

**4. Tradiční mezinárodní geomechanické
a geofyzikální kolokvium**



7. – 8. června 2012 Ostravice

Editoři:

Petr Koniček & Kamil Souček

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být reprodukována, uložena ve vyhledávacím systému nebo přenášena v jakékoli formě nebo jakýmkoli prostředky, elektronicky, mechanicky, kopírováním, záznamem nebo jinak bez předchozího svolení vydavatele .

Všechny příspěvky publikované ve sborníku konference byly posouzeny nezávislými recenzenty.

Za obsah uveřejněných příspěvků odpovídají jednotliví autoři. Publikace neprošla jazykovou úpravou.

**překlad Svatava Smilková

Vytištění sborníku podpořila
Nadace LANDEK Ostrava



© Ústav geoniky AV ČR, v. v. i. a Green Gas DPB. a.s.

Vytištěno a svázáno OFTIS Ostrava

ISBN

OBSAH

PŘEDMLUVA	7
JAN DRZEWIECKI, JANUSZ MAKÓWKA.....	9
Porušování horninového masivu před stěnovým porubem jako důsledek intenzity těžby	
GRZEGORZ MUTKE.....	11
Registrace seismických ohnisek pod dobýváním uhelné sloje - zkušenosti z polských dolů	
YUZO OBARA, MINAMI KATAOKA, TORU YOSHINAGA, AKIRA SATO.....	13
Metoda měření změny horninového napětí na bázi deformace příčného profilu vrtu (CBDM) a její použití	
OVE STEPHANSSON, ARNO ZANG	15
Světové databáze napětí a modely horninového napětí jako prameny znalostí v mechanice hornin a geoinženýrství	
RENATA PATYŃSKA.....	17
Následky otřesů v dolech hornoslezské pánve v Polsku	
JIŘÍ ŠTÁSTKA, ZBYNĚK KAISR	19
In situ fyzikální model jílové bariéry	
GÁBOR LADÁNYI, ERVIN NAGY	21
Počítačový model optimalizující pohony systému pásových dopravníků v povrchovém dobývání	
PETR WACLAWIK, JIŘÍ PTÁČEK, RADOMÍR GRYGAR.....	23
Některé možnosti využití strukturní a napěťové analýzy v báňské praxi v hornoslezské pánvi	
JIŘÍ PTÁČEK, ROSTISLAV MELICHAR, ANTONÍN HÁJEK, PETR KONÍČEK, KAMIL SOUČEK, LUBOMÍR STAŠ, PETR KRÍŽ, JAN LAZÁREK	25
Strukturní analýza meziloží uranových ložisek Rožná a Olší (Strážecké moldanubikum) pro posouzení deformačních a napěťových poměrů podzemních zásobníků plynů	
LENKA BODNÁROVÁ, JAROSLAV VÁLEK, RUDOLF HELA, LIBOR SITEK, JOSEF FOLDÝNA	27
Působení vysokých teplot na cementové kompozity v betonových konstrukcích	
MARTIN STOLÁRIK, RADOVAN KUKUTSCH.....	29
Analýza koeficientů přenosu prostředí získaných na základě seismických měření na tunelech IV. železničního koridoru	
JOSEF HOLEČKO, GRZEGORZ MUTKE	32
První výsledky sledování indukované seismicity sítí povrchových stanic v oblasti dolů OKD, a.s.	

MILAN HOKR, JIŘÍ HAVLÍČEK, PETR RÁLEK	34
Numerické modelování vlivu napjatosti na průtok vody rozpukanou horninou	
MILAN BROŽ, JAROSLAV ŠTRUNC, JAN VALENTA, RADIM HLADKÝ A PRAC. SKUPINA MPO-TIP	36
Geofyzikální a geomechanický monitoring při teplotním experimentu ve štolě Josef u Mokrska	
KAREL HOLUB, JANA RUŠAJOVÁ, JOSEF HOLEČKO.....	38
Indukovaná seismicita v jižní části OKR	
ZDENĚK KALÁB, JAROMÍR KNEJZLÍK, MARKÉTA LEDNICKÁ	40
Použití rotačního senzoru pro monitoring důlně indukovaných seizmických jevů na karvinsku	
JIŘÍ HAVAJ, JOSEF HOLEČKO, PETR DVORSKÝ	43
Dosavadní zkušenosti s používáním „stacionárních otočně – posuvných trubek“ (DRR) na dolech OKD, a.s.	
NAJ AZIZ, TING REN, JAN NEMCIK, LEI ZHANG	45
Propustnost a objemové změny uhlí při různých zkušebních režimech	
J. NEMCIK, I. PORTER, E. BAAFI	48
Stabilizace horninového povrchu pomocí sklolaminátového polymerového pláště	
PIOTR MAŁKOWSKI, ZBIGNIEW NIEDBALSKI, JOANNA HYDZIK-WIŚNIEWSKA	51
Monitorování podpěrné a svorníkové výztuže stropu: optimalizace konstrukce	
HISAFUMI ASAUE, MASAHITO SASAHARA, TORU YOSHINAGA, YUZO OBARA, KAGEMI UCHIDA, HIROYUKI MATSUMOTO	53
Objasnění geologické struktury pro otevření uhelného a bažinného plynu pomocí magneto-tellurické metody	
EVA JIRÁNKOVÁ, LUBOMÍR STAŠ, VLASTIMIL KAJZAR, HANA DOLEŽALOVÁ	55
Mechanismus porušování pevného nadloží při dobývání metodou směrného stěnování v podmínkách multislojových karbonských ložisek	
PIOTR MAŁKOWSKI, ZBIGNIEW NIEDDBALSKI	57
Strukturní změny hornin vystavených vysokým teplotám a jejich dopad na teplotní parametry	
LEONA VAVRO, KAMIL SOUČEK	59
Lomová houževnatost – parametrická studie	
FRANTIŠEK KUDA, FRANTIŠEK HUBATKA.....	62
Možnosti 3D vizualizace georadarových dat v sw. Voxler	
MAREK MIKOLÁŠ, EVA JIRÁNKOVÁ	63
Dimenzování pilířů pro dobývání metodou komora-pilíř v ochranném pilíři jam sever dolu ČSM	

ZDENĚK VAŠEK, PETR DUDEŠEK, MILAN JUCHELKA	65
Důlní ocelové výztuže, profily, mechanické vlastnosti, ohybání	
ČESLAV NASTULCZYK, PETR DVORSKÝ, NIKOLAOS POLYSOS	67
Využití geomechanických parametrů jako základu pro optimalizaci kontroly nadloží a projektování výztuže v podmínkách dolů OKD, a.s.	

