

Ing. Jaroslav M o j, VÚHU

Příspěvek k problematice nebezpečí povrchových propadlin bodového charakteru

Problematika nebezpečí ohrožení stability povrchu tvorbou bodových propadlin, v důsledku dodatečného závalu dosud otevřených dutin ve stařinových polích bývalých hlubinných dolů, je při současné a programované zástavbě území severočeské hnědouhelné pánve otázkou stále živou.

Článek 49, kap.V Směrnic státní komise pro techniku (ze dne 14.2. 1968) pro stavby na poddolovaném území, určuje, že: "Zástavba území se stupňovitými deformacemi a území s nebezpečím vzniku propadlin není dovolena. Ve výjimečných případech je nutno prokázat nevyhnutelnost návrhu. V těchto případech podle čl. 133, kap.VI se provádí výpočet konstrukcí za předpokladu, že základová konstrukce může zůstat nepodepřena v libovolně situované kruhové ploše o poloměru rovném největšímu možnému rozměru propadliny. Je-li rozměr propadliny nepřilíživě rozdílný od rozměru základu, postupuje se při výpočtu základových konstrukcí jako v oblasti stupňovitých deformací s přihlédnutím k redistribuci kontaktního napětí v základové spáře".

S úvahou důležitosti a předpokládané životnosti objektu, vlastní konstrukce objektu a zařízení, velikosti a druhu deformace terénu vlivem poddolování a čase, ve kterém objekt bude dotčen, se projektuje a provádí zajištění objektu proti porušení. Realizovaná zajištění objektů dosahují v těchto případech mnohamilionové částky. Proto prohloubení poznatků a ověřování procesu dodatečného závalu komorových porubů ovlivňuje bezprostředně ekonomiku výstavby objektu na poddolovaném území.

Nezavalené prostory ve stařinách

V dané problematice jedná se zejména o zásekové komorové poruby, kde sama technologie dobývání vytvářela podmínky pro obtížný zával porubu.

Příloha č. 1 - dokumentuje zakládání zásekových komorových porubů (důl Kohinoor) na kříži porubních chodeb o roztači 24 x 28 m, o ploše poddělávky 10 x 15 m. Sloj se po ukončení otvirkových prací rozfárvala směrnými a úklonnými chodbami do pravoúhlých pilířů, rozteče porubních chodeb závisely na rozměrech vlastních porubů včetně síly pilířů, ponechaných proti stařinám. Poddělávka se prováděla ve volených plošných rozměrech rozšiřováním porubní chodby do stran, na výšku ca 2,5 m a byla budována stojkami ve čtvercové síti o straně 1 m (v těžkých tlakových poměrech i hraněmi). Po ukončení poddělávky se obvykle od rohu porubu začaly kopat ručně záseky (0,5 - 0,8 m široké) až na výšku vodícího propláستku, který byl proto nazýván zásekovým. Záseky byly budovány rozpínkami, na něž se pokládaly pracovní plošinky pro práci havířů. Na každé zásekové straně byl ponechán bezprostředně pod stropem uhelný celík o čtvercové ploše 3 - 6 m², jimž byl obsekaný uhelný blok spojen se slojí.

Nad zásekem zůstával z celé mocnosti sloje tzv. ochranný strop, jehož poměrně mocné uhelné vrstvy měly dostatečnou únosnost, aby převzaly stropní tlak, aniž by se prolomily.

Jakmile byl ukončen zásek uhelného bloku, byl porub "spuštěn". Stojky, které podpíraly dosud uhelný blok, byly vyplněny. Při ztrátě podpory docházelo postupně k odtržení uhelného bloku od celíků a stropu (na odlučném propláستku) a uhelný blok pádem na počvu se drtil a postupně lámal. Takto získaná rubanina byla odtěžována ze strany dvou porubních chodeb dvěma ústími pod ochranou neporušených stropů. Porubní výšky dosahovaly v dané fázi 6 - 8 m, i více. Svislé obsekané stěny porubního prostoru se obvykle po určitém čase samovolně vylamovaly, nebo byly na stranách proti stařině přibírány ručně kopáním i trhací prací.

