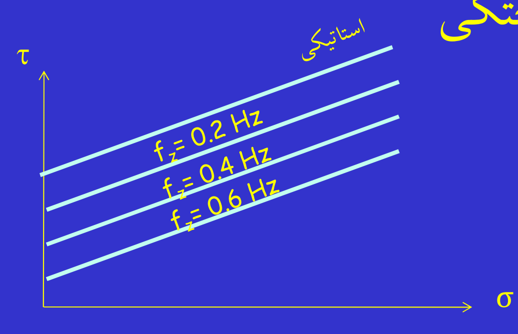
رفتار دینامیکی خاک ها

Hasan Ghasemzadeh

Soil dynamics

رفتار دینامیکی خاک ها

پوش گسیختگی



تحت بار دینامیکی

حرکت پوش به سمت پایین

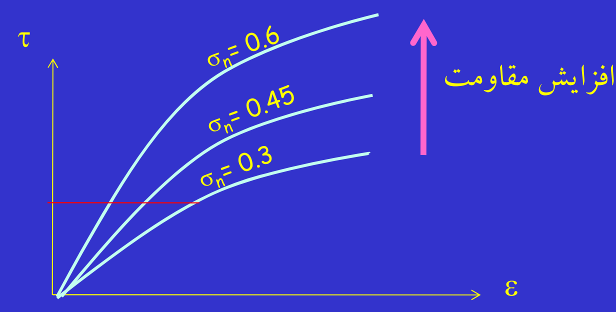
کاهش چسبندگی

زاویه اصطکاک ثابت

Dr. Hasan Ghasemzadeh 2

رفتار دینامیکی خاک ها

مقاومت برشی

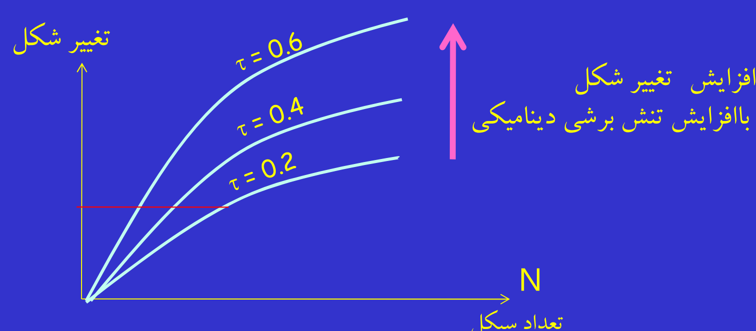


تحت بار دینامیکی با افزایش تنش قائم کرنش کاهش می یابد

Dr. Hasan Ghasemzadeh 3

رفتار دینامیکی خاک ها

تغییر شکل



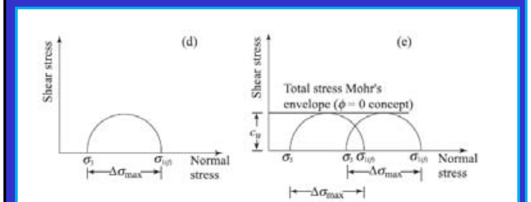
در یک تغییر شکل ثابت :کاهش تعداد سیکل های متناظر با تنش دینامیکی بیشتر

