

PREDAVANJE BR. 3. drugi dio

SANACIJA KLIZIŠTA

/ Napomena: pogledati predavanje o stabilnosti kosina i sanaciji klizišta u Geotehničkom inženjerstvu /-

Kada nastane klizište pokreće se određeni volumen tla / stijene određenom brzinom pomaka dok se ne uspostavi novi ravnotežni sustav. To pomicanje klizne mase prouzročit će deformacije kliznog tijela, pomake okolnog tla, oštećenja objekata u okolini klizanja i / ili na putu klizanja, pojave dodatnih klizanja (povećanje volumena uzastopnim kliznim plohama), promjenu toka podzemne vode i onesposobljavanje dijela ili čitave prometnice za prometovanje. Nastalo klizište se sanira. Sanacija klizišta označava zahvat kojim se postiže stabilnost nestabilnog dijela padine (klizišta). Taj se zahvat može izvesti na razne načine, ovisno o okolnostima na terenu, dostupnim i provedivim tehnologijama provedbe i očekivanim troškovima sanacije.

Prilikom projektiranja prometnice ocjenjuje se hoće li konačna forma zahvata (zasjeka, usjeka) izazvati nestabilnost tla i već tada se projektiraju mjere kojima će se preduhitriti nastanka klizišta. I te mjere spadaju u kategoriju sanacije tla radi sprječavanja nastanka klizanja. To se lako može shvatiti preko faktora sigurnosti na klizanje, F_s . Ako taj faktor nema dovoljnu sigurnost protiv klizanja potrebno je nekim mjerama to osigurati, a to znači poboljšati stanje zahvata da bude dovoljno siguran, provodeći određene mjere.



Slika 1. Tipično klizište nastalo na cesti – odron terena ceste u zasjeku

Za uspješnu analizu uzroka i mogućih načina sanacije klizišta potrebna su sljedeća saznanja :

- Fizikalne ograničenja I dimenzije klizišta
- Potencijalni i vjerojatni uzroci klizanja
- Veličina i brzina klizanja klizne mase
- Preporuke za korektivne akcije i vrednovanje budućeg rizika

Tipične aktivnosti istraživanja klizišta i procesa analize podrazumijevaju sljedeće:

1. Početak projekta
 - Identifikacija dostupnih preliminarnih informacija
 - Identifikacija ograničenja u projektu (financijskih, estetskih, okolišnih i sl.)
2. Pregled dostupnih geotehničkih podataka
 - Pregled svih ranijih geotehničkih izvještaja i informacija vezanih uz projekt
 - Identifikacija povijesti klizišta i šireg područja, određivanje specifičnih podataka vezanih za lokaciju
 - Prikupljanje podataka o konturi klizišta, porječnim presjecima i nacrtima
3. Planiranje aktivnosti na terenu
 - Odrediti potrebu bušenja
 - Odrediti potrebne informacije za provedbu analiza
 - Odrediti preliminarne zahtjeve za potrebnom opremom
 - Identificirati ograničenja na terenu, uskladiti planirane aktivnosti s tim, pregled lokacije
 - Odrediti plan terenskih istraživanja
4. Plan uzorkovanja i ispitivanja tla
 - Odrediti način uzorkovanja i potrebu ispitivanja
 - Definirati potrebu in situ ispitivanja i opažanja (vrsta, oprema, pozicije)
 - Popisati informacije sa terena
5. Izraditi pregled svih raspoloživih informacija sa terena
 - Pregled informacija o profilu tla
6. Provedba analiza i izrada izvještaja
 - Pregledati raspoložive informacije i provjeriti da li su dostupni svi relevantni podaci
 - Provesti prikladne analize
 - Izraditi izvještaj

Nakon ovih radnji izrađuje se projekt sanacije klizišta u kojem se usvaja najprikladnija metoda sanacije i uvjeti njene provedbe (tehnologija, dinamika, raspored aktivnosti, opažanje i mjerenje, kontrola aktivnosti, izvještavanje).

Najčešće se koriste sljedeće metode sanacije klizišta uz prometnice :

- a – premještanje mase
- b – potporne konstrukcije
- c – promjena režima strujanja podzemne vode
- d – površinski drenovi
- e – čavlane konstrukcije i druge metode sidrenja
- F - elektroosmoza

MEHANIZMI KLIZANJA I UZROCI KLIZANJA

Za uspješnu sanaciju klizišta / padine potrebno je znati objasniti prirodu i uzroke pojave nestabilnosti, a naročito položaj klizne plohe.



Slika 2. Na nastalom klizištu može se pažljivim otkapanjem ustanoviti klizna ploha, ako je plitko ispod površine na mjestu otkopa; prepoznata se kontaktna razlika raznih vrsta tla i eventualno i predominantna ploha klizanja ; nagib te plohe može pomoći u rekonstrukciji oblika ukupne klizne plohe

Ako je klizište nastalo davno, prije izvedbe prometnice, što se utvrđuje geološkim istražnim radovima, moguće je istražnim radovima i opažanjem ustanoviti dubinu klizne plohe i čvrstoću tla na kliznoj plohi. Za to mogu poslužiti piezometri za mjerenje promjene nivoa podzemne vode, inklinometri za paćenje pomaka tla po dubini bušotine i definiranje klizne plohe, te istražni radovi u laboratoriju kojima se može ustanoviti čvrstoća pri velikim deformacijama – dakle preostala čvrstoća (rezidualna čvrstoća) u tlu, koja može poslužiti za povratni račun stabilnosti za dokaz nastanka klizanja i njegovu geometriju, te za projektiranje mjera sanacije.

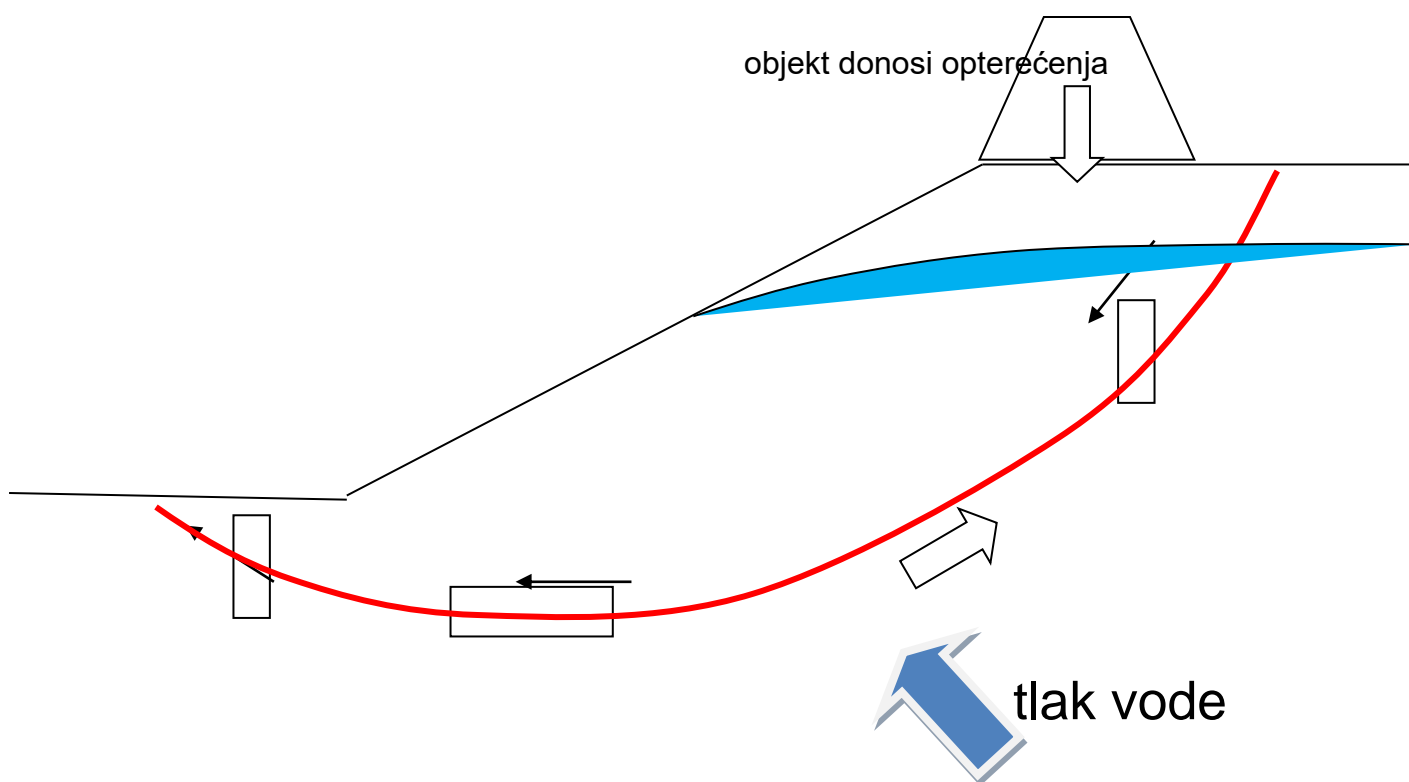
Klizanje nastaje kada u tlu djeluju naprezanja veća od njegove čvrstoće.

Kako je čvrstoća tla definirana Mohr-Coulombovim zakonom čvrstoće kao

$$\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi', \quad (1)$$

mogu se razmatrati sljedeće uzroke pojave prekoračenja posmične čvrstoće tla:

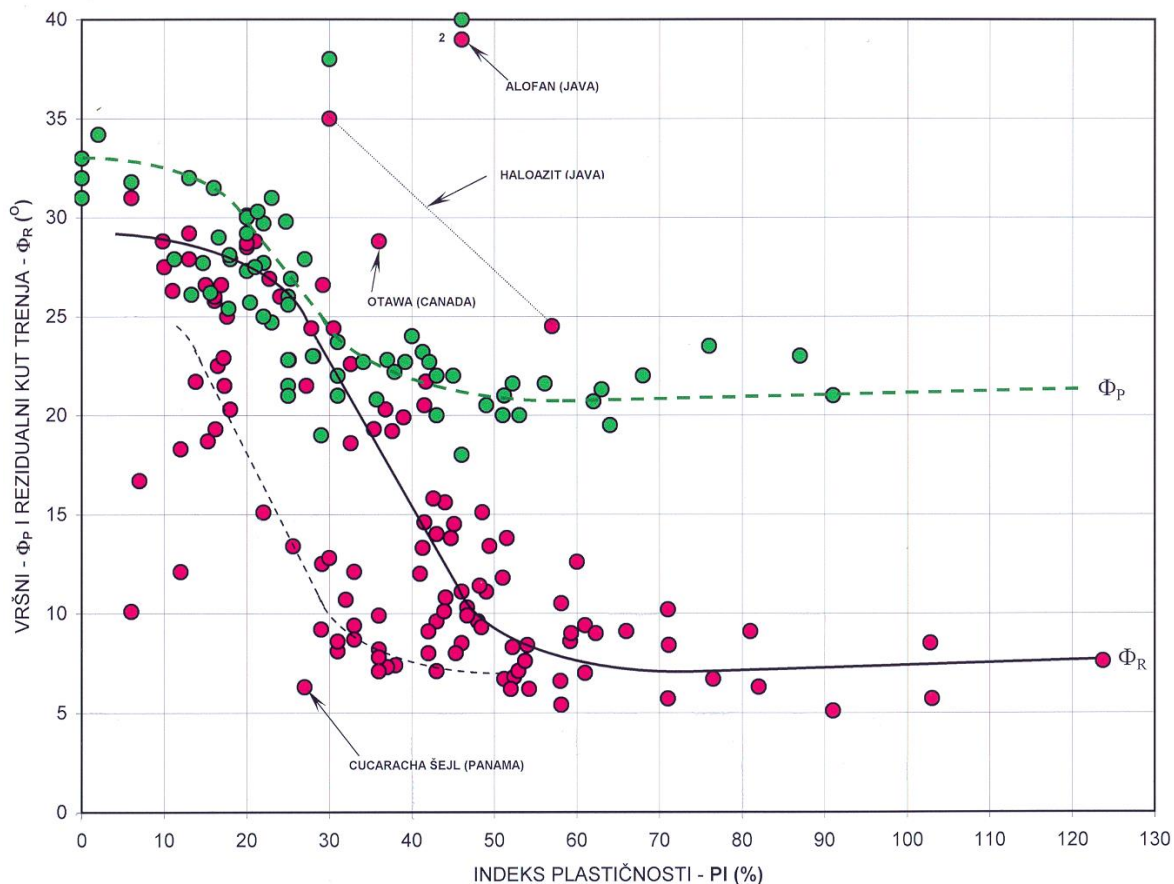
- pojava povećanog pornog tlaka – izaziva pad efektivnih naprezanja i pad čvrstoće tla,
- pojava dodatnih opterećenja (vanjskih) (npr. izvedba objekta, nekontrolirani iskopi i izvedba nasipa i sl.,
- djelovanje potresa.



