

Skalné zrútenie pri Podbieli ako dôsledok rozvoľňovania tektonicky porušeného masívu

(4 obr. v texte)

MILAN SLIVOVSKÝ*

Обвал у с. Подбел как результат разуплотнения тектонически нарушенного массива

Вследствие разгрузки (ерозией, вырубом и др.) тектонически нарушенных массивов происходит у открытой поверхности перераспределение напряжений (вторичная напряженность) и последующее разуплотнение. На склонах долин образуются трещины, параллельные с открытой поверхностью, или массив разуплотняется по, в подходящем направлении простирающихся трещинах, например тектонического происхождения. Трещины раскрываются и отпущенные блоки вследствие ползучести деформируются. Зависит только от времени, или другого подходящего импульса (например антропогенного), чтобы такое движение ускорило. Вышеприведенное иллюстрируем на примере обвала скальной стены у с. Подбел на Ораве в 1975 г.

Rock fall near Podbiel Due to loosening of tectonically dislocated rock mass (NW part of Slovakia)

Relieving (by erosion, excavation, etc.) the tectonically dislocated rock masses, stress redistribution (secondary stress) and subsequent loosening occur near the stripped surface. On the valley slopes there take place joints parallel with the stripped surface, or for loosening the rock mass takes advantage of the suitably oriented discontinuities, e. g. of tectonical origin. The joints open up and the loosened blocks are creep transformed. It is a question of time, or of an other suitable impulse (for instance, anthropogeneous) to make such movements retransformed into a quicker one, as is shown by the example of gravitational failure of rock wall near Podbiel in Orava from 1975.

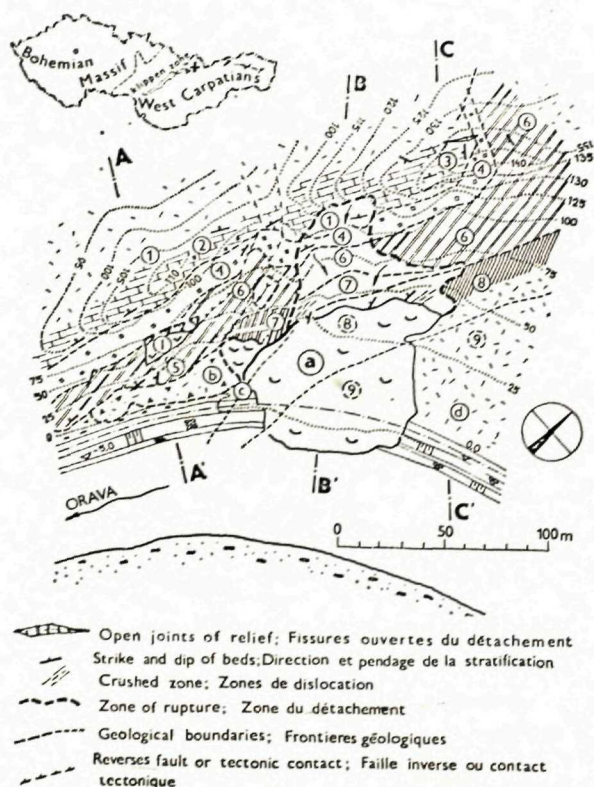
V januári 1975 vznikol na trati Kraľovany—Trstená v km 42,77/85 pri Podbieli skalný zával v kubatúre asi 22 000 m³ (77 200 Mp). Bariéra zrútených hornín zasiahla až do koryta Oravy, zatarasila trať a vyradila ju z prevádzky.

Trať v mieste skalného zrútenia prechádza úpäťm prirodzenej, až 145 m vysokej skalnej steny (azimutu 40 až 90°) čiastkového bradla „vnútorného bradlového pásma“ prechodného vývoja (tzv. podbielsky vývoj), ktoré je v topografickom a geologickom označení známe ako Červený kameň. Jeho stratigraficko-tektonickej kompozícií venoval pozornosť už D. A n d r u s o v (1931, 1938). Bradlo je prevrásnenou tektonickou diapírovou šupinou s obráteným stratigrafickým poradím vrstiev.

* RNDr. Ing. Milan Slivovský, Vysoká škola dopravná, 010 01 Žilina.

Jeho vrchnú časť budujú liasové horniny (škvritné vápence, slieňovce, rádiolaritové a krinoidové vápence), v stredných a nižších častiach sú dogersko-malmské a kriedové horniny; hľuznaté rohovcové vápence, rádiolaritové jaspisy, slieňovce, vápence typu Biancone a bridličnaté slieňovce (obr. 1 a 2). Pri úpätí steny pod svahovými sedimentmi sú senónske pieskovce a zlepenice, ktoré prechádzajú pod náplavy Oravy. Smer vrstiev je rovnobežný až kolmý na stenu v sklonoch 15 až 80° so zapadanim do steny. Vo vyšších častiach steny prevláda sklon menší ako 30°. Hydrogeologický režim bradla je chudobný na súvislé horizonty podzemnej vody (bez krasového fenoménu), s výnimkou puklinovej vody vadózneho pôvodu, ktorá cirkuluje v zóne povrchového zvetrania a rozvoľnenia masívu. Napriek tomu sú v čase jarného topenia sa snehu, resp. po súvislejších dažďových cykloch faktorom, ktorý negatívne spolupôsobí pri porušovaní stability rozvoľnených častí steny.

