

Mineralia slov.
17 (1985), 1, 15—24

Poznatky z terénneho výskumu plazivých svahových pohybov travertínových blokov na Spišskom hrade

EGON FUSSGÄNGER

IGHP, n. p., Rajecká cesta 32, 010 51 Žilina

(5 obr. a 3 foto v texte)

Doručené 11. 7. 1984

Результаты полевого исследования ползущих движений склонов travertinových blokov Спишской крепости

Условия развития блоковых ползущих движений, деформирующие ригидные travertinové глыбы, которые залегают на мягких осадках внутригорских впадин-специфические. Анализ этих условий на основании прямых полевых исследований современной активности ползущих блоковых движений был осуществлён на примере участка блокового разрушения travertinového тела Спишской крепости, которое находится в Горнадской котловине. Полученные результаты могут использоваться при современных работах на восстановлении крепости, которая является национальным культурным памятником.

Knowledge from investigation of creep slope movements of travertine blocks on Spišský hrad castle

The conditions of development of block creep movements deforming rigid travertine heaps that lie on soft filling sediments of intermountain hollows are rather specific. The analysis of mentioned conditions based on direct terrain investigation of present activity of block creep movements was carried out on the example of locality of block disintegration of Spišský hrad castle travertine body located in the Hornád hollow. The results detected can be used to advantage in the realization of present restoration activities on the castle which is a national cultural monument.

Plazivé — veľmi pomalé — svahové pohyby sú zvyčajne základným vývojovým štádiom každého svahového pohybu. V prírodných podmienkach môžu dlhodobo zotrvať na úrovni pomalého ne-

akceleračného pohybu, ale pri pôsobení istých faktorov sa môžu časom zmeniť na rýchlejšie svahové pohyby typu zosúvania alebo až rútenia.

Medzi najčastejšie druhy plazivých po-

hybov patria blokové svahové pohyby. Vznikajú v charakteristických geologicko-tektonických štruktúrach, v ktorých horninový komplex budovaný pevnými, rigidnými horninami leží na plastickom, mäkkšom podložnom komplexe alebo vrstve. Výslednou formou blokových pohybov bývajú svahové poruchy typu blokových rozpadlín, posunov a blokových polí.

Blokové svahové poruchy sú na území Slovenska najrozšírenejšie v členitých oblastiach mezozoických a neovulkanických vrchovín a hornatín, kde rigidné komplexy karbonátov aj zlepcov, resp. vulkanitov, ležia v príkrovovej pozícii na plastickom komplexe pelitov tvorených slieňom, slieňovcom, ilovitou bridlicou, resp. ilom a tufitom.

Popri uvedených početných oblastiach mezozoických a neovulkanických a v menšej miere aj hrubolavcovitých flyšových vrchovín a hornatín si osobitnú pozornosť zasluhuje aj sporadický výskyt blokových svahových porúch v oblasti vnútrokarpatských kotlín.

Je zjavné, že vo vnútrokarpatských kotlinách, ktoré majú povahu tektonicky poklesnutých brachysynklinál a ktoré tvoria prevažne mäkké terciérne sedimenty, vznikali počas ich vývoja priaznivé podmienky na vznik zosuvov len v niektorých prípadoch. Geologická štruktúra dvoch pevnostne rozdielných komplexov vhodná na uplatnenie sa blokových svahových pohybov sa vyvinula iba v kotlinách, v ktorých diferenciačné výzdvihovo-poklesové pohyby v pliocéne až v kvartéri na tektonických zlomoch sprevádzal aj výdatný prienik minerálnej (kyslej vápenato-uhlíčanovej) vody. Pri jej výstupe na povrch pri zmene tlakových a teplotných pomerov unikol plynný CO_2 a vyzrážal sa pramenný travertín. Tak vznikli, resp. v súčasnosti vznikajú rigidné kopovité aj kaskádové telesá travertínu v Liptovskej, Popradskej a Hornádskej kotline, kde le-

žia na pomerne mäkkom flyšovom podklade centrálnokarpatského paleogénu. Ale vývoj blokových svahových pohybov a ich porúch sa viaže iba na také travertínové telesá, ktoré boli pôsobením dostatočne dlhej selektívnej eróziívno-denudačnej modelácie na okrajoch výraznejšie strmo obnažené do okolitého prostredia a navyše aj vnútorne postupne rozčlenené a porušené v dôsledku mechanického aj chemického (krasového) zvetrávania. Preto blokové poruchy postihli iba staršie travertínové telesá, ktoré vznikli v teplejších obdobiach medzi vrchným pliocénom až strednopleistocennými interglaciálmi (Ložek, 1973).