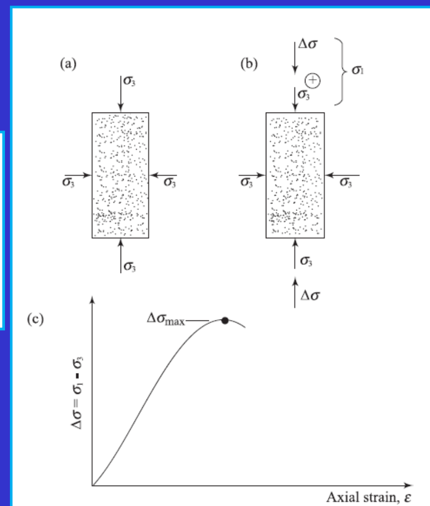
Dr. Hasan Ghasemzadeh 4

رفتار دینامیکی خاک ها

مقدار تنش برشی زهکشی نشده

$$c_u = \frac{\Delta\sigma_{max}}{2} = \frac{\sigma_{1(f)} - \sigma_3}{2}$$



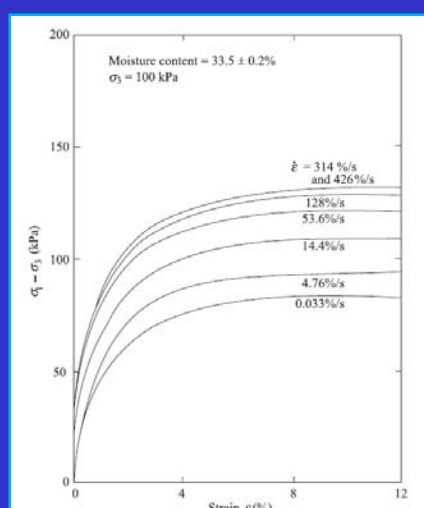


Dr. Hasan Ghasemzadeh 5

رفتار دینامیکی خاک ها

$$\frac{c_{u(\text{dynamic})}}{c_{u(\text{static})}} \approx 1.5$$

Carroll suggestion(1963)



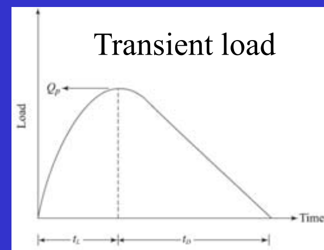
Unconsolidated-undrained triaxial test results on Buckshot clay

Dr. Hasan Ghasemzadeh 6

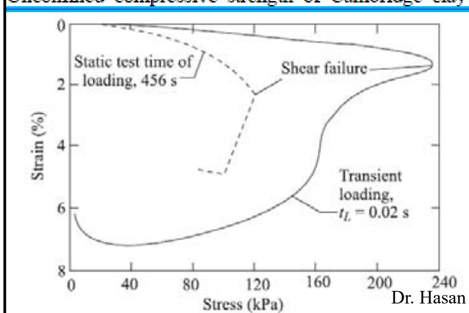
رفتار دینامیکی خاک ها

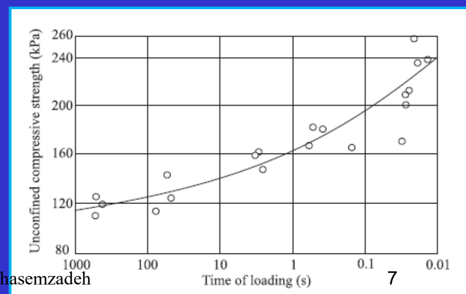
$$\frac{q_{u(\text{transient})}}{q_{u(\text{static})}} \approx 1.5 \text{ to } 2$$