Slika 3. Klizno tijelo trpi opterećenje od vanjskih sila i od djelovanja vode; uvjeti posmika duž klizne plohe su različiti : troosni tlak, izravni posmik, troosni vlak

Analiza klizanja mora obuhvatiti i analizu razvoja pornih tlakova u zoni mogućeg klizanja – potrebno je provjeriti strujanje vode u padini, iz toga odrediti porne tlakove i uz te uvjete provjeriti stabilnost padine (npr. programom Geoslope).

Parametri čvrstoće tla mogu se odrediti in situ istražnim radovima (npr. CPT, krilna sonda – drenirani i nedrenirani parametri), ili na uzorcima tla u laboratoriju (razl. vrste posmika tla). Vrlo je korisno usporediti te parametre s onima koji se iz iskustvenih dijagrama povezanih s klizanjem mogu odrediti na temelju jednostavnih fizikalnih svojstava tla, kao na slici 4.



Slika 4. Ovisnost vršnog i rezidualnog kuta trenja o plastičnosti tla

Veća plastičnost tla umanjuje kut unutarnjeg trenja – i vršnu i rezidualnu vrijednost. Niske vrijednosti rezidualnog kuta trenja (kohezija je nula nakon pojave klizanja) objašnjavaju zašto se na relativno blagim padinama mogu pojaviti klizanja.

Analiza stabilnosti pokosa / klizanja tla oko prometnice provodi se na temelju istražnih radova (teren+ laboratorij) uz pažljiv odabir modela klizanja i uzimanja u obzir uvjeta u tlu u zoni razmatranja.

(PODSJETNIK:

1. faza – preliminarna istraživanja

AEROFOTOSNIMCI , PREGLED TERENA, PREGLED OBJEKATA, OPĆA GEOLOŠKA KARTA

2. faza – glavni istražni radovi

1. ISTRAŽNI RADOVI NA TERENU

– BUŠENJA, - BROJ, DUBINA (MIN 5 M ISPOD KLIZNE ZONE) - - UZORKOVANJA, - NEPOREMEĆENI UZORCI

PIEZOMETRI – MJERENJE NIVOA VODE

MJERENJA – POMACI TLA I OBJEKATA

2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA – KLASIF. + POSMIK

PAŽLJIV ODABIR UZORAKA I PARAMETARA TLA

3. faza

MODEL KLIZANJA – RASPORED SLOJEVA, UTJECAJ VODE)

Presudno je dobro oponašanje i modeliranje uvjeta u tlu : višestruke klizne plohe, plitke i duboke, provjeravaju se na modelu koji se zove geotehnički model klizanja a koji je nastao kompilacijom svih podataka –geoloških, geotehničkih i hidrogeoloških.

Uzroci pojave kliženja:

- promjena prosječnog nagiba kosine

(nasipavanje u gornjem dijelu, iskop u donjem dijelu),

- promjena razine podzemne vode i promjena strujanja podzemne vode

(porast vode u nožici, klimatske promjene, promjena vegetacije, porast dinamičkih sila – strujanja),

- smanjenje čvrstoće tla u kosini

(promjena čvrstoće ka rezidualnoj pri dugotrajnom kliženju, utjecaj kemikalija u vodi, izmjena iona, pad efektivnih naprezanja zbog porasta pornih tlakova),

- porast aktivnih sila dodatnim opterećenjem padine

(izvedba objekata, nasipavanje u gornjem dijelu, iskop u donjem dijelu padine).

METODE SANACIJE KLIZANJA

Svaka mjera sanacije klizišta podrazumijeva postizanje jednog ili oba od sljedeća dva efekta:

- povećanje posmične čvrstoće (smanjenjem pornih tlakova, injektiranjem, elektroosmozom, opterećenjem donjeg dijela kliznog tijela),
- smanjenje aktivnih sila (premještanje mase, promjena strujanja vode, izvedbom potpornih konstrukcija, dreniranje).

Tablica 1. Efekti pojedinih mjera sanacije klizišta (prema Nonveiller, 1987)

mjera	utjecaj na stabilnost, vrsta tla	
	koherentno tlo	nekoherentno tlo
1. skretanje strujnog tlaka dreniranjem i sniženje nagnute razine podzemne vode	poboljšanje	znatno poboljšanje
2. rasterećenje gornjeg dijela klizišta	poboljšanje	Poboljšanje
3. opterećenje donjeg dijela klizišta	malo poboljšanje	Poboljšanje
4. zajedničko djelovanje rasterećenja gornjeg i opterećenja donjeg dijela klizišta	poboljšanje	znatno poboljšanje
5. potporne konstrukcije i piloti	poboljšanje	Poboljšanje

Kad klizenje nije rezultat djelovanja strujanja vode i pornog tlaka jedina dobra mjera je premještanje masa i podupiranje potpornom konstrukcijom.

Koliko je poboljšanje dovoljno : smatra se da je poboljšanje u porastu F_s od 25% dovoljno za pozitivan rezultat sanacije.

Tablica 2. Ostvarena povećanja faktora sigurnosti u nekim zahvatima u Hrvatskoj (prema Nonveiller, 1987)

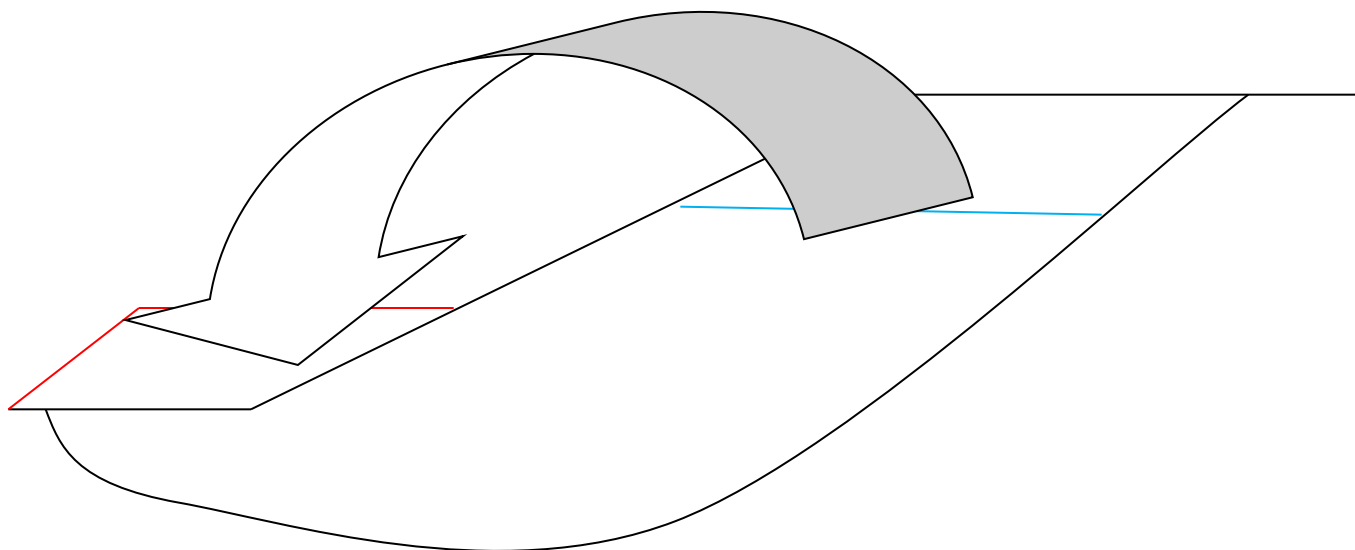
Tablica 7.2.

Povećanje faktora sigurnosti mjerama asanacije nekih klizišta

Klizište	Mjere asanacije	Materijal	Faktor sigurnosti		
			F_s	F_{ss}	$F_{ss}:F_s$
Zalesina ¹	prirodni pomak, jedan dren	rasp. rabeljski škriljavac	1,0	1,14	1,14
Prekrižje ²	drenažni usjeci	diluvijalna glina	1,03	1,30	1,25
Valiči ³	cijevni drenovi i usjeci	raspadnuti lapor	1,01	1,50	1,49
Jelenovac I ⁴	cijevni drenovi	diluvijalna glina	0,823	1,083	1,32
Jelenovac II ⁵	cijevni drenovi	dijuvijalna glina	0,973	1,224	1,26

Napomene: F_s prije, F_{ss} poslije asanacije; ¹Nonveiller (1956), ²Nonveiller (1964), ³Arhiv Geoeexpert Zagreb, ⁴Nonveiller i dr. (1971), ⁵Nonveiller (1970)

a) PROMJENA RASPOREDA MASA – ISKOP I NASIPANJE



EFEKTI:

- smanjenje težine kliznog tijela i rasterećenje posmičnog naprezanja u gornjem dijelu kliznog tijela

