

دیوار مایل
Retaining Walls

Hasan Ghasemzadeh

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 1

چند نمونه خرابی

پارک ارم 1385



15/2/1390

چند نمونه خرابی



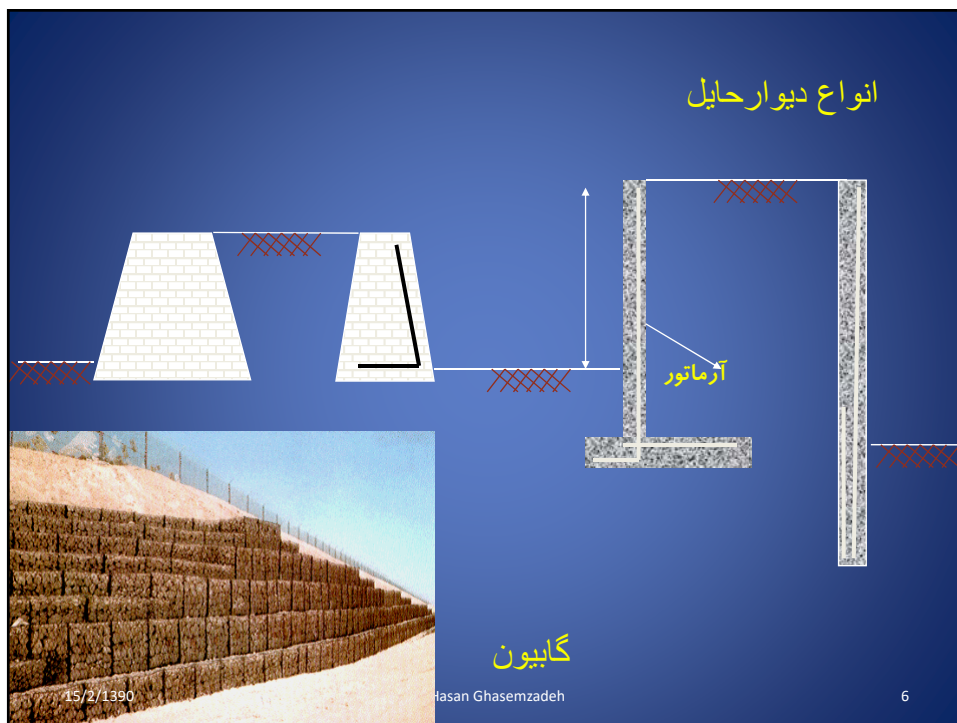
منطقه 22 تهران 1385

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 3



شهرک غرب 1386

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 4





انواع شکست در دیوار حایل
Failure of Retaining Walls

- Collapse of side walls - گسیختگی خود دیوار
- Foundation failure - گسیختگی پی دیوار (لغزش - دوران)
- Heave due to water pressures - گسیختگی بر اثر فشار آب
- Settlement due to groundwater lowering - نشست بر اثر پایین آوردن آب
- Seepage carrying fines into base of excavation - جابجایی دانه های ریز بر اثر نشت آب

تعیین فشارهای استاتیکی و دینامیکی →

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 8

روشهای مختلف محاسبه فشارهای دیوارهای حایل

۱- کولمب ۱۷۷۳

۲- رانکین ۱۸۵۷

۳- ترزاقی ۱۹۴۱

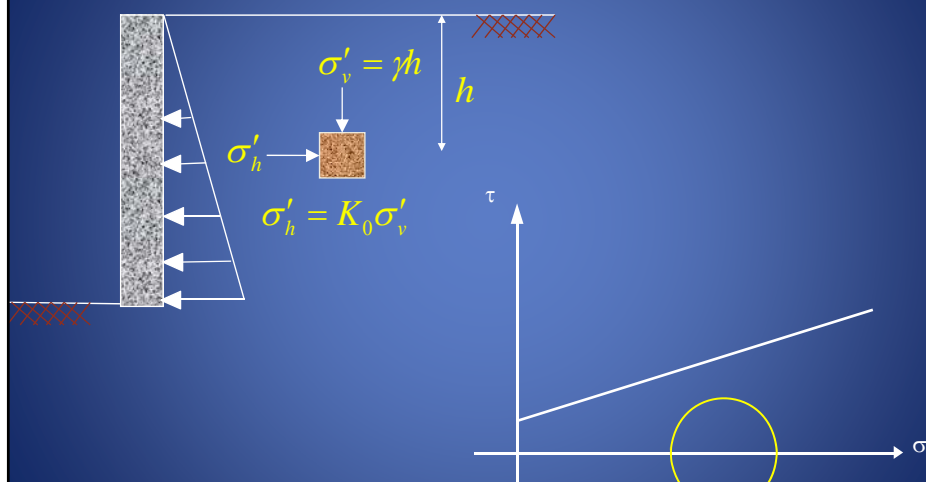
15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