Prikladom porušených travertínových telies zodpovedajúcich počiatocnému štádiu iba blokových rozpadlín je lokalita Ružbachy-Horbeke v Popradskej kotline (mindel — riss) a pokročilému štádiu blokových posunov zodpovedá v Hornádskej kotline lokalita Pažica (danub — günz). Do plne rozvinutého štádia celého komplexu svahových porúch typu blokových polí aj rozpadlín patria najstaršie (vrchný pliocén) travertínové telesá Dreveníka, priľahlého Ostrého vrchu a Spišského hradu, ktoré ležia v Hornádskej kotline pri Spišskom Podhradí. Medzi relatívne neporušené mladšie (riss — würm) travertínové telesá so zachovaným pôvodným kopovitým tvarom patrí Sobotisko v Hornádskej a Gánovce-Hrádok v Popradskej kotline. Medzi najmladšie recentné (holocénne) travertínové telesá patrí kopa Sivej brady v Hornádskej kotline a kaskádová kopa v Bešeňovej v Liptovskej kotline, v ktorých sú doteraz aktívne minerálne pramene:

Pri priamom terénnom výskume blokových plazivých pohybov v rámci rezortnej čiastkovej výskumnej úlohy č. P-158-03 (Fussgänger — Košťák, 1983) bola v oblasti vnútrokarpatských kotlín vybratá lokalita porušeného travertínového telesa Spišské-

ho hradu, nachádzajúca sa v Hornádskej kotline. Jej výber bol odôvodnený aj skutočnou potrebou overiť súčasnú aktivitu a orientáciu plazivých travertínových blokov, lebo výsledky by sa dali vhodne využiť pri rozsiahlych rekonštrukčných úpravách hradu, tejto významnej historickej pamiatky.

Geologická charakteristika travertínovej kopy Spišského hradu a jej blokových porúch

Dominantné, výrazné a členité travertínové teleso, na ktorom stojí mohutný stredoveký komplex Spišského hradu, sa nachádza v Podhradskej zníženine Hornádskej kotliny.

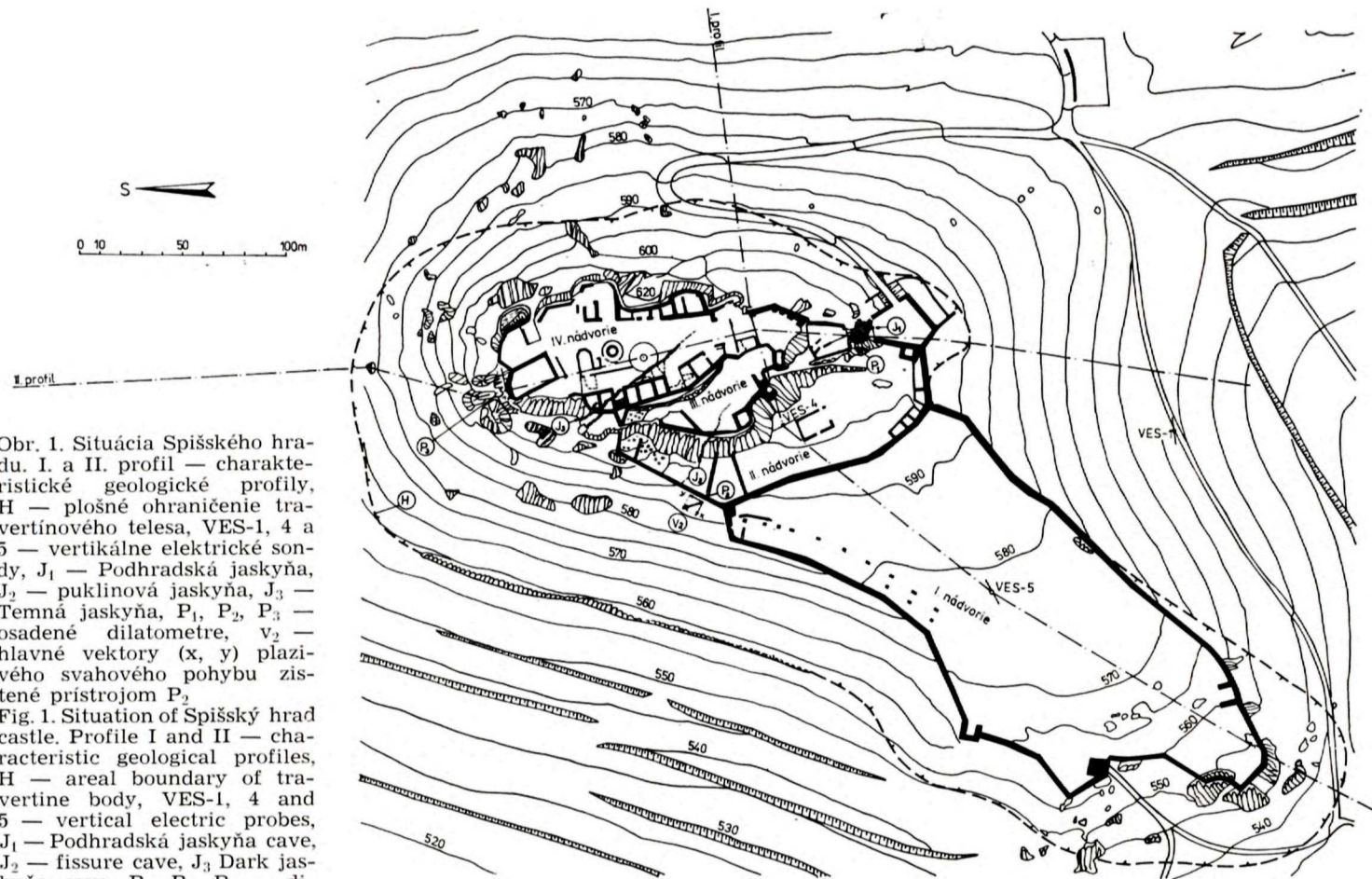
Podhradská zníženina leží v severnej časti Hornádskej kotliny. Vyvinula sa v okolí Spišského Podhradia ako inverzná depresia na antiklinále paleogénneho súvrstvia centrálnokarpatského flyšu, v ktorom sa pieskovec a ílovec, príp. slieňovec striedajú asi v pomere 2 : 1. Pritom flyšové vrstvy majú mierny sklon (asi 5—10°) na JJZ a JZ (Nemčok, 1982). Z jej hladko modelovaného, mierne pahorkatinného reliéfu však výraznejšie vystupujú pomerne mohutné (20—70 m) elevácie travertínových kôp a telies Spišského hradu (634,1 m n. m.), Dreveníka (609,3 m), Ostrého vrchu (607,5 m), Sobotiška (555,5 m), Pažice (522,2 m) a Sivej brady (500,3), ktorých vznik od konca pliocénu a počas kvartéru podmienili pramene minerálnej vody vystupujúce na povrch pozdĺž tektonických zlomov.