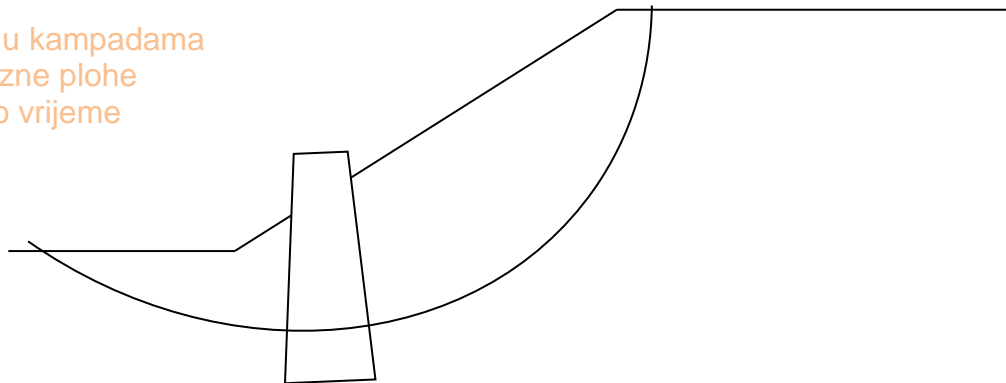
- povećanje vertikalnog naprezanja u nožici kosine čime se povećavaju posmična naprezanja na kliznoj plohi
- koristi se materijal koji postoji
- nedostatak: često je teško izvesti, često nedovoljan efekt
- potrebno osigurati dobro dreniranje prema dole, pogotovo u nožici, zbog čega se često izvode i vertikalni drenovi, s filtarskim materijalom i geotekstilom

b) POTPORNE KONSTRUKCIJE – PILOTI, ZIDOVI

CILJ SANACIJE: PREUZETI SILE KLIZANJA POTPORNOM KONSTRUKCIJOM

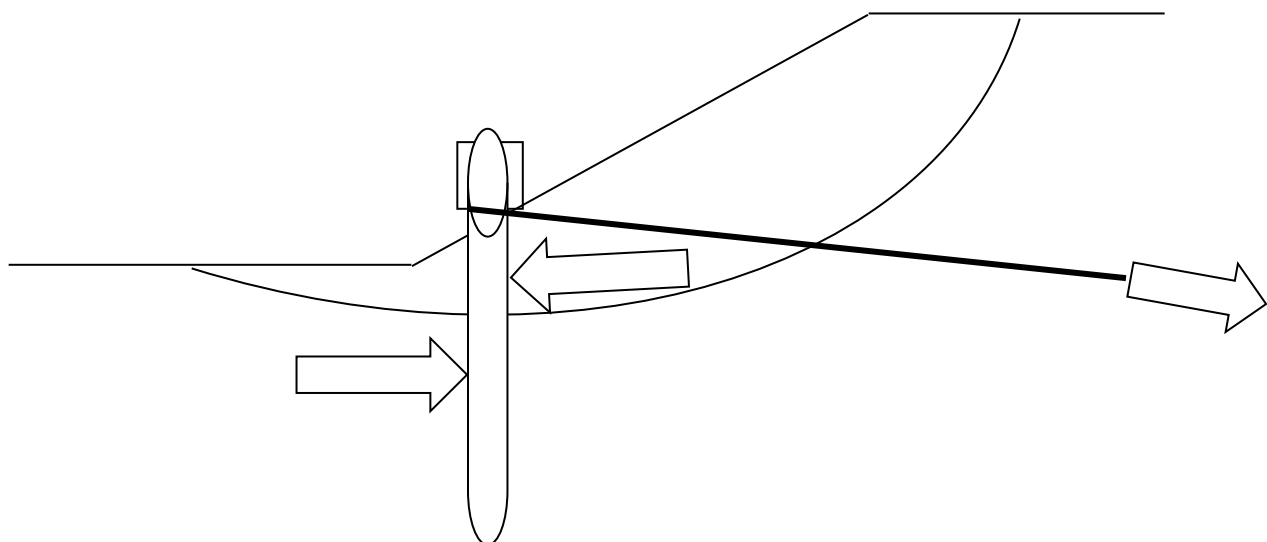
POTPORNI ZID

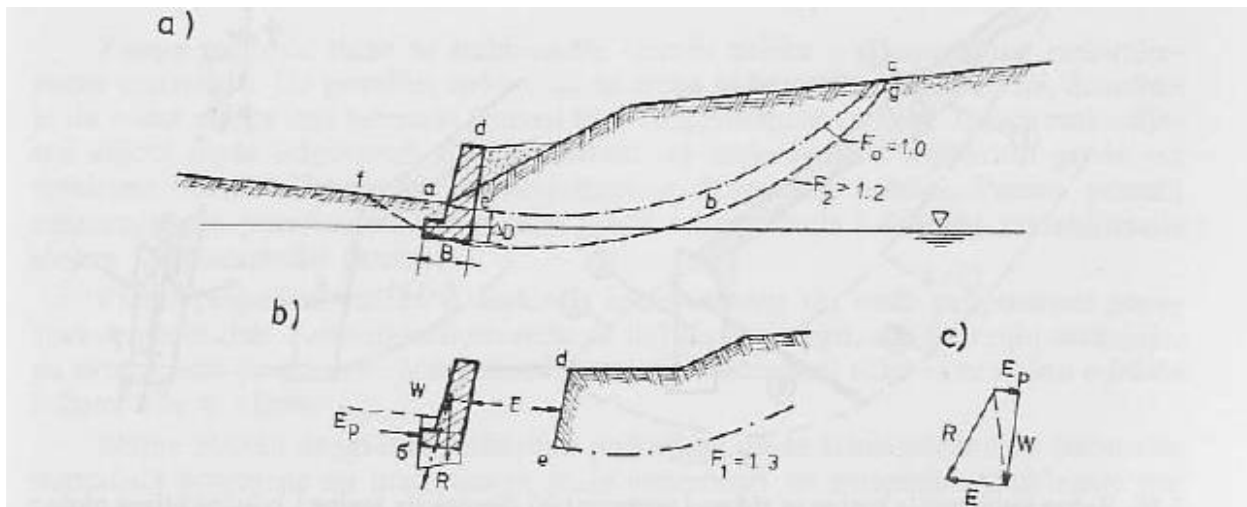
- izvedba u kampadama
- ispod klizne plohe
- potrebno vrijeme



PILOTI

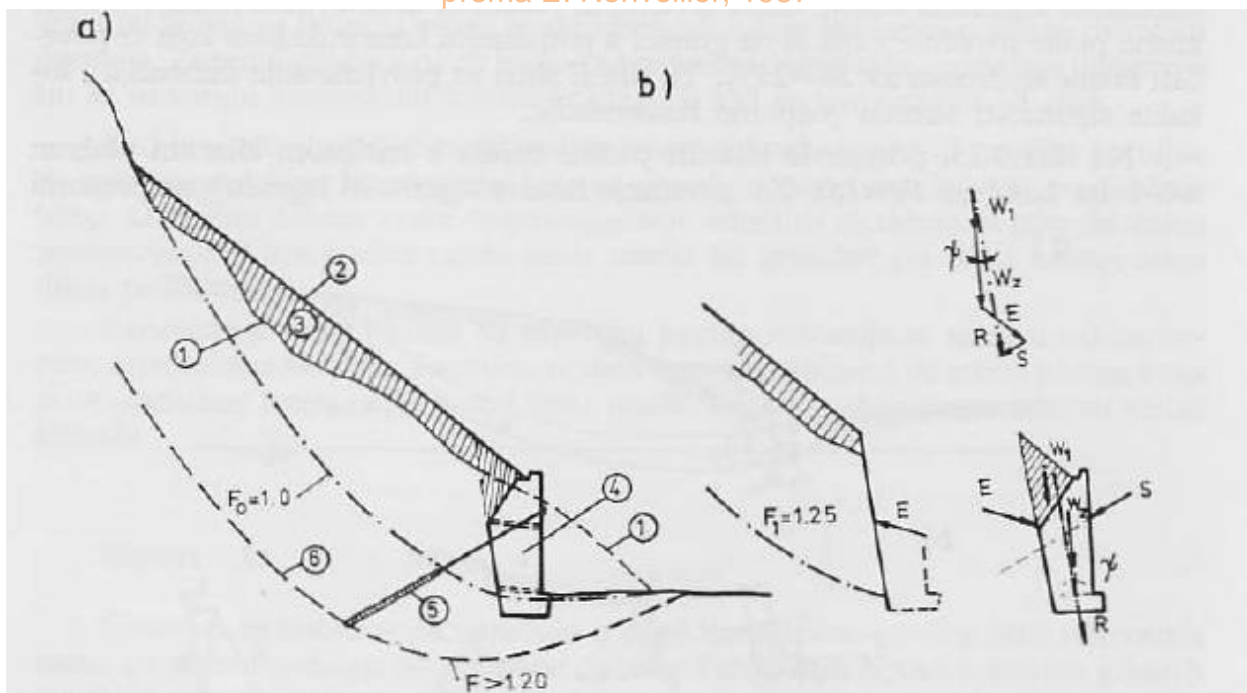
- zabijeni / bušeni, u liniji
- povezani naglavnom gredom
- često sidreni
- poseban proračun na horizontalnu silu – odrez, savijanje
- često sidrena konstrukcija





7.25. Shema za račun stabilizacijskog djelovanja potpornog zida uz stopu klizišta: (a) padina s kritičnim kliznim ploham bez zida i s njim, (b) shema računa sile E koja djeluje na zid, (c) poligon sile za račun stabilnosti zida

prema E. Nonveiller, 1987



7.26. Račun stabilizacije kosine sa zidom i zategom: (a) dispozicija kosine i kritična klizna ploha; (b) sila E računana da poveća faktor sigurnosti kritične plohe na $F_s = 1,25$ i račun zida, (1) prvobitna površina terena, (2) uređena kosina, (3) nasut materijal, (4) masivni betonski zid, (5) zatega, (6) kritična klizna ploha padine sa zidom i zategom

prema E. Nonveiller, 1987

Viggiani (1981) predložio je tri osnovna mehanizma za proračun sile što je pojedini šip može prenijeti iz klizne zone (mase) u čvrstu podlogu, koji su skicirani na slici 7.34. Pretpostavlja se pri tome da je šip u zasićenoj glini s nedreniranom čvrstoćom c_u i $\Phi=0$. Reakcija koja nastaje pri međusobnom pomaku između tla i šipa može se približno izraziti sa:

$$p = c_u N_c B \quad (\text{kN/m}) \quad (7.18)$$

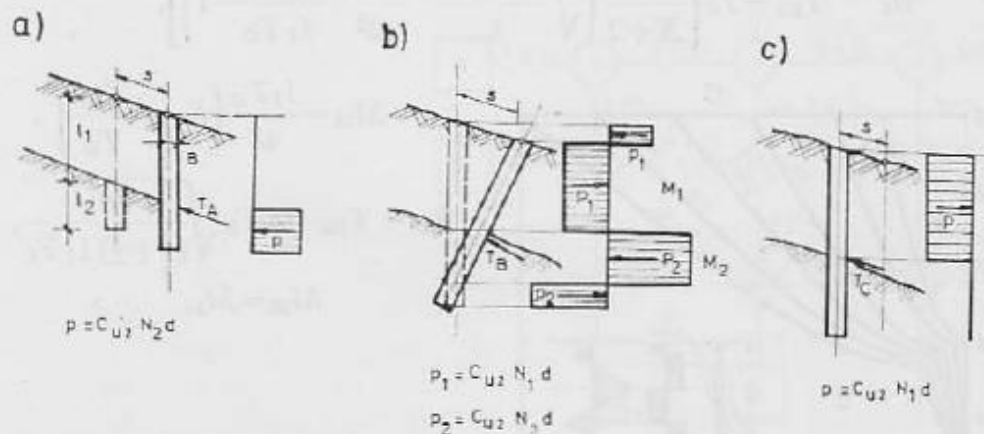
B – promjer šipa
 N_c – faktor otpora

Faktor otpora iznosi prema objavljenim podacima raznih autora (Viggiani, 1981):

$N_{c1} = 2,8 - 4$, kad se teren pomiče oko šipa što miruje u čvrstoj podlozi;

$N_{c2} = 6 - 11$, kad se šip pomiče skupa s klizištem u čvrstoj podlozi.