9

دیوار حایل در حالت سکون

دیوار حایل در حالت سکون



15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

10

ضریب فشار جانبی خاک در حالت سکون

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu}$$

$$K_0 = 1 - \sin(\phi)$$

↙

$$K_0 = K_0 + 5.5(\gamma_d / \gamma_{d(\min)} - 1)$$

↙

$$K_0 = 0.95 - \sin(\phi)$$

↙

$$K_0 = K_0 \sqrt{R_{oc}}$$

15/2/1390

خاک الاستیک

Jaky 1948 خاک دانه ای غیرمتراکم

De wet خاک دانه ای متراکم

seidek

Brooker & Ireland 1965 یافته تحکیم یافتنه

رس اضافه تحکیم یافتنه

Dr. Hasan Ghasemzadeh
Wroth&Houlsby 1985

11

Cantilever Walls دیوار حایل طره ای

مثال : ماسه متراکم در حالت سکون

3 m

$\phi = 40^\circ$

$\gamma_d = 17.3 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{d(\min)} = 15.5 \text{ kN/m}^3$

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 12

دیوار حایل در حالت سکون

مثال : ماسه متراکم در حالت سکون

$\phi = 40^\circ$
 $\gamma_d = 17.3 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{d(\min)} = 15.5 \text{ kN/m}^3$

$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$

$K_0 = (1 - \sin(\phi)) + 5.5(\gamma_d / \gamma_{d(\min)} - 1) = 0.991$

$h = 0 \Rightarrow \sigma'_v = 0 * 17.3 = 0 \Rightarrow \sigma'_h = k_0 \sigma'_v = 0$

$h = 3 \Rightarrow \sigma'_v = 3 * 17.3 = 51.9 \Rightarrow \sigma'_h = k_0 \sigma'_v = .991 * 51.9 = 51.43$