Rozšiřováním porubu docházelo k dalšímu uvolňování boků, rozšiřování porubu přes původní plochu poddělávky (příl.č. 1) a tedy i k narušení ochranného stropu, který se postupně kopulovitě vylamoval. Určité časové stadium rovnováhy (po prolomení stropu) dovolilo obvykle i částečné odtěžení získané zásoby.

S větší porubní výškou vzrůstalo ale uvolňování piliřů a zatížení stropních vrstev přivedlo obvykle porub k závalu. Pokud nebylo tímto normálním postupem docíleno závalu, byl porub rozšířen o určitou délku (při zachování šířky), aby zvýšením zatížení stropních vrstev, při větší půdorysné ploše, byl porub zavalen.

Přesto však některé poruby, byť i ojediněle, se nepodařilo zavalit a postupem porubní fronty byly uzavřeny ve stařinách. Skutečnost, že takové případy nelze vyloučit, potvrzuje ověření dutin zásekových komorových porubů na řadě lokalit v revíru.

Proces dodatečného závalu

Proces dodatečného závalu takového porubu je jistě dlouhodobý a přerušovaný. Postupně zřejmě dochází v oblasti mezipiliřů a stropu k růstu napětí, a to v souvislosti s postupem konsolidace okolních stařin. V první fázi dochází k narušování boků a stropu porubu podle přirozených nespojitostí, postupnému vylamování a částečnému napadávání uhelné zásoby do volného prostoru. Zvětšováním tvaru porubu přenáší se postupně napětí, vyvolané vahou nadloží, do boků porubu, až dojde k max. rozvolnění v oblasti definované podle Mohrova diagramu smykovými plochami, tedy pod úhlem $(45 - \varphi/2)$ k oběma osám σ i τ . Strop porubu se vylamuje (potvrzeno praxí), při čemž geometrický tvar výlomu se řídí velikostí zůstávajících převěsů, neboť uhelné vrstvy stropu jsou vetknuty v okolních mohutných mezipiliřích. Mezní případy obtížnosti závalu porubů jsou jak známo tzv. hraniční komory.

Původní volný prostor porubu se postupně rozšiřuje a současně se prolamují i uhelné vrstvy stropu. V napadané zásobě zprvu převládají větší podíly, drobnější frakce vznikají postupně přesunem zásoby při pádu dalších vrstev. Koeficient nakypření je v první fázi postupného prolamování uhelných stropů a opadávání boků poměrně vysoký, zvláště proto, že z rozvolněné zásoby uhelných boků jsou spodní partie od původní počvy porubu podepírány napadanou zásobou ze stropních vrstev.

Postoupí-li výlom ve stropě až do partií méně soudržných vrstev, tzv. svrchní sloje, bude výlomový materiál drobnější frakce, a menším

koeficientem nakypření. Drobnější druhy vyplňují i dosud volné prostory v již dříve napadané zásobě. Koeficient nakypření klesá pochopitelně s počtem původních nespojitostí sloje (křehká uhlí, snadno náchylná k rozpadu atd.).

Odkryté jíly bezprostředního nadloží vykazují obvykle malou soudržnost a snadno se vylamují. Po prolomení nadloží dochází k vyjetí jílu do volného prostoru a původní volný prostor se zaplňuje. Dřítina však, byť ve zmenšeném objemu (snížení objemu nakypřením), se posunuje podle jednotlivých fází výlomu postupně k povrchu.

Lze oprávněně předpokládat, že postup vylamování je obvykle (až na nadloží jíly o malé mocnosti, kde smyková soudržnost $c < 2 \text{ kpcm}^{-2}$), při větších hloubkách přerušovaným procesem, neboť vylamování se zastaví na pevnějších vrstvách (písečné jíly, jílovce), nebo dokonce i na proplástcích malé mocnosti (kyzové vložky apod.). Dočasné přerušení procesu závalu a posunutí dosud otevřeného prostoru do nadloží bylo v praxi zjištěno.