Stena bradla je strmá (65 až 90°), lokálne s prevismi, mimoriadne ťažko prístupná, nemá lavičky, príp. iné stabilite prospievajúce úpravy. Už v minulosti



Obr. 1. Geologická situácia skalného zrútenia (M. Sli-vovský 1975 s použitím údajov D. Andrusova 1959)

a — zrútená hmotá, b — redeponovaná zrútená hmotá, c — náplavy Oravy, d — zvetraniny a svahové sedimenty. Jura: 1 — škvritné slieňité vápence a slieňité vápence a slieňovce, 2 — rádiolaritové vápence, 3 — červené slieňovce a krinoidové vápence (1—3 lias), 4 — hľuznaté a rohovcové vápence, 5 a 6 — pestré a svetlé vápence Biancone (4—6 doger a malm).

Krieda: 7 — rohovcové vápence s bridlicami, 8 — tmavosivé slieňovce (alb — cenoman), 9 — pieskovce a zlepenice (senón).

Fig. 1. Geological lay-out of the rock fall

a — fallen material, b — redeposited fallen material, c — alluvial deposits of the river Orava, d — weathered material and slope sediments.

Jurassic: 1 — mottled marly limestones and marlstones, 2 — radiolarite limestones,

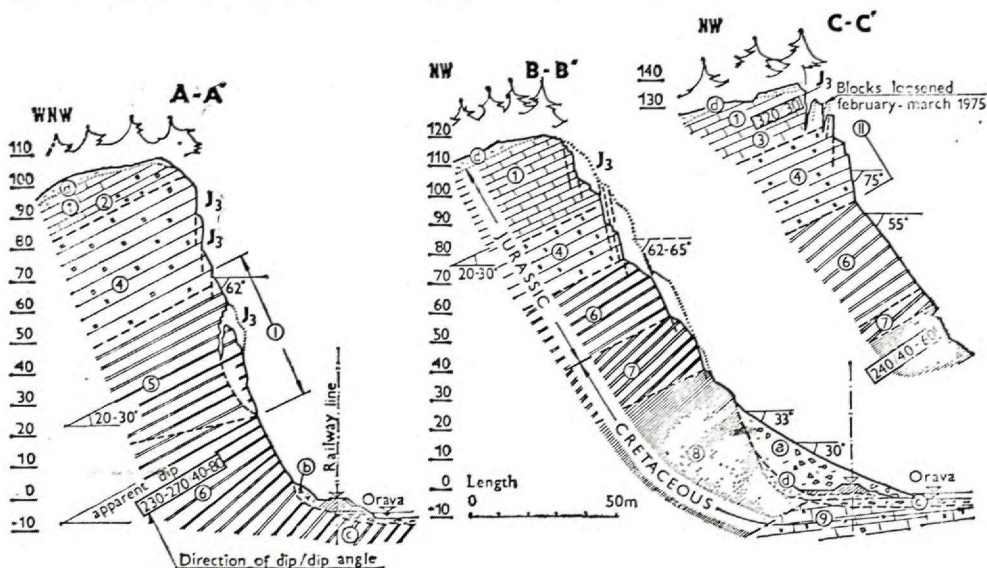
3 — red marlstones and crinoidal limestones (1—3 Lias), 4 — nodular and cherty limestones, 5, 6 — variegated and light coloured limestones Biancone (4—6 Dogger and Malm).

Cretaceous: 7 — cherty limestones with shales (Aptian), 8 — dark grey marlstones (Albian — Cenomanian), 9 — sandstones and conglomerates (Senonian).

sa zo steny odtrhávali a padali jednotlivé kamene a bloky a ohrozovali bezpečnosť dopravy.

Zrútenie v r. 1975 bolo dôsledkom odtrhnutia a zosunu hornín z výšky 125 až 50 m pozdĺž puklín paralelných s povrchom steny, tzv. puklín z rozvoľňovania masívu.

