

A FÖLDCSUSZAMLÁSOK FŐBB TÍPUSAI

DR. PÉCSI MÁRTON

A geotudományokhoz, valamint tematikájukhoz szorosan kapcsolódó néhány műszaki tudomány a Föld felszínformáló és üledékszállító exogén folyamatai közül az eolikus, a fluvialis és a glaciális tevékenység szerepét vizsgálta a legbátrabban.

A gravitáció hatására, tulajdonképpen szállító közeg nélkül a lejtőn működő spontán tömegmozgások típusaival — felszínalakító szerepének és gyakorlati jelentőségének megfelelően — csak az utóbbi időben foglalkoznak. A domborzaton, főként a lejtőn települt, vagy építendő létesítmények biztonságos üzemeltetése, károsodás elleni védelme megkívánja annak felmérését, hogy a domborzat (lejtő) valamely része fejlődése során elérte-e a dinamikus egyensúlyt, vagy afelé közelít. Elsőrangúan fontos információk közé tartozik annak megállapítása, hogy a lejtő-állandóság a természeti környezet milyen tényezőinek együttállása során és várhatóan meddig áll fenn? Ellenkező esetben pedig, ha lejtőmozgások várhatók, akkor milyen ciklusokban követik azok egymást a hatóerők kényszerű kiegyensúlyozódása következtében.

Ilyen helyzetek feltárását, a lejtőstabilitás előrejelzését a gyakorlat egyre sürgetőbben igényli a tudományos kutatástól.

I. A földcsuszamlás fogalma és típusai

A mállás-aprózódás során képződött málladéknak, kőzettörmeléknek, ill. a szálban álló kőzetnek a lejtőn a nehézségi erő hatására végbemenő spontán mozgását összefoglalóan *lejtős tömegmozgásnak* nevezik.¹

A lejtőn mozgó tömeget fizikai állapotát, tulajdonságát tekintve három fő kategóriába sorolhatjuk:

a) A folyamatok egy részénél a *tömeg merev, rugalmas* szilárd anyagként, vagy „*rugalmas kontinuum*”-ként viselkedik, amely a gravitációs igénybevételre gyakran a szabadon eső test sebességére gyorsul fel (pl. húzási törések mentén kialakuló kőzetomlás, kőhullás, hegyomlás, lavinák esetében). A merev tömeg a képlékennyé vált aljazaton töréses szakadást és csúszási lapon csuszamló mozgást végez. Ez utóbbit nevezzük a továbbiak során földcsuszamlásnak.

b) A tömegmozgás másik csoportjánál a nedvesedéssel képlékeny (plasztikus) állapotba került szilárd anyag jön mozgásba a gravitációs erő hatására. A nedves, agyagos kőzetek, talajok, laza kőzetek a lassú folyás tartományban lamináris áramlást végeznek megosztott nyírási jelleggel. A folyás tartományban képlékeny áramlás — szemcsék közötti nyírással — lami-

¹ Kezdeményezésünkre e mozgások együttesét deráziós folyamatok néven jelöljük az irodalomban.

Folyamatok		Anyagmozgás		
csoport	típus	oka és kiváltója		gyakorisága
Kőzetomlás	1. kőzetomlás, hegyomlás	a nehézségi erő feszültségére, hirtelen szakadás, nyírólapok v. húzási törések mentén	földrengés, lejtőtúlfejlődés, meredek partfalak alamosása, inszolációs és kriónivális aprózódás	epizodikus
	2. kőhullás, föld- és kőpergés			epizodikus és szezonális
	3. kőlavina, kőtörmelék-omlás			
Földcsuszamlás	4. lejtő-kőzetcsuszamlás	nehézségi erő + képlékeny csúszási felület, sajátos litológiai felépítés nedves periódus	hosszú, meredek lejtőjű csúszási felület	epizodikus, periodikus
	5. földfolyásos csuszamlás			szezonális
	6. szeletes (föld)csuszamlás			periodikus
	7. suvadás			epizodikus, periodikus
	8. szőnyegszerű rétegcsuszamlás			periodikusan szezonális
Sárfolyás Talajfolyás Kőtörmelékfolyás	9. talaj-, sár-, iszapfolyás, sáros kőtörmelékfolyás	nedves pelites törmelék, üledék vagy talaj képlékeny mozgása a nehézségi erő hatására	túlnedvesedés, plasztikus, fluidális állapot	szezonális, epizodikus

táblázat

genetikus típusai

csoporthatár	Képződmények		Geomorfológiai helyzet és forma
	csoporthatár	alcsoporthatár, típus	
KOLLAPSZIUM KOLLUVIUM		1. a) kőzet-, (föld-) omladék b) blokkos kőzetomladék törmelékes kőzetomladék	1. meredek, ill. túlhaljló lejtők alján völgy-szorulatokban, esetenként völgy-elzáródást okoznak, mint omladék-halmazok
		2. rétegzett törmelékes kőzetomladék	2. meredek lejtők alján, izolált vagy összefüggő halmazok, törmeléklejtők, meredek kőzettörmelékkúpok, meredek kőfalakról lehulló kődarabok
		3. a) blokkos, darabos kőlavina b) kőzettörmelék és talajlavina	3. a) keskeny, meredek lejtőszakaszon, lavinaösvényhez kötött b) kőár a meredek sziklalejtők csatornaszerű bemélyedéseiben
DELAPSZIUM		4. lejtőcsuszamlásos üledékhalmozat a) blokkos kőzettörmelék agyagos beagyazásban b) masszaserű üledékhalmozat	4. a) b) hegyek, dombok málladékanyagának és magának a lejtő anyagának hatalmas méretű csuszamlása. A lejtőcsuszamlás pályája több száz méter
		5. csuszamlásos törmelék (erősen kevert anyag egymásra halmozódása)	5. egyenetlen közepes erősségű lejtő, csuszamlásfészkek, csuszamlásnyelvek mint üledékfelhalmozódási formák: csuszamlásos ösvények mentén
		6. rétegcuszamlásos üledékhalmozat (Pl. agyag, lösz stb. rétegek keveréke egymásra tolódva)	6. meredek partfalak, szakadékos lejtők (természetes vagy mesterséges falak, feltárások mentén gyakori)
		7. suvadáshalmaz	7. Kiegyenlítetlen hepehupás lejtők, csuszamláshalmazok és közöttük mélyedések Réteglépesők völgy- és hegylábi fel-színek oldallejtőin
		8. csuszamláshalmaz takaró gyengén deformált rétegekkel	8. Hosszú laukás lejtőkön csuszamlásos földrepedések, szőnyegszerű lapos dudorok, csuszamlásnyelvek
SZOLIFLUXIUM		9. a) lejtőhordaléktalaj (szemipedolit) b) láphordaléktalajok (vályog) c) kevert, agyagos lejtőhordalék	9. a) relative gyors, és rövidebb ideig tartó lejtős pályákhoz, ösvényekhez kötött talaj-, üledékfolyás b) vízzel erősen átnedvesedett (agyag, silt) talaj, kőzettörmelékes agyag, erősebb, meredekebb lejtőkön alig látható mozgása