Předmluva

Vážení kolegové,

otevíráte sborník rozšířených abstraktů příspěvků Čtvrtého tradičního mezinárodního geomechanického a geofyzikálního kolokvia. Z množství přijatých příspěvků je zřejmé, že bohatá účast na tomto setkání opět potvrzuje, že tradice setkávání odborníků z oblasti geomechaniky a geofyziky, nejen z našeho regionu, je životaschopná a nanejvýš potřebná. Letošní ročník je opět pořádán ve spolupráci Ústavu geoniky AV ČR, v.v.i. a Green Gas DPB, a.s. Ústav geoniky AV ČR slaví v tomto roce 30. výročí svého založení a k tomuto výročí byli pozváni významní odborníci ze zahraničí, zabývající se oblastí horninového inženýrství již dlouhá léta. Jedná se o prof. Jana Drzewieckého a prof. Gregorze Mutkeho (GIG Katowice, Polsko), prof. Yuza Obaru (Kumamoto University, Japonsko) a prof. Ove Stephansona (Geo Forschungs Zentrum, Německo), kteří přednesou pilotní přednášky na tomto ročníku kolokvia. Mezinárodní účast je podpořena i dalšími zahraničními odborníky, zabývajícími se různými aspekty nejen geomechaniky, geofyziky ale i geotechniky. Jsou to odborníci z Austrálie, Indie, Japonska, Maďarska, Německa a Polska, kteří zajisté přinesou celou řadu nejen hodnotných vědeckých, ale i praktických poznatků.

Výměna informací a znalostí, jak na mezinárodní, tak domácí úrovni, z pohledu různých zkušeností, odborností a rozdílných generací, je velmi cenná a potřebná pro naši další společnou práci nejen v oblasti hornické geomechaniky a geofyziky, ale i v celé řadě příbuzných odborných oblastí. Myslíme si, že se nám daří v rámci kolokvia udržet tradici odborných diskuzí a v poslední době stále více potřebné spolupráce vědy a výzkumu s praxí.

Uspořádání tohoto setkání by nebylo možné bez významné podpory našich partnerů. Naše poděkování patří především generálnímu partnerovi, kterým je společnost OKD, a.s. Za podporu dále děkujeme společnostem Dräger Safety s.r.o., GEOTest, a.s., Hilti ČR spol. s r.o., Huddy Diamonds s.r.o., Minova Bohemia s.r.o., NOVUM Servis Sp. z o.o., Sandvik Mining and Construction Sp. z o.o. a také našim vědeckým partnerům, kterými jsou Główny Instytut Górnictwa Katowice, Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i. a Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií Technické Univerzity v Košicích. Naše poděkování patří v neposlední řadě také Nadaci LANDEK Ostrava, která finančně podporuje vydání předkládaného sborníku rozšířených abstraktů.

Dovoluje nám, abychom na tomto místě rovněž poděkovali všem recenzentům prezentovaných příspěvků, kteří na sebe vzali svou nelehkou úlohu odborných garantů kolokvia. Poděkování patří Doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D., Doc. Ing. Radomíru Grygarovi, CSc., RNDr. Josefu Holečkovi, RNDr. Karlu Holubovi, DrSc., Doc. RNDr. Evě Hrubéšové, Ph.D., Prof. Ing. Petru Klablenovi, DrSc., Ing. Petru Koníčkoví, Ph.D., RNDr. Janu Kozákovi, CSc., Ing. Aleně Kožušnickové, CSc., Prof. Ing. Petru Martincovi, CSc., Doc. RNDr. Rostislavu Melicharovi, Dr., Prof. Ing. Karlu Müllerovi, DrSc., Doc. RNDr. Blažejí Pandulovi, CSc., RNDr. Josefu Pekovi, CSc., Ing. Jiřímu Ptáčkoví, Ph.D., Ing. Kamilu Součkovi, Ph.D., RNDr. Lubomíru Stašovi, CSc., a Doc. Ing. Richardu Šňupárkovi, CSc. V neposlední řadě patří poděkování našim kolegyním Lucii Georgiovské a Vendule Stašové za jejich trpělivé a konečné formátování sborníku.

Věříme, že průběh našeho setkání a nové prostředí Hotelu Beltine na Ostravici a příroda Moravskoslezských Beskyd bude stejně příjemné jako v Hotelu Sepetná, kde se naše setkání pořádala v minulých letech.

Nejen my, ale i celý realizační tým, přejí všem účastníkům kolokvia jeho hladký průběh, zajímavé jak odborné, tak neformální diskuze, profesní úspěchy a spokojenost v osobním životě.

S pozdravem "Zdař Bůh!"

Petr Koníček & Kamil Souček

PORUŠOVÁNÍ HORNINOVÉHO MASIVU PŘED STĚNOVÝM PORUBEM JAKO DŮSLEDEK INTENZITY TĚŽBY **

Jan DRZEWIECKI ¹⁾, Janusz MAKÓWKA ¹⁾

¹⁾ *Glówny Instytut Górnictwa, Katowice*

KLÍČOVÁ SLOVA: Otřes, horninový masiv, porušování, napětí, předpolí porubu

1. ÚVOD

Karbonský horninový masiv v hornoslezské uhelné pánvi je nehomogenní. Je to výsledkem komplexních geologických procesů souvisejících s tvorbou ložisek kamenného uhlí a dlouhodobou a intenzivní těžbou v této oblasti (Jaroszewski, 1972). Lokalizace diskontinuit a jejich hustotu určuje nehomogenní horninový masiv. Primární dělitelnost (strukturní) a druhotná dělitelnost (mechanická) mají silný vliv na hodnotu seismické energie, která se kumuluje v horninovém masivu a v důsledku znamená možnost výskytu dynamického jevu, který je nebezpečím pro pracovní prostředí v hlubinném kamenouhelném dole.

Spolehlivá kvantifikace všech faktorů určujících bezpečnost při práci v uhelném dole je obtížná. Pro danou oblast v dole je možné předvídat úroveň seismického nebezpečí v důsledku konkrétní situace při těžbě uhelné sloje. Bohužel, jak zkušenosti ukazují, navzdory zdánlivě dobré znalosti horninového masivu a užívání řady preventivních opatření, existují jevy, jejichž vlivy narušují těžební proces nebo brání jeho pokračování. Stávající přírodní diskontinuity v horninovém masivu přispívají k tvorbě dynamických jevů doprovázejících těžební operace. Správné vyhodnocení deformace horniny v těžebním procesu pomáhá charakterizovat prostředí v blízkosti dobývání horniny a dopad dobývání na její proces deformace.

Měření defomační posunutí ukázala, že elastické vrstvy v nadloží sloje jsou podrobeny deformacím na velké vzdálenosti od stěnového porubu (J. Drzewiecki, 1995). To naznačuje zachování kontinuity (spojitosti) vrstev horninového masivu navzdory jejich silné deformaci v oblasti dynamické hrany, což je stěnový porub.

