

# PENGARUH KONDISI TANAH DALAM SITE RESPONS (Kasus: Jakarta)

oleh:

Sindhu Rudianto

(Presentasi Geotalk, 12 Juli 2022)

# Bahan Ulasan

- History “Site Factor”
- $F_a$  &  $F_v$  ( SNI 1726-2012)
- $F_a$  &  $F_v$  (SNI 1726-2019) vs. ASCE 7-16
- $F_a$  &  $F_v$  GMPE vs. SSRA (Jakarta)
- KESIMPULAN

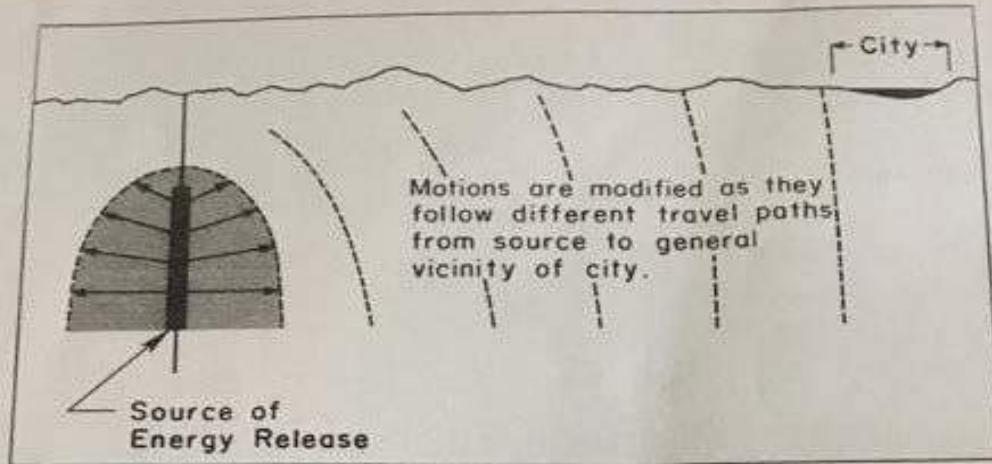


FIG. 1 TRANSMISSION OF EARTHQUAKE WAVES FROM SOURCE TO GENERAL AREA OF SITE

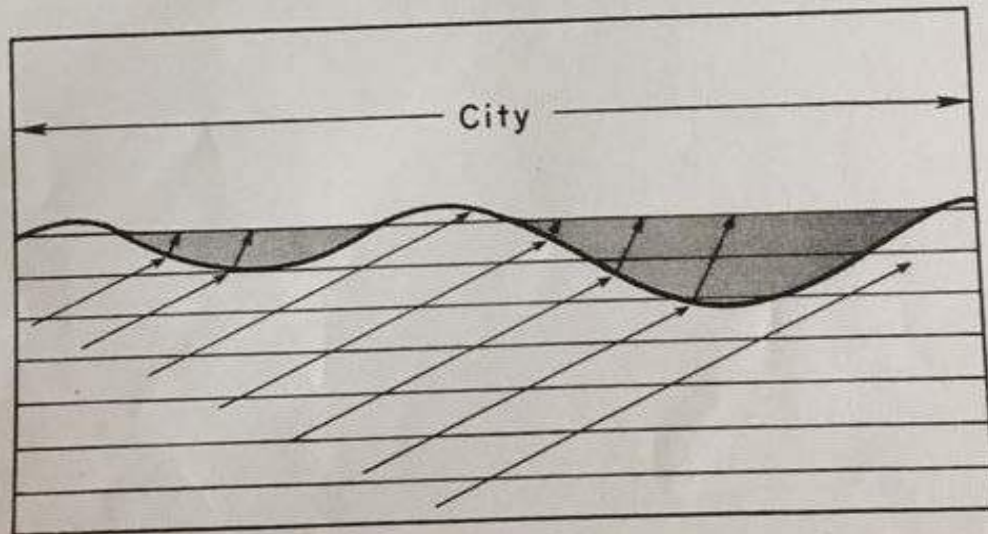
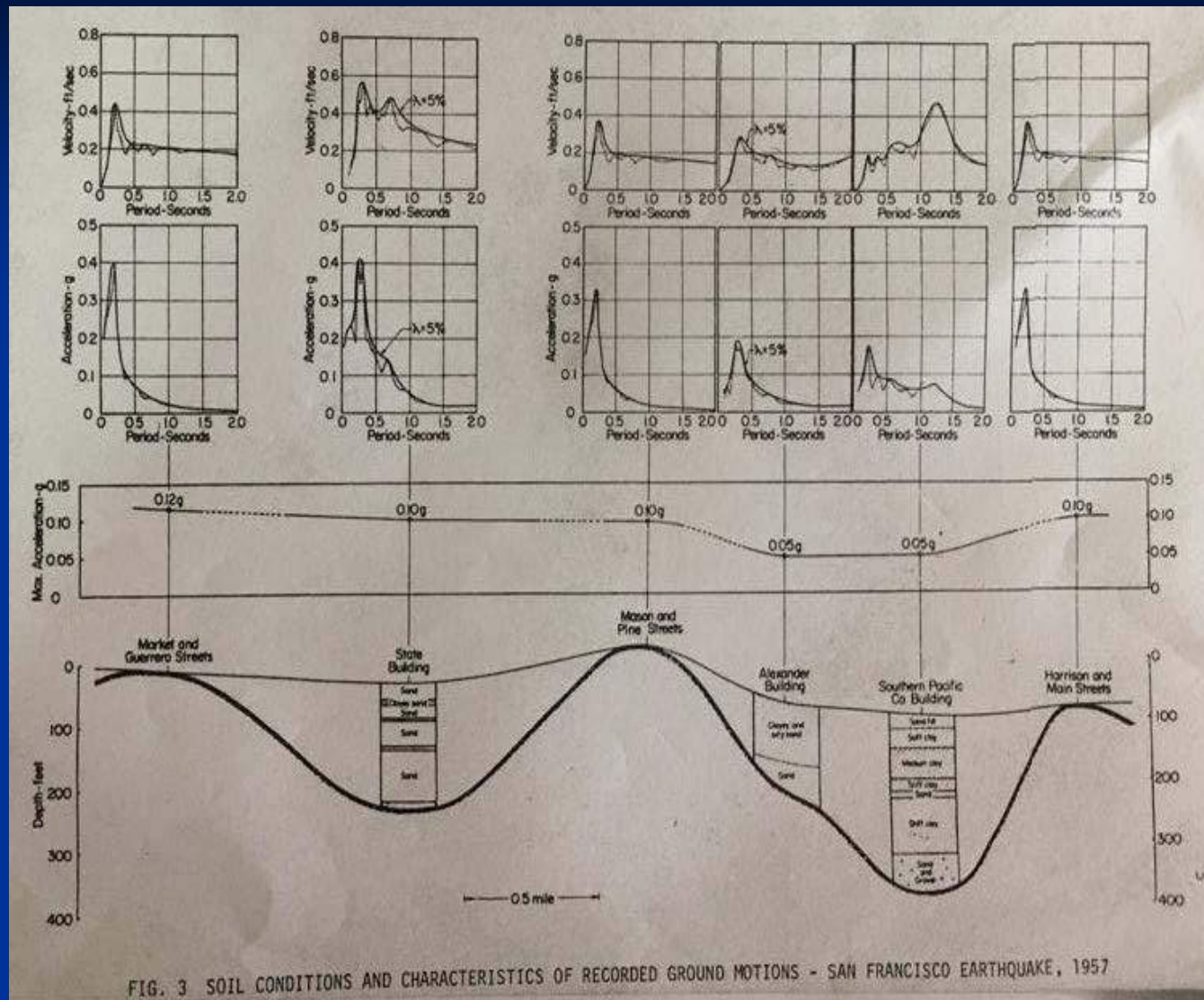


FIG. 2 EARTHQUAKE WAVES APPROACHING GROUND SURFACE

Rambatan gelombang ke suatu basin (Jakarta, Bandung) akan terjadi:

- Basin Edge Effect
- Basin effect
- Outcrop Motion
- Surface Motion > deconvolution untuk dapatkan hard/rock motion

# Rekaman Gempa San Fransisco (1957)



Source : Seed & Idriss (1982) EERI Monograph

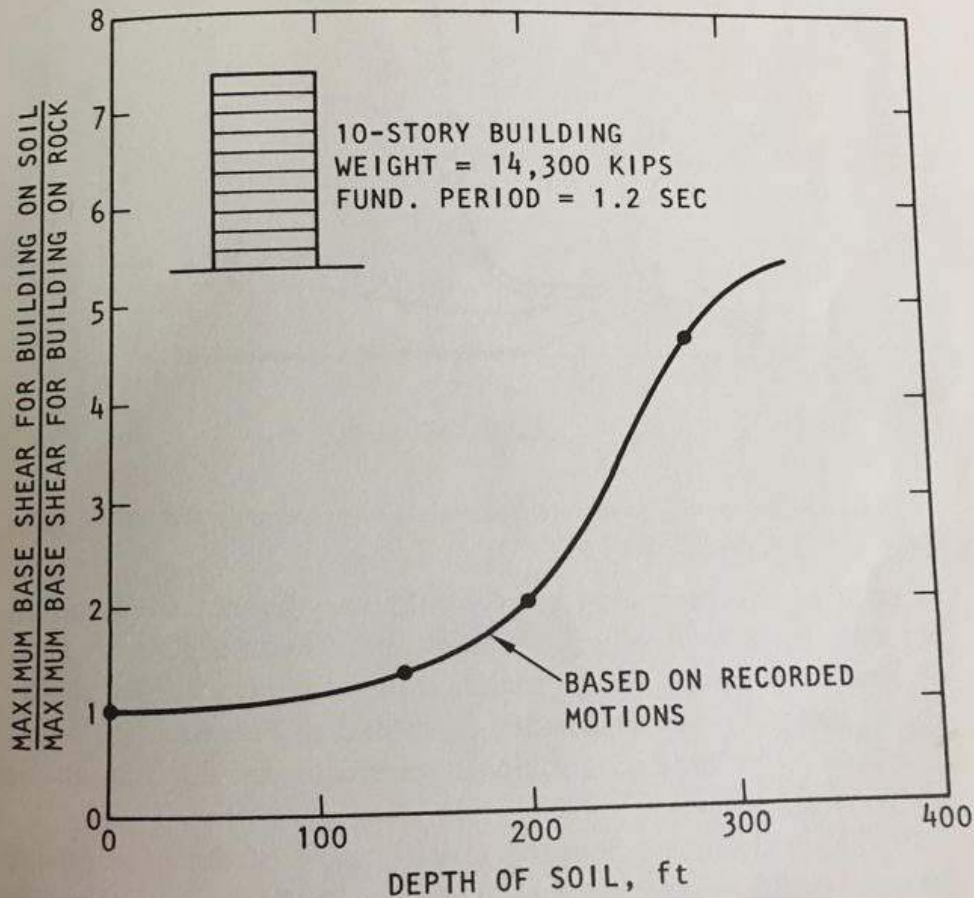


Figure 6. Influence of soil depth on maximum base shear for 10-story building in San Francisco earthquake of 1957.

Base shear bangunan berbeda, tergantung ketebalan tanah.

Contoh :

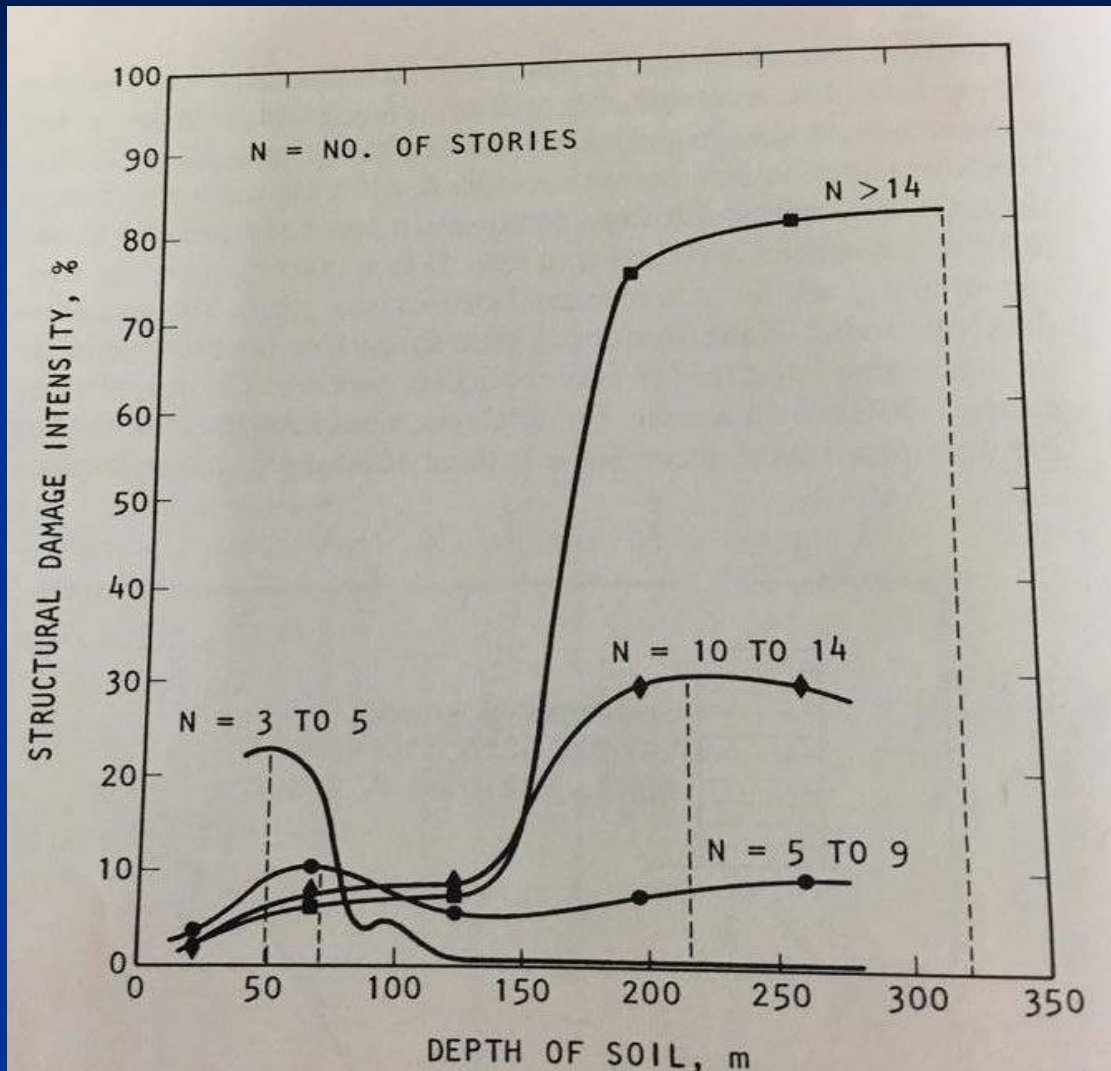
Tebal tanah,  $H = 300 \text{ ft}$   
 $= 100 \text{ m}$

$V_s = 300 \text{ m/det}$

$T = 4H / V_s = 1.2 \text{ s}$   
(efek resonansi)



# Efek kedalaman batuan



- Kerusakan gempa di Nicaragua (1972) karena adanya resonansi tanah (Seed & whitman)

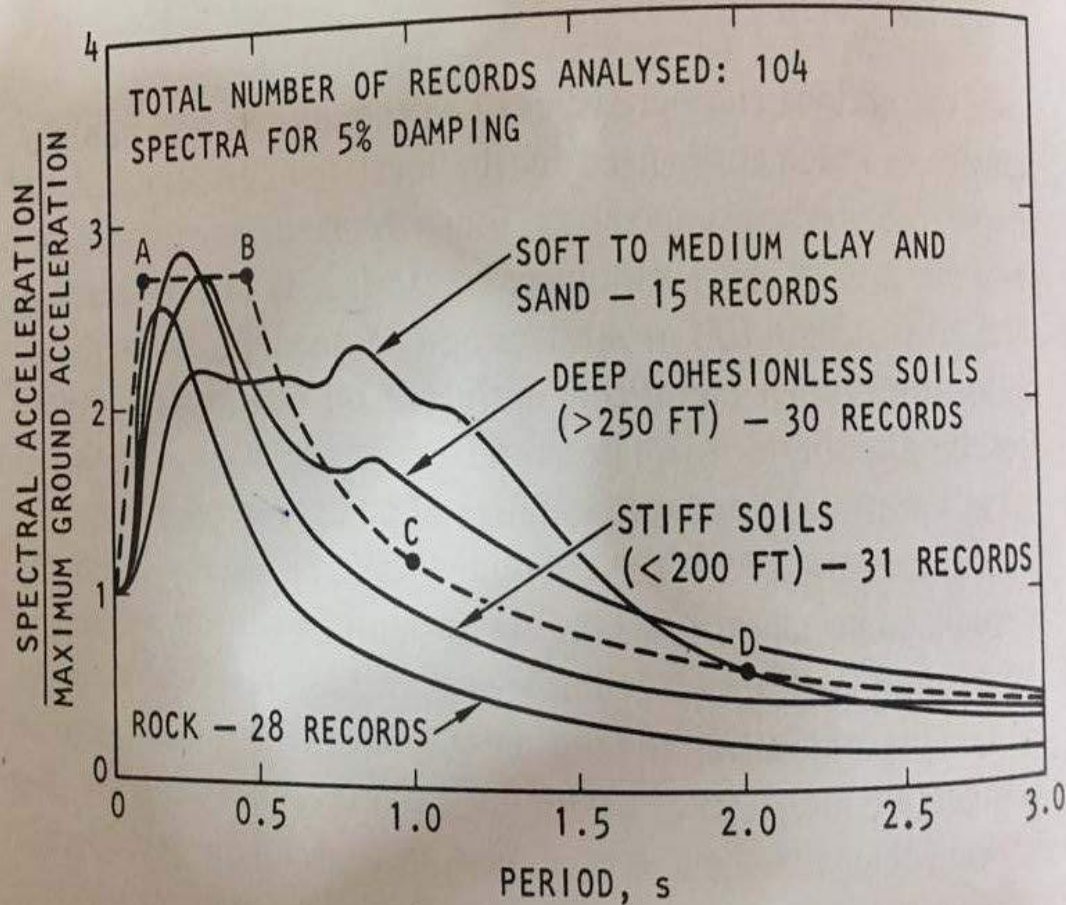


Figure 24. Average acceleration spectra for different site conditions.

Lysmer & Seed mengumpulkan (100+) gempa dan dibagi:

- Rock
- Pasir padat
- Stiff Clay
- Soft Clay
- Soft Clay diambil dari Mexico EQ (1985)

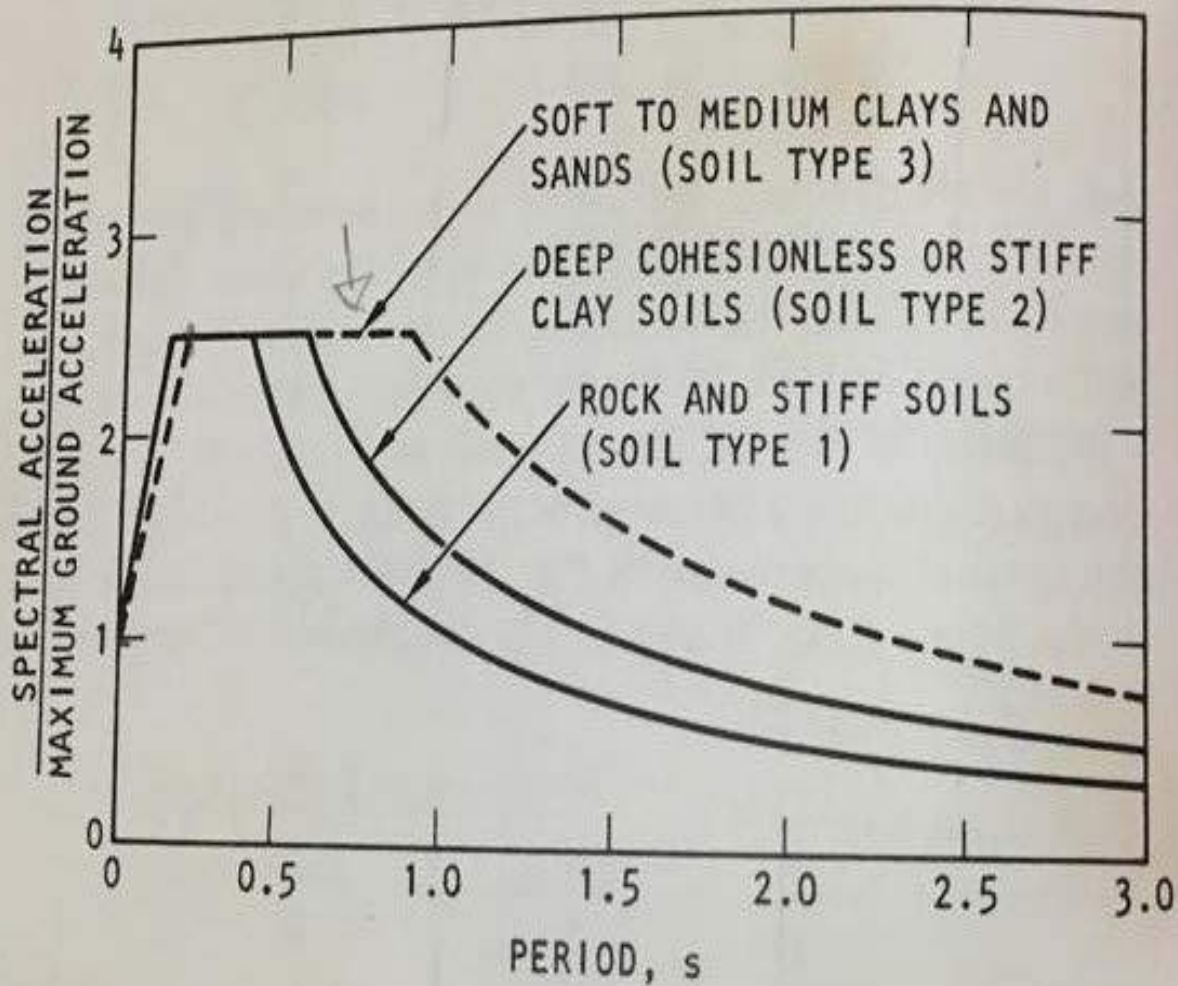


Figure 26. Normalized spectral curves recommended for use in building code.

UBC Lama:  
EFEK TANAH AGAK  
RANCU



# Konsep Vs 30 m, Fa & Fv

- 1989 Terjadi gempa Loma Prieta ( $M = 6.9$ ,  $PBA = 0.1$  @ Bay Area) → terlalu kecil karena desain EQ dari Hayward/ San Andreas Fault bisa mencapai  $PBA > 0.4$
- Banyak data recording EQ dan boring (max. 30 m)
- Borchardt (USGS) mengumpulkan data dan korelasi dengan kondisi tanah s/d 30 m.
- Variasi kondisi tanah ditemukan di San Francisco.