Casagrande and Shannon, 1949



Unconfined compressive strength of Cambridge clay



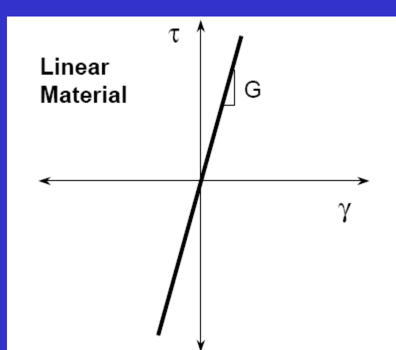


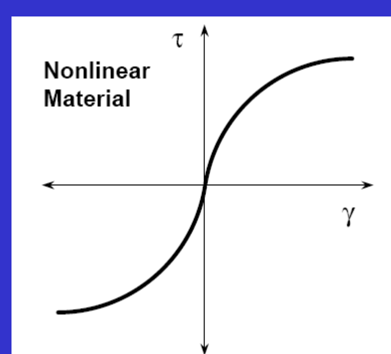
Dr. Hasan Ghasemzadeh 7

رفتار دینامیکی خاک ها

Shear Modulus **G**

Defined as ratio of shear stress to shear strain





Dr. Hasan Ghasemzadeh 8

رفتار دینامیکی خاک ها

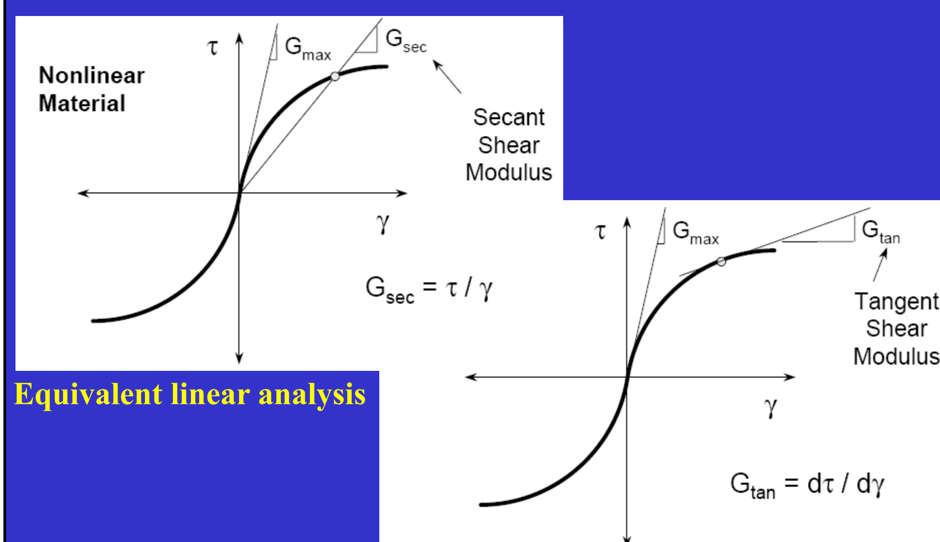
Measurement of G_{max}

Usually accomplished by measuring V_s

- Direct field measurement
  - Seismic reflection
  - Seismic refraction
  - Seismic cross-hole
  - Seismic downhole, uphole
- Indirect field measurement
  - Correlation to $(N_1)_{60}$, q_{c1}, etc.
- Laboratory measurement
  - Resonant column
  - Bender element

رفتار دینامیکی خاک ها

Shear Modulus **G**

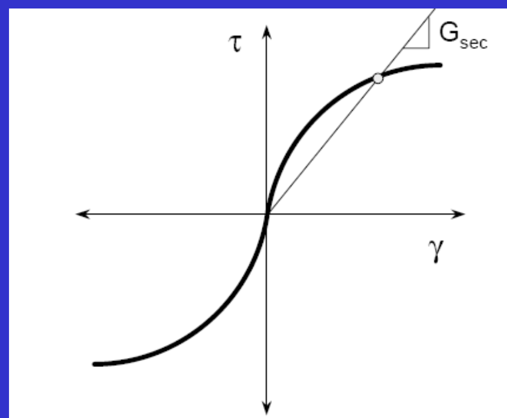


Equivalent linear analysis

Nonlinear analysis

رفتار دینامیکی خاک ها

Shear Modulus **G_{sec}**



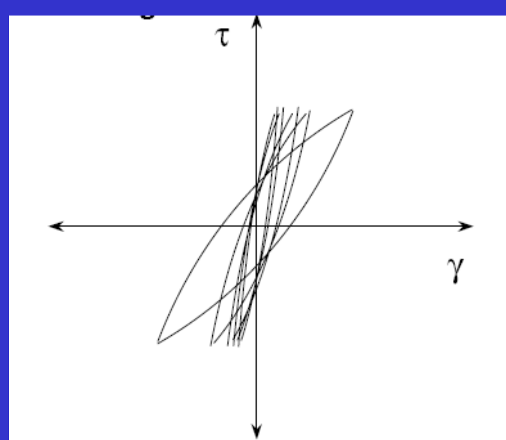
Secant shear modulus, G_{sec}, decreases as shear strain increases

