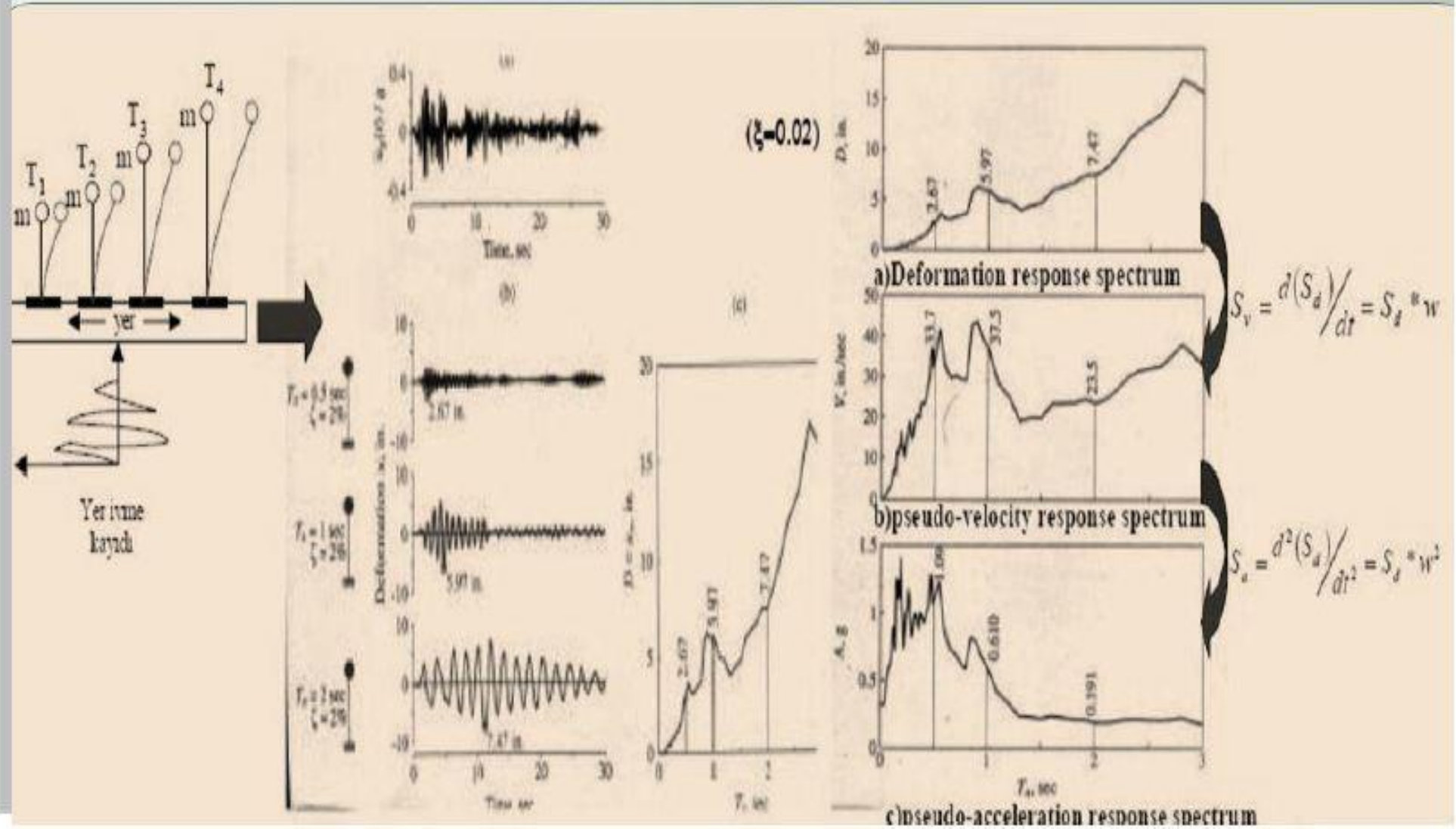
3. 30 m. Derinlikmi?

4. Yoksa Sismik Empedans değişimlerini göz önüne alınmalı?

5. Genlik-frekans değişim eğrileri nasıl hesaplanmalı

6. Zeminin tüm özellikleri P ve S dalga hızları ile yoğunluk
değişimlerine bağımlı olduğunu unutmamalı.

Tepki Spektrumu : Değişik yapıları temsil eden Tek Serbestlik Dereceli (TSD) ve farklı periyota sahip fakat eşit kütleyle sahip yapıların aynı depremin bir bileşenine (X, Y, Z) karşı gösterdikleri tepkilerin maksimumlarından elde edilen grafik tepki spektrumu olarak tanımlanır.



Çalışma 2

Zeminin dinamik hareketi sırasında yapının statik konumunu etkileyecek olan olayların araştırılması (Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı)

- **Depremler veya dalga yükleri gibi tekrarlı yüklemeler altında zemin davranışının incelenmesinde, zeminin dinamik özellikleri araştırılır**
- **•Zeminlerin drenajsız durumda tekrarlı yükler altında davranışında oluşabilecek olaylar**
 - **mukavemet kayıpları**
 - **kohezyonsuz zeminlerde sıvılaşma olayları**
 - **kohezyonlu zeminlerde ise aşırı deformasyonlar ve göçme durumları oluşabilir.**

Bu olayların hepsi, deprem-zemin-yapı etkileşimi deprem olmadan önce araştırılması gereken konulardır.

Çalışma 2 : Zeminin dinamik hareketi sırasında yapının statik konumunu etkileyecek olan olayların araştırılması (Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı)

► Tekrarlı yükler altındaki zemin davranışı araştırılır

Bunun için Gerilme-Şekil değiştirme özelliklerine bağlı olarak

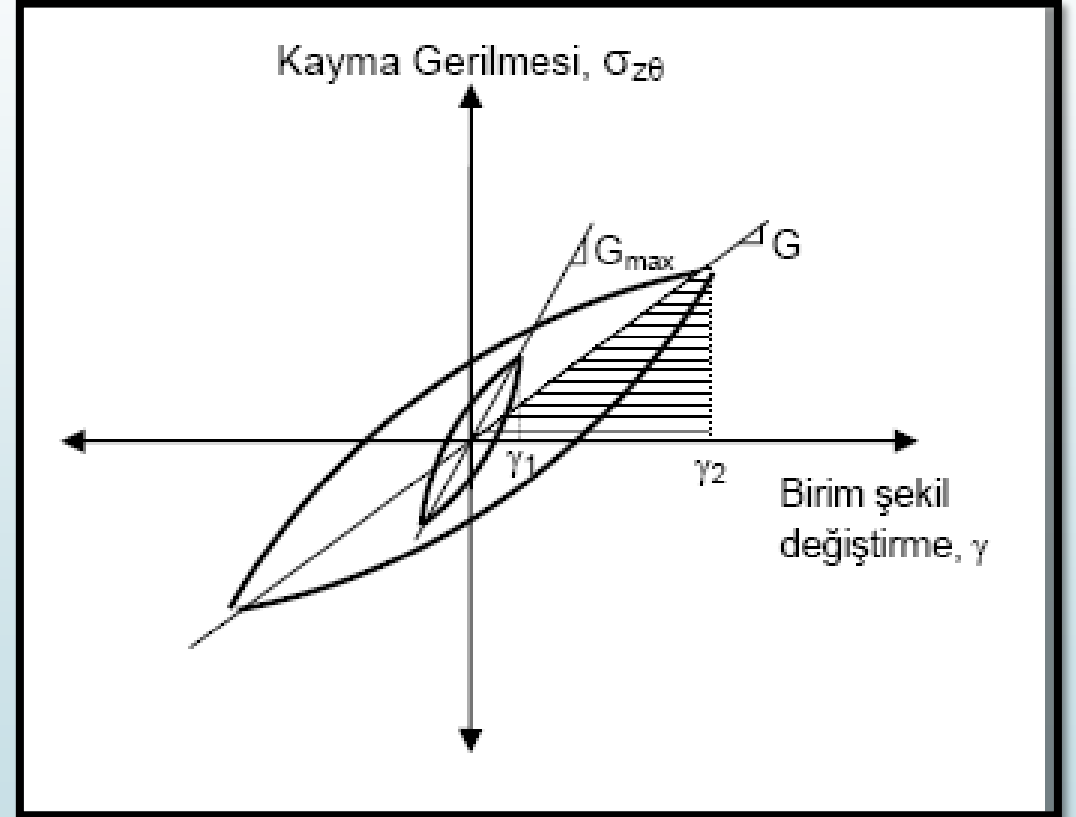
a. dinamik kayma modülü hesaplanır

b. sönüm oranı değerlerinin birim şekil değiştirme miktarlarına bağlı olarak bulunması

Mukavemet kayıplarının araştırılmasına yönelik özellikleri olarak da

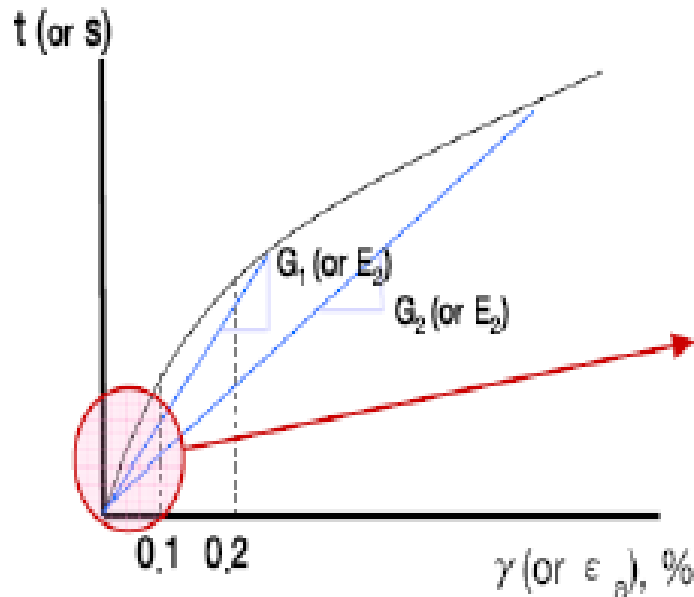
• göçmeye veya büyük şekil değiştirmelere neden olan kayma gerilmesi genliği

• çevrim sayıları

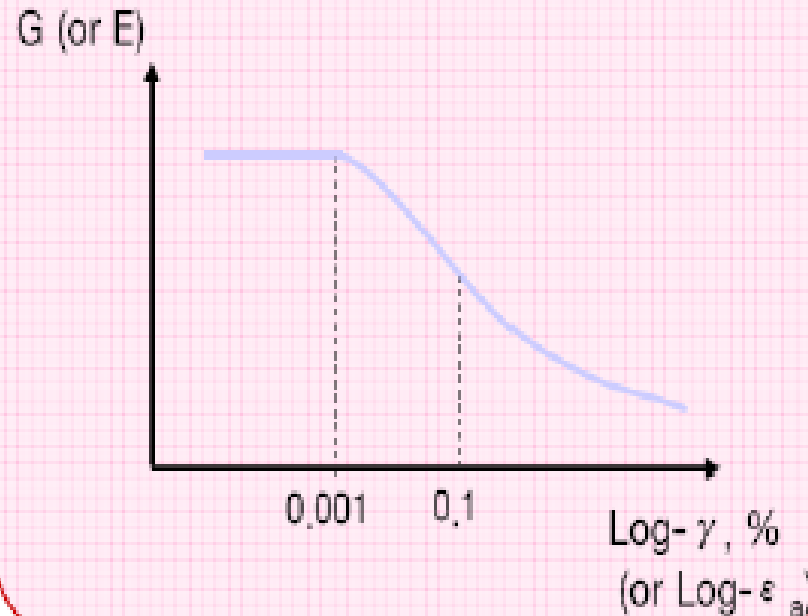


Gerilme-Şekil Değişirme İlişkisi

Stress-Strain Relationship



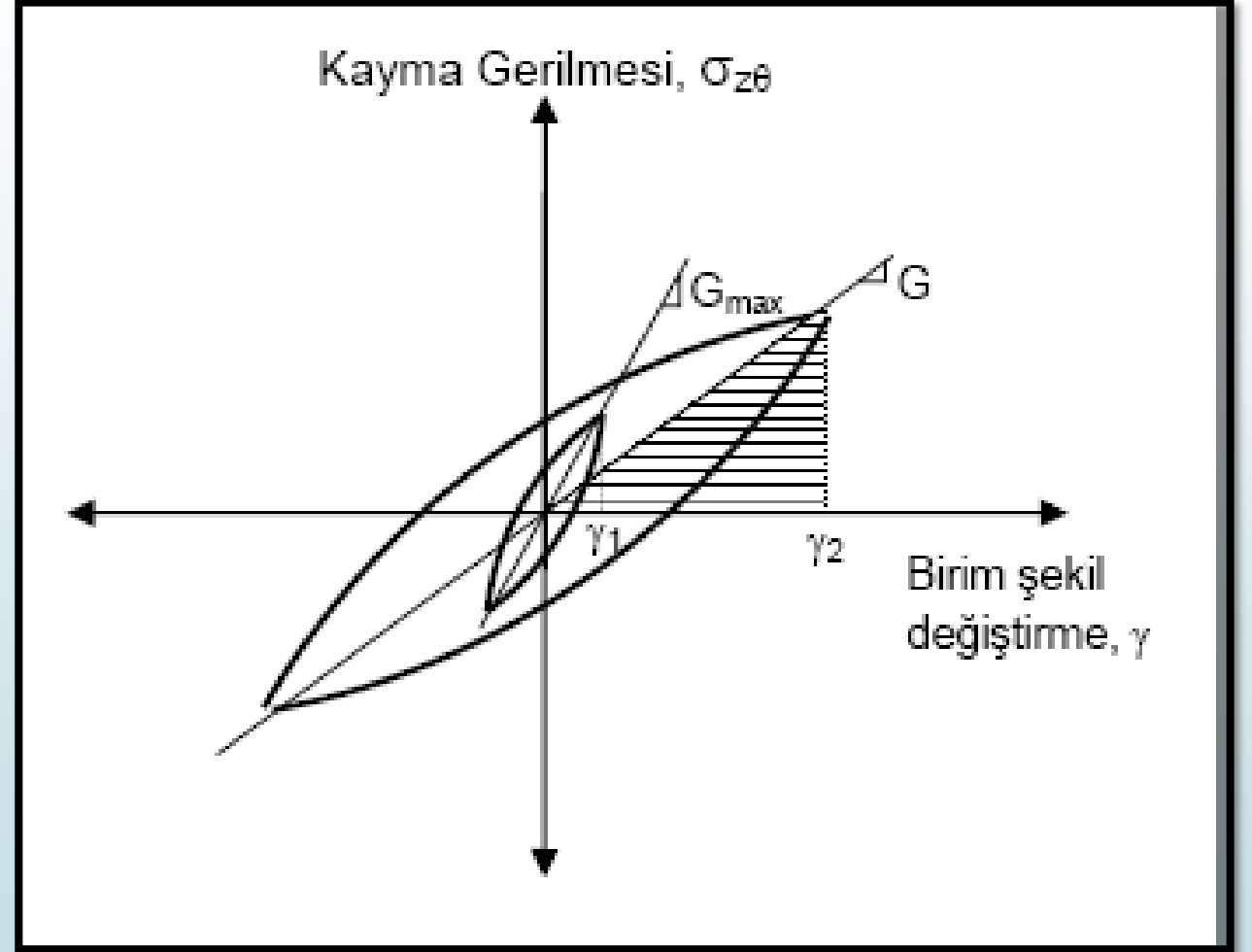
Modulus-Strain Relationship



- Zeminlerin dinamik davranış özellikleri, zeminde oluşan deformasyonların mertebesi ile ilişkilidir.
- Elastik ve elasto-plastik davranış koşullarındaki şekil değiştirme seviyelerinde zeminlerin gerilme-şekil değiştirme özellikleri ön plana çıkmaktadır.
- Daha büyük şekil değiştirme seviyelerinde ise uygulanan yük altında zemindeki mukavemet kayıpları ve plastik şekil değiştirme özellikleri önem kazanmaktadır.

