

STRATEGIE PŘÍPRAVY PORUBŮ A MOŽNOSTI ZESILOVÁNÍ VÝZTUŽÍ DLOUHÝCH DŮLNÍCH DĚL V OBLASTECH AKUTNĚ OHROŽENÝCH OTŘESY (PROJEKT Č. 44-06)

Anotace:

Příspěvek prezentuje některé výsledky řešení projektu ČBÚ „Ochrana zaměstnanců před důlními otřesy v dlouhých důlních dílech a stanovení opatření při zjištění nebezpečných stavů při vedení a provozu důlních děl s cílem zabránit vzniku otřesu“. Zabývá se výsledky v oblasti problematiky možného zesílení výztuží prorážek pro lepší ochranu zaměstnanců před účinky otřesů a výsledky v oblasti problematiky způsobu a strategie vedení přípravných důlních děl porubů.

Abstract:

The contribution presents conclusions of the research project called Miners protection against rock burst in the gates and measures to avoid them after checking the rock burst danger, supported by Czech Mining Authority. The results of research on the reinforced break through support and research on the way and strategy of longwalls driving in the conditions of rock burst danger are described.

1 Úvod

Název projektu výzkumného programu Českého báňského úřadu č. 44-06 „Ochrana zaměstnanců před důlními otřesy v dlouhých důlních dílech a stanovení opatření při zjištění nebezpečných stavů při vedení a provozu důlních děl s cílem zabránit vzniku otřesu“, poměrně přesně vystihuje široký rozsah a rozmanitost problémů řešených v jeho rámci. Považujeme za vhodné v úvodu stručně shrnout zadání, záměry a stručný časový plán projektu včetně věcné náplně všech etap řešení.

Řešení projektu se v souladu se zadáním státní báňské správy týkalo způsobu projektování a vedení dlouhých důlních děl pro přípravu porubních bloků (strategie protiotřesové prevence), způsobu vyztužování (zesílení výztuží) dlouhých důlních děl, zejména prorážek, které jsou ve vlivu dalších přídatných napětí kromě přídatných napětí od stařin a budou se ke stařinám přibližovat, interpretace seismického monitorování, jehož výsledkem bude přesnější stanovení výškové pozice ohniskové oblasti a konečně problematiky následného vysokotlakého zavlažení odpálených vývrtů v nadloží (po bezvýlomové trhací práci) pro zvýšení odlehčovacího účinku v nadloží sloje. Řešení projektu probíhalo v samostatných etapách.

V našem příspěvku chceme ukázat postup a výsledky řešení, které zkoumají možnosti optimalizace příprav porubů s ohledem na rozložení napětí v jednotlivých fázích exploatace slojí v dobývacích krátech a možnosti zesílení výztuže důlních chodeb se zaměřením především na prorážky.

2 Analýza údajů o přípravě dobývání slojí ve vybraných krách

Hlavním důvodem zadání a řešení projektu byly nebezpečné napěťové stavy a otřesy, které vznikaly při ražbách přípravných důlních děl porubních bloků obecně. Přípravná důlní díla porubního bloku jsou ražena zpravidla v těsné časové návaznosti na dobývání sousedního porubu. Protože v okolí stařin dříve vydobytých porubů vznikají přídatná napětí, stává se tato oblast zpravidla akutně ohroženou a náchylnou ke vzniku otřesů. Ve vlivu tohoto napětí se nachází přípravné chodby dalších porubů těsně obtínajících stařiny a části nebo celé úvodní prorážky.

Údaje o porubních chodbách podél stařin již byly částečně analyzovány v průběhu řešení projektu ČBÚ č.34/2003 nazvaného „Opatření ke zvýšení odolnosti porubních chodeb a chodeb v předpolí porubu proti deformačním účinkům otřesů“. Proto jsme se v první fázi rešerší zaměřili na údaje o dříve vzniklých otřesech v prorážkách. Pozornost je zaměřena na specifické faktory, jejichž správná volba může v prorážkách hrát významnou roli při ochraně před otřesy. Počítáme k nim způsob ražby, vyztužování chodeb a prorážek, směr ražby s ohledem na působící přídatná napětí, časové souvislosti vedení přípravných důlních děl a dobývání sousedního porubu apod.

V období od roku 1976 došlo v prorážkách celkem ke 23 otřesům. Naše analýzy sledovaly nejen působení přídatných napětí v okolí prorážek a přípravných chodeb při jejich ražbách, ale také změny napěťových poměrů v celé oblasti připravovaných dobývacích ker v průběhu jejich exploatace.