K dalším porušení dočasně nově obnovené rovnováhy ve stařinách (zastavení procesu postupného závalu) může dojít až za poměrně dlouhou dobu (několika let). Za odpovídajících podmínek (určitá výška nadloží) postupně výlom po čase dosáhne hranice kvartérních sedimentů a do zbytku volného prostoru nesoudržený nadložní materiál prakticky "vyjede" najednou. Na povrchu se otevře propadlina, v první fázi se strmými stěnami (válcovitého tvaru), v některých případech i ve tvaru obráceného komolého kužele. Později dochází v kvartérních sedimentech ke zborcení dosud svislých stěn a vytvoření lavořitého tvaru.

V této úvaze nejsou zahrnuty případy anomálních podmínek, jako průvaly tekutých písků do hlubiny, jejichž důsledkem bývají bezprostředně probíhající propadliny nadloží a vytvořením značných destrukcí na povrchu, katastrofální plošné destrukce povrchu v širším rozsahu (Most), dodatečné závaly důlních děl v nadloží do 25 - 30 m, současné závaly několika porubů najednou aj. Tyto případy nutno posuzovat odděleně.

Zůstává tedy otevřenou otázkou tvar výlomového tělesa a koeficient konečného nakypření materiálu ve výlomu.

Bylo již řečeno, že o geometrickém tvaru vlastního výlomu není zatím dostatek zjištění. Původní teorie propadlin (Paďour) předpokládá tvar blízký rotačnímu paraboloidu.

První provedené úpravy původní teorie uvažovaly geometrický tvar výlomového tělesa rovněž jako rotační paraboloid. K otázce koeficientu trvalého nakypření se vycházelo z úvahy, že výlomový materiál se maximálně může stlačit stejnou měrou, jako se stlačí nadložní materiály v poklesové kotlině plošného rubání. Provedená měření určují trvalé nakypření po uklidnění terénu ca 10-ti % redukované porubní výšky sloje.

Pokud rozbor procesu dodatečného zavalu je správný, dostane základní výraz (při úvaze, že vrchol výlomového tělesa by dosáhl teoreticky výšky x_1 tehdy, když trvale nakypřený zával právě vyplní prostor výlomu a prostor původního nezavaleného porubu) tvar:

pro rotační paraboloid (př. č. 2)

$$(V_{RP} + V_{VB}) k_n = V_{RP} + V_{RKK} \quad /1/$$

$$\frac{1}{2} \pi y_1^2 x_1 + \frac{1}{3} \pi m (y_1^2 + yy_1 - 2y^2) / 1,1 = \frac{1}{2} \pi y_1^2 x_1 + \frac{1}{3} \pi m (y_1^2 + yy_1 + y^2)$$

$$\frac{3}{2} y_1^2 x_1 + m (y_1^2 + yy_1 - 2y^2) / 1,1 = \frac{3}{2} y_1^2 x_1 + m (y_1^2 + yy_1 + y^2)$$

$$-\frac{0,3}{2} x_1 y_1^2 = m [(y_1^2 + yy_1 + y^2) - 1,1 (y_1^2 + yy_1 - 2y^2)]$$

$$x_1 = 6,66 \text{ m } \sqrt{\frac{3,2 y^2 - 0,1 (y_1^2 + yy_1)}{y_1^2}}, \quad /2/$$

tedy mezná výška nadloží $x_1 = f(m, y)$. Z grafického zpracování je možno pro určité y určit hodnotu x_1 (v metrech) dosahu výlomu pro tvar výlomového tělesa (rotační paraboloid).

A detailed map of the study area showing a grid of plots. The grid is 10 units wide and 10 units high. The leftmost column contains 10 plots, each with a small house icon. The rest of the grid contains various plots, some with house icons and some with numbers. Distances between plots are marked with arrows and text: 10m, 20m, 28m, 40m, 56m, 24m, and 24m. The map is labeled 'I' in several locations.

Diagram illustrating the structure of a furnace (KOHORY) with various components labeled:

- ZED (Brickwork)
- ÚSTÍ PŘÍPRAVKA (Preparation Inlet)
- ÚSTÍ KOHORY (Furnace Inlet)
- ZDĚNÁ PŘÍPRAVKA (Brick Preparation)

REZ C-D.

A
4 ml
V Jakovy.
A prosazysta

11:3 m.

