

Sveučilište u Zagrebu

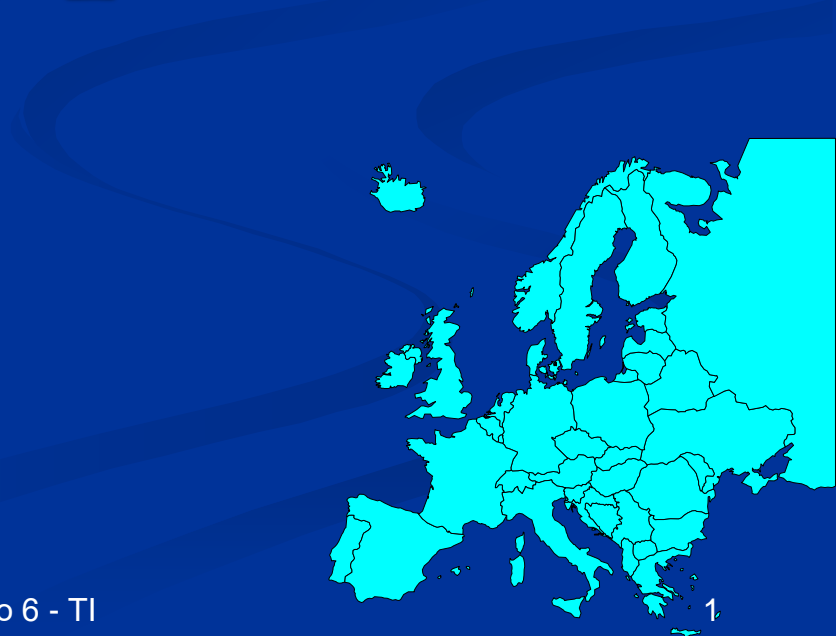
Građevinski fakultet

Diplomski sveučilišni studij

Smjer: GEOTEHNIKA

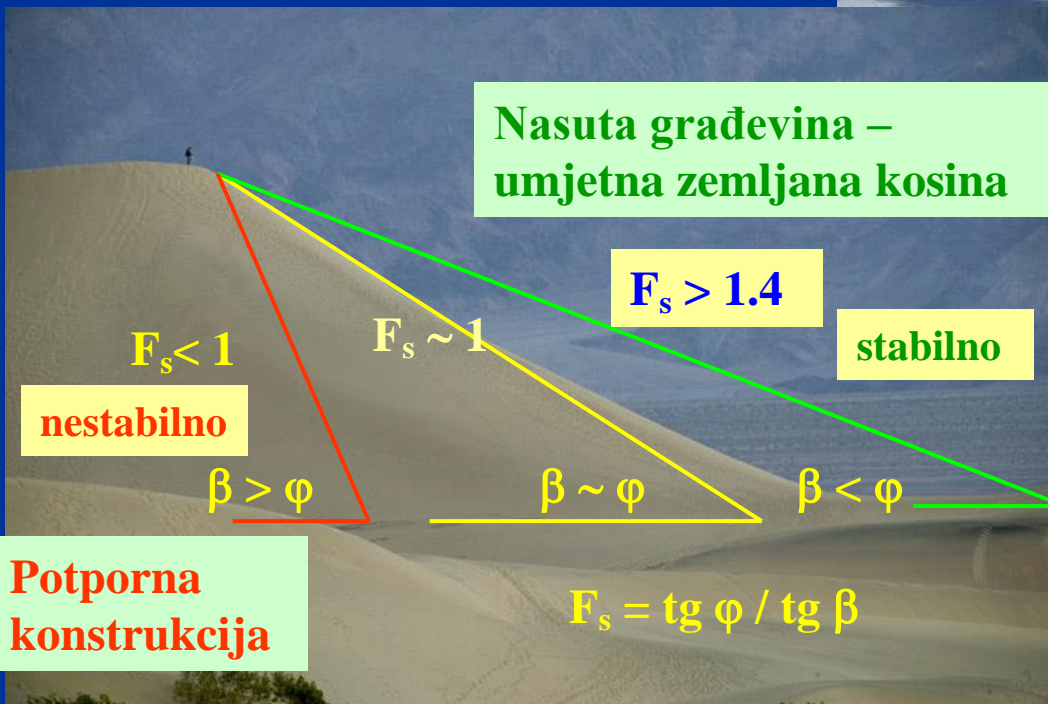
Potporne konstrukcije 1

Prof. dr. sc. Tomislav Ivšić
Građevinski fakultet Zagreb



Prirodne kosine - pejzaž

- Nastale raznim geološkim procesima
- Današnja stabilnost ovisi o rasporedu i čvrstoći slojeva , te podzemnoj vodi



Pješčane dine :

- rahle naslage-kosine od suhog pijeska nanese vjetrom nedavno (nema cementacije, nema vode)
- približno na granici stabilnosti

Vrste potpornih konstrukcija

Svrha, izbor i podjela potpornih konstrukcija

Potporne konstrukcije – građevinske konstrukcije koje podupiru tlo, slične (zrnate) materijale ili vodu.

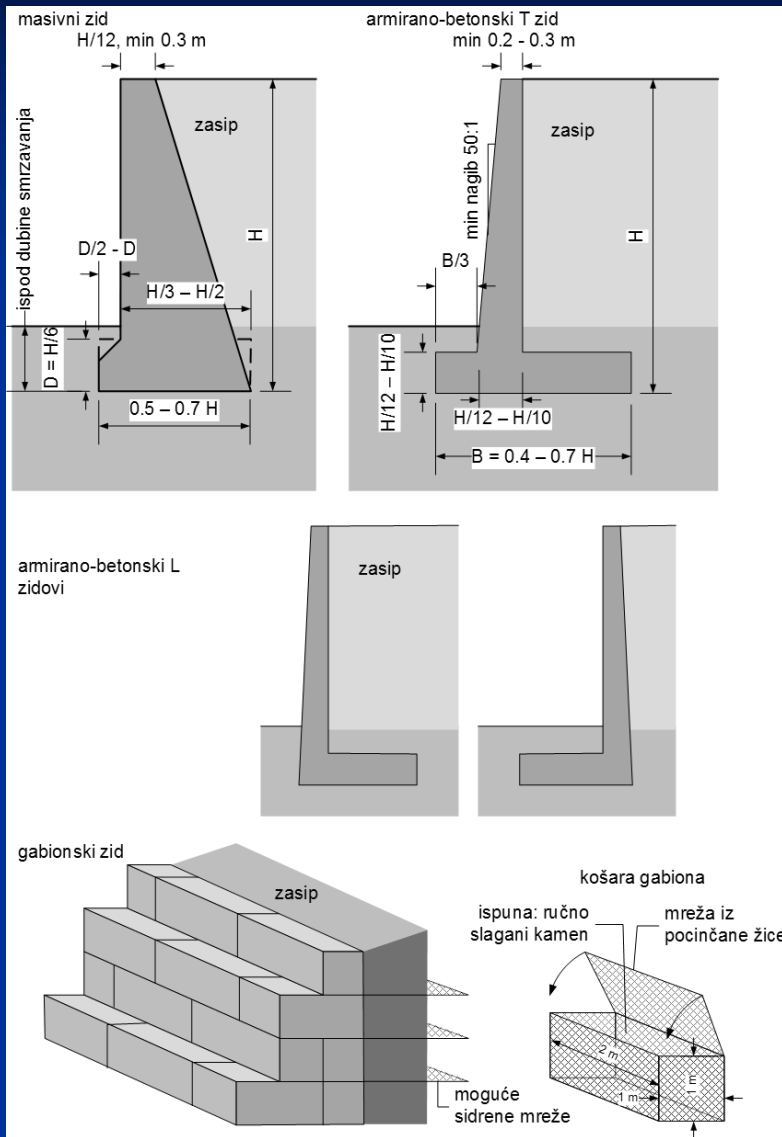
Materijal je poduprt (pridrжан) ukoliko stoji s pokosom strmijim od onog kojeg bi eventualno zauzeo kad ne bi bilo konstrukcije (kut odlaganja, "prirodni pokos").



Podjela potpornih konstrukcija

- **Zasipane potporne konstrukcije** - potporni zidovi, gravitacijske potporne konstrukcije (trad. zidovi od kamena, nearmiranog betona, armiranog betona, armirano tlo)
- **Ugrađene potporne konstrukcije** – ukopane (umetnute u tlo) konstrukcije, savitljive potporne konstrukcije (dijafragme, talpe ili platicе...)

Zasipane potporne konstrukcije



Slika 5-1 Tipične vrste zasipanih zidova s preliminarnim proračunskim dimenzijama: gravitacijski masivni betonski zid (gore lijevo), armirano-betonski gravitacijski zid (gore desno), armirano-betonski L zidovi (u sredini), gabionski zid (dolje)