Mehanizam (a) na slici 7.34. nastaje kad je otpor za smicanje šipa kroz tlo veći u masi klizišta nego u podlozi pa je $c_{u1} N_{c1} d l_1 > c_{u2} N_{c2} d l_2$. Dodatna je sila na kliznoj plohi:



7.34. Osnovni mehanizmi popuštanja šipa u klizištu: (a) klizište gura šip kroz podlogu, (b) klizište naginje šip u podlozi, (c) klizište prolazi mimo šipa koji je nepomičan u podlozi (Viggiani, 1981), s pomak klizišta

prema E. Nonveiller, 1987

c) PROMJENA STRUJANJA – DRENOVI

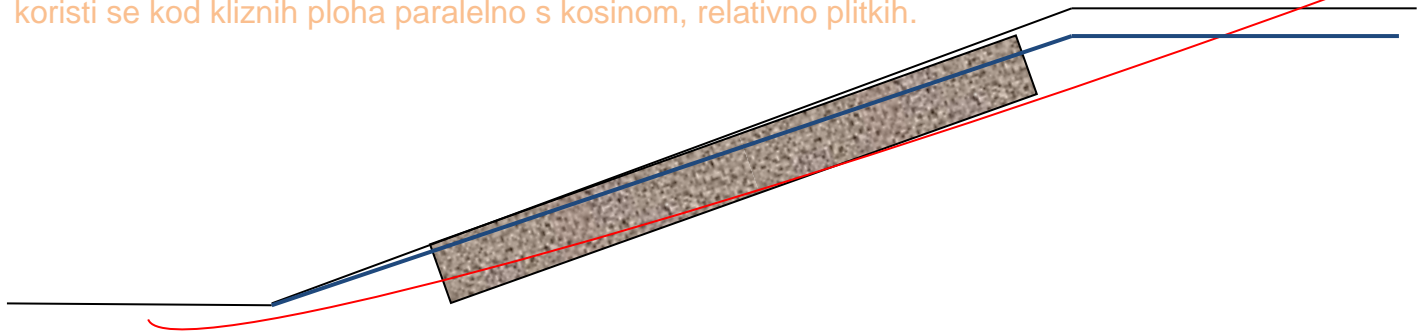
- promjena strujanja donosi smanjenje pornih tlakova
- smanjenje pornih tlakova izaziva povećanje efektivnih naprezanja, a time i povećanje posmične čvrstoće
- za promjenu pornih tlakova potrebno je izazvati promjenu strujanja, što zahtijeva vrijeme, pri čemu se uz povećanje efekt. naprezanja pojavljuje i dodatna konsolidacija

DVA SUSTAVA DRENIRANJA:

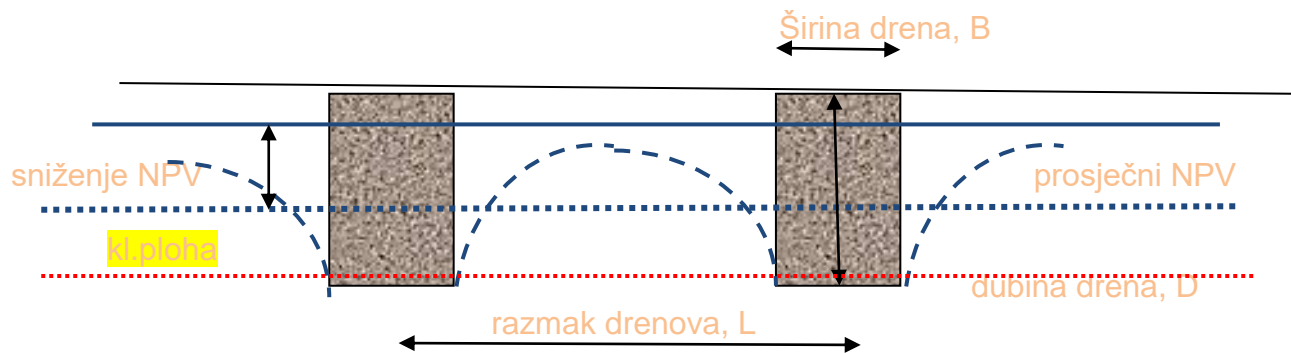
1. površinski drenovi – za plitka klizanja, površinska
2. bušeni drenovi (u dubini tla) – za dubinska klizanja

POVRŠINSKI DREN: POTREBNO ODREDITI DUBINU DRENA I NJIHOV RAZMAK

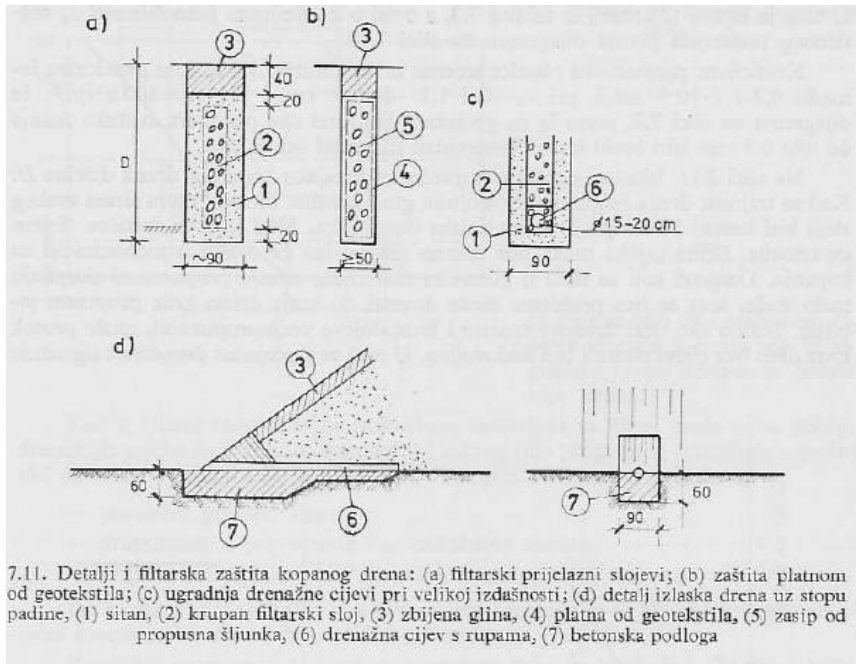
koristi se kod kliznih ploha paralelno s kosinom, relativno plitkih.



POPREČNI PRESJEK KROZ DREN

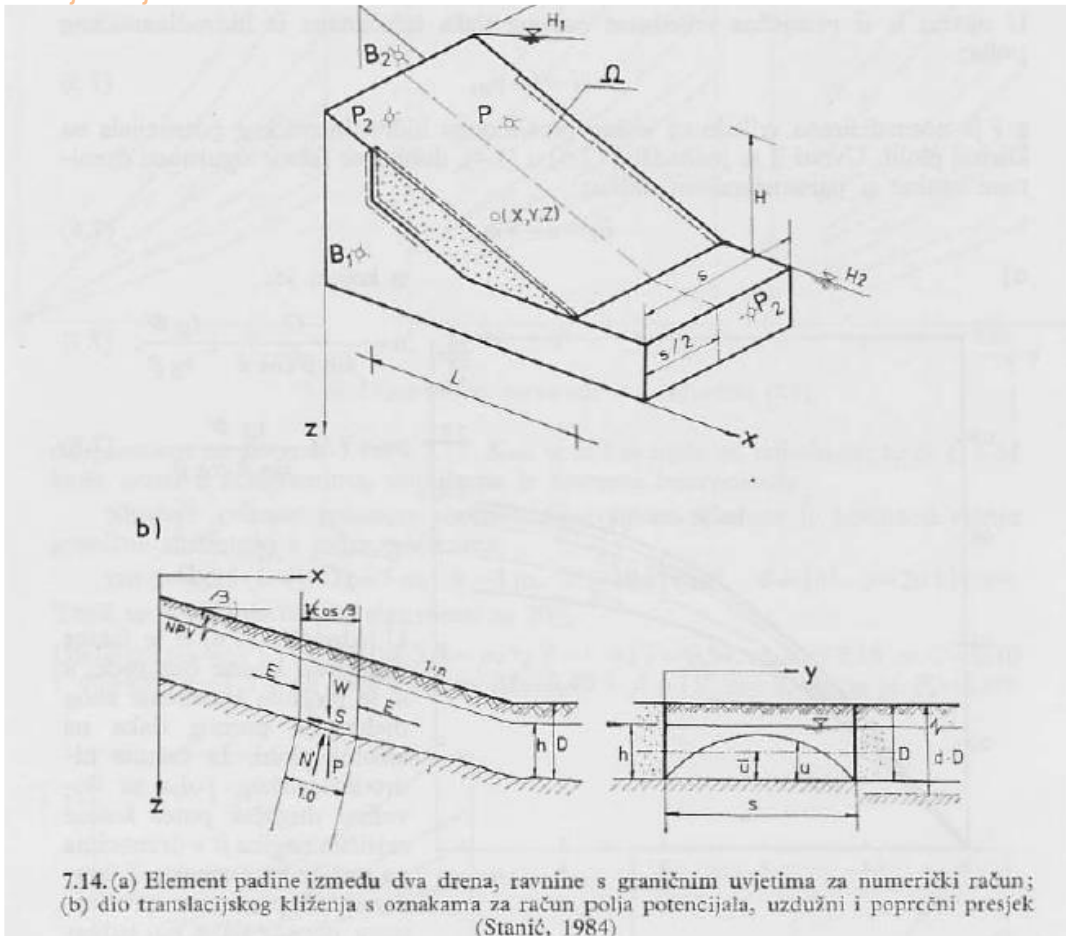


- kopani površinski kanali
- odvodnja cijevima
- filtarsko pravilo
- skupljanje u šaht – kanalizacija oborinske vode



prema E. Nonveiller, 1987

Projektiranje: cilj – odrediti dubinu i razmak drenova



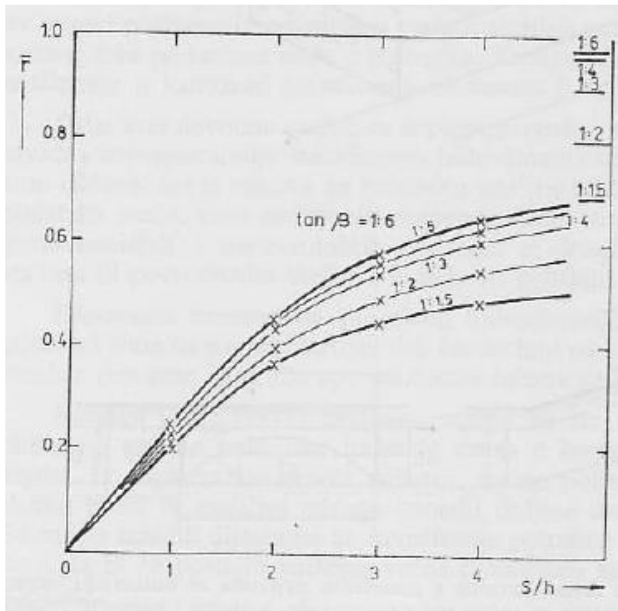
$$F_s = \frac{1}{\sin \beta \cos \beta} \left[\frac{c'}{\gamma D} + \left(\cos^2 \beta - \frac{\bar{u}}{\gamma D} \right) \operatorname{tg} \Phi' \right] \quad (7.4)$$