# KONDISI TANAH DI BAY AREA

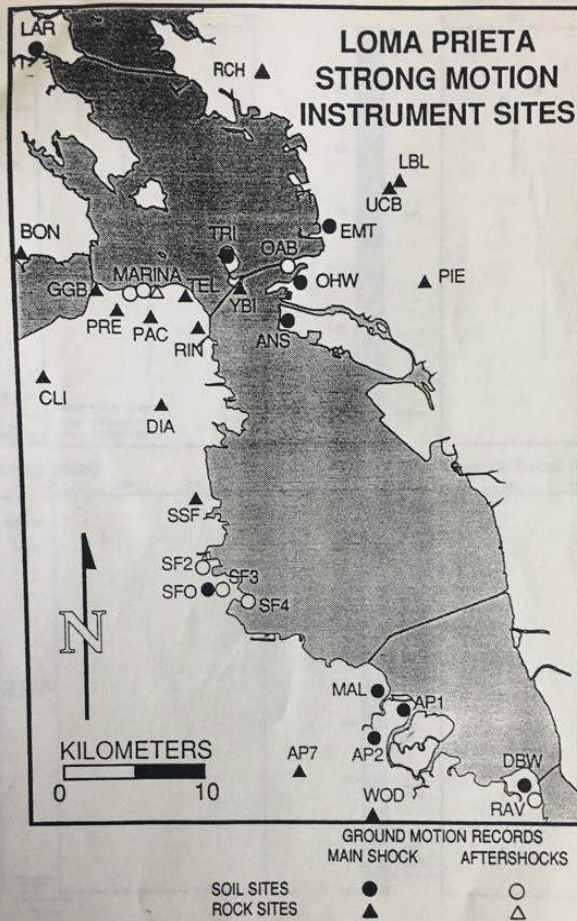


Figure 3: Map of the Central San Francisco Bay Region Showing Locations of Soft/Deep Clay Sites Studied and Locations of Strong Motion Recordings Used in These Studies

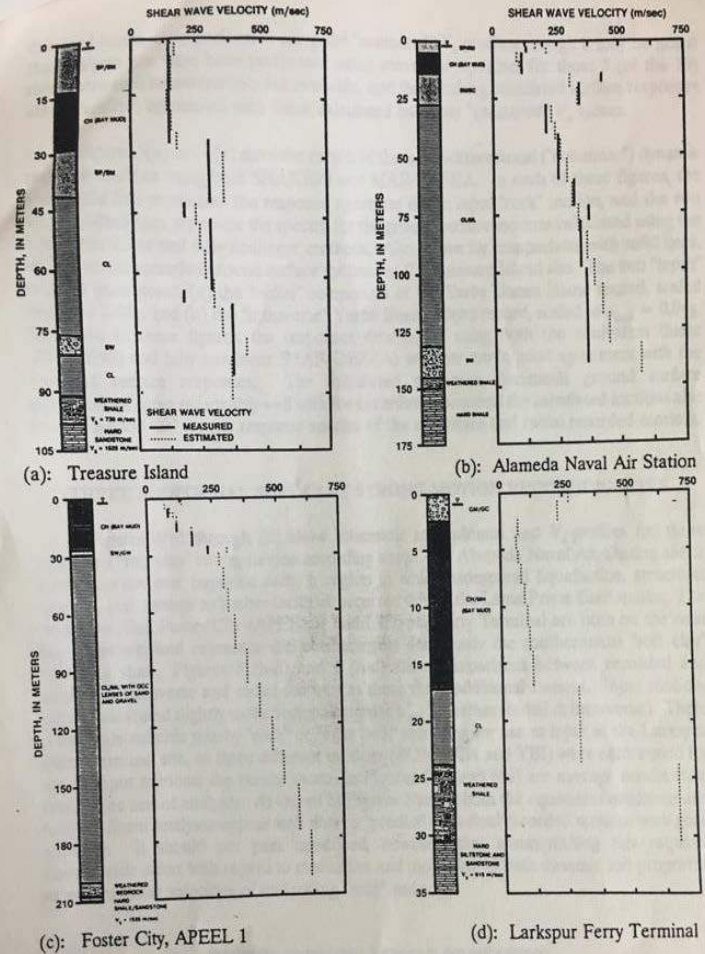
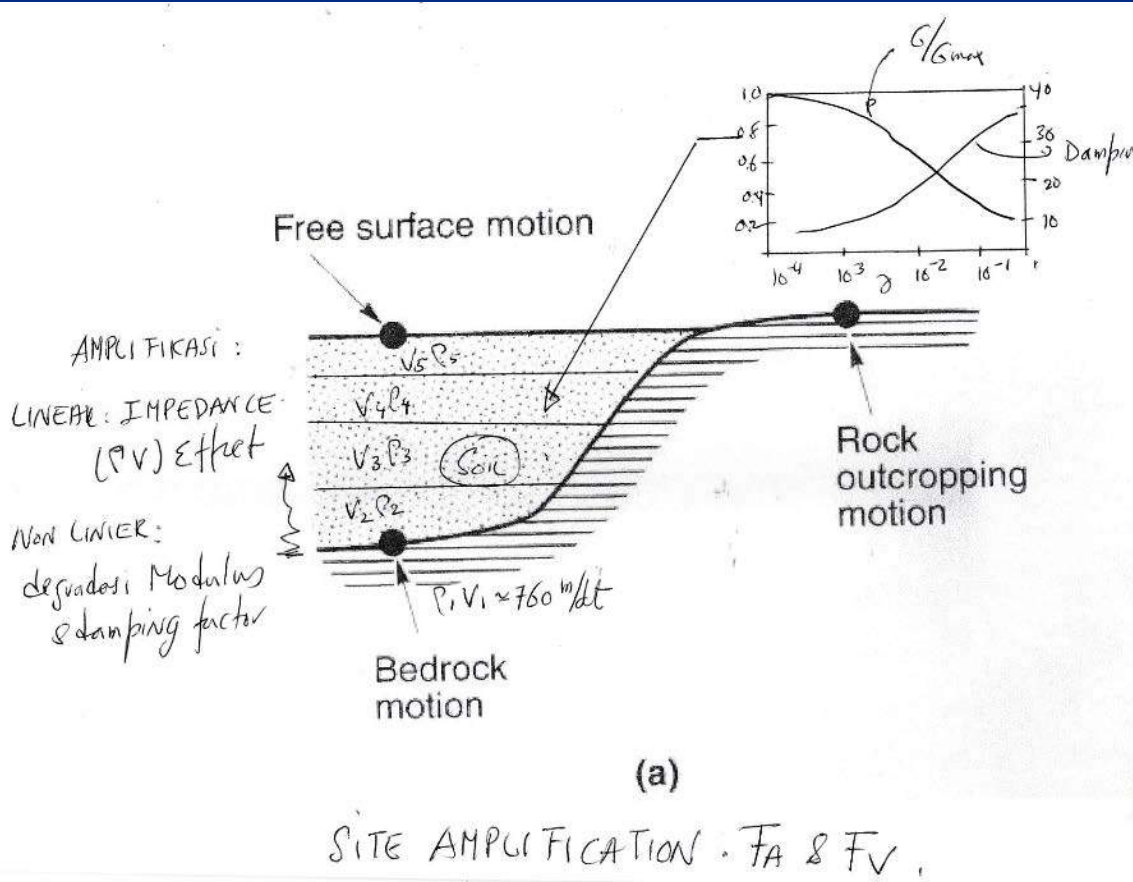


Figure 4: Schematic Soil Profiles and Shear Wave Velocity Profiles for Selected Soft and Deep Cohesive Soil Sites

# Site Amplification



- PBA  $< 0.1$ , Impedansi rock/soil & resonansi
- PBA  $> 0.1$  g, Non-linier tanah akibat degradasi modulus dan damping

# Faktor $F_a$ & $F_v$

- $S_s = S_a @ T = 0.2 \text{ det (rock)} > V_s = 760 \text{ m/sec}$
- $S_1: S_a @ T = 1 \text{ det (rock)}$
- $F_a: \text{site amplification } @ T = 0.1 - 0.5 \text{ det}$
- $F_v: \text{site amplification } @ T = 0.4 - 2 \text{ det}$
- $F_a$  &  $F_v$  tergantung  $V_s$  30 m dan basin depth.

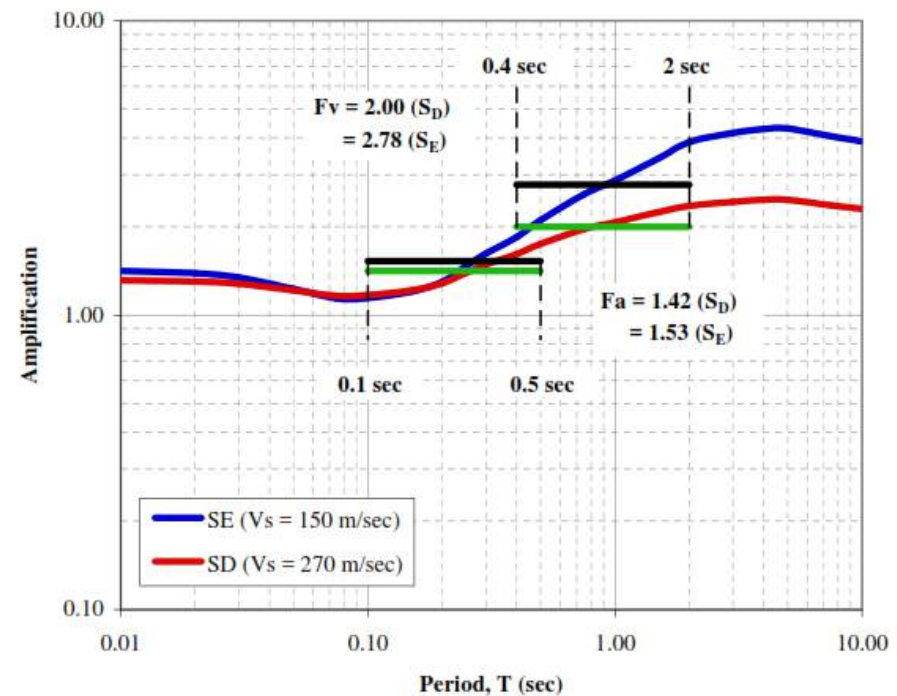
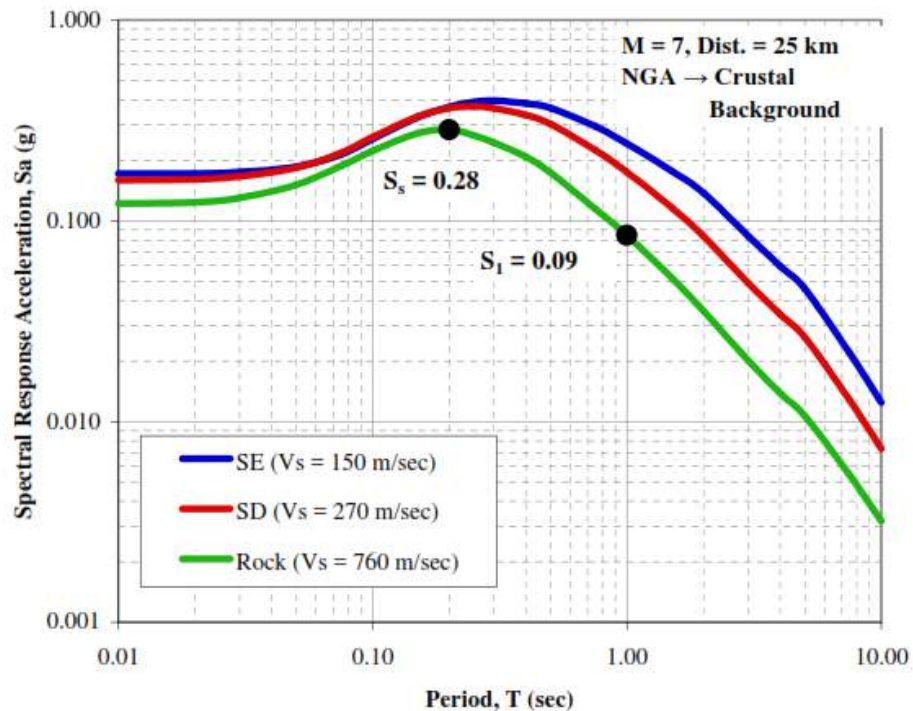


# Gempa Crustal @ Jakarta

$M = 7$ ,  $D = 25$  km,  $S_s = 0.38$  dan  $S_1 = 0.09$

$F_a = 1.42$  ( $S_D$ ) &  $1.53$  ( $S_E$ ) (range  $T = 0.1 - 0.5$  det)

$F_v = 2.0$  ( $S_D$ ) &  $2.78$  ( $S_E$ ) (range  $T = 0.4 - 2$  det)

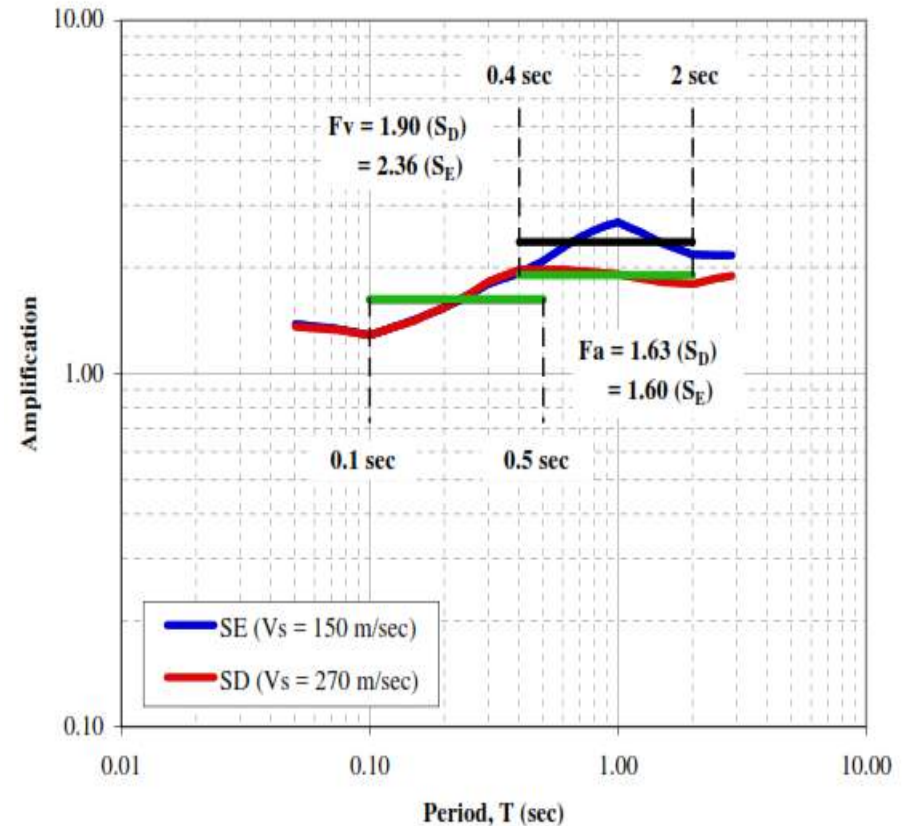
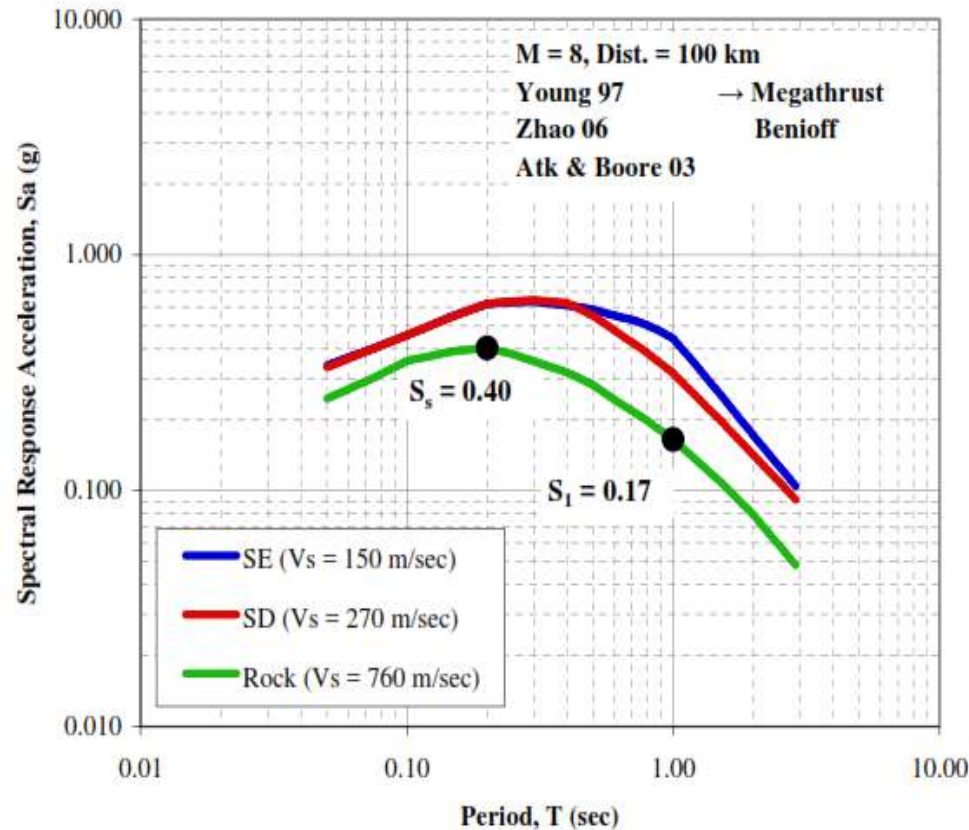


# Gempa Subduksi @ Jakarta

$M = 8$ ,  $D = 100$  km,  $S_s = 0.40$  dan  $S_1 = 0.17$

$F_a = 1.63$  ( $S_D$ ) &  $1.60$  ( $S_E$ ) (range  $T = 0.1 - 0.5$  det)

$F_v = 1.90$  ( $S_D$ ) &  $2.36$  ( $S_E$ ) (range  $T = 0.4 - 2$  det)

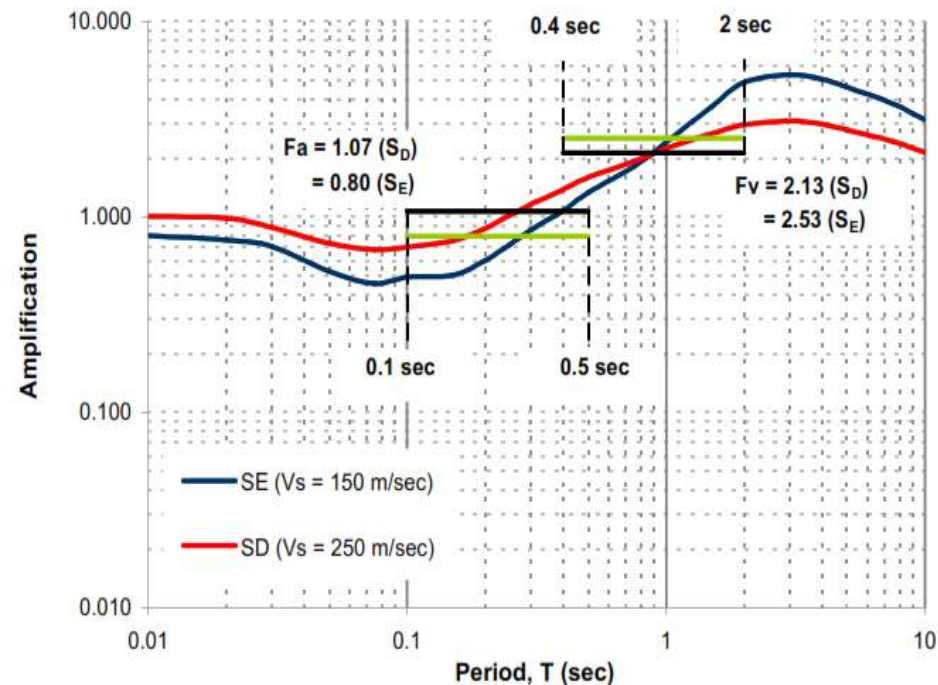
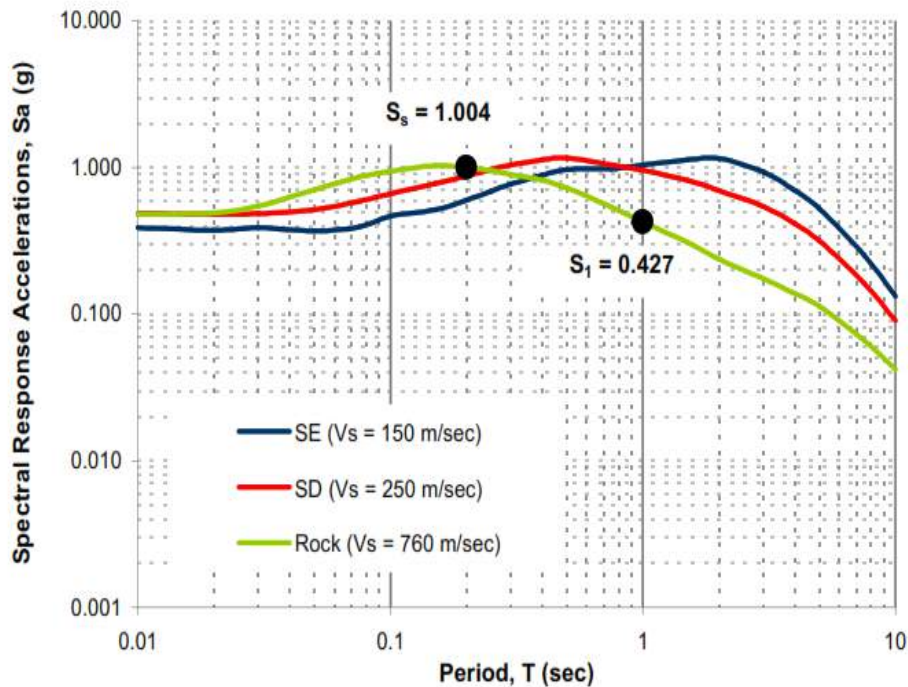


# Gempa Crustal @ San Francisco

$M = 8.5$ ,  $D = 5$  km,  $S_s = 1.00$  dan  $S_1 = 0.43$

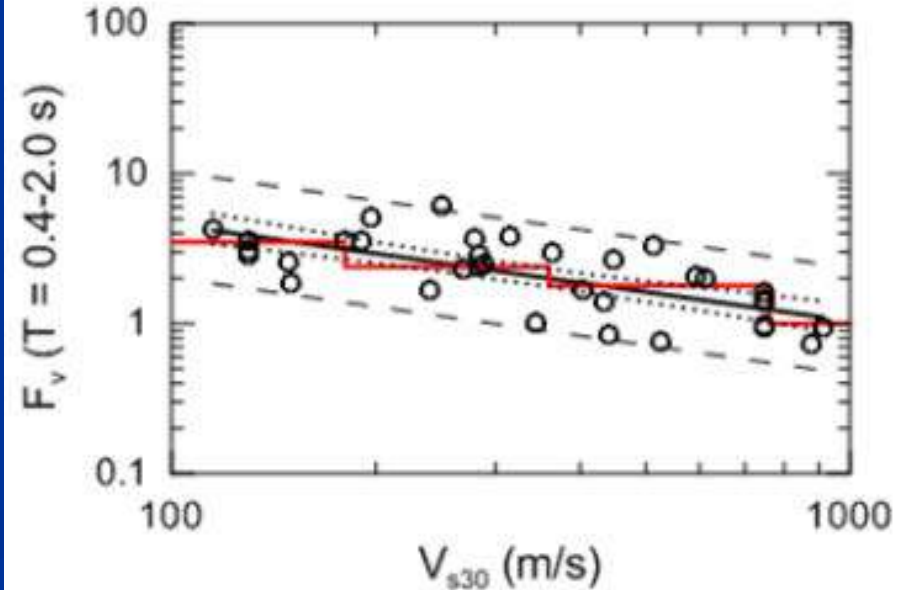
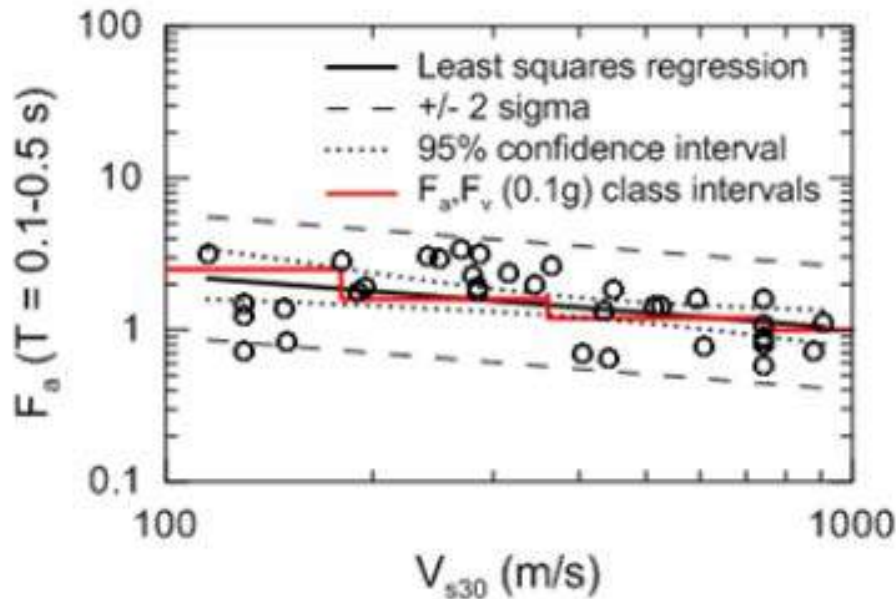
$F_a = 1.07$  ( $S_D$ ) &  $0.80$  ( $S_E$ ) (range  $T = 0.1 - 0.5$  det)

$F_v = 2.13$  ( $S_D$ ) &  $2.53$  ( $S_E$ ) (range  $T = 0.4 - 2$  det)





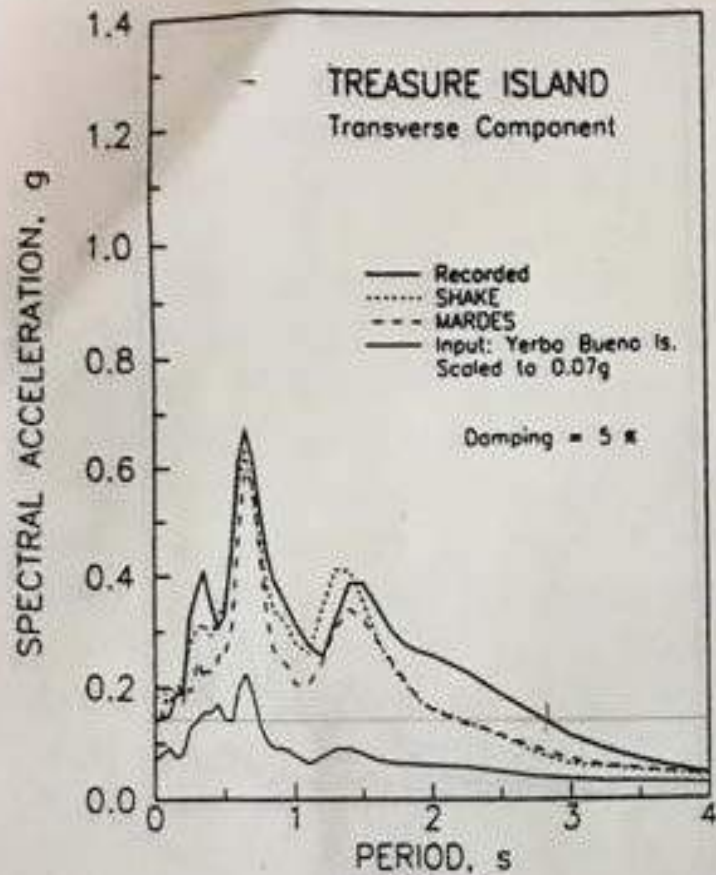
- $F_a$  &  $F_v$  diambil dari back-analyses gempa Loma Prieta (PGA= 0.1 g) dari studi Borchardt (1994).
- $V_s$  bedrock = 1100 m/s.
- US National map berdasarkan  $V_s= 760$  m/s  $\rightarrow$  tidak konsisten namun dianggap efeknya kecil dan diabaikan.