Primjeri primjene potpornih zidova

Uz prometnice



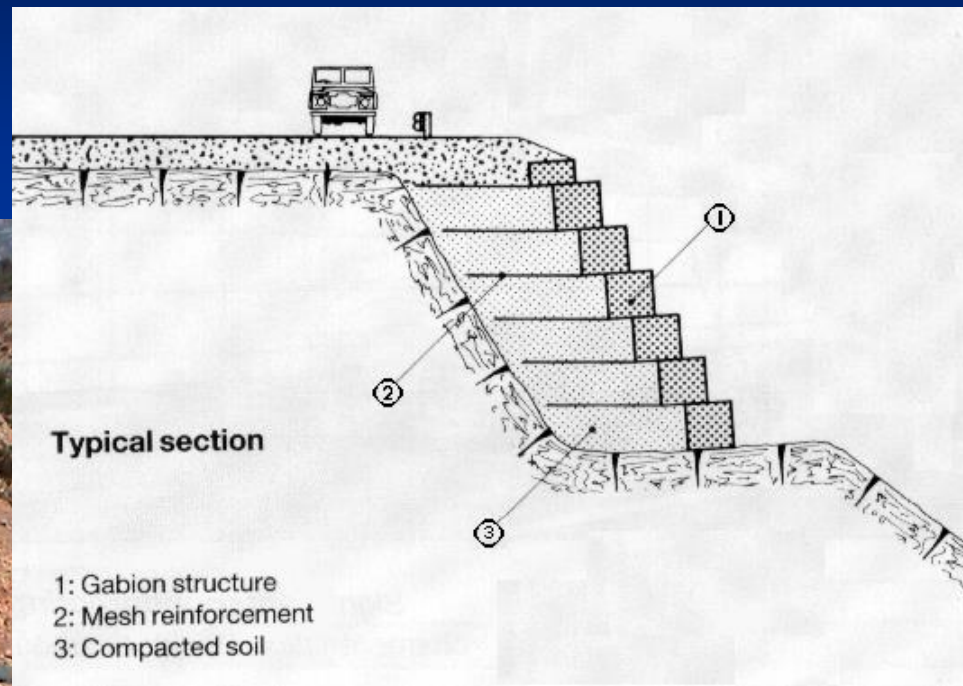
Primjeri primjene potpornih zidova

Uz prometnice



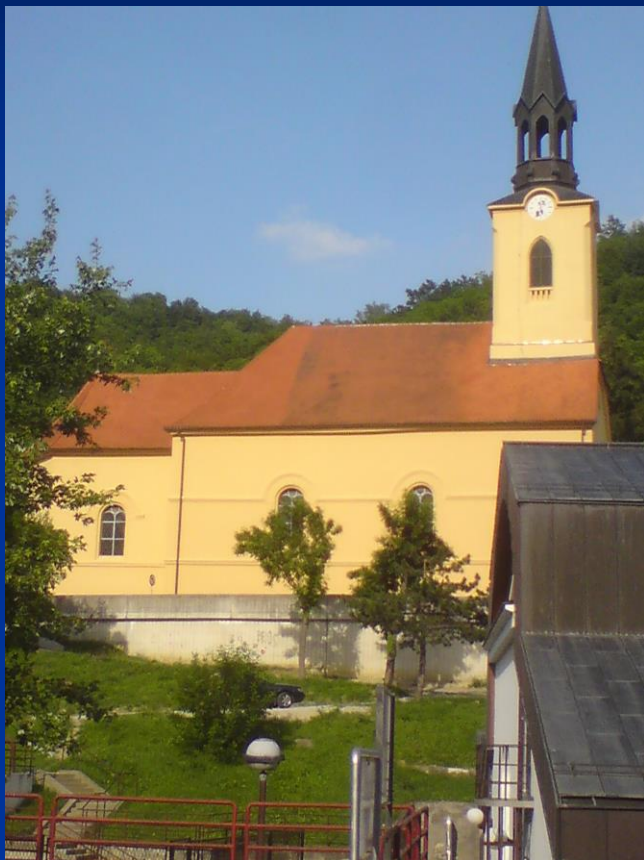
Primjeri primjene potpornih zidova

Uz prometnice



Primjeri primjene potpornih zidova

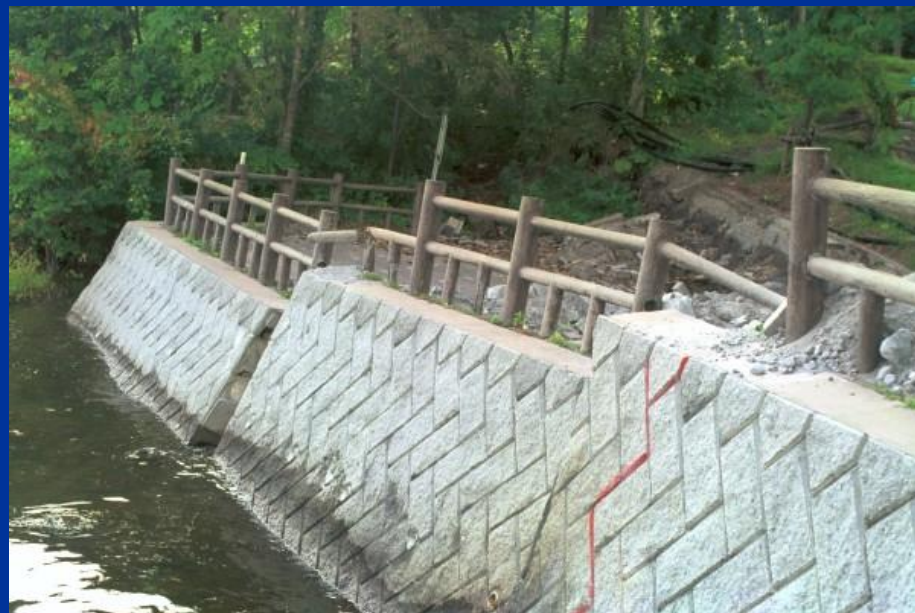
Uz prometnice



Krapinske Toplice

Primjeri primjene potpornih zidova

Obalne konstrukcije, konstrukcije uz vodotoke, jezera, more



Primjeri primjene potpornih zidova

Obalne konstrukcije, konstrukcije uz vodotoke, jezera, more



Primjeri primjene potpornih zidova

Prilagodbe terena, "pejzažna" arhitektura



Primjeri primjene potpornih zidova

Prilagodbe terena, "pejzažna" arhitektura



Primjeri primjene potpornih zidova

Industrija, mostovi

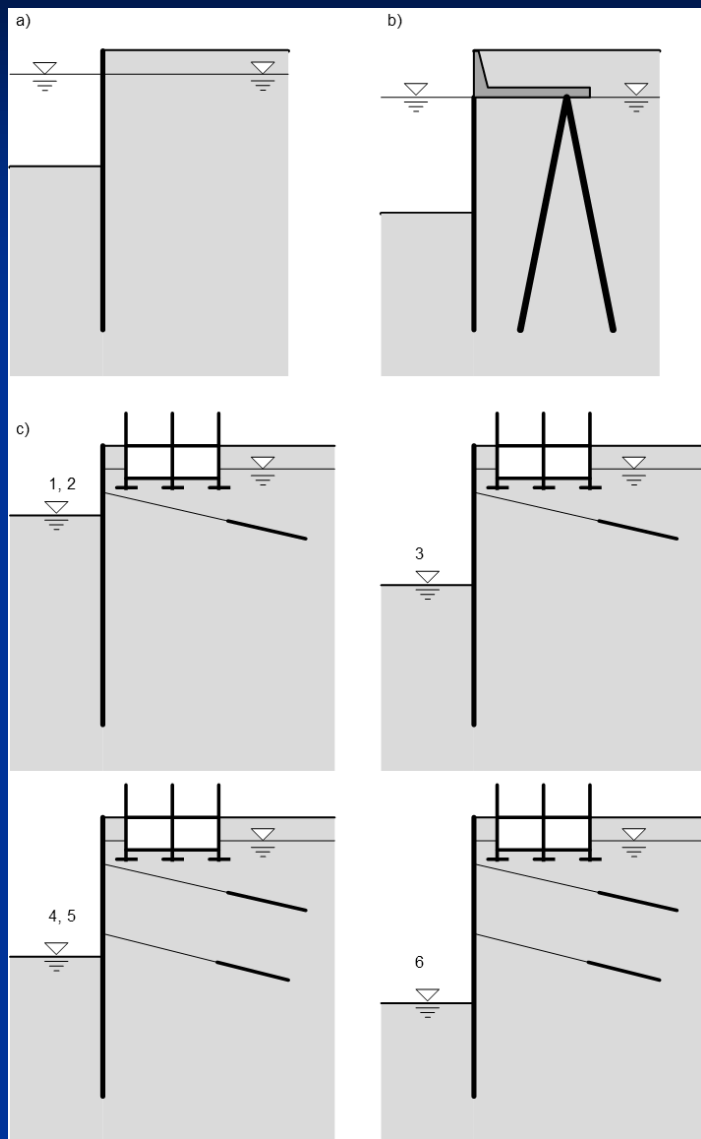


Primjeri primjene potpornih zidova

Industrija, mostovi

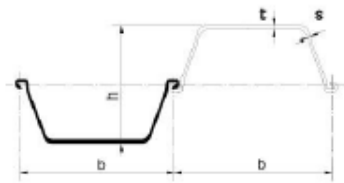


Ugrađene potporne konstrukcije

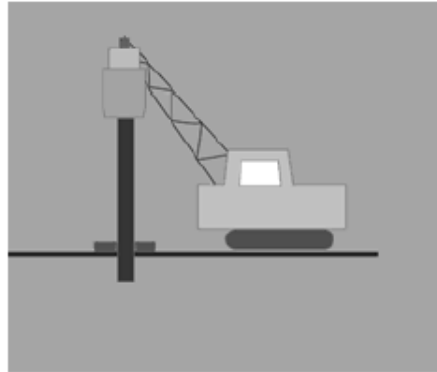


Slika 5-2 Nekoliko tipičnih primjera ugrađenih potpornih konstrukcija: (a) ugrađena potporna konstrukcija kao samostojeći obalni zid ili (b) kao nosač obalne konstrukcija zajedno s grupom kosih pilota za preuzimanje horizontalnog opterećenja; (c) sidrena ugrađena potporna konstrukcija za zaštitu građevne jame u neposrednoj blizini postojeće zgrade s fazama izgradnje (1- ugradnja potporne konstrukcije i djelomični iskop do prvog reda sidara, 2- ugradnja prvog reda sidara, 3- djelomični iskop do drugog reda sidara, 4- ugradnja drugog reda sidara, 5- prednapinjanje drugog reda sidara, 6- iskop do konačne dubine jame)

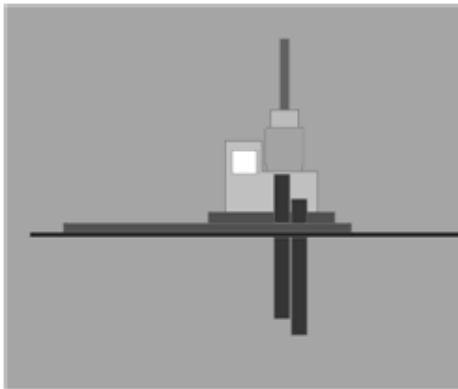
Ugrađene potporne konstrukcije



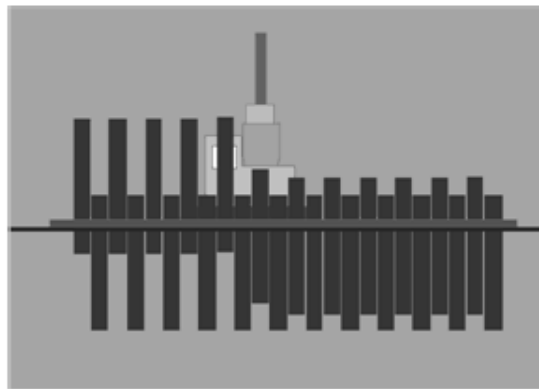
(a)



(b)



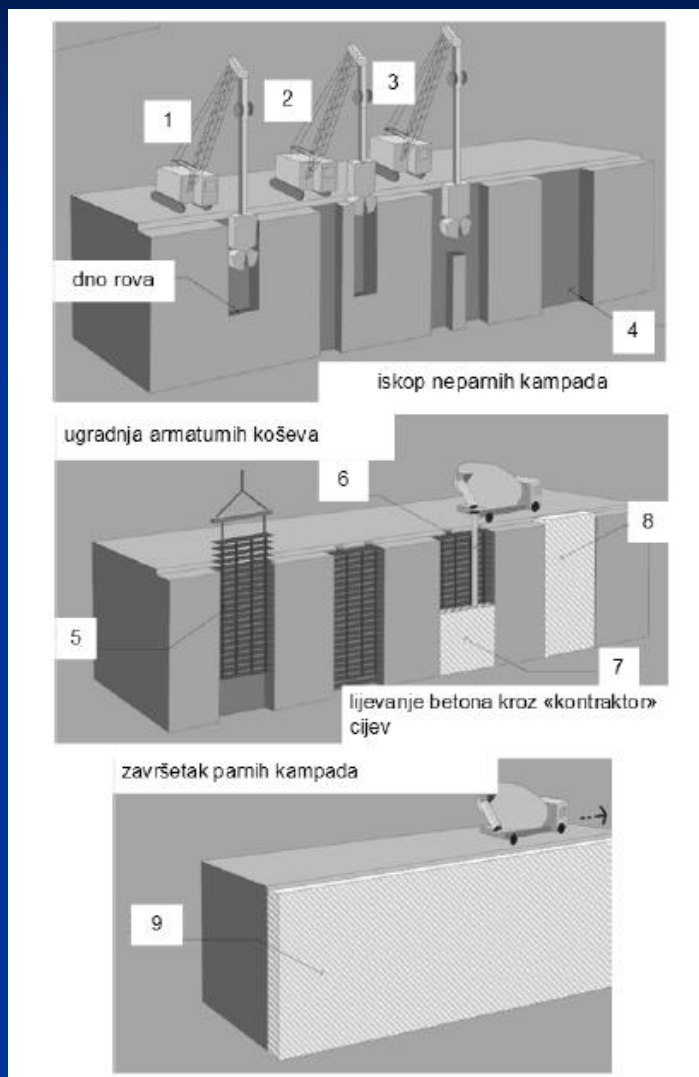
(c)