Folyamatok		Anyagnozgás		
csoport	típus	oka és kiváltója		gyakorisága
	10. közettörmelék és talaj lassú mozgása a lejtőn, „száraz folyás”	gravitációs és molekuláris feszültségek	mállás, csekély jég vagy víz	epizodikus, szezonális
Sárfolyás fagyott altalajon	11. lamináris szoliflukció	állandóan vagy időszakosan fagyott altalajon feloldott perlitikus anyagok plasztikus mozgása a nehézségi erő és a fagynyomás hatására	fagyott talaj felolvadása és túltelítettség	periodikusan szezonális és napszaki
	12. sávos-, barázdás szoliflukció		fagynyomás és olvadékvíz	
	13. girlandos szoliflukció		talajjég, nyomás, olvadás + gyér növénytakaró	periodikusan szezonális
	14. amorf szoliflukció		talajjég, földfelszín közeli jégtüképződés és olvadás	napszaki szezonális
Talaj-, lejtőle mosás	15. kionivális lemosás	időszakosan v. szezonálisan fagyott és rétegesen felengető talajon a hólé letarolása	hóolvadás, záporosó vagy tartós esőzés	szezonális napszaki
	16. pluviális lemosás a) arcális vízfilm, b) szemiareális, barázdás erózió	lejtőn csapadékvíz kinetikus tevékenysége ázott talajon		epizodikus szezonális
	17. nivális lemosás + szoliflukció	10–17 változó tevékenysége		szezonális napszaki

csoporthatár	Képződmények		Geomorfológiai helyzet és forma
	csoporthatár	alcsoporthatár, típus	
SZOLIFLUXIUM	10. a)	lejtőtörmelék szemipedolit, kevert lejtőhordalék, lejtőtörmelék-kúp	10. a) meredekebb lejtőkön, a gyeplalajtakaró alatt, talaj vagy törmelék lassú, de megfigyelhető mozgása
	b)	„kőtenger”, „kőgleccser”	b) kőtömbök lassú folyása, mozgása száraz medrekben erős lejtőkön
	c)		c) közettörmelék lassú ill. hirtelen száraz folyása ~ 35° lejtőkön
GELISZOLIFLUXIUM	11. a)	lejtővel párhuzamosan rétegzett tarka agyag	11. délies kitettségű enyhe és közepes dőlésű lejtőkön, ahol a szubsztrátum agyagos
		b)	egyenletlenül rétegzett (fossilis) talajhordalék
	12.	lejtő irányában sávós, barázdás településű:	12. a) hegységek meredekebb kopáros lejtőin, tönkfelszínek, pedimentek lépcsőinek homlokzatán kőszalagok
		a)	orientált közettörmelék
	b)	agyag, vályog	b), c) völgyekkel szabdalta pediment-felszínek, dombságok agyagos, vályogos lejtőin
	c)	fossilis talajhordalék, erősen keveredett anyagok	
	13.	Kevert köztörmelék agyag, homokos agyag (a réteg párnaszerű gyűredezettséggel)	13. agyaggal, vályoggal fedett pedimentek, dombságok domború lejtőszelvényeiben, magasabb völgyi teraszok homlokzatán
	14. a)	kaotikusan kevert, kövecses közettörmelék, agyag, vályog, szemipedolit	14. a) pedimentek, dombságok, völgyoldalak agyagos, vályogos lejtőin, főként északias kitettségben
	b)	kőmező (kavics-, köztörmelék-réteg a talajszelvényben)	b) enyhén, közepesen lejtő bármilyen felszínen, ahol a felszíni rétegekben kavics-, ill. köztörmelék volt
DELUVIUM	15.	(lejtővel párhuzamosan, ritmikusan) rétegzett apró közettörmelék, homok, homokos lösz, lejtőlösz, lösz-vályog, agyagos szemipedoitok lejtőhordaléka	15. porózus, laza anyagokból felépített lankás lejtőkön, főleg pedimentek, dombságok, teraszok felszínén, többnyire délies kitettség esetén
	16.	lejtőtörmelékkel kevert homokos agyag-, lösz-, homok lejtőhordalék-talaj	16. hasonló a fentiekhez, de főleg a lejtők és völgyoldalak alsó szelvényében halmozódtak fel, esetenként lapos törmelék-kúp formában a völgytalpi alluviumon
	17.	a 11 + 15 folyamatokkal változóan egymásra halmozott klásztikus, ill. perlitikus rétegek összelete	17. porózus, agyagos rétegekből felépített dombsági lejtőkön gyakori a szoliflukciós és a nivális úton megismétlődően egymásra halmozott lejtőüledék-összetétel

Folyamatok		Anyagmozgás		
csoporthatár	típus	oka és kiváltója		gyakorisága
Patakozás, árkoló erózió a lejtőn	18. időszakos vízmosságos árok	lejtőn, lineáris pályán koncentráltan mozgó víz + törmelék kinetikus tevékenysége, karsztos-szuffúzió	tartós esőzések, záporosók és gyors hóolvadások	epizodikusan szezonális, ill. szezonális
	19. időszakos patakozás hegylábi felszíneken			
	20. időszakos és állandó vízi patakerózió meredek hegy-ségperemeken			

náris vagy turbulens jellegű. A mozgás megszűnik, ha a feszültség a kritikus érték alá kerül (szoliflukció, földfolyás, iszapfolyás, kőves sárfolyás stb.).

c) A lejtős tömegmozgás harmadik csoportjába a vízfilmszerű (1) és a felületi vízréteg (2) lejtőleemosását soroljuk. Az első esetben (1) a nyírás mértéke az igénybevétellel egyenesen arányos. A lamináris áramlás azonnal megszűnik, mielőtt a vízréteg a kapilláris határérték alá vékonyodik el (STRAHLER, A. N. 1956). E felületi lemosás a finom részecskék (ion-, kolloid- és agyag) elszállításával, barázdálással alacsonyítja a lejtőt. A második esetben (2) a felületi lefolyás már turbulens vagy turbulens-lamináris. Vízmosságos árok és kis vízgyűjtők képződnek.

a) *A szorosabb értelemben vett földcsuszamlás olyan lejtős tömegmozgás, mely a képlekeny csúszó lap kialakulásával gyors ütemben megy végbe.* A földcsuszamlást a lejtős tömegmozgások más típusaitól éppen a csúszási felület kialakulása különbözteti meg.

A földcsuszamlások különféle típusait a hazai geológiai-geomorfológiai irodalom mind ez ideig nem foglalta rendszerbe; a nemzetközi szakirodalom sem egyértelmű e tekintetben. Sok esetben nem vonnak genetikai különbséget sem a csuszamlásos és a csúszásos-kúszásos jelenségek között, sem pedig a csuszamlásos és szakadásos-omlásos folyamatok között. De nemcsak a folyamatok között állnak fenn lényeges különbségek az őket kialakító természeti folyamatok és tényezők konstellációja alapján, hanem a szűkebb értelemben vett földcsuszamlások között is lényegbevágó eltérések mutathatók ki. A típusbeli különbségeket nemcsak genetikai szempontból, vagyis a geomorfológiai felszínalakításban játszott sajátos szerepük miatt kell megvonni; szükségessé teszi ezt a mérnök-geológiai gyakorlat is. A lejtőegyensúly, ill. a lejtőstabilitás meghatározása az építmények biztonságos tervezése érdekében a csuszamlások típusaitól függően ugyanis más-más módszerekkel és megközelítésekkel végezhető el.

b) *A tágabb értelemben vett földcsuszamlások között gyakoriak az olyan jelenségek, amelyek a lejtők lassú, hosszú időn át tartó deformálódását okozzák, de nem meghatározott csúszási felületen mennek végbe.* Ez esetben az anyag csúszása kisebb kúszó-síkok rendszeréből tevődik össze. E folyamatra a magyar

képződmények		Geomorfológiai helyzet és forma	
csoporthatár	alcsoporthatár, típus		
PROLUVIUM	18. enyhe dőlésű, átlósan is rétegzett törmelékes homok, törmelékes lösz, agyagos homok	18. meredekebb völgylejtőket, magasabb teraszokat felárkoló eróziós vízmosások, kisebb patakok törmelékűjain enyhén, domború palástszerű, sűrű rétegződésű összlet	
	19. homokos, közettörmelékes patak-hordalék, rendszertelen rétegzettségben (fanglomerátok)	19. heglábperemi, heglábfelszíni patak törmelékűjain	domború vagy egyenes ferdelejtőjű palást, ill. kúpszerű, durván rétegzett összlet
	20. durva, kevésbé görgetett helyi eredetű kavics, törmelék, helyenként fanglomerátok, torlatok	20. nagyobb eróziós völgyekre és meredek hegységperemekre kilépő patakok hordalékűjain	

szakirodalomban nincs megfelelő kifejezés. Használatos a fordításból eredő „lejtőkúszás” kifejezés, az angol „creep” vagy a német „Gekriech” szóból eredően. Ugyancsak speciális folyamat a „blokk-csúszás”, de nem típusos csuszamlás pl. az édesvízi mészkő vagy bazalttakaró tömbjeinek lassú, kúszó mozgása agyagos alapzatú lejtőn.