Pro podrobnou analýzu byly vybrány následující oblasti v nichž došlo k otřesům:

- oblast sloje 37b₂c (530) ve 4. kře, lokality Jan-Karel, Dolu ČSA,
- oblast sloje 37 (530) ve 4. kře lokality Doubrava, Dolu ČSA,
- oblast sloje 38 (530) v 7. kře závodu Lazy, Dolu LAZY,
- oblast sloje XVIII (504) ve 4. poli závodu Dukla, Dolu LAZY,

U každé z vybraných oblastí bylo analyzováno několik aspektů: geologické podmínky a geomechanické vlastnosti hornin, postup přípravy a dobývání sloje v oblasti a změny geomechanických vlivů v průběhu exploatace sloje, vlivy přídatných napětí ve sloji v oblasti v jednotlivých fázích exploatace, vznik otřesů při ražbě prorážek a způsob vyztužování přípravných důlních děl ve sloji v oblasti se zvláštním zřetelem na prorážky. Z analýz byly vyvozeny některé obecné závěry, které byly formulovány ve výstupech projektu. Týkají se především časové a prostorové strategie plánování hornické činnosti.

Zajímavé údaje byly získány rovněž z analýzy současného způsobu vyztužování prorážek. Společnými prvky a zásadami, používanými při systému vyztužování ražených výchozích prorážek a jejich rozšiřování v podmínkách 3. stupně nebezpečí důlních otřesů anebo v obtížných důlně – geologických podmínkách či tlakově exponovaných pásmech jsou obecně:

- ražba vesměs (až na několik málo výjimek) pod stropem mocné sloje,
- důlní ocelová výztuž tříd K 24, P 28 nebo TH 29,
- hustota budování 0,5 m,
- délky bočních oblouků a stropních dílů (ať rovných, nebo ohnutých) jsou voleny podle konkrétních potřeb na zajištění světlé šířky profilu pro vytáčení sekcí porubové výztuže v prorážce a celkovou instalaci technologického vybavení porubu,
- ražba základní prorážky převážně v šířce 4,5 m až 5,5 m,

- použití rohových dílů ocelové výztuže na pilířovém boku prorážky,
- zvýšení únosnosti výztuže původní prorážky nejpozději před zahájením rozšiřování postavením SHZ s roztečí max. 1 m na dřevěné podražce a pod podvlaky,
- v případech zvýšených tlakových projevů stavba tohoto stojkořadí již za ražby,
- rozšíření prorážky o 2,5 m až 4,0 m na šířku potřebnou pro instalaci porubní technologie,
- stavba druhé řady (případně i třetí řady – podle definitivní šíře rozšířeného profilu) stojek pro zvýšení únosnosti a stability výztuže rozšířené prorážky ve vzdálenosti cca 25 – 35 m od čelby rozšiřované prorážky.

Pro zvýšení stability jednotlivých dveřejí výztuže a konstrukce výztužných prvků jako celku jsou obecně v případech zvýšených, zpravidla všesměrných zatížení výztuže, používány podélné tahy tvořené rovinami TH. K těmto rovinám jsou pomocí šroubových spojů přichyceny boční oblouky (případně i horní díly) jednotlivých dveřejí.

3 Matematické modelování analyzovaných napěťových stavů

Matematické modelování v geomechanice umožňuje mimo jiné i posuzovat rozložení a intenzitu napěťových polí v horském masivu indukovaných hornickou činností. Tato napěťová pole jsou přitom zásadně ovlivněná situováním vyrubaných prostor. Ve složitých strukturách české části hornoslezské pánve dochází z geologických i technologických a ekonomických příčin ke komplikovanému sledu časoprostorového odrubávání zásob, které lze nejlépe vystihnout prostorovým matematickým modelováním.

Podrobné prostorové modely vystihující v rozsáhlých částech horského masivu složitou geologickou, geomechanickou i hornickou situaci jsou však velice náročné na zpracování i interpretaci. Proto je z praktických důvodů žádoucí používat pro řešení provozních situací jednodušší modelové postupy. Pro specifický případ modelování napěťových polí indukovaných postupným odrubáváním porubních bloků v jedné sloji se ukázal vhodným (komerční) software Examine^{TAB} firmy Rocscience Inc., který umožňuje 3D modelování pružných napětí a přetvoření indukovaných výrubu uvnitř deskových ložisek. Omezení možností modelu spočívá v tom, že všechny výrubu musí ležet ve stejné rovině a musí mít stejnou mocnost. Uvedený software tedy neumožňuje modelovat další, pro výsledné rozložení napětí deformací polí neméně významné aspekty, jako jsou výrubu v nadložních a podložních slojích, strukturně – tektonické prvky, variabilita mechanických vlastností horského masivu a pod.