U njemu je \bar{u} prosječna vrijednost pornog tlaka izračunana iz hidrodinamičkog polja:

$$\bar{u} = \bar{r} h \gamma_w, \quad (7.5)$$

a \bar{r} je normalizirana vrijednost visine prosječnoga hidrodinamičkog potencijala na kliznoj plohi. Uvrsti li se jednadžba (7.5) u (7.4), dobiva se faktor sigurnosti drenirane kosine u parametarskom obliku:

$$F_s = n - \bar{r} m, \quad (7.6)$$

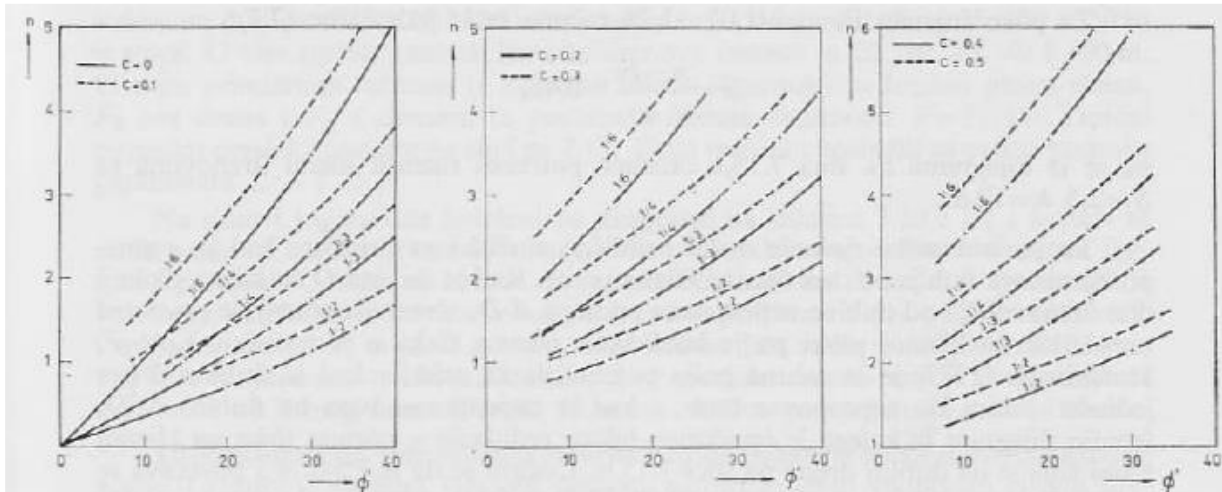


u kojem je:

$$n = \frac{C}{\sin \beta \cos \beta} + \frac{\operatorname{tg} \Phi'}{\operatorname{tg} \beta}, \quad (7.7)$$

$$m = \bar{r} M \frac{\operatorname{tg} \Phi'}{\sin \beta \cos \beta}, \quad (7.8)$$

$$C = \frac{c'}{\gamma D}, \quad M = \frac{\gamma_w h}{\gamma D}.$$



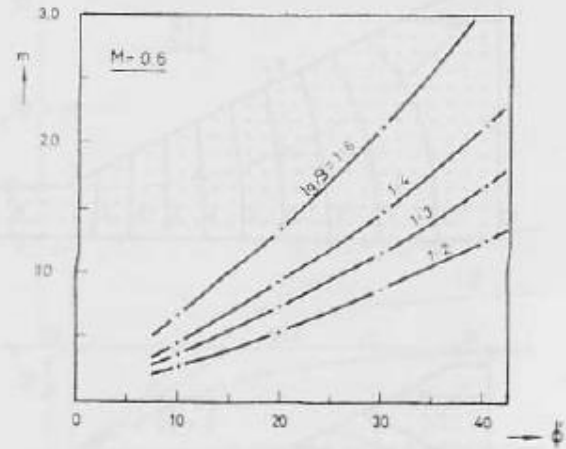
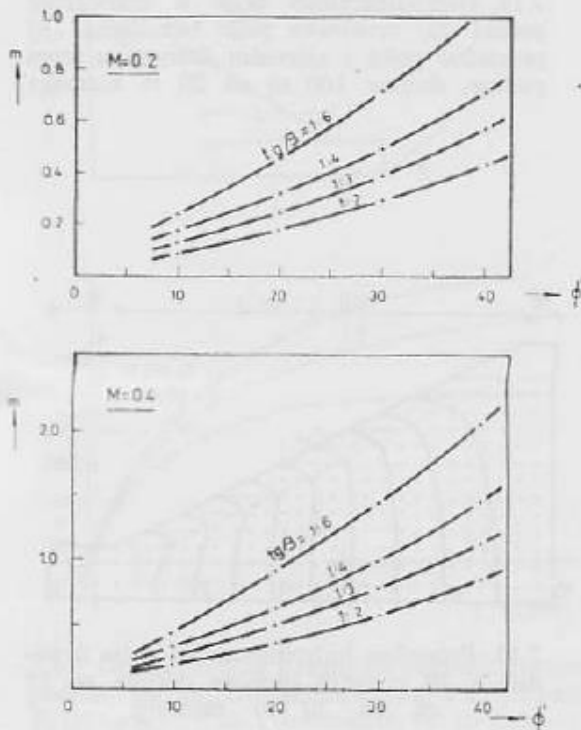
7.16. Dijagrami za parametar n u jednadžbi (7.8)

PRIMJER – KOPANI DRENOVI

Sljedeći primjer pokazuje služenje dijagramom. Zadana je kosina u stanju granične ravnoteže s ovim podacima:

$\tan \beta = 0,25$ (1:4), $D = 5$ m, $h = 4$ m, $c' = 10$ kN/m², $\Phi = 15^\circ$, $\gamma = 20$ kN/m³.
Traži se povećanje faktora sigurnosti za 20%.

Dijagram na slici 7.15.a daje sa $S/h = \infty$ $\tan \beta = 1:4$ i $\bar{r} = 0,94$, na slici 7.16. sa $C = 0,10$ i $\Phi = 15^\circ$, $n = 1,5$ i na slici 7.17. sa $M = 0,40$ i $\Phi = 15^\circ$ $m = 0,46$, pa je $F_s = 1,07$.



7.17. Dijagrami za parametar m u jednadžbi (7.8)

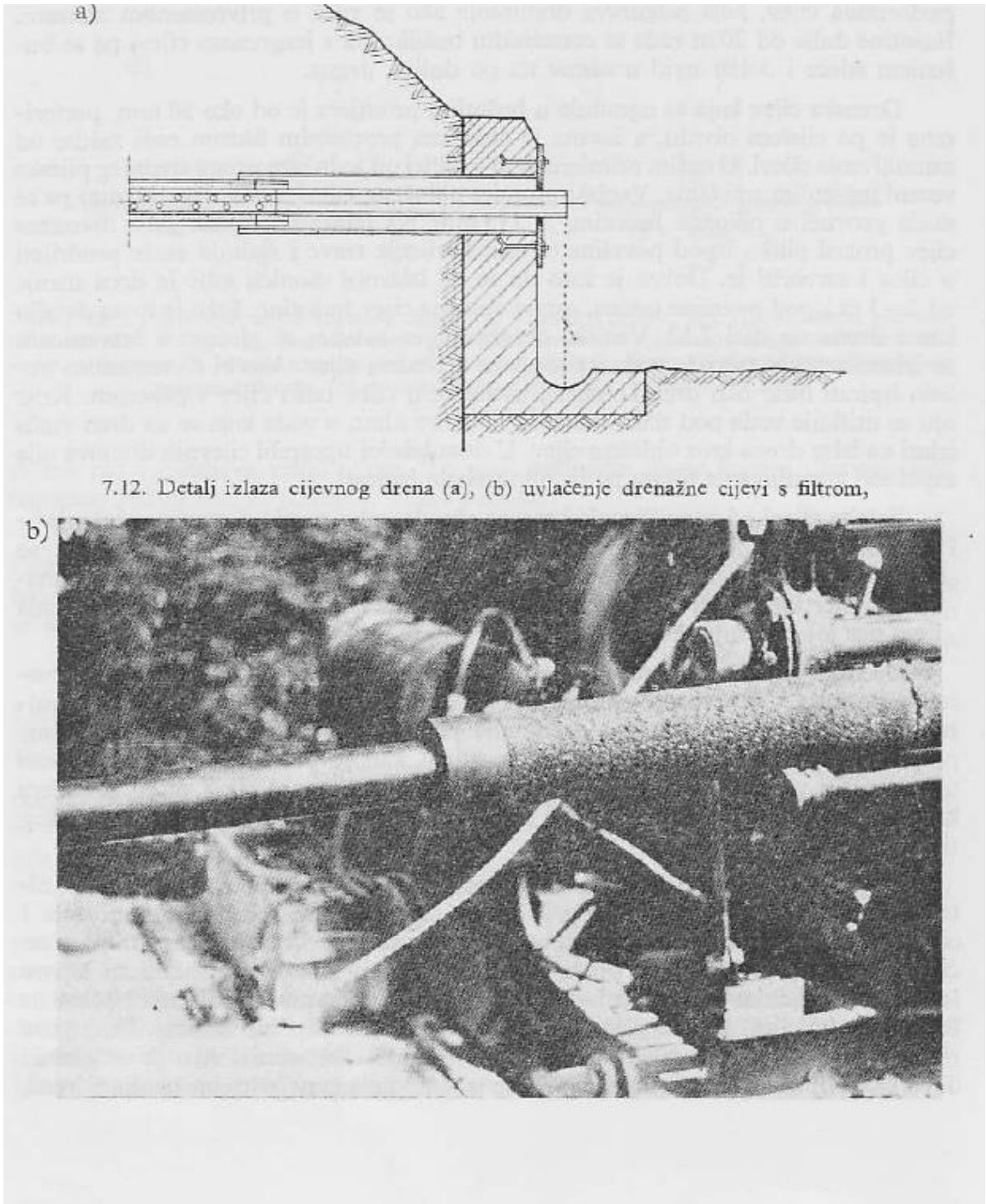
prema E.Nonveiller 1987.

BUŠENI HORIZONTALNI DRENOVI

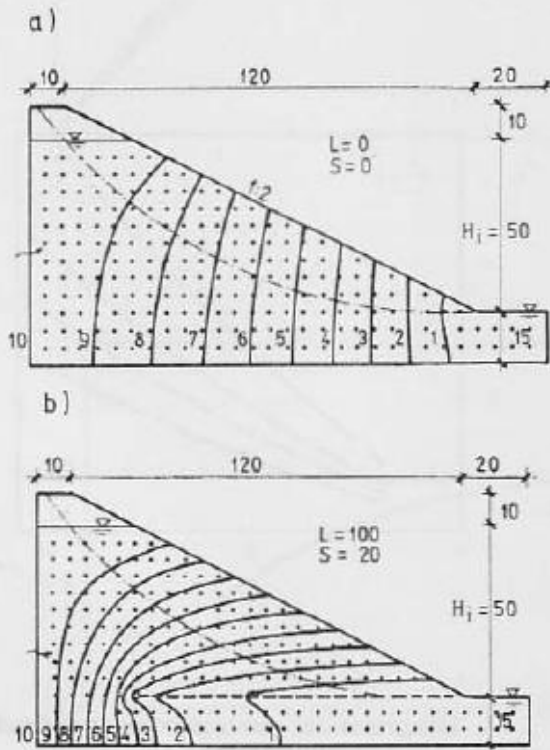
Izvide se kao horizontalne bušotine blago nagnute prema padini, cilj je promjena strujanja vode u zoni klizanja. Njihova duljina je takva da prolaze kroz kliznu plovu u područje iza nje.