$P_0 = (1/2)(51.43)(3) = 77.15 \text{ kN/m}$

خاک دانه ای متراکم
 نیروی واحد طول دیوار

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh

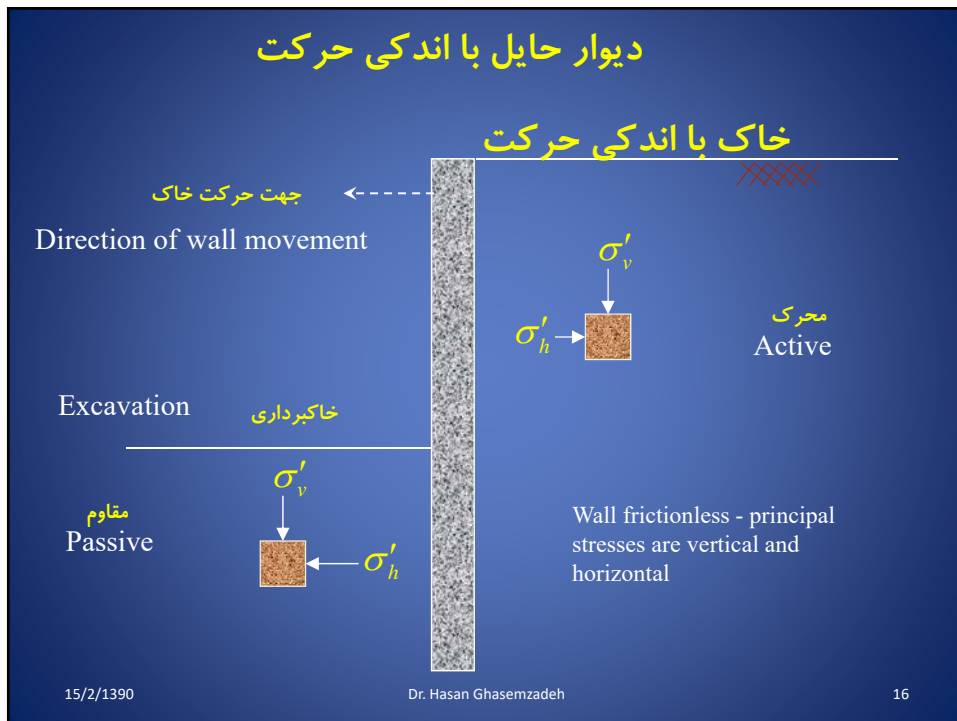
دیوار حایل با اندکی حرکت

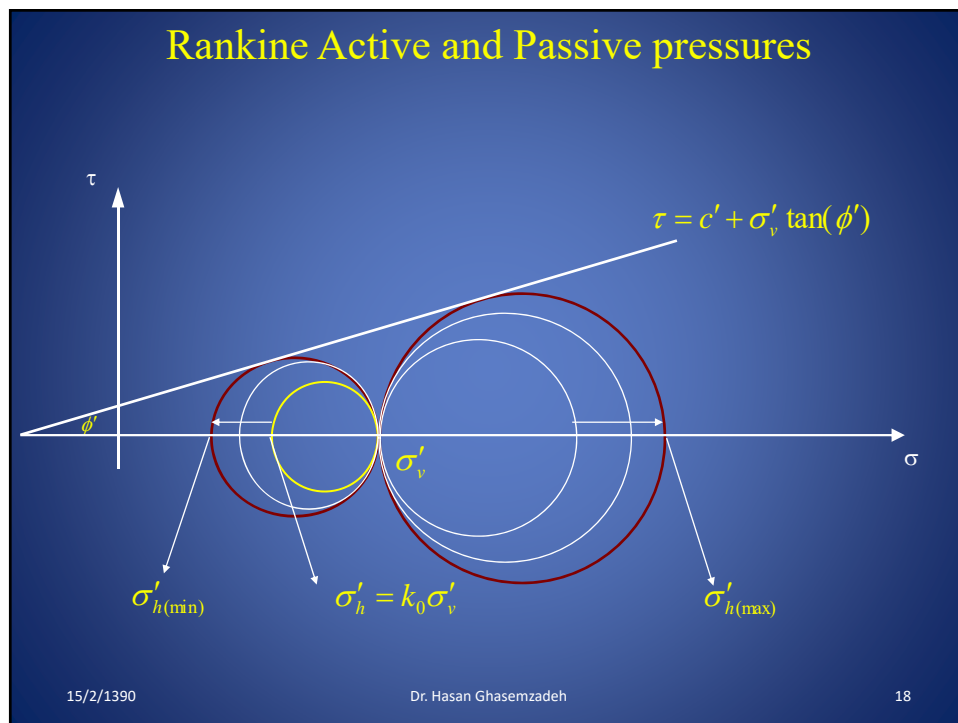
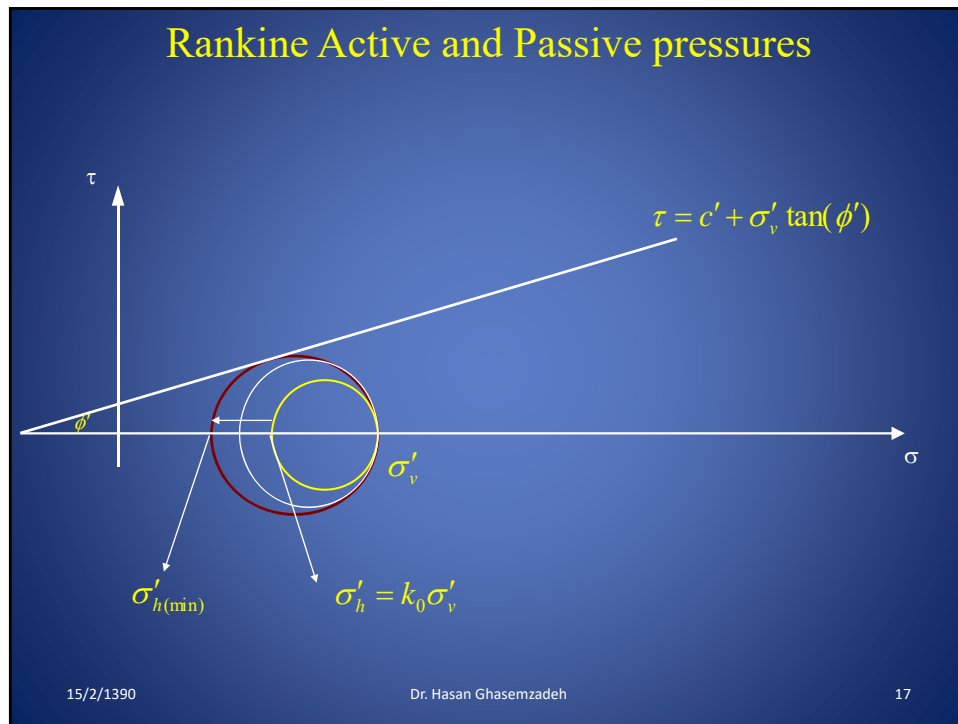
خاک با اندکی حرکت