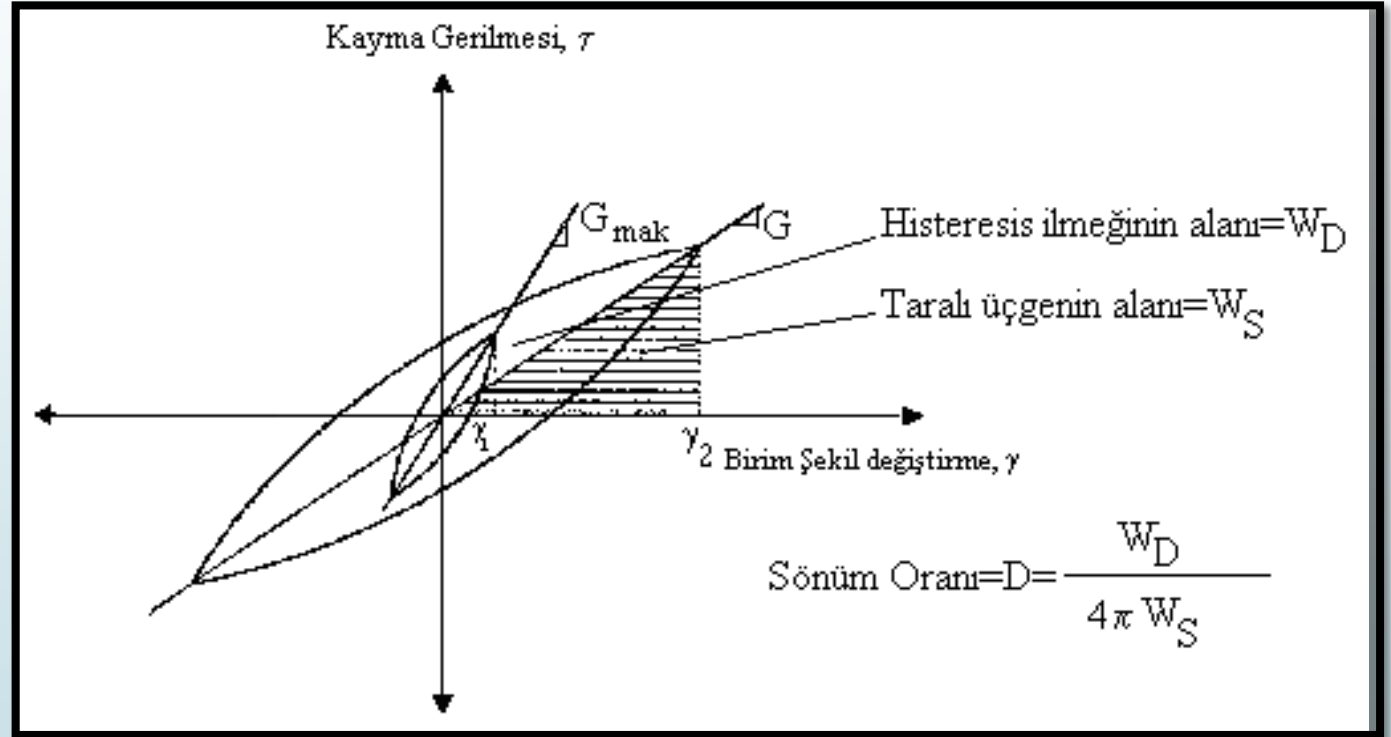
(Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı) Dinamik kayma modülü

- Dinamik kayma modülü
- Histerezis ilmiklerinin uç noktalarından geçen doğrunun eğimi kayma modülü olarak tanımlanır.
- •Kayma modülü şekil değiştirme düzeyine göre değişken değerler alır.
- •Dinamik kayma oranı birim deformasyon düzeyi arttıkça azalmakta, doğrusal olmayan bir davranış sergilemektedir



(Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı) Sönüm oranı

- Plastik şekil değiştirmelerin varlığı sürtünme gibi nedenlerle enerji kayıpları oluşur.
- Her bir çevrim sonunda bir miktar enerji sönümlenir ve bu değişim sönümlenme oranı olarak tanımlanır.
- Sönümlenme oranı histerezis ilmiği alanının histerezis ilmiğinin uç noktalarını birleştiren doğrunun altında kalan üçgenin alanına oranı olarak tanımlanır.
- Zemin sönüm özelliklerini bilinmesi ile zeminlerde dalga yayılımı, deprem yükleri karşısında zemin davranışı gibi dinamik problemlerin çözümü açısından önem taşımaktadır.

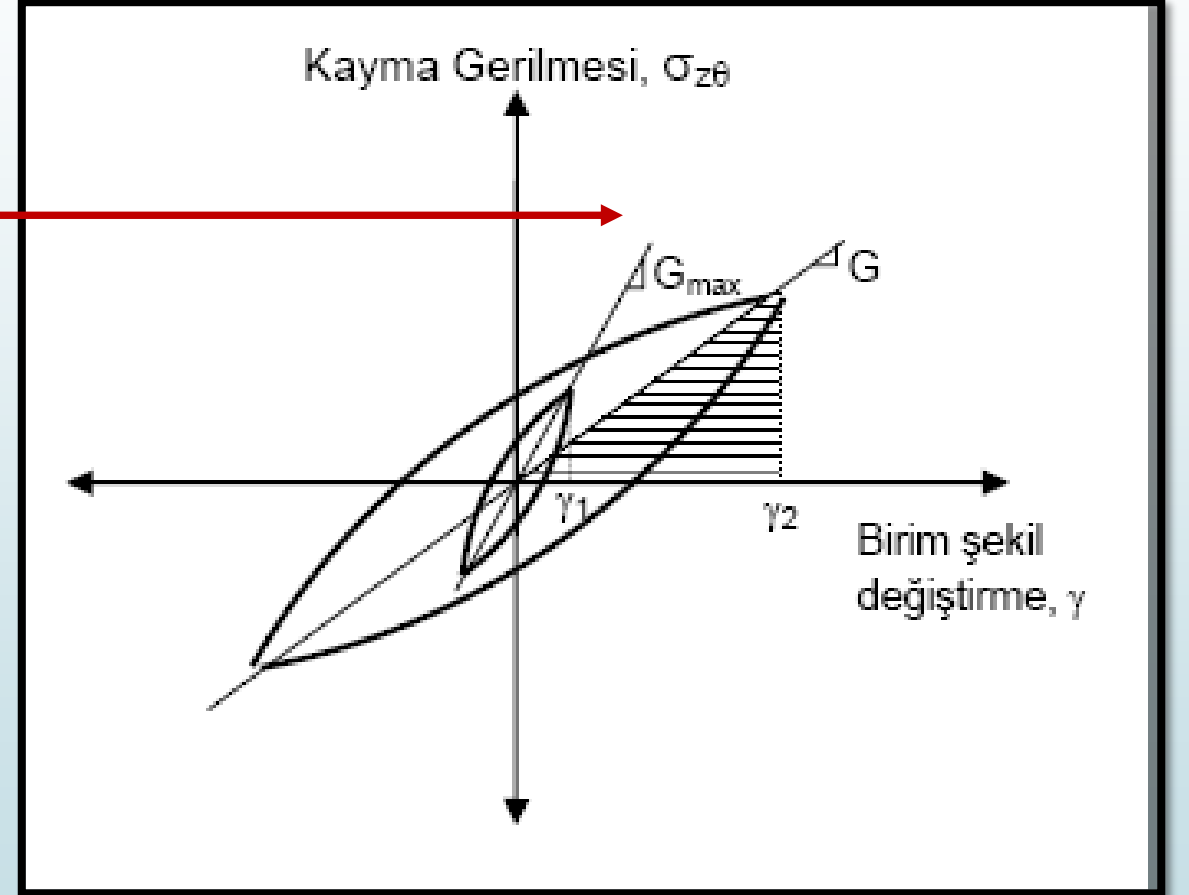


(Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı) G_{max} Değerinin Bulunması 1. yol

- G_{max} Değeri yoğunluk ve Sismik dalga Hızlarına Göre Hesaplanır.
- Arazide yapılan jeofizik ölçümlerden, kayma dalgası yayılma hızı (Vs) belirlenebilmektedir.
- Buradan düşük genlikli kayma modülü

$$G_{\max} = \rho V_s^2$$

- İbağıntısı ile hesaplanır.
- Burada bizi ingilendiren tanım düşük genlikli değişimler için bu bağıntının kullanılabileceğidir.

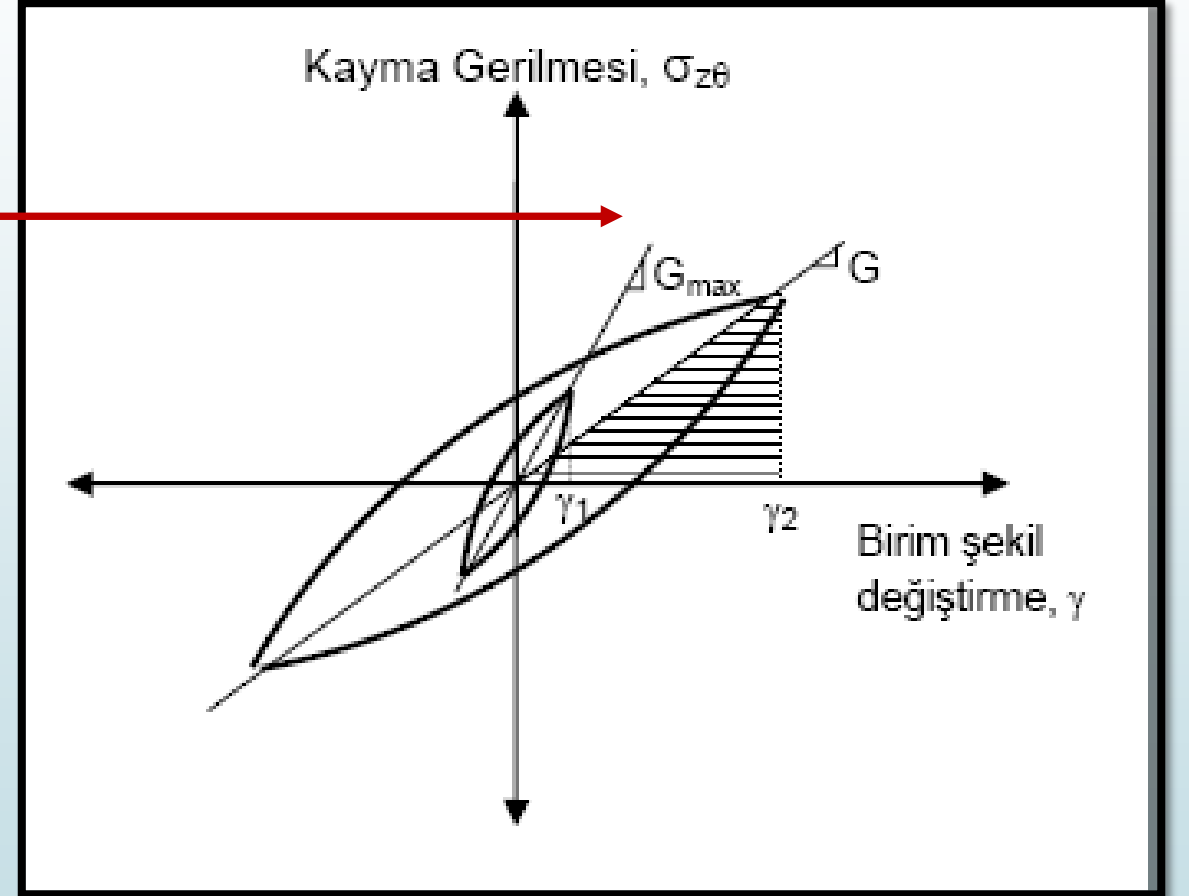


(Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı) G_{max} Değerinin Bulunması 2. yol

- G_{max} hesaplanmasında kullanılan diğer bir bağıntıda

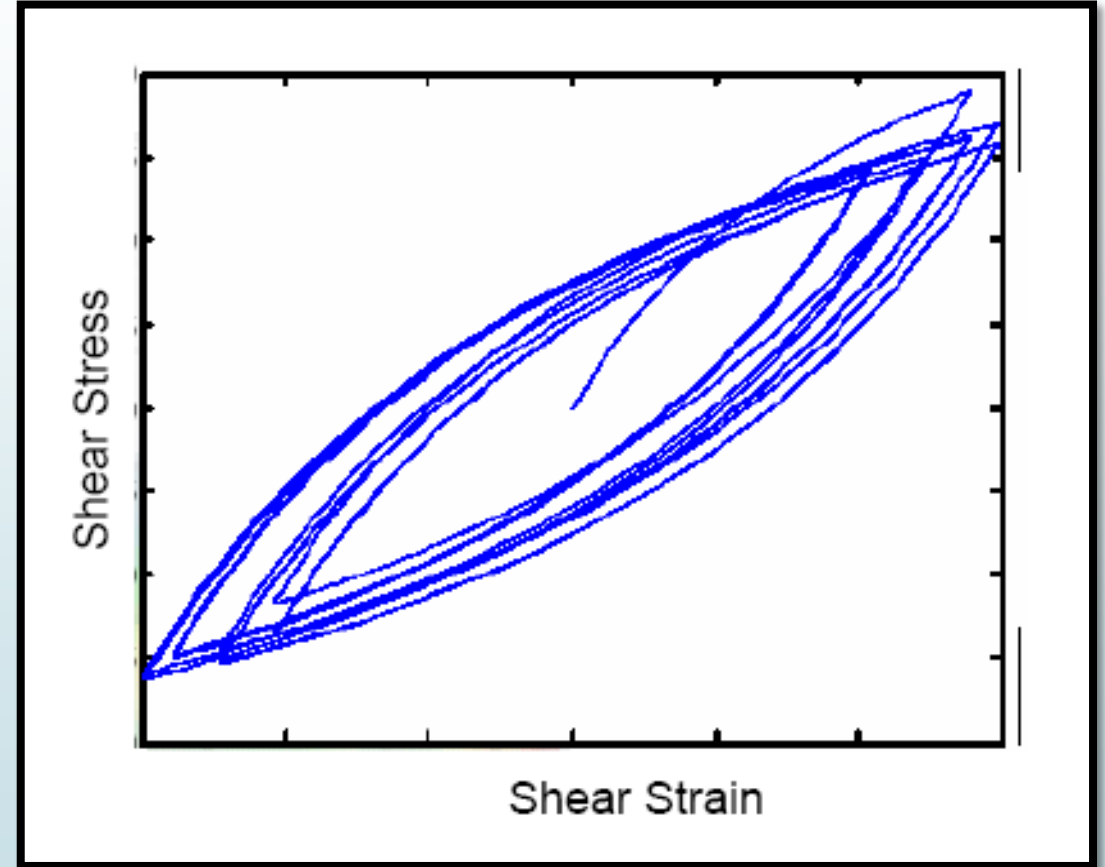
$$G_{\max} = \frac{V_s^2 \cdot \gamma_t}{g}$$

- G_{max} : küçük şekil değiştirmede kullanılan
- ($\gamma_c < 1.0 \times 10^{-4} \%$) dinamik kayma modülü
- V_s : Kayma dalgası hızı
- γ_t : Zeminin toplam birim hacim ağırlığı
- g : yerçekimi ivmesi



(Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı) Zeminlerin Gerilme-Şekil Değişirme Özellikleri

- Gerilme-şekil değişirme karakteristiği;
 - dinamik kayma modülü ve sönüm oranı parametrelerinin birim deformasyon düzeyi ile değişimi üzerinden incelenir.
- Deformasyon kontrollü deneylerde çevrim sayısı arttıkça (deformasyon düzeyi sabit) kayma gerilmesi genliklerinin azalması histerez ilmiklerinin küçülmesine ve yatıklaşmasına neden olmaktadır.
- Gerilme-şekil değişirme özellikleri olan dinamik kayma modülü ve sönüm oranı değerleri her bir çevrim sonunda (histerez ilmiği üzerinden) bulunur.