Ve skutečných podmínkách se stěnový porub pohybuje proměnlivou rychlostí vyplývající z aktuálních technických a geologických podmínek. V horninovém masivu, který je schopen kumulovat ve vrstvě elastickou energii, postup porubu určuje, které vrstvy a které části se podílejí na procesu kumulace energie. Jejich pochopení umožní předvídat akumulovanou energii a její změnu v závislosti na intenzitě těžby.

Z bezpečnostního hlediska důlních osádek, je zvláště vhodné vysvětlit původ důlních otřesů, jejichž zdroje se nacházejí v porubní stěně stěnového porubu. Znalost porušování hornin v této oblasti je významná pro projektování účinné prevence otřesů nebo pro snížení vysokého rizika seismických jevů.

Výsledkem výzkumu a měření realizovaných v centrálním hornickém ústavu (GIG) byla řada analytických řešení, která umožňují vypočítat a zobrazit řady hodnot charakterizujících horninový masiv porušený dobýváním ve stěnovém porubu. Zvláště vhodné jsou programy založené na analytických metodách výpočtu, které definují defomační a destruktivní procesy:

- úroveň tlaků v horizontu dobývané sloje a vrstvy hornin náchylné k otřesům, včetně zlomů (poruch) (Kabiesz J. a kol., 1994; J. Drzewiecki, 2011),
- velikost a rozsah deformace vybraných vrstev náchylných k otřesům v nadloží dobývané sloje (Szpetkowski, S., 1988, 1995, J. Drzewiecki, 2004),
- hlavní napětí v horninovém masivu, (Makówka J., Drzewiecki, J., 2011),
- mechanismy zdrojů důlních otřesů (Stec K., Drzewiecki J., 2012).

Použití výše uvedených programů pro stanovení příčin, mechanismu a prognózy silných dynamických jevů umožňuje analýzu tohoto typu jevů v kontextu destruktivních procesů vyvolaných důlní činností.

Pro dobývání jsou podstatné otřesy lokalizované ve stěnovém porubu. V této oblasti se pohybuje osádka, odtěžování a doprava výsypného materiálu. Praxe ukazuje, že v oblastech s geologickými poruchami jsou poruchy zdrojem dynamických jevů.

Měli bychom zdůraznit, že existují technické metody na spuštění tohoto typu dynamických jevů např. metodou řízeného porušování vhodně určeného objemu horninového masivu.

Takto vzniklé trhliny mají referenční orientaci a jejich dynamické jevy doprovázejí šíření seismických jevů. Mohou být přímým zdrojem intenzivních seismických jevů nebo spouštěcím mechanismem jiného napětového zdroje.

Pomocí empirické metody vázané rychlosti anomální seismické vlny a napětí (Dubiński J., 1994), analytické a empirické metody pro předvídání napětových polí v horninovém masivu (Kabiesz J., 1994) a pomocí doplnění parametrů pro vyhodnocení vlivu poruchy (J. Drzewiecki, 2011) můžeme vypočítat a předložit v grafické formě rozložení izochar napětí ve sloji a ve vyšším horizontu.

Výsledky výpočtů a jejich grafické znázornění modelují dynamické jevy ve sloji a mocných, pružných vrstvách nad slojí. Současně jsou základem pro předvídání energie dynamických jevů, kterou bychom měli očekávat během dobývání v oblastech s největší kumulací napětových anomálií.

Byly provedeny analýzy a měření pro optimalizování prevence otřesů, jak pasivní tak aktivní pro plánované a realizované dobývací operace. Ve vrstvě horninového masivu se vytvořily diskontinuity nebo trhliny omezující a snižující schopnost kumulovat energii. Objem akumulované energie závisí na mocnosti vrstvy. Je vhodné rozdělit mocnost vrstvy vůči narušující dobývací operaci. Možnost použití několika metod výpočtu, měření a implementace programu pro předvídání budoucích změn, které nastanou v případě porušení mocných elastických vrstev, usnadňuje provedení preventivních opatření v oblastech zlomových dislokací, které oslabují horninový masiv.

Znalost a stanovení určujících parametrů, jako je zvýšené nebezpečí otřesů, je rozhodující pro bezpečnost horníků. Realizace výzkumu zaměřená na pochopení příčin tohoto nebezpečí přímým měřením hlavního napětí, změn fragmentace horninového masivu a jeho potenciální posunutí jsou důležité pro poznání dobývacích procesů v podmínkách konkrétního ložiska.

Navrhovaný komplex měření a analýzy přispívají k vývoji účinné prevence otřesů a seismických jevů, a to jak pasivní, tak aktivní. Pasivní prevence určuje části horninového masivu, který je zvláště vystaven vlivu silných seismických jevů. Aktivní prevence zahrnuje nejen aktivní realizaci řízeného vytváření diskontinuit, které zeslabují horninový masiv, ale také vývoj jednotlivých měřicích systémů pro postup stěnového porubu umožňujících minimalizování energie případných otřesů.

Měli bychom zdůraznit, že řízená tvorba diskontinuit v horninovém masivu v předem zvoleném objemu umožní „řídít“ místa zdrojů otřesů, což je zásadní pro odstranění z oblastí činného porubu.

REGISTRACE SEISMICKÝCH OHNISEK POD DOBÝVÁNÍM UHELNÉ SLOJE - ZKUŠENOSTI Z POLSKÝCH DOLŮ **

Grzegorz MUTKE ^{1)*}

¹ *Department of Geology and Geophysics, Central Mining Institute 40-166 Katowice, Plac Gwarkow 1, POLAND*
*E-mail: pro korespondenci: gmutke@gig.eu

KLÍČOVÁ SLOVA: hloubka indukovaných seizmických jevů, lokace a mechanismus indukovaných seizmických jevů