جهت حرکت خاک
 Direction of wall movement

خاکبرداری
 Excavation

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 14





تغییر مکان لازم جهت تهییج نیروهای محرک و مقاوم

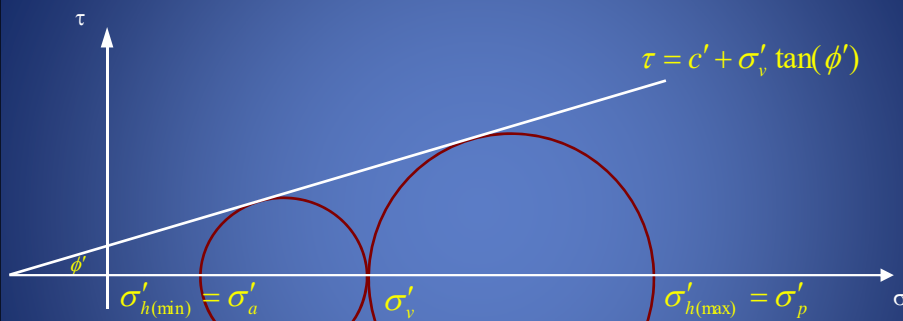
Soil type	Active	passive
Sand (dense)	0.001H-0.002H	0.05H- 0.1H
Sand (loose)	0.002H-0.004H	Large
Clay (over consolidated)	0.01H-0.02H	Large
Clay (normally consolidated)	0.02H-0.05H	Large

15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

19

Rankine Active and Passive pressures



15/2/1390
Macquorn Rankine

$$\sigma'_a = k_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{k_a} \quad k_a = \tan^2(45 - \phi' / 2)$$

$$\sigma'_p = k_p \sigma'_v + 2c' \sqrt{k_p} \quad k_p = \tan^2(45 + \phi' / 2)$$

Dr. Hasan Ghasemzadeh

20

Rankine Active and Passive pressures

For most walls the long term, fully drained, condition governs the stability.

Use effective stress strength criterion with

$$c' = 0, \phi'$$

15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

21

Rankine Active and Passive pressures

For most walls the long term, fully drained, condition governs the stability.

Use effective stress strength criterion with

The effective lateral stresses on the wall are then

$$c' = 0, \phi'$$

برای مقاصد طراحی :

ACTIVE

$$\sigma'_a = k_a \sigma'_v = \tan^2(45 - \phi' / 2) \sigma'_v$$

PASSIVE

$$\sigma'_p = k_p \sigma'_v = \tan^2(45 + \phi' / 2) \sigma'_v$$

15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

22

Rankine Active and Passive pressures

Rankine failure zones

$c' = 0, \phi'$

$\sigma'_a = k_a \sigma'_v = \tan^2(45 - \phi'/2) \sigma'_v$

$\sigma'_p = k_p \sigma'_v = \tan^2(45 + \phi'/2) \sigma'_v$

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 23

فشار جانبی ناشی از سر بار

بار خطی بر واحد طول q

σ

الاستیسیته

$$\sigma = \frac{2q}{\pi H} \frac{a^2 b}{(a^2 + b^2)^2}$$

در خاک

$$a > 0.4 \Rightarrow \sigma = \frac{4q}{\pi H} \frac{a^2 b}{(a^2 + b^2)^2}$$

$$a \leq 0.4 \rightarrow (a = 0.4) \Rightarrow \sigma = \frac{q}{H} \frac{0.205b}{(0.16 + b^2)^2}$$