(Dinamik Etkiler Altında Zemin Davranışı) Zeminlerin Gerilme-Şekil Değişirme Özelliklerine Göre Karar Verilmesi

- Şekil değiştirmelerin elastik sınırlar içerisinde kaldığını ifade edebilmek için teorik olarak yaklaşık 10 üzeri (-5)'den küçük olması gerektiği kabul edilmektedir.
 - Bu şekil değiştirme seviyelerinde ve elastik sınırlar içerisinde dinamik kayma modülünün maksimum değerinde ve sabit olduğu kabul edilebilir.
- Şekil değiştirme seviyesinin yaklaşık olarak 10 üzeri (-3) civarında olması durumunda zeminin davranışları elasto-plastik bir hal alır ve dinamik kayma modülü şekil değiştirmeler arttıkça azalır.
 - Aynı zamanda bu şekil değiştirme seviyelerinde dinamik yüklemelerle birlikte enerji sönümlenmesi de başlar ve zeminin bu özelliği sönüm oranı ile ifade edilir.
- Kayma şekil değiştirmelerinin 10 üzeri (-2) den büyük olması durumunda zemin özellikleri şekil değiştirmeler arttıkça değişmeye ve kalıcı şekil değiştirmeler oluşmaya başlar.
 - Bu şekil değiştirme seviyesinden sonra dinamik kayma modülü ve sönüm oranı yükleme çevrimleri ile değişmeye devam eder.

Bu Aşamada Karşımıza Çıkan Sonuçlar

1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Yapıldı ve Tasarım Deprem Kuvveti Bulundu

a. Kullanılan parametreler

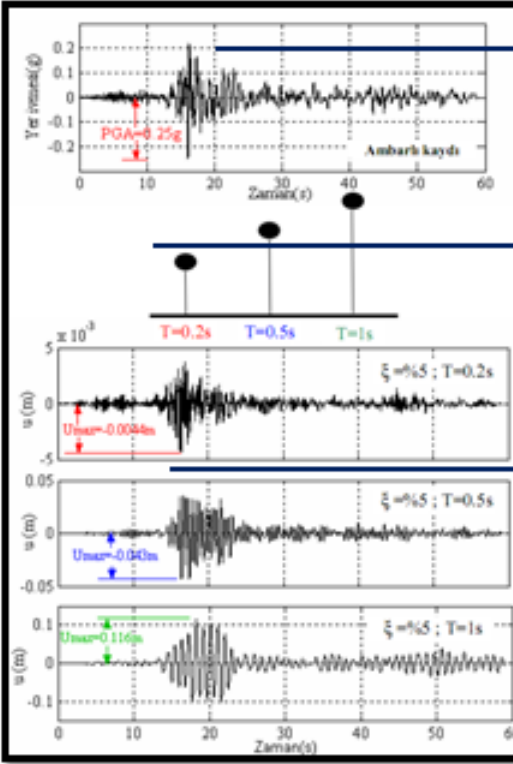
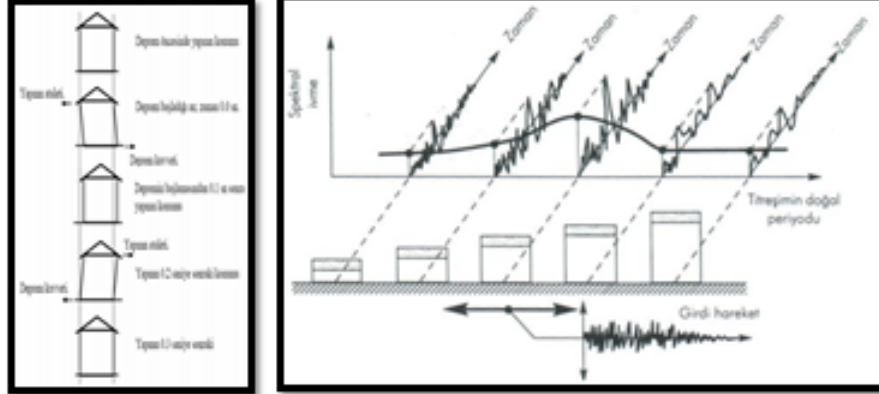
a.1. zemine ait olanlar deprem yüzey ivmesi

a.2. Yapıya ait olanlar rijitliği, sönümü kütlesi ve yüksekliği,

2. Zemin Dinamik Etkiler Altında Araştırıldı ve zemin Elastik Özelliklerine Karar Verildi.

b. Bu araştırmalarda kullanılan parametreler ise sadece zeminle ilgili olarak sismik dalga hızları ve yoğunluk değerleridir.

PGA Hesabı



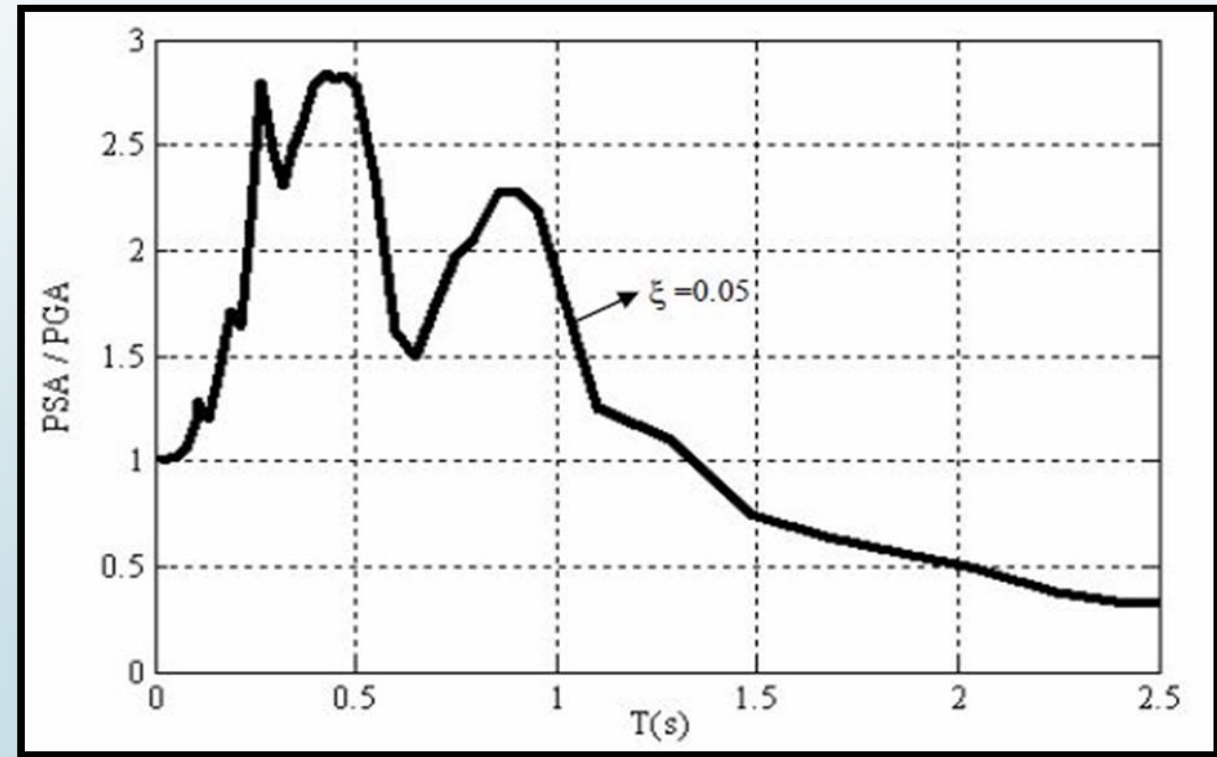
Gerçek deprem kayıtlarından elde edilen PGA değeri. Zemin yüzeyinde bu deprem kuvvetinin oluşacağı kabul edilmiş. Çoğu zaman yapı yapılan noktaya ait olmayan ve başka yerde kayıt edilmiş depremin PGA değeri kullanılır.

Yapı yüksekliği ile periyot değerleri ilişkilendirilmiş ve farklı yükseklikte yapılar kabul edilir.

Sabit bir sönüm oranı (%5) için her bir periyot değeri için tek serbestlik dereceli sistem bağıntısının çözümleri yapıp zaman ortamında yapı yer değiştirme genlik-zaman grafikleri tanımlanır.

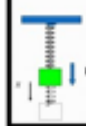
Bu genlik - zaman grafiklerinden maksimum yer değiştirme genlik değerleri (U_{max}) değerleri elde edilir.

Kocaeli 1999 depremi Ambarlı KYH kaydı için hesaplanmış ve PGA değerleri ile normalize edilmiş Sözde İvme Davranış Spektrumu.

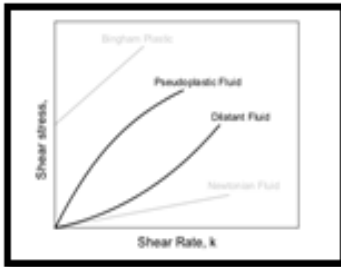
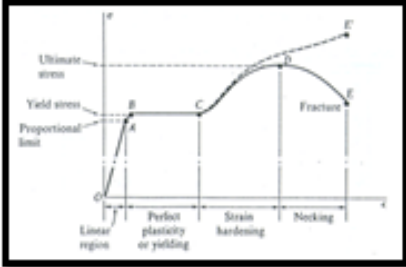
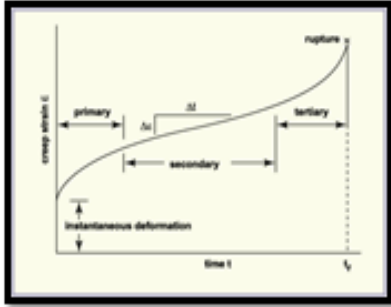
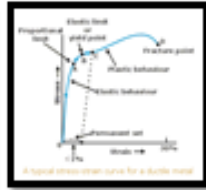


Gerilme - Deformasyon

Stres, σ kesit alanına uygulanan F kuvvetinin oranında ve birim alana düşen kuvvet olarak ifade edilir.
Strain ise, stress nedeniyle cisimde oluşan deformasyonlardır.



- F , kuvveti x yer değiştirmesine neden olur.
- Böylece stress ile kuvvet ve strain ile açıklanır.

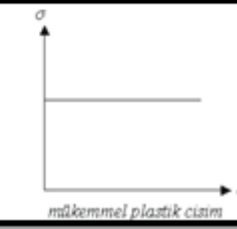
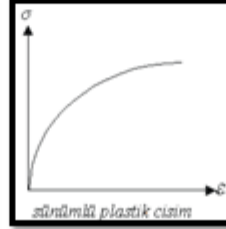
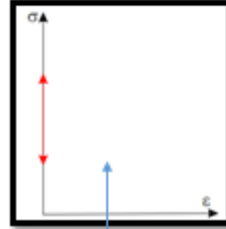
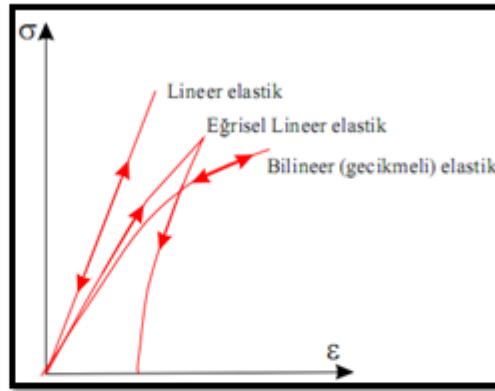
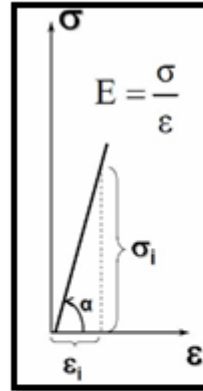
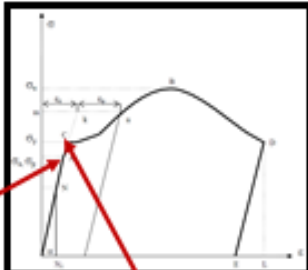


Hooke Kanunu
Bir yay çekildiğinde, yer değiştirmeye orantılı olan bir gerilme kuvveti vardır.

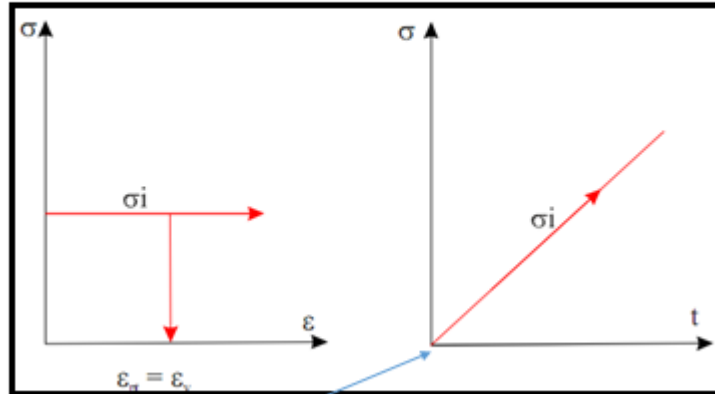
$$F = -kx$$

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x}$$

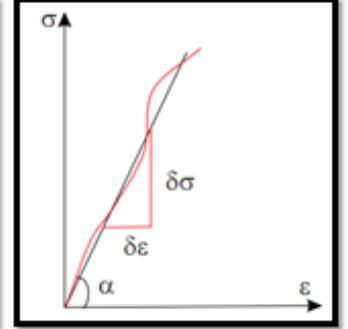
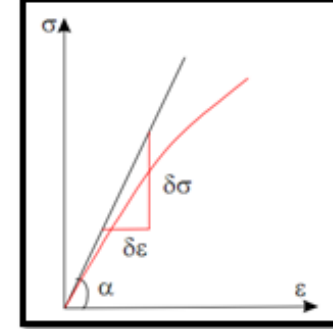
Yay sabiti (k), yayın elastikliğinin ölçüsüdür.