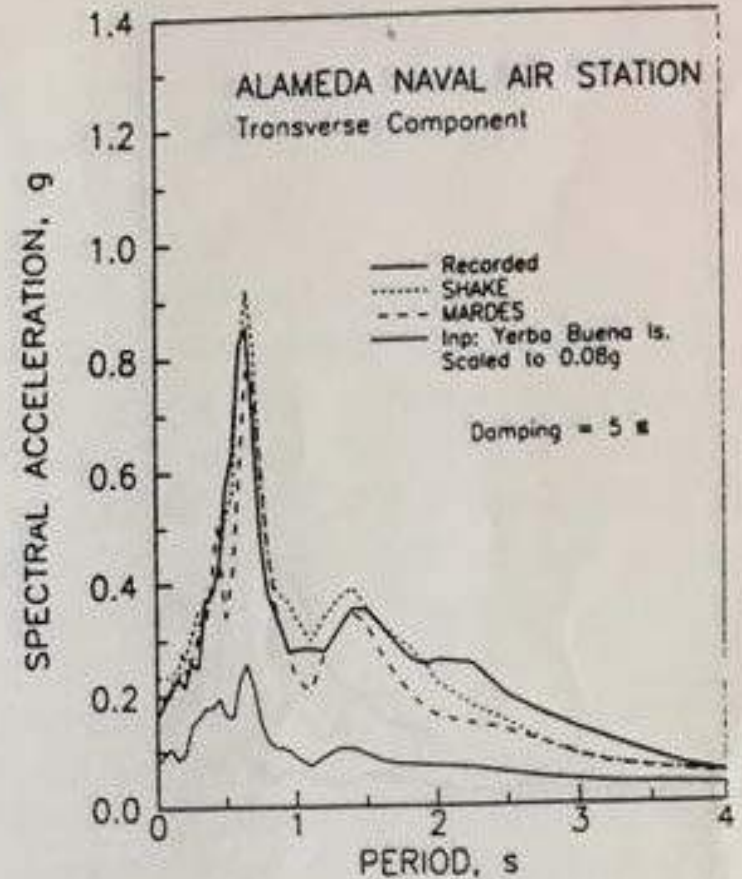


# Korelasi Antara Back-Analyses vs. Recording (bagus)

Dipakai untuk simulasi site respons PBA= 0.1 -0.4

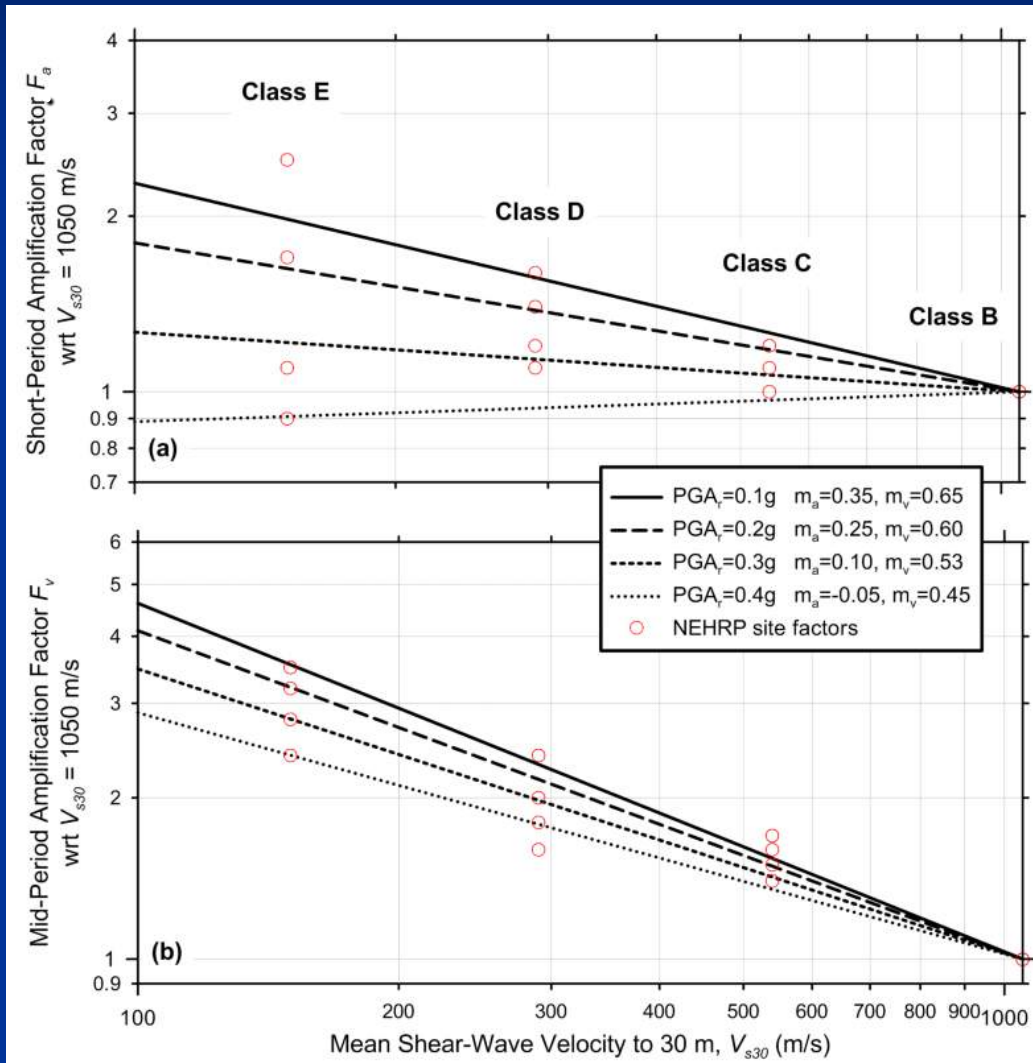


(a): Treasure Island



(b): Alameda Naval Air Station

# PGA = 0.1-0.4 g, diambil dari simulasi site respons Dobry (2000) dan Seed (1994) memakai equivalent linier (SHAKE) dan non-linier method (DESRA)



- Memakai kalibrasi Recorded Motion di Permukaan
- Memakai  $V_s$  terukur
- Parameter dinamis tanah dari hasil lab test
- Diperoleh  $F_a$  &  $F_v$
- Dasar Site Factor ASCE 7-10 (SNI-1726-2012)

# $F_a$ & $F_v$ Berdasarkan SNI 2012 (ASCE 7-10)

## Koefisien Situs, $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

CATATAN:

Telihat SB (untuk  $V_s=760 - 1500$  m/s) diambil  $F_a$  &  $F_v = 1$

## Koefisien Situs, $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

# Update $F_a$ & $F_v$

- Banyak recording gempa dari CA, Jepang & Taiwan, terbentuk GMPE NGA-West untuk gempa crustal.
- Parameter dinamis tanah lebih lengkap (hub. Modulus/damping vs strain) dengan kalibrasi data recording.
- Analisa site respons lebih maju memakai randomization  $V_s$ , bedrock, dinamis tanah etc.
- Memakai  $V_s$  bedrock yang konsisten (1100 vs. 760 m/s)



# GMPE model NGA West (2008) berdasarkan data gempa dari 1144 sites

$$\ln Y = f_1 (M) + f_2 (R) + f_3 (F) + f_4 (HW) + f_5 (S) + \epsilon_T$$

dimana: Y = median geometric mean ground motion intensity measure (IM)

f = fungsi magnitude (M)

R = jarak source-to-site

F = style faulting

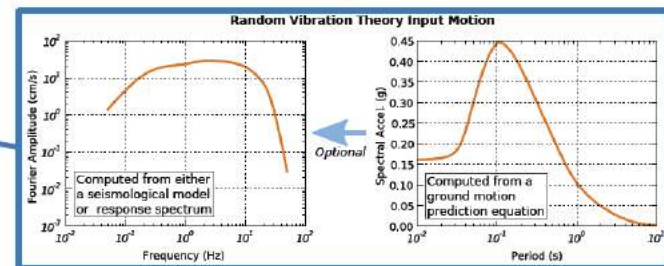
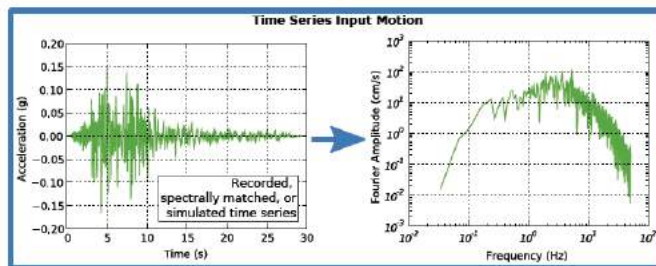
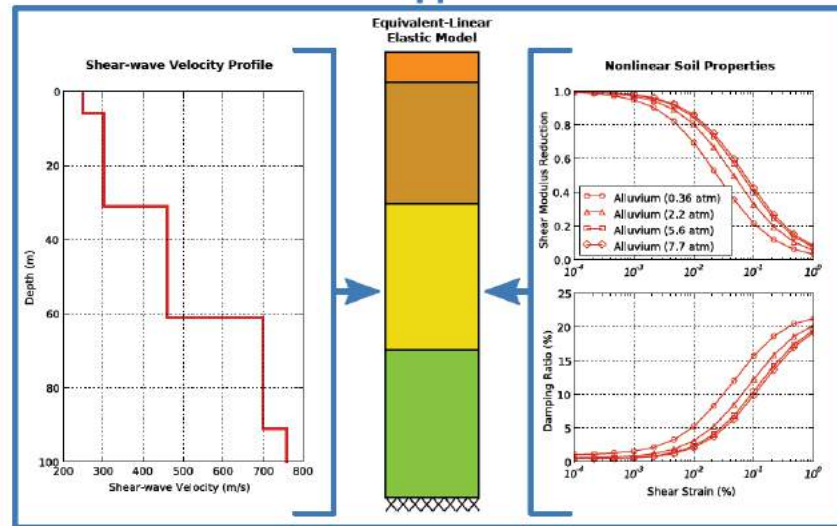
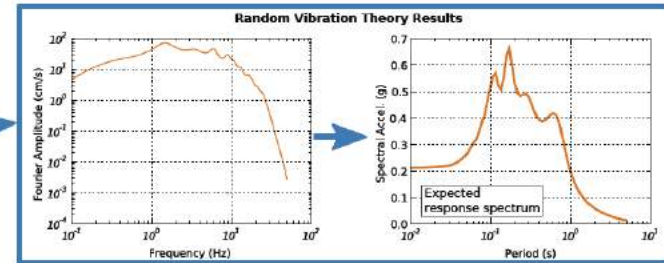
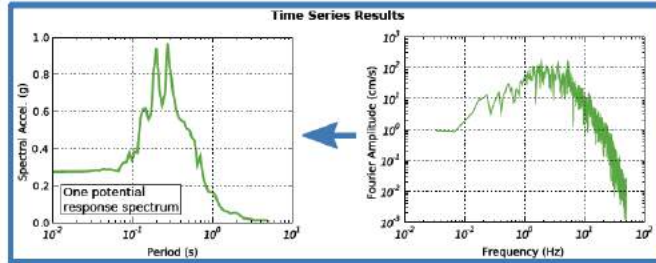
HW = Hanging Wall effects

S = site conditions (depending on Vs30m)

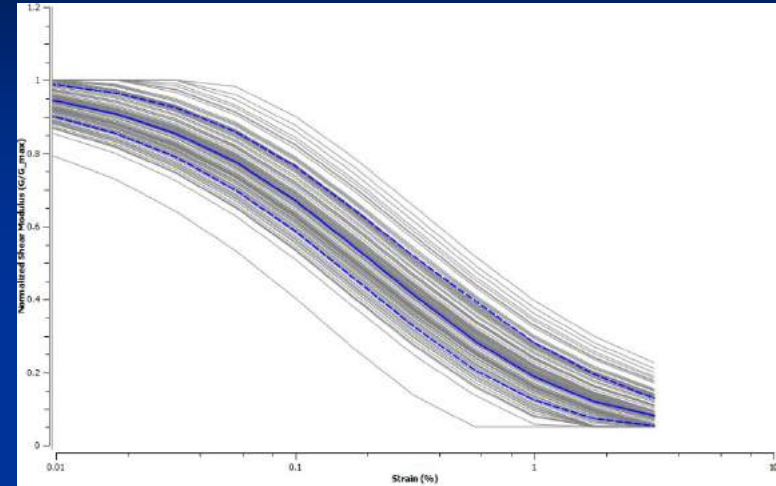
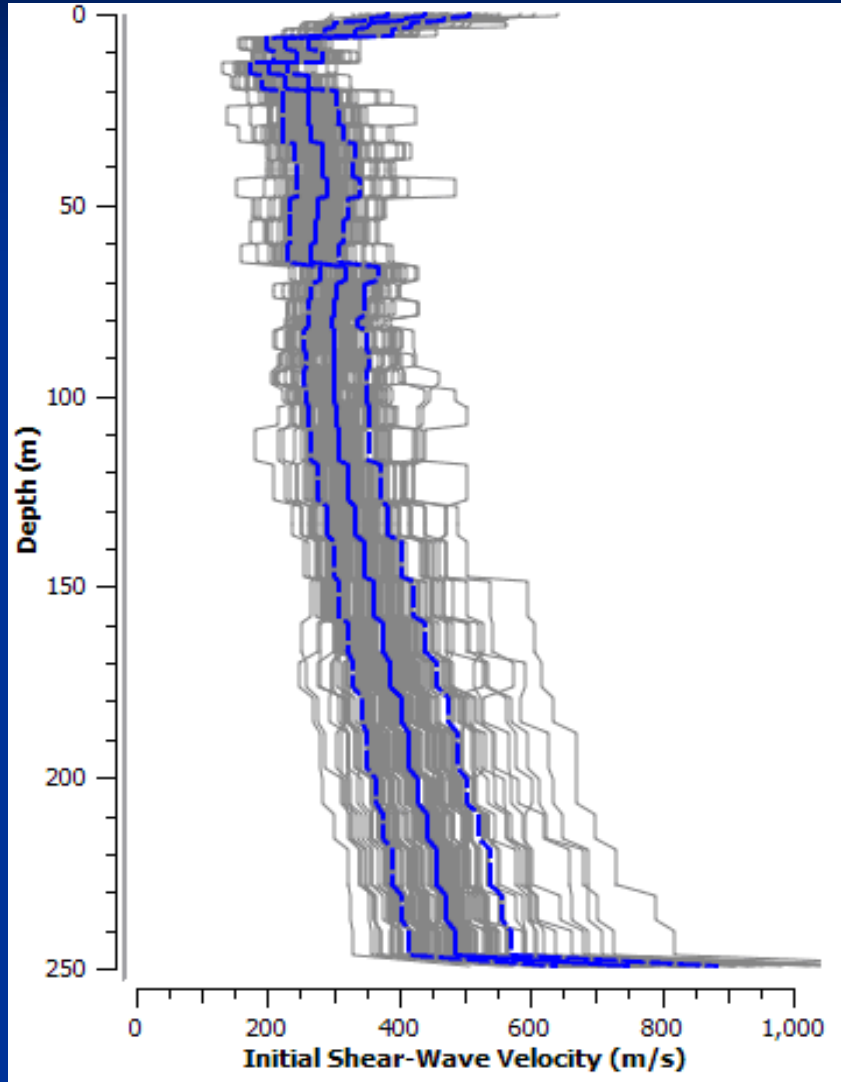
# Site factor NGA-West1

- Site respons dilakukan oleh Walling (2008) memakai Random Vibration theory (RVT) dimana Fourier Amplitude Spectrum (FAS) didapat dari Inverse RVT/ Point Source Theory
- **No need input motions**
- Variasi Site profile bisa ditinjau dengan randomisasi profil Vs, Dynamic properties dan kedalaman bedrock
- Dynamic soil Properties (EPRI)

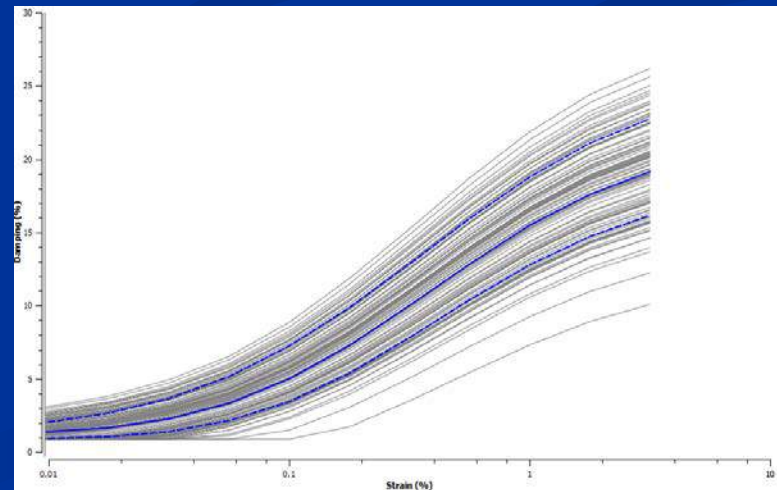
# Time Series vs. RVT Site Response



# Randomization Vs & Soil Properties



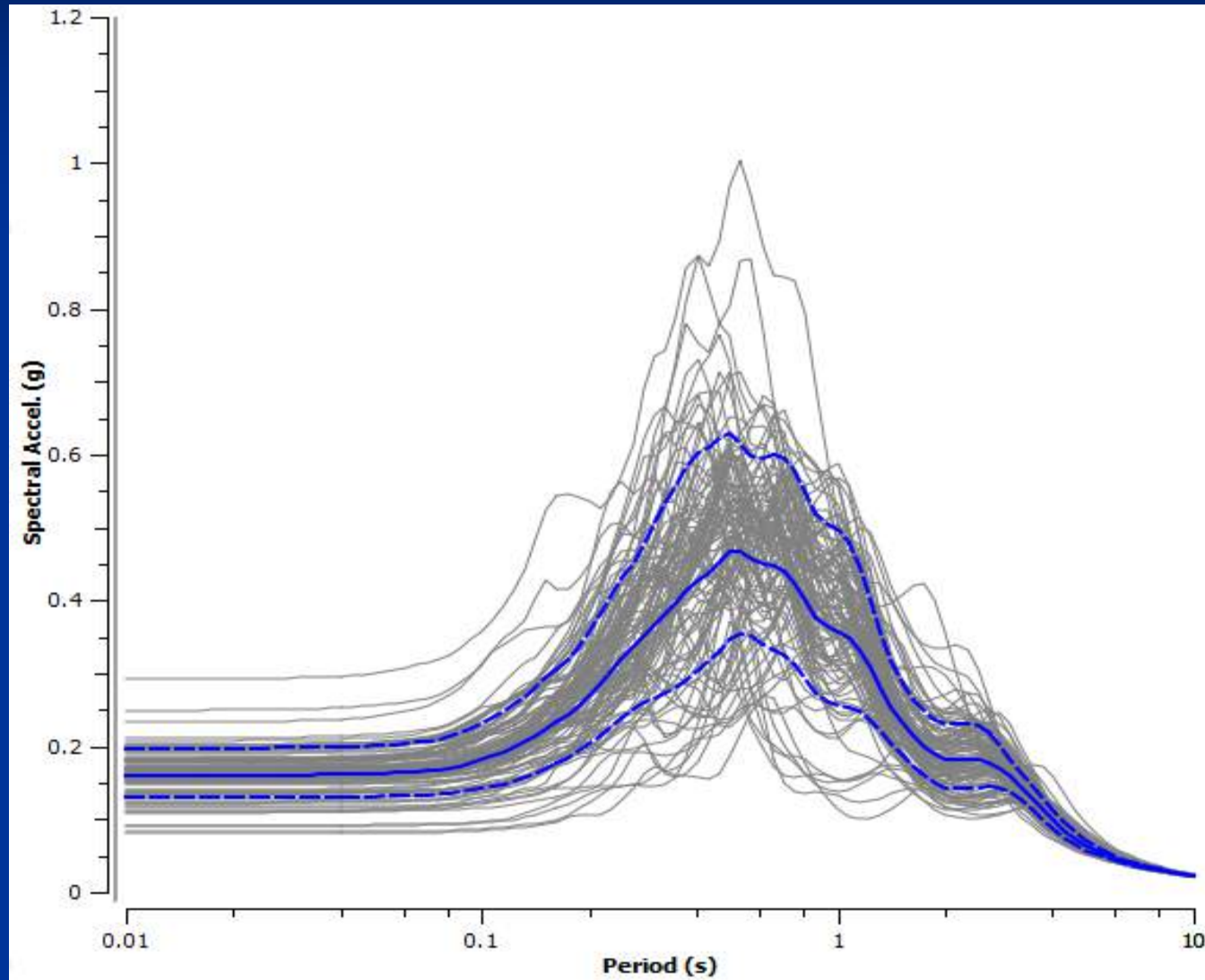
$G/G_{max}$  vs Strain



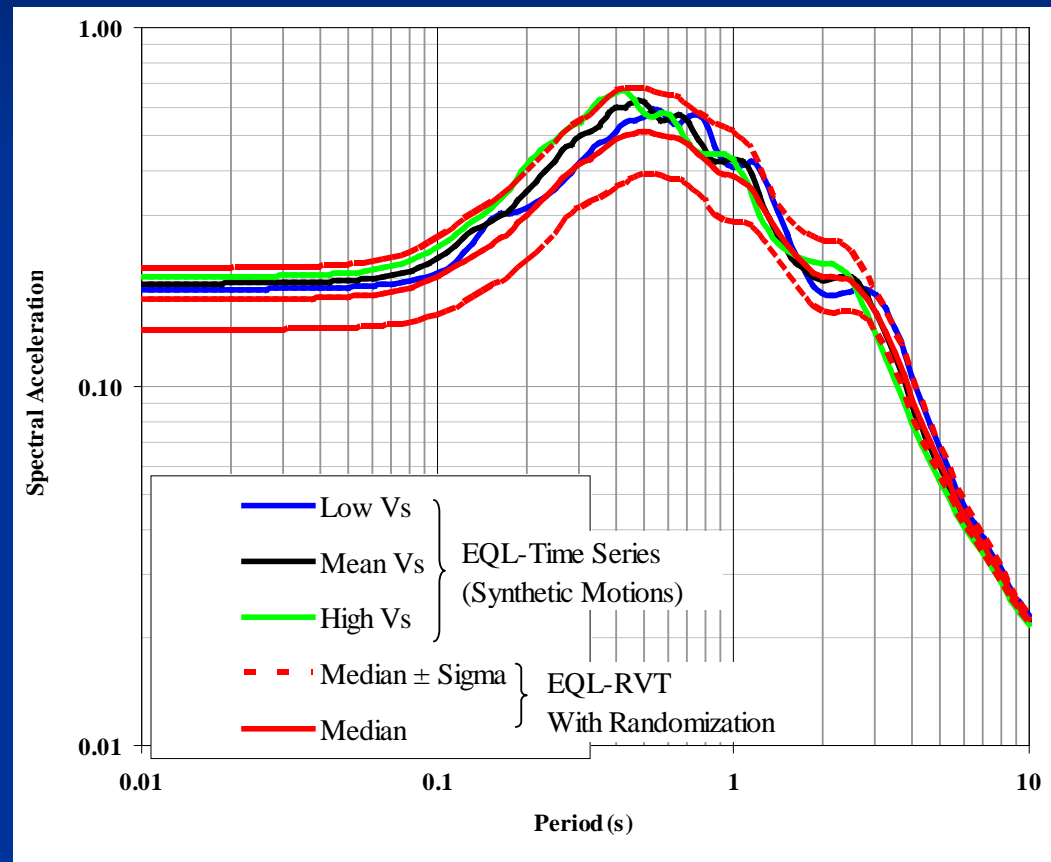
Damping vs Strain



# Computed Surface Response Spectrum (EQL-RVT w/ randomization)

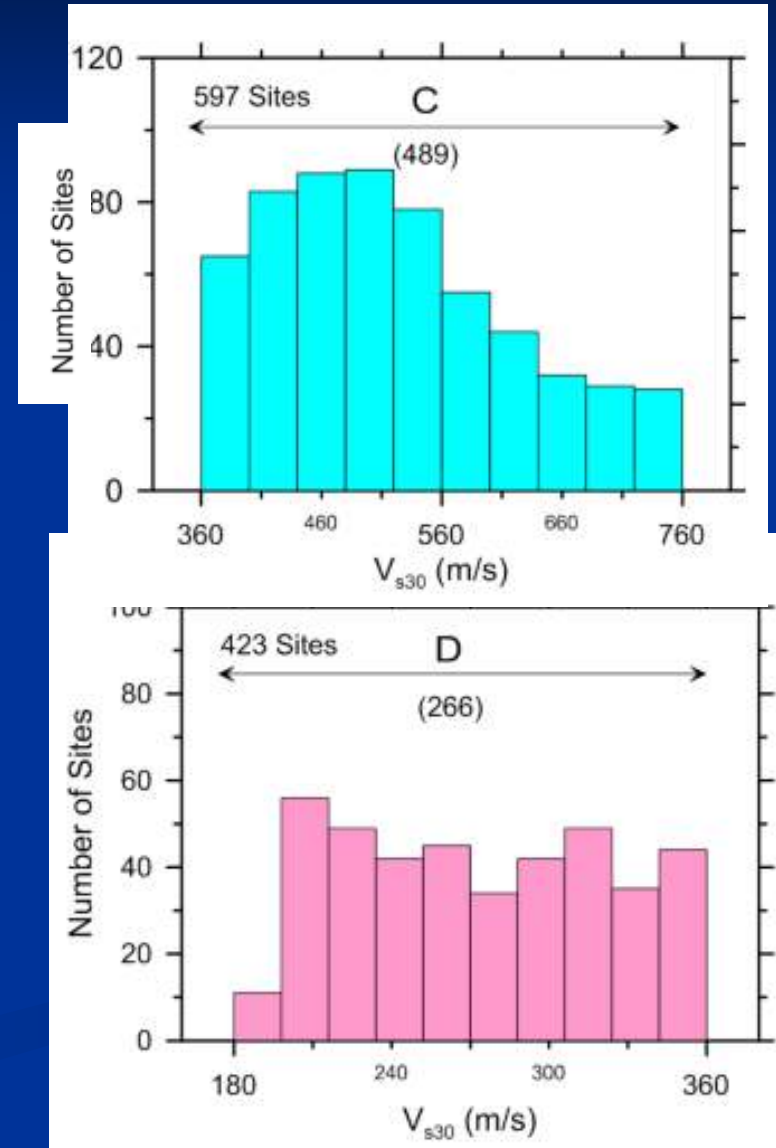
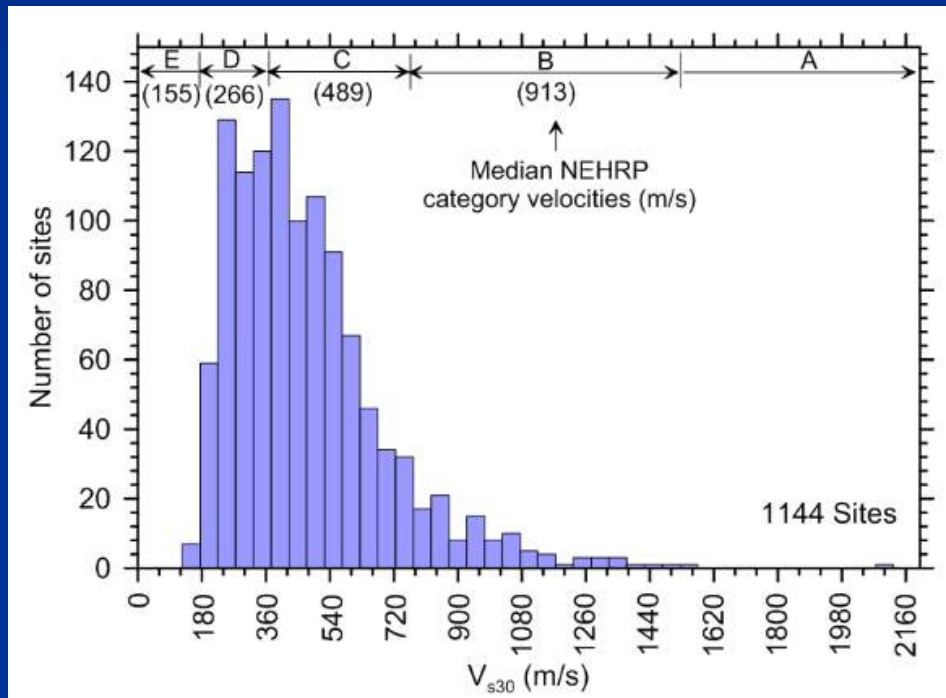