Y

REZ A - B

4 m
Jalový
pasážek

32 m

64 m

27 m

KONEC ZÁSEKOVÉ PRÁCE,
STROP PŘED SPUŠTĚNÍM

1 POŘADÍ VYKLIZOVÁNÍ VÝDŘEVY

2

3

4 8

5

6

7

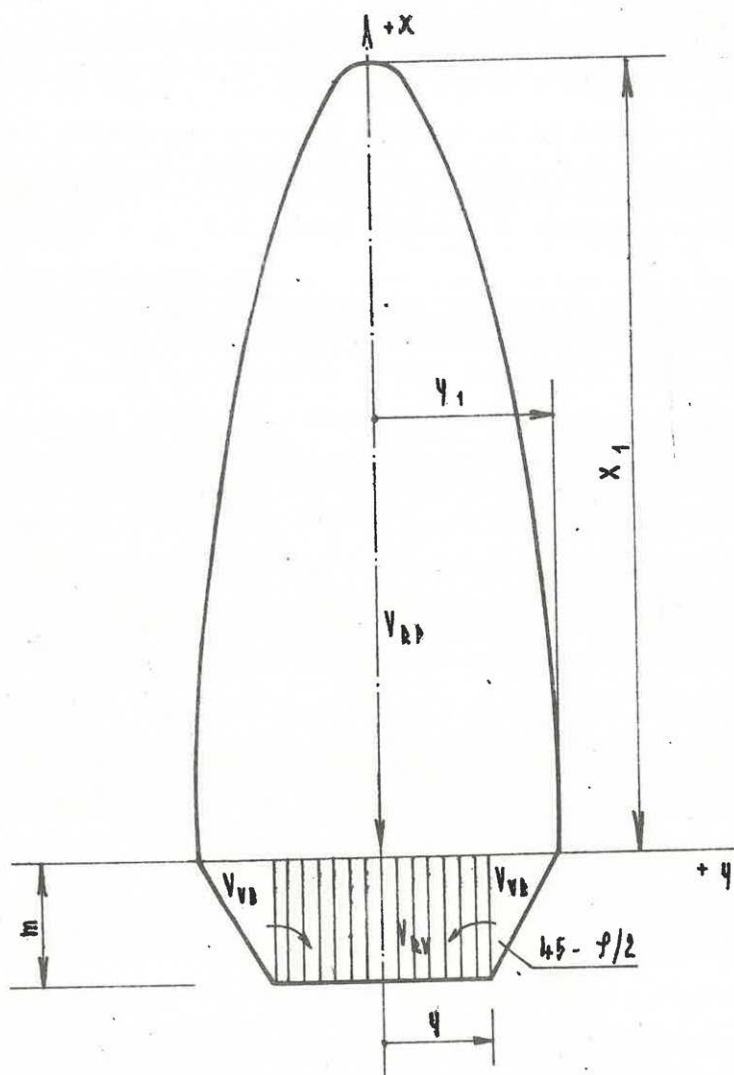
E, M
O-Y
A
B
STROP. SP.
NAKLADAN

P R C 1

Pro rotační paraboloid

$$(V_{RP} + V_{VB}) k_n = V_{RP} + V_{RKK}$$