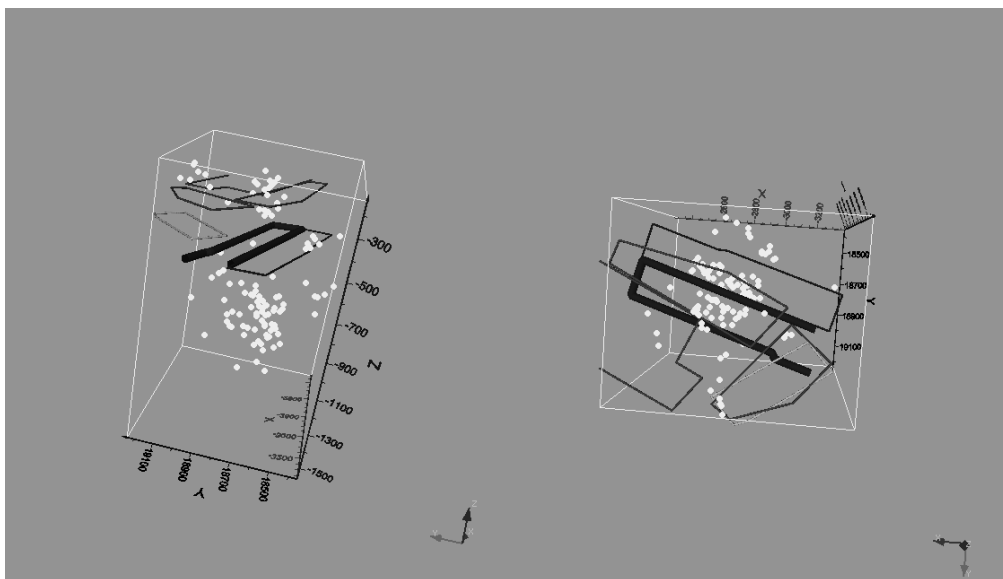
1. ÚVOD

V článku diskutovaný problém je důležitý z hlediska pochopení mechanismu ohnisek otřesů a z hlediska rozpoznání skutečného dopadu důlních otřesů na hlubinné dobývání. V současné době je rozšířen názor, že důlní otřesy vznikají v souvislosti s dynamickým porušováním pevných hornin v nadloží dobývané sloje nebo porušením uhlé sloje v důsledku působení zón koncentrace napětí vzniklých nahromaděním elastické energie. Modely vzniku důlních otřesů v souvislosti s rozrušením vrstev pevných hornin v nadloží byly v polských uhlých dolech detailně zkoumány v posledních třech desetiletích [Drzewiecki, J., 2001]. Také seizmické jevy vznikající ve sloji v souvislosti s místním vysokým statickým přitížením uhlé sloje nebo dynamické zatížení blízkými seizmickými jevy byly předmětem řady studií [Szuścik and Zastawny, 1980].

Je pravdou, že většina důlních otřesů je důsledkem nepružné deformace v pevných nadložních vrstvách. Tento názor byl v uhlých dolech potvrzen řadou seismologických pozorování. Nyní však můžeme registrovat seizmické jevy pod dobývanou uhlou slojí. Sledování hlubokých seizmických jevů bylo umožněno v posledních letech na několika polských dolech instalací moderní seismologické sítě, která umožňuje spolehlivou interpretaci vertikální složky ohnisek seizmických jevů (obr. 1). Pro bezpečné a ekonomické dobývání uhlí jsou informace o hloubce ohnisek seizmických jevů velmi důležité. Například při lokalizaci ohnisek v malé hloubce pod uhlou slojí jsou nutná jiná preventivní opatření než v případě ohnisek lokalizovaných v nadloží. V případech, že seizmické jevy jsou lokalizovány hlouběji pod úrovní uhlé sloje a jsou vzdáleny od místa dobývání, je amplituda kmitání významně ztlumena a dynamická zatížení důlního díla jsou relativně nízká a pro stabilitu důlních děl a pro horníky nepředstavují nebezpečí [Dubiński a Mutke, 1996].

Prostorová lokalizace ohnisek seizmických jevů a analýza jejich polohy vůči důlním dílům je proto zásadní pro hodnocení nebezpečí vzniku otřesů, a tedy pro bezpečnost provozu. To je významný praktický aspekt studia seizmických jevů s ohnisky ve větších hloubkách. V současné době se pouze příležitostně setkáváme s výzkumem ohnisek hlubokých seizmických jevů a jejich mechanismu. Nepochybně jedním z důvodů tohoto stavu je neuspokojivá kvalita seismické sítě v polských dolech z hlediska malého počtu instalovaných seizmických stanic a jejich prostorového rozmístění. Shrnutě, je málo možností přesně určit hloubku registrovaných seizmických jevů. Analýza mechanismu seizmických jevů prováděná v Horním Slezsku ukázala, že smykové mechanismy (dip-slip, šikmý posun, strike-slip, horizontální posun) jsou nejvhodnějším modelem pro ohniska seizmických jevů vznikající v nadložních horninách [Stec, 2007] a explozivní mechanismus pro ohniska v uhlé sloji. Také byl zkoumán mechanismus seizmických jevů vzniklých kombinací přídatných napětí v okolí důlních děl a existujících zbytkových tektonických napětí, ale hloubka jejich ohnisek byla studována pouze příležitostně [Mutke and Stec, 1997].

V posledních několika letech jsme zaznamenali stále více seizmických jevů s ohniskem v hloubce větší, než je úroveň dobývané uhlé sloje. Důvodem pro změnu možností registrovat tyto jevy byla v několika polských dolech instalace moderní seismologické sítě, kterou tvoří 32 nebo 64 kanálů a seizmické stanice jsou prostorově velmi dobře rozmístěné.



Obr. 1 Příklad 3D lokalizace seismických jevů na dole “Wujek-Slask” zaznamenaných Seismickým Observačním Systémem (SOS). Vlevo - boční pohled, vpravo - pohled shora (světlé body - hypocentra seismických jevů, tlustá čára - obrys stěnového porubu 2JD, tenké čáry - hrany výrubů).

Seismické jevy, které v Horním Slezsku nastaly nehlouběji, souvisely s působením napětí regionálních geologických struktur (např. synklinála) nebo tektonických struktur (mladší zlomy), kde přídatné napětí důlního díla bylo oním faktorem, který spustil tektonické seismické jevy. Hluboké seismické jevy byly charakterizovány smykovým mechanismem ohniska (double-couple solution, dva páry působících napětí). Otřesy lokalizované přímo pod činnými poruby jsou obvykle charakterizovány převažujícím mechanismem kompenzovaného lineárního vektorového dipólu CLVD (compensated linear vector dipol mechanism). Mohlo by to znamenat, že zde musí působit relativně velká horizontální jednoosá komprese ve srovnání se svislým napětím σ_3 . Exploatací uhelné slaje se vytvářejí nové vydobyté prostory. V takovém případě budou průvodní podložní horniny vytlačovány do volných prostorů (svislé vysunutí).

Prostorové lokalizace ohnisek seismických jevů a analýza jejich poloh ve vztahu k důlním dílům je zásadní pro posouzení nebezpečí vzniku otřesu a pro volbu metod prevence, a tudíž pro bezpečnosti dobývání. To je velmi praktickým důvodem studia seimických jevů s ohnisky ve větších hloubkách při dobývání uhlí.