Boussinesq equation modified by experiment

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 24

فشار جانبی ناشی از سر بار

بار نواری بر واحد سطح

الاستیسیته

$$\sigma = \frac{q}{H} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

در خاک

$$\sigma = \frac{2q}{H} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 25

فشار جانبی ناشی از سر بار

بار نواری بر واحد سطح

الاستیسیته

$$\sigma = \frac{q}{H} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

در خاک

$$\sigma = \frac{2q}{H} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

$$P = \frac{q}{90} (H(\theta_2 - \theta_1))$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}(b/H) \quad \theta_2 = \tan^{-1}((a+b)/H)$$

$$\bar{z} = \frac{H^2(\theta_2 - \theta_1) - (a+b)^2(90 - \theta_2) + b^2(90 - \theta_1) + 57.3aH}{2H(\theta_2 - \theta_1)}$$

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 26

فشار محرک رانکین در سطح شیب دار

اصطکاک با دیوار وجود ندارد

$$p_a = 1/2 K_a \gamma H^2$$

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}$$

15/2/1390
Dr. Hasan Ghasemzadeh
27

فشار مقاوم رانکین در سطح شیب دار

اصطکاک با دیوار وجود ندارد

$$p_p = 1/2 K_p \gamma H^2$$

$$K_p = \cos \alpha \frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}$$

15/2/1390
Dr. Hasan Ghasemzadeh
28

فشار محرک کولمب

اصطکاک با دیوار وجود دارد

جهت حرکت دیوار

H

$H/3$

W

S

N

R

θ_1

γ

ϕ

$c=0$

$\delta=\phi/2 \text{ to } 2/3\phi$

P_a

$\beta-\delta$

W

R


$\theta-\phi$

$$p_a = 1/2 K_a \gamma H^2$$

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2 \beta \sin^2(\beta - \delta) \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \sin(\alpha + \beta)} \right]^2}$$

15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh



Charles Augustin Coulomb

فشار محرک کولمب با سربار

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2 \beta \sin^2(\beta - \delta) \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \sin(\alpha + \beta)} \right]^2}$$