# Comparisson of Surface Spectrum (time series vs. RVT)



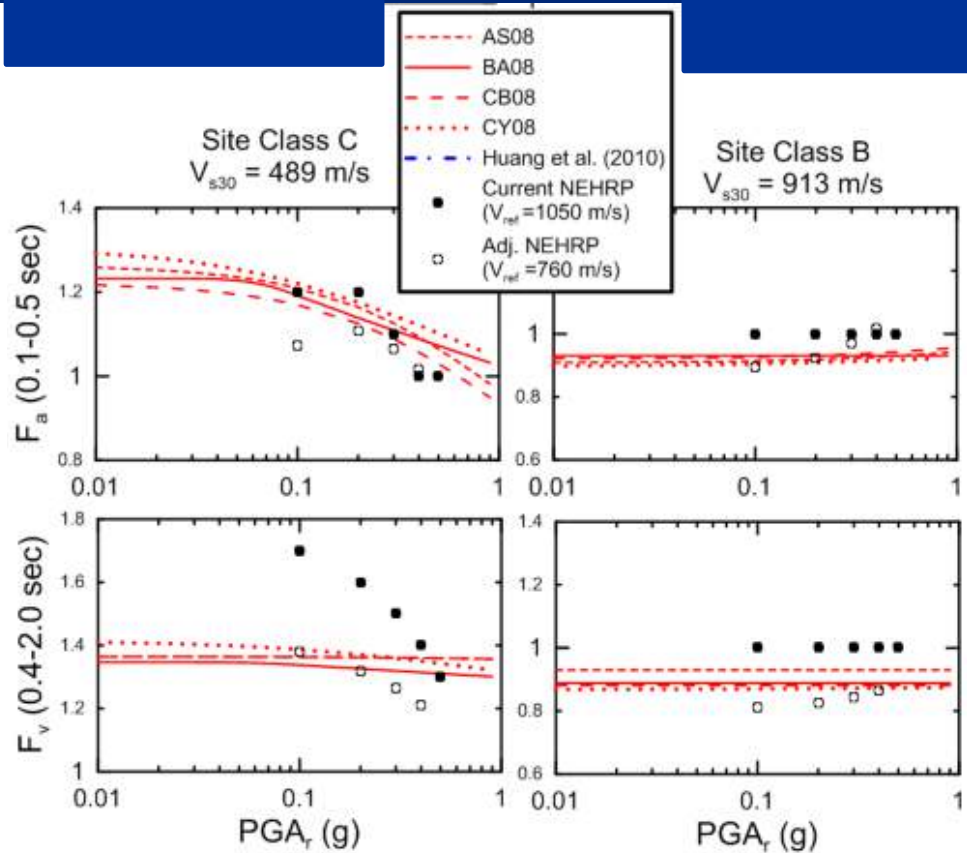
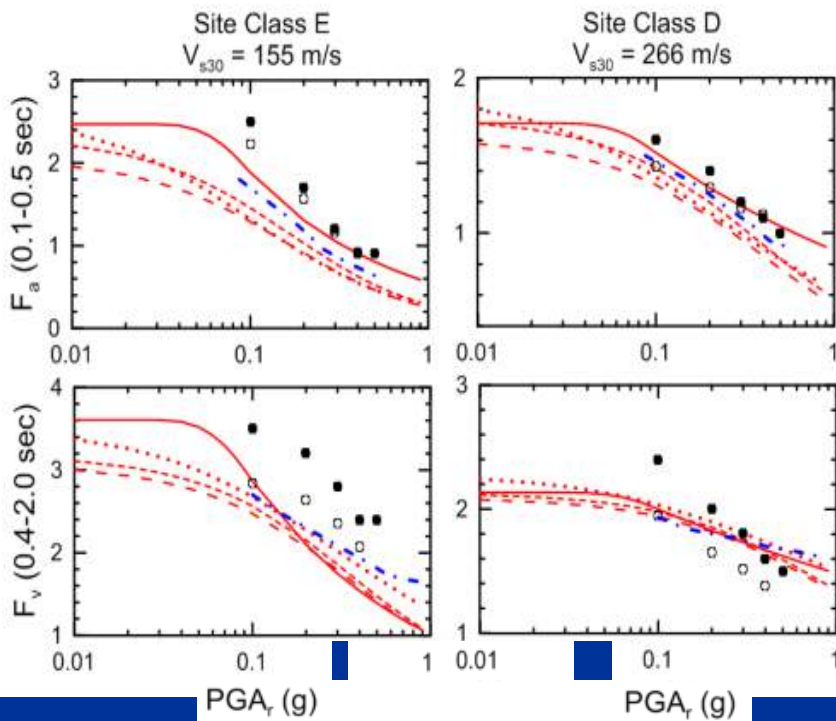
EQL-Time Series (Synthetic Motions) vs EQL-RVT w/ randomization  
Ref : paper by Rudianto & Rathje (2011)

# Data terbanyak Sd & Sc



Ref: Stewart & Seyhan (2013), PEER report No. 13

# Korelasi Fa & Fv vs. NGA-2008



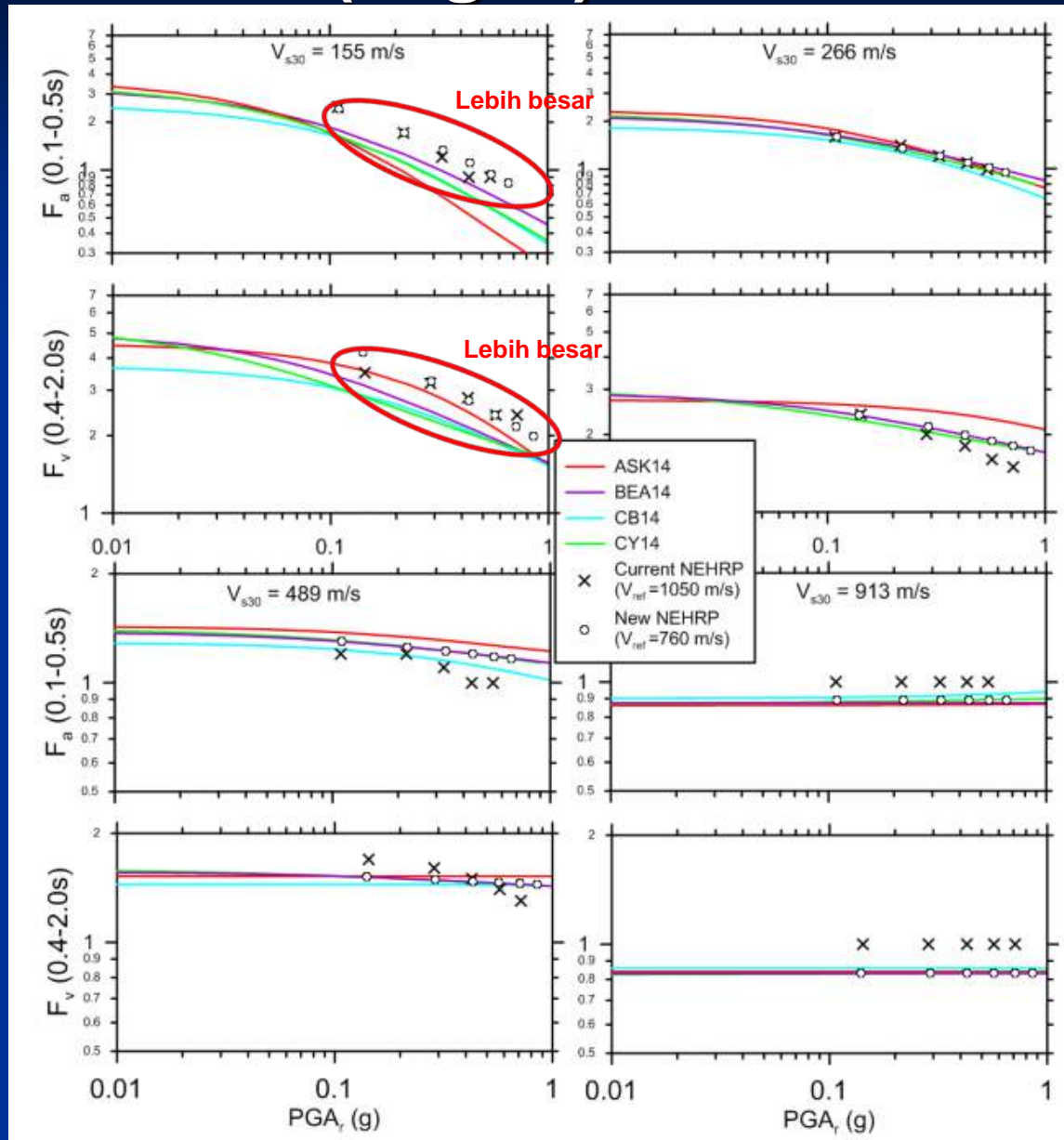
PERBEDAAN PALING MENYOLOK UNTUK SITE CLASS SE



# GMPE model NGA West-2

- Stewart & Seyhan (2013) melakukan riset simulasi nonlinear amplifikasi dari data gempa NGA-West (gempa California, Jepang & Taiwan) berdasarkan studi Walling dan Kamai untuk mendapatkan update Site Factors dalam GMPE model NGA West.
- Site respons memakai Random Vibration Theory (RVT).
- Memakai data non-linier tanah yang lebih up-to-date dan kalibrasi thdp downhole seismic records @ Lotung (Taiwan) dan K-NET (japan).

# Fa & Fv (bagus) kecuali SE



# Fa versi PEER, SNI2012 & ASCE7-16

## Koefisien Situs, $F_a$

Site Class	$S_s < 0.25$			$S_s = 0.5$			$S_s = 0.75$		
	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16
A	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>
B	0.9	1.0	<b>0.9</b>	0.9	1.0	<b>0.9</b>	0.9	1.0	<b>0.9</b>
C	1.3	1.2	<b>1.3</b>	1.3	1.2	<b>1.3</b>	1.2	1.1	<b>1.2</b>
D	1.6	1.6	<b>1.6</b>	1.4	1.4	<b>1.4</b>	1.2	1.2	<b>1.2</b>
E	2.4	2.5	<b>2.4</b>	1.7	1.7	<b>1.7</b>	1.3	1.2	<b>1.3</b>

Site Class	$S_s = 1.0$			$S_s = 1.25$			$S_s > 1.5$		
	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16
A	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>
B	0.9	1.0	<b>0.9</b>	0.9	1.0	<b>0.9</b>	0.9	1	<b>0.9</b>
C	1.2	1.0	<b>1.2</b>	1.2	1.0	<b>1.2</b>	1.2	1	<b>1.2</b>
D	1.1	1.1	<b>1.1</b>	1.0	1.0	<b>1.0</b>	1.0	1	<b>1.0</b>
E	1.1	0.9	<b>SS</b>	0.9	0.9	<b>SS</b>	0.8	0.9	<b>SS</b>

Karena data gempa dengan  $V_s < 180$  m/det ( site class SE) tidak banyak. Tingkat ketidak pastian (epstemic) lebih besar Karenanya  $F_a$  &  $F_v$  (PEER) diambil lebih konservatif.

# F<sub>v</sub> versi PEER, SNI-2012 & ASCE7-16

## Koefisien Situs, F<sub>v</sub>

Site Class	$S_I < 0.1$			$S_I = 0.2$			$S_I = 0.3$		
	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16
A	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>
B	0.8	1.0	<b>0.8</b>	0.8	1.0	<b>0.8</b>	0.8	1.0	<b>0.8</b>
C	1.5	1.7	<b>1.5</b>	1.5	1.6	<b>1.5</b>	1.5	1.5	<b>1.5</b>
D	2.4	2.4	<b>2.4</b>	2.2	2.0	<b>2.2</b>	2.0	1.8	<b>2.0</b>
E	4.2	3.5	<b>4.2</b>	3.3	3.2	<b>SS</b>	2.8	2.8	<b>SS</b>

Site Class	$S_I = 0.4$			$S_I = 0.5$			$S_I > 0.6$		
	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16	PEER	SNI 2012	ASCE 7-16
A	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>	0.8	0.8	<b>0.8</b>
B	0.8	1.0	<b>0.8</b>	0.8	1.0	<b>0.8</b>	0.8	1	<b>0.8</b>
C	1.5	1.4	<b>1.5</b>	1.5	1.3	<b>1.5</b>	1.4	1.3	<b>1.4</b>
D	1.9	1.6	<b>1.9</b>	1.8	1.5	<b>1.8</b>	1.7	1.5	<b>1.7</b>
E	2.4	2.4	<b>SS</b>	2.2	2.4	<b>SS</b>	2.0	2.4	<b>SS</b>



# BFa & Fv di JKT & Ca

- Crustal & Subduksi @ Jkt, faktor Fa & Fv dari code lebih besar dari GMPE (OK)
- Crustal di SF (M8.5, D= 5 km dari San Andreas fault, code memberikan angka yg tidak OK

Source	Parameter	Site Class	GMPE		SNI 2012		SNI 2019	
			Fa	Fv	Fa	Fv	Fa	Fv
Crustal (Jakarta)	M = 7, D = 25 km (S <sub>s</sub> = 0.28, S <sub>1</sub> = 0.09)	SD	1.42	2.00	1.58	2.40	1.58	2.40
		SE	1.53	2.78	2.40	3.50	2.32	4.20
Subduksi (Jakarta)	M = 8, D = 100 km (S <sub>s</sub> = 0.4, S <sub>1</sub> = 0.17)	SD	1.63	1.90	1.48	2.12	1.48	2.26
		SE	1.60	2.36	2.02	3.29	1.98	3.57
Crustal (CA)	M = 8.5, D = 5 km (S <sub>s</sub> = 1.00, S <sub>1</sub> = 0.43)	SD	1.07	2.13	1.10	1.57	1.10	1.87
		SE	0.80	2.53	0.90	2.40	1.10	2.35

# PERTIMBANGAN MEMAKAI PEER SEBAGAI SITE FACTOR SNI 2019

- Karena hampir sebagian tanah di Indonesia tergolong tanah lunak (SE), maka dampak melakukan SSRA seperti yang disebutkan dalam ASCE 7-16 tidak praktis
- Untuk kasus JKT, pemakaian  $F_a$  &  $F_v$  PEER cukup konservatif
- Kita tidak ada kasus seperti di SF, dimana ada gempa besar dengan jarak dekat sehingga diperlukan SSRA, karena code tidak memadai ( $F_a$  besar dan  $F_v$  kecil).

**SITE-SPECIFIC SEISMIC  
ANALYSES (SSRA)  
(SITUS TANAH SF)**

## 6.10 Prosedur gerak tanah spesifik situs untuk desain seismik (SNI 1726-2019)

### 6.10.1 Analisis respons situs

Ketentuan-ketentuan pada pasal ini harus dipenuhi di mana analisis respons situs dilakukan atau disyaratkan dalam 6.9. Analisis harus didokumentasi dalam suatu laporan yang memadai.

#### 6.10.1.1 Gerak batuan dasar

Untuk suatu analisis spektrum respons spesifik situs, diperlukan spektrum respons gempa MCER pada batuan dasar. **Spektrum respons gempa MCER pada batuan dasar** ini harus dikembangkan dengan menggunakan prosedur yang ada dalam 6.8 atau 6.10.2. Kecuali telah dilakukan analisis bahaya gerak tanah pada spesifik-situs yang dijelaskan dalam 6.10.2, maka spektrum respons gempa MCER harus dikembangkan berdasarkan prosedur yang ada dalam 6.8, dengan asumsi kelas situs  $SB$ . Jika batuan dasarnya merupakan kelas situs  $SA$ , maka spektrum respons harus disesuaikan menggunakan koefisien situs yang diberikan dalam 6.2, kecuali koefisien-koefisien situs lainnya dapat dijustifikasi. **Setidaknya diperlukan 5 (lima) rekaman atau simulasi riwayat waktu percepatan gerak tanah horizontal yang harus dipilih dari beberapa kejadian gempa dengan magnitudo dan jarak sumber gempa (sesar/patahan/subduksi) yang secara konsisten mengontrol gerak tanah gempa  $MCE_R$ . Masing-masing riwayat waktu yang dipilih tersebut harus diskalakan, sehingga spektrum respons-nya secara rata-rata kira-kira dekat dengan level spektrum respons gempa  $MCE_R$  batuan pada rentang periode yang signifikan dari respons struktur bangunan yang akan didesain.**



### 6.10.1.2 Pemodelan kondisi situs

Untuk keperluan analisis respons spesifik-situs, maka suatu model respons situs yang didasarkan pada kecepatan rambat gelombang geser regangan kecil ( $v_s$ ), hubungan tegangan- regangan geser nonlinier atau ekuivalen linier, dan berat jenis harus disiapkan. Kecepatan gelombang geser ini harus ditentukan dengan pengukuran langsung di lapangan pada situs yang bersangkutan atau pengukuran pada situs yang berdekatan yang memiliki kemiripan kondisi tanah. Pengukuran  $v_s$  di lapangan dapat dilakukan dengan uji *Seismik-Downhole* (SDH), uji *Spectral Analysis of Surface Wave* (SASW), atau uji seismik sejenis. Hubungan tegangan-regangan geser nonlinier atau ekuivalen linier dan berat satuan harus dipilih berdasarkan uji laboratorium langsung atau menggunakan korelasi yang sudah terpublikasi dari tanah yang memiliki kesamaan sifat. Ketidakpastian pada sifat tanah harus diestimasi. **Dalam hal profil-profil tanah yang ada sangat dalam sehingga menyebabkan pengembangan model tanah ke batuan dasar menjadi sulit dilakukan dan tidak praktis, maka model tanah tersebut diizinkan untuk diberhentikan pada kondisi kekakuan tanah setidaknya sebesar nilai yang mendefinisikan kelas situs  $SD$** , sesuai Pasal 5. Dalam hal seperti ini, maka spektrum- respons percepatan riwayat-waktu gempa MCER yang dikembangkan dalam 6.10.1.1 harus disesuaikan ke atas permukaan tanah menggunakan koefisien-koefisien situs dalam 6.2 yang konsisten dengan klasifikasi tanah pada profil dasar.

### 6.10.1.3 Analisis respons situs dan hasil perhitungan

Riwayat waktu gerak tanah batuan dasar harus menjadi masukan ke dalam profil tanah sebagai gerak dari referensi batuan dasar. Dengan menggunakan teknik perhitungan yang memperlakukan sifat tanah secara nonlinier ke dalam suatu metode nonlinier atau linier ekuivalen, maka respons profil tanah harus ditentukan dan respons riwayat waktu gerak tanah di permukaan harus dihitung. Rasio spektrum respons (dengan redaman 5 %) di permukaan tanah dan di batuan dasar harus dihitung. Nilai spektrum respons gerak tanah MCER yang direkomendasikan tidak boleh lebih rendah dari spektrum respons MCER batuan dasar dikali dengan rata-rata rasio spektrum respons permukaan-ke-dasar (dihitung periode demi periode) yang didapat dari analisis respons spesifik-situs. Gerak dasar permukaan yang direkomendasikan dari hasil analisis harus menggambarkan pertimbangan atas sensitifitas respons terhadap ketidakpastian sifat-sifat tanah, kedalaman model tanah, dan gerak tanah masukan (*input motion*).

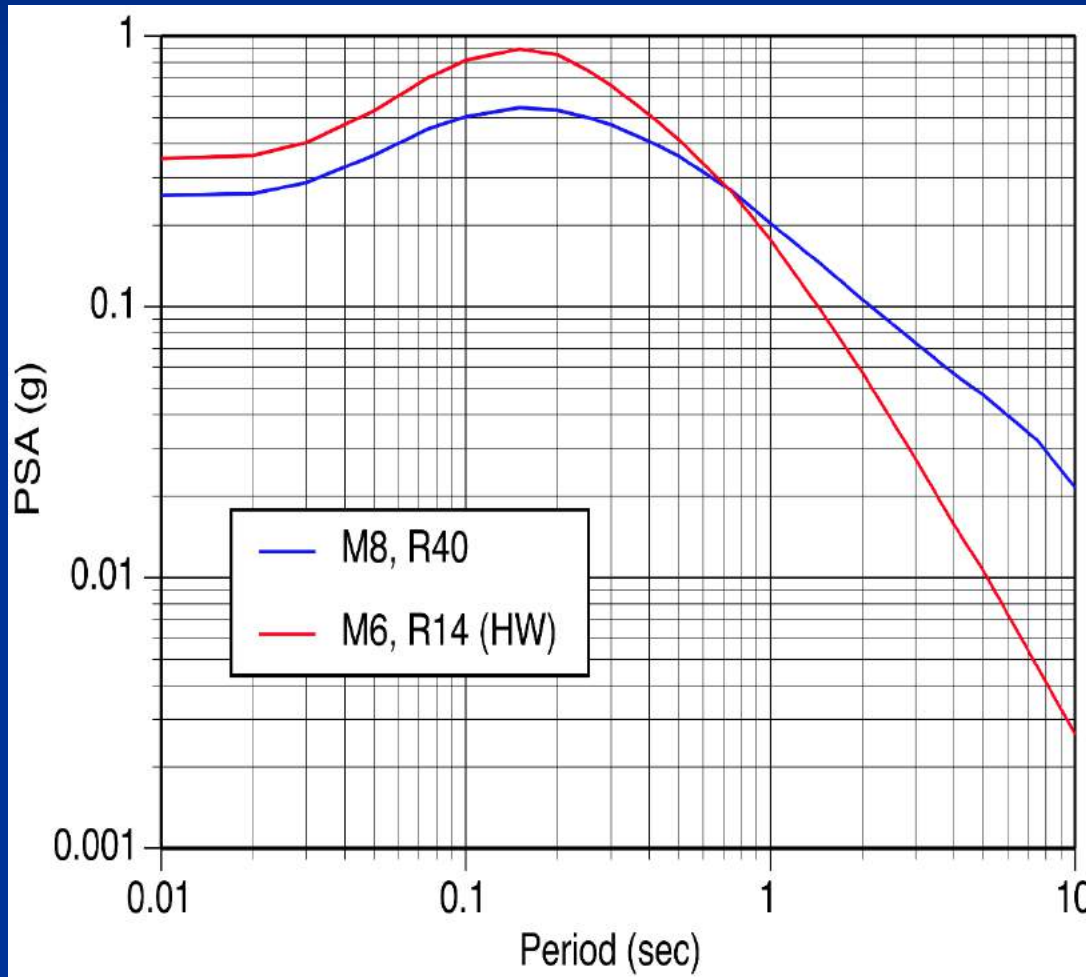
# BAHAN ULASAN

1. Pengertain UHS dan CMS
2. Probabilistic Seismic Hazard Analyses (PSHA)
3. Development of rock motions
4. Soil dynamic properties
5. Site response analyses
6. Development of surface spectrum (UHS)

# DESAIN SPEKTRUM RESPONS

- DETERMINISTIK (M, R, epsilon/standard deviasi)
- PROBABILISTIC/ URS (Uniform Risk Spectrum) atau UHS (Uniform Hazard Spectrum)
- CMS (Conditional Mean Spectrum)