Grafický interpretátor dat poskytuje vhodné nástroje pro zobrazení výsledků. Vstupními parametry jsou kromě hloubky a (dobývané) mocnosti uvažované sloje také její úklon, uvažovaný poměr horizontální a vertikální složky napětí a vlastnosti sloje a okolních hornin. Tento software tedy umožňuje modelovat vývoj napěťových polí při postupném odrubu porubních bloků ve sledovaných částech slojí.

V předloženém příspěvku soustředíme pozornost pouze na otázku, jak je vývoj napěťových polí ovlivněn postupem odrubávání porubních bloků ve vlastní sloji. Modely jsme realizovali pro případy všech čtyřech analyzovaných oblastí. Zde dokumentujeme jako příklad pouze výsledky matematického modelu oblasti sloje 38 (530) v 7. kře závodu Lazy, Dolu Lazy.

Modelované odrubávané porubní bloky v oblasti 38. sloje na 7. kře závodu Lazy postupovaly spořádaně od jihu k severu. Modelovaná dobývaná mocnost byla 5 m, hloubka 650 m pod povrchem (viz Obr.1).

Na modelu se nepříznivě projevil vliv „rohových struktur“ vznikající změnou směru dobývání a nepravidelného obrysu porubního bloku (Obr. 2). V této souvislosti je nutno zdůraznit nepříznivý vliv ostrého úhlu mezi porubními bloky dobývanými na Dole Lazy a dřívějším závodě Barbora Dolu 1. máj. Obdobně je patrný nepříznivý vliv různých poloh linií ukončení sousedních porubních bloků.

Je zde i zřejmé výrazně nevýhodné přetížení pilířů ponechaných mezi odrubanými porubními bloky (pilíř vzniklý po odrubání bloku 138 702 na jeho východní straně - viz Obr. 2).

Z modelování postupu odrubávání porubních bloků v téže sloji jednoznačně vyplývá, že optimální napěťová situace vzniká při spořádaném odrubávání příslušné části sloje (kry, pole) spočívající v dodržování známých hornických zásad, tedy: paralelním vedením porubních bloků s bočním rozestupem do 5 m, uspořádaným, navzájem na sebe navazujícím situováním výchozích prorážek, což zamezí vytvoření „rohových struktur“ v nichž vznikají oblasti nežádoucích přetížení a uspořádaným, vzájemně na sebe navazujícím postavením linií ukončení porubů, zaměřeným rovněž proti vzniku rohových struktur s nežádoucími koncentracemi napětí.

Při dodržení těchto zásad dochází z hlediska vývoje napětíodeformačních stavů ve sloji zákonitě k jediné nepříznivé skutečnosti – růstu intenzity i rozsahu přetížení na vnějším obrysu celkové odrubané plochy v závislosti na jejím růstu (počtu odrubaných na sebe navazujících porubů).

Z hlediska indukovaných napětí v téže sloji, v níž probíhá dobývání, se jako nepříznivé rovněž potvrdily známé faktory, zejména:

- ponechávání nevyrubaných pilířů v prostoru odrubávané části sloje takových rozměrů, při kterých nedochází k jejich rozdrčení. Čím menší jsou tyto nepodrcené pilíře, tím jsou více přetížené a tím větší nepravidelnosti v rozložení napěťových polí vyvolávají,
- nepravidelné vedení nových porubních chodeb podél stařin ve větší vzdálenosti než 5 m (vznik nevyrubaných nepravidelných bloků), které způsobuje vytváření specifických velmi nepříznivých případů ponechaných pilířů ve sloji,
- nerovnoměrná délka porubních bloků, daná nepravidelnostmi (bez vzájemné návaznosti) při zakládání výchozích prorážek a situování linií ukončení porubů (nebo i obou), což vede ke vzniku nežádoucích rohových struktur,
- změna směru dobývání jednotlivých porubních bloků, v důsledku čehož vznikají jednak přetížené „rohové struktury“, jednak nevydobyté nepravidelné pilíře na styku odlišně orientovaných porubních bloků (zejména, není-li vzájemná orientace pravoúhlá),
- nepravidelnost v pořadí odrubávání jednotlivých porubních bloků, kdy je v části zájmové oblasti sloje ponechána nevyrubaná oblast (pruh), do níž se dobývání „vrací“ jedním nebo více poruby. Odrubávání porubů v tomto na obou protilehlých stranách vydobytém prostoru dochází k jeho zužování a tím i nežádoucímu přitěžování.

Poznamenáváme, že prohřešky proti těmto pravidlům, které vedou k nepravidelnostem v napěťových polích dobývaných slojí, se projevují nepříznivě i do okolních slojí, tedy i do dalších k dobývání určených oblastí v podloží (případně i v nadloží).