Dr. Hasan Ghasemzadeh 11

رفتار دینامیکی خاک ها

Shear Modulus **G_{sec}**

Cyclic loading

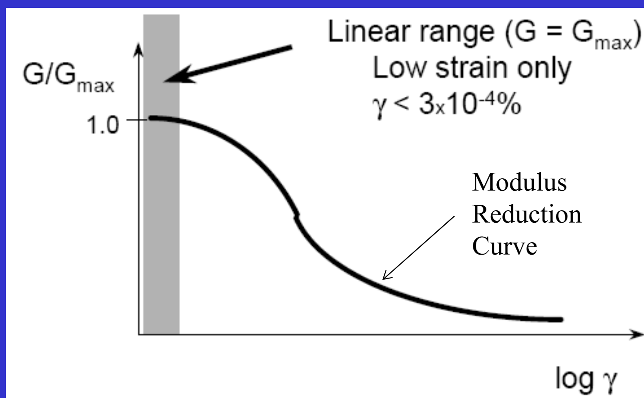


Secant shear modulus, G_{sec}, decreases as number of cycles increases

Dr. Hasan Ghasemzadeh 12

رفتار دینامیکی خاک ها

Equivalent linear approach

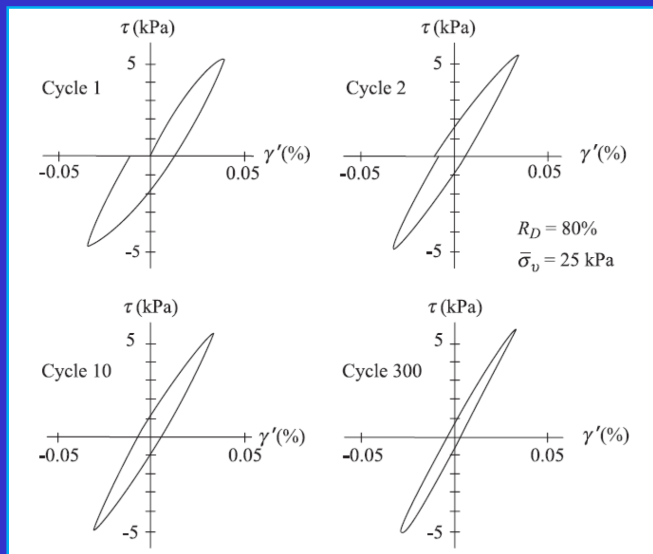


رفتار دینامیکی خاک ها

Shear Modulus **G_{max} Behavior**

Increasing factor	**G_{max}**
Effective stress	Increases
Void ratio	Decreases
Geologic age	Increases
Cementation	Increases
Overconsolidation	Increases
Plasticity index	Negligible to small increase
Number of loading Cycles	Decreases for clay Increases for sand
Angle of friction	
Grain size characteristics	
Degree of saturation	
Level of strain	