Zahtjevi:

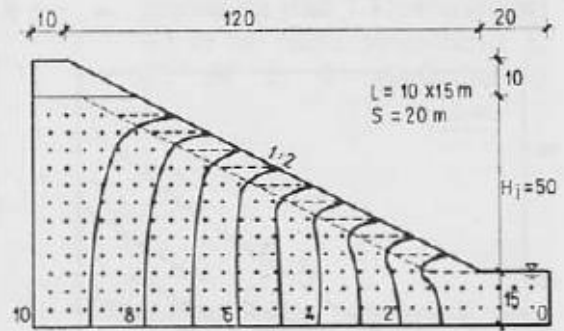
- dovoljan broj - duljina i razmak se određuju proračunom
- pravilna izvedba - filtarski sloj oko perforirane cijevi
- prihvat procijeđene vode na izlazu iz padine – šaht do odvoda
- potrebno vrijeme za promjenu strujne mreže (konsolidacija tla)



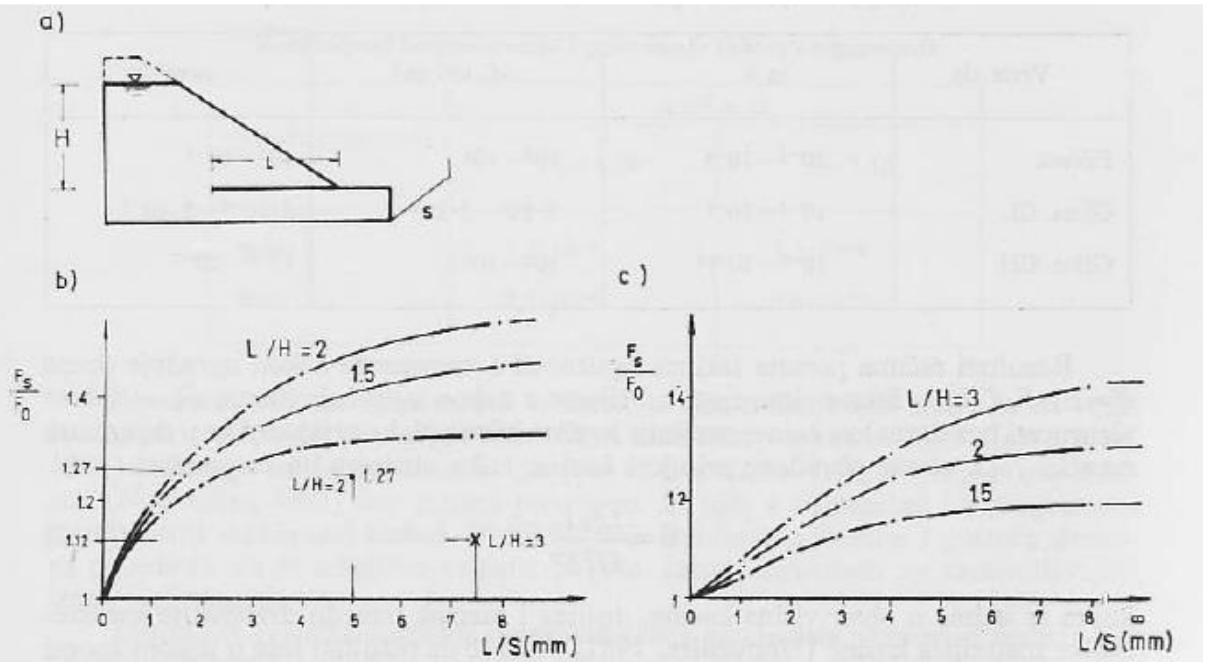
- horizontalne, blago nagnute bušotine
- duljina (l) ovisi o razmaku drenova (s), željenom faktoru sigurnosti i visini kosine
- proračun pomoću pripremljenih dijagrama ili prostornog procjeđivanja



7.18. Hidrodinamičko polje u homogenoj padini: (a) ravninsko polje bez drena, (b) prosječno polje s cijevnim drenom u stopi padine, duljine 100 m na 20 m razmaka



7.19. Prosječno hidrodinamičko polje u padini s 10 cijevnih drenova duljine po 15 m na 20 m razmaka



7.20. Utjecaj duljine i razmaka cijevnih drenova u stopi padine na faktor sigurnosti: (a) shema padine i oznake; (b) padina nagiba 1:2; (c) padina nagiba 1:3, F_0 faktor sigurnosti bez drenova, F_s faktor sigurnosti s drenovima, (x) 10 drenova po 15 m, $s=20$ m, (o) 2 drena po 50 m, $s=30$ m

Kontrola djelovanja sanacije:

- opažanja i mjerenja pomaka, pornih tlakova , u vremenu (instrumenti: inklinometar, ekstenziometar, geodetska opažanja)

PRIMJERI SANACIJE KLIZIŠTA S AUTOCESTE ZAGREB-VARAŽDIN

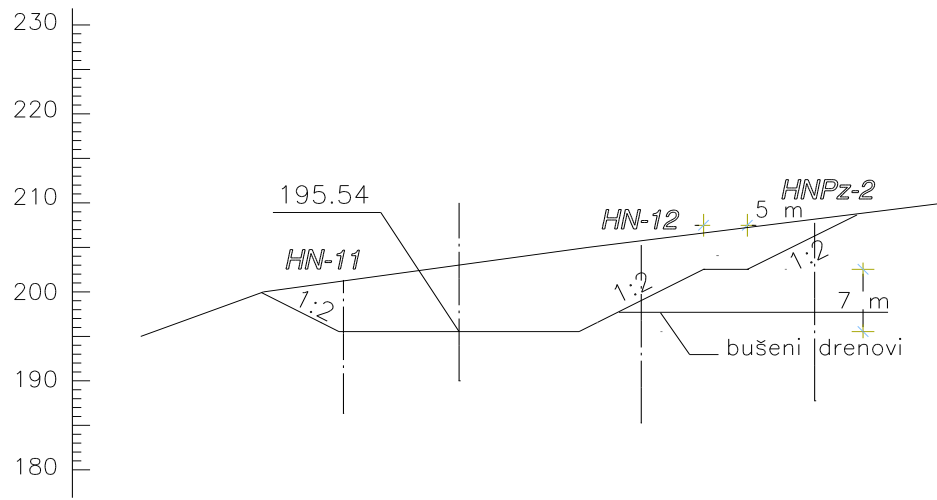
za predmetnu lokaciju:

visina pokosa =	14 m		
dužina pokosa =	33 m		nagib 1: 2,4
visina sniženja vode H =	14 m		
stabilnost bez drenova: F_s^p =	1,19		
traženi faktor sigurnosti:	1,50		
dužina drena L (m)=	20	30	50
$L_H = L/H$ =	1,4	2,1	3,6
F_s^D =	1,50	1,60	1,61
pripadni μ za $L_s = \infty$:	0,36	0,50	0,70
pripadni κ za $L_s = 0$	1,00	1,00	1,00
pripadni κ za $L_s = \infty$	1,36	1,50	1,70
pripadni κ za traženi faktor sigurnosti:	1,36	1,38	1,52
pripadni η za $L_s = 0$	1,42	1,42	1,42
pripadni η za $L_s = \infty$	1,93	2,13	2,42
pripadni η za traženi faktor sigurnosti:	1,93	1,96	2,16
pripadni ν za $L_s = 0$	0,99	0,66	0,40
pripadni ν za $L_s = \infty$	1,35	0,99	0,68
pripadni ν za traženi faktor sigurnosti:	1,35	0,91	0,60
pripadni $L_s = L/s$ =	10,0	4,1	4,6
dopušteni razmak drenova s: m	2	7,32	10,9

Odabire se dispozicija drenova dužine 30 m, na razmaku 7 m.

mNM

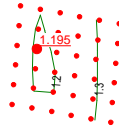
PROFIL na stacionaži 44+228



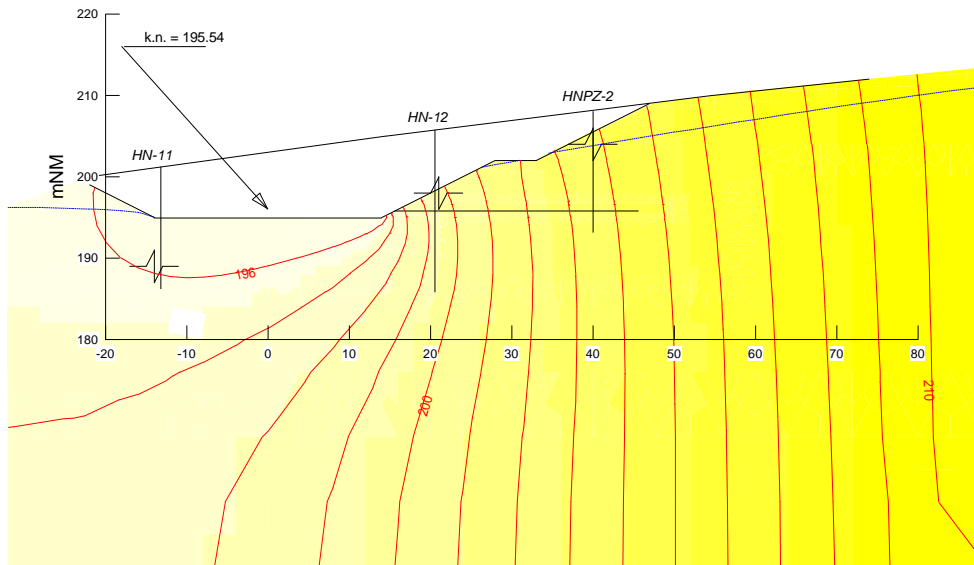
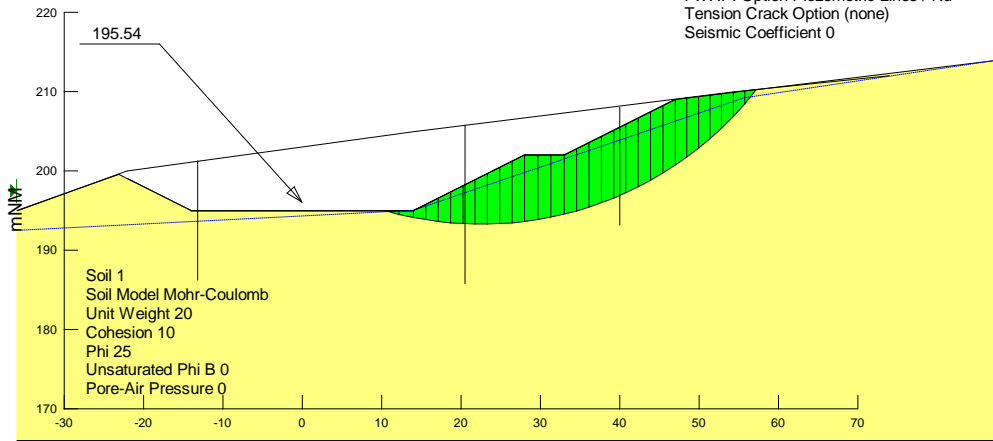
Skica rješenja

PRORAČUN STABILNOSTI USJEKA (GEOSTUDIO)

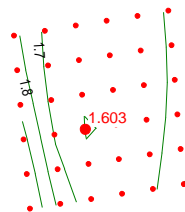
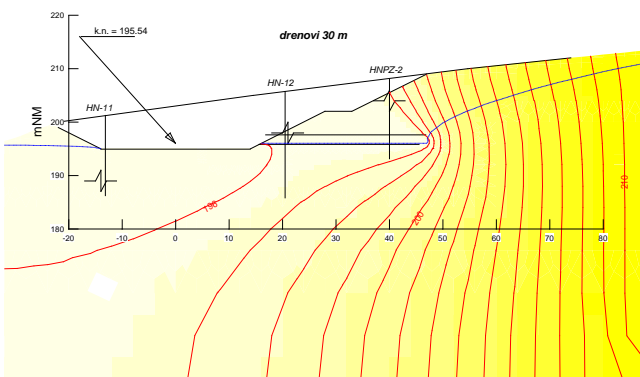
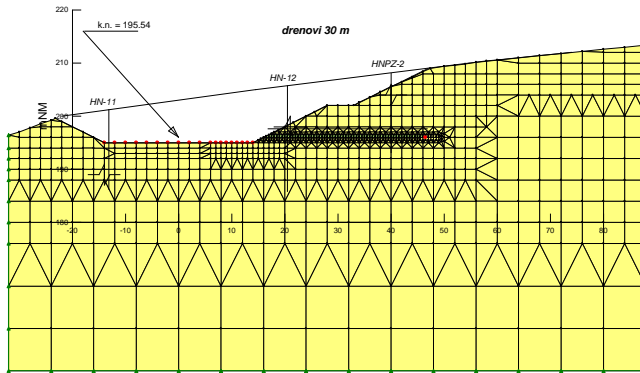
1. BEZ DRENOVA, $F_s = 1,2$