LITERATURA

- Drzewiecki J. 2001: Dependence of active volume of rock mass on the longwall coalface advance rate. *Kwartalnik Archiwum Górnictwa* s. 3-18.
- Dubiński J., Mutke G., 1996. Characteristics of mining tremors within the near-wave field zone. *PAGEOPH.*, Vol. 147, No.2, s. 249-261
- Mutke G., Stec K. 2007: Analysis of the mechanism and source parameters of the shock on 2007.09.02 on seismic energy $E = 1 * 10^9$ J - regional nature of the phenomenon *Prace Naukowe GIG. Katowice. Górnictwo i Środowisko* 3/2007, s 337-346 (in Polish).
- Stec K. 2007: Characteristic of seismic activity of the Upper Silesian Coal Basin In Poland. *Geophysical Journal International*. Blackwell Publishing Ltd. V 168, 2007. Pp 757-768.
- Szuścik W., Zastawny E. 1980: The phenomenon of the coal material bursting. *Przegląd Górnicy* nr. 11.(in Polish)

METODA MĚŘENÍ ZMĚNY HORNINOVÉHO NAPĚTÍ NA BÁZI DEFORMACE PŘÍČNÉHO PROFILU VRTU (CBDM) A JEJÍ POUŽITÍ **

Yuzo OBARA ^{1)*}, Minami KATAOKA ¹⁾, Toru YOSHINAGA ¹⁾, Akira SATO ¹⁾

¹ Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Kumamoto 860-8555 Japan

*E-mail pro korespondenci: obara@kumamoto-u.ac.jp

KLÍČOVÁ SLOVA: metoda sledování deformace příčného profilu vrtu, změna horninového napětí, monitorování, horninová kaverna

1. ÚVOD

Metoda sledování deformace příčného profilu vrtu (CBDM), kterou vyvinul Obara a kol. (2004, 2010, 2011a, b, 2012), je metoda, pomocí níž můžeme měřit dvojrozměrný stav změny napětí v horninovém masivu v rovině kolmé na osu vrtu. V tomto příspěvku se tato metoda používá na měření změn napětí v horském masivu v bezprostředním okolí budované podzemní kaverny. Za prvé je popsána teorie metody CBDM, jakož i prototyp přístroje pro měření posunutí s laserovým čidlem. Za druhé jsou popsána místa měření a výsledky. Následně se pojednává o změně napětí v důsledku dobývání kaverny v čase a prostoru. Nakonec je objasněno, že změna napětí v horninovém masivu v bezprostředním okolí kaverny může být stanovena metodou CBDM a že tato metoda je použitelná pro měření změny napětí.

2. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

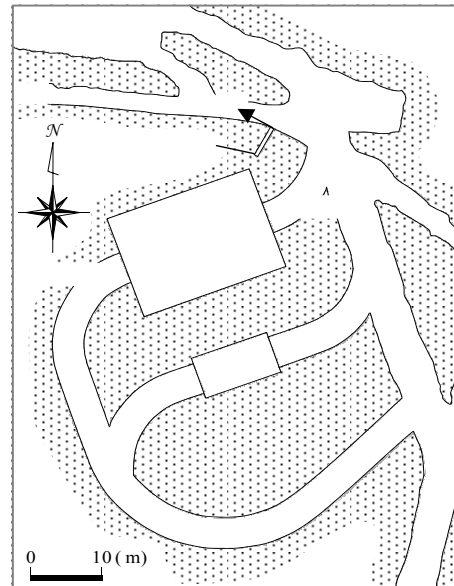
2.1. POPIS MÍSTA

Schéma místa měření v dole Kamioka je zobrazeno na obr.1 (Obara et al. 2011b, 2012). Kaverna byla vyražena v hloubce 900m v rule. Modul pružnosti a Poissonovo číslo jsou 30GPa a 0,2 podle pořadí. Rozměry kaverny jsou 15m x 21m a 15m do výšky. Vrt v délce 5 m pro měření změny napětí byl vrtán v chodbě směrem ke kaverně před začátkem dobývání. Šířka horniny mezi chodbou a kavernou je asi 7 m. Vrt pro měření byl vrtán ve stěně chodby. Měřicí body jsou umístěny v hloubce 1,0m, 1,8m, 2,8m, 4,0m a 4,5m. Místa měření byla stanovena na základě stavu vrtného jádra.

2.2. ZMĚNA NAPĚTÍ

Rozložení změny napětí podél osy vrtu v každé etapě je uvedeno na obr. 2. V tomto článku pozitivní hodnoty napětěových změn odpovídají nárůstu zatížení v tlaku. Vertikální průřez podél osy vrtu je na obr. 2(d). Při smykové změně napětí $\square\square XY$ na obr.2(c), je změna napětí relativně malá podél osy vrtu během ražby. To znamená, že nedochází k velké změny hlavního směru v čase a prostoru.

Změna vertikálního napětí $\square\square Y$ na obr.2(b) je srovnatelně velká. Změna napětí v hloubce 1,8m, 4,0m a 4,5m je pozoruhodná. V hloubce 1,8m, představuje napětí maximální hodnotu ve stadiu IV, potom klesá na polovinu maximální hodnoty ve stadiu V. Tato hodnota se udržuje až do stadia IX, kdy je ražba ukončena. To znamená, že horninový masiv v blízkosti hloubky 1,8m nebyl poškozen. Na druhé straně napětí v hloubce 4,0m a 4,5m také představují maximální hodnotu ve stadiu IV, potom postupně klesají s postupem ražby. V konečném stadiu IX, napětí klesá na úroveň napětí nižší než je napětí před vyražením. Má se za to, že horninový masiv v blízkosti hloubky 4,0 – 4,5m byl poškozen hloubením. Tyto trendy můžeme vidět při změně horizontálního napětí $\square\square X$ zobrazené na obr.2(a).