Je samozřejmé, že v reálných důlně geologických poměrech nelze ve všech případech beze zbytku zajistit ideální spořádané odrubávání příslušných částí slojí.

Případné odchylky je však zapotřebí důkladně zhodnotit s cílem volby optimální strategie pro další postup.

4 Postup a výsledky modelování výztuží prorážek

Volba efektivních zesilujících opatření pro zvýšení odolnosti výztuže prorážek proti účinkům důlních otřesů vyžaduje znalosti chování výztuže ve standardním a zesíleném provedení v podmínkách dynamického zatížení. Moderní výpočtové programové soubory umožňují modelování i složitých velmi rychle probíhajících dějů. Vyžadují však vysoce výkonnou výpočetní techniku a průběžnou verifikaci výsledků modelování na základě reálných hodnot a poznatků in situ. Na základě dlouhodobé spolupráce se špičkovým pracovištěm – katedrou mechaniky strojní fakulty VŠB TUO pod vedením prof. Ing. Petra Horyla, CSc. jsme řešili společný modelový výzkum dynamické odolnosti výztuže prorážek, který navazuje na předchozí výzkum výztuží chodeb.

Pro řešení byla vybrána deformační varianta metody konečných prvků, která je užitá v profesionálním programovém souboru ANSYS. Změnami a variacemi počítačového modelu byly zjišťovány určující parametry, zásadně ovlivňující tvar a intenzitu deformované (zplastizované) konstrukce. Za nejdůležitější parametry jsou považovány:

- okrajové podmínky, tj způsob uložení výztuže a míra spolupůsobení okolního prostředí (obložení výztuže),
- počáteční podmínky vyvolané impulsním buzením,
- materiálové vlastnosti výztuže.

Cílem počítačového modelování je zjištění chování ocelové výztuže v průběhu a po skončení dynamické odezvy vyvolané důlním otřesem. Jde především o:

- tvar a charakter trvalé deformace výztuže,
- kritické množství energie způsobující trvalou deformaci,
- míru celkové plastické deformace,
- vliv spolupůsobení okolního prostředí na výše uvedené charakteristiky,
- srovnání účinnosti zesilujících opatření.

Z důvodu práce s trvalými (plastickými) deformacemi bylo nutné přijmout bilineární materiálový model oceli. Účinky důlního otřesu byly modelovány jako náhlé zatížení výztuže z boku díla, způsobené vymrštěním porušené uhelné sloje do profilu díla (Obr.4) tzv. shelf effect (Horyl, Šňupárek 2007).

V souladu s převažujícími typy výztuží prorážek byly pro modelování vybrány rozšířená oblouková výztuž ROV pro šířku 6,5 m a rozšířená výztuž SBR s rohovými díly rovněž v šířce 6,5 m, obě z válcovaného profilu P28. Jako příklad uvádíme model rohového dílu a šroubového spoje (obr. 3).

Jako základní zesilující opatření je modelováno přikotvení stropní části výztuže pomocí lepených svorníků. Vzhledem k očekávanému vysokému zatížení svorníků byl do systému zaveden způsob virtuálního odstranění svorníku v okamžiku překročení jeho únosnosti (příkaz EKILL).

Působení dynamického zatížení z boku díla je patrné z Obr. 4. V každém bodě zatěžované části výztuže je modelován silový impuls dle Obr. 5 s maximální silou 1400 N.

Celkem byly modelovány 4 úlohy označené následovně: N4C – výztuž bez zesilujících svorníků, N5C – 2 svorníky v rovné stropní části výztuže, N6C – 1 svorník v rovné stropní části výztuže a 1 v obloukovém rohovém dílu na straně působení

impulzu, N7C – 2 dvojice svorníků v obou obloukových rohových dílech.

Vývoj deformační energie akumulované ve výztuži byl považován za významný prvek potřebného odporu výztuže. Akumulace celkové energie se u těchto typů příliš neliší. Na konci dynamického děje mají výztuže se svorníky o málo vyšší hodnotu celkově akumulované energie, cca o 3 kJ. Z porovnání výztuží s různě uspořádanými svorníky se ukazuje, že se akumulované hodnoty deformační energie u těchto typů liší ještě méně. Jestliže však zde srovnáme rozdíly v hodnotách akumulované resp. ztracené energie ve svěrných spojích, šroubech svěrných spojů, svornících a vnějším založením výztuže, objevují se již výraznější rozdíly. Z předchozích simulací vyplývá, že čím tužší je konstrukce, tím menší část energie pohltí vlastní výztuž (zde P28) a více se na akumulaci energie podílejí ostatní části (třecí energie ve spojích, deformační energie šroubů, svorníků a obložení). Na Obr. 6 můžeme srovnat hodnotu tzv. „zbytkové“ nebo lépe „zmařené energie“ pro pět základních typů výztuží typu ROV. Zprv je to model s nefunkčními (pevně spojenými) třecími spoji a bez svorníků, je v grafu označen jako „P4 PEVNÉ SPOJE“. Zbytková (zmařená) energie se zde může projevit jen v deformační energii obložení, což je zanedbatelná hodnota. Kolem 2 kJ je hodnota zmařené energie u modelu s poddajnými spoji bez svorníků N4C, více než 3 kJ je hodnota zmařené energie se dvěma stropními svorníky N5C, asi 9 kJ se dvěma svorníky, když jeden je uchycen šikmo v rohovém díle N6C.