Podľa stupňa porušenia a skrasovania travertínová kopa Spišského hradu, pôvodne kopovitého tvaru, vznikla, obdobne ako paleobotanicky preukázateľne najstaršia kopa Dreveníka a príľahlá kopa Ostrého vrchu, koncom pliocénu (Ložek, 1964; Nemčok — Svatoš, 1974). Na zákla-

de výskytu medzivrstvovo pochovanej autochtónnej a cudzej (pieskovcovej) výplne z periglaciálu (Cebecauer — Líška, 1972) možno predpokladať, že vývoj vrchných travertínových vrstiev Spišského hradu, približne nad úrovňou 600—610 metrov n. m., pokračoval aj v staršom pleistocéne (danub — gūnz). Tak možno vysvetliť dominantnú výšku travertínu na Spišskom hrade, ktorú zvýraznili práve vrchné bralnaté mladšie (pleistocéne) travertínové vrstvy. Pritom najstarším (pliocénnym) travertínovým vrstvám zodpovedá mierny tabuľový reliéf I. až II. hradného nádvorja (obr. 1), ktorý je charakteristický aj pre Dreveník.

Celkové plošné ohraničenie travertínového telesa Spišského hradu, ako aj jeho mocnosť sa overovali pomocou geofyzikálnych metód. Pôdorysné ohraničenie travertínu (obr. 1) umožnila aplikácia metódy symetrického odporového profilovania (SOP) a orientačné zistenie jeho mocnosti metóda vertikálnej elektrickej sondáže (VES). Mocnosť travertínu na I. nádvorí dosahovala (podľa sondy VES-5) 29—33 m, t. j. úroveň asi 560 m n. m., a na II. nádvorí (sonda VES-4) bola jeho mocnosť 35—44 m, čo zodpovedá báze travertínu na úrovni asi 545 m n. m. Premenná mocnosť travertínového telesa Spišského hradu je napokon zjavná zo zostrojeného charakteristického geologického profilu I a II (obr. 2 a 3), ktoré názorne vyjadrujú aj jeho celkové úložné pomery.