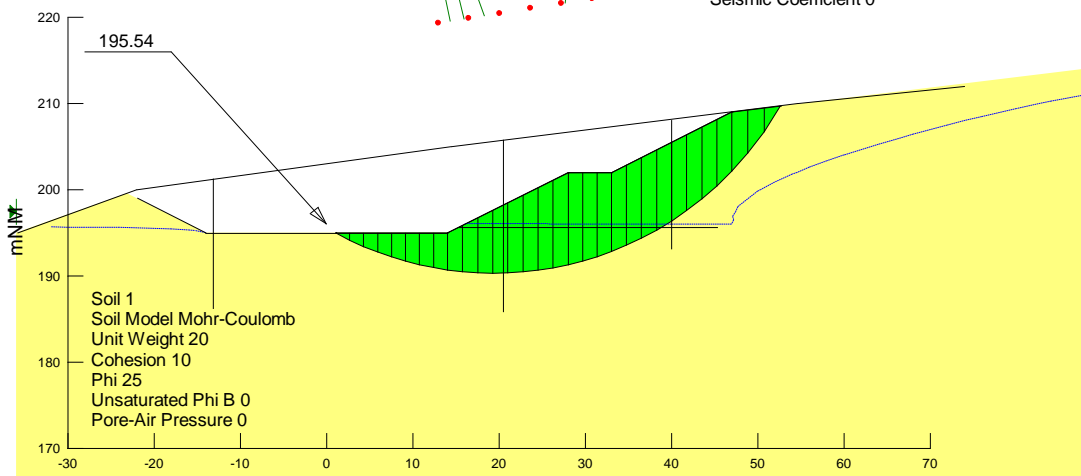
File Name LOK6IP.SLP
Analysis Method Morgenstern-Price
Direction of Slip Movement Right to Left
Slip Surface Option Grid and Radius
P.W.P. Option Piezometric Lines / Ru
Tension Crack Option (none)
Seismic Coefficient 0



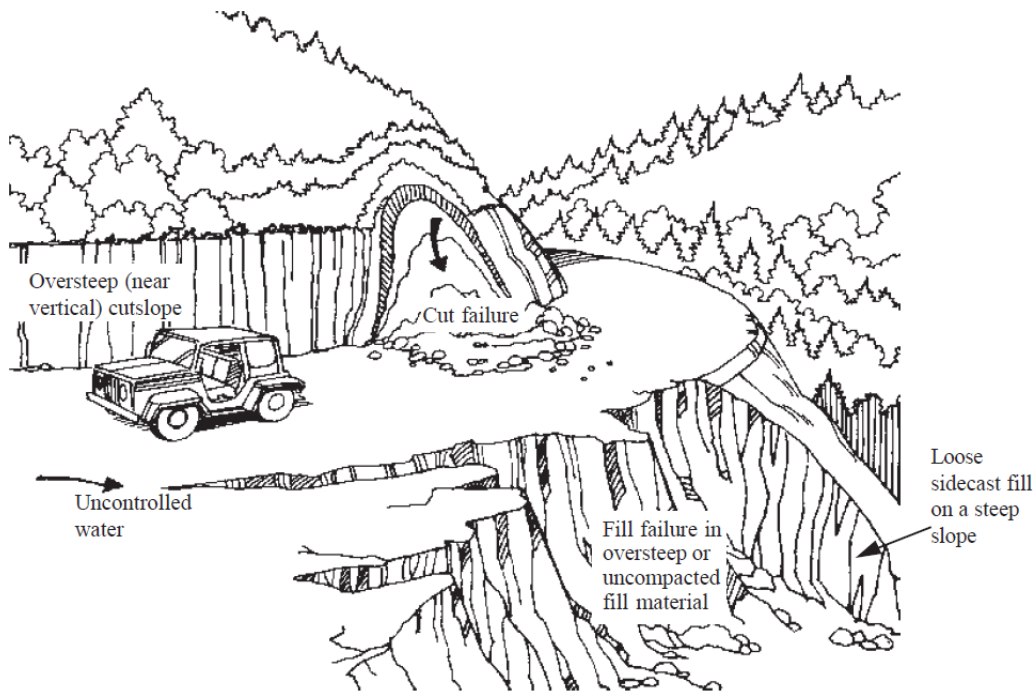
2. S DRENOVIMA, $F_s = 1,6$



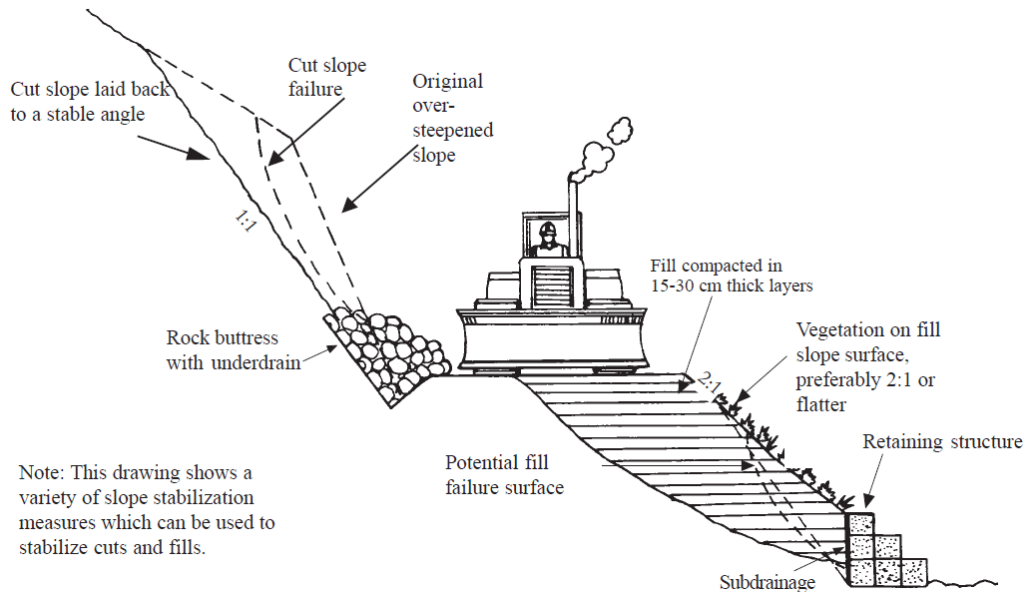
File Name LOK6D30.SLP
 Analysis Method Morgenstern-Price
 Direction of Slip Movement Right to Left
 Slip Surface Option Grid and Radius
 P.W.P. Option SEEP/W Heads
 Tension Crack Option (none)
 Seismic Coefficient 0



LITERATURA: E. NONVEILLER: KLIŽENJE I STABILIZACIJA KOSINA,
 Školska knjiga Zagreb, 1987



Solutions



DOBRA PRAKSA :

- zbijani materijal (nasip iza / u potpornoj konstrukciji) : 95% Proctor-a
- koristi potporne konstrukcije za proširenje ceste na strmom terenu
- temelji potporne konstrukcije uvijek u tvrdom tlu (stijena, tvrdi stabilni materijal - ne nasip)

Overview of LANDSLIDE MITIGATION TECHNIQUES

J. David Rogers, Ph.D., P.E., P.G.

for

Slope Stability & Landslides Course

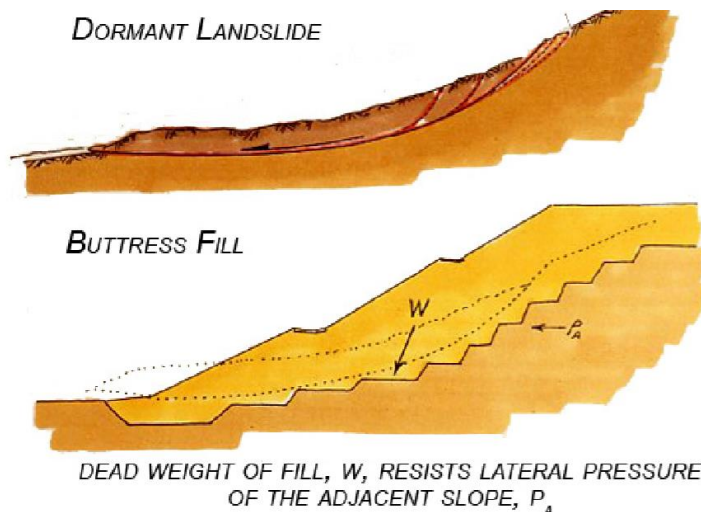
University of Wisconsin-Madison

Engineering Professional Development

Madison, Wisconsin

April 30, 2014

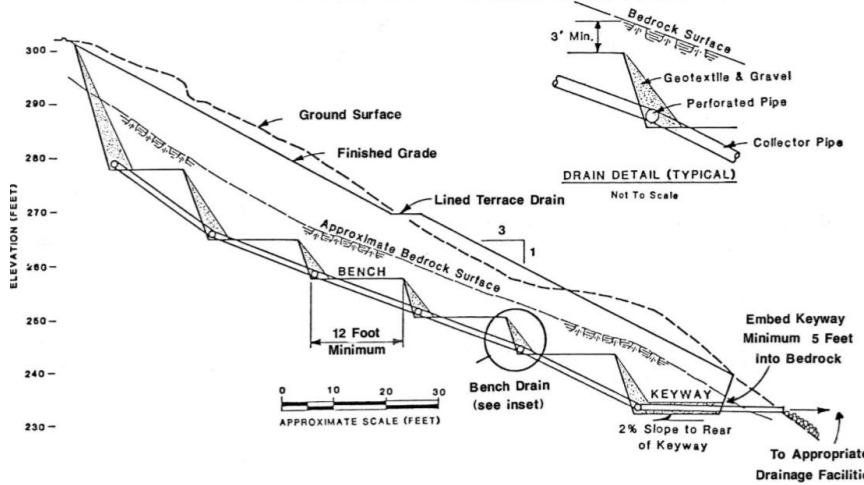
PREKOMPAKTIRANJE TLA NAKON ISKOPA



During the 1950s-60s **recompacted buttress fills** became the preferred alternative in repairing landslides, whenever economically feasible.