رفتار دینامیکی خاک ها

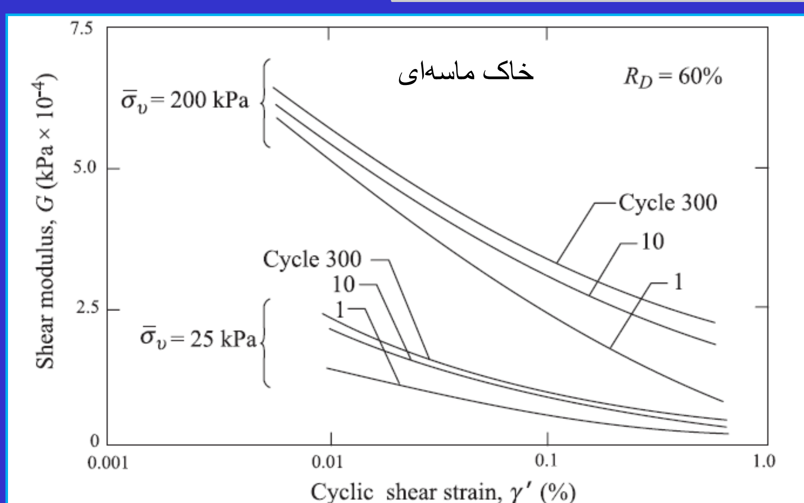


منحنی تنش – کرنش ماسه متراکم

Dr. Hasan Ghasemzadeh 15

رفتار دینامیکی خاک ها

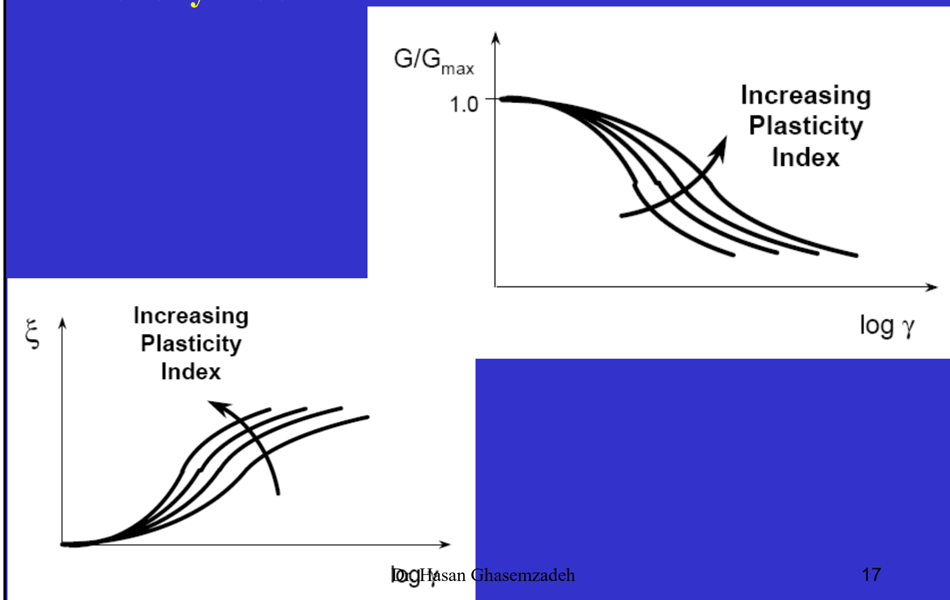
تاثیر حلقه های بار گذاری بر مدول برشی



Dr. Hasan Ghasemzadeh 16

رفتار دینامیکی خاک ها

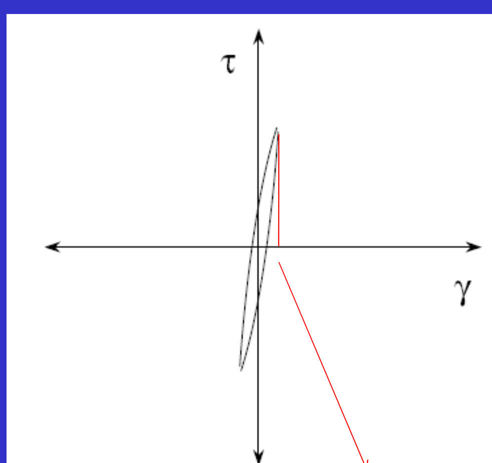
Plasticity Index



Dr. Hasan Ghasemzadeh 17

رفتار دینامیکی خاک ها

Damping Behavior