# Spektrum Deterministik untuk (2) sesar

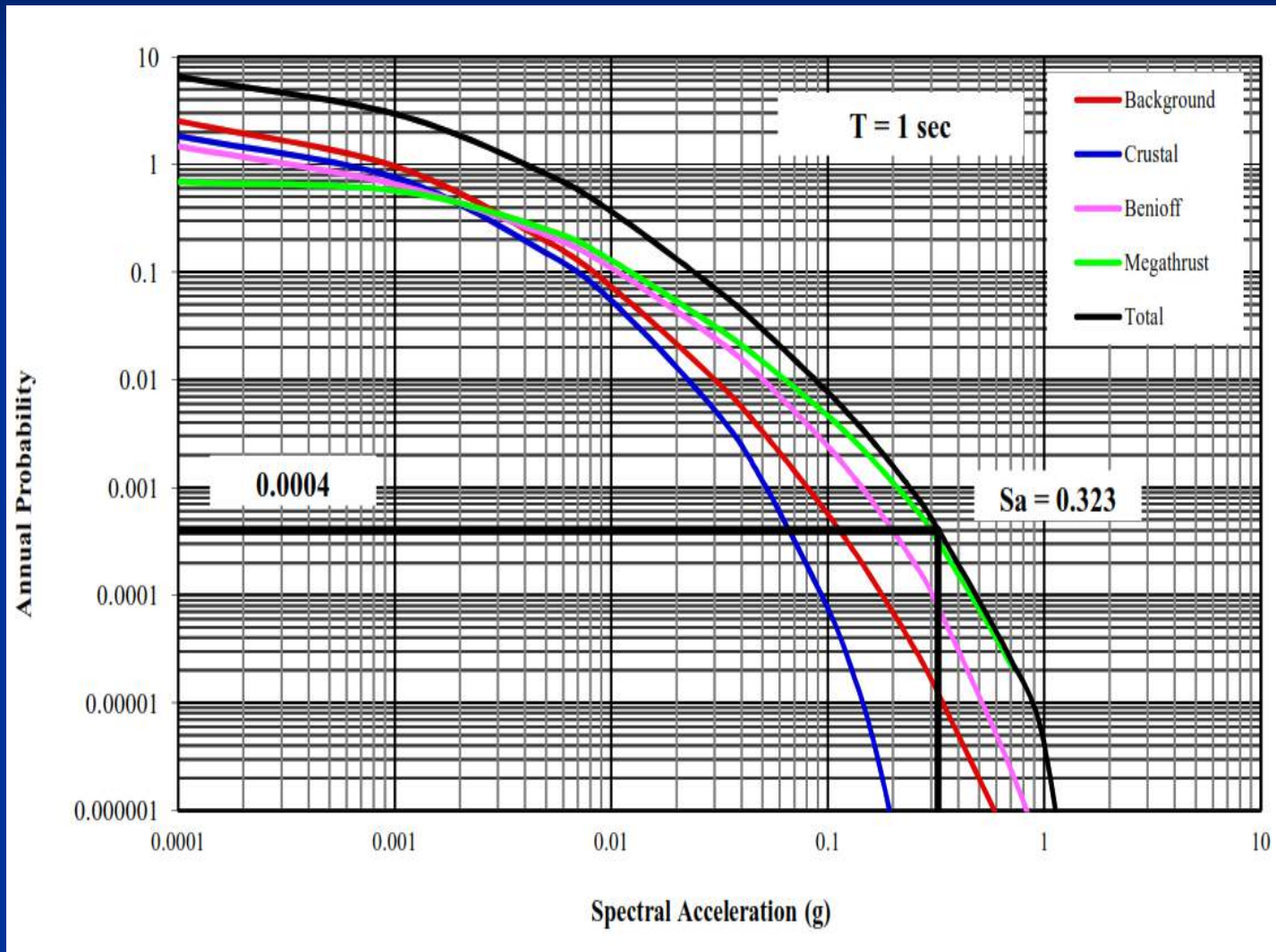


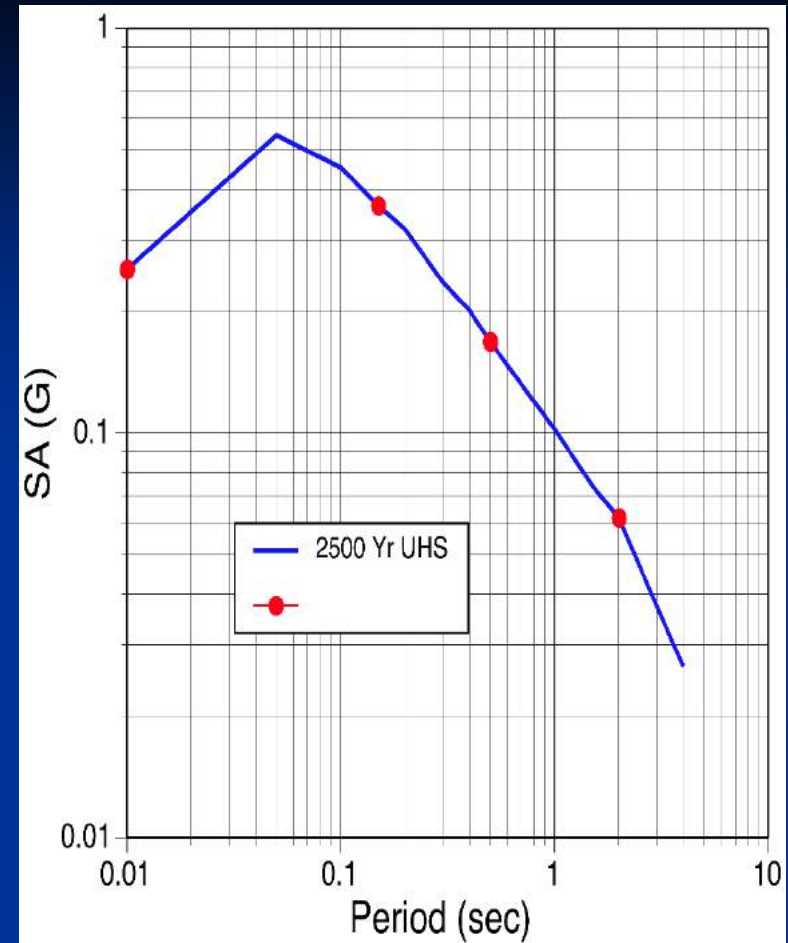
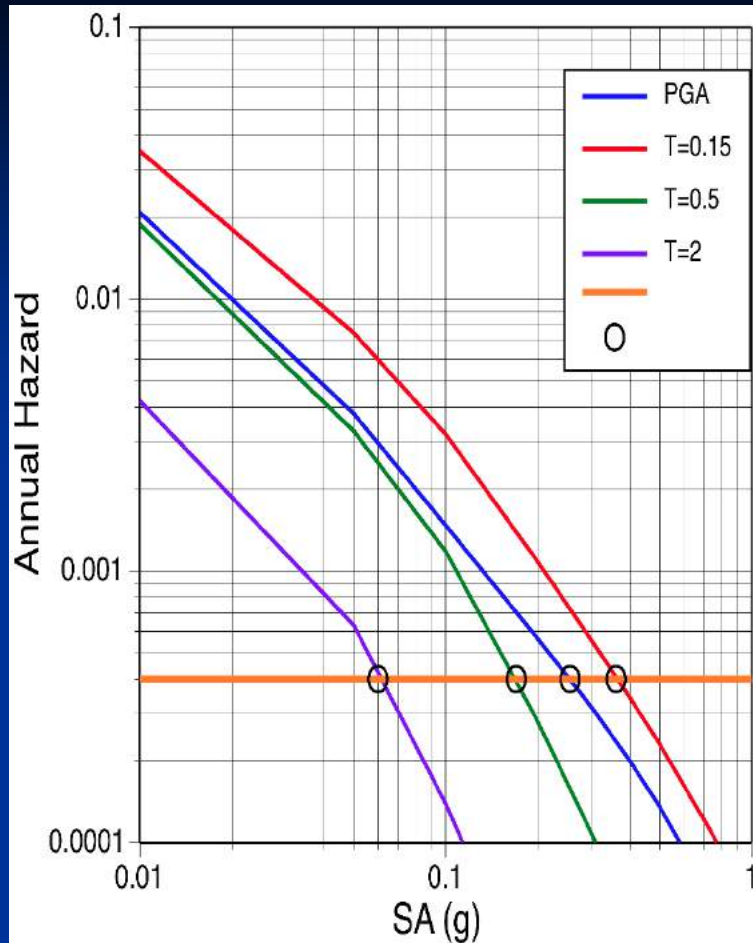
T=0.2 det, M6,  
R14 lebih  
mengontrol  
(Bangunan  
rendah)

T=3 detik, M8  
R40 lebih  
mengontrol  
(Bangunan  
tinggi)



# Spektrum berdasarkan probabilistic berupa kurva hazard Sa @ t=1 detik



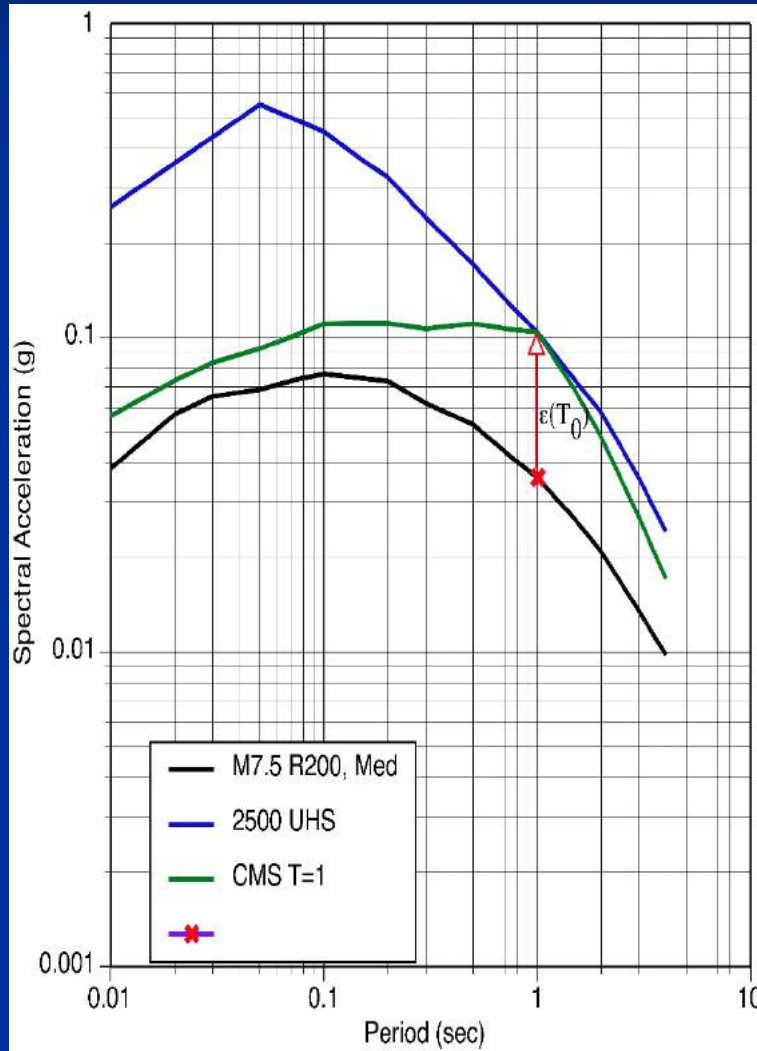


- Kumpulan deterministik untuk resiko gempa yang sama
- Kurva spectrum SNI berupa URS
- Berlaku untuk semua perioda

Analisa Time History hanya (1) kali saja

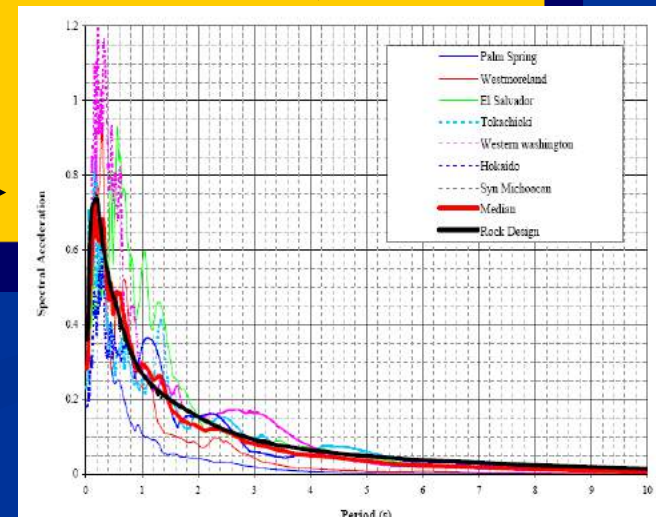
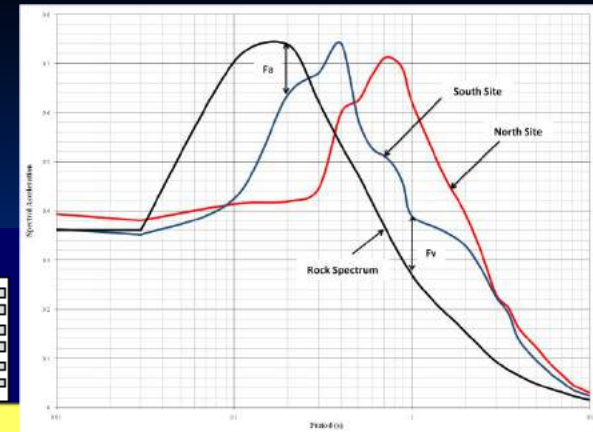
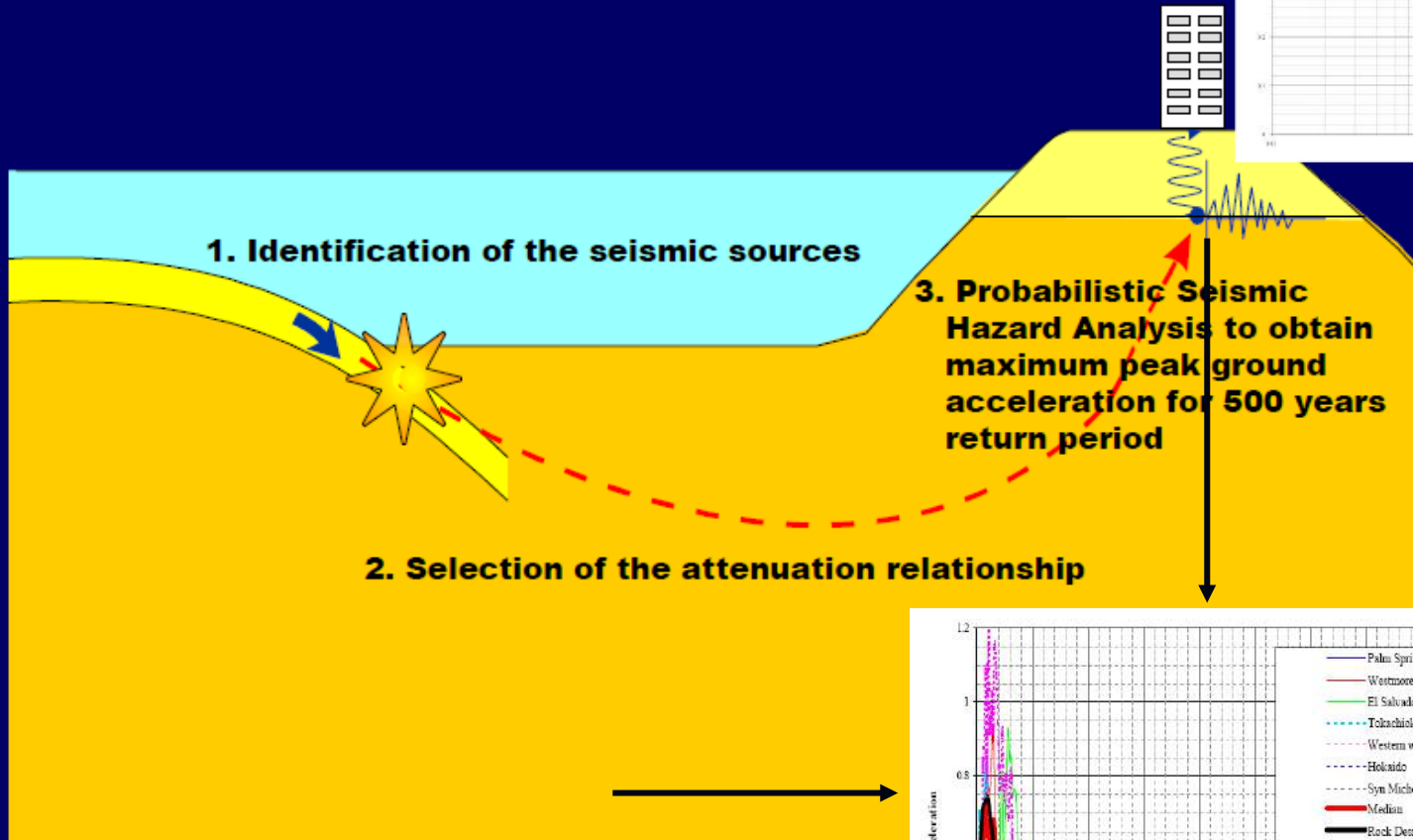
# CONDITIONAL MEAN SPECTRUM (CMS)

$$S_a(T) = \hat{S}_a(T, M, R, F) \exp(\sigma(T, M) \bar{\epsilon}(T))$$



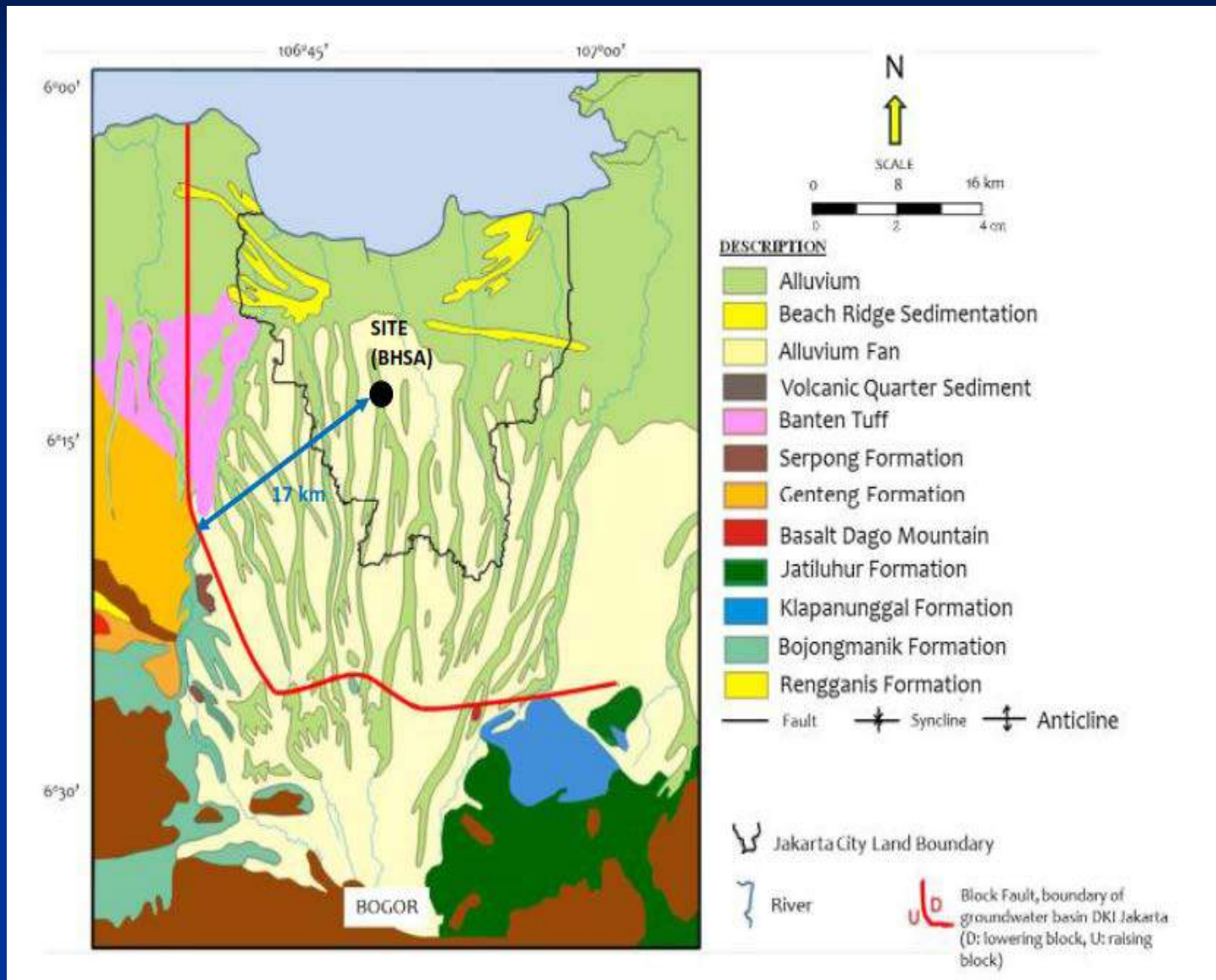
- URS untuk perioda struktur tertentu
- M, R, epsilon dari deagregasi
- Lebih logis dalam pemilihan time history
- Tidak konservatif
- Perlu analisa lebih banyak (min. 2 kali time history)

# Site Response Analyses





# Site Geology ( No basin-edge effect)





# Probabilistic Seismic Hazard

## Source characterization

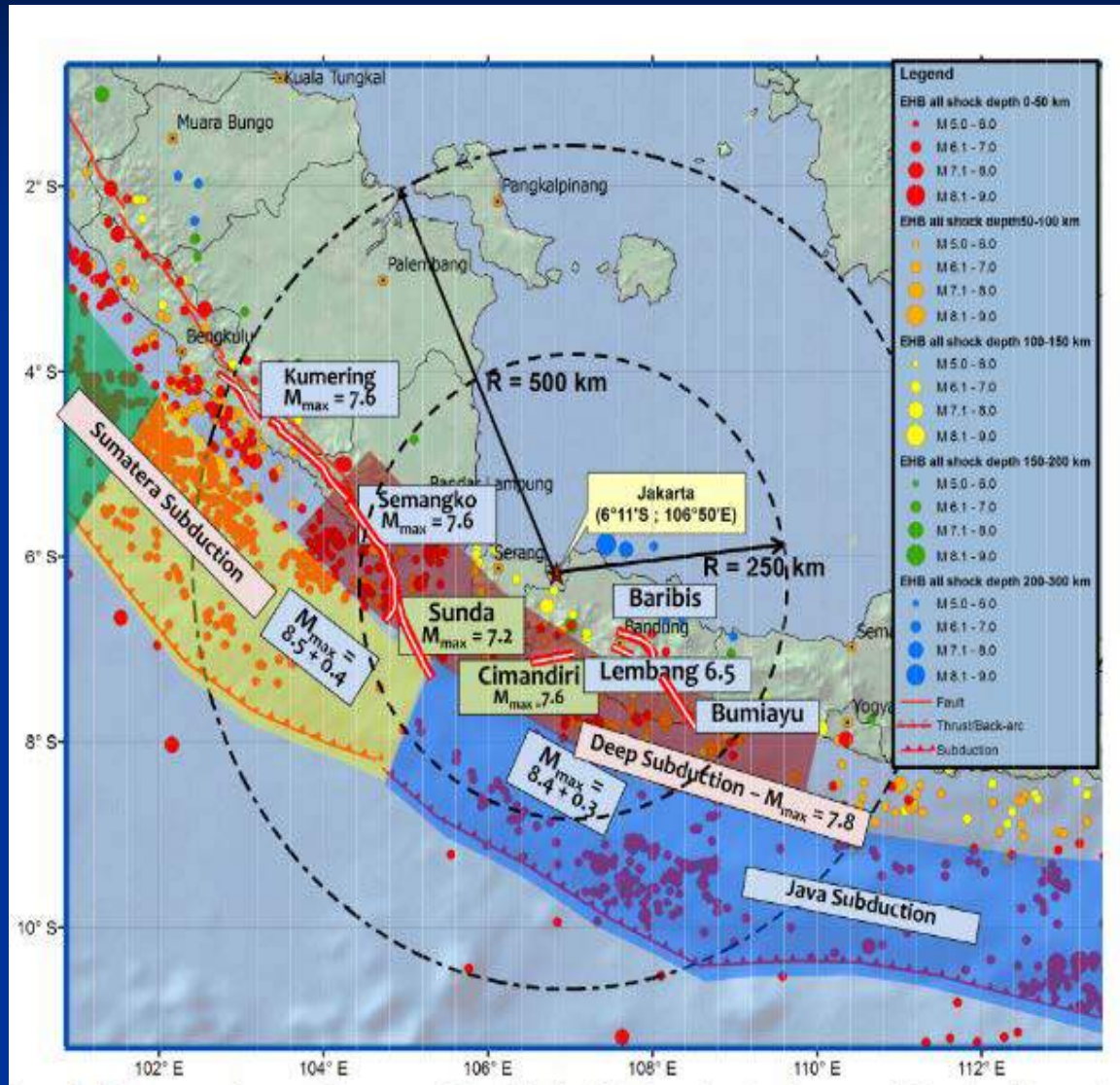
Subduction (Interface  $M > 6.5$ , depth 10-50 km)

Subduction (intraslab,  $M > 6.5$ , depth 50-300 km) Shallow crustal fault ( $M > 6.5$ , depth  $< 20$  km)

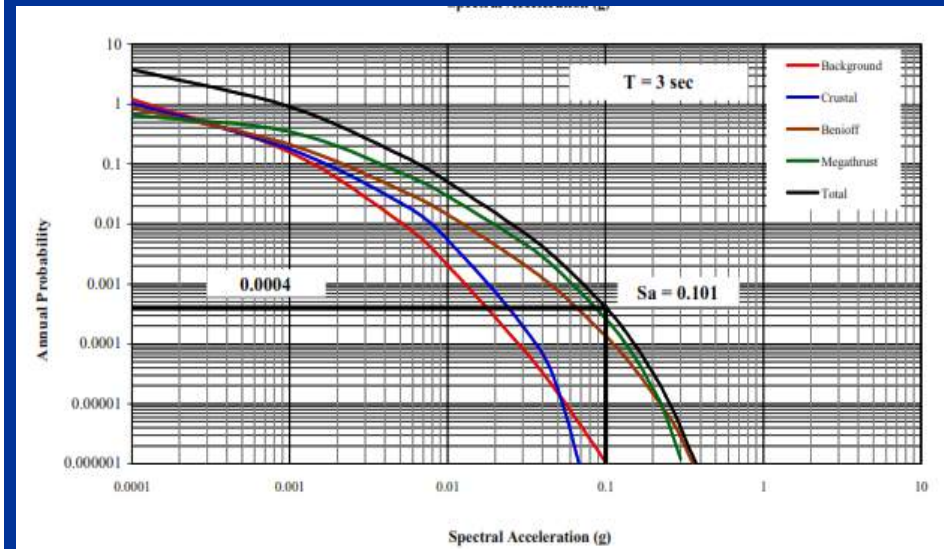
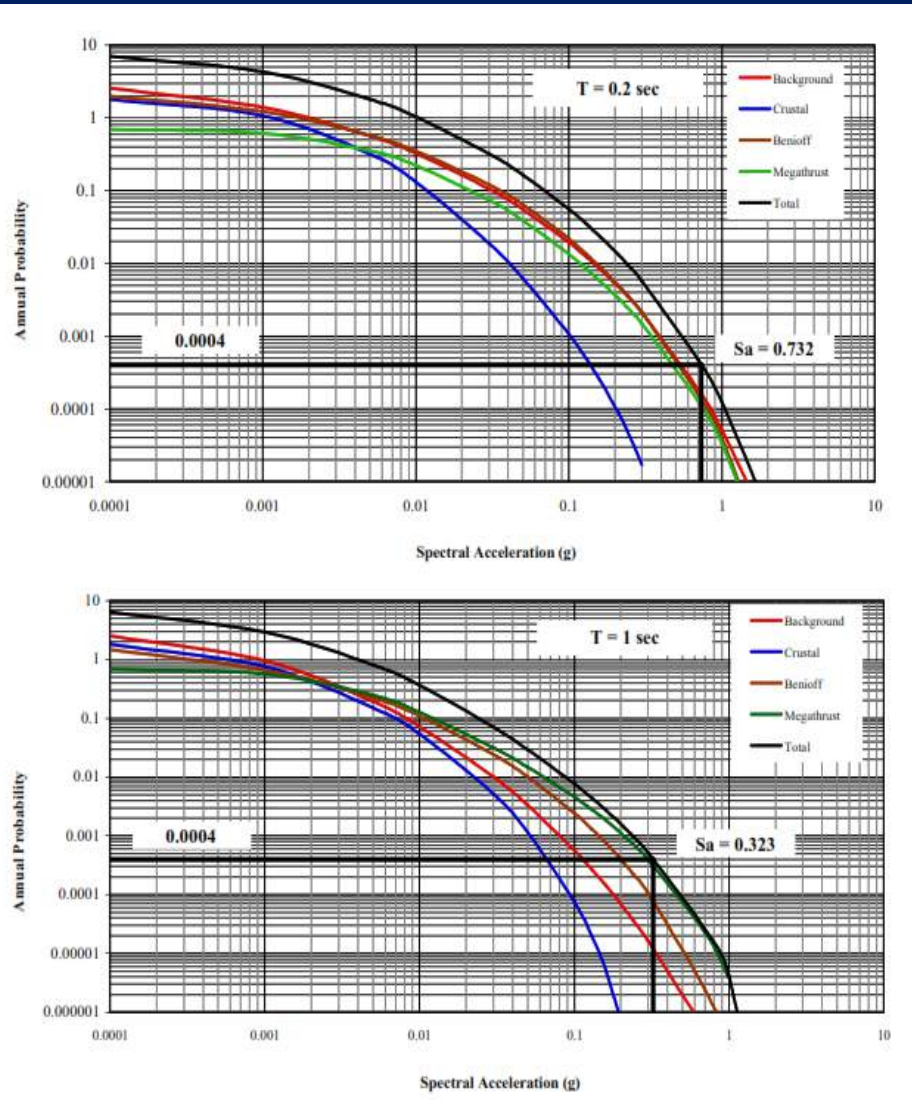
Shallow background ( $M < 6.5$ , depth  $< 50$  km)