Uvoľňovaním napätí odľahčením masívu (eróziou, výrubom a pod.) môžu v nových modifikovaných konštitučných vzťahoch systému (sekundárna napätosť — pretvorenie — pevnosť — čas) vznikáť nové pukliny, alebo masív na rozvoľňovanie využíva pôvodné vhodne orientované tektonické diskontinuity. Ich dilatácia a postupná dezintegrácia masívu na individualizované bloky sa zvyčajne začína vo vyšších častiach svahu, lebo v nižších je svah opretý na dno údolia. Takýto vývoj môže indikovať počiatočné gravitačné porušovanie svahu. Zosunutie, resp. zrútenie uvoľnených blokov môže nastať relatívne rýchlo, príp. môžu mať deformácie charakter křípu, v ktorom bloky pretrvávajú počas dlhšieho geologického obdobia, kým sa ich pohyb nepretransformuje do rýchlejšieho. Antropogénny faktor môže transformáciu urýchliť. Demonštruje to príklad opisovaného skalného zrútenia v roku 1975 pri Podbieli.



Obr. 2. Geologické rezy

I, II — potenciálne časti na skalnej stene,

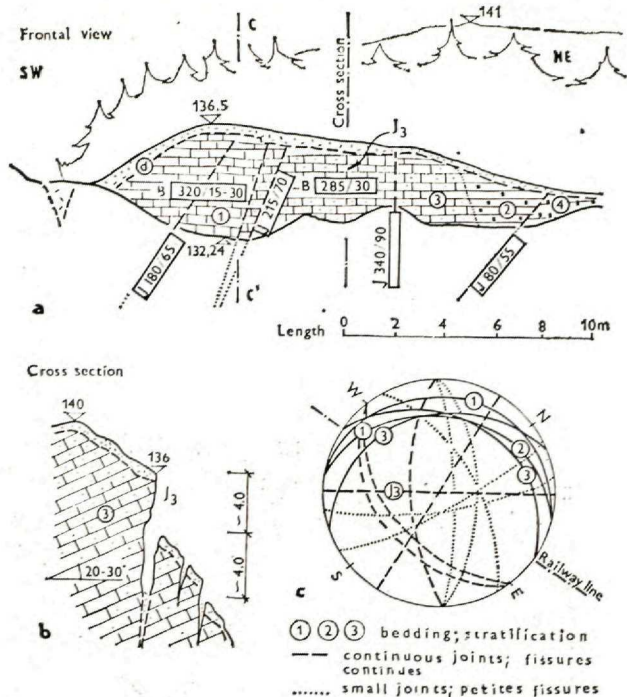
Fig. 2. Geological cross sections: I, II — potential parts on the rock face, J₃ — joints of relief, detail for section C — C in Fig. 3.

Podmienky a faktory porušenia stability

Primárnou podmienkou zrútenia je geologicko-tektonická stavba. Kvartérna erózia masív obnažila a umožnila jeho rozvoľňovanie.

Pretože poloha súvrství je pre stabilitu steny priaznivá, gravitačné porušovanie skalnej steny bradla Červený kameň súvisí s týmito ďalšími okolnosťami:

a) Viacnásobným vrásnením (kriedovým a pokriedovým) vznikli v bradle prešmyky, kataklázované zóny a pukliny. Z puklín (obr. 3) sú to: „malé“



Obr. 3. Puklina z odľahčenia masívu
a — pohľad, b — priečný rez, c — stereodiagram
Fig. 3. Joint from the relief of the rock mass
a — view, b — cross section, c — stereodiagram

„malé“ pukliny. V reze C—C' na obr. 2 a na obr. 3a, b je detail ďalšej veľkej otvorenej pukliny v hornej časti steny so zaklesnutými blokmi a dogersko-malmských hornín. Je mimo odtrhovej oblasti, takže jej rozbor je na analýzu zrútenia inštruktívny.

Poklesnutie blokov pod ňou s amplitúdou 4 až 5 m vytvára štruktúru stupňovitého poklesu eróznej hrany. Z hľadiska morfológie je tu analógia s rozpadom horských hrebeňov (Bergzereissung). V hornej časti steny sa v tvrdých rádiolaritových a hľuznatých vápencoch vytvorili previsy. Mechanizmus gravitačného porušovania prebieha tak, že sa pukliny z odľahčenia masívu najprv pootvorí a bloky sa čiastočne pootočia. Na stene sa vytvára potenciálny stav, v ktorom sa využíva rezerva šmykového odporu a zazubenia blokov na ich báze. Ak zaklinenie, resp. odpor v odtrhnutí nie je dostatočný, bloky sa ušmyknú alebo preklopia a zrúti.