Nem a szoros értelemben vett földcsuszamláshoz tartozik a túlhajlott lejtők csúszólap nélküli leszakadása, az ún. partszakadás vagy földomlás, továbbá a túlnedvesedett lejtőn az anyag plasztikus folyása, az ún. „földfolyás” sem. Kétségtelen ugyan, hogy ezek a folyamatok lehetnek a földcsuszamlás kísérő jelenségei is. Innen származik, hogy egyes mérnökgeológiai kézikönyvek a lejtős tömegmozgásoknak csaknem az egész folyamatsorát a földcsuszamlások, ill. a csúszási jelenségek tágabb családjába sorolják.

Így pl. ZARUBA-MENCL (1969) a csúszási jelenségeket a lejtőn négy csoportba osztja.

A) A pleisztocén lejtőtakaró legfelső rétegében uralkodó csúszási folyamatok: 1. törmelék kúszása; 2. lejtőtakaró csúszása; 3. földfolyás; 4. törmelékfolyás.

B) Laza, félig laza pelites kőzetek csuszamlása: 1. hengerfelületű csúszás; 2. preformált felületű csúszás; 3. a laza alapkőzet lejtőalji kidudorodását eredményező csúszás.

C) Kemény kőzetek lejtőmozgásai: 1. csuszamlás preformált felületen; 2. a hegységi lejtők hosszú időtartamú deformálódása; 3. kőomlások.

D) A lejtőmozgások speciális fajtái: 1. szoliflukció; 2. a „quick-clay” csúszása; 3. víz alatti csúszások.

Ez az osztályozás lényegében a lejtős tömegmozgások csoportosítását adja. A szorosabb értelemben vett földcsuszamlási típusok a B) pont alatt szerepelnek. A lejtőüledékeknek és tömegmozgásoknak, ezen belül a földcsuszamlások típusainak genetikus szempontú osztályozására utal az 1. táblázat (Pécsi 1967, 1968).

c) A szorosabb értelemben vett földcsuszamlások genetikus osztályozásának alapjául — a morfo-litogén és a hidrometeorológiai adottságok figyelembevételével — mellett — elsősorban a csúszási felület térbeli, geometriai típusait választottuk. A csúszási felület kialakulásának szükségessége a földcsuszamlások legjellemzőbb

sajátsága. Ez egyrészt megkülönbözteti a hegyomlástól, a lejtőomlásos-szakadásos folyamatoktól és kiváltja a jelenség periodikus ismétlődését is.

A földcsuszamlásokat az alábbi főbb típusokba csoportosítottuk az említett kritérium és a csuszamlást elősegítő tényezők figyelembevételére alapján:²

1. kőzetcsuszamlás, csúszási síkja meredek, magasan a lejtőalap fölött jön létre,

2. enyhe lejtőjű rétegcuszamlás, és a málladéktakaró köpenyszerű csúszólapja, a lejtőalap fölött kis magasságban alakul ki,

3. szeletes földcsuszamlás, a csúszólap közel horizontális litológiailag elkülönülő agyagrétegen jön létre, a feké a csuszamlás előterében kidudorodik,

4. suvadás, a félhengeres csúszási felület a nyíródást szenvedett agyagban alakul ki,

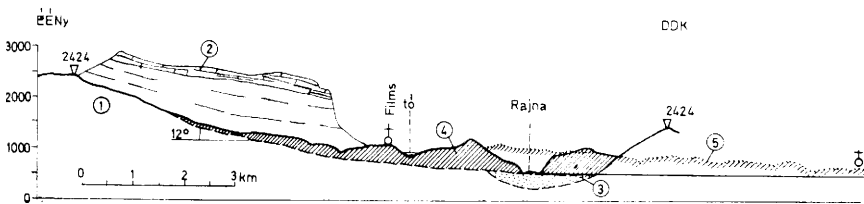
5. földfolyásos csuszamlás, csúszólap magasan a lejtőtalp fölött képződött ki,

6. blokkos csúszás.

2. A földcsuszamlások típusainak rövid geomorfológiai jellemzése

1. *Kőzetcsuszamlás* típusa esetében a megcsúszási felület meredek, a hegy oldalában magasan helyezkedik el és csuszamláshalmaza katasztrofális méretű. Ez utóbbi a megcsúszás fészkétől a lejtőlábíig több száz méteres pályán omlásos szakaszok közbeiktatódásával gyors csúszó mozgást végez (1. ábra).

Ha a szálaban álló alapkőzetet vékonyabb-vastagabb kőzettörmelékes, agyagos málladéktakaró borítja és ez az átnedvesedés hatására az alapkőzet felszínén megcsúszik, *lejtőcsuszamlásról* beszélünk (2. ábra). Ezzel szemben a *kőzetcsuszamlás* nem csupán a málladéktakaró, hanem a hegyet felépítő, szinklinálisszerűen települt felső réteggöszlet gyors mozgása, csúszólapon át a hegylábíig. A kőzet-



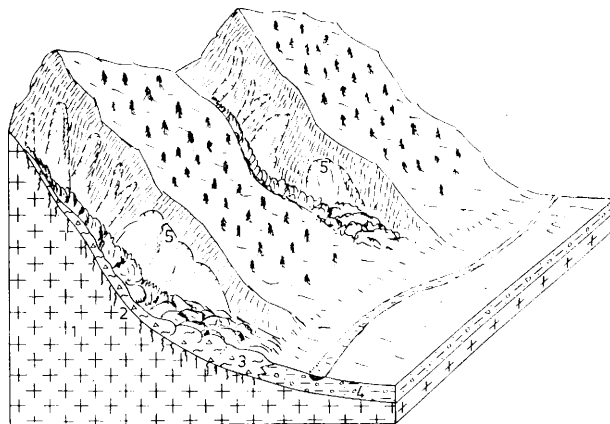
1. ábra. Kőzetcsuszamlás a svájci Rajna-völgyben Films közelében (HEIM, A. 1932 szerint) (ZABURA—MENCL nyomán 1969). 1 — Jura mészkő; 2 — alsó kréta márgás mészkő; 3 — csuszamlás előtti Rajna-üledék; 4 — jura mészkő lecsuszamlott halmaza; 5 — kőfolyási halmaz a Rajna völgytalpán

Fig. 1. Rockslides in the Rhine valley, near Films, Switzerland (by courtesy of A. HEIM 1932 and ZARUBA—MENCL 1969). 1 — Jurassic limestone; 2 — Lower Cretaceous marly limestone; 3 — Rhine sediment before sliding; 4 — Jurassic limestone waste-rock; 5 — accumulation of scree on the Rhine valley floor

² A földcsuszamlást elősegítő tényezők: a) mélyen elmállott agyagos takaró a lejtőn, vagy erős mállás és aprózódás a lejtőn; b) vízszintes vagy ferde dőlésű agyagos és vízáteresztő üledék-rétegek váltakozása a lejtőn; c) víztartalom, a víz hidrosztatikai nyomásának, a pórsvíz nyomásának megnövekedése a talajban. A talajvízmozgás hatásai: d) meredekre erodált partok, ill. a lejtőhajlás megváltozása; e) állandó vagy időszakos jégképződés a talajban; f) földrengések, robbanások, mechanikus behatások keltette rezgések a talajban; g) a növénytakaró kipusztítása vagy megváltoztatása a lejtőn. A tényezők mindegyike egyszerre egy helyen nem feltétlenül szükséges a csuszamlás kialakulásához. Az első három (a—c) jelenléte egymással kombinációban szükséges tényező, míg a d—f tényezők a folyamat különböző típusait határozzák meg.

