

15 KLIZIŠTA

Kod gotovo svih padina neizbježna je degradacija uslijed prirodnog procesa trošenja i transporta materijala niz padinu. Na većini padina to je kontinuirani, vrlo spori proces. Neka klizanja se događaju kao iznenadni dramatični događaj na padinama koje su prije toga dugo bile stabilne. U oba ova slučaja rezultat je isti; klizišta su samo jedan završni događaj u cijelom spektru prirodnih procesa.

Klizanje je kretanja mase stijena ili tla niz padinu. Ono uključuje sve pokrete na padinama, neovisno o mehanizmu pokreta. **Klizišta** se mogu dogoditi u bilo kojoj vrsti stijene.

Potencijalno klizište se može prepoznati na temelju njegove morfologije.

Klizanje je ili prirodan proces oblikovanja reljefa ili se javlja kao posljedica ljudskih aktivnosti koje narušavaju stabilnost padina u brežuljkasto-brdovitim područjima. To su vrlo raznovrsne pojave po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima.

Svako klizište je pokrenuto jednim pojedinačnim događajem ili procesom (tzv. triggerom).

Potpuno razumijevanje klizišta podrazumijeva poznavanje, kako građe padine, tako i procesa triggera.

NESTABILNE PADINE

Svaki stijenski materijal ima karakterističan kut nagiba pod kojim se nalazi u ravnoteži.

Gline su uglavnom nestabilne pod nagibom $>10^\circ$, što je približno $\phi/2$.

Većina stijena srednje ili veće čvrstoće može biti stabilna i kod vertikalnih zasljeva visine 100 m, ukoliko su masivne i imaju samo vertikalne i horizontalne pukotine. Graniti oblikuju vertikalne stijene visine 700 m na Half domi u Kaliforniji; a klifovi visine 150 m također mogu biti izgrađeni i od puno slabije krede. Manji odroni su jedina opasnost koja prijete s tih litica.

Planarna oslabljena – plohe slojevitosti, pukotine i sl. – nagute u smjeru nagiba padine, kreiraju potencijalne klizne plohe u svakoj stijeni. Padinu degradira svaka veća pukotina čiji nagib je $>\phi$ (a može biti i $<20^\circ$ u slučaju glinovite ispune; pri čemu su kohezija i porni tlak također značajni).

Gusto raspucane ili tanko uslojene stijene troše se do nagiba padine od $20-40^\circ$.

Potencijalni slom može se procijeniti na temelju bilo kojega od navedenih kriterija u kontekstu lokalnih podataka. Klizanja u stijeni većinom su vezana uz plohe slojevitosti, pukotine, rasjede, ravnine škriljavosti ili klivaža, koje imaju nepovoljnu orijentaciju u odnosu na padinu i koje presijecaju površinu padine.

S obzirom da se pod nazivom 'klizanje' podrazumijevaju vrlo raznovrsne pojave po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima, prilikom istraživanja klizišta potrebno je identificirati i opisati sljedeće značajke: tip klizanja; dijelove klizišta, dimenzije klizišta, aktivnost klizišta, brzinu kretanja, vrstu pokrenutog materijala i njegovu vlažnost.

Da bi se klizišta mogla uspješno sanirati, potrebno je otkloniti uzroke koji su prouzročili klizanje. Standardnu nomenkaturu za opis svega navednoga razradila je, tijekom devedesetih godina, Komisija za klizišta Međunarodnog društva za inženjersku geologiju.

TIPOVI KLIZIŠTA

Način distribucije kretanja pokrenute mase stijena/tala, tj. kinematika klizanja, jedan je od osnovnih kriterija za klasifikaciju klizišta. Prema mehanizmu kretanja razlikuje se pet tipova klizanja: odronjavanje, prevrtanje, klizanje (u užem smislu riječi), širenje (razmicanje) i tečenje.

Odronjavanje (eng. fall): Odvajanje mase sa strmih padina po

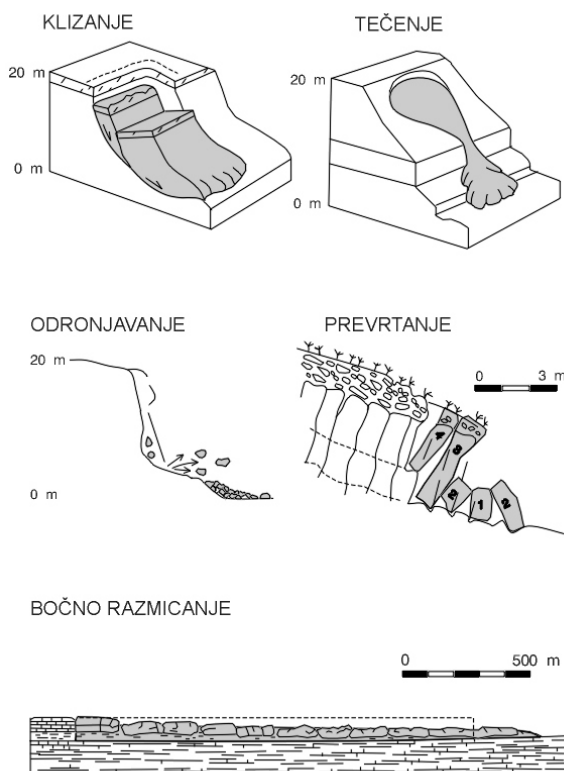
površini, na kojoj ima malo ili uopće nema smicanja, već dolazi do slobodnog pada materijala, prevrtanja ili kotrljanja.