Each source uses different GMPEs and recurrence models

# Seismic Source Influencing Jakarta



# Hazard Curves @ T=0.2, 1 & 3 sec.

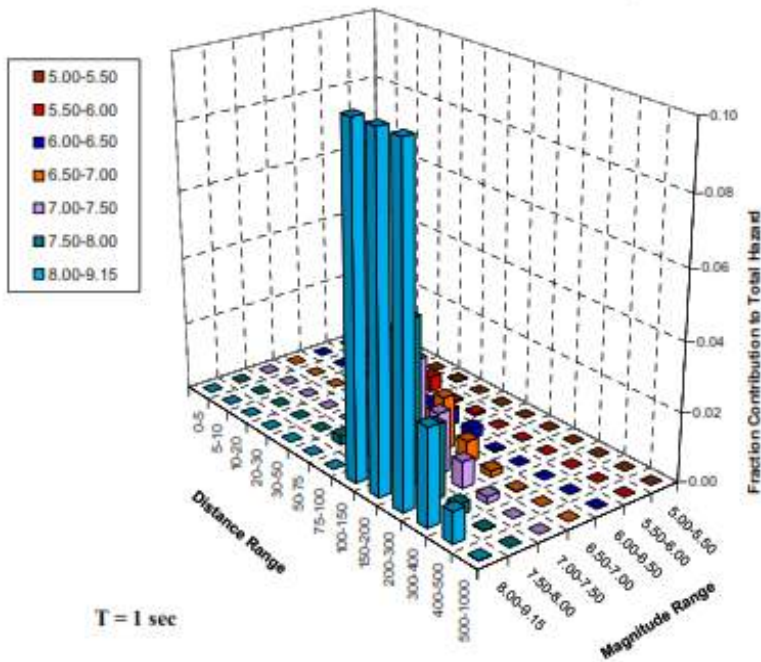
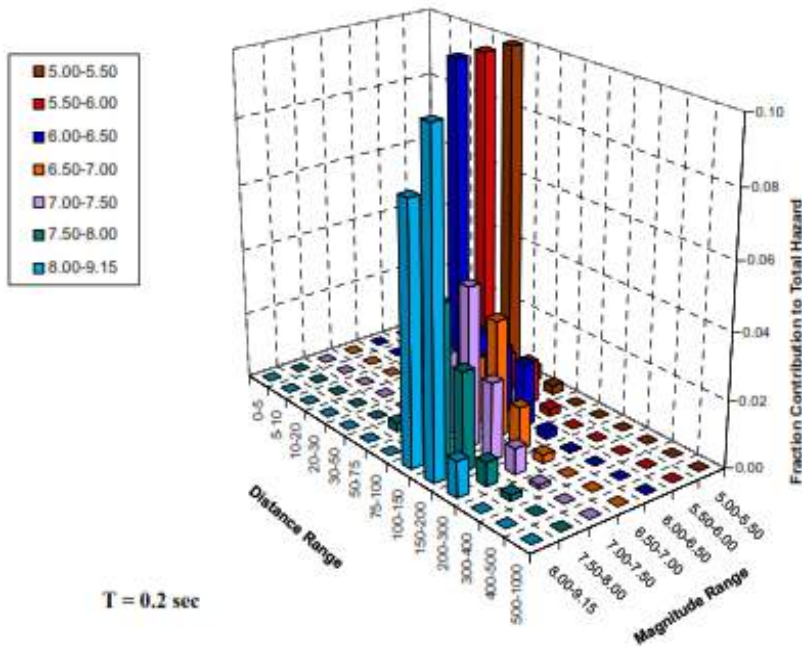




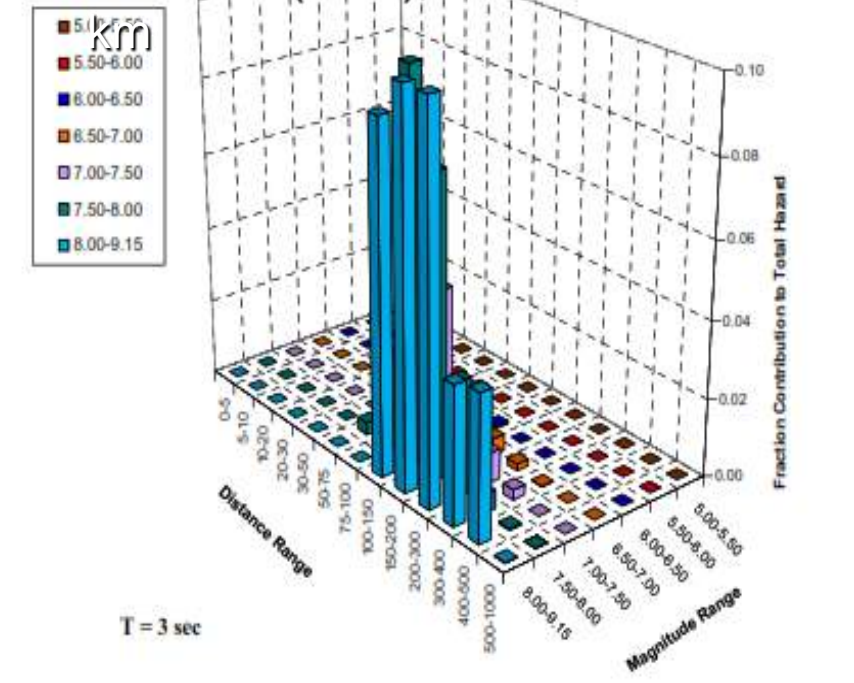
# Hazard Deaggregation

@ 3 sec controlled by:

- Background (2%), M = 6.3 & Dist = 30 km
- Intraslab (33%), M = 7.5 & Dist = 150 km
- Interface (65%), M = 8.6 & Dist 200 km



■ Interface (65%), M = 8.6 & Dist 200 km

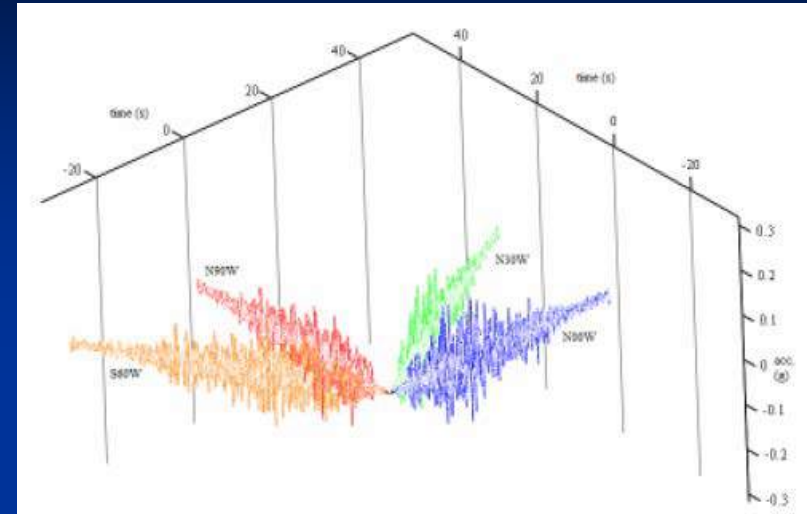
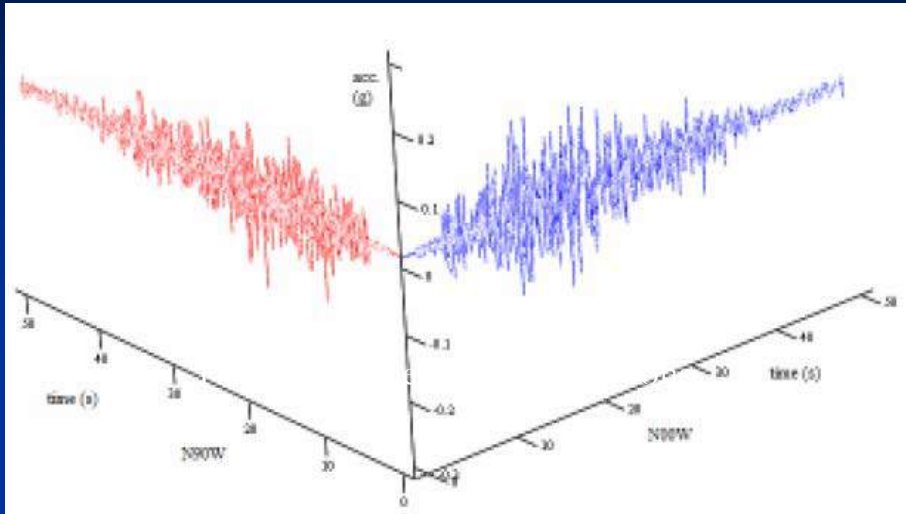


# GROUND MOTION $MCE_R$ (SNI-2019)

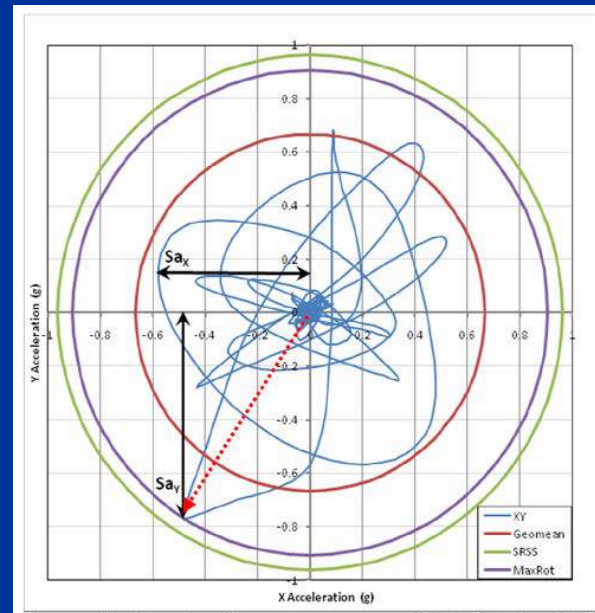
PROBABILISTIC GROUND MOTIONS (2% IN 50 YRS, 2475 RP) IN **THE DIRECTION OF MAXIMUM HORIZONTAL** RESPONSE THAT EXPECTED TO ACHIEVE **1% PROBABILITY OF COLLAPSE IN 50 YRS (5,000 RP)**



# ROTATED GROUND MOTION TO MAXIMUM DIRECTION (convert from $MCE_G$ to $MCE_R$ ) RotD100 GM



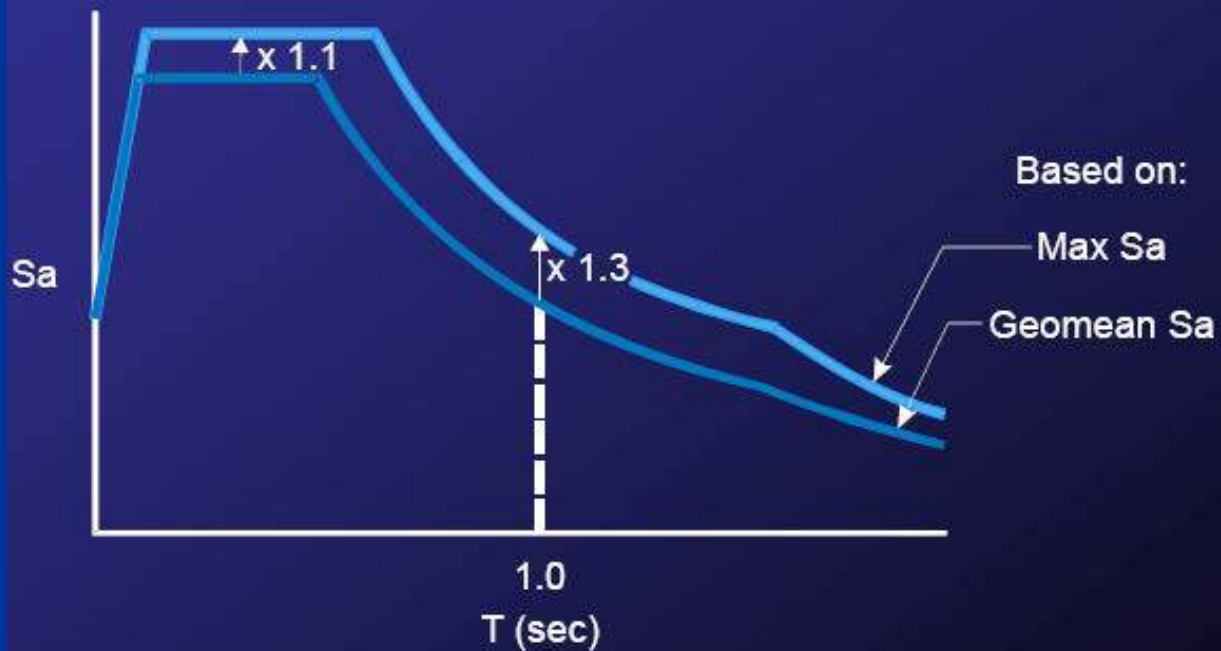
Rotated of Pairs Ground Motions



Acceleration Resposne Orbit ( $MCE_G$ ,  $MCE_R$ )

# Geomean Sa vs Max Sa

## Bedrock Response Spectra



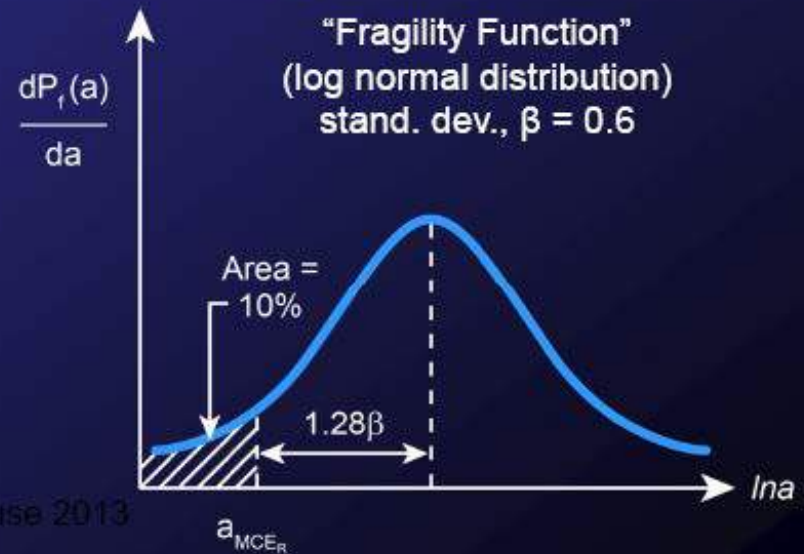
# STRUCTURE FRIGILITY (RISK FACTOR)

2475 GROUND MOTION  $MCE_R$  WAS APPLIED TO  
STRUCTURE CAUSING COLLAPSE AT 1% IN 50  
YRS (5000 RP)

# Probabilistic MCE<sub>R</sub>

## “Risk Integral”

$$P_f = \int_0^{\infty} P(a) \frac{dP_f(a)}{da} da$$



C. B. Crouse 2013

# Methods for Probabilistic $MCE_R$ (SNI 1726-2019 Section 6.10.2.1) – Method 1

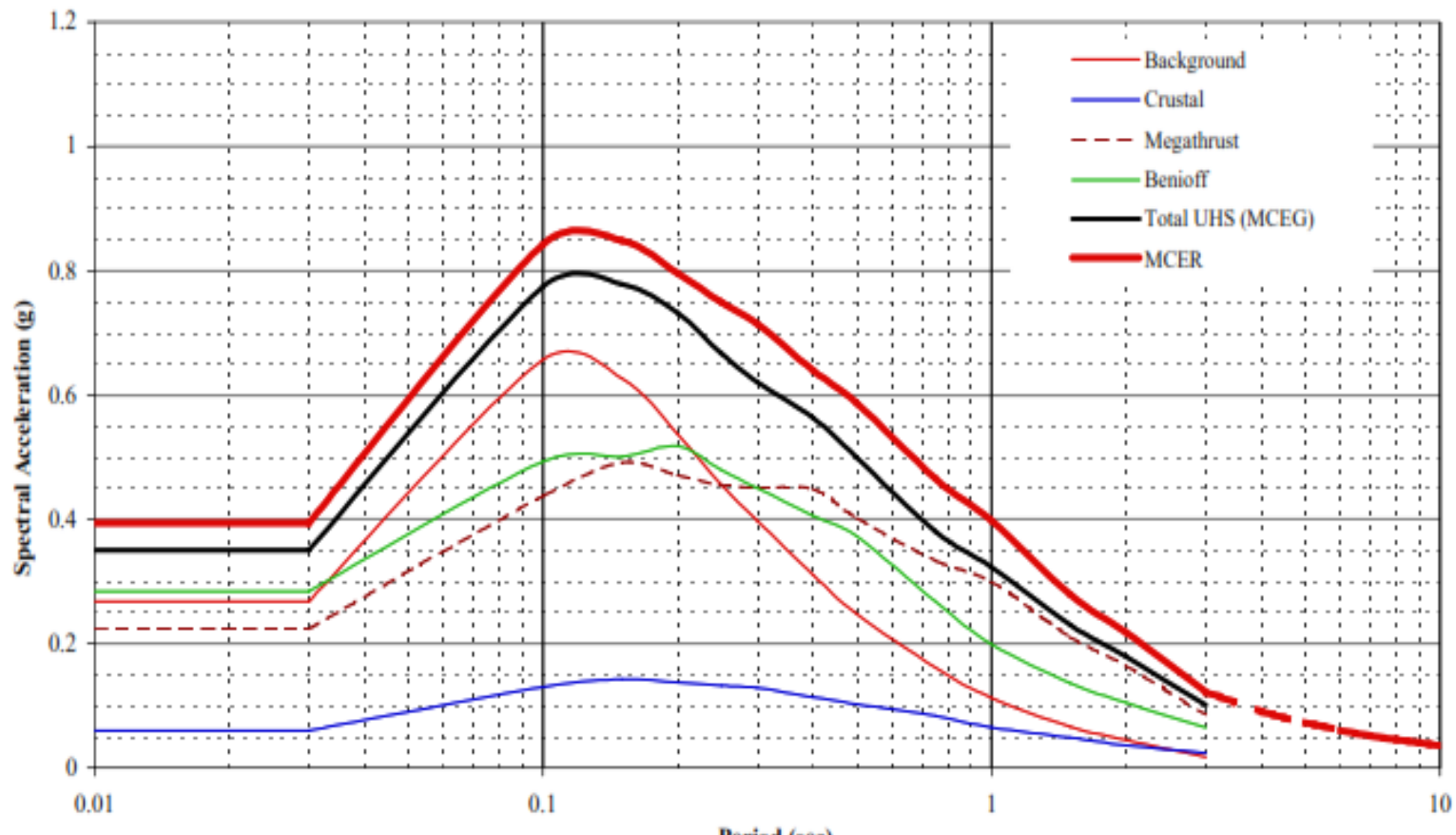
- Compute 2% in 50 yr  $S_a$  from PSHA
- Convert from geomean to max direction motion
- Multiply by risk coefficients,  $C_R(T)$

Use  $CR_S$  based on Figure 12 (0.2 sec) and  $CR_1$  based on Figure 13 (1 sec) from SNI 1726-2012 or own developed risk factor



# Design Spectral on "Rock" for MCEr

- Geomean spectrum (MCEg) multiplied by Risk Factor & directivity factor to become MCEr spectrum. Karena batas GMPE s/d 3 det, perpanjangna spektrum constant velocity @ sa=2-3 det.



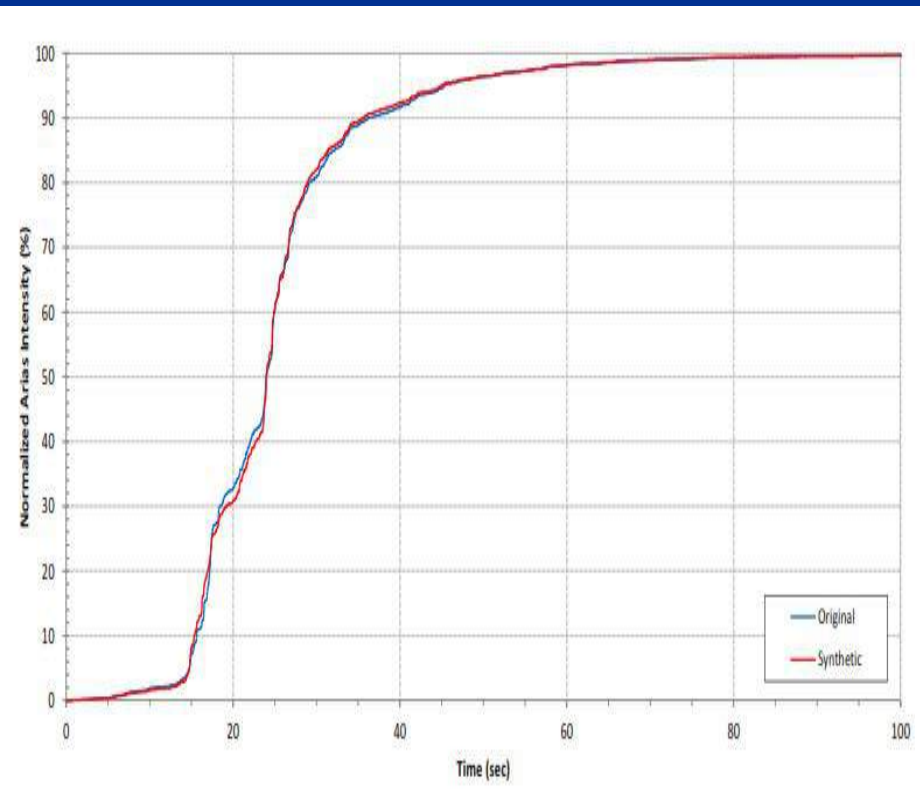
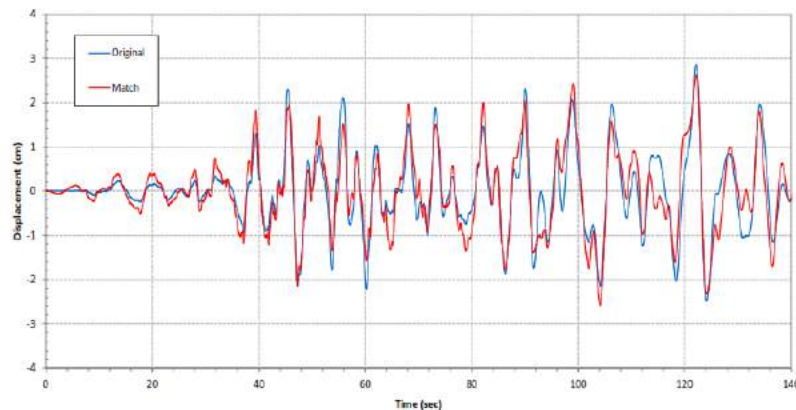
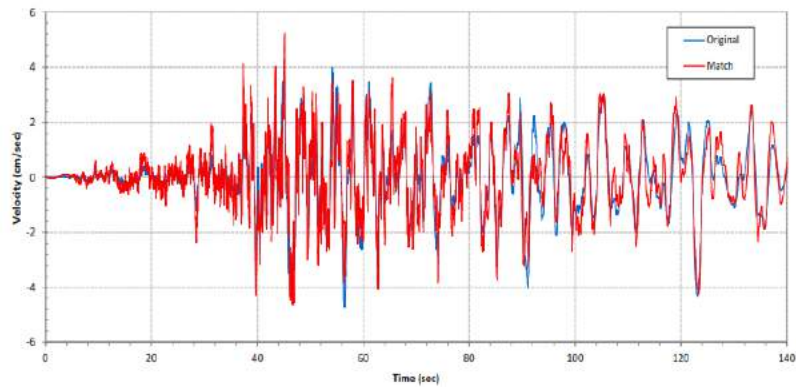
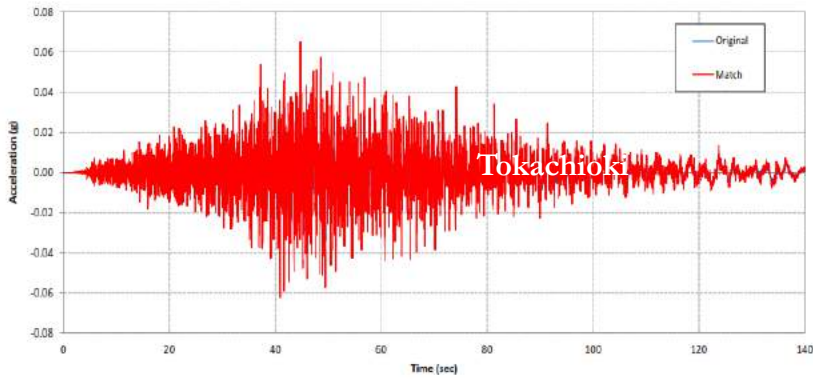
# Rock Motion (synthetic)

- Rentang semua perioda terpenuhi,
- Memilih seed motion harus sesuai deagregasi
- Harus memenuhi karakteristik spectral-matching
- Faktor  $F_a$  &  $F_n$  lebih uniform
- Surface spectrum lebih uniform
- Tida terjadi failure pada tanah karena  $S_a$  terlalu tinggi untuk short period