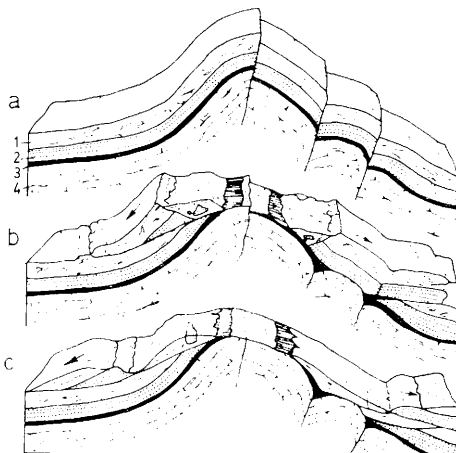
csuszamlás kialakulhat egyrészt laza kőzetekben, a lerakódásuk során preformált rétegfelületek mentén (1. ábra), másrészt szilárd kőzetekben — a töréslapok mentén — az elmállás hatására előrejelzett csúszási felületeken is.

Különbség még a kettő között az is, hogy a kőzetcsuszamlás lokalizáltabb, ugyanazon a helyen ritkán ismétlődik meg, míg a lejtőcsuszamlás a málladék-takaróval borított meredek lejtőkön nagy felületre, egyidőben és periodikusan ismétlődve terjed ki. A lejtőcsuszamlás fészektől az anyag gyakran omlással, lavinaszerű legördüléssel távozik. A túlnedvesedett málladéktakaró 40—45 fokos lejtő-



2. ábra. Lejtőcsuszamlás és üledékhalmlaza. 1 — Kristályos alapkőzet; 2 — mállott alapkőzet; 3 — csuszamlós halmoz; 4 — folyóvízi üledék; 5 — csuszamlás, kiszakadás területe

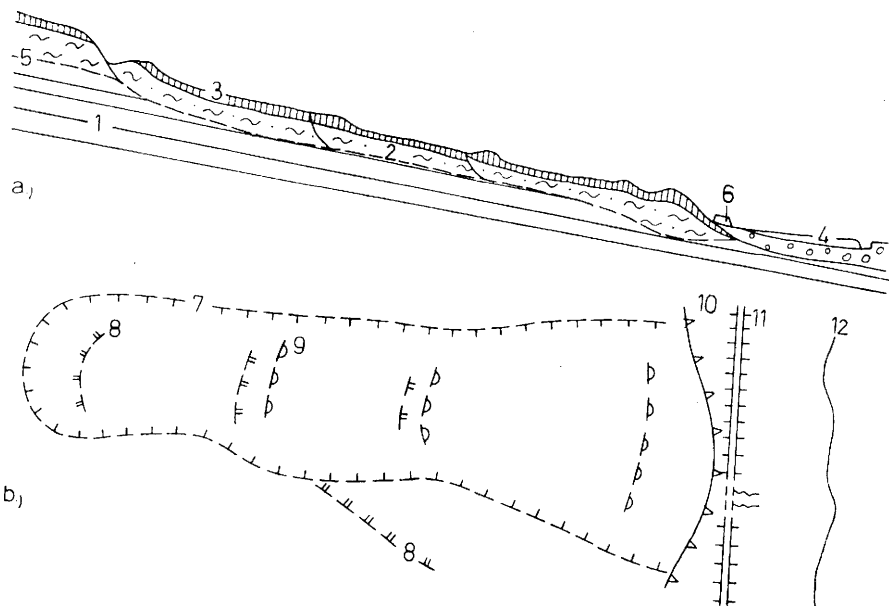
Fig. 2. Slope-slide and its waste-rock. 1 — Crystalline bedrock; 2 — weathered bedrock; 3 — waste mound liable to sliding; 4 — fluvialite sediment; 5 — area of slide, from where the slided waste rock was torn off



3. ábra. „Gravitációs csuszamlás”, mely hegység szerkezeti változásokat — „takarók” és „pikkelyek” képződését — eredményez (GIANNINI, E. 1957; ZARUBA—MENCEL 1969 nyomán). 1 — Rétegzett agyag; 2 — homokkő; 3 — vörösgyagy; 4 — kovás mészkő; a — felboltozódott töréses gyűrődés; b — a gyűrődés tetőrézének gravitációs csuszamlása a vörösgyagyon mint elnyíródott csúszólapon; c — a lepusztulással átformált felszín

Fig. 3. “Gravitational slide thrusts” resulting in tectonic changes: formation of “thrust-sheets” and “fault-folds” (by courtesy of E. GIANNINI 1957; ZARUBA—MENCEL 1969). 1 — Stratified clay; 2 — sandstone 3 — red clay; 4 — siliceous limestone; a — up-warped fault-fold; b — gravitational thrusting of the top of the fold on red clays forming a sheared slip plane; c — topography deformed by denudation

szög esetében elveszti állékonyságát, nyírási felület alakul ki, csúszni és omlani kezd. Az átlagosnál lényegesen nagyobb esőzések után a málladéktakaró az alapkőzetig vízzel telítődik és a fenti értéknél meredekebb lejtőszakaszokon a rugalmas szilárd anyag elveszti belső kohéziószilárdságát, a szemcseközi sűrűlódás túllépi a kritikus határértéket, nyíródás lép fel, akár az egész hegység területén néhány óra leforgása alatt óriási tömegek megcsúszhatnak. A lejtőbe vájt utak leszakadnak, betemetődnek, a közlekedés egy időre teljesen megbénulhat.



4. ábra. Rétegesuszamlás (szőnyegszerű) a lejtővel kb. megegyezően dőlő agyagos üledékeken. a — Kérsztnmetset; b — alaprajz; 1 — tömör agyag; 2 — nedvességtároló, csúszmló, homokos agyagréteg; 3 — agyagos-vályogos talaj; 4 — folyami v. tavi alluvium; 5 — csúszólap, preformált; 6 — út, vasút, töltés; 7 — a csúszmlás határa; 8 — csúszási repedések; 9 — a csúszási halmaz kidomborodásai, a lejtőre keresztirányú háta; 10 — a csúszmlás nyelvének pereme, az ártér rovására terjeszkedik; 11 — út töltéssel; 12 — folyó- v. tópartszegély

Fig. 4. Carpet-like slip of strata on a clayey sediment dipping approximately at the same angle as the slope. a — Cross-section; b — plan; 1 — compact clay; 2 — clay layer, sandy, moist, liable to form a slip plane; 3 — clayey-loamy soil; 4 — fluvial or lacustrine alluvium; 5 — slip-plane, geologically controlled (pre-formed); 6 — road, railroad embankment; 7 — slip limit; 8 — slip-induced fissures; 9 — waste-rock mounds, ridges transversal to the slope; 10 — margin of the tip of the slide extending at the expense of the flood-plain; 11 — road and its embankment; 12 — river bank or lake shoreline

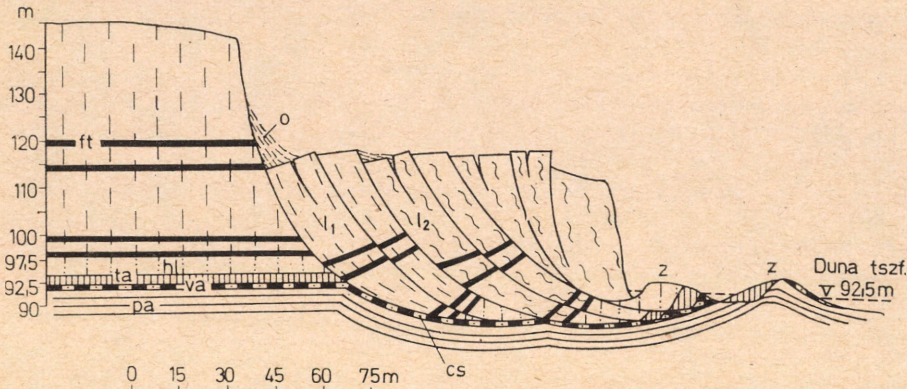
A kőzet- és lejtőcsuszamlásos föld- és törmelékhalmozatok völgyeket gátolhatnak el.