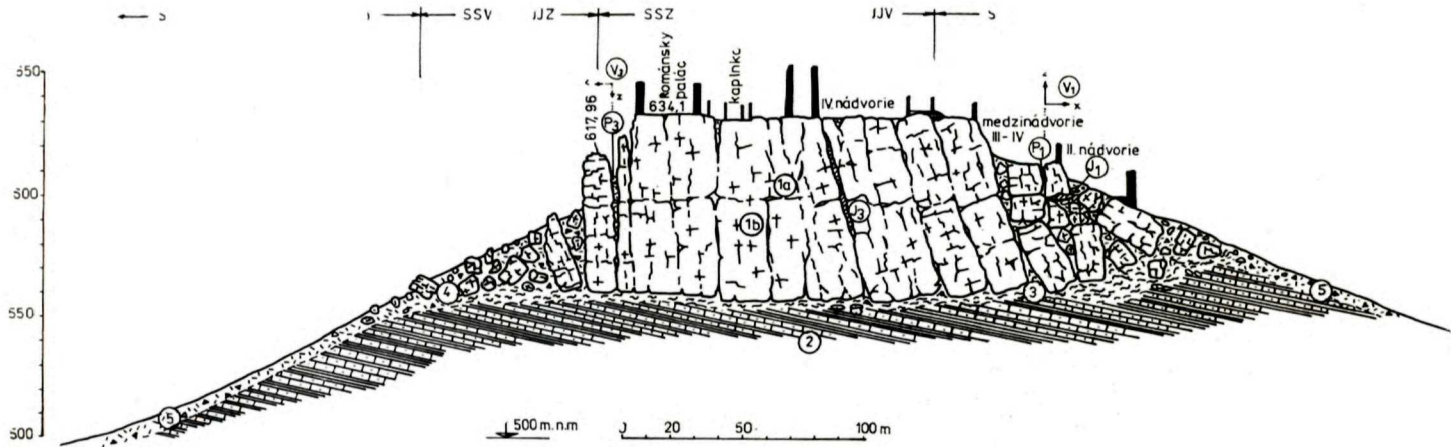
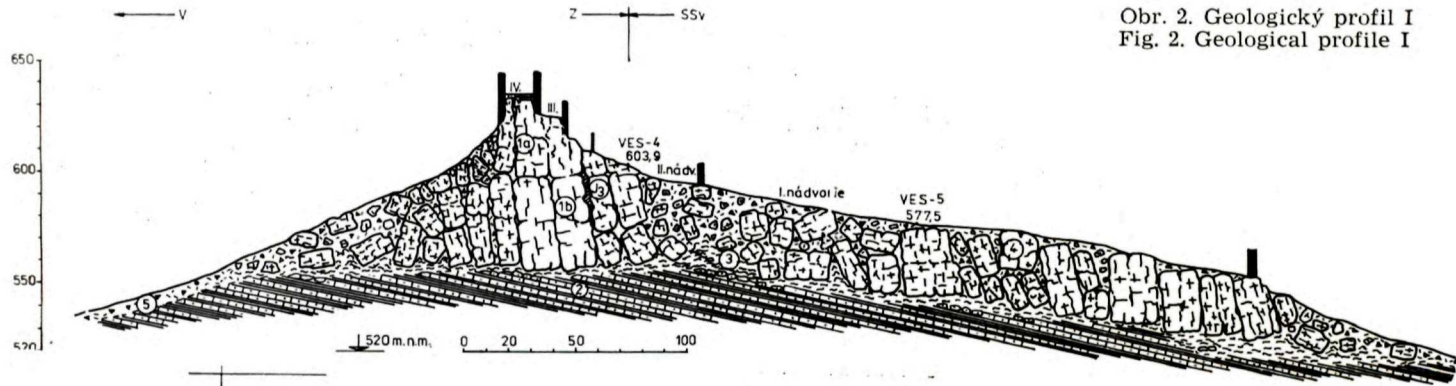
Z uvedených profilov Spišského hradu, ako aj z prieskumu blízkeho travertínového telesa Dreveník (Nemčok — Svatoš, 1974) vychodí, že pôvodný kopulovitý tvar týchto najstarších travertínových telies sa v priebehu pleistocénu veľmi rozrušil, takže dnes z bývalých travertínových kôp zostali viac-menej iba denudačné trosky. Ale táto deštrukcia bola výsledkom postupného uplatňovania sa viacerých faktorov.



Obr. 1. Situácia Spišského hradu. I. a II. profil — charakteristické geologické profily, H — plošné ohraničenie travertínového telesa, VES-1, 4 a 5 — vertikálne elektrické sondy, J₁ — Podhradská jaskyňa, J₂ — puklinová jaskyňa, J₃ — Temná jaskyňa, P₁, P₂, P₃ — osadené dilatometre, v₂ — hlavné vektory (x, y) plazivého svahového pohybu zistené prístrojom P₂.