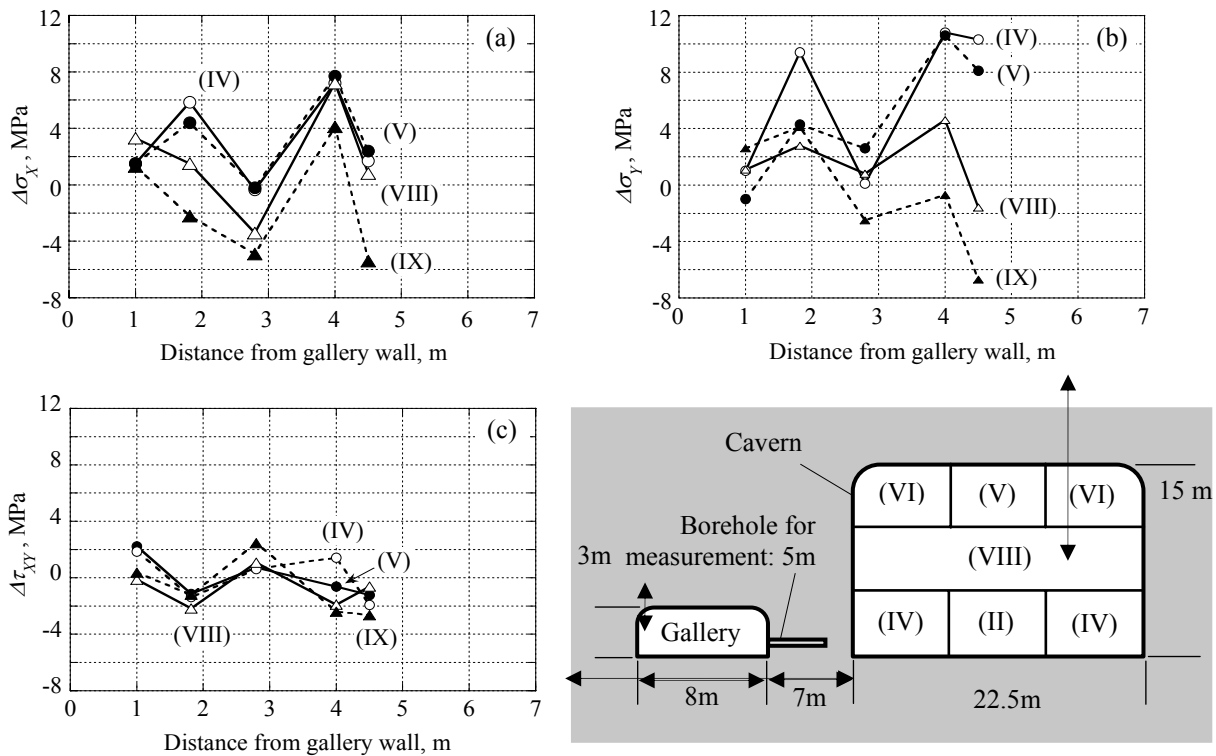


Fig. 2 Distribution of stress change along borehole axis: (a) $\Delta\sigma_x$, (b) $\Delta\sigma_y$, (c) $\Delta\tau_{xy}$, (d) vertical cross section. Rozložení napětových změn podél osy vrtu: (a) $\Delta\sigma_x$, (b) $\Delta\sigma_y$, (c) $\Delta\tau_{xy}$, (d) vertikální řez kavernou

Nicméně stav zóny porušení není zcela jasný a měl by být potvrzen i jinými metodami jako např. numerické metody matematického modelování.

Změna napětí v hloubce 1,0m je malá. Protože toto místo je blízko stěny chodby, uvažuje se, že horninový masiv v této oblasti je poškozen. Na druhé straně, napětí σ_x a σ_y v hloubce 2,8m nestoupá ve stadiu IV, nicméně napětí stoupá v hloubce vpředu a vzadu. Má se za to, že může dojít ke porušení kolem vrtu a že diskontinuity se mohou posunout v důsledku hloubení.

3. ZÁVĚRY

Metoda měření deformace vrtu v příčném profilu (CBDM) se šest měsíců úspěšně využívá pro určení změny napětí v důsledku ražení podzemní kaverny. Na základě vyhodnocení změn napětí bylo objasněno, že složka napětí v dřívějším období ražby rostla a následně postupně a průběžně klesala a že jsou zde místa se dvěma typy chování podél osy vrtu, jmenovitě jedním je místo, kde je změna napětí relativně malá a druhým je místo, kde napětí stoupá, představuje maximální hodnotu a pak klesá. Z výsledku můžeme vyvodit, že metoda CBDM je použitelná pro měření změny napětí.

LITERATURA

- Obara, Y., Matsuyama, T., Taniguchi, D. and Kang, S.S., Cross-sectional borehole deformation method (CBDM) for rock stress measurement, Proc. of 3rd ARMS, 2004, 2:1141-1146.
- Obara, Y., Shin, T., Yoshinaga, T., Sugawara K. and Kang, S.S., Cross-sectional borehole deformation method (CBDM) for measurement of rock stress change, Proc. of 5th ISRS, 2010, CD.
- Obara, Y., Shin, T., Yoshinaga, T., Development of Cross-sectional Borehole Deformation Method (CBDM) for Measurement of Rock Stress Change, J. of MMIJ, 2011a, Vol.127, 20-25, in Japanese.
- Obara, Y., Fukushima, Y., Yoshinaga, T., Shin, T., Ujihara, M., Kimura, S., Yokoyama, T., Measurement of rock stress change by Cross-sectional Borehole Deformation Method (CBDM), Proc. of ISRM 12th Int. Cong. on Rock Mech., 2011b, 1077-1080.
- Obara, Y., Yoshinaga, T., Shin, T., Kataoka, M., Yokoyama T., Applicability of Cross-sectional Borehole Deformation Method (CBDM) to measure rock stress changes through laboratory and in-situ experiment, J. of MMIJ, 2012, Vol.128, 134-139, in Japanese.

SVĚTOVÉ DATABÁZE NAPĚTÍ A MODEL Y HORNINOVÉHO NAPĚTÍ JAKO PRAMENY ZNALOSTÍ V MECHANICE HORNIN A GEOINŽENÝRSTVÍ **

Ove STEPHANSSON ¹⁾, Arno ZANG ¹⁾

¹⁾ *Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Centre for Geosciences Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany*