Rijit cisim

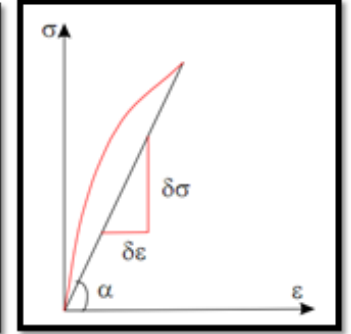
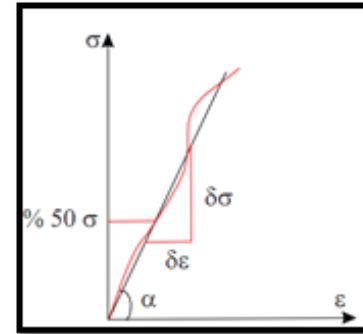


Viskoz davranış



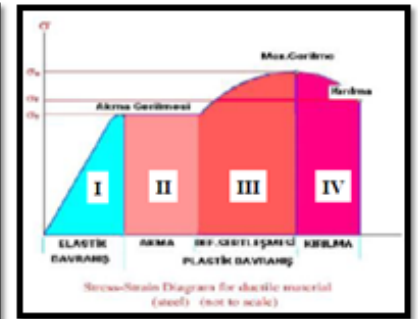
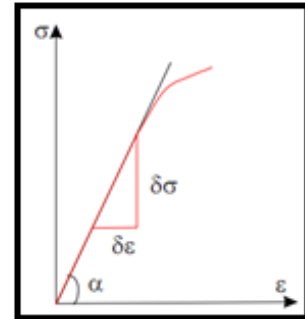
Başlangıç Elastisite Modülü

Ortalama Elastisite Modülü



Tanjant elastisite modülü

Sekant Elastisite Modülü



Gerilme Deformasyonu

Davranış Gerilim-Deformasyon Tanımları

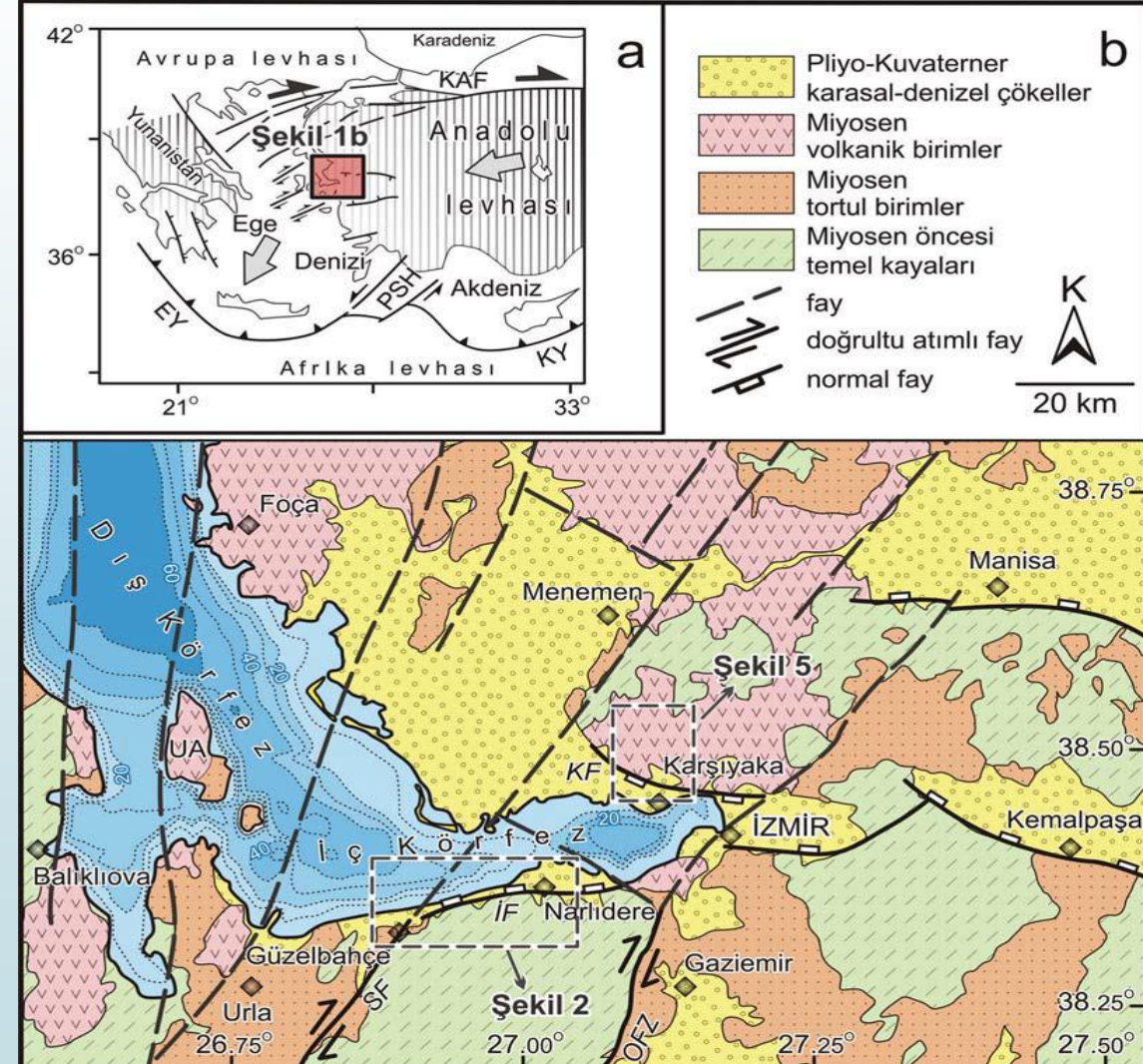
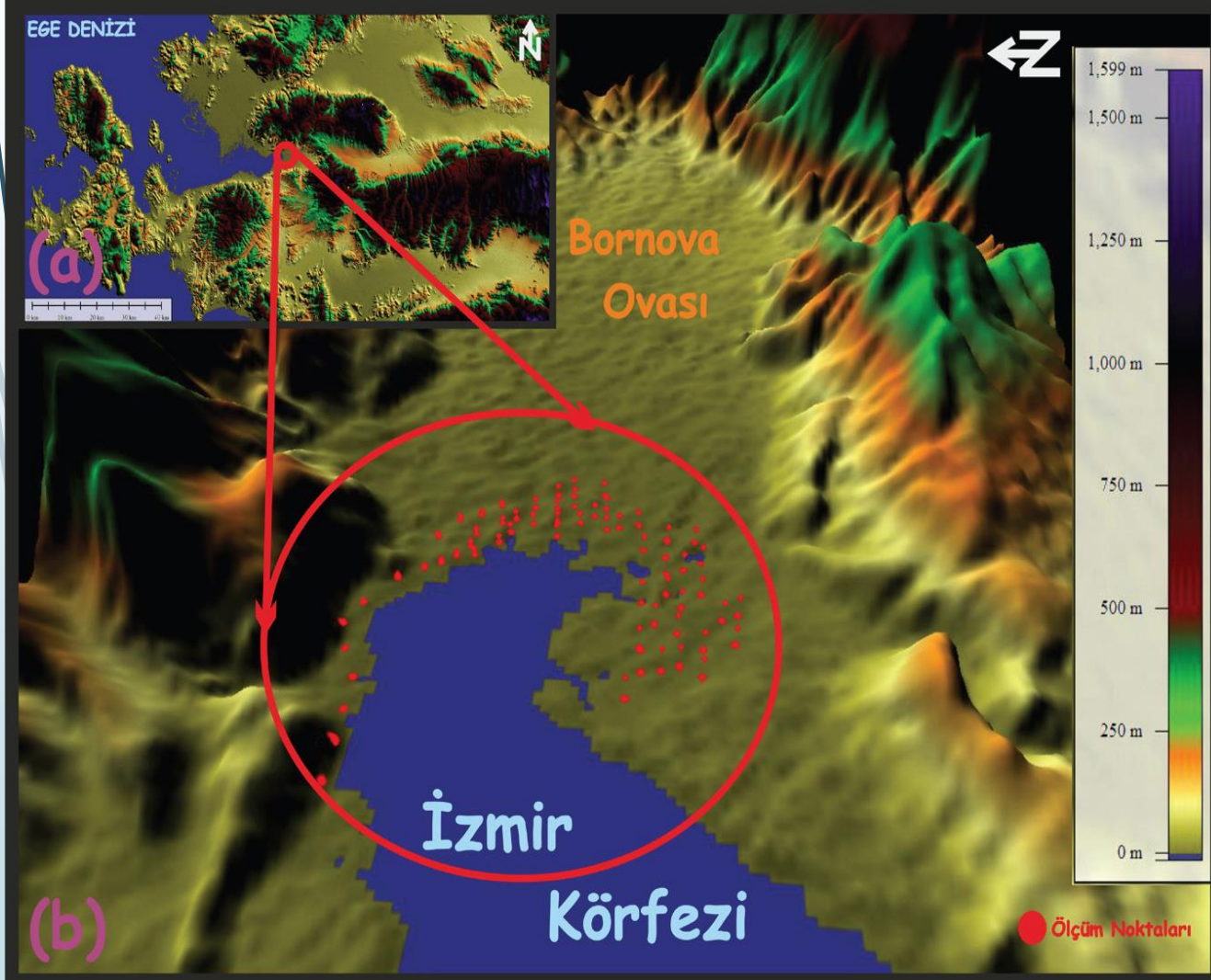
İzmir İli

Yeni Kent Merkezin Yerleşim Alanında

Yapılan Çalışmalardan

Örnekler

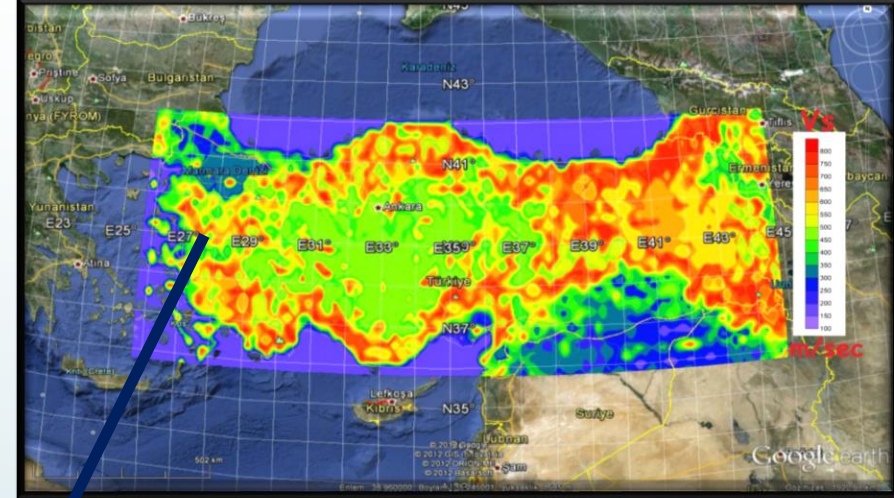
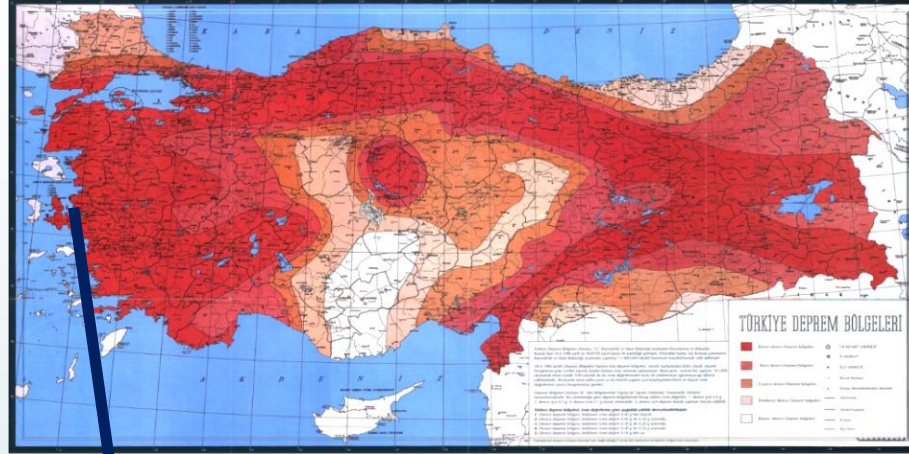
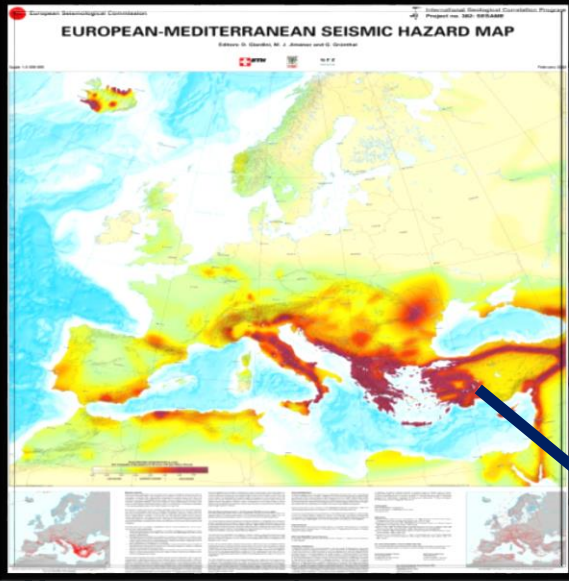
İzmir Yeni Kent Merkezinde Yapılan Çalışmalardan Örnekler





Çalışma Alanının Tanımı

Bayraklı-İzmir Bölgesinin Avrupa Ve Türkiye İçinde Yeri ve Genel Özellikleri Nelerdir.



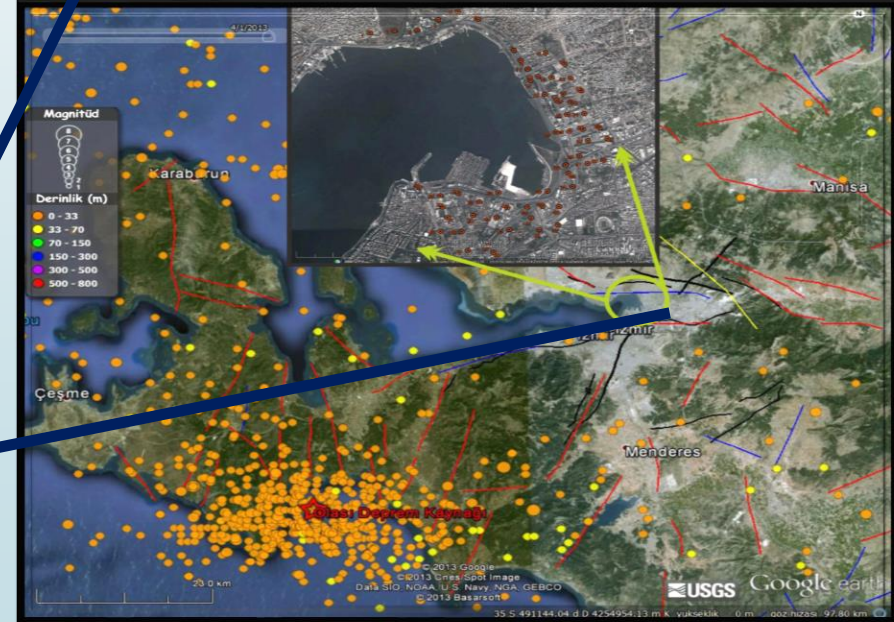
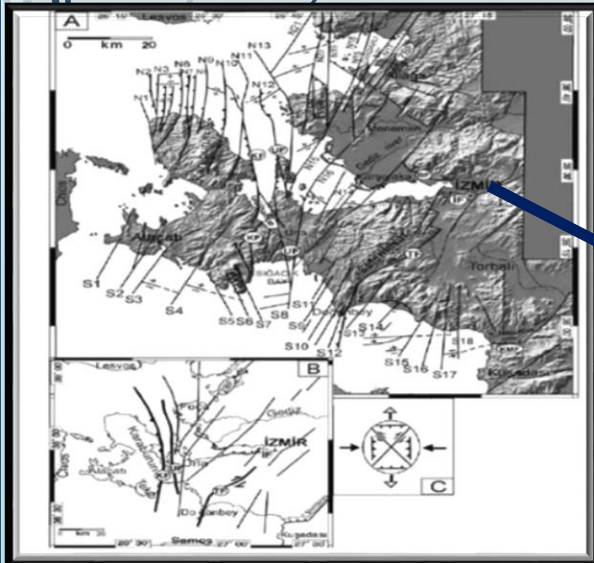
Avrupa sismik tehlike haritasında yüksek risk bölgesinde

Türkiye 1. derece deprem bölgesinde

USGS Vs30 hız haritasında 300 m/sn hız

Aktif tektonik bölge içinde

Depremselliği yüksek bir bölge içinde



İZMİR



Bayraklı İzmir Bölgesi Neresi ve Genel Özellikleri Nelerdir? Geçmiş Depremlerden Hatırlatmalar



1778 Nisan 3-5, İzmir 38.4N; 26.8E; M=(6.4); I=IX

15 saniye sürmüş ve İzmir'i tamamıyla harap etmiştir. 5 Nisan da ise 3 Nisan'dakine eşit şiddette bir deprem daha olmuş. Bazı yerlerde zemin açılmış ve iki kaptanda İzmir'e 18 mil uzaklıktaki Urla'da toprağın yarılıp açıldığını rapor etmişlerdir. (Papazachos, 1997, Perrey, 1848; Mallet, 1854; Labros, 1910; Frangakis-Syrett, 1992; Ambraseys ve Finkel, 1995).



1688, Temmuz 10, İzmir 38.3N ; 26.2E ; M=6.8 ; I= X

Deprem 20-30 saniye kadar sürmüştür. İzmir'deki hasarın çoğu, şehrin aşağı kısmında (deniz kıyısı) ve doğu yönüne bakan birçok duvar evlerin ve kamuya ait binaların dörtte üçünü de beraberinde götürerek yıkılmıştır (Deniz ve sivilaşma etkisi).