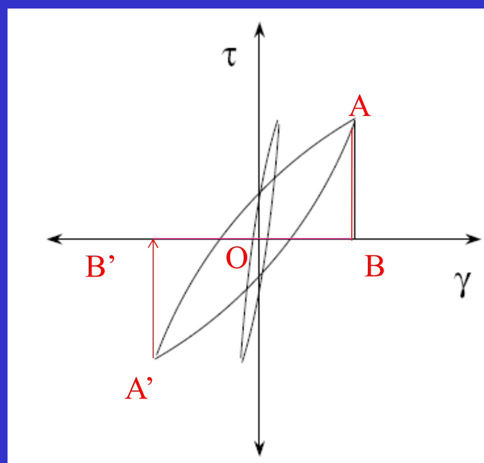
Measure of hysteretic energy dissipated by soil during cyclic loading proportional to area of hysteresis loop.

Low strain amplitude ➡ Low damping ratio

Dr. Hasan Ghasemzadeh 18

رفتار دینامیکی خاک ها

Damping Behavior



$$\zeta = \frac{1}{2\pi}\frac{\Delta W}{W}$$

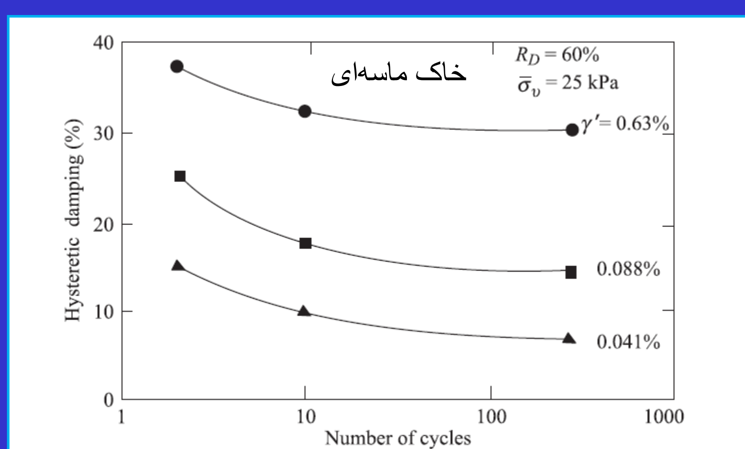
$$\zeta = \frac{\text{مساحت حلقه (لوپ)}}{2\pi(S_{OAB}+S_{OA'B'})}$$