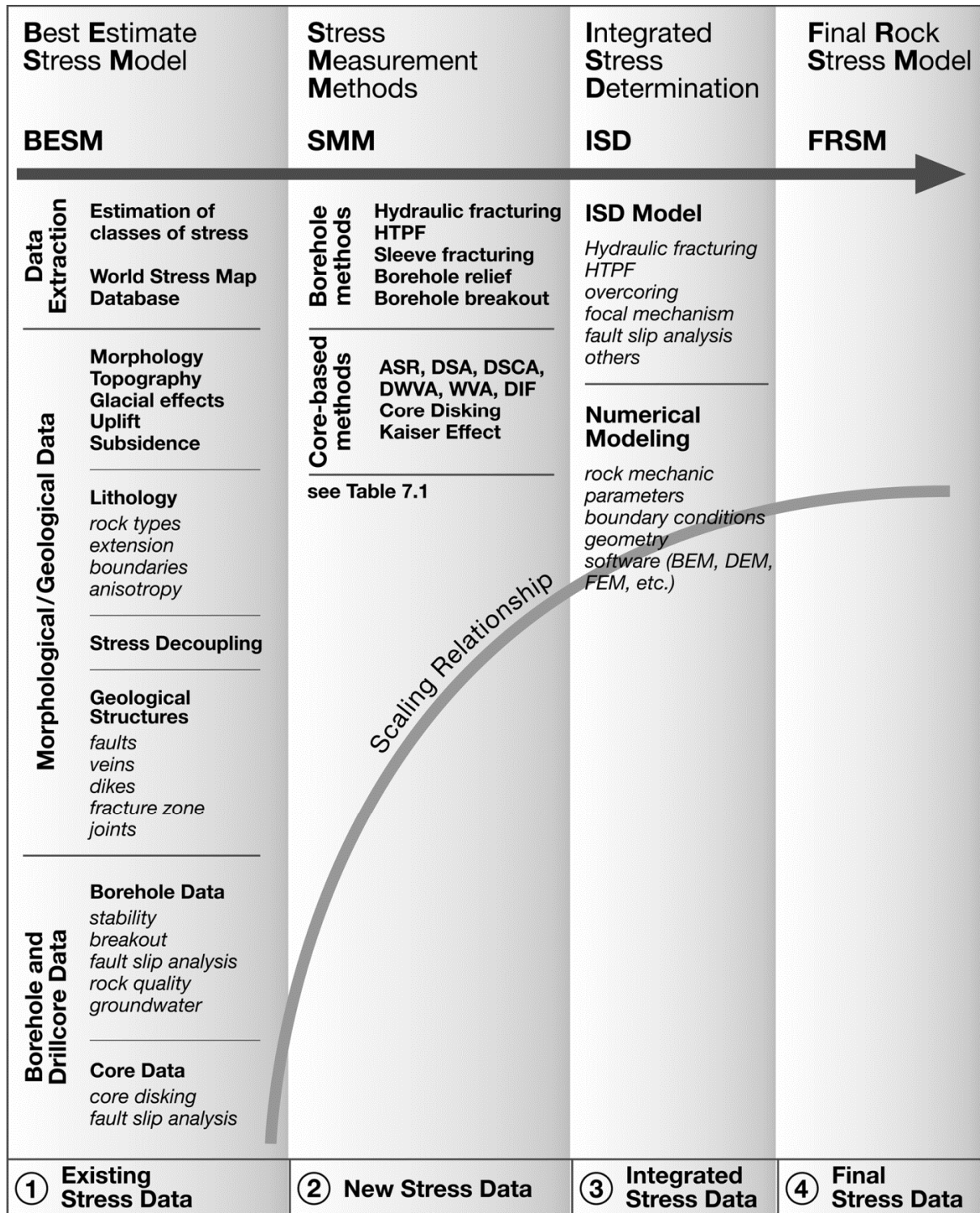
KLÍČOVÁ SLOVA: Databáze napětí, modely napětí, mechanika hornin

1. ÚVOD

Znalost stavu napětí in situ má klíčový význam pro geoinženýrství. V článku představujeme světovou databázi mapy napětí (WSM) a její použití pro účely mechaniky hornin a geoinženýrství s důrazem na orientaci maximálního horizontálního napětí. Pojednáváme o světové databázi mapy napětí a kvalitě klasifikačního systému (systému zařazení) pro data o orientaci napětí a uvádíme příklad o diskrétně-měřené a počítačem upravené orientaci napětí ze střední a severní Evropy s ohledem na relativní trajektorie rychlosti kontinentálních desek. Uvádíme příklad oscilace napětí, kde orientace napětí se různí pod a nad vrstvou v geologické sekvenci. Uvádíme první pohled na pokračující vývoj druhé a více kvantitativní světové databáze mapy napětí (Q-WSM), která uvádí globálně specifická magnituda horninového typu versus hloubka. Pojednáváme o složce vertikálního napětí a koeficientu laterálního napětí vůči hloubce pro různé druhy hornin. Zobrazujeme magnituda napětí v napětovém prostoru ve 2D a 3D a zkoumáme poměry napětí v souvislosti s hloubkou, litologií a režimem tektonického porušování.

V druhé části příspěvku popisujeme metodiku Modelu nejlepšího odhadu napětí (BESM – Best Estimate Stress Model) a Finální model horninového napětí (FRSM – Final Rock Stress Model) jako součást výzkumu lokality nebo výzkumu oblastí. Navrhujeme, aby BESM vycházel ze sběru stávajících dat z archivů, analýzy morfologie, topografie a geologie v terénu a informacích o napětí z vrtů a z vrtných jader. Věříme, že stanovený model je výsledkem integrované studie a výsledku bude použito pro výběr nejvhodnější metody měření napětí. Doporučujeme, aby dostupná napětíová data z modelu BESM a nová naměřená data o napětí byla integrována a analyzována metodou nejmenších čtverců, simulací metodou Monte Carlo nebo generických algoritmů a že použití numerického modelování pomůže získat názor na stav napětí místa nebo regionu. Podle našeho názoru přispějí výsledky modelování také k přesnějšímu odhadu proměnné a nejistoty při představování finálního modelu horninového napětí FRSM.

V příspěvku Zang a Stephansson (2010) jsme uvedli krátký popis kombinace dostupných dat o napětí zpracovaných BESM, nová data o napětí získaná měřením napětí na místě, integrované určení napětí s použitím předchozích dat plus numerické modelování pro vytvoření Finálního modelu horninového napětí místa nebo oblastí. Schéma je uvedeno v obr. 1.



Obr.1 Stanovení Finálního modelu horninového napětí (FRSM) z kombinace dostupných dat o napětí z Modelu nejlepšího odhadu horninového napětí (BESM), nových dat z měření napětí na místě (SMM), integrovaného stanovení napětí (ISD) s použitím předchozích data a numerického modelování. Podle Zanga a Stephanssona, 2010.

LITERATURA

Zang, A. and Stephansson, O. State of Stress of the Earth's Crust. Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht, 2010, 322p

NÁSLEDKY OTŘESŮ V DOLECH HORNOSLEZSKÉ PÁNVE V POLSKU **

Renata PATYŇSKA¹⁾

¹⁾ *Central Mining Institute, Katowice, Poland*

KLÍČOVÁ SLOVA: otřesy, deformace, napětí analýza otřesů, porubní chodby

1. ÚVOD

Nebezpečí otřesů patří stále mezi aktuální nebezpečí v kamenouhelných dolech v hornoslezské pánvi v Polsku. V poslední době významně stoupla seismická aktivita v hornoslezském horninovém masivu s porovnáním s předchozími lety. V období let 2001 – 2010 bylo v kamenouhelných dolech zaznamenáno 33 horských otřesů. V příspěvku jsou interpretovány příčiny výskytu otřesů na základě rozsáhlé analýzy otřesů, ke kterým došlo v uvedeném období v polských kamenouhelných dolech. Stupeň nebezpečí otřesů byl stanoven na základě důlních a geologických podmínek v oblasti stávající těžby.