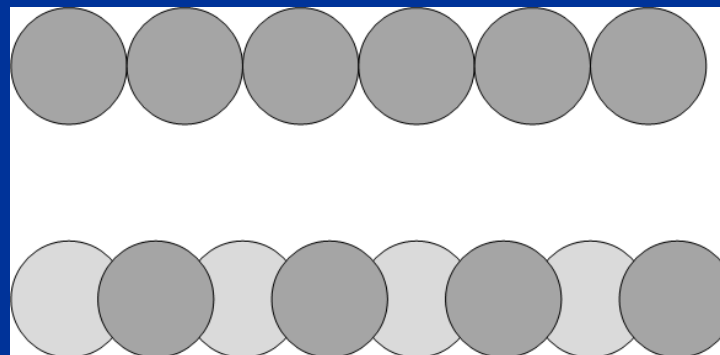
(d)

Slika 5-3 Izvedba potporne konstrukcije od čeličnih talpi: (a) tipični poprečni presjek čelične talpe tipa Larsen s bravama na oba ruba i prikazom spajanja susjedne talpe, (b) ugradnja prve talpe u tlo zabijanjem (u gline i tvrđa tla) ili vibriranjem (u krupnozrna tla), (c) ugradnja druge talpe kojoj brava prve služi kao vodilica, (d) ugradnja ostalih talpi u nizu da bi se dobila potporna stijena

Ugrađene potporne konstrukcije

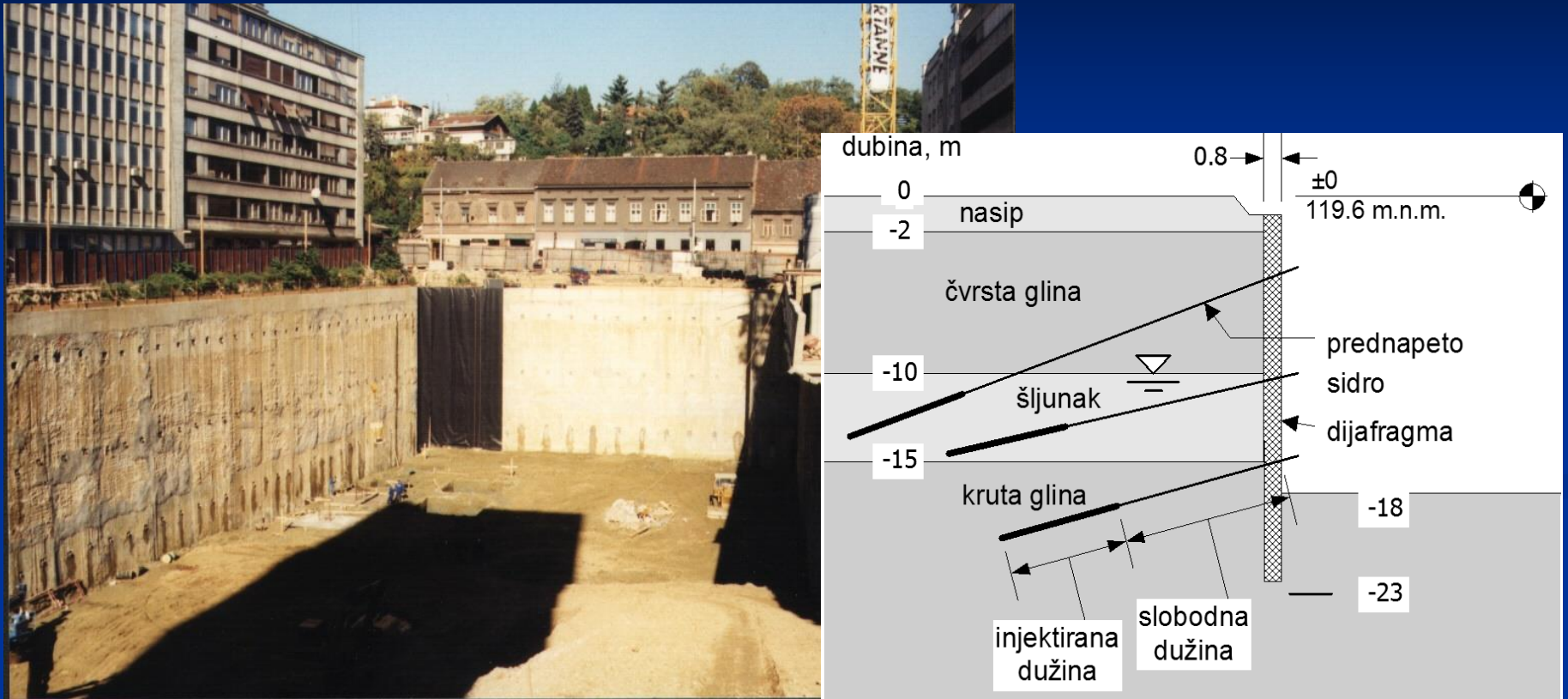


Slika 5-4 Faze izvedbe armirano-betonske dijafragme u tlu: 1, 2, 3- faze iskopa neparnih kampada, 4- iskopana kampada, 5- spuštanje armaturnog koša u iskopanu kampadu, 6- ulijevanje svježeg betona kroz „kontraktor“ cijev (radi spriječavanja segregacije agregata u betonu), 7- izljevani dio buduće dijafragme, 8- gotova kampada, 9- izvedena stijena u tlu



Slika 5-5 Tlocrt pilotne stijene: dotičući piloti sa sustavom tvrdo-tvrdo (gore) u kojem se armirano-betonski piloti u nizu dodiruju, i sekantni piloti sa sustavom meko-tvrdo (dolje) u kojem armirano-betonski piloti (tamnije sjenčani) zasijecaju glino-betonske nearmirane pilote (svjetlije sjenčani)

Primjeri ukopanih potpornih konstrukcija



Slika 5-6 Građevna jama za Importanne galeriju na Iblerovom trgu u Zagrebu, štíčena armirano betonskom dijafragmom s tri reda sidara (gore); poprečni presjek kroz dijafragmu (dolje)

Primjeri ukopanih potpornih konstrukcija



Građevna jama za Importanne Centar i garažu u Zagrebu

Primjeri ukopanih potpornih konstrukcija



Građevna jama – centar “Branimir”

Primjeri ukopanih potpornih konstrukcija



Primjeri izvedbe AB dijafragme



Strojni iskop



Umetanje armature

Primjeri izvedbe AB dijafragme



Iskop s bermom



Gotova dijafragma

Primjeri izvedbe AB dijafragme

Centar "Branimir"



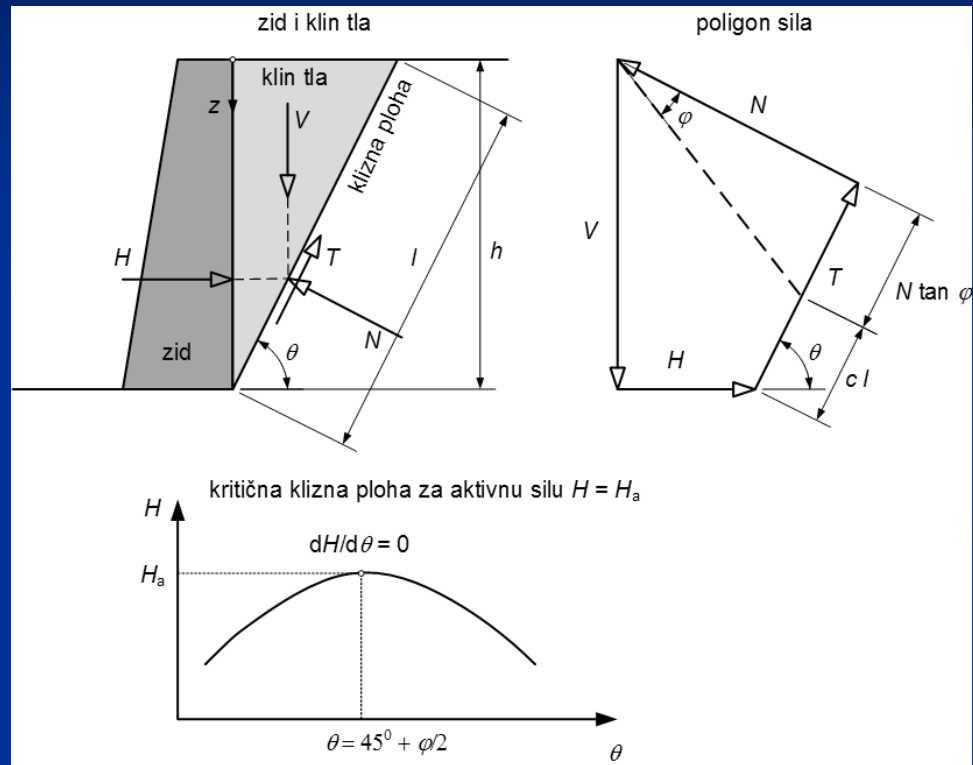
Primjeri izvedbe AB dijafragme

Centar "Branimir"