A szakirodalom ezen kívül megkülönbözteti a hegységi lejtők geológiai időtartamú „gravitációs csúszását” is, mely nem a szűkebb értelemben vett földcsuszamlásokhoz tartozik. A tektonikus mozgások kiemelő és az exogén erők feltagoló tevékenységének eredményeként létrejött meredek lejtőkön a takarókőzetek igen lassú mozgással egymásra csúsznak, vagy egymás mellé pikkelyeződnek (3. ábra).

2. Köpenyszerű rétegesuszamlás alakul ki abban az esetben, ha az agyagos, üledékes réteg a lejtő irányában enyhén dől, melyre a talajvízvezető homokos agyag vagy málladéktakaró köpenyszerűen borul. Ilyenkor hosszú, de szakado-

zott csúszási felület képződik, melynek szöge általában megegyezik a feküagyag dőlésével (4. ábra). Esetenként az üledékek között a vízvezető rétegek megcsapolásával a mozgásveszély csökkenthető, sőt, el is hárítható. A tömeg mozgása periodikusan a nedves évszakban váltódik ki. A csúszástól veszélyeztetett környezetet a lejtőn geomorfológiai bizonyítékok, köztük a csuszamláshalmazok kidudorodásai és szakadásos-repedések könnyen elárulják.

A földcsuszamlás fentebb ismertetett alapformái bizonyos esetekben egymással kombináltan is előfordulnak.



5. ábra. Szeletes földcsuszamlás a dunaföldvári löszfalban. 1 — Lössrétegek — l_1 — csúszásos földszelvények; l_2 — idősebb csúszási halmaz előterében kitéremlett alapzat; hl — homokos lösz; va — vörösgyag, amelyen a csúszólap (cs) kialakult; ft — fosszilis talajok; pa — pannon agyag; o — omladék; ta — tarka agyag; z — zátony

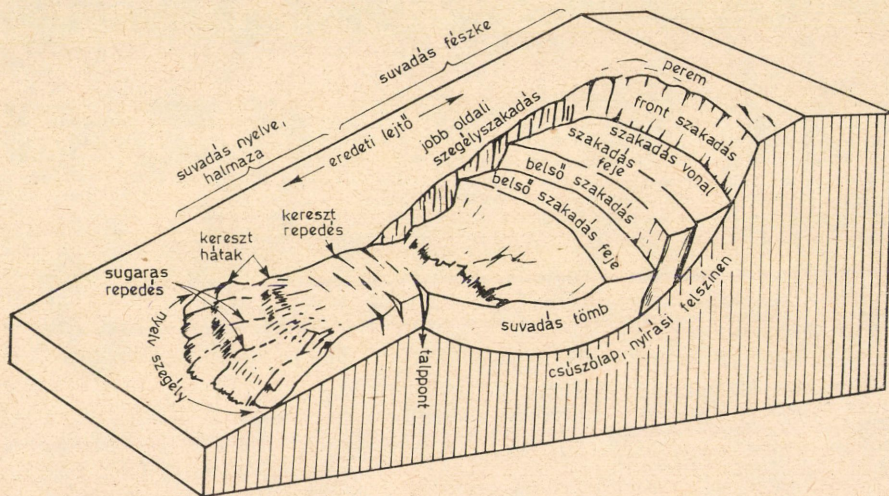
Fig. 5. Slice-slide in the loess escarpment at Dunaföldvár 1 — Loess strata; l_1 — slide slices; l_2 — basement upwarped in front of the accumulated waste-rock of an earlier slide; hl — sandy loess; va — red clay forming a slip plane (cs); ft — fossil soils; pa — Pannonian clay; o — talus; ta — hydromorphic soil; z — shoal

3. *Szeletes földcsuszamlás* a csuszamlások egyik gyakori, típusos esete. Kialakulásának feltétele: 1. enyhe dűlésű agyagréteg, mely a lejtőalpnál csak alig magasabb fekvésű vagy éppen azzal egyszerű. Ezen a vízátmeresztő és a túlnedvesedés esetén erősen képlékeny agyag felszínén alakul ki a csúszólap. 2. Az agyagos alapzatra nagyobb vastagságú (10–50 m), jórészt vízáteresztő összlet telepszik, mely rendszerint meredek partfalban végződik. A vízátmeresztő agyagon a fedő rétegösszlet alja időszakonként annyira átmedvesedik, hogy belső kohéziós szilárdsága lecsökken. Ekkor a fedő összlet a parttal párhuzamos szeletek mentén megrepedezik és attól részben elválik. A partfalhoz még rostos repedések mentén támaszkodó tömbseletek tovább rogyadoznak, miközben az alsó rétegekben a nyomás és az átmedvesedés fokozódik. Ezeknek egy kritikus mennyiségi értékénél az alsó rétegek elvesztik nyomószilárdságukat, hirtelen nyíródást szenvednek. Ekkor néhány keskeny földszelvény egyszerre leszakad és az agyag felszínén, mint előrejelzett és nedvesített csúszólapon, ívesen megcsuszamlal (5. ábra). A földszelvény hatalmas tömegüknél fogva óriási nyomást (ütést), bonyolult feszültségeket okoznak, amelyeknek következtében a képlékeny agyagos talpazaton lapos ívből bemélyülő csúszási síkot hoznak létre. A megcsuszamlott földhalmaz előterében viszont a csúszás alapzatát képező agyag képlékeny rugalmassága következtében komplex pikkelyes és felboltozódásos szerkezettel kitüremlik.

4. A *suvadás* típusa a földcsuszamlások klasszikus esetei közé sorolható. E folyamat az agyagból, vályogból álló meredek lejtőn vagy mesterséges rézsűn

megy végbe. A félhengeres, ill. ívelt felületű csúszólap magában az agyagban a szakadási felület mentén alakul ki, amely a lejtőalaphoz viszonyítva lehet talpponti, talppont fölötti, vagy alámetszett. A csúszólap az agyagban geológiailag nem előrejelzett felszín.