/1/



V_{RP} = objem rotačního paraboloidu

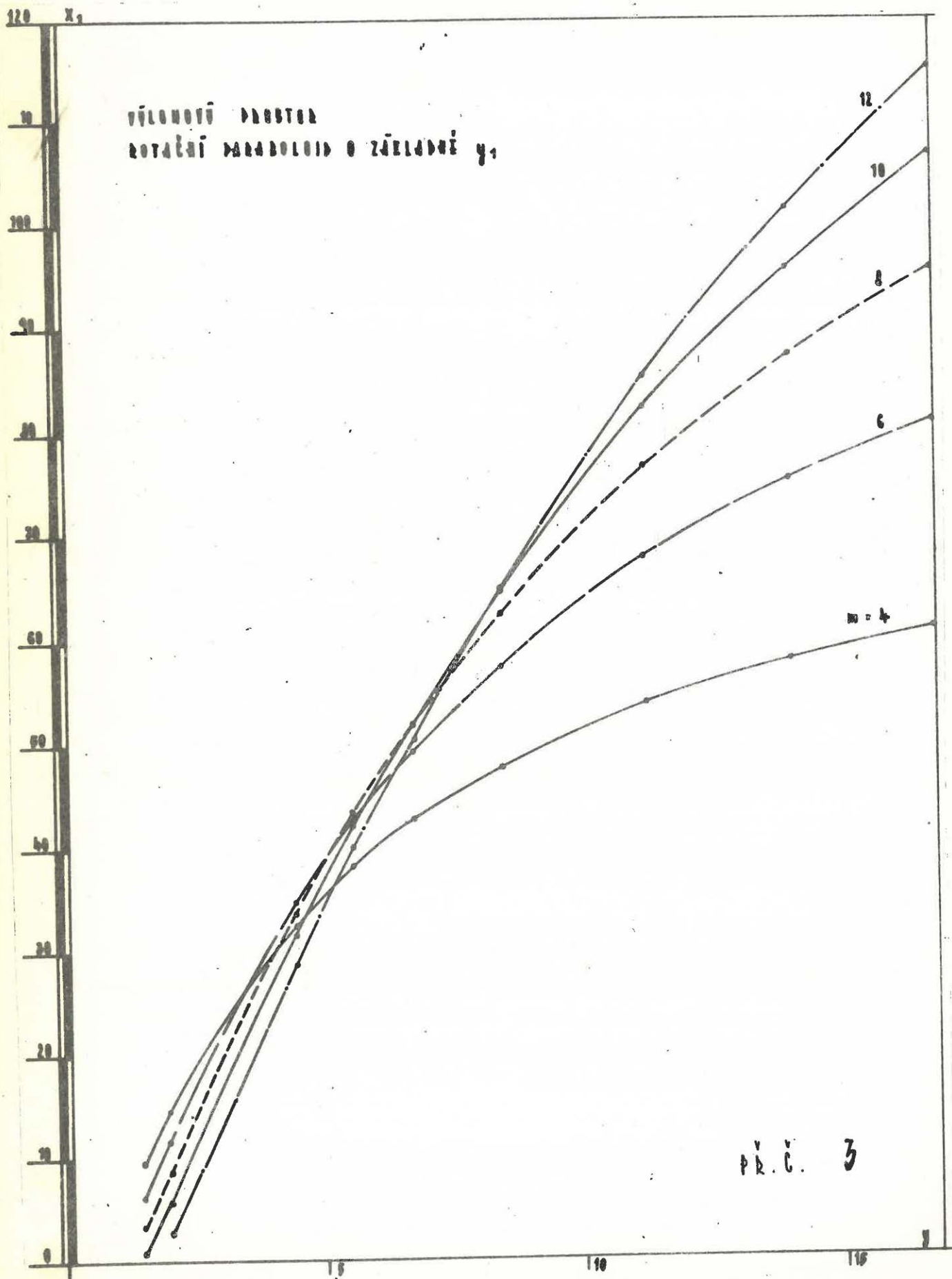
V_{VB} = objem dodatečného výlomu boků komory = $V_{RKK} - V_{RV}$

V_{RKK} = objem rotačního komolého kužele, tj. objem výlomu boků komory + objem původní komory (rotační válec)