Největší hodnota „zmařené energie“ 11,5 kJ byla prokázána pro model se čtyřmi svorníky tj. 2 a 2 v rohových dílech, skloněných cca o 45°, což představuje cca 30% celkové energie akumulované výztuží, což představuje významné snížení dynamického zatížení výztuže.

V závěrečné fázi modelových výpočtů se práce soustředily na podrobnější modelování doplňujících kotevních prvků, především vyhodnocování napětí v průřezu svorníků. Tyto byly modelovány jako nosníkové prvky přenášející tah (resp. tlak), prostorové ohybové namáhání a krut. Pro naše účely bylo nutné stanovit okamžik porušení svorníku a zjistit, jak tato nová okrajová podmínka ovlivní chování konstrukce a průběhy energií. Pro okamžik ztráty nosnosti svorníku byl zvolen okamžik, kdy 80% ze sledovaných 17 bodů překročí mez kluzu.

Dosažení porušení svorníků však bylo zjištěno až při zatížení, které je cca dvojnásobkem přijatého normového zatížení u předchozích modelů. tj. pro velikosti zatěžujících sil 2000 N.

Z modelových pokusů vyplynulo, že k prvnímu reálnému porušení svorníku při variantě 4 kusů umístěných v rozích výztuže, dochází až při dvojnásobku běžného (normového) zatížení. Důležité je, že k porušení dochází až po skončení zatěžovacího impulsu v období „dokmitávání“ konstrukce. I když dvojice svorníků nacházející se blíže k působícím silám je nevratně porušena a přestane být aktivní, na chování celé konstrukce výztuže při iniciačním dynamickém zatížení nemá tato destrukce rozhodující vliv.

Pohybová energie je největší v okamžiku ukončení silového působení, poměrně rychle se utlumí. Rozdíl mezi touto hodnotou a průběhem celkové deformační energie je zmařená energie. Tato je zachycena svorníky, třecími spoji a založením výztuže.

Čím je velikost zmařené energie větší, tím je vlastní nosná konstrukce více chráněna před účinkem silového impulsu. I u dvojnásobného impulsu jde o relativní hodnotu zmařené energie kolem 29 – 30%.

Matematické modelování účinnosti doplňující svorníkové výztuže při dynamickém zatěžování výztuže prorážek potvrdilo, že použití kotevních prvků výrazně zvyšuje tuhost celé konstrukce a vede ke snížení deformační energie ve vlastní ocelové výztuži až

o 30 %. Jako optimální se jeví situování zesilujících svorníků šikmo v rozích podpěrné výztuže. Při běžně používaném situování doplňujících svorníků v rovné části stropu je jejich vliv na zvýšení dynamické únosnosti výztužné konstrukce minimální. Doporučujeme proto důsledně rozlišovat mezi zpevněním stropu (a zároveň snížením zatížení rovných stropních částí výztuže prorážky) a zesílením výztuže vzhledem k očekávanému dynamickému zatížení v souvislosti s důlními otřesy. V prvním případě doporučujeme instalaci svorníků ve stropě nezávisle na podpěrné výztuži. Ve druhém případě je nejvhodnější zesílení podpěrné výztuže dvojicemi svorníků, umístěných v obloukových rozích výztuže a ukotvených do stropu pod úhlem cca 45°.

Významným přínosem pro zesilování podpěrných výztuží dlouhých důlních děl svorníky je zjištění, že i při dynamickém zatížení, překračujícím únosnost svorníků, kotevní prvky zajistí výrazné snížení deformační energie podpěrné ocelové výztuže.

5 Závěr

Cílem našeho příspěvku bylo seznámení s výsledky řešení projektu VaV ČBÚ č. 44–06. Dílčí závěry uvedené v kapitolách 2, 3 a 4 byly shrnuty a na základě nich byla upravena a doplněna Pracovní pravidla k Vyhlášce ČBÚ č. 659/2004 Sb. a navazující Metodické postupy ve statích týkajících se této problematiky. Úpravy již byly zavedeny do báňských předpisů a v podmínkách OKR se v oblastech ohrožených otřesy uplatňují.