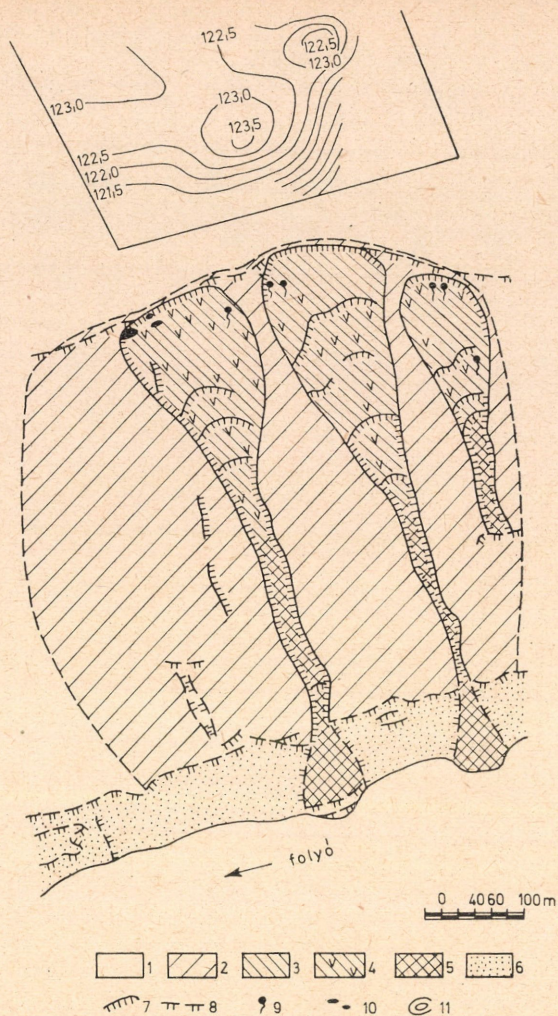
A suvadás Erdélyben a földcsuszamlás leggyakoribb típusának népi elnevezése, melynek az irodalomban már klasszikussá vált jellemzését CHOLNOKY J. adta meg.³ Ez esetben az agyagösszletre — helyenként — vízáteresztő kemény réteg, mészkő, homokkő telepszik. A vékony és vízáteresztő takaróréteg alatt — az erősen csapadékos időjárású periódus során — az agyag átnedvesedik, rugalmas alakváltozást szenved és a fedőkőzet kontinuitása a peremmel párhuzamosan vagy karéjosan megszakad, ill. megrepedezik. Az erősebb átnedvesedések idején az agyagréteg peremi része — a fedőkőzet vertikális repedéseinek szelvényében, ahol maximális nyírófeszültség lép fel — elveszti állékonyságát. Ha a korábbi suvadás halmazának ellensúlya nem elegendő az egyensúlyban tartáshoz, akkor karéjos alaprajzú és ívelt csúszási lap mentén újabb nyírásos eredetű szakadás — suvadás — képződik. A peremi agyagtömeg e kemény kőzettakaróval együtt, rétegváradás nélkül, az elszakadási frontnak szembe elfordulva a nyírású felületen rotációs mozgással suvad a lejtő alá (6. ábra). A lejtőláb szakaszon az



6. ábra. A suvasztás és a suvasztásos formák nevezéktana (VARNES 1958 nyomán kiegészítve a magyar szóhasználat szerint). *repedések*: a száiban álló kőzetbe mélyen behatoló repedések; *front szakadás*: a suvasztás fészkeinek meredek felső lejtője a háborítatlanul maradt kőzetben felfelé határolja a suvasztás halmazát. A front szakadás folytatása a megsuvadt tömeg alatt a nyíródási felszín, a *csúszólapot* képviseli; *szegély szakadás*: a suvasztás fészkeinek meredek oldalajtója, mely a még háborítatlan lejtőtől különbözteti el a (csúszás) suvasztás halmazát; *belső szakadási front*: meredek (megcsuszamlott) szakadáslejtő, a megsuvadt tömegben belül, amelyet differenciált suvasztások okoznak; *szakadásvonal*: a megsuvadt (v. megcsuszamlott) tömeg metsződése; *suvasztás* (csuszamlás) *talppontja*, talpvonala: a nyírású felület (v. csúszólap) és az eredeti felszín metsződéseinek vonala (esetenként fedett); *suvasztás* (csuszamlás) *fészke*: a szakadás frontja, a szegélyszakadék és a nyírású felület által határolt homorú forma, melyet a szakadásos eredetű földhalmaz csak részben tölt ki; *suvasztás* (csuszamlás) *nyelve*: a suvasztás (csuszamlás) fészkeiből a lejtőlábra áttelepült, nyelyszerűen elterülő földhalmaz. Az áttelepítésében a szakadásos, továbbá csúszásos mozgás mellett képlekeny földfolyás is részt vesz

Fig. 6. The slump ("suvasztás") and the nomenclature of its forms (by courtesy of VARNES 1958, and supplemented according to Hungarian usage)

³ Nem helyes egyeseknek az a törekvése, hogy a földcsuszamlás fogalmát és különböző folyamatait a „suvasztás” megjelöléssel helyettesítsük vagy akár szinonim fogalomként használjuk.



7. ábra. Földfolyásos földcsuszamlás (ABRAMOV, SZ. K. nyomán, POPOV, I. V. 1959): 1 — A lejtő egyensúlyban levő része; 2 — jelenleg viszonylagosan egyensúlyi lejtő; 3 — mozgásban levő (nem egyensúlyi) lejtő; 4 — csuszamlási halmaz területe; 5 — csuszamlási halmaz szállítódási zónája; 6 — folyóparti ártér; 7 — a jelen csuszamlások szakadék falainak pereme; 8 — tereplépcső; 9 — források; 10 — csuszamlási mélyedésekben víz; 11 — talajvízszint görbéi 0,5 m-enként

Fig. 7. Slump-earth flow, channel-pathed landslide (by courtesy of S. K. ABRAMOV and I. V. POPOV 1959). 1 — Slope stretch in equilibrium; 2 — slope presently in the state of relative equilibrium; 3 — slope in motion (non-equilibrium); 4 — area of rock-waste mound; 5 — zone of transportation of rock-waste mound; 6 — river flood-plain; 7 — edge of escarpment of the present slides; 8 — bench; 9 — springs; 10 — water in slide-depressions; 11 — ground-water table lines calibrated at 0.5 m height intervals

egymást periodikusan követő suvadásos tömbök közötti mélyedésekben időszakos tavak képződhetnek. A CHOLNOKYTÓL hepehupásnak nevezett felszínen a kőtömbök alatti agyag képlékennyé válik és idővel szétfolyik, elveszti eredeti rétegződését. Agyagrétegből álló meredek lejtőn a suvadás jelensége a kemény kőzettakaró nélkül is végbemegy.

5. A földfolyásos csuszamlás fészke és csúszólapja ívszerű, s rendszerint a lejtőderék felső, legmeredekebb részén alakul ki. A csúszáshalmaz keskeny vályú, ösvény mentén szakaszosan továbbcsúszik. Az előtörő forrásvizek a már megcsúszott tömeget túlnedvesítik, így a földtömeg időnként plasztikus állapotba kerül és „földfolyással” a lejtő lábára halmozódik, aholis nyelvszerűen elterül. E típus felülnézetben gleccserszerű alaprajzot mutat (7. ábra). Kialakulásának morfo-litológiai feltétele: erős lejtő vastagabb (5—20 m) törmelékes málladék-takaróval vagy löszös-vályogos rétegekkel fedve. Morfo-hidrológiai feltétel: a meredek lejtő-oldalban a vízáteresztő rétegek talajvíze, ill. rétegvize a takarórétegen át forrás formájában nem tud közvetlenül a felszínre kerülni. Ilyen esetben a szivárgó víz a lejtőtakaró alatt rendszerint eltemetett enyhe felszíni mélyedésekben összegyülemlik. A takaróösszlet mélyebben fekvő réteggötege annyira átmedvesedik, hogy elveszti kohéziós szilárdságát, nyíródást szenved és az alatta fekvő preformált agyagos csúszólapon az egész tömeg rövidtávú csuszamló mozgást végez. Kialakul a földfolyásos csuszamlás félköríves fészke.

A földfolyásos csuszamlás a „földcsuszamlás” és a „földfolyás” (sárfolyás) komplex jelensége; a mozgás pihenő szakaszokkal évekig is tarthat, főként a nedves évszakokban. Gyakran egymás mellett csoportosan jönnek létre, közöttük csuszamlásos gerincek képződnek, melyek a kiszakadási fészek környékén elkeskenyednek, sőt, össze is szakadhatnak.

6. *Blokkcsúszás.* Igen lassan működő lejtős tömegmozgás megy végbe kemény köztömbök nyomása alatt agyagból álló lejtőkön. Fennsík-, tereplépcső-pere-meken az agyag alapzatra települt vékonyabb-vastagabb kemény kőzetet — bazalt, mészkő stb. — a repedések különálló blokkra bontják. Az elkülönült blokkok fokozatosan belenyomódnak az agyagba, mely a tartós nyomás hatására enyhén plasztikussá válik és a kőzetblokk alól egy része kitüremlik. Ennek során a blokk apró és nem egységes csúszólapok sorozatán át a lejtőn lassan lefelé mozog. A blokkok közé benyomul az agyag, a mozgás sebessége évente többnyire csupán néhány mm. A blokk alól kitüremlő anyagmozgás kísérletileg igazolható. Sűrű, viszkózus állapotban levő aszfaltra helyezett fémtálca bizonyos idő után besüllyedt, és környezetében az aszfalt kitüremlett. A blokkos csúszások közé sorolható az oligocén agyagon vagy a budai márgán történt budai édesvízi mészkövek lassú csúszása is. Ezek nem tartoznak a csuszamlások klasszikus típusai közé.