k_n = koeficient trvalého nakypření - zatím uvažován 1,1

V_{RV} = objem rotačního válce

Příl. č. 2



poloměr redukované kružnice
původní plochy porubu

$$y = 6,91 \text{ m}$$

$$y^2 = 47,77 \text{ m}^2$$

porubní výška

$$m = 8,1 \text{ m}$$

poloměr rozšířené základny výlomového
tělesa v úrovni stropu porubu

$$y_1 = y + m \cdot \operatorname{tg}(45 - \varphi/2)$$

$$y_1 = 11,59 \text{ m}$$

$$y_1^2 = 134,33 \text{ m}^2$$

Pak výška výlomového tělesa (x_1) bude podle výrazu /2/

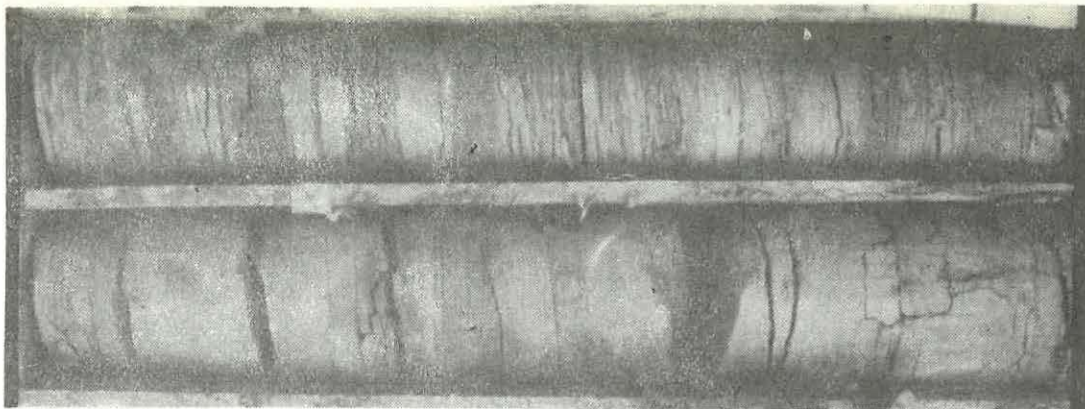
$$x_1 = 6,6 \cdot 8,1 \sqrt{\frac{3,2 \cdot 47,77 - 0,1 (134,33 + 80,09)}{134,33}}$$

$$x_1 = 52,78 \text{ m}$$

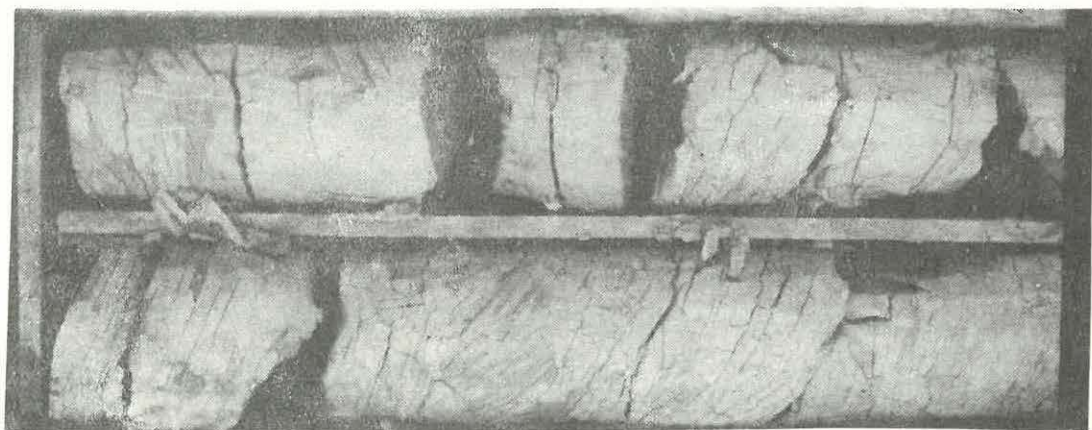
Průzkumný vrt vykázal horizont dobývání v hloubce 207,20 m, počátek narušení jílového nadloží v hloubce 144,00 m, při porubní výšce 8,1 m, takže zával porubu dosáhl výšky $x_1 = 55,10 \text{ m}$ - což koresponduje s výpočtem.

Podrobné zkoumání vrtných jader nadložních zemín z vrtů. orientovaných na středy zavalených zásekových komorových porubů (rubání okolo r. 1900) přispívá k získání poznatků o výšce dosahu výlomového tělesa při závalu porubu a umožňuje při známé ploše porubu a jeho porubní výšce provést i určité dedukce k otázce tvaru výlomového prostoru. Stav porušení nadloží zjištěný v průběhu vrtání (ztráta výplachu s určením hloubky) se ověřuje vhodnými karotážními metodami (CK, GCK, KM, RM). Fotodokumentace vrtných jader ukazuje poměrně snadné rozlišení hranice pásma narušení závalem.