Fig. 1. Situation of Spišský hrad castle. Profile I and II — characteristic geological profiles, H — areal boundary of travertine body, VES-1, 4 and 5 — vertical electric probes, J₁ — Podhradská jaskyňa cave, J₂ — fissure cave, J₃ Dark jaskyňa cave, P₁, P₂, P₃ — dilatometers fitted, v₂ — main vectors (x, y) of creep slope movement detected by P₂ instrument

Obr. 2. Geologický profil I
Fig. 2. Geological profile I



Obr. 3. Geologický profil II. 1 — travertín (a — pleistocén, b — pliocén), 2 — pieskovec a slienitý ílovec — flyšové vrstvy centrálnokarpatského paleogénu, 3 — kontaktná plastická zóna, 4 — separované bloky v blokovom poli, 5 — svahová sutina, J₁ — Podhradská jaskyňa, J₃ — Temná jaskyňa, P₁, P₃ — osa dané dilatometre, v₁, v₃ — hlavné vektory (x, z) plazivého svahového pohybu zistené prístrojmi P₁, P₃
Fig. 3. Geological profile II. 1 — travertine (a — Pleistocene, b — Pliocene), 2 — sandstones and marly claystones — flysch layers of Centralcarpathian Paleogene, 3 — contact plastic zone, 4 — separated blocks in block field, 5 — slope debris, J₁ — Podhradská jaskyňa cave, J₃ — Dark cave, P₁, P₃ — dilatometers fitted, v₁, v₃ — main vectors (x, z) of creep slope movement detected by instruments P₁, P₃

V prvom rade to boli erozívno-denudačné procesy, ktoré prebiehali oveľa rýchlejšie v mäkkom podkladovom flyšovom komplexe ako v nadložnom rigidnom komplexe z travertínov, takže výrazne vyseparovali nadložné travertíny po obvode strmými stenami a svahmi. S obnažovaním nadložného travertínového komplexu sa na ňom začalo uplatňovať aj intenzívnejšie mechanické a chemické (krasové) zvetrávanie, a tak sa postupne rozčlenil na menšie bloky a kryhy. Počas periglaciálnej klímy sa separačné rozčlenenie travertínového telesa navyše zvýraznilo aj v dôsledku rozširovania ľadovej výplne v trhlinách a puklinách. Pri vysokom gradiente okrajových svahov pod ťažkými blokmi najprv na okrajoch vznikol prekročením dlhodobej šmykovej pevnosti mäkkého flyšového podkladu, hlavne v jeho vrchnej zvetranej zóne, nerovnovážny stav. Tak sa na kontakte travertínových blokov začali vyvíjať plazivé pohyby a od okrajových blokov sa rozširovali postupne ďalej, až prakticky porušili celé travertínové teleso. Preto v súčasnosti pôvodné kopovité telesá travertínov v ich centrálnej časti zväčša zodpovedajú blokovým rozpadlinám a v okrajových častiach už výraznejšie porušeným formám — blokovým poliám a posunom. Odčlenené bloky v blokových poliach bývajú dlhodobými plazivými pohybmi značne rozvlečené na okrajových svahoch, často v rozlične naklonenej až úplne preklopennej pozícii, a nezriedka sa kombinujú aj so zvyškami odvalového zrútenia.

Na Spišskom hrade sa rozsiahlejšie blokové pole vyskytuje iba na miernejších (juhozápadných) svahoch v priestore I. nádvorí. Vyvinulo sa tam po separácii bazálnych pliocénnych travertínových vrstiev na bloky veľké 10—25 m a mocné do 25—30 m. Ale podľa geofyzikálneho prieskumu v prechodnej časti medzi I. a II. hradným nádvorím súvislejšie bloky

chýbajú. Svedčí to o intenzívnejšom uplatnení sa blokových posunov v spodnej juhozápadnej časti v smere sklonu flyšových podložných vrstiev, čo viedlo k ich väčšiemu odčleneniu od masívnejšieho jadra pôvodnej travertínovej kopy (obr. 2).

Relikty menšieho nesúvislého blokového poľa možno pozorovať ešte na okrajových severných a severovýchodných svahoch hradu, ale tam sú jeho súčasné tvary výsledkom nielen plazivých blokových pohybov, ale aj odvalového zrútenia vrchných častí okrajových vežovitých blokov (obr. 3).

Celkove je travertínové teleso Spišského hradu silne porušené systémom puklín a trhlín. Najvýraznejšie z nich majú orientáciu SZ—JV, pričom nesúvislejšie, ale tiež početné trhliny prebiehajú aj v smere SSV—JJZ. Najväčšia puklina (šíroká 0,5—1,6 m) v smere SZ—JV prakticky rozpoľuje travertínové teleso s centrálnou časťou hradu a podmienila aj vznik puklinovej, tzv. Temnej jaskyne (obr. 1 a 2). Podľa speleologického prieskumu (Cebecauer — Líška, 1972) jaskyňa pri úrovni zosutínovaného dna asi 588—590 m n. m. dosahuje priechodnú dĺžku 60 m a výšku 30—35 m. Jej výzdoba vo forme sintrových nátekov a ojedinele aj menších stalaktitov je veľmi zvetraná. Zhodne orientovaný, ale oveľa menší puklinový priestor sa nachádza aj pod západnou časťou III. nádvorí. Prístupný je z II. nádvorí, ale iba na dĺžku 7—10 m a je predpoklad, že prebieha aj naprieč hradom k obidvom jeho okrajom. Najstaršou známou jaskyňou (z roku 1895) je tzv. Podhradská jaskyňa, ktorá je v južnej časti v blízkosti vstupnej brány do hradu pod tzv. Perúnovou skalou. Od predchádzajúcich jaskýň sa odlišuje v tom, že nevznikla po puklinách, ale koróziou travertínu po jeho vrstvitosti, a preto je aj menšia, asi 20 m dlhá, pomerne nízka (do 1,7 m) a bez krasovej výzdoby. Korózne tvary tejto jaskyne značne rozrušilo mra-