Poděkování

Zpracování předložené zprávy bylo umožněno finanční podporou pro řešení projektu ČBÚ č. 44–06 a kromě toho rovněž projektem ministerstva školství MSM 6198910027 a grantovým projektem č. 105/07/1265.

Literatura

Ptáček J. a kol. : Průběžné zprávy ke kontrolním dnům a závěrečná zpráva k projektu č. 44-06 ČBÚ.

Ptáček J., Takla G.: Strategická opatření protiotřesové prevence efektivní nástroj bezpečného dobývání v OKR, sborník Hornická Ostrava, Ostrava, 2003.

Souček K., Staš L., Koníček P., Dvorský P., Schellong L.: The Theoretical Knowledges and Practical experiences with Reinforcing of Coal Seams in Ostrava-Karvina coalfield. In Proceedings of the 12th International scientific-technical conference Rockbursts 2004, Ustron, 21-24 November 2005, Central mining institute in Katowice.

Horyl P., Šňupárek R. 2005: Modelling of Effects of Rockbursts on Steel Arch Roadway Support. In Proc.of 6th Int. Symp.Controlling Seismic Risk, Perth, pp. 601 – 606.

Šňupárek R., Staš L., Souček K., Zeman V., Schellong L. Výzkum vlastností uhelných geokompozitů, Uhlí, rudy, geologický průzkum, roč 54, č.10 (2006), s. 35 - 39.

Šňupárek R., Staš L., Souček K., Zeman V., Schellong L.: Základní výsledky řešení Projektu ČBÚ č. 34/2003 „Opatření ke zvýšení odolnosti porubních chodeb a chodeb v předpolí porubu proti deformačním účinkům otřesů“ Uhlí, rudy, geologický průzkum/. Roč. 54, č. 2 (2006), s. 29-33. ISSN 1210-7697.

Horyl P, Hlaváčková M. 2004 : Analysis of the rock bursts – consequence for arch tunnel support, Zeszyty naukowe katedry mechaniki stosowanej, Polytechnika Slaska Gliwice vol. 25, pp. 65–68.

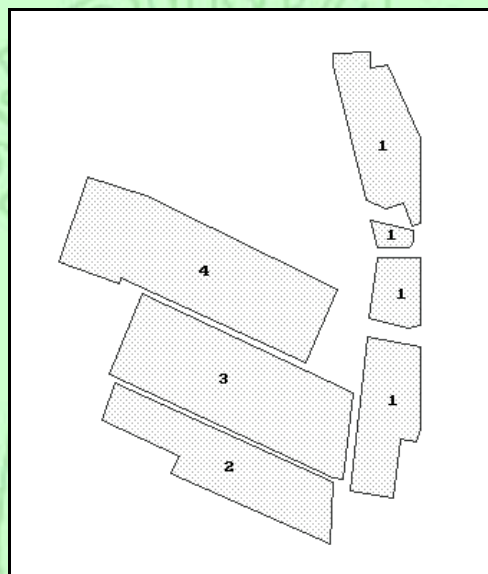
Šňupárek R., Zeman V. 2005 : Rockburst in longwall gates during coal mining in Ostrava Karvina coal basin, Proc. of EUROCK 05 (ed. P. Konečný), Brno, pp. 605–610.

Konečný P., Ptáček J., Stein P.: Využití poznatků z řešení projektu ČBÚ č. 30/2003 „Analýza aplikací metod protiotřesové prevence v oblastech, kde vznikly otřesy a rozbor jejich účinnosti“ Uhlí.

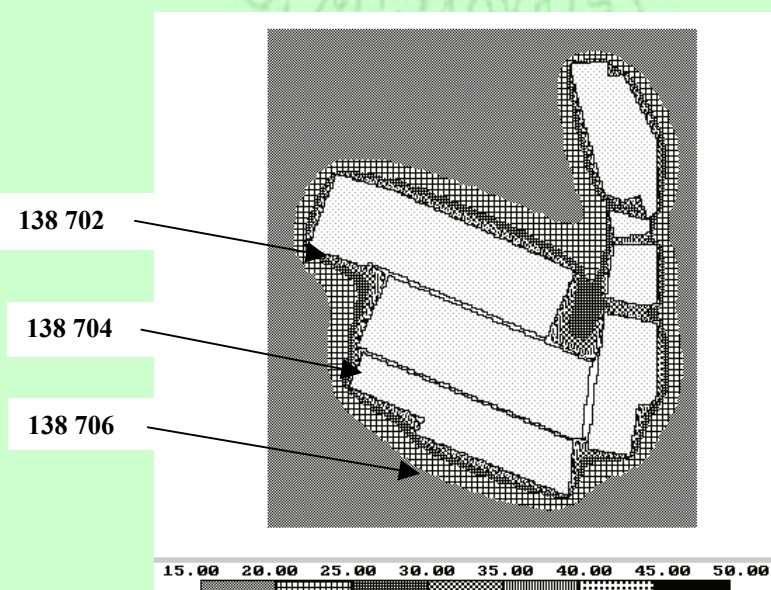
Konečný P., Ptáček J., Šňupárek R., Velička V., Zeman V., Havaj J,: Předběžné výsledky řešení problematiky možnosti zesílení výztuží výchozích prorážek a strategie vedení přípravných důlních děl porubů v rámci projektu ČBÚ 44-06, Sborník Hornická Ostrava, Ostrava 2007.