# Ground Motions on Rock for MCER

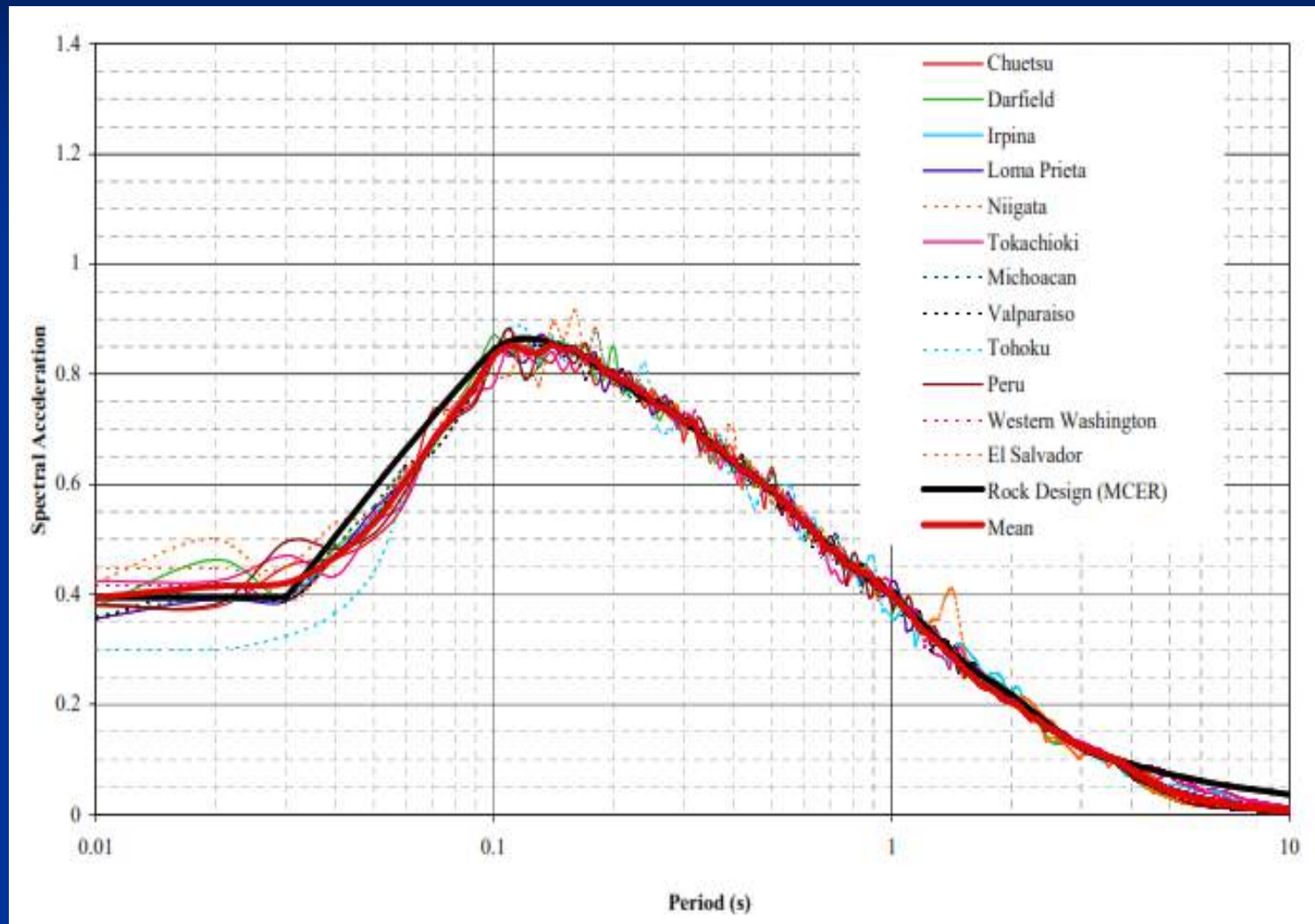
Source	Event	Mw	Depth	Distance	Vs	Legends
			(km)	(km)	(m/sec)	
Background	2007 Chuetsu-oki, Japan	6.8	10	61	606	Chuetsu
	2010 Darfield, New Zealand	7.0	10	26	650	Darfield
	1980 Irpina, Italy	6.9	16	23	561	Irpina
	1989 Loma Prieta, CA, USA	6.9	19	20	561	Loma Prieta
	2004 Niigata, Japan	6.6	13	26	655	Niigata
Interface	2003 Tokachi-oki, Japan	8.0	33	160	N/A	Tokachioki
	1985 Michoacan, Mexico	8.1	27	126	N/A	Michoacan
	1985 Valparaiso, Chile	7.8	33	225	N/A	Valparaiso
	2011 Tohoku, Japan	9.0	29	210	N/A	Tohoku
	2001 Peru	8.4	32	88	N/A	Peru
Intraslab	2001 El Salvador, El Salvador	7.6	60	115	N/A	El Salvador
	1949 Western Washington, Washington	6.9	70	75	N/A	Western Washington

# Contoh pembuatan rock spectrum synthetic dari Tokachioki EQ





# Ground Motions on Rock (synthetic)

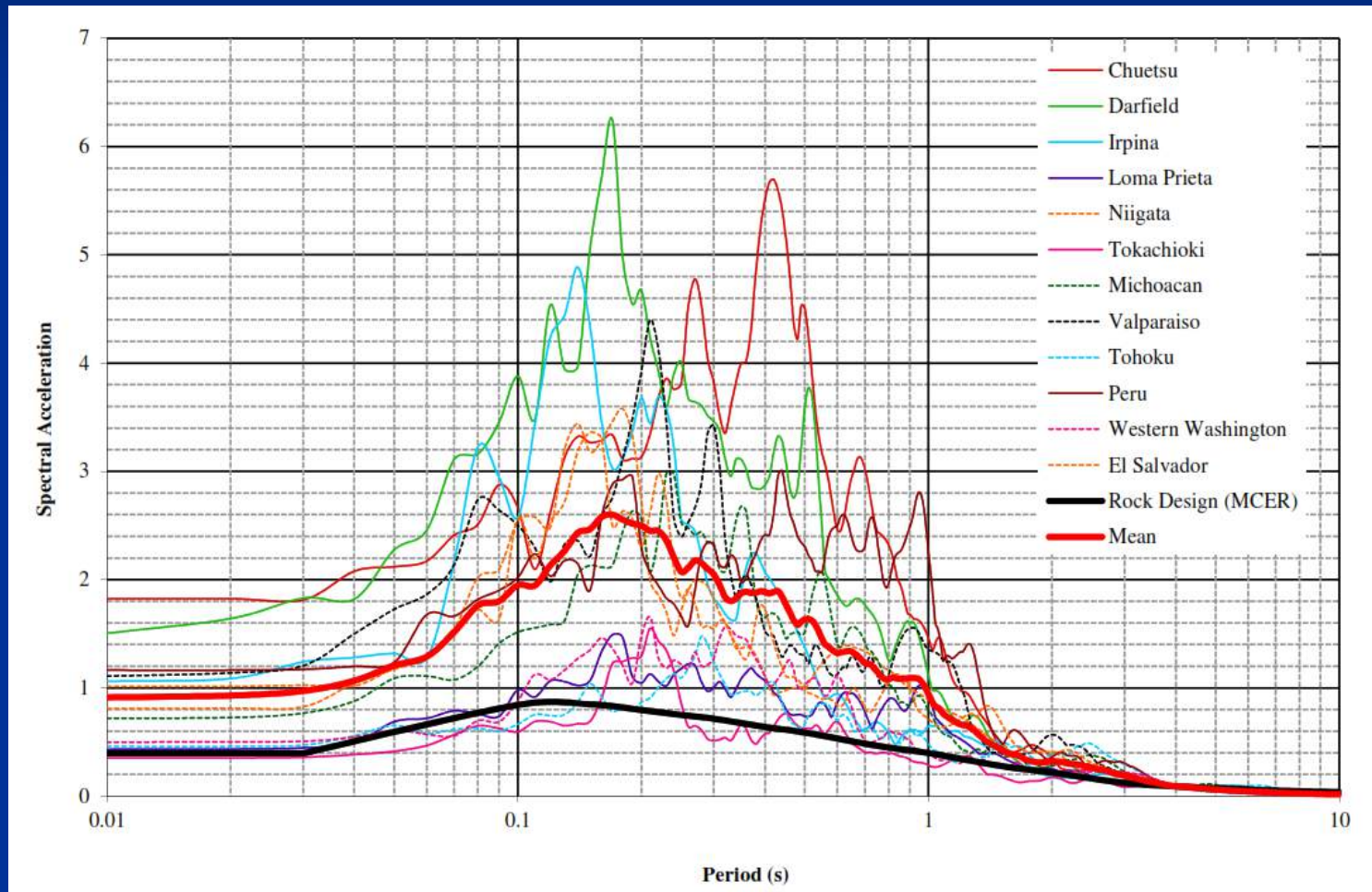


# Rock Motion (scaled)

- Scaling untuk  $t = 0.2$  s/d  $1.5 T$  (bld period)
- Sulit mencapai scaled factor  $< 5$  untuk  $T$  tinggi ( $> 4$  sec)
- Pemakaian Scaling @ 11 rock motion generate  $S_a$  sangat tinggi, sehingga melewati batas site respons.
- Keuntungan : karakteristik motion terjaga baik.

# Scaled Rock Motion ( $T = 4$ sec)

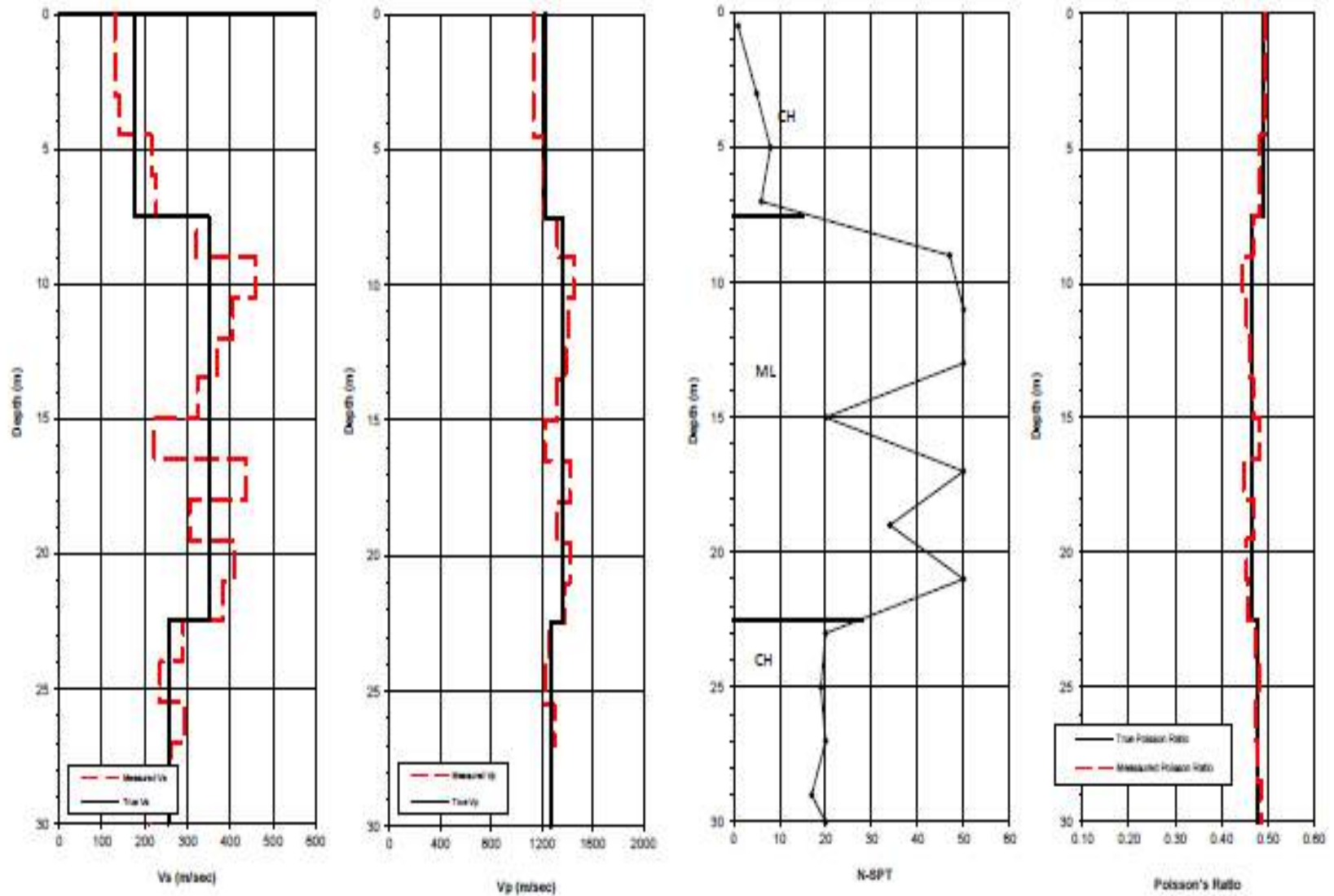
- Tidak reliable untuk  $T$  tinggi



# DYNAMIC SOIL PROPERTIES

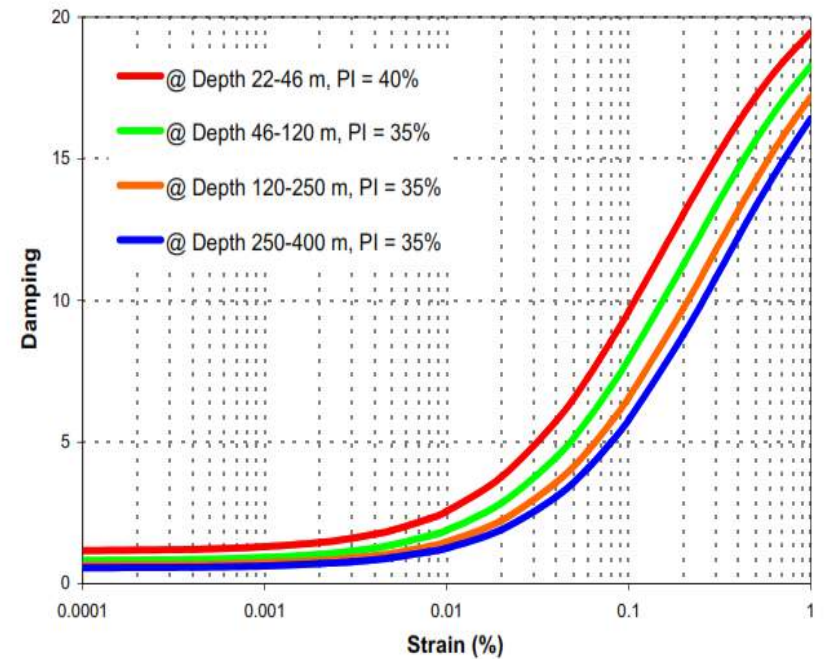
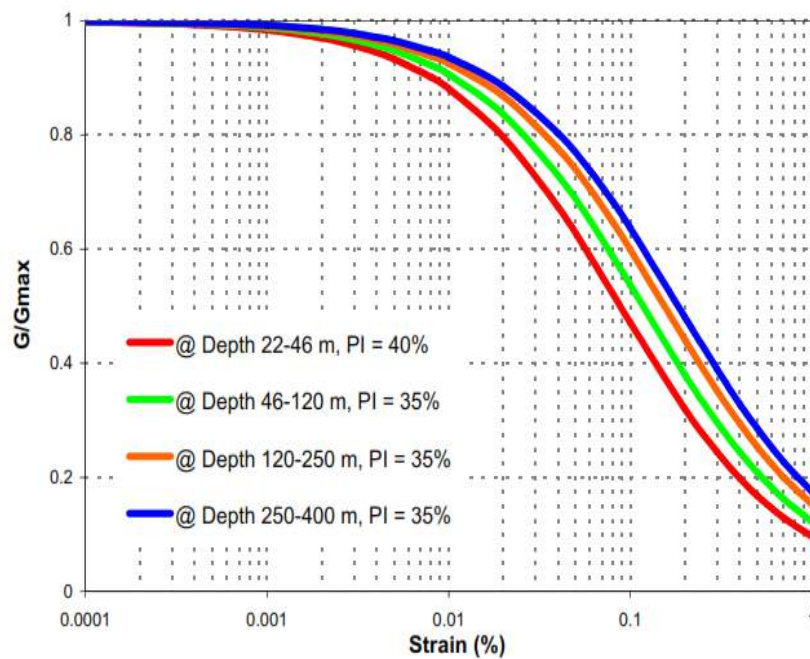
1.  $V_s$  PROFILE DOWN TO 30 M
2. SHEAR MODULUS AND DAMPING VS. STRAIN
3. DEPTH TO BEDROCK
4. ROCK MOTION PROPAGATE TO SURFACE
5. COMPUTATION USING EQUIVALENT LINIER BY PROGRAM "SHAKE"

# DS test results on BHSA



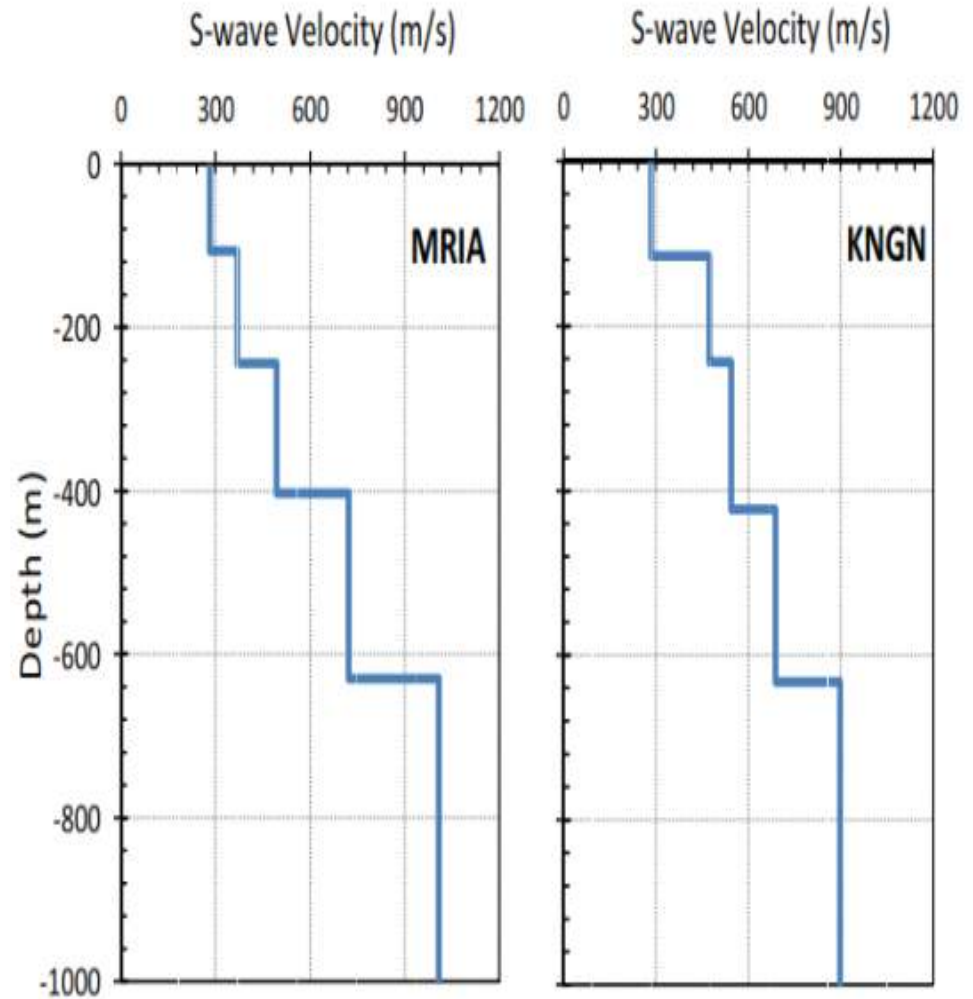
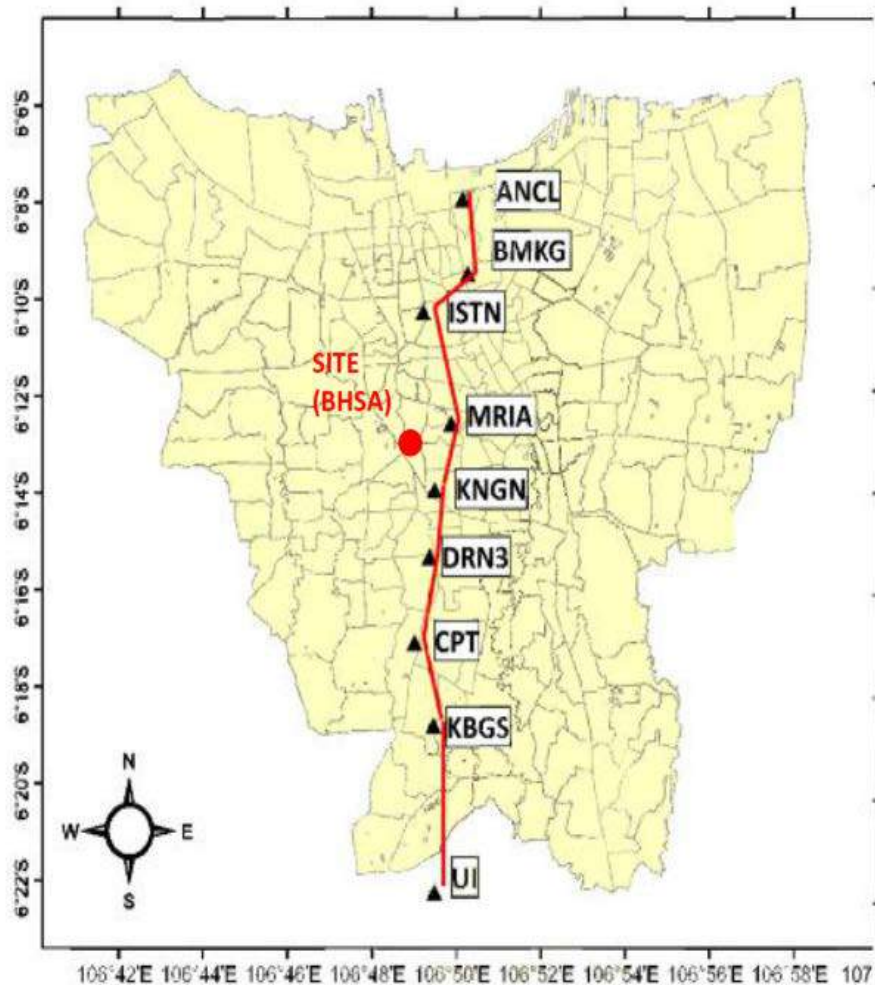


# Dynamic Soil Properties

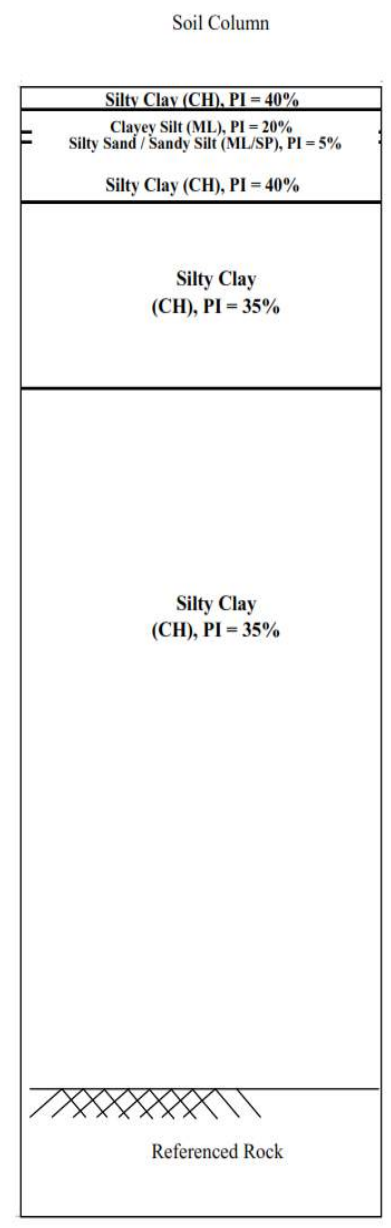
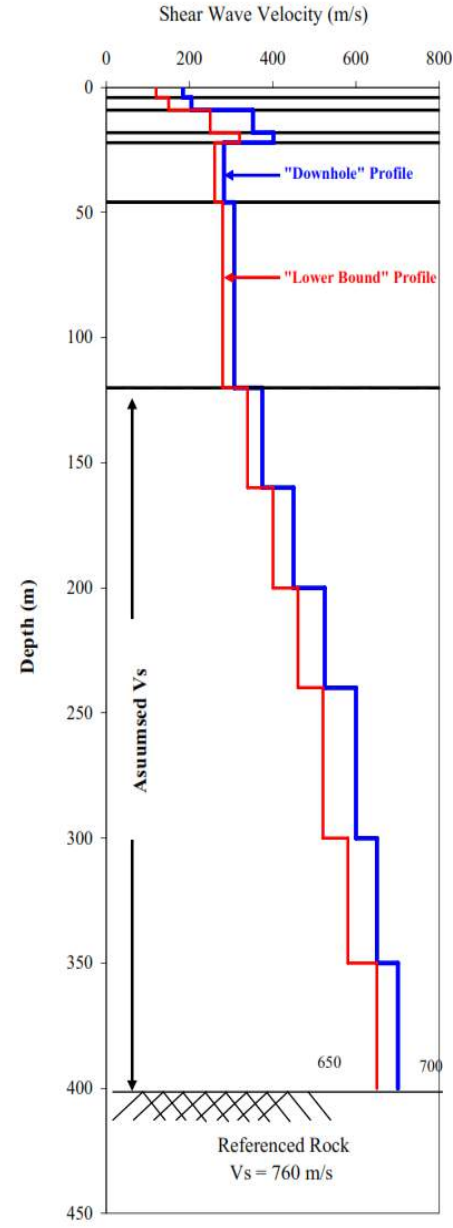
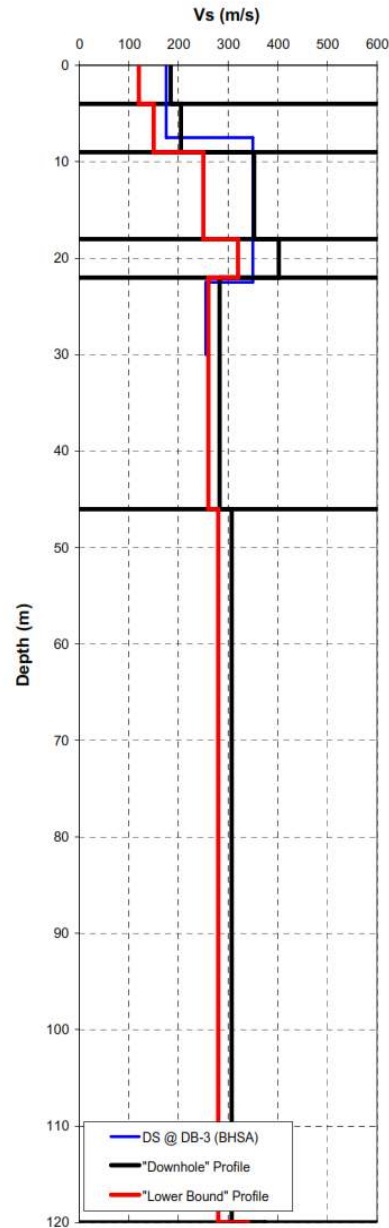
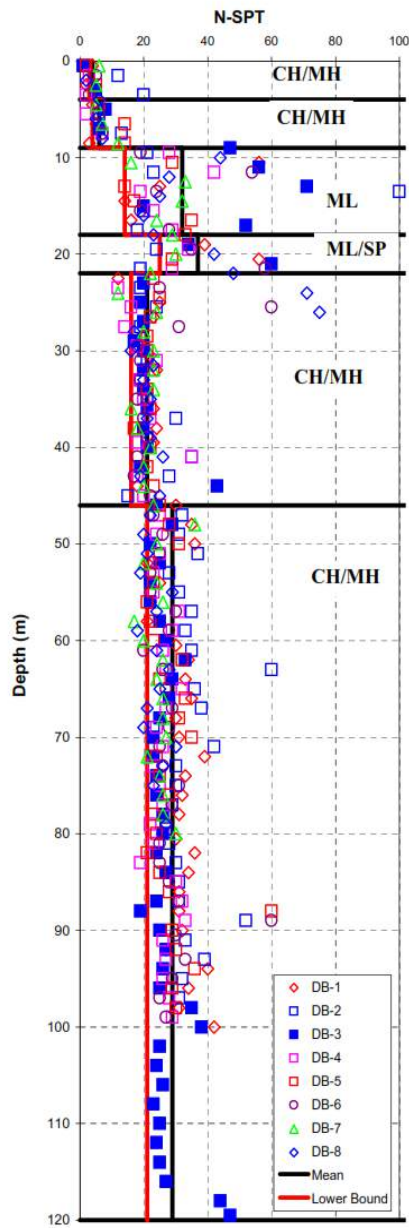