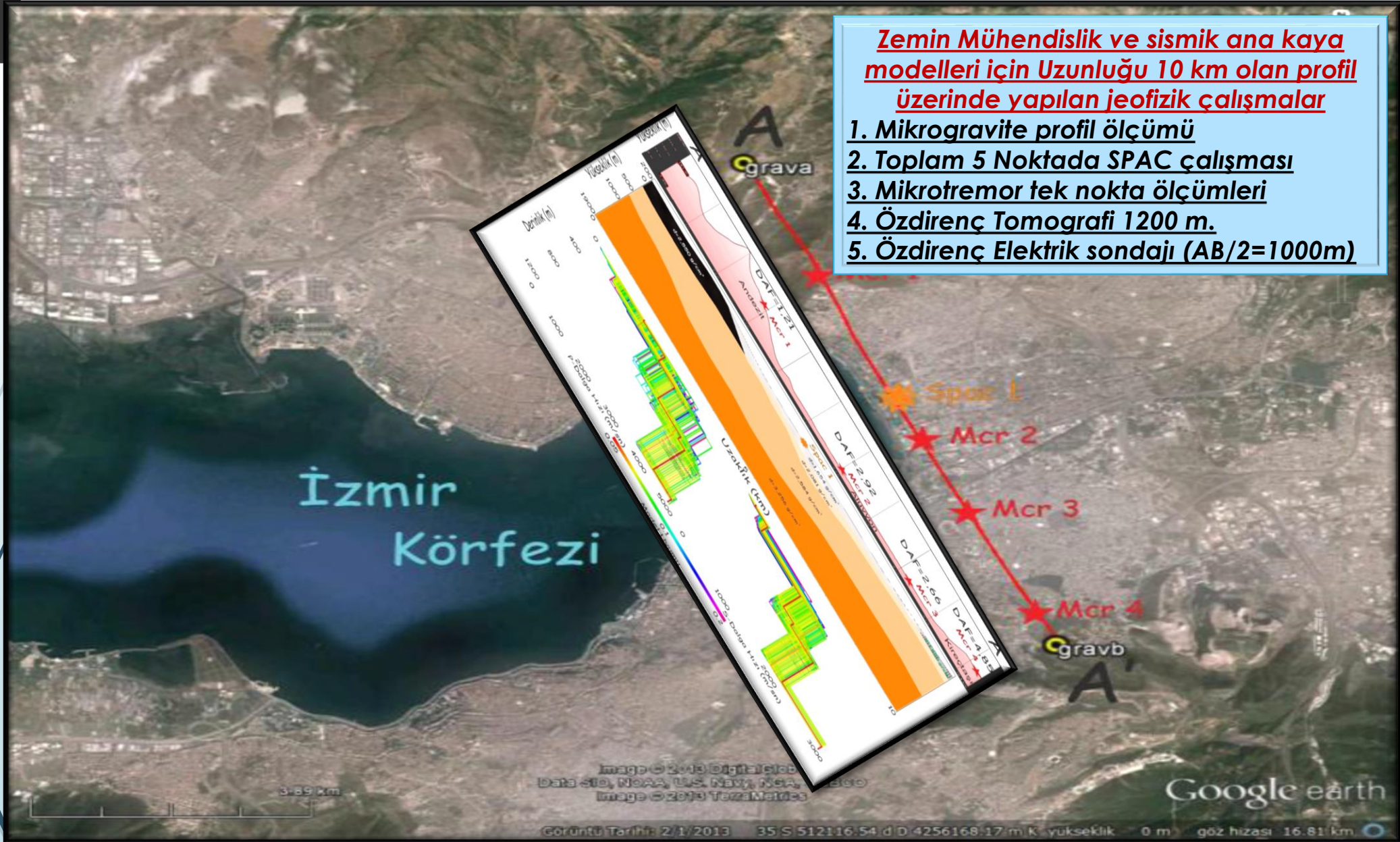
Sancak kalesi, toprağa öylesine batmıştır ki kalenin duvarlarında bulunan toprak görülmez olmuştur.
Ağaç kökleri toprak üzerine çıkmıştır.

Bu deprem küçük magnitüdü lokal bir deprem olmasına rağmen magnitüdü ile orantısız derecede büyük hasar yapmıştır.



Zemin Modelinin 2D Olarak
Elde Edilmesi

Bayraklı-İzmir Bölgesinde Yapılan Jeofizik Çalışmalarından Örnekler

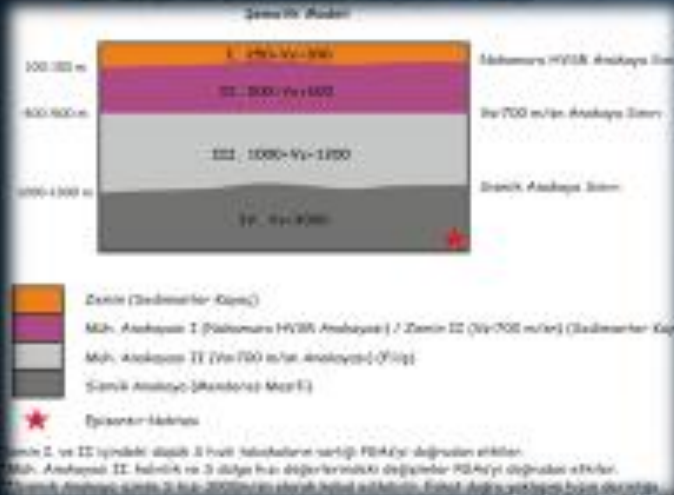


Izmir Yeni Kent Merkezinde Yapılan Çalışmalardan Örnekler



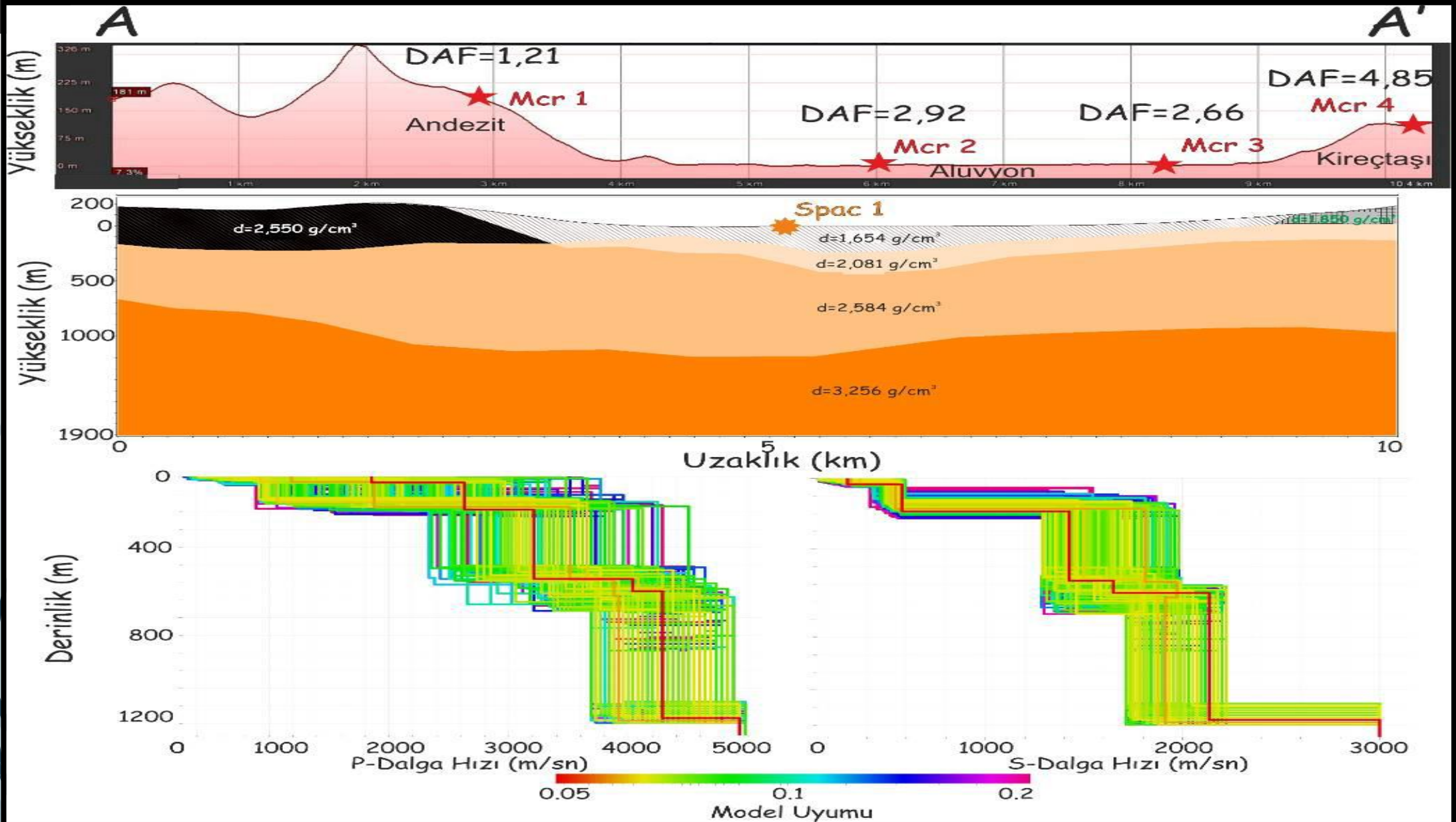
ÇALIŞMA ALANI

THE 20TH INTERNATIONAL GEOPHYSICAL CONGRESS & EXHIBITION OF TURKEY
26-27 November 2013 - Fıstık Lisesi Salonu, Antalya

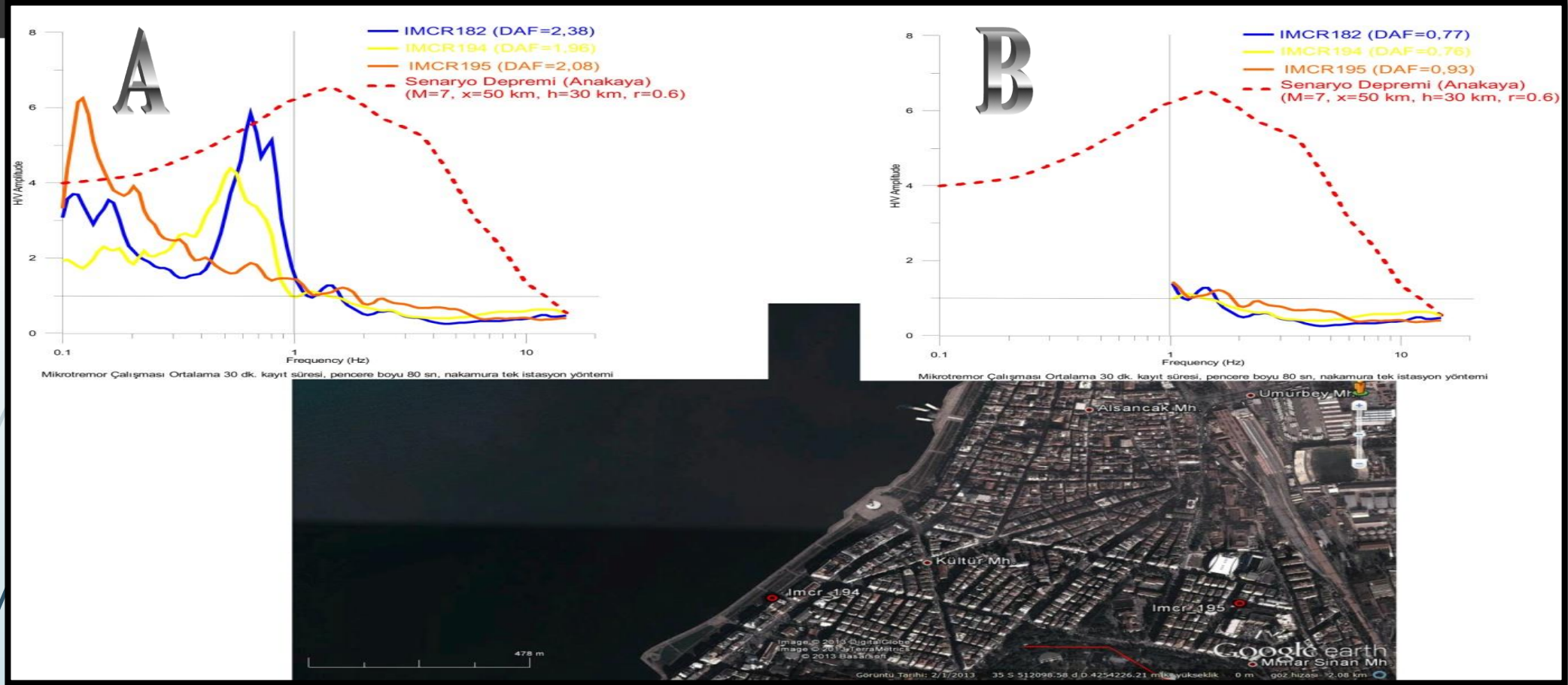


İzmir Yeni Kent Merkezinde Yapılan Çalışmalardan Örnekler

Zemin Yüzeyindeki Deprem Kuvvetinin Araştırılması

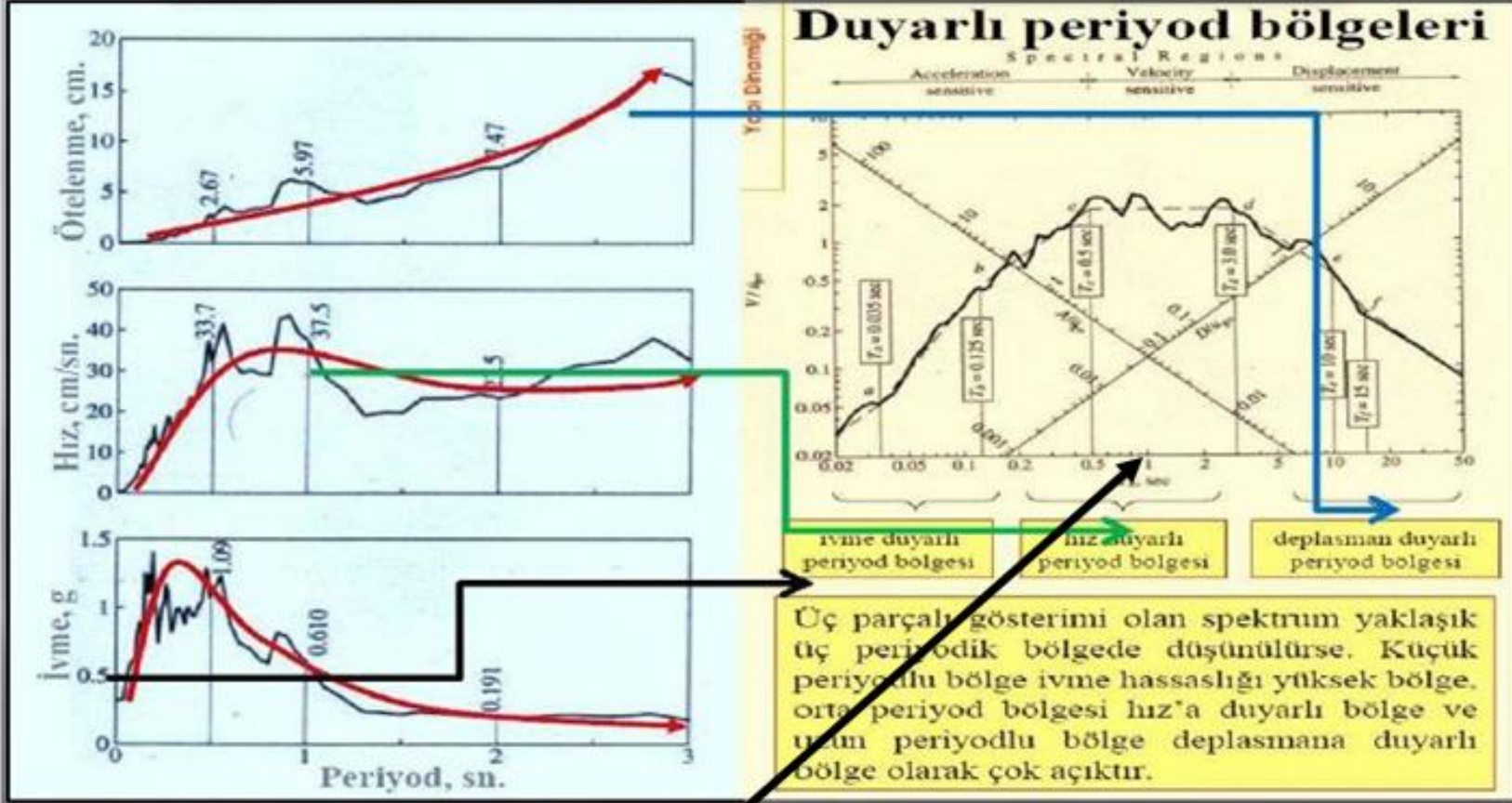


İzmir Alsancak ta Yapılan Çalışmalardan Örnekler Zemin Yüzeyindeki Deprem Kuvvetinin Araştırılması