Pritisak tla na zidove i granična stanja

Počeci: Coulomb i Rankine



Coulomb 1736-1806

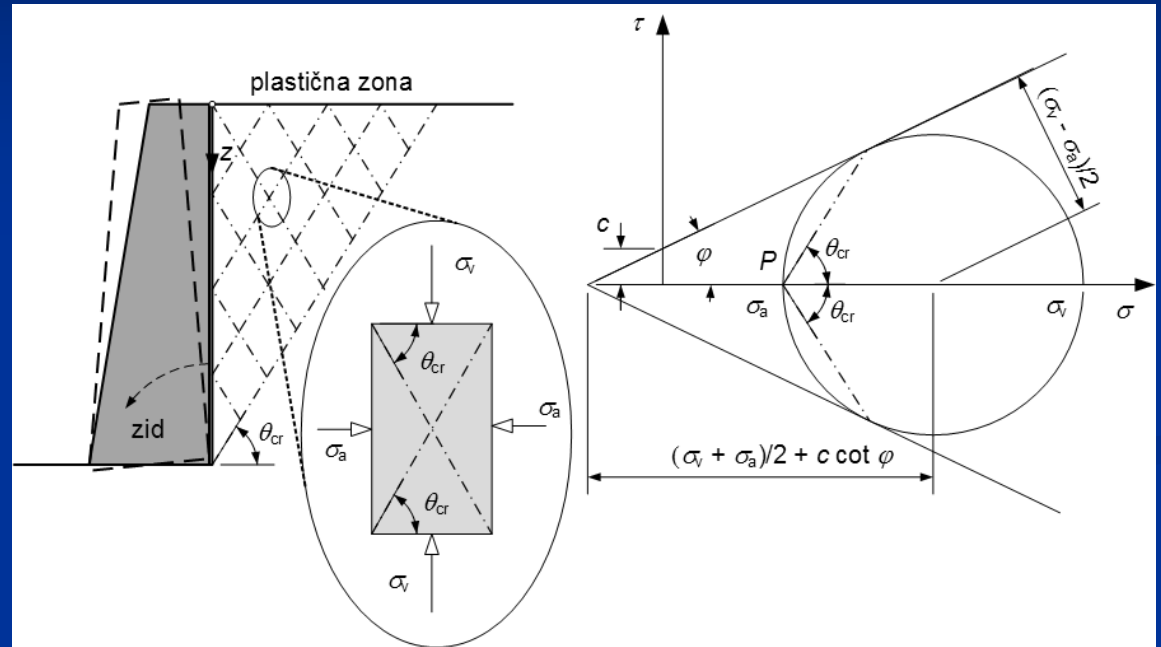
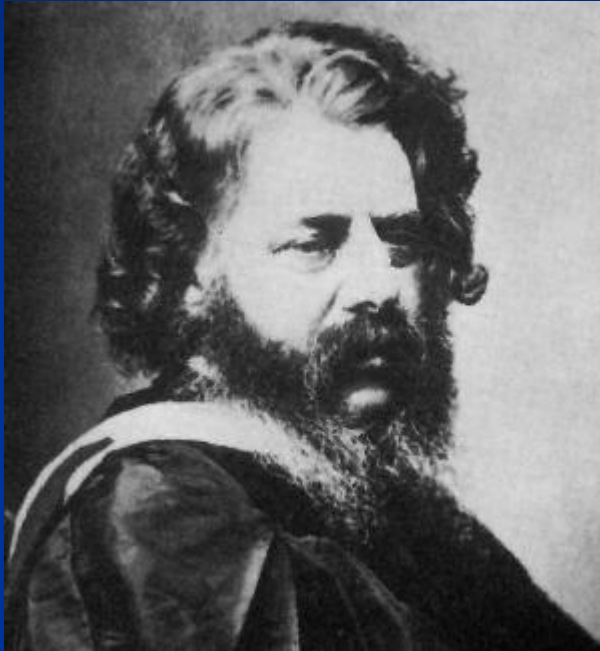
Objavljeno 1773.

Slika 5-7 Uz Coulombovu teoriju pritisaka na zid u aktivnom stanju;

H_a

je rezultanta pritiska tla na u aktivnom stanju sloma tla

Pritisak tla na zidove i granična stanja

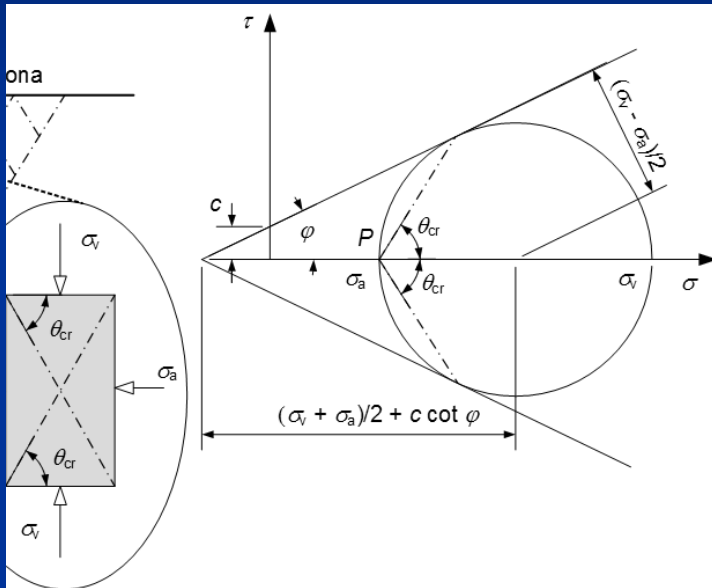


Rankine 1820-1872
Objavljeno 1857.

Slika 5-8 Uz Rankineovo stanje aktivnog tlaka iza zida

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Uz Rankineovo stanje aktivnog tlaka iza zida



$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi ()$$

$$\frac{\frac{1}{2} (\sigma_v - \sigma_a)}{\frac{1}{2} (\sigma_v - \sigma_a) + c \cot \varphi} = \sin \varphi$$

$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Čvrstoća tla

Jednakost iz dijagrama

Aktivni tlak

Koeficijent aktivnog tlaka

Kut otklona ravnina na kojima se doseže čvrstoća

$$\theta_{cr} = \theta_a = \pm \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

- za aktivni tlak

$$\theta_{cr} = \theta_p = \pm \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

- za pasivni otpor

$$\sigma_p = \sigma_v K_p + 2c\sqrt{K_p}$$

Pasivni otpor

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1}{K_a}$$

Koeficijent pasivnog otpora

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Bočni pritisci na nepomični zid

$$K_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v} = 1 - \sin \varphi'$$

koeficijent bočnog mirnog pritiska – Jaky , 1944

Za nekoherentno tlo

$$K_0 = K_{0nc} \sqrt{OCR} = (1 - \sin \varphi') \sqrt{OCR}$$

Za koherentno tlo

$$K_{0;\beta} = K_0 (1 + \sin \beta)$$

Za nagnuti teren

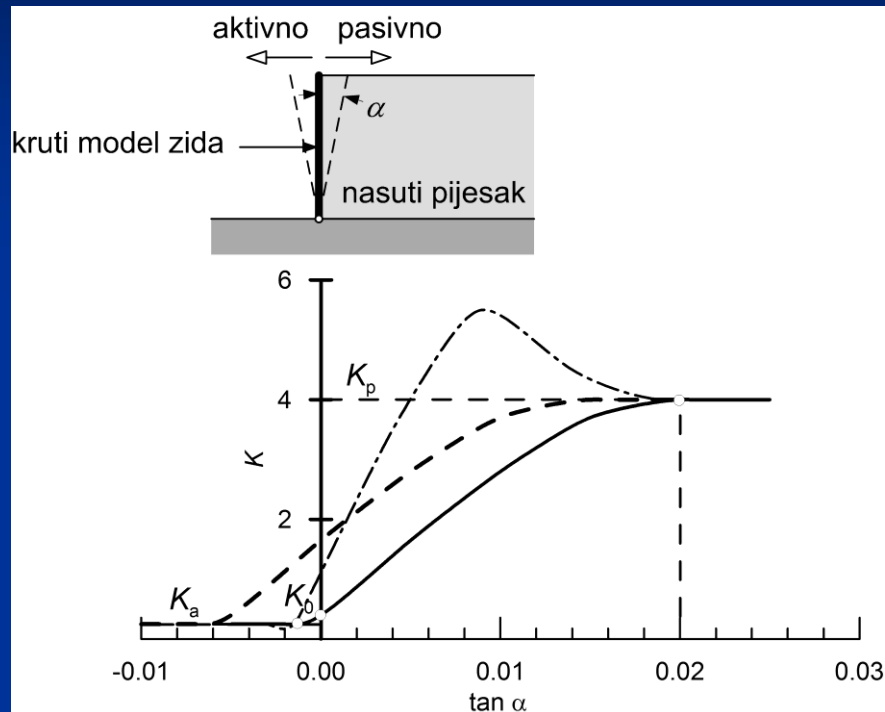
Pritisak tla na zidove i granična stanja

Pritisci i pomaci: Terzaghi



Terzaghi 1883-1963

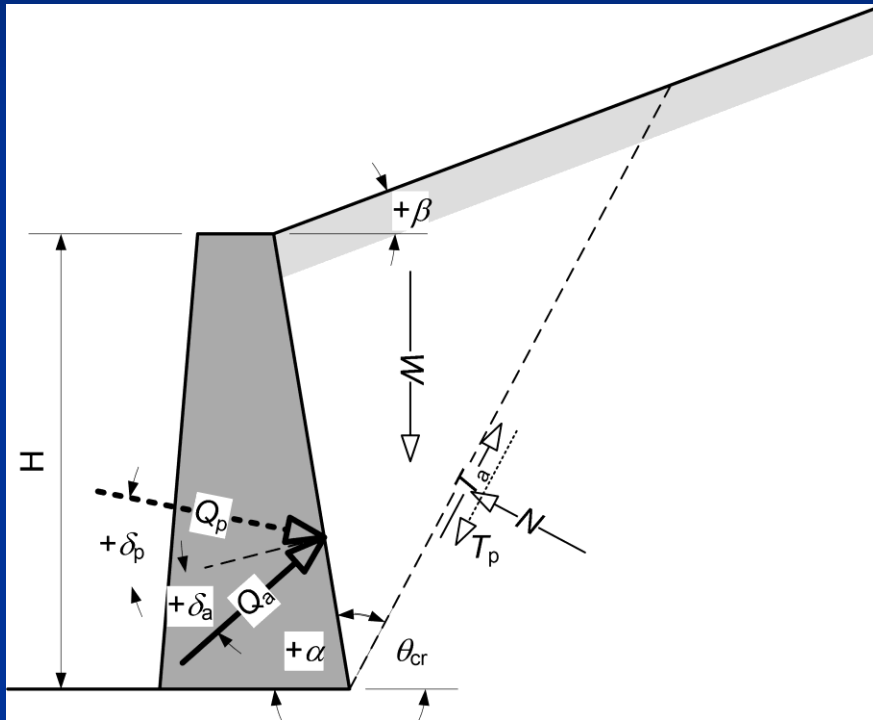
Objavljeno 1920-1930



Slika 5-9 Terzaghijeva modelska ispitivanja pritiska nasutog pijeska na kruti zid u ovisnosti o rotaciji zida (puna linija); kasnija istraživanja su pokazala da ovisnost pritiska o rotaciji zida ovisi i o početnom bočnom napreznju u tlu (crtkana linija) i zbijenosti tla (točka-crta); K je odnos bočnog pritiska (normalnog napreznja) na poledini zida i vertikalnog napreznja u tlu

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Proširenje Coulombove teorije: Müller-Breslau



Slika 5-10 Pritisak na zid prema Müller-Breslau: sile na klin tla s ravnom kliznom plohom

$$Q_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{K_a}{\sin \alpha \cos \delta_a}$$

Kosa sila aktivnog tlaka

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi) \cos \delta_a}{\sin \alpha \sin(\alpha - \delta_a) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta_a) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$Q_{ah} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

Horizontalna sila aktivnog tlaka

$$Q_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{K_p}{\sin \alpha \cos \delta_p}$$