Horyl P., Šňupárek R. 2007: Behaviour of steel arch supports under dynamic effects of rockbursts Mining Technology, Maney Publishing, London Vol 116 No3 pp 119–128.

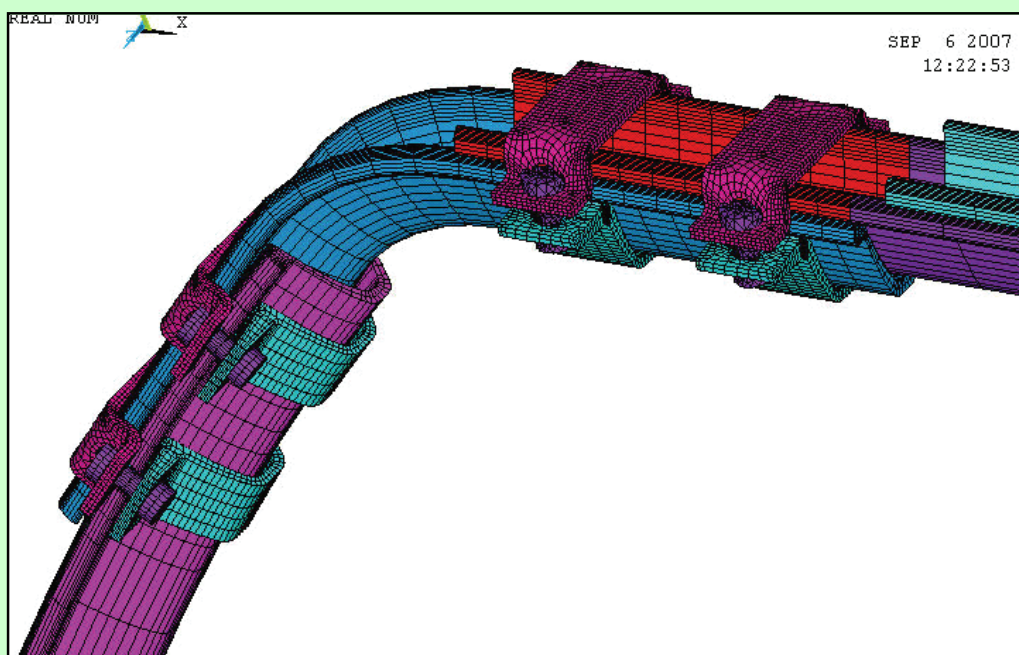
Šňupárek R., Horyl P. 2009 : Rockbolts as Reinforcing Elements under Dynamic Impact of Rockbursts Proc. of the Int. Symp. Sinorock2009, Hong Kong p.149.



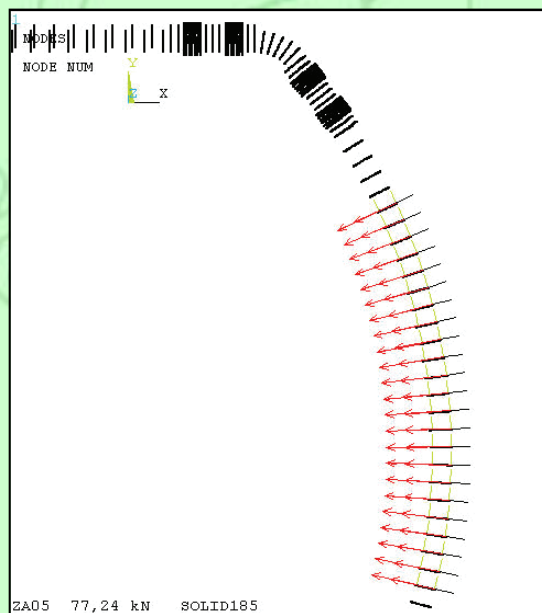
Obr. 1. Přehled pořadí odrubávaných bloků v oblasti sloje 38 v 7. kře závodu Lazy
Legenda: 1 – výrubu ve sloji 38 v sousedních dolech (bývalé závody Jindřich Dolu ČSA a Barbora Dolu 1. Máj); 2 - porub 138 702; 3 – porub 138 704; 4 – porub 138 706