High strain amplitude ➡ High damping ratio

Dr. Hasan Ghasemzadeh 19

رفتار دینامیکی خاک ها

تاثیر حلقه های بارگذاری بر میرایی



Dr. Hasan Ghasemzadeh 20

رفتار دینامیکی خاک ها

Experimental values of G_0

برای ماسه بازسازی در آزمایشگاه

Iwasaki & Tatsuoka

$$G_0 = AB\frac{(2.17-e)^2}{1+e}(\sigma_0')^m$$

$14300 < A < 16000$ برای ماسه تمیز

$$G_{max} = 6908\frac{(2.17-e)^2}{1+e}\sqrt{\bar{\sigma}_0}$$ دانه های گرد گوشه

$$G_{max} = 3230\frac{(2.97-e)^2}{1+e}\sqrt{\bar{\sigma}_0}$$ دانه های گوشه تیز

$$\bar{\sigma}_0 = \frac{\bar{\sigma}_v}{3}(3-2\sin\phi)$$

$\bar{\sigma}_v$ تنش قائم موثر

Dr. Hasan Ghasemzadeh 21

رفتار دینامیکی خاک ها

Experimental values of G_0

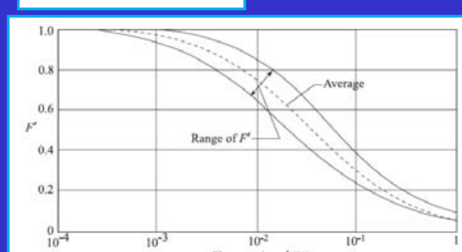
$$G = 218.82K_2\sqrt{\bar{\sigma}_0}$$

$(\gamma' \le 10^{-4}\%)$ برای دامنه های کرنش های کوچک

$$G_{max} = 218.82K_{2(max)}\sqrt{\bar{\sigma}_0}$$

$$\frac{G}{G_{max}} = \frac{K_2}{K_{2(max)}}F'$$

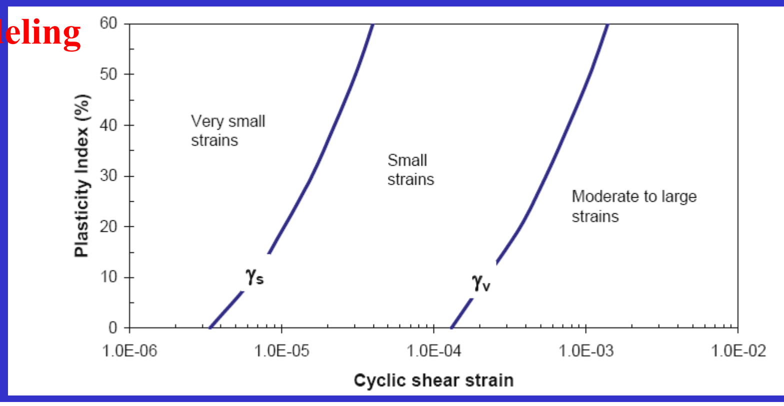
Relative density, R_D (%)	$K_{2(max)}$
30	34
40	40
45	43
60	52
75	61
90	70



Dr. Hasan Ghasemzadeh 22

رفتار دینامیکی خاک ها

Modeling



CYCLIC SHEAR STRAIN AMPLITUDE γ		BEHAVIOUR	ELASTICITY and PLASTICIY	CYCLIC DEGRADATION in STAURATED SOILS	MODELLING
Very small	$0 \le \gamma \le \gamma_s$	Practically linear	Practically elastic	Non degradable	Linear
Small	$\gamma_s \le \gamma \le \gamma_v$	Non-linear	Moderately elasto-plastic	Practically non-degradable	Equivalent linear
Moderate to large	$\gamma_v \le \gamma$	Non-linear	Elasto-plastic	Degradable	Non-linear

رفتار دینامیکی خاک ها

Modeling

linear $\gamma < 10^{-6} - 10^{-4}$

$$G = \rho V_S^2$$

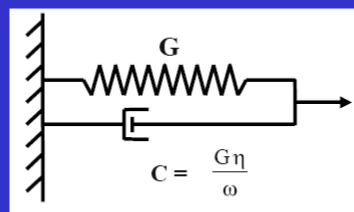
bulk modulus $B = \rho\left(V_P^2 - \frac{4}{3}V_S^2\right)$

رفتار دینامیکی خاک ها

Modeling

$$\gamma_s < \gamma < \gamma_v$$

Viscoelastic model



the viscoelastic model lends itself to an energy dissipation mechanism that is frequency dependent, in contradiction with experimental observation

$$\tau = G\gamma + C\dot{\gamma}$$

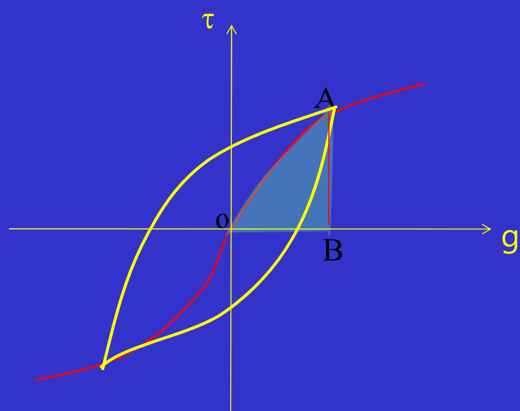
The normalizing quantity is the elastic energy *W stored during one* cycle