Előfordulnak hatalmas méretű blokkcsúszások is, mint pl. a Bratszki víztároló mentén az Angara-folyó völgyében, ahol 100 m vastag és 250—500 m-es kvarcit tömbök süllyednek bele a kambriumi agyagba. A blokkok csúszása itt igen lassú (0,2 mm/év), némelyek egymástól 100 m távolságra is elmozdultak, a repedésekbe agyag nyomult be (PALSHIN 1963).

Csúszólapon horizontálisan elmozduló *blokkos csúszás* esetét ismerteti VARNES (1958) a Panama-csatorna mentéről. A csúszásnak e típusát a rotációs tömeg-elmozdulást végző suvadással állítja szembe.

A földcsuszamlások mechanizmusának fentebbi magyarázata természetesen nem terjedhetett ki minden részletre, mivel a megfigyelésadatokat fúrásokkal és folyamatos mérésekkel kell kiegészíteni. A ma lehetséges magyarázatot a geológiai, geomorfológiai, hidrogeológiai feltételek elemzésére és a csuszamlás lejátszódása után kifermálódott domborzati és litológiai, szerkezeti jelenségek megfigyelésére alapoztuk.

Kívánatos lenne a megfigyeléseket és méréseket a talajmechanika, a mérnökgeológia szempontjaival, módszereivel is kiegészíteni és a csuszamlások mecha-

nizmusát, genetikus típusainak kidolgozását komplex alapkutatással folytatni. Ez azért is nélkülözhetetlen, mert a lejtőállandóság mennyiségi meghatározása csak akkor lehet kielégítően biztonságos, ha az értékelést a vizsgált terület geológiai felépítésére és a domborzat geomorfológiai fejlődéstörténetének részletes ismeretére alapozták.

THE MAIN TYPES OF LANDSLIDES

M. PÉCSI

1. Notion and types

a) *A landslide in the strict sense is a rapid downslope mass movement of bedrock connected with the formation of a slip plane.* It is slip plane development that distinguishes landslides from the other types of mass movements.

The various types of landslides have not been classified in the Hungarian geologico-geomorphological literature as yet, and this problem has not been settled in the international literature either. In many cases no genetic distinction is made either between slide and creep — debris flow phenomena, nor between slipping and earth —, rock fall movements. However, beside the substantial differences observable between these processes with regard to the constellation of the responsible natural processes and factors, essential divergences can even be shown to exist between landslides taken in the strict sense of this term. Distinctions between types should be made not only from the genetical point of view, i.e. on the basis of their peculiar role in morphogenesis, but a distinction is required by the engineering-geological practice as well. After all, for the safety and accuracy of engineering projects the stability or equilibrium of the slopes can be determined by different methods and approaches following the cases.

b) *Among the landslides in the broader sense* the phenomena provoking a slow, long-term deformation of the slopes, but not connected with a definite slip plane, are rather frequent. In this case the sliding of the material is composed of a system of minor creep planes. Similarly, a special process is the “block-movement” which, however, is no typical slide, but a slow creep of freshwater limestone or basalt etc. blocks down a sloping clay substrate.

Movements other than the landslides in the strict sense are the downfalls of rock masses on overturned slopes; the downfalls and plastic flow of overmoistened materials down the slope — the so-called “earth flow”. No doubt, these processes may occur associated with landslides. That is why authors of some textbooks in engineering geology have classified almost all processes of gravitational mass movement as belonging to the scope of landslides or to the sliding movements taken in the broader sense.

c) It is primarily the three-dimensional geometrical types of the *slip plane* that the present genetical classification of the landslides s. str. has been relied upon, with a consideration of the morpho-lithogenic and hydrometeorologic characteristics. The necessity of the formation of the slip plane is the most characteristic feature of a landslide. This distinguishes it from the downfalls of materials on the slopes and provokes a periodical repetition of the phenomenon.

2. Concise geomorphological characterization

On the basis of the afore-mentioned criteria and of the consideration of the slide-promoting factors the following main types of landslides have been distinguished:

i. *Rockslides and slope-slide*. In this case the surface of sliding is steep, being situated high on the mountain-side and the volume of the sliding rock mass is catastrophically huge. This mass performs a quick sliding movement starting from the source of the slide down to the foot-slope over a path of several hundred metres comprising passages characterized by downfalls (*Fig. 1*).

If the bedrock is covered by a detrital clayey mantle of varying thickness which, as a result of moistening, will slide downslope on the bedrock surface, a *slope-slide* is spoken of (*Fig. 2*). On the contrary, a *rockslide* is the rapid movement of both the weathered mantle and the bedrock sequence, a movement along the slip plane down to the foot of the mountain-slope. A rockslide may come about on the one hand in unconsolidated rocks, along bedding planes pre-formed during sedimentation (*Fig. 1*); on the other hand, in solid rocks along fault planes: slip planes controlled and pre-indicated by weathering.

The difference between the two consists in that a rockslide is more localized, occurring rarely in the same place, whereas a slopeslide on weathering-carpeted steep slopes is repeated periodically, embracing a large surface at one and the same time. *In many cases, the material leaves the source of the slope-slide with jerks, rolling like an avalanche down the slope*. In case of a slope of 40 to 45° the over-moistened cover of weathering products will yield to shearing stresses and begin to slide and fall along the resulting shear plane. After heavy rains the weathered rock-cover is saturated with water down to the bedrock and on slope stretches steeper than 45°, the elastic solid material will lose its cohesion strength, and the intergranular friction will exceed the critical limiting value. This will result in shearing, so that enormous masses of rock may slide downslope even within a few hours time. The roads cut into the slope will collapse or the road track buried, and communication may be totally paralyzed for a while.

The accumulated rock-wastes of rockslides and slope-slides may dam valleys.

In addition, "gravitational-slide-thrusts" of geologically considerable duration on mountain slopes are distinguished in the literature. These do not belong to the landslides in the strict sense. On steep slopes produced by the combined action of tectonic uplift and exogenic disintegration the overburden rocks slip upon one another with a very slow, long-term motion or are thrust into a close juxtaposition (*Fig. 3*).

ii. *Slip of stratum*. A carpet-like slip of strata takes place in the case when a clayey, sedimentary basement dips slightly downslope, being carpeted by ground-water-bearing sandy clays or products of weathering. In such cases a long, but discontinuous slip plane will form which usually has the same angle as the angle of dip of the underclay (*Fig. 4*). Tapping the water-bearing strata may reduce, and even eliminate, the danger of movement. The movement of the mass is periodical, setting in during the wet season. An environment endangered by sliding is readily revealed on the slope by geomorphological evidence such as waste mounds and tensile fissures, cracks, etc.