Prevrtanje (eng. topple): Rotacija (prema naprijed) odvojene mase oko osi koja se nalazi u njezinoj bazi ili u blizini baze; ponekad može biti izraženo kao još međusobno prislonjeni odvojeni blokovi. Prevrtanje može prethoditi ili slijediti nakon odronjavanja ili klizanja.

Klizanje (eng. slide): Kretanje manje ili više koherentne mase po jednoj ili više dobro definiranih kliznih ploha (ploha sloma).

Razmicanje ili širenje (eng. spread): Glavni način kretanja je bočno razmicanje blokova uslijed kojega nastaju smičuće ili tenzijske pukotine.

Tečenje (eng. flow): Raznovrsna kretanja sa znatnim varijacijama brzine i sadržaja vode, a iskazuje se kao prostorno kontinuirana deformacija. Tečenje često počinje kao klizanje, odronjavanje ili kao prevrtanje na strmim padinama, pri čemu dolazi do brzog gubitka kohezije pokrenutog materijala.



Veliko klizište u stijeni većinom je planarni ili klinasti slom po jednoj ili više planarnih ploha.

Malo klizište u stijeni najčešće je odron ili prevrtanje.

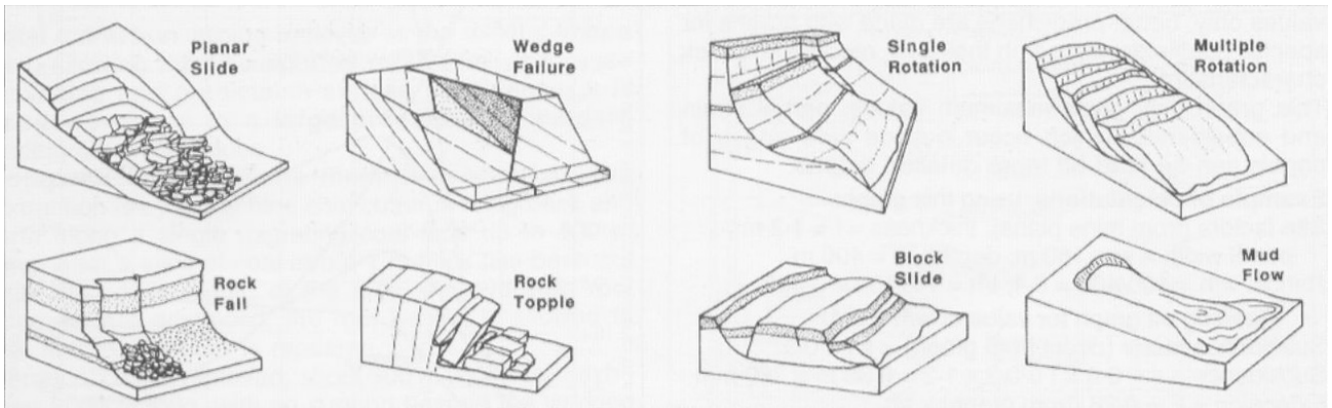
Klizište u glini većinom je pojedinačno ili višestruko rotacijsko, u idalnom slučaju po kružnoj kliznoj plohi.

Klizanje blata, tok blata ili tok debrita nastaje u slabim glinama ili pokretanjem prethodno poremećenog stijenskog materijala.

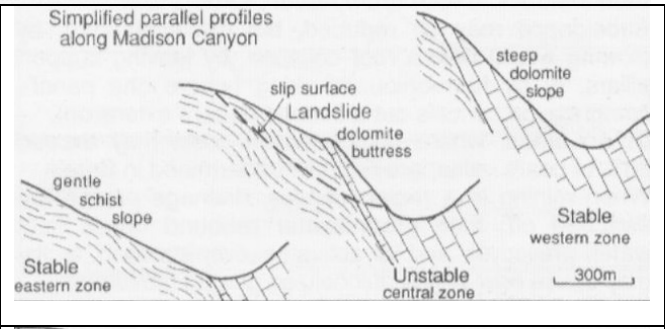
Složena klizišta su najčešća i uključuju višestruke procese; tanslacijska imaju čeonu pukotinu koja je kružnog oblika, a zatim planarna.



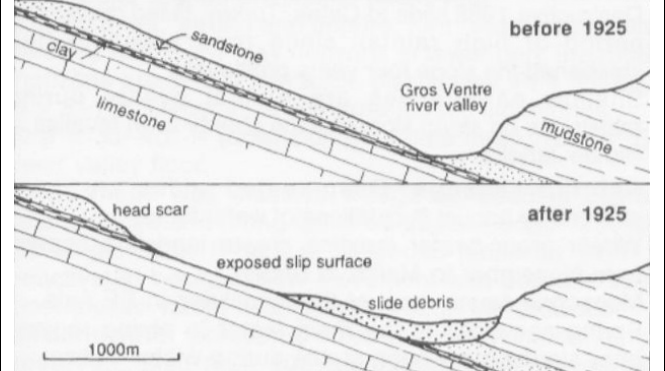
Čeona pukotina rotacijskog klizišta po kojoj je oštećena cesta u Yorkshire-u.