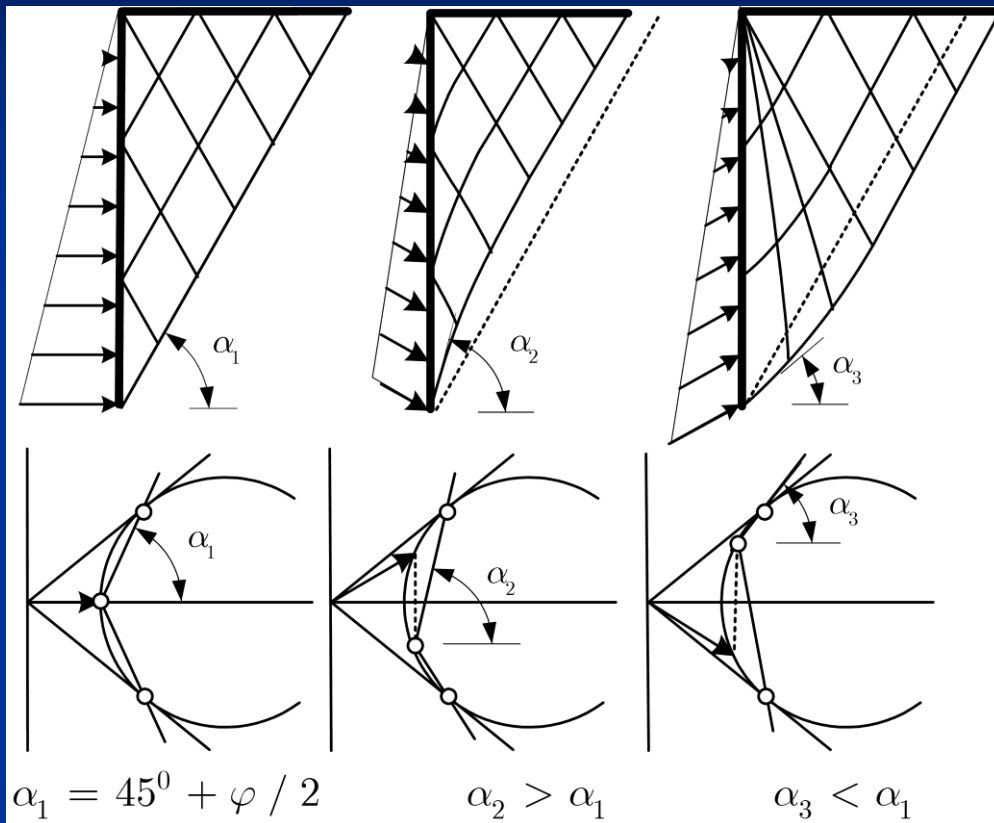
Kosa sila pasivnog otpora

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \varphi) \cos \delta_p}{\sin \alpha \sin(\alpha + \delta_p) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_p) \sin(\varphi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta_p) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$Q_{ph} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

Horizontalna sila pasivnog otpora

Pritisak tla na zidove i granična stanja



Slika 5-11 Utjecaj trenja na zakrivljenost kliznih ploha u plastificiranoj aktivnoj zoni tla iza zida s prikazom određivanja smjera kliznih ploha pomoću Mohrove analize napreznja za točke na sučelju poledine zida i tla; slično vrijedi i za pasivno stanje, samo je utjecaj obratan

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Teorije plastičnosti: Kötterove jednadžbe, radovi Kerisela i Absia i teoremi gornje i donje granice

Kötter 1888 –jednadžbe plastične ravnoteže

Caquot i Kerisel 1948 – numerička rješenja Bousinesquove jednadžbe

Kerisel i Absi (1990) – tabelarna rješenja za korištenje

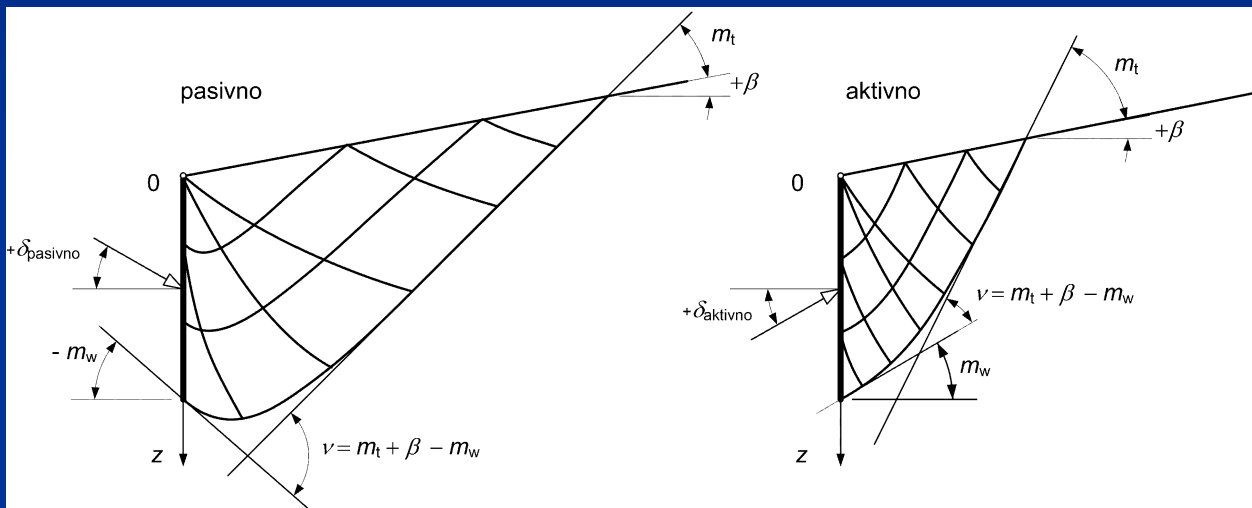
Teorem donje granice – **polje naprezanja**

Teorem gornje granice – **mehanizam, pomaci, rad sila**

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Granični pritisci prema Eurokodu 7

Slika 5-12 Definicija veličina i predznaka za proračun pasivnog otpora (lijevo) i aktivnog tlaka (desno) prema EN 1997-1:2004 prema Kerisel i Absi (1990)



Aktivni tlak - efektivni

$$\sigma'_{ah}(z) = K_{ah} p'_v(z) - 2c' \sqrt{K_{ah} \left(1 + \frac{c'_w}{c'}\right)}$$

Pasivni otpor - efektivni

$$\sigma'_{ph}(z) = K_{ph} p'_v(z) + 2c' \sqrt{K_{ph} \left(1 + \frac{c'_w}{c'}\right)}$$

Efektivni pritisak nadsloja

$$p'_v(z) = \int_0^z \gamma dz + q - u$$

Za nedrenirano stanje:

$$\sigma_{ah}(z) = \left(\int_0^z \gamma dz + q \right) - 2c_u \sqrt{1 + \frac{c_w}{c_u}}$$

$$\sigma_{ph}(z) = \left(\int_0^z \gamma dz + q \right) + 2c_u \sqrt{1 + \frac{c_w}{c_u}}$$

$$m_t = \frac{1}{2} \left[\arccos \left(-\frac{\sin \beta}{\sin \varphi'} \right) - \varphi' - \beta \right]$$

Koeficijent horizontalne komponente tlaka

$$m_w = \frac{1}{2} \left[\arccos \left(\frac{\sin \delta}{\sin \varphi'} \right) - \varphi' - \delta \right]$$

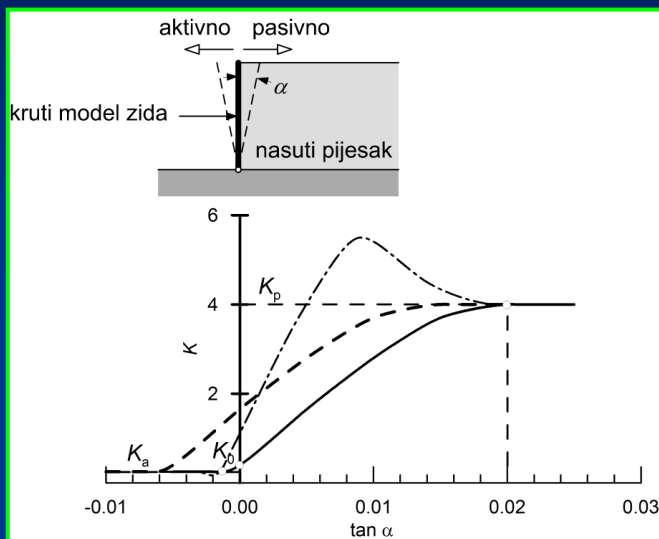
A: $-\delta, -\varphi'$ P: $+\delta, +\varphi'$

$$v = m_t + \beta - m_w$$

$$K_h = (\cos^2 \beta) \frac{1 + \sin \varphi' \sin(2m_w + \varphi')}{1 - \sin \varphi' \sin(2m_t + \varphi')} e^{2v \tan \varphi'}$$

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Potrebni pomaci za potpuno aktiviranje graničnih pritisaka



Tablica 5-1 Vodoravni pomaci potrebni za potpuno aktiviranje aktivnog tlaka i pasivnog otpora (prema EN 1997-1:2004)

oblik pomicanja zida	aktivno v_a/h (%)		pasivno v_p/h (%)	
	rahlo tlo	zbijeno tlo	rahlo tlo	zbijeno tlo
a	0.4 - 0.5	0.1 - 0.2	7 - 25 (1.5 - 4)	5 - 10 (1.1 - 2)
b	0.2	0.05 - 0.1	5 - 10 (0.9 - 1.5))	3 - 6 (0.5 - 1)
c	0.8 - 1.0	0.2 - 0.5	6 - 15 (1 - 1.5)	5 - 6 (0.5 - 1.3)
d	0.4 - 0.5	0.1 - 0.2	-	-

v ... pomak u zagradi ... pomaci za mobiliziranje $\frac{1}{2}$ pasivnog otpora
 h ... visina zida

Veličine potrebnih pomaka za mobilizaciju pasivnog otpora treba povećati 1.5 do 2 puta ako se radi o tlu ispod razine podzemne vode

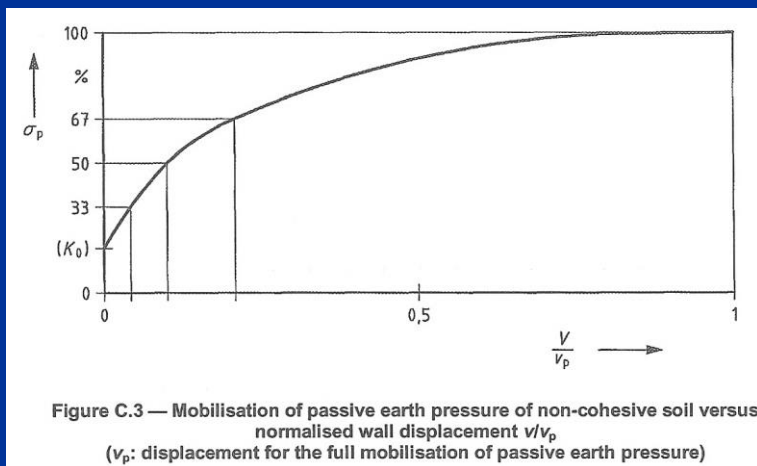
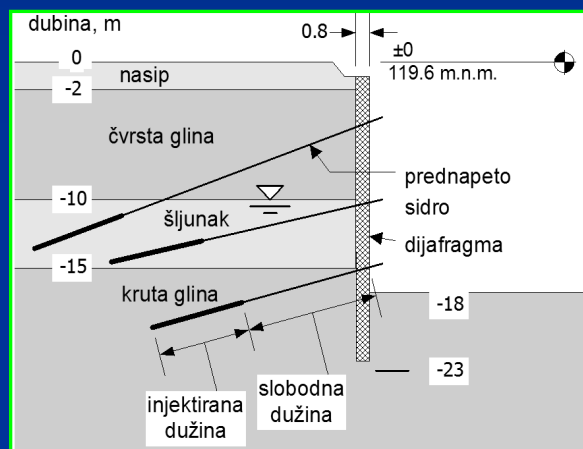


Figure C.3 — Mobilisation of passive earth pressure of non-cohesive soil versus normalised wall displacement v/v_p
 (v_p : displacement for the full mobilisation of passive earth pressure)

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Ostvareni pomaci za ugrađene stijene



Tablica 5-2 Tipični mjereni horizontalni pomaci pri vrhu ugrađene stijene i vertikalni pomaci terena iza stijene uslijed ugradnje same stijene u krutim glinama (prma Gaba i dr. 2003)