Körfezin Güneyinde yer alan (Alsancak) zeminlerin dinamik büyütme etkisi. Şekilde Sol Tarafta İzlenen "A" koşulunda 1200 m'lik zemin kolon kesiti dikkate alındığında (T_0 0,1-10 Sn) elde edilen DAF değeri, sağ tarafta izlenen "B" koşulunda yaklaşık 50 m lik zemin kolon kesiti dikkate alındığında (T_0 0,1-1 Sn) elde edilen DAF değeri görülmektedir. Senaryo depremi Şekil 4 'te verilen odak dağılım haritası dikkate alınarak hazırlanmıştır

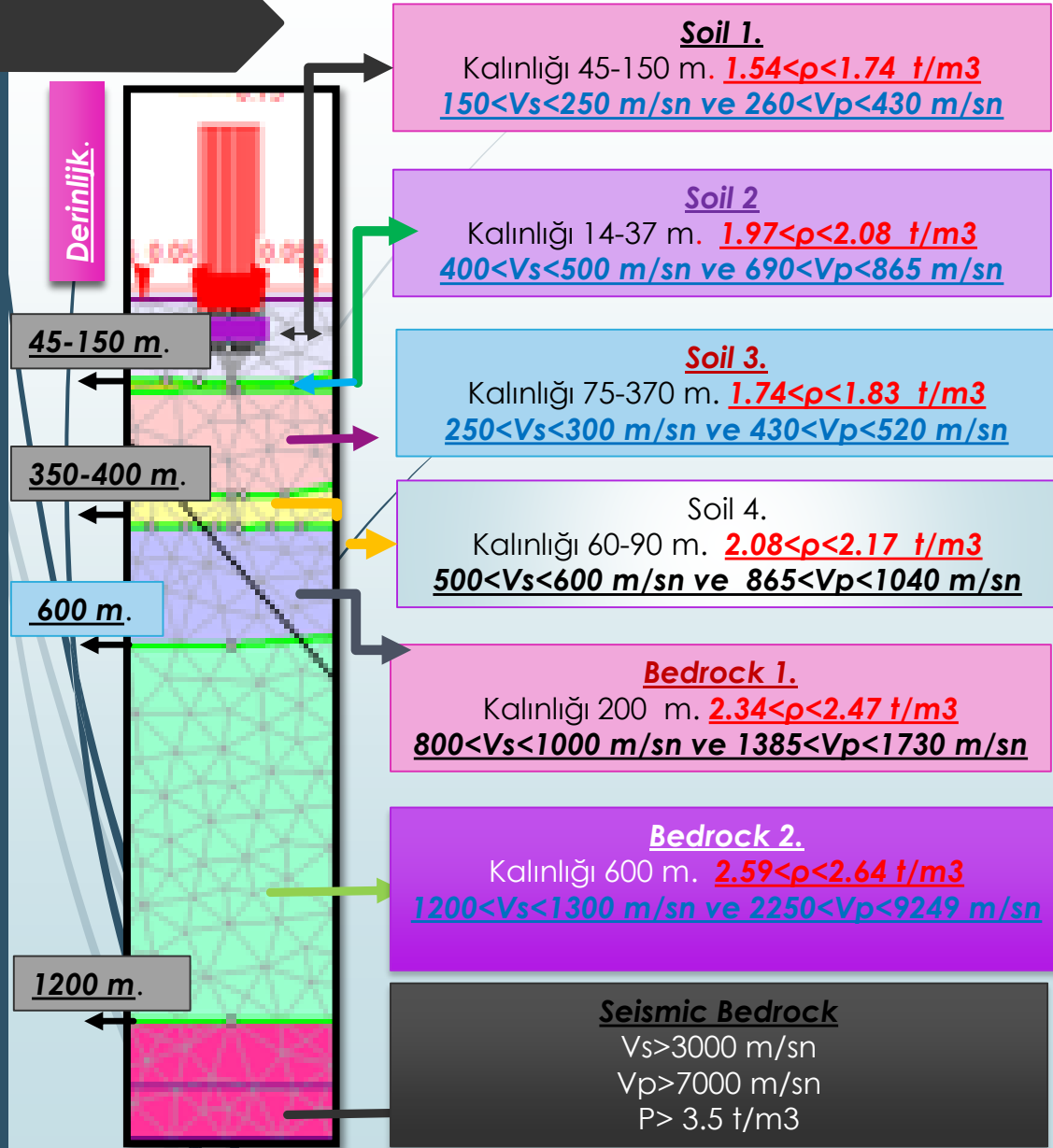
İvme, Hız ve Yer Değiştirme İle Periyot Arasındaki İlişki Grafikleri



Sonuç: Bu Grafikler Yorumlandığında Deprem Sırasında Yapı Hareketi ile Zemin Hareketi arasında ilişki Kurulmuş Olur.

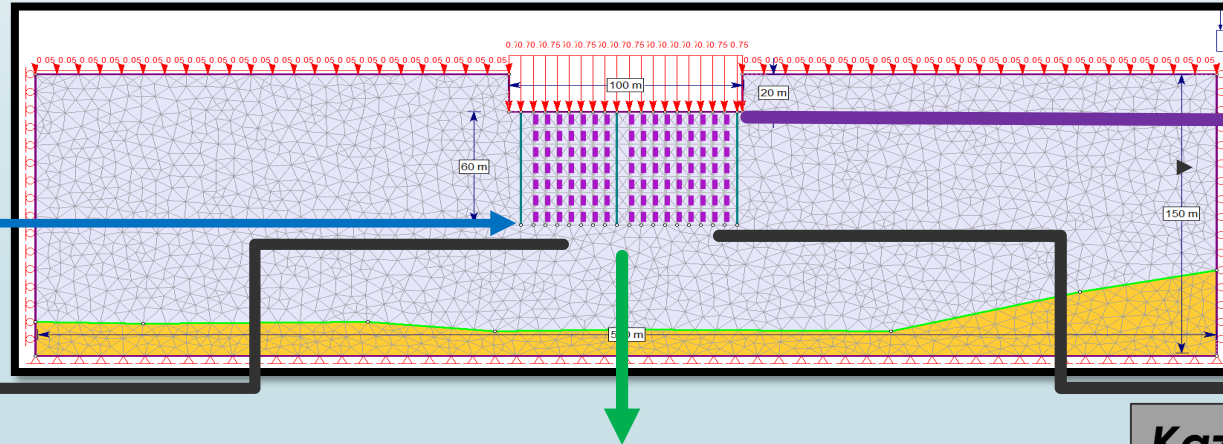
İzmir Metropol Alanı genelinde saptanan $T_0 > 1$ sn sonucu deplasmana duyarlı periyot bölgesini tanımlamaktadır. Bunun anlamı; mevcut ve yeni yapılacak yapılarda yüksek deplasman (yer değiştirme) etkisi beklenmelidir. Bu sonuca göre yapı riitliği ve yüksekliği tasarlanırken bu olgu dikkate alınmalıdır.

Zemin Yüzeyindeki Deprem Kuvvetinin Araştırılmasına Yönelik Hazırlanan Rejyonel ve 1D Boyutlu Zemin Modeli



- zemin yüzeyine yaklaştıkça S dalga hızı azalıyor .
- Bu azalma oranları çok fazla $3000 > 1200 > 600 > 300 \text{ m/sn}$
- Mühendislik ana kayası tanımına göre $V_s > 700 \text{ m/sn}$ ortalama 300 m. Derinlikten sonra oluşuyor.
- Sismik ana kaya 1200 m. Den itibaren başlıyor.
- Derinliğe bağlı olarak oluşan bu ani S dalga hız değişimlerinin olduğu katman sınırlarında deprem dalgasının genlik-frekans eğrisinde değişimler oluşur.
- Zemin yüzeyinden itibaren Ortalama 300 m. Kalınlık içindeki ortalama $V_s = 300 \text{ m/sn}$ dir.
- Sismik empedans oranları ile tabaka yoğunluklarındaki değişimler dikkate alınırsa zemin transfer fonksiyon hesaplamalarında 1200 m. Derinlik dikkate alınmalıdır.
- İzmir körfezi ve çevresinde yer alan zemin içinde S dalga hızı alt ve üst tabakaya göre göre yüksek olan bir katman vardır. Bu katman mühendislik ana kayası değildir.
- Çünkü bu katman altında düşük S dalga hızı gözlenmektedir.

Zemin Modelindeki Boyut Değişimleri
(1D Ve 2D İle Yanal Ve Düşey Yönlü Uzunluk Değişimleri)
Dikkate Alınarak
Statik ve Deprem-zemin-yapı Ortak Dinamik Davranış
Sonucu Oluşan
Toplam-düşey-yatay Yer Değişmeleri İle
Makaslama Deformasyonu Değişimlerinin
Kazıklı Radye Temele Sahip Yüksek Bir Yapı İçin Kazıkların Hem Alt Ve Üst
Noktalarında
Hem Sağ-sol-orta Kesimlerinde
(3 Farklı Bölge İçin)
Hesaplama ve Karşılaştırma Sonuçları



Kazıklı Sistemin Alt Kısmı

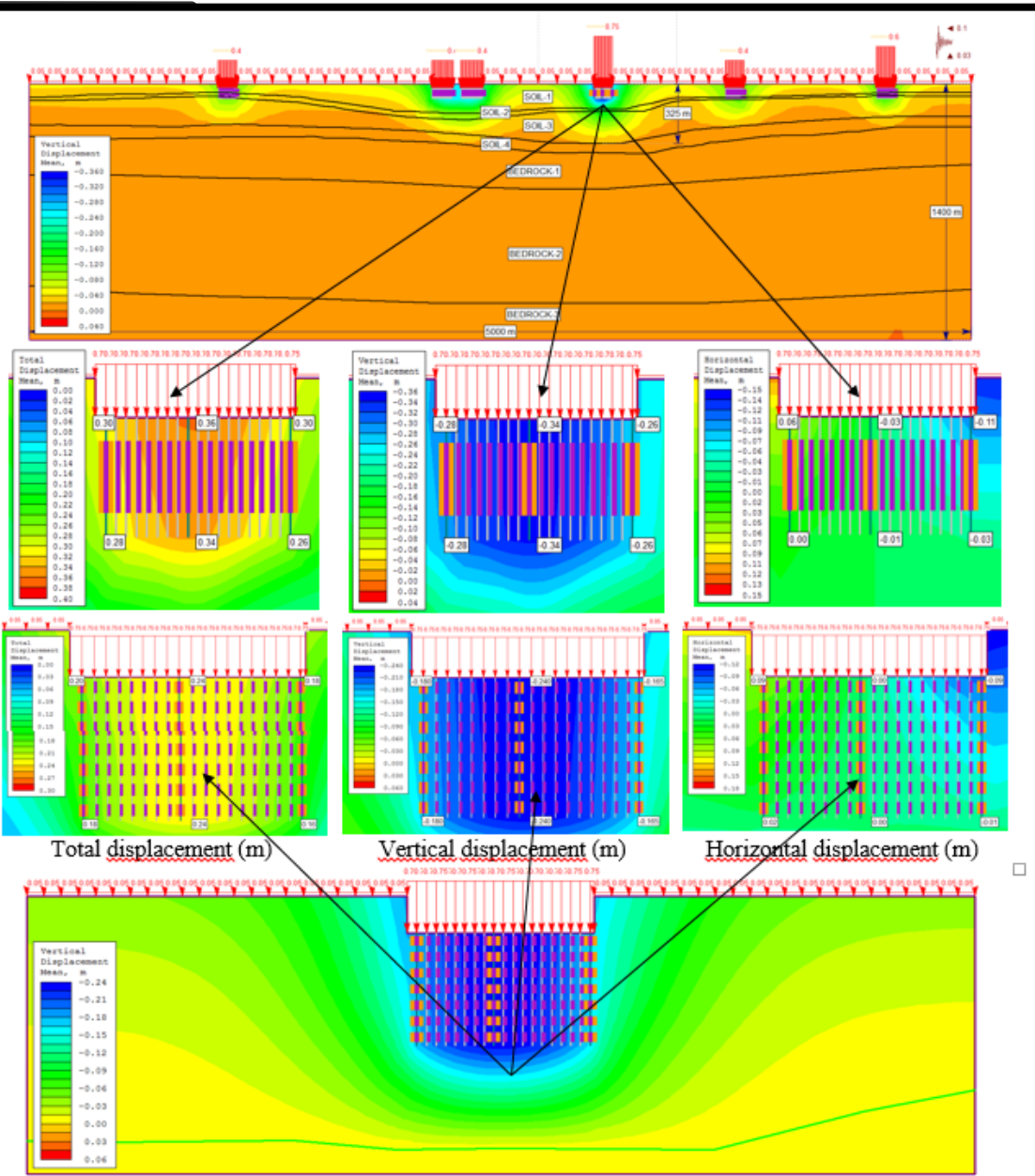
Kazıklı Sistemin
Üst Kısmı

Kazıklı Sistemin Sol Kısmı

Kazıklı Sistemin Orta Kısmı

Kazıklı Sistemin Sağ Kısmı

Statik Koşullarda Geniş Ve Dar Ölçekli Modellerde Kazıkların Üst Ve Alt Noktalarındaki Toplam, Düşey, Yatay Yer Değiştirme Ve Makaslama Deformasyonlarının Dağılımı



a. ortalama toplam yer değiştirme miktarları

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	30	36	30 cm;
Dar model için	20	24	18 cm.
Fark Değerler	10	12	12 cm

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş modelde	28,	34	28 cm;
Dar modelde	18	24	16 cm
Fark Değerler	12	10	12 cm

b. Ortalama düşey yer değiştirmeler

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	28	36	28 cm;
Dar model için	18	24	16 cm.
Fark Değerler	10	12	12 cm

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş modelde	28,	34	28 cm;
Dar modelde	18	24	16 cm
Fark Değerler	10	10	12 cm

c. Ortalama yatay yer değiştirme miktarları

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	06	01	11 cm;
Dar model için	09	00	09 cm.
Fark Değerler	-03	01	02 cm

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş modelde	00	01	03 cm;
Dar modelde	02	00	01 cm
Fark Değerler	-02	01	02 cm

d. Ortalama Makaslama deformasyonları ($\times 10^{-4}$)

Kazık üst noktalarının da

Geniş model için	3.30	4.40	4.40;
Dar model için	1.70	6.80	0.85.
Fark Değerler	1.60	-2.40	3.55

alt uç noktalarındaki toplam yer değiştirmeler

Geniş model için	7.70	1.65	7.15
Dar model için	9.35	7.65	9.35
Fark Değerler	-1.65	-5.00	-2.20

Yandaki tabloda

Dar ve geniş modeller için kazık üst ve alt noktalarında

ve

sağ-orta-sol

Kesimlerde

Ortalama olarak

10-12 cm toplam

10-12 cm düşey

02 cm yatay

Yer değiştirmeler

ile

3.00-4.00 arasında

değişen

makaslama

deformasyon fark

değerleri

Saptanmıştır.