The above basic forms of landslide may occur combined in certain instances.

iii. The *slice-slides* represent one of the common and typical cases of landslides. Prerequisites for their development: 1. the presence of a clay layer of slight dip situated just a little higher than, or at the same level, as the base of the slope. It is on this impervious and, in case of overmoistening, strongly plastic clay surface that the slip plane develops. 2. The clayey basement is overlain by a thick (10—50 m), for the most part permeable sequence which usually ends in an escarpment of river bank. On the impervious clay the base of the overburden is periodically moistened to such an extent that its inner cohesion strength decreases. As a result, the overburden will be fractured along slices parallel to the escarpment and partly sheared off it. Still resting on the escarpment along fibrous joints, the slices will then further displaced, a process during which pressure and moisture increase in the basal strata. At a critical value of these characteristics the basal layers will lose their resistance to compression and be suddenly sheared off. A few narrow earth slices will then torn and slide away on the surface of the clay as on a pre-indicated and moistened slip plane (*Fig. 5*). On account of their enormous volume the slices will produce extremely high compression (strike), i.e. intricate stresses, resulting in a flat down-warping of the slip plane on the plastic clay basement. In front of the earth masses removed by sliding this clay, however, will be up-warped, thus producing a complex imbricated structure on account of plasticity.

iv. The *slump* (“*suvadás*”)* may be treated as a classical representative of rotational landslides. This process takes place on a steep slope or artificial ramp made up of clays and loams. The semi-cylindrical slip plane is formed within the clay body along the surface of rupture. With regard to the base of the slope, this plane may be situated exactly at the base, above it or cut below it (undercut). The shear plane in the clay is no geologically controlled surface.

In this case a clay sequence is — locally — overlain by hard, permeable strata: limestones or sandstones. In humid periods, under the thin and permeable hard cover the clay is moistened throughout its cross-section, undergoing plastic deformation, and the continuity of the hard cover is broken, producing fissures parallel to the margin or in the form of an arch. In cases of heavy moistening the marginal part of the clay sequence loses its stability in the slice produced by vertical fissures in that part of the overburden, where the highest shearing stress is manifested. If the rock-waste of earlier slump does not suffice as a counterweight capable of keeping equilibrium, a new shear-rupture will take place along an cylindrical slip plane. The marginal clay mass, together with its hard cover, will then display a rotating movement on the shear surface and slumps down to the base of the slope (*Fig. 6*). In the slope-base zone the depressions between the successive, slump-affected blocks may develop into intermitting lakes or ponds. On the rough surface the clay under the stone blocks becomes more plastic and flows away in every direction, losing its original stratification. The phenomenon of slump on a steep slope consisting of clays will take place even in absence of a hard-rock cover.

v. *Slump-earth flow*. have arched centres and slip planes, being formed in the steepest upper part of the slope. The rock-waste slides rhythmically in a narrow channel. Afterwards the waters of newly-formed springs will overmois-

* “*Suvadás*” (slump) is a popular provincial name given to the commonest type of landslides in the Transylvania, Rumania. Its interpretation, which has become classical in the relevant literature, was given by J. CHOLNOKY (1926).

ten the slided mass which periodically becomes plastic and "flows" down, to be finally accumulated in the form of a tongue at the base of the slope. Viewed from above, this type shows a glacier-like pattern (Fig. 7). Morpho-lithological prerequisite for its formation is a marked slope covered by rather thick (5—20 m) detrital products of weathering or by loessic-loamy sediments. Morpho-hydrological prerequisite: a steep slope, where the groundwaters or artesian waters of the permeable strata cannot get across the overburden to reach the surface directly in the form of springs. In such cases the filtrating waters accumulate in shallow depressions usually buried under the slope overburden. The deeper-seated member of the overburden will be moistened to such an extent that it loses its cohesion strength, and that the entire mass is sheared off and displays a short-distance sliding movement on the preformed clay slip plane underneath. This is how the semi-circular source of the *slump-earth* is brought about.

A channel-pathed landslide is a complex phenomenon comprising both "slump" and "earth flow". The movement may last for years with temporary pauses of standstill, the motions being connected for the most part with the humid seasons. Very often, several slump-earth flows may be grouped in a close juxtaposition, being separated by ridges of original surface which get narrow in the vicinity of the main scarpe or may even be broken into pieces.

vi. *Block-slides*. Under the pressure of hard stone blocks a very slow mass movement down the sloping surface of clays takes place. The hard rocks of varying thickness such as basalt, limestone, etc. overlying a clay basement on the borders of plateaus and benches or terraces, are jointed into separate blocks by fissures. These blocks will then gradually penetrate into the clay which becomes slightly plastic as a result of lasting compression, to let a part of its body protrude from below the rock block. During this process the block moves slowly downslope, via a set of minor and diversified slip planes. The clay will penetrate between the blocks, the movement being, however, very slow, usually just a few mm a year.

Huge block-slides are known to occur e.g. in the valley of the Angara river near the Bratsk Reservoir System, where quartzite blocks of 100 m thickness and 250—500 m size sink into the Cambrian clays. The sliding of the blocks is very slow there (0.2 m a year), and some blocks have moved as far as 100 m apart and the fissures have been penetrated by clay.

The case of *blocks sliding* horizontally on a slip plane was described by VARNES (1958) from the zone of the Panama Canal. He emphasized the contrast of this type of landslides as compared to the slump displaying a rotating motion of earth masses.

As a matter of course, the above explanation of the mechanism of landslides could not enter into every detail, since the results of irregular observations of surficial phenomena ought to have been supplemented with drilling and continuous measuring. The explanations most plausible at present have been based upon analyses of the geological, geomorphological and hydrogeological conditions and on observations of the relief features and lithological and structural phenomena developed after the completion of the landslides.

It would be desirable to supplement observations and measurements with the theories and methods of geomechanics and engineering geology and to continue work in the domain of genetical classifications by undertaking complex fundamental research. This is indispensable even because the quantitative determina-

tion of the stability of slopes can be carried out with safety only in the case, if the evaluation is based on a thorough knowledge of the geology of the investigated area and of the geomorphological history of its relief.

IRODALOM — BIBLIOGRAPHY

- ÁDÁM, L. 1967: Suvadások formák a Tolnai-dombság löszös területein (Forms of Landslide in the Loess Region of Tolna Hill Country). — Földr. Ért. Tom. XVI, pp. 133—150.
- CHOLNOKY, J. 1926: A földfelszíni formák ismerete (Morfológia) [The Knowledge of the Relief Forms of Earth's Surface (Morphology)]. — Egyetemi Nyomda, Budapest, p. 296.
- KÉZDI, Á. 1970: Talajmechanika II. (Soil Mechanics II). — Tankönyvkiadó Váll. Budapest, p. 515.
- LÁNGNÉ BUCKÓ, E. 1969: A csuszamlások genetikai típusai (Genetic Types of Landslides). Földr. Ért. Tom. XVIII. pp. 241—245.
- MÜLLER, L. 1964: The Rock Slide in the Vajont Valley, Rock Mechanics and Engineering Geology. II. köt. 2—4. sz. — Wien—New York.
- PALOSHIN, G. B. 1969: Opolzni (Landslides) in „Bratskoe Vodohranilische” (“Bratsk Reservoir”). — Izd. A. N. USSR. M. 1963. pp. 130—151.
- PEJA, GY. 1956: Suvadástípusok a Bükk északi előterében (Types of Landslides in the Northern Hillslopes of Bükk Mountains). — Földr. Közl. Tom. 4. (81) pp. 217—240.
- PÉCSI, M. 1967: Összefüggések a lejtőmorfológia és a negyedkori lejtőüledékek között (Relationships between Slope Morphology and Quaternary Slope-deposited Sediments). — MTA X. Osztálya Közleményei, Tom. I. pp. 219—250.
- PÉCSI, M. 1968: A lejtőüledékek fő típusai és felhalmozódásuk dinamikája (The main Types of Slope Sediments and the Dynamics of their Accumulation). — Földr. Ért. Tom. XVII. pp. 1—15.
- POPOV, I. V. 1959: Inzsenernaja Geologija (Engineering Geology). — Izd. M. G. U. Moszkva.
- STRAHLER, A. N. 1956: Quantitative Slope Analysis. — Bull. Geol. Soc. Am. Tom. 63. pp. 574—596.
- VARNES, D. J. 1958: Landslide Types and Processes “Landslide and Engineering Practice”. Highway Research Board, Special Report 29, Washington, D. C.
- ZARUBA, Q.—MENCLE, V. 1969: Landslides and their Control. Prague. p. 205. ELSEVIER, coedition with the Publishing House of the Czechoslovak Acad. of Sciences.