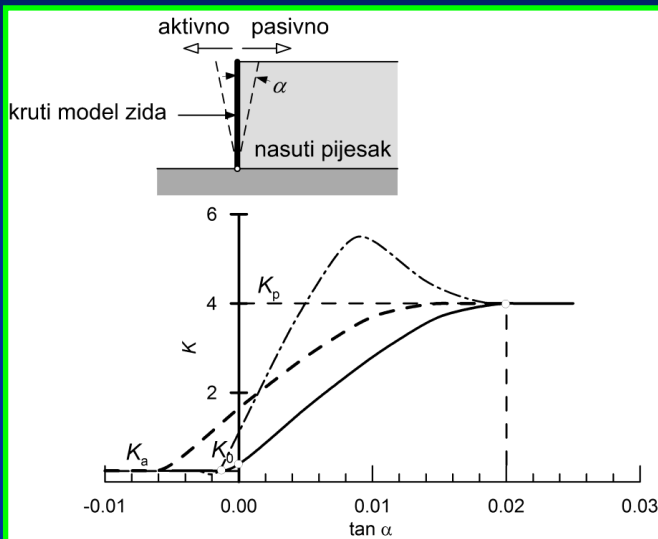
Vrsta stijene	horizontalni pomaci		vertikalni pomaci	
	(% dubine jame)			
	vrh stijene	udaljenost od stijene na površini terena sa zanemarivim pomacima	vrh stijene	udaljenost od stijene na površini terena sa zanemarivim pomacima
Bušeni piloti dotičući	0.04	150	0.04	200
sekantni	0.08	150	0.05	200
Dijafragme plošne	0.05	150	0.05	150
s kontraforama	0.10	150	0.05	150

Tablica 5-3 Tipični mjereni horizontalni pomaci pri vrhu ugrađene stijene i vertikalni pomaci terena iza stijene uslijed iskopa jame u krutim glinama (prma Gaba i dr. 2003)

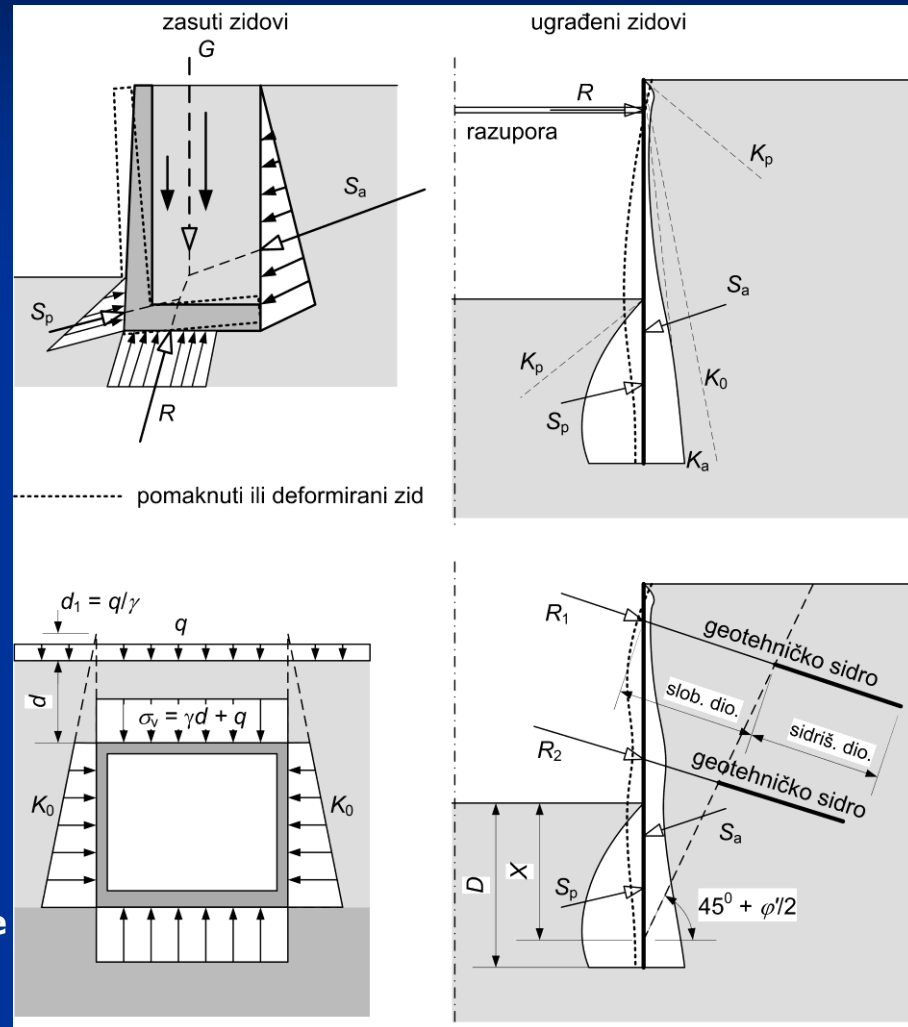
Vrsta pomaka	velika krutost razupiranja (guste razupore ili „top-down“ metoda izvedbe)		mala krutost razupiranja (konzolna stijena ili mekane privremene razupore na nižim razinama)	
	(% dubine jame)			
	vrh stijene	udaljenost od stijene na površini terena sa zanemarivim pomacima	vrh stijene	udaljenost od stijene na površini terena sa zanemarivim pomacima
horizontalni	0.15	400	0.40	400
vertikalni	0.10	350	0.35	400

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Pritisci na zidove uz uvažavanje interakcije zida s tlom 1



Slika 5-13 Interakcija zida i tla: zasuti zidovi (lijevo) i ugrađeni zidovi (desno) s prikazom pomaka zida i pritiska na zid



- Kod ugrađenih zidova na pritiske tla bitno utječe :
- način ugradnje zida,
 - njegova relativna krutost u odnosu na tlo,
 - relativna brzina izgradnje u odnosu na brzinu konsolidacije kod slabo propusnih tla,
 - način iskopa tla ispred zida i redosljed ugradnje razupora ili sidara,
 - popuštanje razupora ili sidara te
 - sile prednapinjanja koje se obično unose u sidra.

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Pritisci na zidove uz uvažavanje interakcije zida s tlom 2

Općenito:

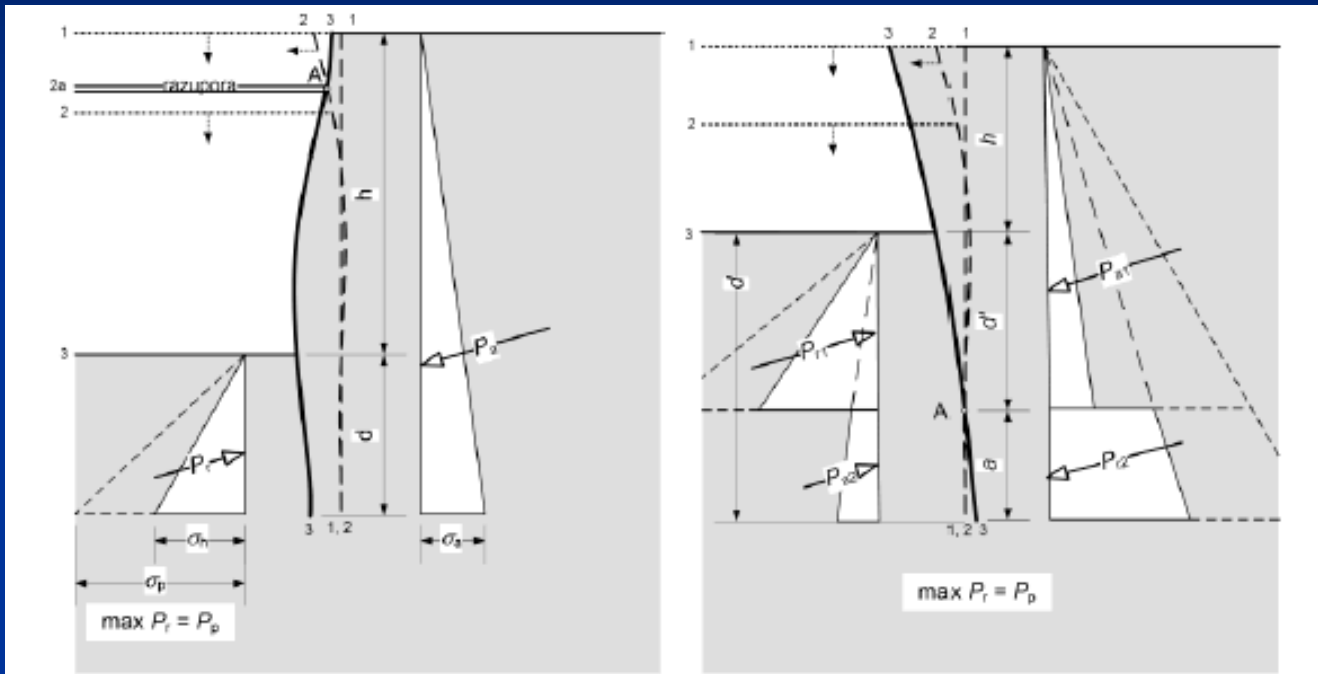
- pomaci zida ovise o pritisku tla, a pritisak tla ovisi o pomacima zida.
- ovaj naoko zatvoreni krug problema danas se rješava uvažavanjem interakcije konstrukcije zida i tla
- računalni programi metodom konačnih elemenata – dostupni na tržištu
- složeni postupci modeliranja i opisa mehaničkog ponašanja tla zahtijevaju više podataka o tlu od klasičnih postupaka
- dostupnost podataka, posebni pokusi ????

Staro pravilo geotehničkog inženjerstva:

bolje je koristiti jednostavnu analizu s mjerodavnim parametrima tla nego složenu analizu s lošim ili sumnjivim parametrima.

Pritisak tla na zidove i granična stanja

Približni postupci određivanja pritiska na jednostavne ugrađene zidove



Slika 5-14 Razvoj deformacija i konačni pritisci na dvije ugrađene potporne konstrukcije: stijena se jednim redom razupora (lijevo) i konzolna stijena (desno); 1, 2 i 3: faze iskopa jame i pripadni pomaci i deformacije stijene. Već su mali bočni pomaci i pripadne vlačne deformacije dovoljni za potpuno postizanje sile aktivnog tlaka P_a , dok je za postizanje pasivnog otpora potrebni znatno veći pomak i bočna tlačna deformacija.