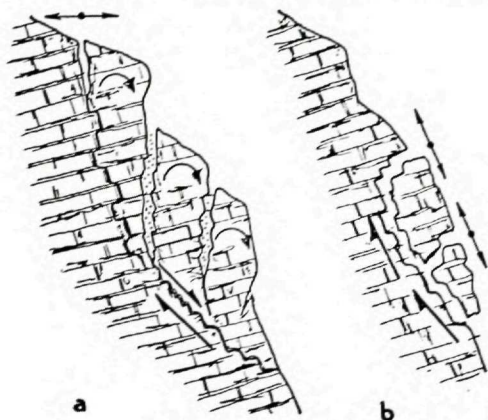
Z fenomenologického a štruktúrneho rozboru skalné zrútenie nastalo odtrhnutím previsov (Griffithovo porušenie) a rotáciou uvoľnených blokov a čiastočne ich ušmyknutím (obr. 4).

pukliny v rámci lavíc kompetentných vrstiev v dvoch vzájomne kolmých systémoch v strmých sklonoch na vrstvitost; pukliny v rámci súvrství (priebežné). Na smer vrstiev sú konformné alebo šikmé až kolmé. Niektoré z nich sú konformné s povrchom steny („J₃“ na obr. 3a, b, c).

b) Určujúcou diskontinuitou pre stabilitu sú pukliny konformné so stenou (J₃) v sklone 60 až 90° zapadajúce po stenu, ako aj do steny, zasahujúce až 30 m do jej okraja. Sú väčšinou tektonického pôvodu. Umožňujú rozvoľňovanie masívu. Na obr. 2 v reze A—A je blok s otvorenou puklinou šírky až 3 m (v roku 1974 iba 1,5 m).

Jej priebeh určujú

- c) Treba zdôrazniť odľahčenie bradla vertikálnym eróznym účinkom Oravy až do výšky 140 m.
- d) Za významnú príčinu zrútenia v roku 1975 treba pokladať likvidáciu uvoľneného bloku v stene (okolo 6000 m³), vzdialeného asi 60 m od odtrhovej oblasti skalného zrútenia (blok I na obr. 2, rez A — A). Aby sa zabezpečila



Obr. 4. Mechanizmus porušovania skalnej steny

a — odtrhnutím a rotáciou, príp. ušmyknutím, b — odtrhnutím a ušmyknutím.
Fig. 4. Mechanism of the rock-face failure
a — rupture with rotation or shearing,
b — rupture with shearing.

Vplyv vody sa prejavil aj v zmene konzistencie hlinitej výplne puklín a zvetraných slieňovcov alternujúcich medzi vrstvami vápencov.

Doručené 13. 6. 1977
Odporučil A. Nemčok

Rock Fall near Podbiel due to loosening of tectonically dislocated rock mass (NW part of Slovakia)

MILAN SLIVOVSKÝ

In tectonically overworked rock masses an important factor which forms its stress is the orogenesis and the related geodynamic processes of physical and chemical nature. By the relief of rock masses (through erosion, etc.) there occur at the free surface redistribution of stress (secondary stress) and accompanying deformation phenomena. In the valley slopes there take place joints of relief, usually parallel with the surface, or the massif for loosening makes use of the suitably oriented discontinuities, for example, of tectonic origin. The joints open and the loosened blocks are creep transformed. It is a question of time or of a suitable impulse (for instance antropogeneous intervention), when their creep movement transforms into a quicker one — sliding or falling. There is

prevádzka na trati, rozhodli sa príslušné orgány likvidovať ho trhavinami (iné spôsoby sa pre neprístupnosť steny pokladali za neoperatívne). Odstrel sa vykonal v novembri r. 1974. Použilo sa 250 kg permonexu a nálož sa uložila do pukliny. Odstrelom sa blok likvidoval iba čiastočne, väčšia časť je doteraz na stene. Dynamický účinok sa však negatívne prejavil na stabilite okolitých častí steny a na previsoch, ktoré sa po odmáku zrútili. Približným výpočtom bezpečnej vzdialenosti „d“ v [m] (A. Dvořák) možno tento vplyv preukázať: $d = 10 N^{2/3}$, kde N je nálož v [kg]; $d = 396$ m, t. j. je $\gg 60,0$ m. K porušeniu stability však prispel aj ľad a hydrodynamický účinok vody za ľadovou clonou v puklinách pri povrchu steny.

given an example of such a gravitational failure of rock wall in Northern Slovakia from 1975 near Podbiel in the regional geological unit of the „inner klippen zone“ of the West Carpathians (Fig. 1, 2). Loosened blocks of limestones, radiolarites and marlites up to 22.000 m³ fell from a 145 m high rock wall and blocked a railway track.

The primary condition of a fall is the geological structure and a multifold tecto genesis of the rock mass. The Quaternary erosion relieved the rock mass and made possible its dilatation. However, an important factor of stability disturbance of the loosened wall was the effect of explosion, by which a bigger loosened block was removed to make accessible the wall, in the Fig. indicated by I. Two months later, after thawing in 1975 some other overhangs fell 60 m from this place also through influence of hydrodynamic effect of water in joints, weathering process and change of consistency of the joint clay-fill. One the joints of relief (J₃) is documented by Fig. 3; mechanism of disturbance on the wall — Fig. 4.

Preložil E. Bleho