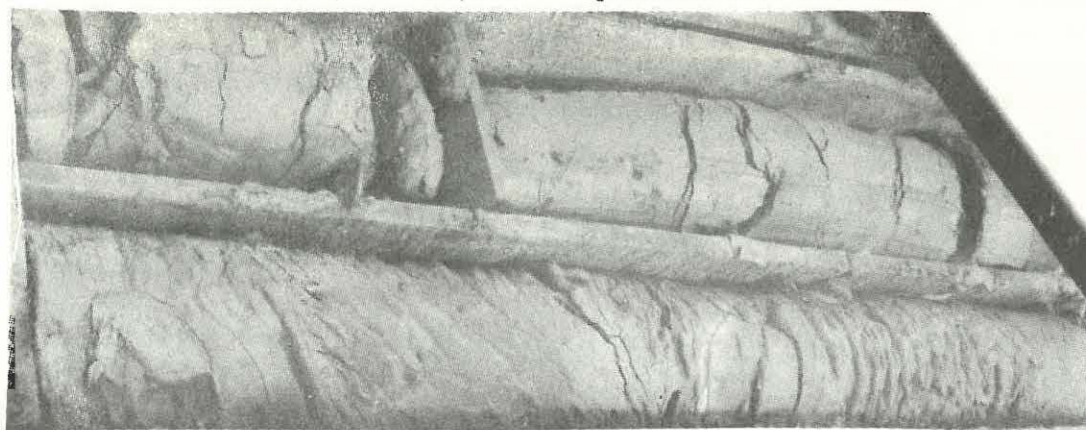
I když vývoj názorů na mechaniku procesu bodového závalu dosud otevřených dutin (nezavalených komorových porubů) ve stařinách postoupil kupředu, je třeba nové teoretické poznatky dále a s větší intenzitou ověřovat v praxi.



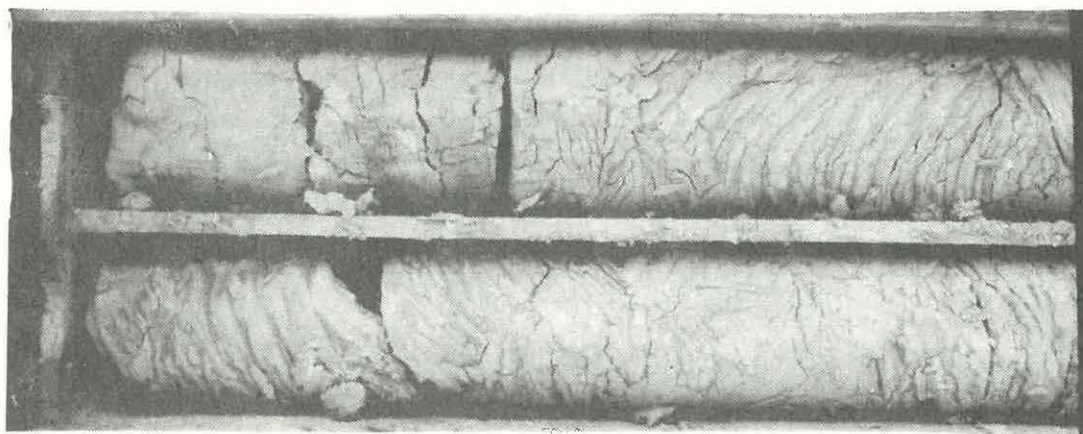
Hloubka 117,0 - 119,0 m - mimo zónu narušení



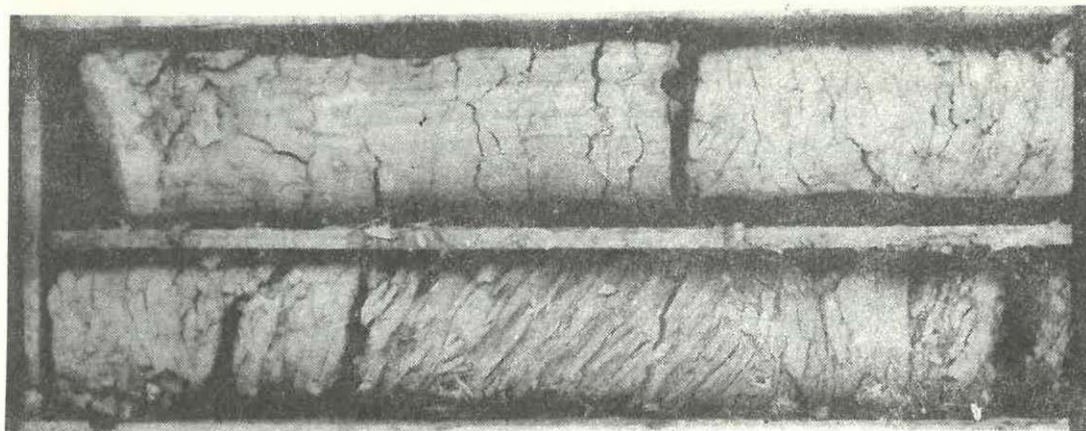
Hloubka 144,0 - 146,0 m - počátek zóny narušení