BERME I DRENAŽA

TYPICAL LANDSLIDE REPAIR SECTION



- **Standard scheme for recompacted buttress fill repair of landslides using mass grading, adopted by City of Los Angeles in 1967.**

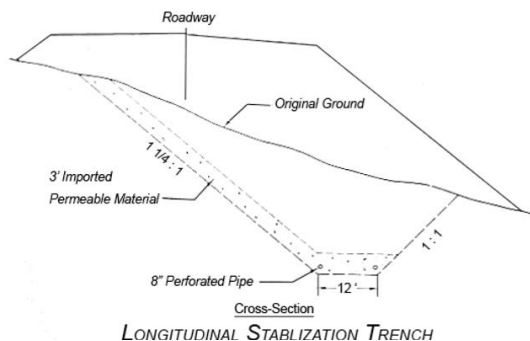
DRENIRANJE ISPOD NASIPA



Subdrains within embankments

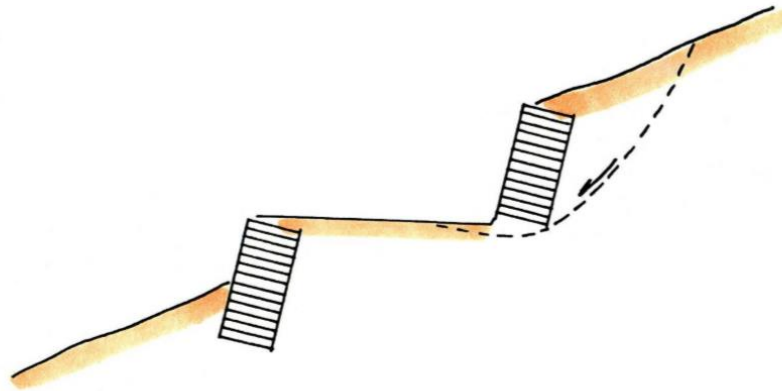
- **In 1938 the Cal Div Hwys began using drained embankments where slope stability problems were being experienced.**

This shows subdrain trenches for embankment along the new Los Gatos-Santa Cruz Hwy

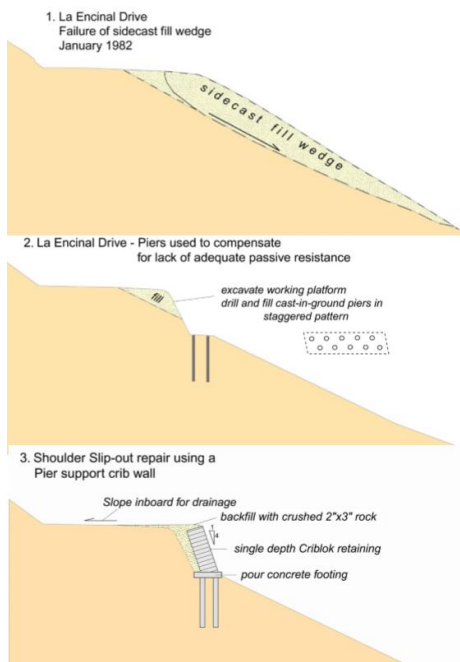


POTPORNE KONSTRUKCIJE – NAJČEŠĆE PROBLEM TEMELJENJA

Inadequate Toe Embedment



- Another common failure mode for crib walls constructed on hillsides is **inadequate toe embedment**, on either uphill or downhill walls, as sketched above.

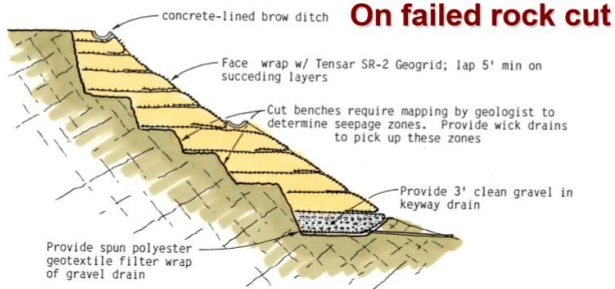


supported crib wall



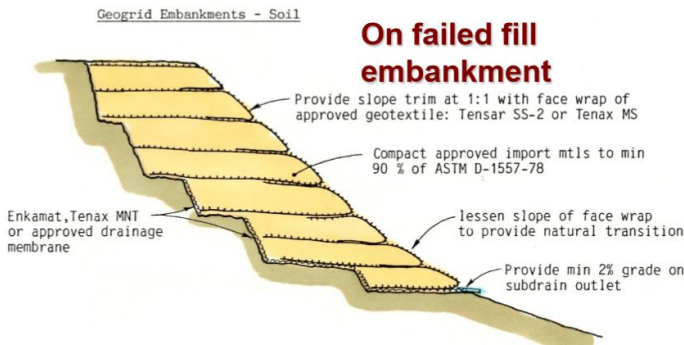
In cases where landslides create oversteepened descending slopes below paved rights-of-way, it may be advantageous to install drilled piers from truck-mounted drilling rigs on the remaining pavement, because it will require a minimum tonnage of import materials (steel reinforcing, concrete, and rockfill).

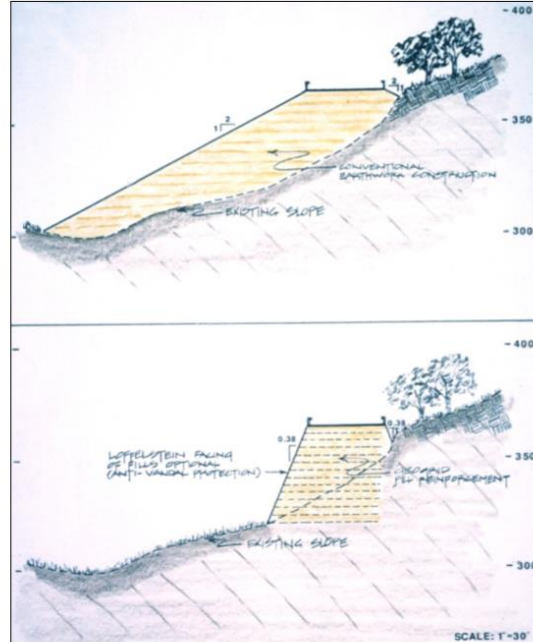
MSE (MECHANICALLY STABILIZED EMBANKMENTS) - GEOSINTETICI



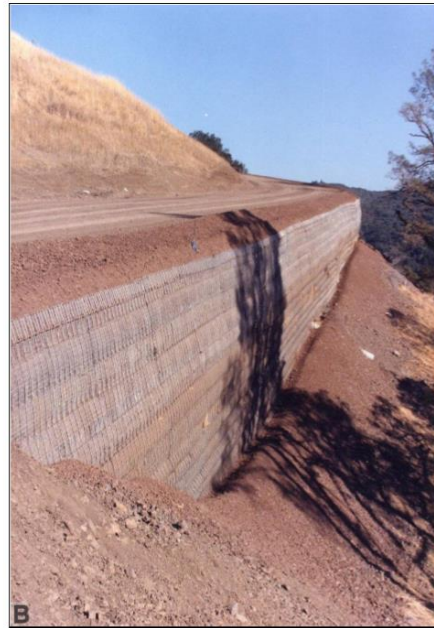
Typical MSE sections

- Note how much *less grip distance* is required on weathered rock cut slopes, as compared to soil slopes



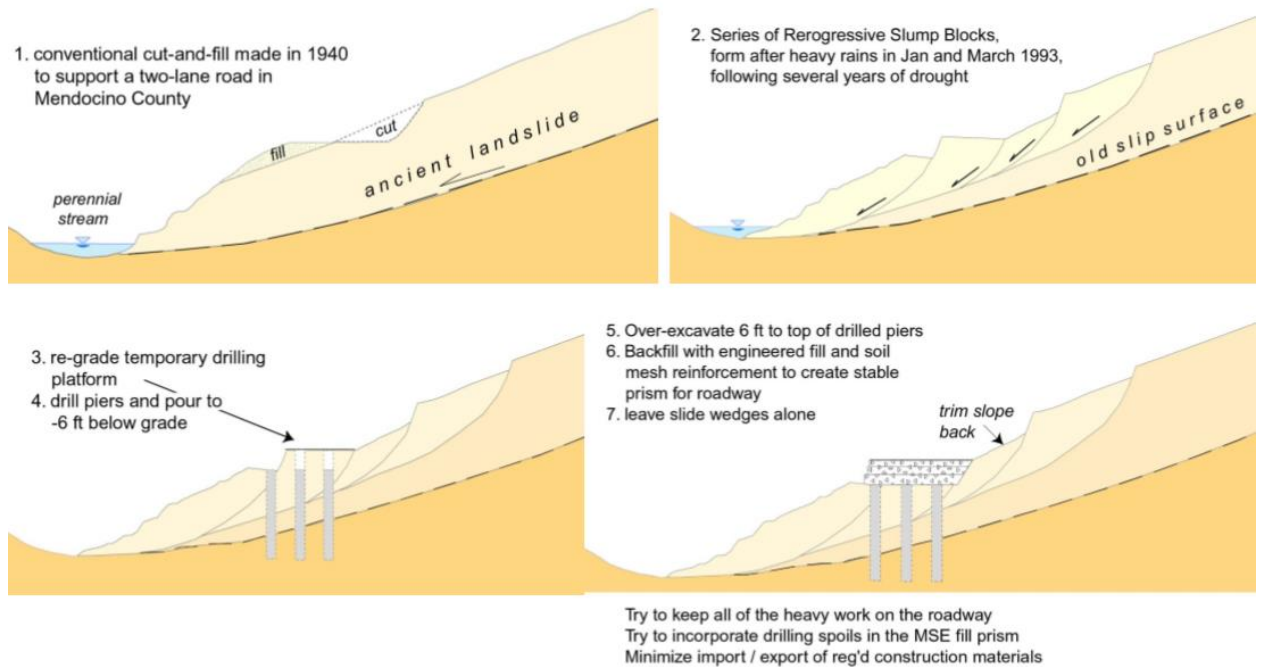


MSEs also allow roads to be constructed in steep terrain with a **minimal corridor of disturbance** as compared to employing conventional 2:1 cut and fill slopes



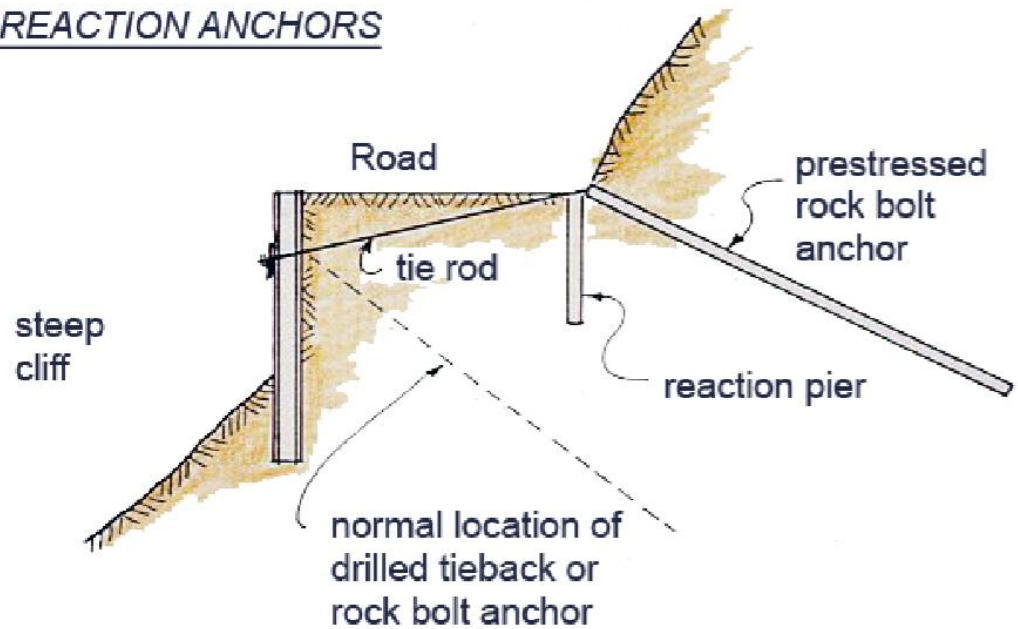
Welded wire mesh walls are constructed using the same design methodology for MSE structures, but employ the welded wire mesh as the reinforcing grid

DUBOKI TEMELJI



Piers can be useful structural elements to provide temporary as well as permanent support. In this case, the piers were drilled fairly deep to provide temporary support against retrogressive slump blocks as well as a deeper-seated landslide. The highway prism was then overexcavated and an MSE wall was placed upon the piers, to provide a stabilized road, that would behave as a coherent unit. The cost of stabilizing the larger, deeper slide mass was prohibitive.

REACTION ANCHORS



- Various support systems and elements can be ***combined*** to craft ***creative solutions*** for slope instability problems, as illustrated here.

MOST PREKO OČIŠĆENOG KLIZIŠTA



Proposed structural repair employing a debris shed along California Route 1 in Big Sur, similar to what is used for mitigation of debris and rock slides.

KOMPLEKSAN GEOTEHNIČKI ZAHVAT