zové zvetrávanie, ale aj dosadanie jej hlavného stropového bloku — Perúnovej skaly.

Separáčné trhliny travertínových blokov v dôsledku ich plazivého pohybu porušili na viacerých miestach aj hradné múry. Tým potvrdzujú lokálne stálu miernu aktivitu hlavne vyšších okrajových blokov aj v súčasnosti. Na okrajoch strmých západných stien pod III. nádvorím si početné otvorené trhliny v rámci súčasných reštauračných prác vyžiadali aj ich prekotvenie.

Sledovanie aktivity plazivých pohybů travertínových blokov

Na priame sledovanie súčasného vývoja plazivých blokových pohybů sa koncom roka 1980 v priestore Spišského hradu (obr. 1) osadili tri presné mechanicko-optické dilatometre TM-71 (foto 1), vyvinuté

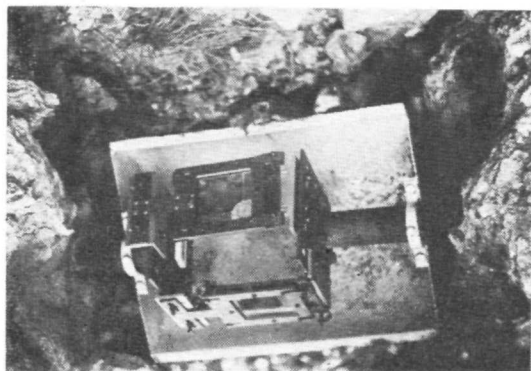


Foto 1. Pohľad na osadený prístroj TM-71 (mechanicko-optický dilatometer) využívajúci na priestorové meranie pretvorení interferencií posuvných optických mriežok v horizontálnej a vertikálnej rovine (tzv. systém metódy Moirée)
Photo 1. View of fitted TM-71 instrument (mechanic-optical dilatometer) making use of the interference of sliding optical gratings in horizontal and vertical plane for the space measurement of deformation (called Moirées method)



Foto 2. Otvorená trhlina oddeľujúca okrajový blok Perúnovej skaly (vpravo), ktorý sa posúva doprava a zároveň dvíha. Dlhodobý plazivý pohyb bloku spôsobil aj deštrukciu hradného múru

Photo 2. Open crack separating the edge block of Perun rock (R. H. side) that moves to the right and lifts simultaneously. Long term creep movement of the block brought about also the destruction of castle wall

na Geologickom ústave ČSAV Praha (Košťák, 1972). Prístroj P_1 bol inštalovaný do otvorenej trhliny (foto 2 a 3) na západnej strane travertínového bloku, tzv. Perúnovej skaly, asi 25 m na S od vstupnej vežovej hradnej brány a prístroj P_2 na II. nádvorí do trhliny priečného múru so severozápadným obvodovým hradným múrom. Prístroj P_3 bol osadený medzi odseparovaným vežovitým travertínovým blokom a severným okrajovým výbežkom

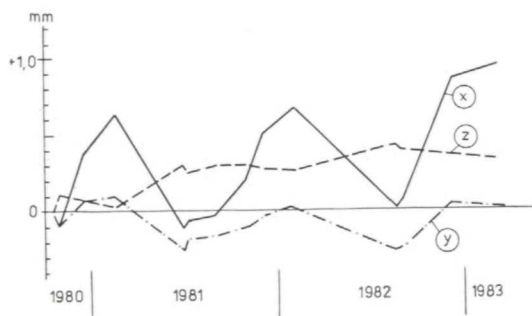


Foto 3. Umiestnenie prístroja P_1 do trhliny bloku Perúnovej skaly
Photo 3. Location of instrument P_1 into the crack of Perun rock

hradného brala pod Románskym palácom (obr. 3).

Výsledky merania v období 1980—1983 na prístroji P_1 ukázali (obr. 4), že odčlenený okrajový blok (Perúnová skala) sa posúva od trhliny na VJV rýchlosťou 0,1 mm/rok, ale zároveň sa rovnakou rýchlosťou aj dvíha. Ale výzdvih na meranej spodnej strane bloku znamená, že blok na opačnej, východnej strane dosadá do priestoru Podhradskej jaskyne (obr. 3). Vzhľadom na celkovú kolmú šírku trhliny 74 cm a na jej prilahlé porušenie pôvodne súvislého hradného múru II.—III. medzinádvozia možno konštatovať, že zistená rýchlosť blokoveho pohybu je v súčasnosti malá.