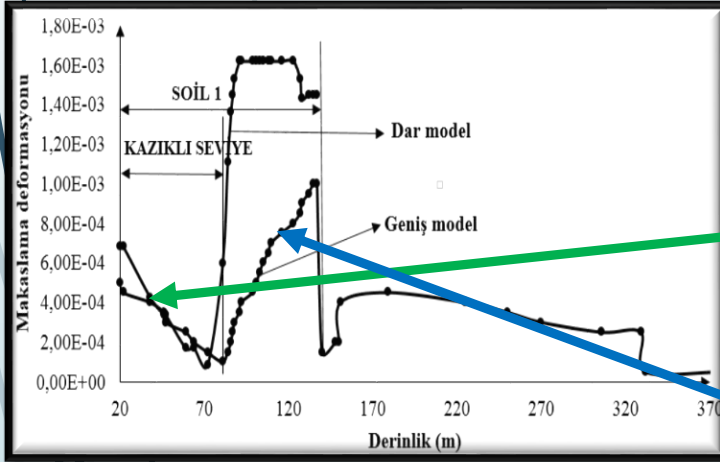
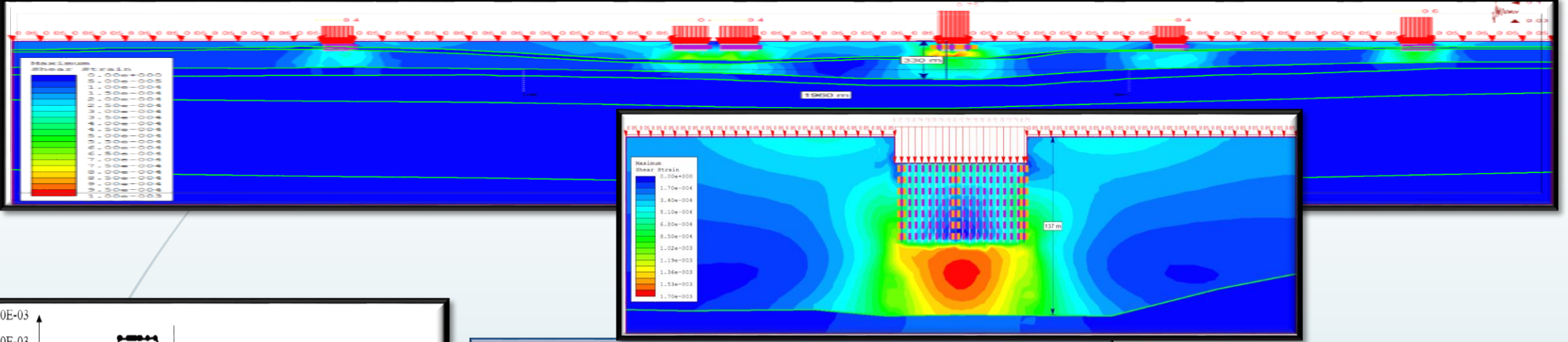
Bu farkların zemin

dinamik

davranışında

Önemi Varmı?

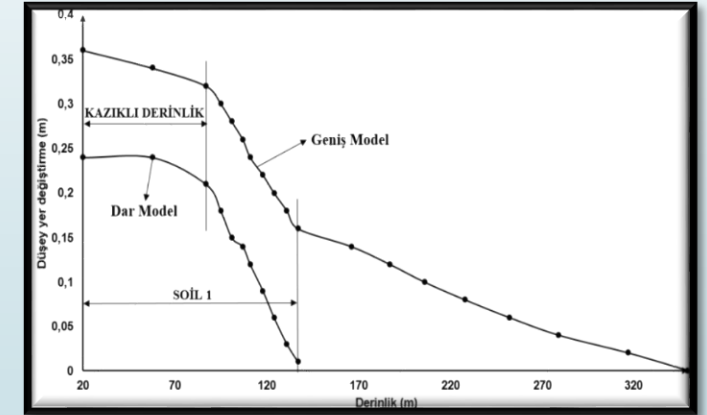
Statik Koşulda Makaslama deformasyonlarının Zemin Model Boyutlarına Göre Yanal ve Düşey Yöndeki Dağılımları



Geniş ve dar modeller için makaslama deformasyonlarının dağılışı

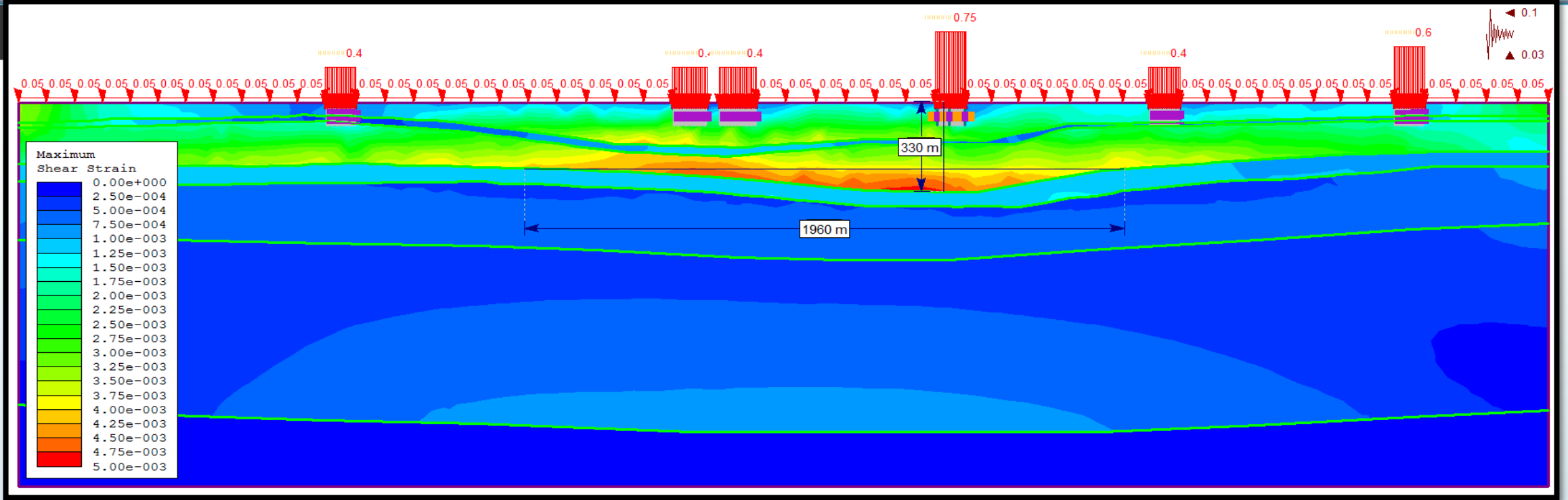
geniş modelde kazıklı seviyelerde derinliğe bağlı olarak makaslama deformasyonlarında bir azalış gözlenirken,

kazıklı seviye altından itibaren Soil 1-Soil 2 tabakası dokanağına kadar makaslama deformasyonlarında derinlikle doğru orantılı olarak bir artışın olduğu gözlenmektedir.

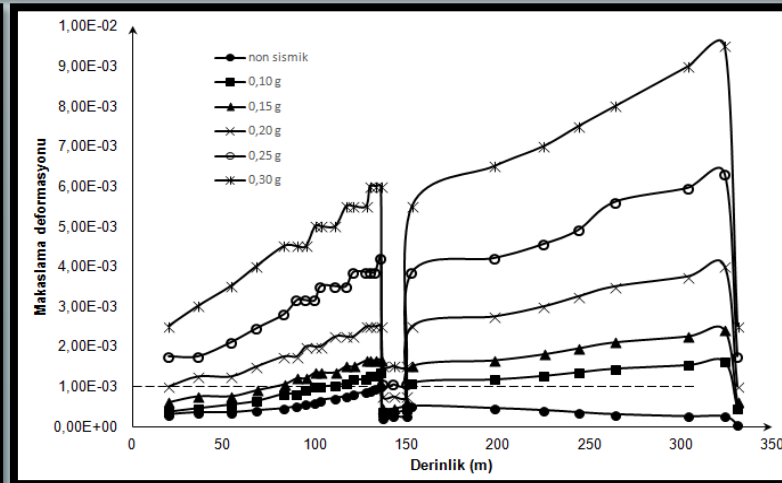
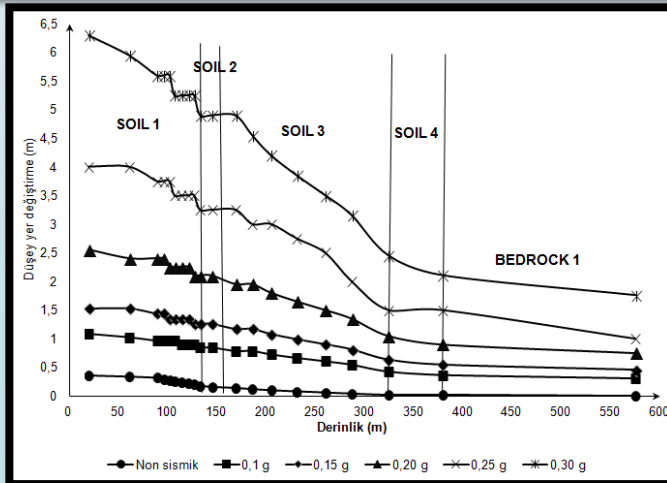


Soil-1 içinde ve Kazık-Temel Toplam derinlik boyunca
Dar ve geniş her iki model için düşey yer değiş

Makaslama deformasyonlarının sismik koşullarda (0.25 g) geniş kesit üzerindeki dağılımları



Geniş ölçekli model için statik ve farklı büyüklüğe sahip sismik yükler altından düşey yer değiştirmenin derinliğe göre değişim grafiği

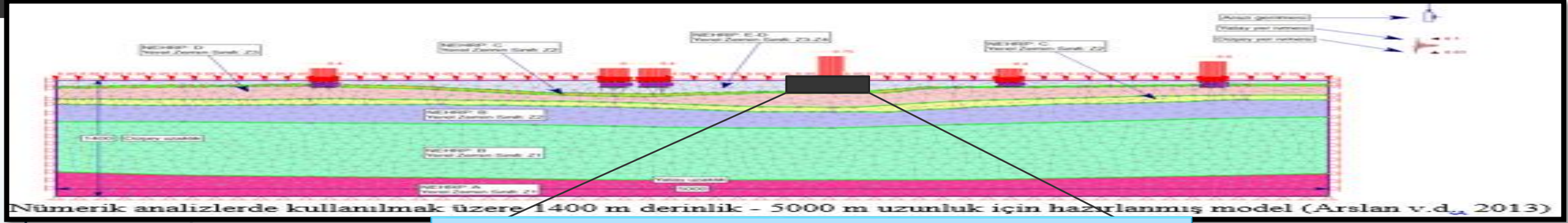


Geniş ölçekli model için statik ve farklı büyüklüğe sahip sismik yükler altından makaslama deformasyonunun derinliğe göre değişim grafiği

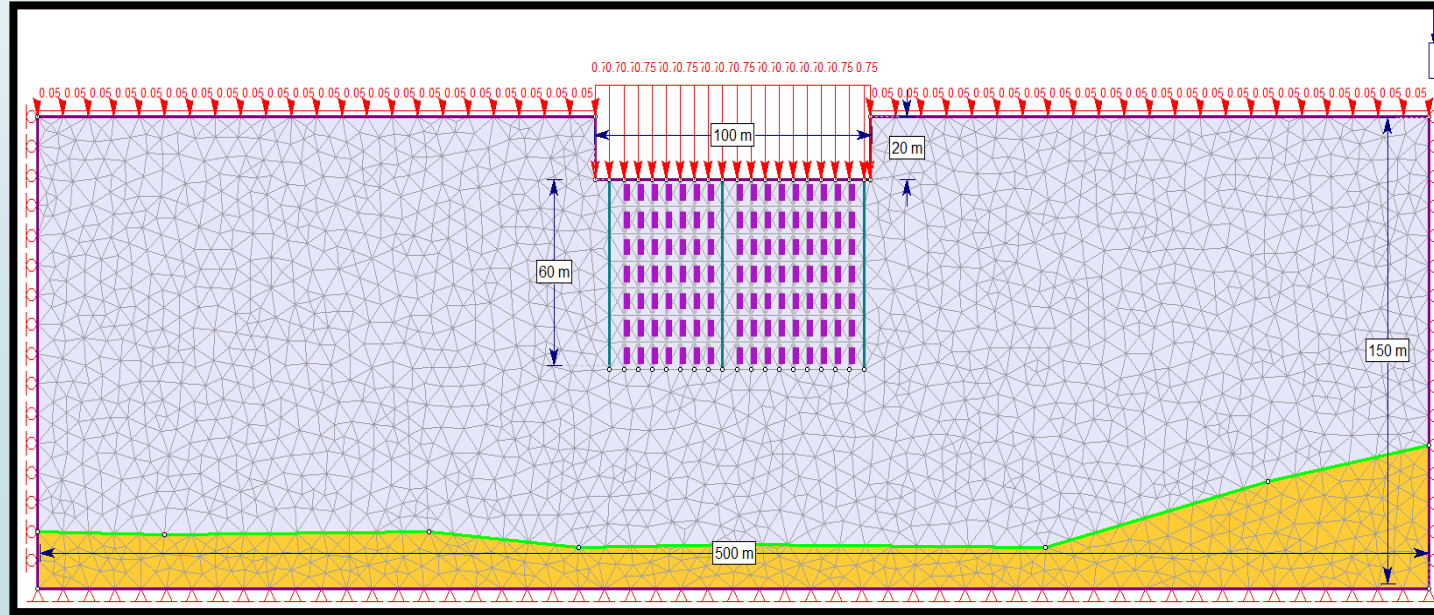
Nonlinear Koşullarda Ve Sonlu Elemanlar Yöntemi İle
Midas GTS 2013 (V 2.1) Ve Phase2 (V.8.015)
Programlarının Kullanılması
Statik Ve Dinamik Yük Altında
Zemin Gerilim-deformasyonun Derinlikle Değişimi