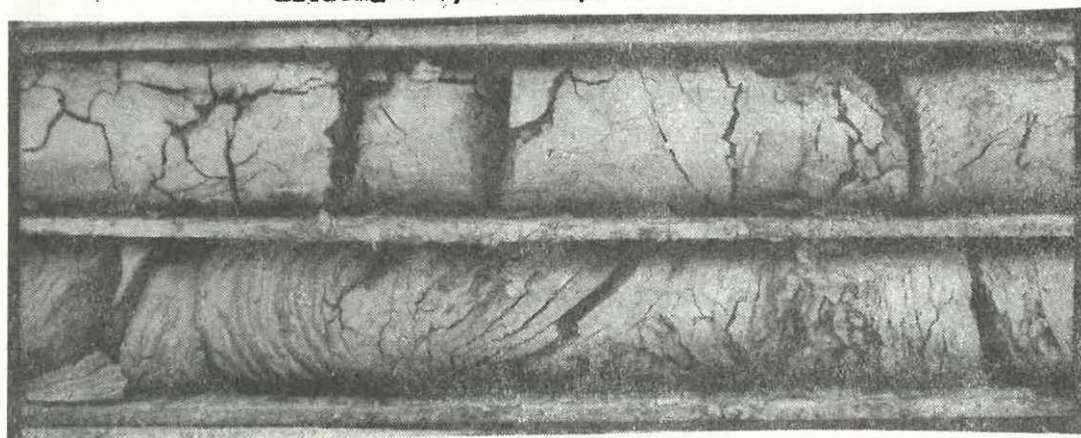
Hloubka 146,0 - 148,0 m - zával



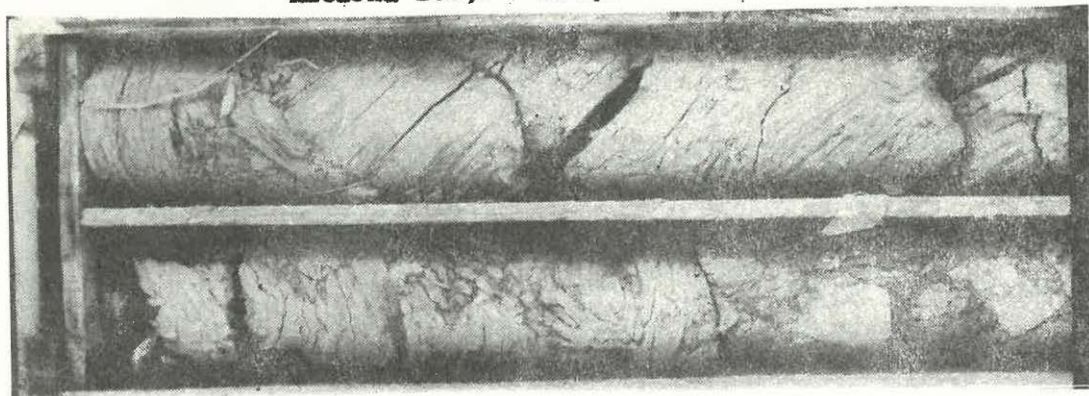
Hloubka 160,0 - 162,0 m - zával



Hloubka 164,0 - 166,0 m - zával



Hloubka 168,0 - 170,0 m - zával



Hloubka 170,0 - 172,0 m - zával



Hloubka 174,0 - 176,0 m - zával