Obr. 2. Vertikální složka napětí po odřubání bloků 138 706, 138 704 a 138 702

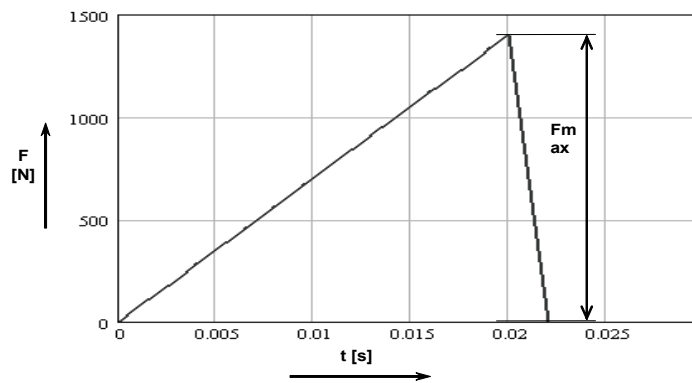


Obr. 3 Výpočtový model celkové struktury – levý roh, detail svěrných spojů

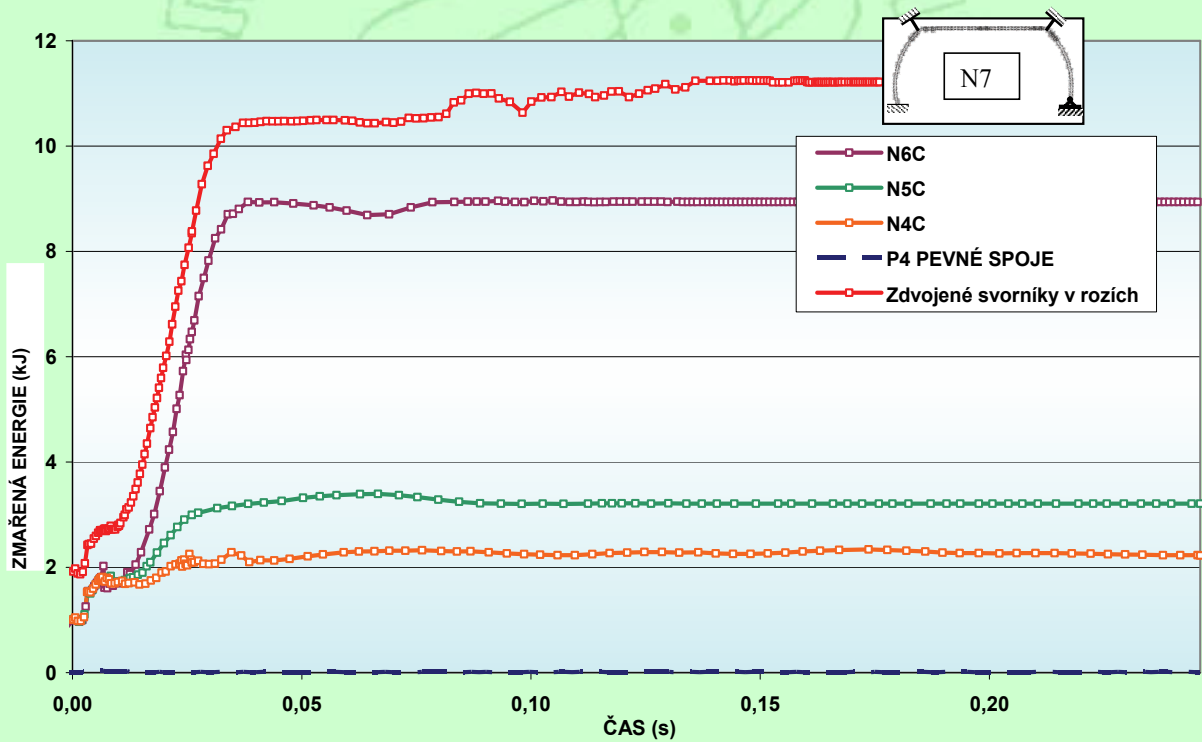


Obr. 4 Místa působení silového impulsu

Zatěžovací impuls



Obr. 5 Zatěžovací impuls výztuže v 1 uzlu.



Obr. 6 Průběh a srovnání hodnot zmařené energie (mimo vlastní nosný systém P28) u pěti typů výztuží