Zemin Dinamik Analizi Çalışmaları

Zemin Modelinde Yanal ve Düşey Boyut Değişimi

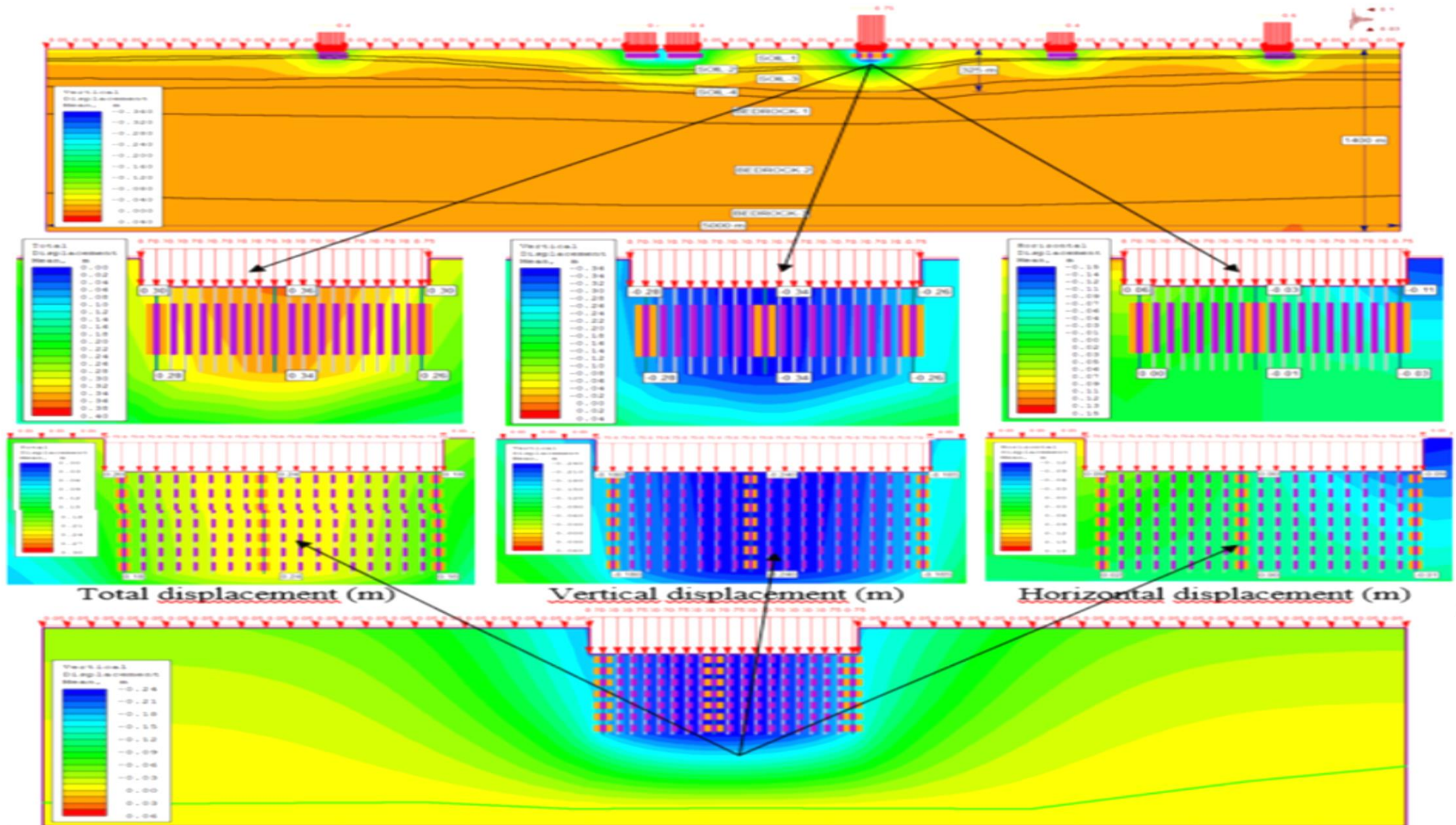


1400 m derinlik - 5000 m uzunluk için hazırlanmış model



150 m derinlik - 500 m uzunluk) için hazırlanmış modeller

Statik Koşullarda Zemin Dinamik Analizi Çalışmaları



Statik Koşullarda Geniş Ve Dar Ölçekli Modellerde Kazıklı Radye Temel de
Kazıkların Üst Ve Alt Noktalarındaki Toplam, Düşey, Yatay Yer Değiştirme Ve Makaslama
Deformasyonlarının Dağılımı Sonuçları

A. Geniş ve dar modeller üzerinde yapılan analizler karşılaştırıldığında, kazıklı temelin derinliği, kazıklı temele gelen yük, kazık boyları, kazık aralıkları sabit olmasına rağmen, toplam, düşey, yatay yer değiştirmeler ve makaslama deformasyonlarındaki fark dikkat çekicidir.

B. Sayısal çözümlerinde bu farkın olmasındaki en önemli faktör, geniş ve dar modeller incelendiğinde jeolojik yapının yan ve düşey yönlü boyutları arasındaki farkın etkili olduğu kabul edilmelidir.

C. Geniş modelde statik koşullarda makaslama deformasyonlarındaki dağılım incelendiğinde, makaslama deformasyonlarının 325 m derinliğe kadar dış yükün etkisi ile Soil 2-Soil 3 tabakaları dokanağında yoğunlaşacağı ve maksimum makaslama deformasyonunun 9.35×10^{-4} düzeyinde olacağı;

D. Dar model üzerinde çözümlenildiğinde, makaslama deformasyonlarının 137 m derinliğe kadar Soil 1-Soil 2 tabakalarının dokanağında yoğunlaşacağı ve maksimum makaslama deformasyonunun ise 1.62×10^{-3} düzeyinde olacağı görülmektedir.

İzmir Yeni Kent Merkezinde Yapılan Çalışmalardan Örnekler *Gerilim-Deformasyon Giriş Parametreleri*

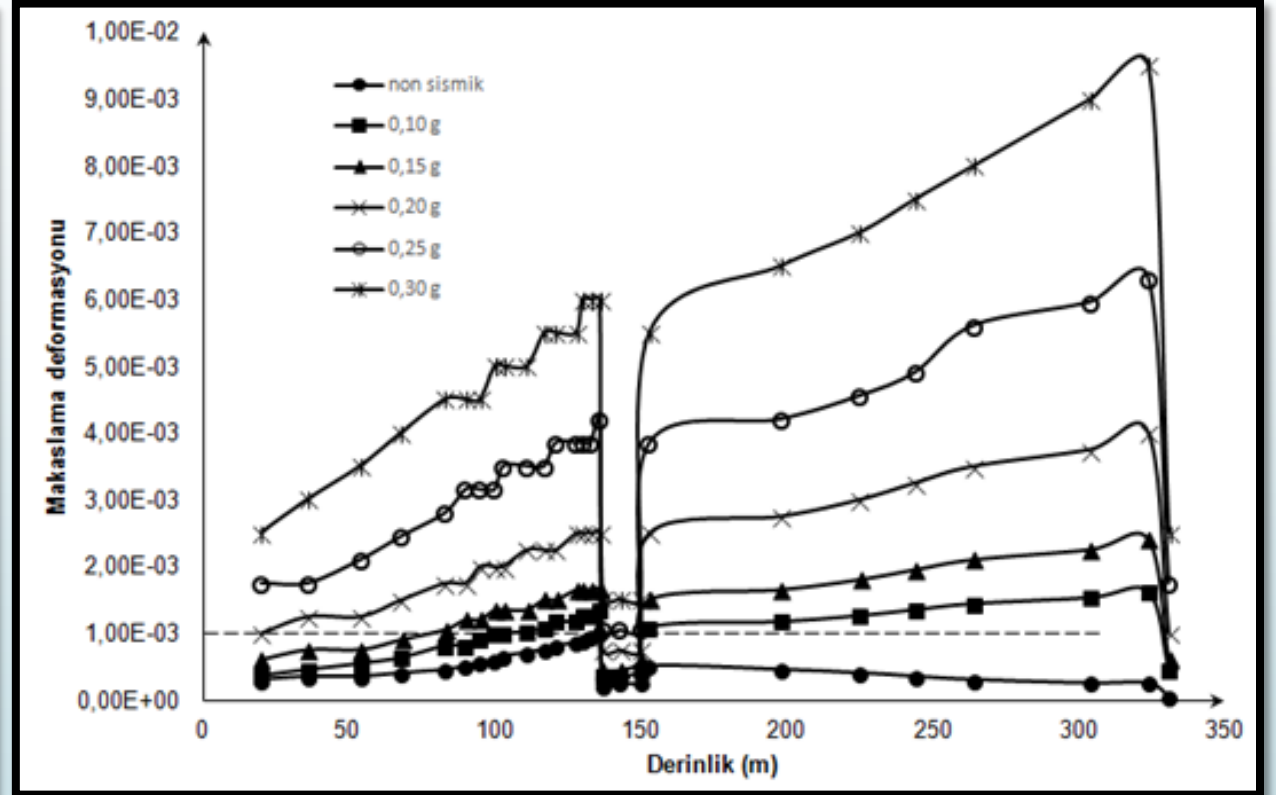
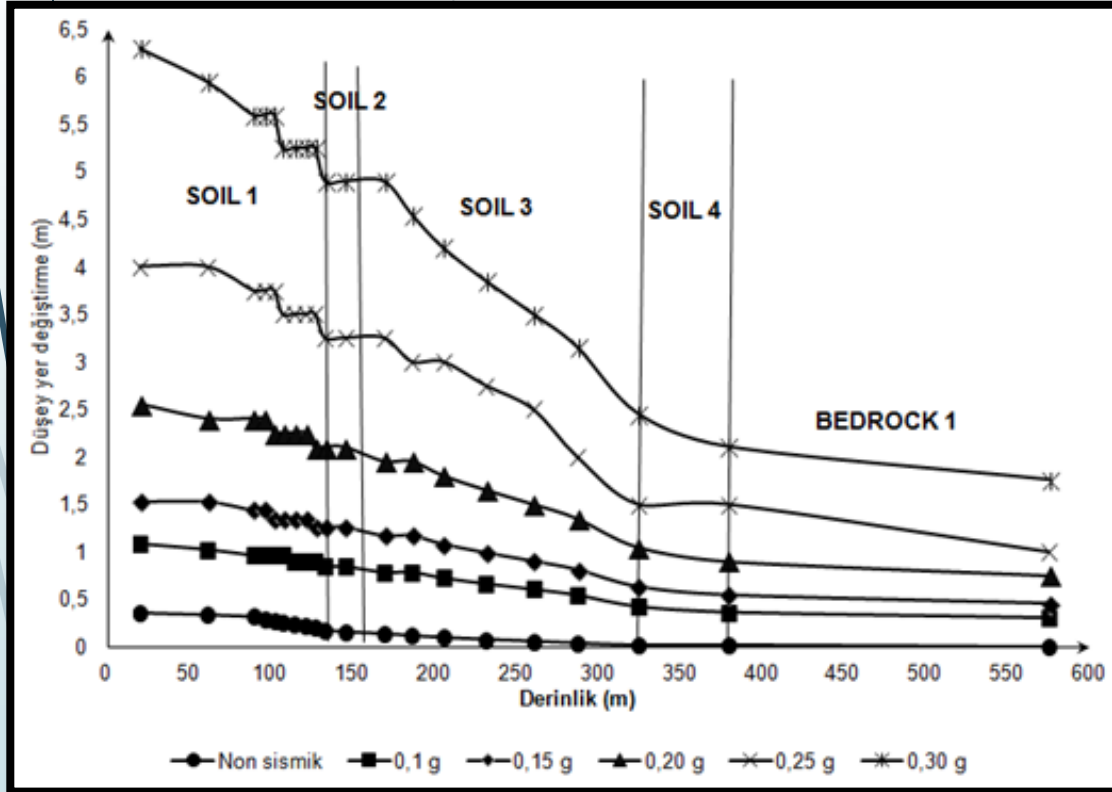
Çizelge 1. Sismik hızların ampirik bağıntılarda kullanılması ile bulunan dinamik zemin parametreleri indeks ve mekanik özellikler

	V_S (m/sn)		V_P (m/sn)		E (MPa)		G (MPa)		ν	C (MPa)	ϕ (°)	γ (t/m ³)	
	<u>min</u>	<u>max</u>	<u>min</u>	<u>Max</u>	<u>min</u>	<u>max</u>	<u>min</u>	<u>max</u>				<u>min</u>	<u>max</u>
1	150	250	260	430	86	272	35	109		0.025	30	1.54	1.74
2	400	500	690	865	782	1300	315	520		0.15	35	1.97	2.08
3	250	300	430	520	270	412	109	165		0.10	35	1.74	1.83
4	500	600	865	1040	1290	1953	520	782	0.25	0.17	35	2.08	2.17
5	800	1000	1385	1730	3714	6175	1498	2470		4	36	2.34	2.47
6	1200	1300	2080	2250	9249	11154	3730	4462		8	36	2.59	2.64
7	3000	4000	5190	6920	72540	140000	29250	56000		15	40	3.25	3.50

1- Soil 1; 2- Soil 2; 3- Soil 3; 4- Soil 4; 5- Bedrock 1; 6- Bedrock 2; 7- Bedrock 3

İzmir Yeni Kent Merkezinde Yapılan Çalışmalardan Örnekler

Düşey Yer Değiştirme ve Makaslama Deformasyonunun Derinlikle Değişimi



Depreme Dayanıklı Yapı Tasarlayan Meslek Dalı İle İlgili Olarak Oluşan Sonuçlar

- İzmir Metropol alanı genelinde, sismik empedans oranlarda göz önüne alınması gereken değişimler zemin yüzeyinden itibaren 1000-1200 m. derinlikten başlamaktadır.
- Zemin yüzeyindeki deprem kuvveti hesaplanırken kullanılacak zemin transfer fonksiyon hesaplamalarında bu derinlik temel alınmalıdır.
- Statik ve dinamik koşullarda yapılan mühendislik hesaplamaları sonucunda elde edilen yanıl ve düşey yönlü deformasyon değişimleri irdelendiğinde bu değişimlerin tabakaların;
 - Kalınlığından
 - Tabakalar arasındaki ara yüzeylerin eğiminden
 - P ve S dalga hızı ile
 - Yoğunluk değerlerindeki değişimlerinden
- Ve dinamik yüklerin
 - Büyükliğünden
 - Etki yönünden
- etkilendiği saptanmıştır.
- Bu sonuçlara göre , gerilim-deformasyon araştırmaları için zemin yüzeyinden itibaren ortalama 250-300 m. derinlik temel alınmalıdır.

Depreme Dayanıklı Yapıları Tasarlayan Meslek Dalı İle İlgili Olarak Oluşan Sonuçlar

- Zemin sıvılaşma analizleri için ortalama 30 m. Derinlik içindeki katmanların özellikleri hedef alınmalıdır.
- İçsel sürtünme açısı değerinin S dalga hızı ile değişim gösterdiğini diğer bir tanımla deprem sırasında ilk değerinden farklı bir değer alabileceğini göz önüne almak gerekir.
- Sağlam zemin kabul edilen bir zemin üzerine yapılan yapının deprem sırasında alacağı yatay kuvvet eksik tanımlanırsa deprem sırasında bu yapının hasar alabileceği göz önüne alınmalıdır.
- En önemlisi yer altının, yatay, yarı sonsuz, homojen ve izotrop katmanlardan oluşmadığı daima hatırlanması gerekir.
- İzmir Körfezi ve çevresinin geçmişe yönelik akarsu, iklim ve jeomorfolojik özellikleri dikkate alınarak zeminler hakkında yorum yapılmöalıdır.
- İzmir Metropol alanının temelinde yer alan kayçların ortalama 300 m. Derinlikten sonra jeotermal kaynaklı su içirme olasılığı vardır.
- Bu durum göz önüne alınarak depremler sırasında oluşabilecek sıcak su basınç etkileri de dikkate alınmalıdır.

SONUÇLAR

- Yapılan analizler sonucunda kademeli olarak arttırılan sismik yüklerin etkisi ile toplam yer değiştirme miktarları ve makaslama deformasyonlarında artışlar gözlenmiştir.
 - Toplam yer değiştirmelerde gözlenen artışlar yüzeye yakın kesimlerde en yüksek değerlerine ulaşırken, bu yer değiştirmelerin kesitte derinliğe bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir.
 - Düşey yöndeki gerilmeler incelendiğinde, gerilme artışlarının sismik yüklemelere bağlı olarak yükleme basamakları ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği saptanmıştır.
 - Makaslama deformasyonlarındaki dağılım incelendiğinde ise, en yüksek makaslama deformasyonlarının, denizel kökenli alüvyon ile volkanitlerden oluşan birimin dokanağında olduğu belirlenmiştir.
 - Zemin Dinamik analizlerde kullanılan zemin modellerinin, hem statik hem de eşdeğer deprem yükü ve/veya time history yapılarak uygulanan dinamik yükler altında gerilim-deformasyon değerleri, yanal ve düşey yönde
 - tabaka dağılım geometrilerine
 - Tabaka kalınlıklarına
 - Tabaka genişlikleri
 - Tabakaların Yoğunluk ile P ve S dalga hızlarındaki değişimlerine (sismik empedans oranları)
- Bağlı olarak önceden tahmin edilemeyen derinliklere kadar zeminin elastik-plastik davranış özellikleri üzerinde etkili olmaktadır.

ÖNERİ

Zemin Modellerini Tanımlarken Multi Disiplin Anlayışı İçinde Çalışmak Olmalı

Bu Konularda
Jeoloji ve Jeofizik ve Geoteknik
Mühendisleri Yönünden
Olumlu ve Olumsuzluk Yaratacak Olaylar
Ne Olabilir?