Reducirani pasivni otpor $P_p / F \approx 2 (3)$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow d$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow Z$$

Konzola:

$$M_a \approx M_p \rightarrow d$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow a$$

Drugi utjecaji na pritiske na zidove

Utjecaj podzemne vode i procjeđivanja, dreniranje i hidraulički slom

- Hidrostatski tlak : $u = \gamma_w z$
- Sila strujnog tlaka (kod procjeđivanja – tečenja vode)
- djelovanje na efektivnu težinu tla – uzgon + sila strujnog tlaka

$$\vec{\gamma}' = \vec{\gamma} - \vec{\gamma}_w + i|\vec{\gamma}_w| = \vec{\gamma}_b + i|\vec{\gamma}_w| \quad \text{Volumenske sile !!}$$

$\vec{\gamma}'$ - vektor efektivne jedinične težine tla

$\vec{\gamma}$ - vektor jedinične težine tla

$\vec{\gamma}_w$ - vektor jedinične (specifične) težine vode

$i = \text{grad } h$ - gradijent (vektor) hidrauličkog potencijala h

$\vec{\gamma}_b = \vec{\gamma} - \vec{\gamma}_w$ - vektor uronjene jedinične težine tla

Ukupni normalni pritisak na zid

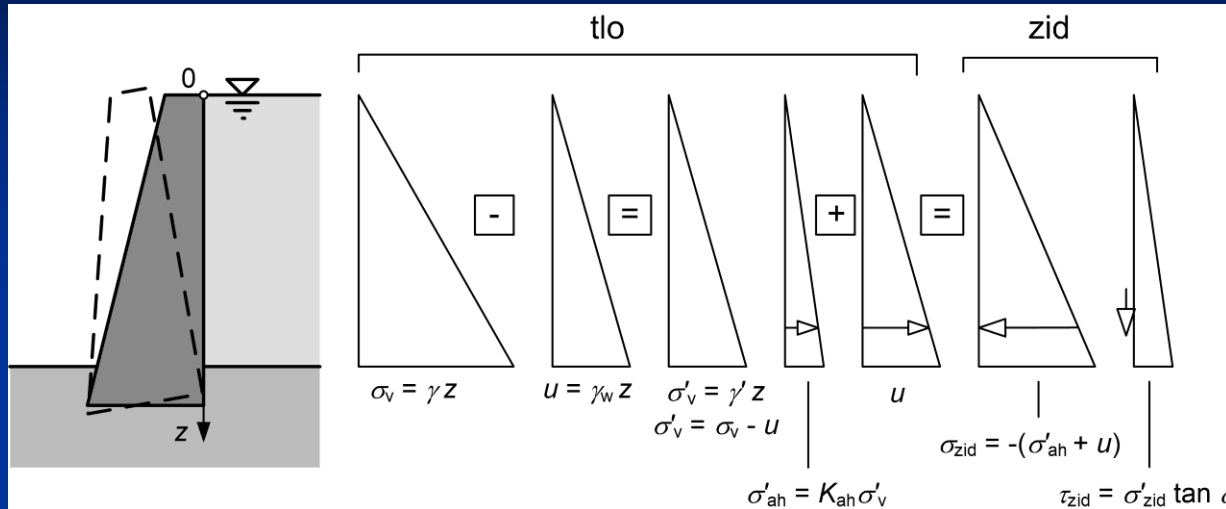
$$\sigma_{\text{zid}} = -\sigma = -(\sigma' + u)$$

Posmično djelovanje na zid

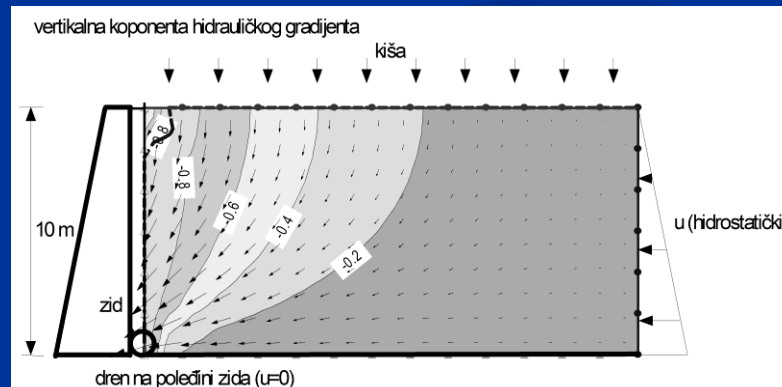
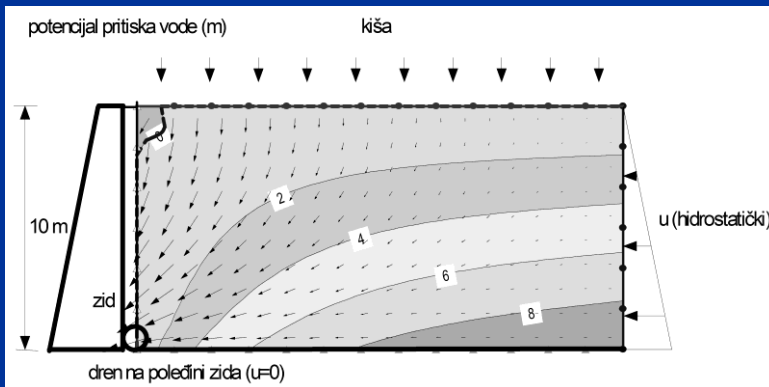
$$\tau_{\text{zid}} = -\tau$$

Drugi utjecaji na pritiske na zidove

Utjecaj podzemne vode i procjeđivanja, dreniranje i hidraulički slom



Slika 5-15 Proračun i raspodjela pritisaka tla na gravitacijski zid za aktivno stanje plastične ravnoteže kad je podzemna voda u hidrostatičkom stanju s razinom na površini terena iza zida

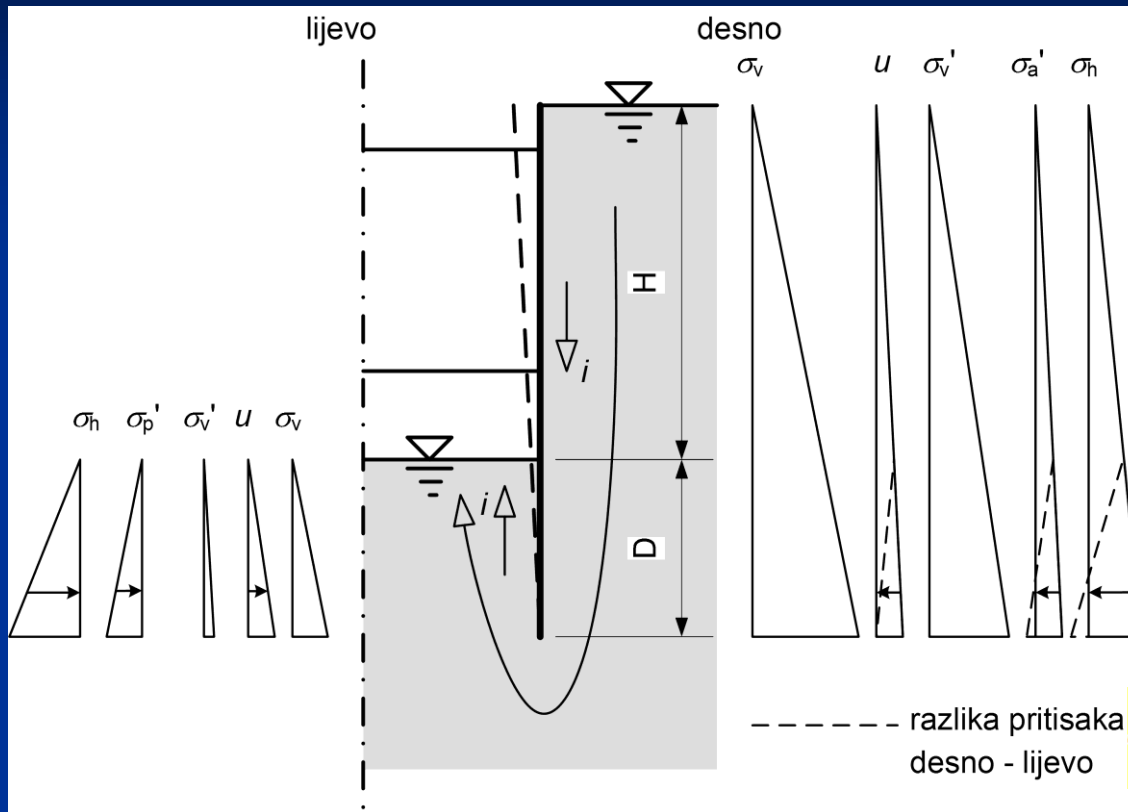


Slika 5-16 Učinak drena na poledini gravitacijskog betonskog zida:

potencijali pritiska ili piezometarki potencijali (gore) i vertikalne komponente hidrauličkog gradijenta, (dolje)

Drugi utjecaji na pritiske na zidove

Utjecaj podzemne vode i procjeđivanja, dreniranje i hidraulički slom



DESNO

$$\sigma_{v\text{desno}}(z) = \int_0^z \gamma dz + q \quad i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{H}{H + 2D}$$

$$u_{\text{desno}}(z) = \int_0^z (\gamma_w - i\gamma_w) dz$$

$$\begin{aligned} \sigma_{v'\text{desno}}(z) &= \sigma_{v\text{desno}}(z) - u_{\text{desno}}(z) = \int_0^z \gamma' dz + q \\ &= \int_0^z (\gamma_b + i\gamma_w) dz + q \end{aligned}$$

$$\sigma_{a'\text{desno}}(z) = \sigma_{v'\text{desno}}(z) K_{ah}$$

$$\sigma_{h\text{desno}}(z) = \sigma_{a'\text{desno}}(z) + u_{\text{desno}}(z)$$

LIJEVO

$$\sigma_{v\text{lijevo}}(z') = \int_0^{z'} \gamma dz' \quad u_{\text{lijevo}}(z') = \int_0^{z'} (\gamma_w + i\gamma_w) dz'$$

$$\sigma_{v'\text{lijevo}}(z') = \sigma_{v\text{lijevo}}(z') - u_{\text{lijevo}}(z') = \int_0^{z'} \gamma' dz' = \int_0^{z'} (\gamma_b - i\gamma_w) dz'$$

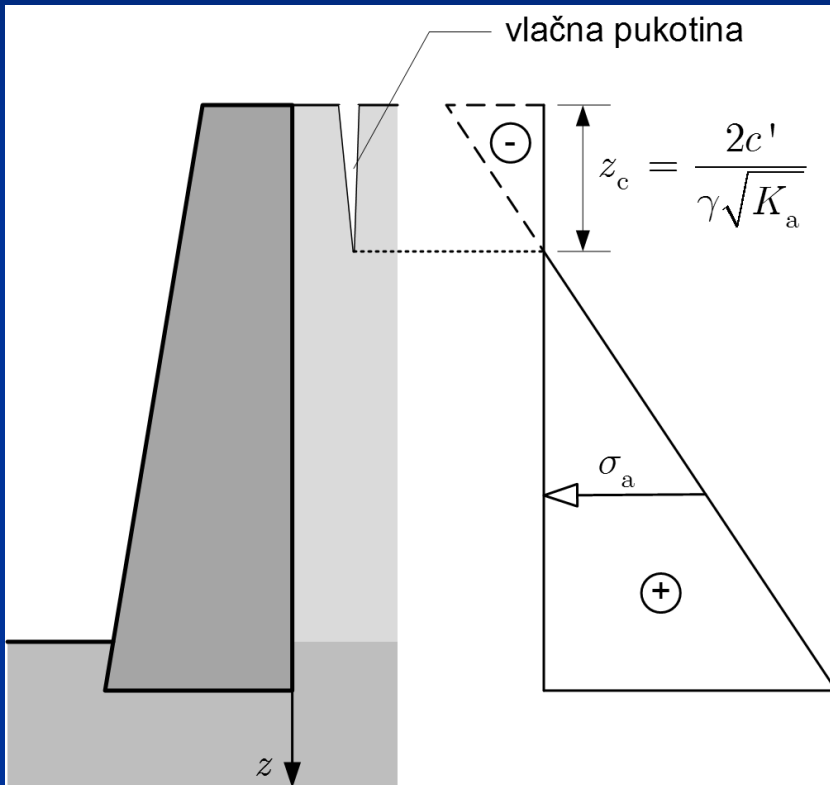
$$\sigma_{p\text{lijevo}}(z') = \sigma_{v'\text{lijevo}}(z') K_{ph}$$

$$\sigma_{h\text{lijevo}}(z') = \sigma_{p\text{lijevo}}(z') + u_{\text{lijevo}}(z')$$