KLIZIŠTE U MADISON KANJONU (MONTANA, SAD)
 Geološka građa padina kanjona je promjenjiva, kao i nagib padine. Zapadni dio: nagib 45°; čvrsti dolomit – stabilan
 Istočna strana: nagib 30°; slabi škriljavec – stabilan
 Središnji dio: strmo nagnuti dolomit u podnožju padine izgrađene od škriljavca – nestabilno.
 Povećana naprezanja uslijed potresa slomila su slojeve dolomita, nakon čega je došlo i do sloma škriljavca koji je ostao bez potpore. Rezultat: klizište veličine 20 milijuna m³.
 Slom ovog dijela padine bio je neizbježan, s obzirom da su slojevi dolomita bili izerodirani ili oslabljeni. Vibracija potresa bila je samo u funkciji trigera sloma.



KLIZIŠTE GROS VENTRE (WYOMING, 1925)
 Debeli jaki pješčenjak iznad sloja slabe gline; nagib slojeva 18° prema dolini rijeke
 Rijeka je izerodirala nožicu padine i time odnijela potporu pješčenjaku; 38 milijuna m³ se pokrenulo po slojnoj plohi.
 Na istoj stani doline postojalo je slično fosilno klizište; nasuprotna stmija padina je stabilna.
 Debricit je pregradio dolinu, pri čemu je nastalo novo jezero; prvi put kad je visina vode u jezeru nadvisila barijeru debriisa, uspjela ju je i izerodirati, što je dovelo do poplave nizvodnog područja.



BRZINA KLIZANJA

Spora: češća u mekim glinama i plastičnim materijalima; obično reaktivirana stara klizišta. Thistle klizište (Utah, 1983) kretalo se dva tjedna <1m/h.

Brza: tipična za krsti slom u stijeni nakon što je stijena značajno oslabljena inicijalnim smicanjem ili raspucavanjem. Klizište u Madison kanjonu imalo je brzinu >100 km/h.

Ciklička: klizište može ustabiliti padinu time što se debricit zadrži u podnožju padine; međutim, do ponovnog sloma može doći kao posljedica erozije debriita. Primjer, učestala klizišta duž klifa izgrađenog od glina s gromadama na obali Humber-side-a. Osim toga, godišnje promjene razine podzemne vode; klizište Mam Tor kreće se svake zime, a ljeti je stabilno.

UZROCI INICIRANJA KLIZIŠTA

Svaki događaj klizanja može se pripisati procesu koji je inicirao slom potencijalno nestabilne stijenske mase.

Uzrok sloma stoga je kombinacija nestabilne strukture i događaja-inicijatora.

Voda: porast pritiska podzemne vode je daleko najvažniji pojedinačni trigger uzrok klizišta.

Potkopavanje: odnošenje nožice (podnožja) padine smanjuje otpornost na kretanje.

Prirodno potkopavanja: erozijsko djelovanje rijeke koja podsijeca padinu (Gros Ventre); erozija valovima uzrokuje klizišta na obalama; glacijalna erozija ustrmljuje padine.

Umjetno (ljudsko) potkopavanje: površinskim kopanjem ili rudarskim radovima; iskopima na gradilištima; proširenje cesta.

Opterećenje vršnog dijela: dodavanje materijala iznad gornje granice klizišta povećava sile opterećenja, tj. one koje pokreću klizište. Portugalsko Bend klizište (Los Angeles, 1956) aktivirano nasipavanjem za novu cestu, čime je dodano 3% mase klizišta u zoni iznad klizne plohe, koja je bila nagnuta 22° u slabim glinama. Folkestone klizište (1915) je aktivirano odronom stijene s čeone pukotine.

Prirodno opterećenje vrha padine uzrokuju mnoge nestabilnosti na aktivnim vulkanima.

Smanjenje čvrstoće: trošenje neupitno oslabljuje sve materijale koji izgrađuju padinu; sporo puzanje uzrokuje promjene u strukturi glina uslijed naprezanja u padini; sporim procesima može se dostići kritična točka.

Vibracija: ciklično i permanentno povećanje naprezanja može uzrokovati promjene u strukturi tla ili raspucavanje stijene.

Umjetna vibracija, kao npr. od intenzivnog prometa (karakteristična za mala klizišta na prometnicama) ili prilikom ugradnje pilota (uzrokovala klizište u glini koje je uništilo švedsko selo Surte 1950).

Vibracija potresa uzrokuje brojna klizišta. 1970. potres u Peruu je inicirao klizanje na Mt Huascarán koje se razvilo u tok debriita; brzina toka je bila takva da se uzdigao 150 m iznad grebena i uništio je grad Yungay, pri čemu je nastradalo 20000 ljudi.