Podľa známych historických údajov o výstavbe centrálnych vrchných častí hradu v rokoch 1249—1270, t. j. približne pred 720 rokmi, by vývoju trhliny na súčasnú šírku mal zodpovedať priemerný blokový pohyb 1,03 mm/rok. Preto možno predpokladať, že podstatnou zložkou pohybu bloku tu bol kombinovaný posun pri jeho dosadaní do jaskynného priestoru, ktorý pravdepodobne prebiehal postupne vo výraznejších skokoch. Možným impulzom na to mohla byť aj explózia v prachárni pod hradnou vežou pri požiari hradu 27. 4. 1543,



Obr. 4. Priebeh priestorových zložiek pretvoreni nameraných prístrojom P_1
Fig. 4. Course of space components of deformation measured by instrument P_1

ako aj niektoré z intenzívnejších zemetrasení v minulých storočiach, resp. aj zavedenie účinnejších trhavín pri ťažbe v blízkom drevenickom travertínovom lome v minulom storočí. O novodobom dosadaní bloku do Podhradskej jaskyne svedčí aj prvá písomná zmienka o nej z roku 1895 (S. Münnich z Levoče), v ktorej sa uvádza, že jaskyňa mala pôvodne spojenie ešte do väčšieho jaskynného priestoru, ale ten už dnes nejestvuje (Cebecauer — Líška, 1972).

Prístroj P_2 zistil, že sa trhlina široká 23 cm, oddeľujúca severozápadný hradný

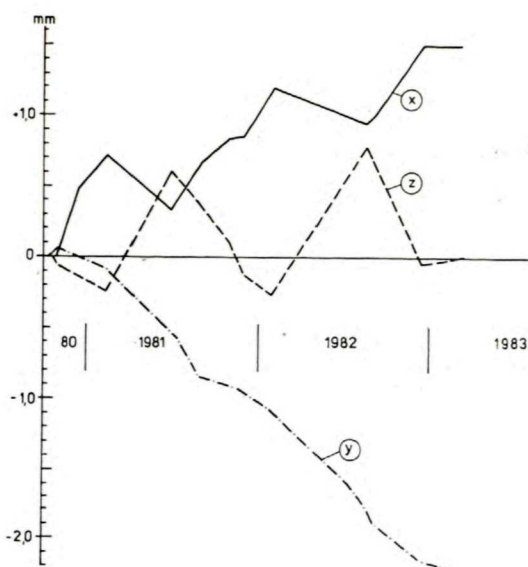
múr, zväčšuje priemernou rýchlosťou 1,13 mm/rok smerom na SSZ. Tento evidentný pohyb (obr. 5) možno vysvetliť rozvojom plazivého pohybu okrajových travertínových blokov pod múrom, pričom k pretváraniu múru prispieva aj jeho značná tepelná dilatácia od teplotných zmien v priebehu ročných období a jeho denného oslňovania. Napokon je zaujímavé, že spätným výpočtom získaný čas roztvárania trhliny do súčasnej šírky (23 cm roku 1983) pri priemernej rýchlosti 1,13 mm za rok je 203 rokov, teda otváranie sa začalo roku 1780, keď hrad naposledy vyhorel a zostal neopravený a už neobývaný. To nakoniec svedčí o akcelerácii plazivých blokových pohybov až po spustnutí hradu (t. j. za posledné dve storočia), zrejme zásluhou intenzívnejšieho zvetrávania za voľného prístupu zrážkovej vody pri obnaženom povrchu po rozrušení nádvornej dlažby a rozpadnutí zastrešenia v tejto časti hradu.

Na sledovanie plazivého pohybu odseparovaného travertínového vežového bloku na severnom okraji hradu (pod Románskym palácom) bol inštalovaný merací prístroj P_3 . Pretože prístroj nachádzajúci sa už mimo hradného priestoru bol dvakrát násilne poškodený, výsledky jeho meraní ešte nemožno jednoznačne kvantitatívne zhodnotiť. Ale rozbor nameraných nesúvislých hodnôt pretvoreni naznačuje, že plazivý pohyb sledovaného odseparovaného a posunutého bloku má trend mierneho poklesu a posunu po svahu (obr. 3).

Záver

Rozvoj blokových plazivých pohybov porušujúcich rigidné travertínové telesá ležiace na mäkkom flyšovom podloží v Hornádskej kotline v istom stupni závisí od rozrušenosti, zvetranosti a separácie týchto telies. Travertínové teleso Spiš-

ského hradu v súčasnosti zodpovedá blokovej rozpadline a po jeho okrajoch sa nepravidelne vyvinuli aj ďalšie výraznejšie blokové poruchy typu blokových posunov a blokových polí.