$$W = \frac{1}{2} G\gamma_m^2$$

Dr. Hasan Ghasemzadeh 25

رفتار دینامیکی خاک ها

Equivalent linear $< 10^{-2}$



$$\zeta = \frac{1}{2\pi}\frac{\Delta W}{W}$$

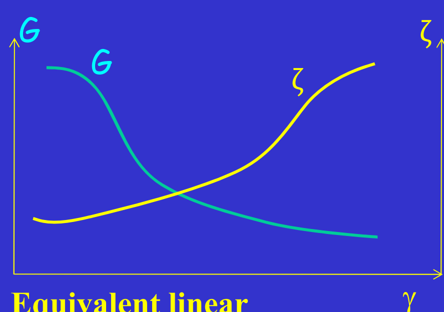
$$\zeta = \frac{\text{مساحت حلقه (لوپ)}}{4\pi(S_{OAB})}$$

Dr. Hasan Ghasemzadeh 26

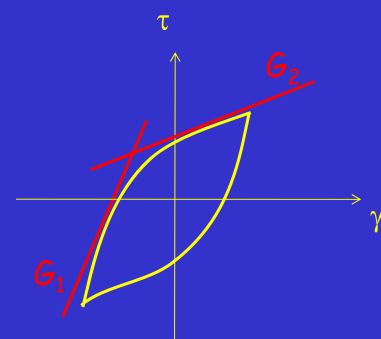
رفتار دینامیکی خاک ها

Equivalent linear $\gamma_s < \gamma < \gamma_v$

$\gamma < 10^{-2}$



Equivalent linear



Bilinear

Dr. Hasan Ghasemzadeh 27

با افزایش تکرار کاهش می یابند G_1, G_2

رفتار دینامیکی خاک ها

Equivalent linear viscoelastic models

$$\tau_m = G^* \gamma_m$$

	COMPLEX MODULUS $G^* = \tau/\gamma$	DISSIPATED ENERGY IN ONE CYCLE ΔW	MODULUS $\lvert G^* \rvert$
MATERIAL		$\pi G \eta \gamma_m^2$	G
MODEL 1	$G = [1 + i\eta]$	$\pi G \eta \gamma_m^2$	$G\sqrt{1+\eta^2}$
MODEL 2	$G e^{i\theta}$ $\eta = 2\sin(\theta/2)$	$\pi\ G\ \eta\ \gamma_m^2 \sqrt{1 - \frac{\eta^2}{4}}$	G
MODEL 3	$G\left[\sqrt{1-\eta^2} + i\eta\right]$	$\pi G \eta \gamma_m^2$	G

Dr. Hasan Ghasemzadeh 28

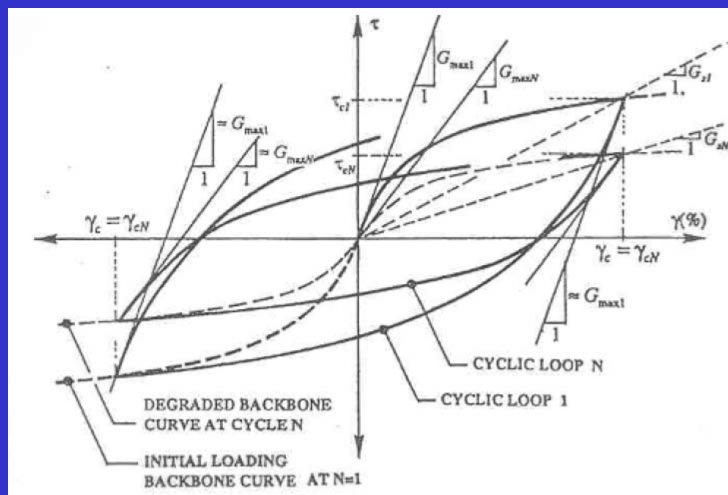
رفتار دینامیکی خاک ها

Modeling

Nonlinear

$\gamma_v \leq \gamma$

$\gamma > 10^{-2}$



Stiffness degradation with the number of cycles