جهت حرکت دیوار

H

$H/3$

q

P_a

$K_a q \left[\frac{\sin^2 \beta}{\sin(\beta + \alpha)} \right]$

$K_a \gamma H \sin(\beta)$

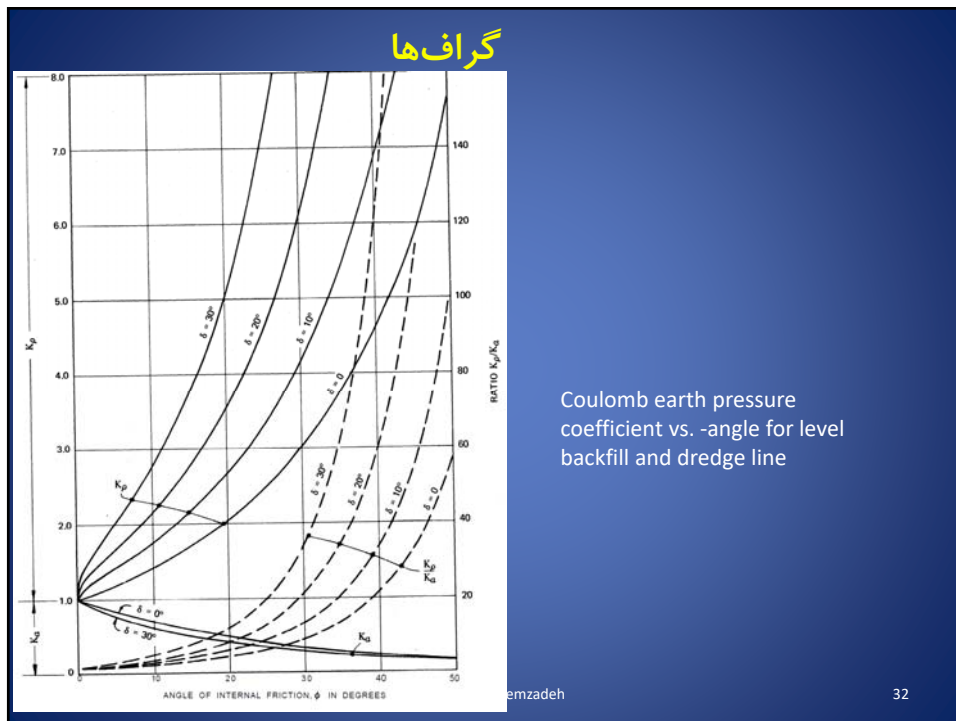
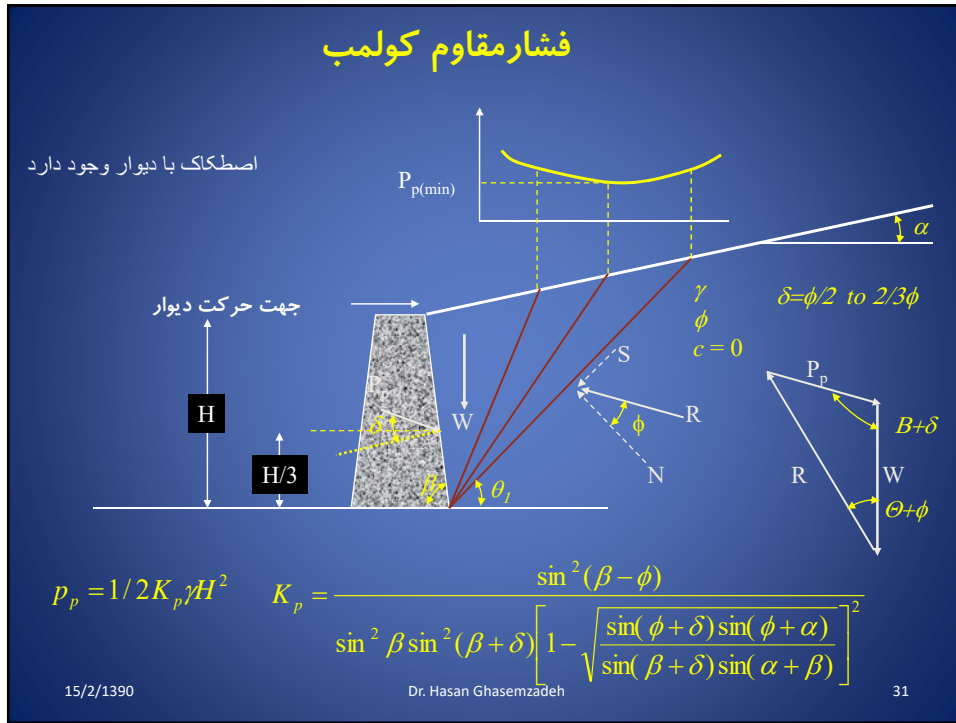
$$p_a = 1/2 K_a \gamma_{eq} H^2$$

$$\gamma_{eq} = \gamma + \left[\frac{\sin^2 \beta}{\sin(\beta + \alpha)} \right] \left(\frac{2q}{H} \right)$$

15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

30



گرافها

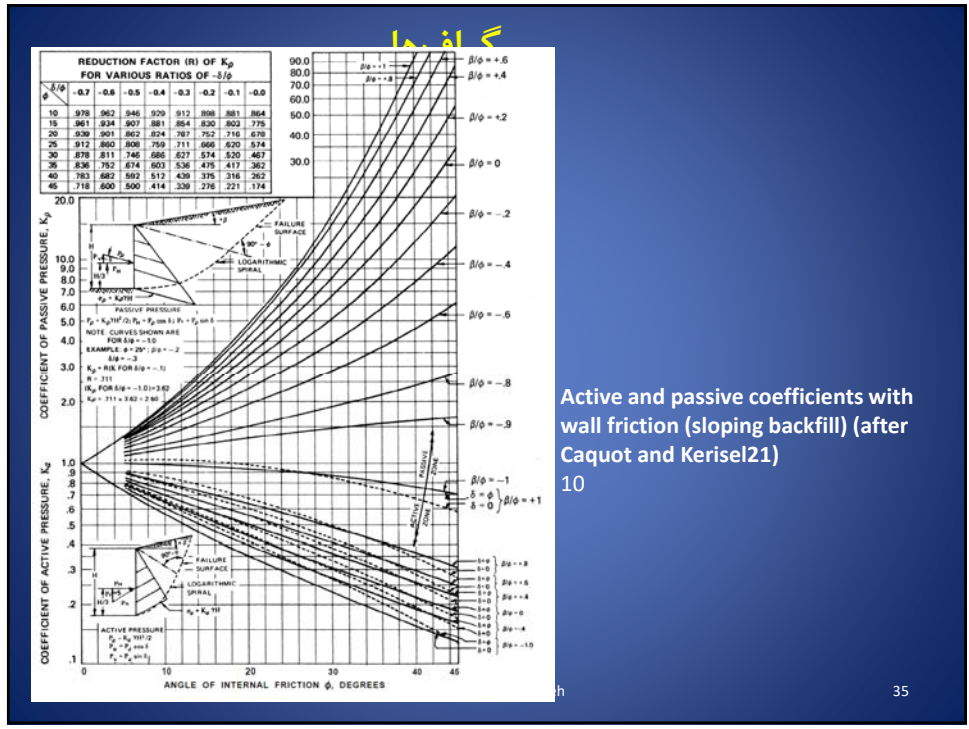
Generalized determination of passive pressures (after Navdock)