Obr. 5. Priebeh priestorových zložiek pretvoreni nameraných prístrojom P_2
Fig. 5. Course of space components of deformation measured by instrument P_2

Súčasná aktivita plazivých pohybov, hlavne okrajových travertínových blokov na Spišskom hrade, sa od roku 1980 na otvorených trhlínach sleduje pomocou presných mechanicko-optických dilatometrov. Zistenú veľkosť a smer blokových pohybov okrem tepelnej dilatácie lokálne ovplyvňuje aj existencia podzemných dutín, ale z doterajšieho relatívne krátkodobého merania a jeho hodnotenia v súvislosti s porušením hradných múrov celkovo vychodí, že aktivita plazivých blokových pohybov na hrade má v posledných dvoch storočiach mierne stúpajúcu tendenciu. Najväčší pohyb zaregistroval prístroj

P₂ na okraji II. nádvorja. (obr. 1), kde sa severozápadný obvodový múr posúva na SSZ priemernou rýchlosťou 1,13 mm za rok, a tak možno predpokladať, že by sa tangovaný obvodový hradný múr mohol v priebehu niekoľkých desaťročí úplne porušiť a zrútiť. Na jeho záchranu sa ukazuje účelné vybudovať z vonkajšej strany 2—3 stabilizačné opory. Pretože nemožno vylúčiť nový výraznejší skok ani v kombinovanom dosadaní bloku Perúnovej skaly do Podhradskej jaskyne (sledovanom na prístroji P₁), bolo by vhodné aj v tejto platke jaskyni vybudovať železobetónovú stenovú oporu rozopierajúcu jej dosadavý strop. Ale v tomto prípade väčšia deštrukcia hradného múru, ktorý je už porušený, nehrozí.

Recenzoval T. Mahr

LITERATÚRA

- Cebecauer, I. — Liška, M. 1972: Príspevok k poznaniu krasových foriem spišských travertínov a ich kryhových zosuvov. *Slovenský kras*, 10, s. 47—61.
- Fussgänger, E. — Košťák, B. 1983: Výskum plazivých pohybů skalných blokov na plastickom podloží. [Závěrečná správa z číastkovej výskumnej úlohy G-158-03.] *Manuskript — IGHP Žilina*. 43 s.
- Košťák, B. 1972: Terčové měřidlo pro zjišťování dilatací v trhlinách sesuvů. *Manuskript — Geologický ústav ČSAV Praha*.
- Ložek, V. 1964: Genéza a vek spišských travertínov. *Zbor. Východoslov. múz. v Košiciach, sér. A, prírod. vedy*, 5A, s. 7—33.
- Ložek, V. 1973: Příroda ve čtvrtohorách. *Praha, Academia, NČSAV*. 372 s.
- Münnich, S. 1895. A Szepesség öskora. *Levoča*.
- Nemčok, A. — Svatoš, A. 1974: Gravitáčný rozpad Drevenika. *Geogr. čas.*, 26, s. 258—266.
- Nemčok, A. 1982: Zosuvy v Slovenských Karpatoch. *Bratislava, Veda, VSAV*. 319 s.

Knowledge from investigation of creep slope movements of travertine blocks on Spišský hrad castle

EGON FUSSGÄNGER

In the intermountain hollows of Slovakia formed of soft Tertiary sediments only morphologically expressively separated and sufficiently weathered travertine bodies of the upper up to medium Pliocene period can form a suitable structure for the development of creep block movements. Such bodies, originally of heap form, are found chiefly in Hornádska kotlina hollow where they lie on softer flysch layers of Centralcarpathian paleogene. Belonging to them is also the varied travertine body of Spišský hrad castle. Due to the long-term action of erosion-denudation processes, mechanic and chemical (karst) weathering and substantial assertion of creep movements in contact zone with plastic subsoil, the travertine body of Spišský hrad castle is at present measurably disrupted and disintegrated. By its character it corresponds with block disintegration, along the boundaries of which more expressive block

failures of block shifts and block fields developed in an irregular manner. The existence of crawling block movements from Middle Ages is indicated by a number of cracks in castle walls that originate at the boundary of separated blocks. The activity of crawling movements, chiefly that of boundary travertine blocks, observed since 1980 on open cracks with the aid of mechanic-optical dilatometers (TM-71), continues till now. According to retrospective analyses of detected results and data, however, it follows that the activity of crawling movements on the castle in the period of two last centuries tends to increase slightly and the locally detected maximum velocity reached the value of 1.13 mm/year. In the given place it would be expedient to perform corresponding stabilizations within the scope of present restoration activities.

Preložil O. Šimr