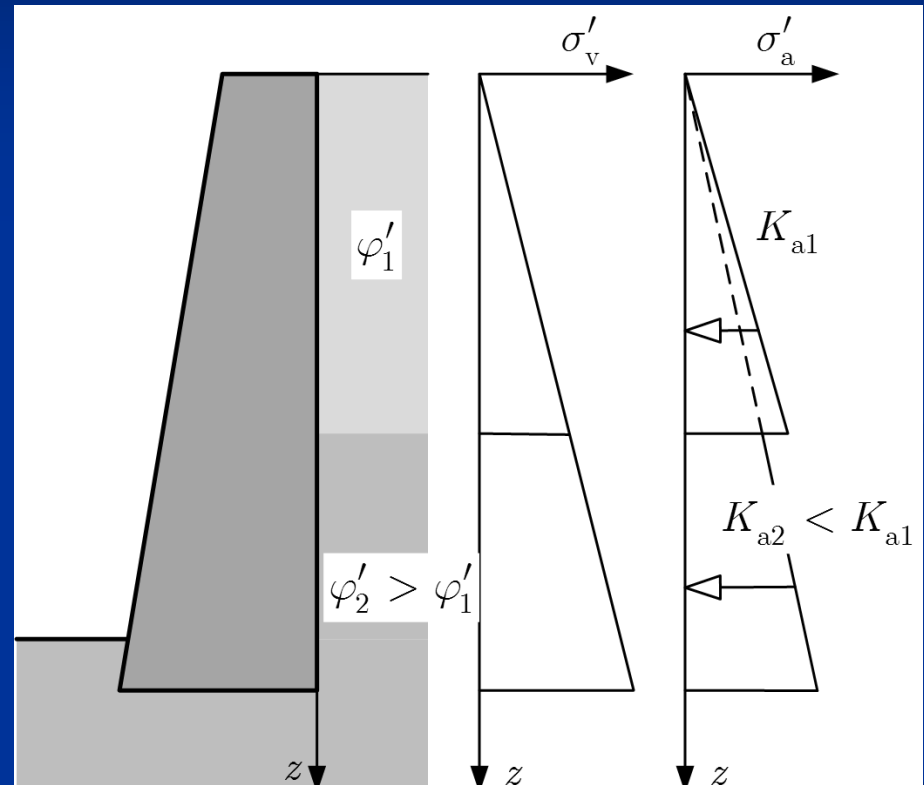
HIDRAULIČKI SLOM (lijevo) $\gamma' \leq 0$ EC7: $1.35 u \leq 0.9 \sigma_v$

Drugi utjecaji na pritiske na zidove

Vlačne pukotine



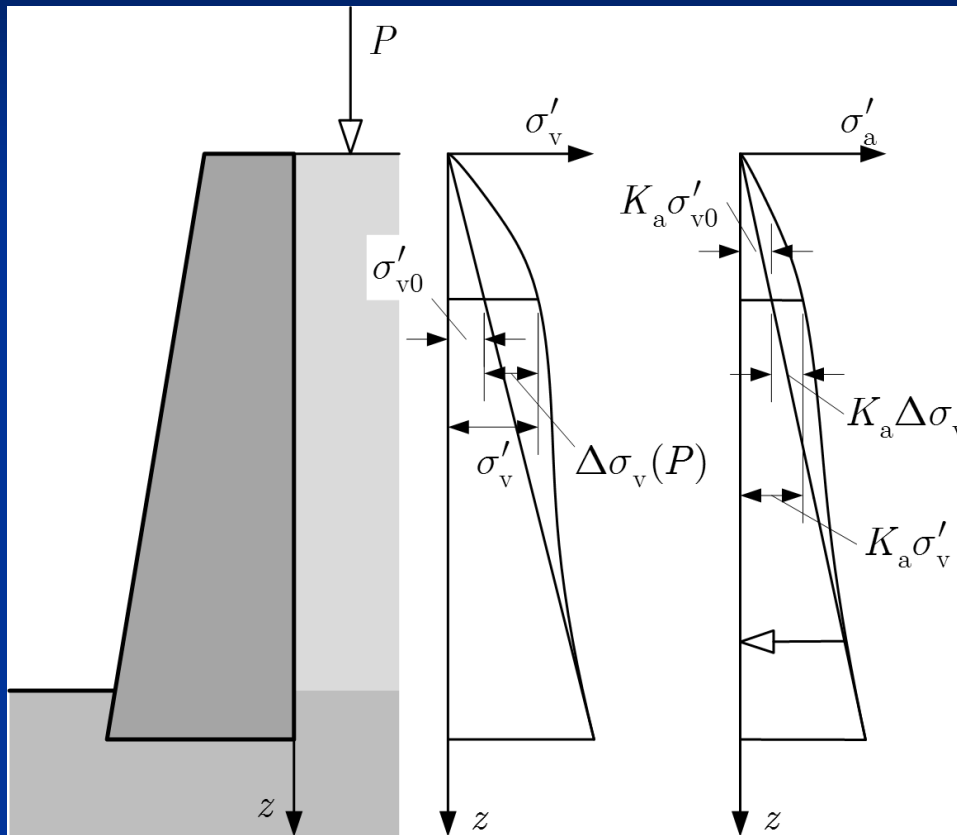
Uslojeno tlo



Slika 5-18 Utjecaj na aktivni tlak i pasivni otpor: (a) vlačne pukotine, i (b) uslojeno tlo s različitim kutovima trenja

Drugi utjecaji na pritiske na zidove

Utjecaj površinskog opterećenja



- Više teorija
- Najčešće kao za elastični poluprostor

Slika 5-19 Utjecaj površinskog opterećenja na veličinu aktivnog tlaka; dodatno vertikalno naprezanje u tlu, izazvano površinskim opterećenjem određuje se najčešće kao za elastični poluprostor

Drugi utjecaji na pritiske na zidove

Utjecaj trenja između zida i tla

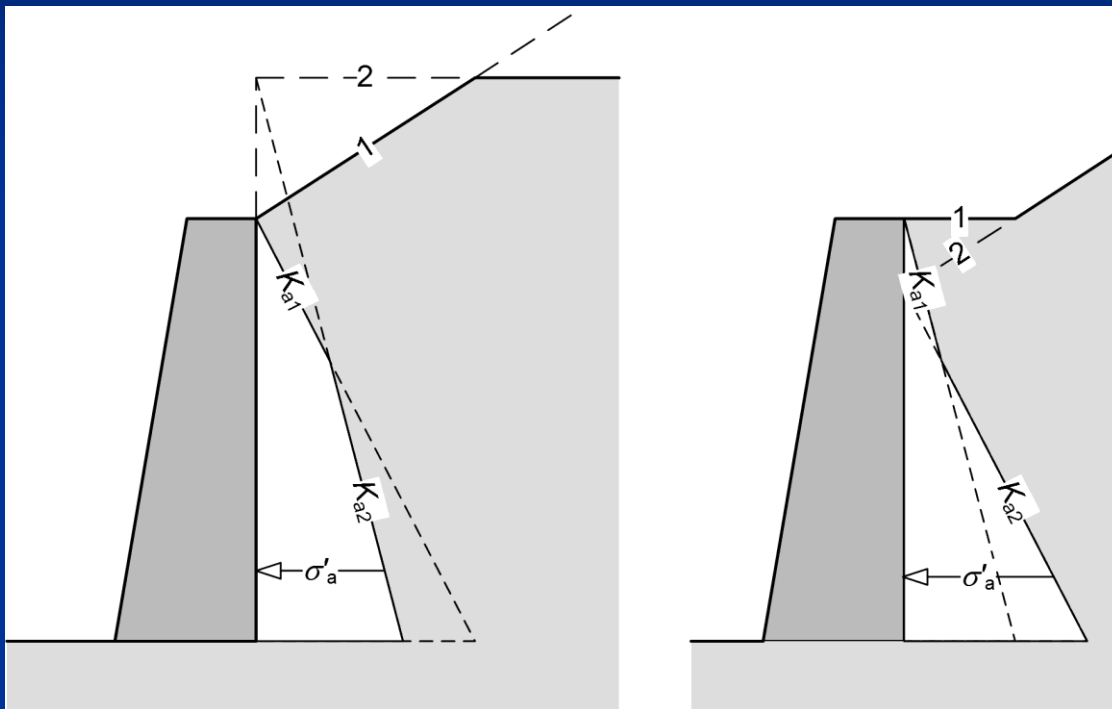
Tablica 5-4 Preporučene vrijednosti parametara trenja između zida i tla

slučaj	drenirani uvjeti		nedrenirani uvjeti	
	c_w'	δ'	c_w	δ
hrapavi zid, izliven u tlu	0 (EC7)	φ' (EC7)	$\frac{1}{2}c_u$	0
glatki zid, pred gotovljen	0 (EC7)	do $\frac{2}{3}\varphi'$ (EC7)	$\frac{1}{2}c_u$	0
zabijene talpe, neposredno nakon zabijanja	-	-	0 (EC7)	0 (EC7)

$$\tau_{f; \text{zid}} = c_w' + \sigma' \tan \delta' \quad (5.45)$$

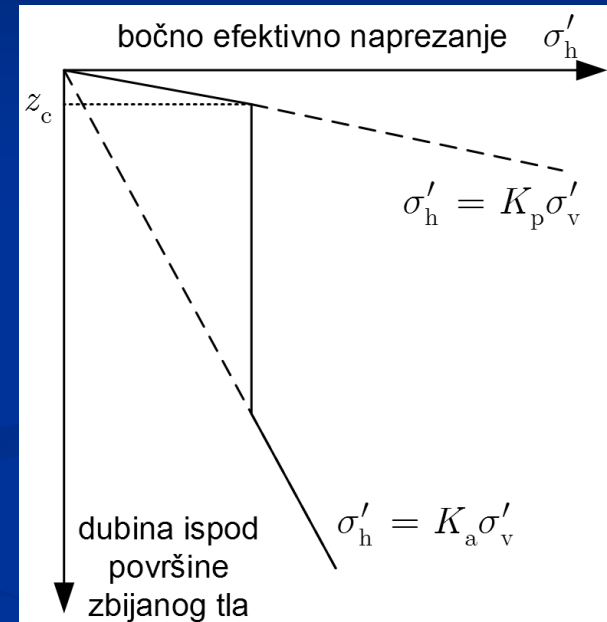
Drugi utjecaji na pritiske na zidove

Utjecaj izlomljene površine terena



Slika 5-20 Približno određivanje aktivnog tlaka (i pasivnog otpora) za slučaj izlomljene površine terena

Utjecaj zbijanja tla iza zida



Slika 5-21 Dodatni bočni pritisci na zid izazvani zbijanjem nasipa iza zida (prema Ingold, 1979)

$$z_c = \frac{1}{K_p} \sqrt{\frac{2p}{\pi\gamma'}}$$

Građevna jama – centar “Branimir”



Građevna jama – centar “Branimir” - monitoring