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 33

گرافها

Generalized determination of active pressures (after Navdock)

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 34



Active and passive coefficients with wall friction (sloping backfill) (after Caquot and Kerisel21)
10

فشار محرک و مقاوم در هنگام زلزله

- گوه محرک بزرگتر از حالت استاتیکی
- گوه مقاوم کوچکتر از حالت استاتیکی
- محل اثر فشار محرک و مقاوم

Mononobe-Okabe Method

- Effect of ground motion on retaining walls was recognized by Okabe (1924) and Mononobe (1929) following the great Kanto earthquake of 1923.
- The M-O method
 - Based on Coulomb's theory of static soil pressure
 - Pseudostatic method
 - Valid for yielding walls

15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

37

Mononobe-Okabe Method

- F. E. analyses by Pitilakis (1987) found good agreement between F. E. analyses results and Mononobe-Okabe theory and observed behavior, and that the M-O theory is satisfactory for design purposes if the wall movement was about 0.5 percent of the height of the wall.

0.05 x 20 ft = 0.1 ft deflection required for M-O method to be valid

15/2/1390

Dr. Hasan Ghasemzadeh

38

فشار محرک کولمب در هنگام زلزله

اصطکاک با دیوار وجود دارد

$$k_h = \frac{\text{Horizontal acc. of earthquake}}{\text{gravity}}$$

$$k_v = \frac{\text{Vertical acc. of earthquake}}{\text{gravity}}$$

$$P_{ae} = 1/2 \gamma H^2 (1 - k_v) K_{ae}$$

$$K_{ae} = \frac{\sin^2(\beta + \theta - \phi)}{\cos \theta \sin^2 \beta \sin(\beta + \theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha - \theta)}{\sin(\beta + \theta + \delta) \sin(\beta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v} \right)$$

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 39

فشار محرک کولمب در هنگام زلزله

$$p_a = 1/2 K_a \gamma H^2$$

$$p_{ae} = 1/2 \gamma H^2 (1 - k_v) K_{ae}$$

$$\Delta p_{ae} = p_{ae} - p_a$$

$$\bar{z} = \frac{0.6H(\Delta P_{ae}) + (H/3)P_a}{P}$$

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 40

فشار مقاوم کولمب در هنگام زلزله

اصطکاک با دیوار وجود دارد

$$k_h = \frac{\text{Horizontal acc. of earthquake}}{\text{gravity}}$$

$$k_v = \frac{\text{Vertical acc. of earthquake}}{\text{gravity}}$$

$$p_{pe} = 1/2 \gamma H^2 (1 - k_v) K_{pe}$$

$$K_{pe} = \frac{\sin^2(\beta - \theta + \varphi)}{\cos \theta \sin^2 \beta \sin(\beta - \theta - \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi + \alpha - \theta)}{\sin(\beta - \theta - \delta) \sin(\beta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v} \right)$$

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 41

بهره برداری دیوار حایل طره ای Cantilever wall serviceability

- Considerable movement of the wall is required to mobilise the limiting passive stresses
- The movements required to reach the active and passive conditions depend on the soil type.
- For example, for retaining walls of height H the movements required are

تغییر مکان لازم جهت تهییج نیروهای محرک و مقاوم

Soil type	Active	passive
Sand (dense)	0.001H-0.002H	0.05H- 0.1H
Sand (loose)	0.002H-0.004H	Large
Clay (over consolidated)	0.01H-0.02H	Large
Clay (normally consolidated)	0.02H-0.05H	Large

15/2/1390 Dr. Hasan Ghasemzadeh 42