(Darendeli & Stokoe, 2001)

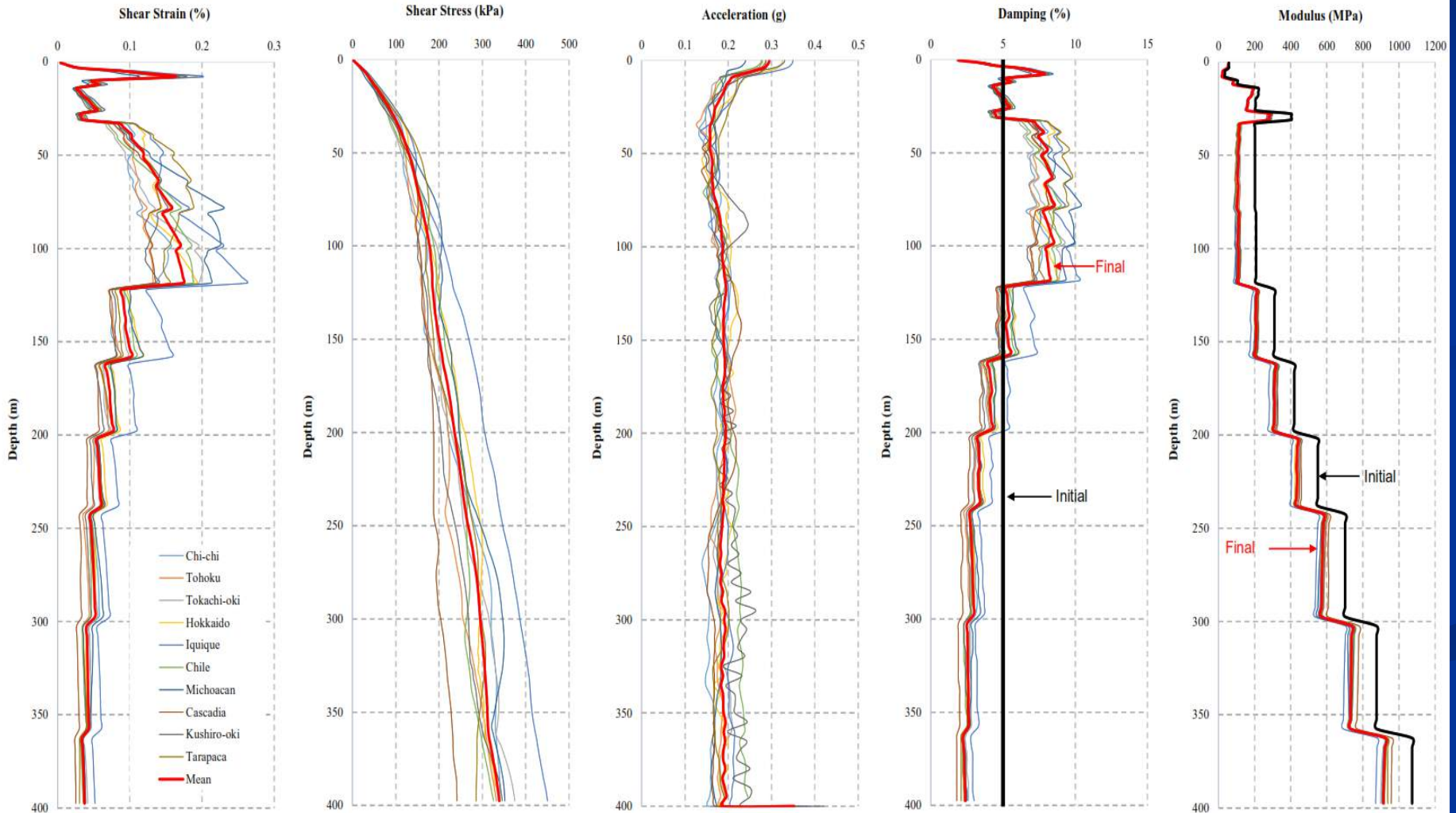
# Depth to Bedrock



# Vs Modeling

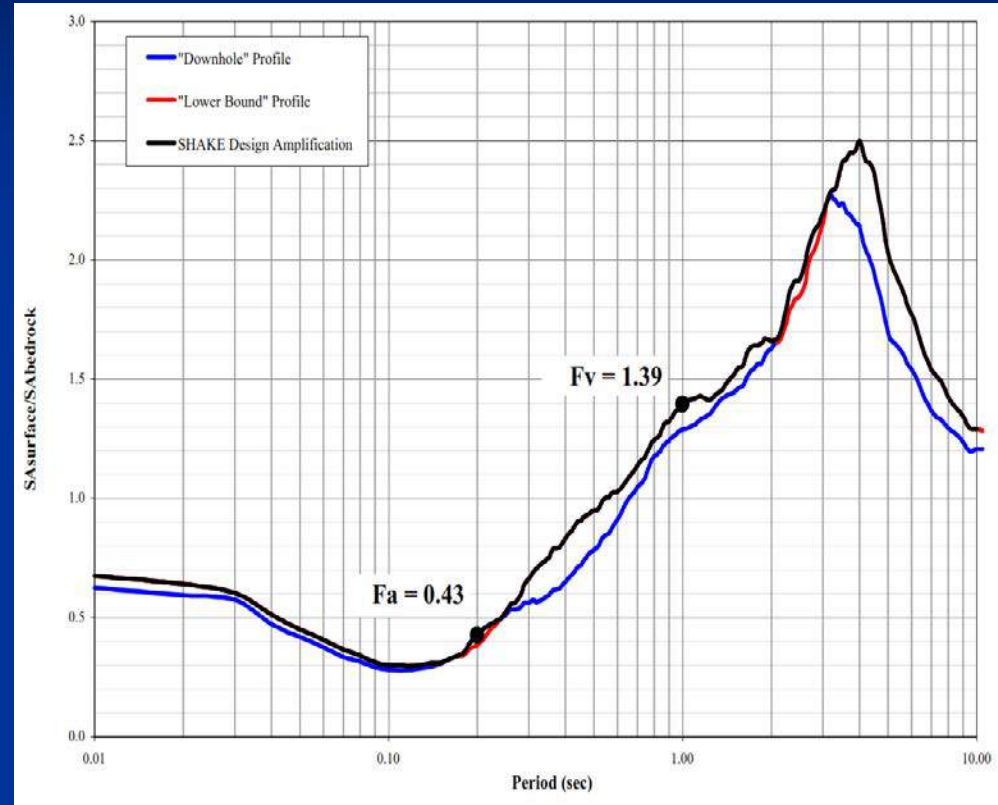
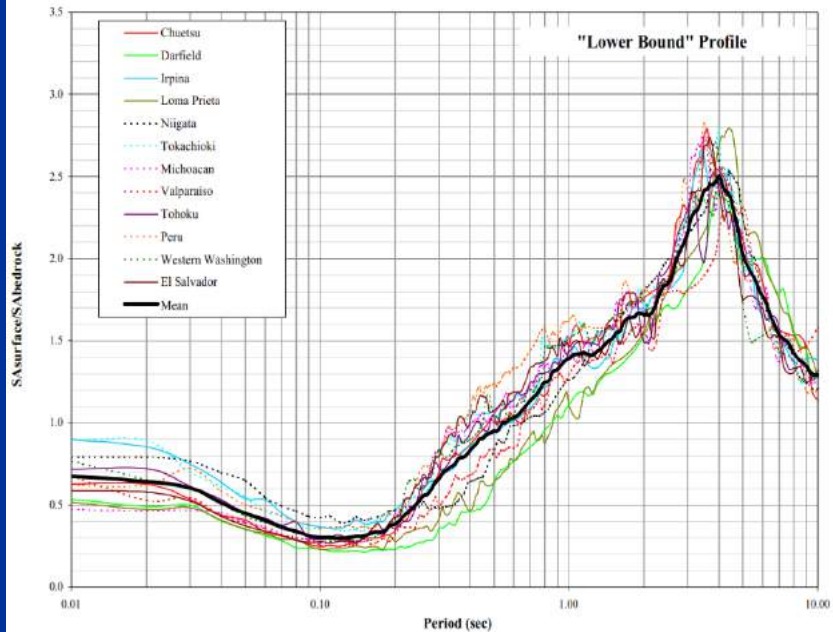
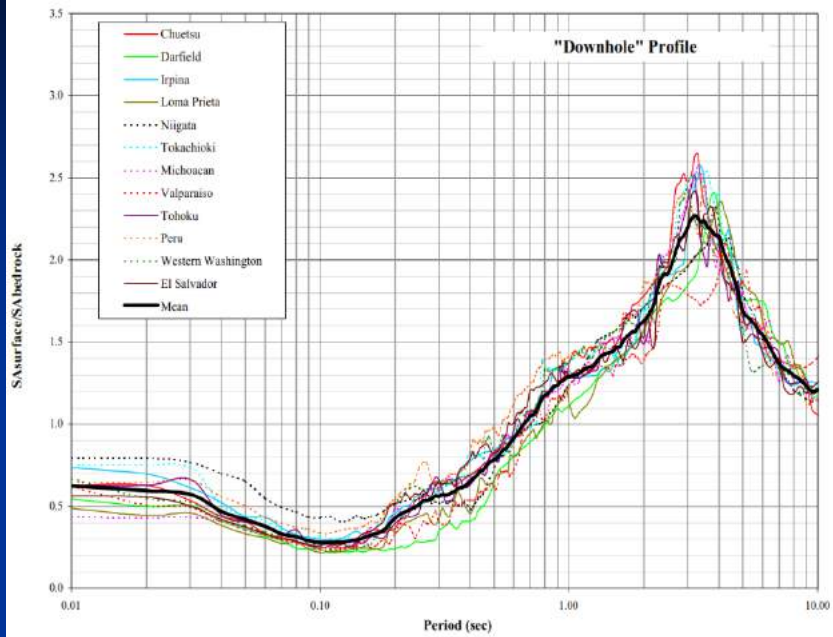


# Site respons results



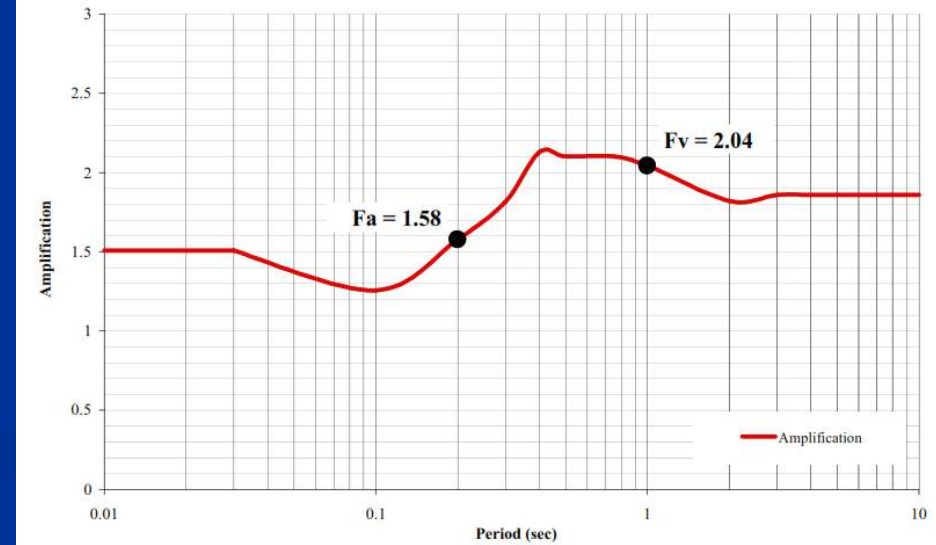
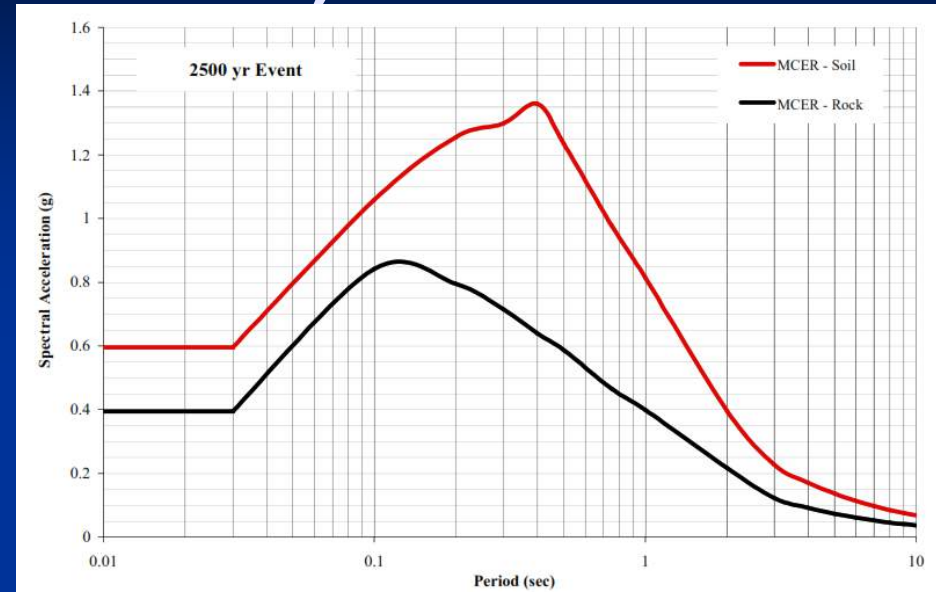
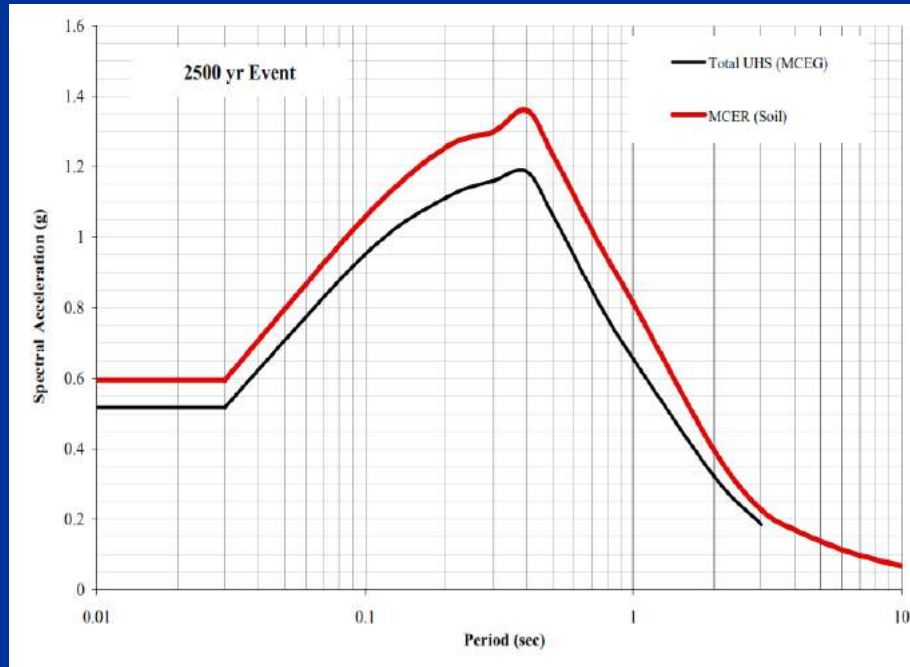


# Amplification SHAKE

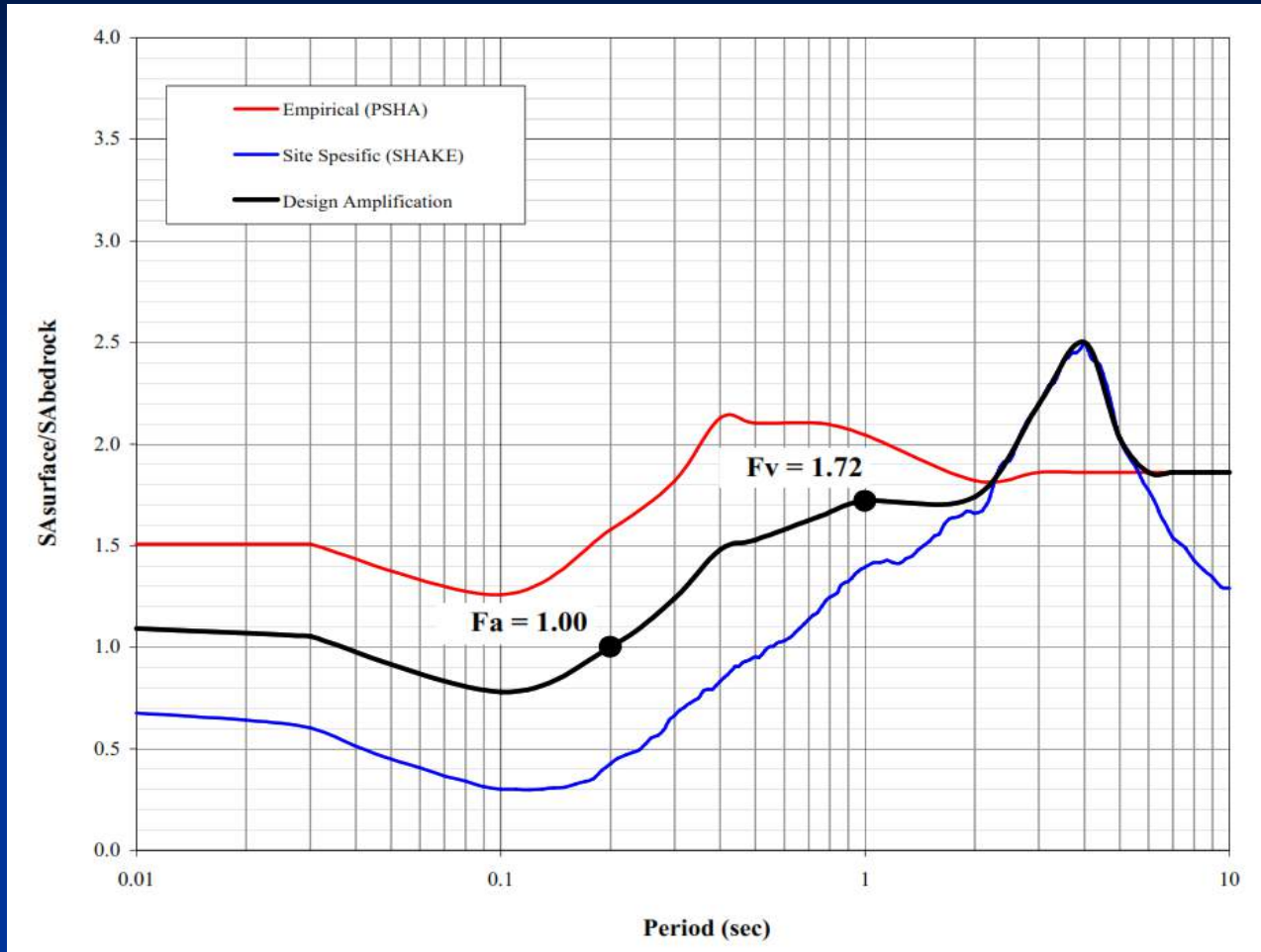




# Amplification PSHA for Soil using GMPE ( $V_s = 250$ m/sec)

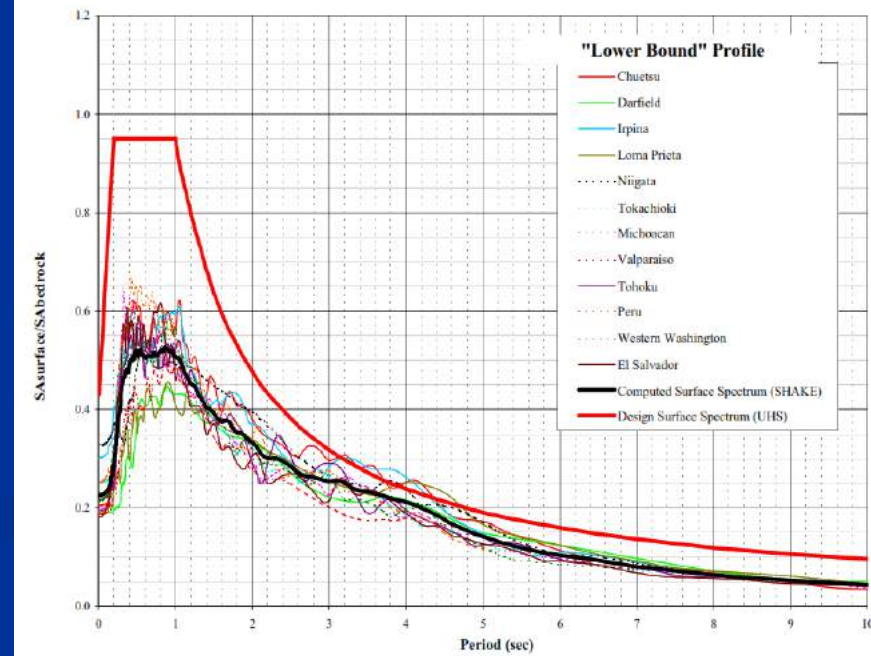
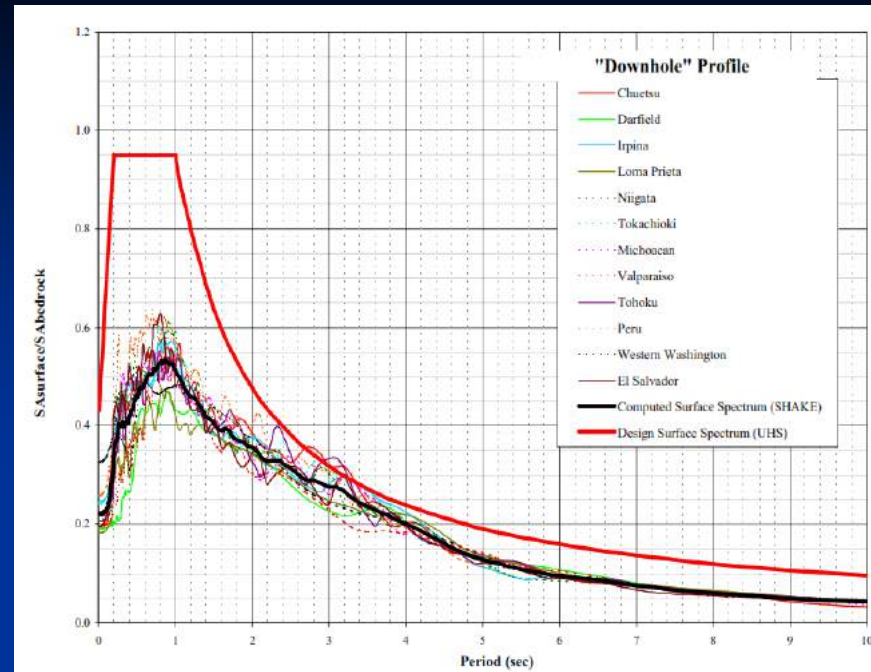
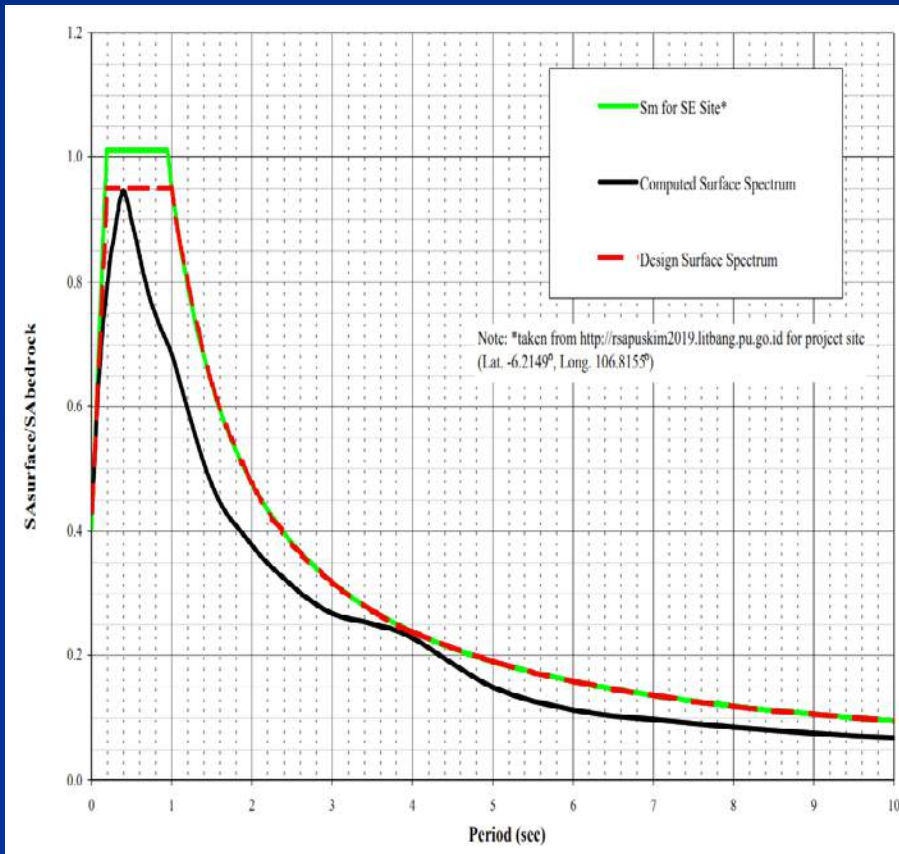


# Amplification Design



Source	Site Class	GMPE		SSRA		SNI 2012		SNI 2019	
		$F_a$	$F_v$	$F_a$	$F_v$	$F_a$	$F_v$	$F_a$	$F_v$
PSHA, Jakarta ( $S_s = 0.80$ , $S_1 = 0.40$ )	SD	1.58	2.04	0.43	1.39	1.18	1.60	1.18	1.90

# Design Surface UHS



# TERIMA KASIH