Současné metody dobývání v Polsku se používají od šedesátých a sedmdesátých let 20. století. Když se začaly používat pokročilé metody a technologie prevence otřesů, počet otřesů v kamenouhelných dolech drasticky klesl z 39 v roce 1972 na 2-5 v posledních letech. K poklesu počtu otřesů v minulých letech přispěla i analýza nebezpečných podmínek v oblasti vzniku otřesů. Ta umožnila vhodné plánování hornické činnosti v uhelných slojích nacházejících se v oblastech s nebezpečím otřesů. Významně k tomu přispěl i vývoj metod protiotřesové prevence a zvláště nové metody přímého hydraulického porušování hornin (UHS) a řízeného rozrušování trhací prací (USS) (Dubínski, Konopko, 2000). V neposlední řadě má na snížení počtu otřesů v poslední době i snížení objemu těžby v hornoslezské pánvi (USCB).

Znalost seismicity v hornoslezské pánvi se zakládá na několikaletém sběru dat monitorovaných seismickými stanicemi. Archívy GIG obsahují dva typy seismických mechanismů: důlní a důlně-tektonický (Stec, 2007). První typ seismického mechanismu je indukován vlivy z hornické činnosti a dochází k němu hlavně v oblastech s činnými důlními díly. Druhý typ seismického charakteru je výsledkem interakce důlních a tektonických faktorů. Většina těchto otřesů se vyskytuje v oblastech s tektonickými poruchami, které vykazují vyšší seismickou energii.

Následky otřesů neoddelitelně porušují důlní díla, a vznikají při nich úrazy. Tento aspekt nebezpečí otřesů se jeví jako velmi nežádoucí z praktického hlediska. Přijatá protiotřesová opatření a metody prevence průtrží jsou navrhovány tak, aby snížily tyto nebezpečné symptomy otřesů a seismických událostí.

V posledních deseti letech (v období 2001-2010) došlo k 33 otřesům v hloubce 550-1150 m (průměrná hloubka 839,45 m). Ve slojích stratigrafické skupiny 500 došlo k 22 otřesům. Ve slojích skupiny 400 ve stejném období došlo k 6 otřesům, ve slojích skupiny 600 byl zaznamenán 1 otřes a ve slojích skupiny 700 4 otřesy.

Data ukazují, že s postupem hornické činnosti do hloubky přibývá i slojí náchylných k otřesům. Hloubka slojové skupiny 500, ve které došlo k 22 otřesům (v období 2001-2010) a v níž v současnosti probíhá těžba je od 550 do 970 m. Nelze říci, že tato hloubka by mohla nebezpečnější než jiné. Počet otřesů je nutno dát do souvislosti například s počtem uhelných porubů nebo s těžbou z určitého hloubkového intervalu. Průměrná hloubka v níž se vyskytují otřesy (777 m) může souviset s nejvyšší koncentrací těžby a tudíž s nejvyšším počtem otřesů. Je důležité poznamenat, že v dnešní době je průměrná hloubka dobývání v hornoslezské uhelné pánvi 702 m.

Analýza následků otřesů v předpolí porubní fronty analyzuje oblasti s poškozenými a/nebo zničenými chodbami. Tato analýza je důležitá pro správnou aplikaci prevence otřesů. Důležité přitom je vhodně vyhodnotit délku zóny v předpolí porubu s očekávanými vlivy otřesu. V té oblasti pak plánovat adekvátní protiotřesovou prevenci. GIG má široký zdroj materiálů (databanku o otřesech v hornoslezské uhelné pánvi) (Patyńska 1987-2010) zahrnující veškeré dosud vzniklé otřesy. Jsou v ní uvedeny podrobné geologické, mechanické a technické údaje. V souvislosti s analýzou rozsahu poškození porubních chodeb v předpolí postupujícího porubu jsou tato data dále analyzována. Byly vybrány metody, jak analyzovat otřesy a dosah jejich vlivů v předpolí porubní fronty. Účelem těchto studií je stanovit délku bezpečné zóny v předpolí porubu pro různé stupně nebezpečí otřesů.

Z otřesů, ke kterým došlo v letech 1987-2010 v Hornoslezské uhelné pánvi, bylo pro analýzu vybráno 88 konkrétních případů s destruktivními vlivy na pracovišti ve stěnovém porubu a/nebo jeho okolí, s dosahem

do 300 m do okolí. Srovnání dosahu ovlivnění závisující na energii otřesu, znázorňuje měřítko analyzované události. Databanka otřesů ukazuje, že měřítko vlivů zahrnuje seismické jevy způsobující otřesy energetických řádů 104 - 108 J. Otřesy byly zaznamenány v hloubce dobývání v rozmezí 410-1150 m (průměr 768 m) a jejich následky se projeví ve vzdálenosti od 45 m do 400 m od porubní fronty (průměrná vzdálenost činila 163 m). Abychom určili změny převládající v různém dosahu vlivů otřesů, zpracovali jsme údaje statisticky. Absolutní, relativní a kumulativní četnosti byly seskupeny do tříd s intervalem přírůstku od 10 m, 25 m a 50 m.

Rozložení různých rozmezí vlivů a pokles četnosti jasně uvádějí jejich změny v závislosti na četnosti třídy a délce intervalu. Změny jsou dokumentovány rozdíly v rozložení tvaru sklonu logaritmické křivky.

Navzdory menšímu počtu otřesů a jejich důsledků zaznamenaných během posledních 10 let, můžeme pozorovat určitý stoupající trend ve stavu nebezpečí otřesů, zvláště pokud se jedná o seismicitu horninového masivu. Může být pravděpodobně spojován s objemem těžby a koncentrací těžby v určitých úsecích dobývání, jakož i se zvyšující se hloubkou dobývání.

Syntéza podmínek pro výskyt otřesů v kamenouhelných dolech v letech 1989-2010 umožňuje shrnutí těchto stanovisek a závěrů:

Těžba kamenného uhlí se snížila z 177,6 mil tun v roce 1989 na 76,1 mil. tun v roce 2010. Průměrná hloubka dobývání se zvětšila z 524 m na 702 během této doby.

V období let 1989-2010 došlo k 132 otřesům v důlních podnicích hornoslezské pánve v Polsku. Pouze ve slojích stratigrafické skupiny 500 došlo k 117 otřesům. Ve slojích skupiny 400 ve stejném období bylo zaznamenáno pouze 8 otřesů a ve slojích skupiny 600 3 otřesy; ve slojích skupiny 700 4 otřesy. Hloubka uložení všech dobývaných slojích se pohybovala od 400 m do 1150 m (průměrná hloubka 760 m).

Podle statistiky otřesů v období 1989-2010, byly v horninovém masívu zaznamenány seismické jevy o energiích 103 ÷ 108 J. Dobývací operace vyvolaly důlní otřesy o energii až 109 J. Průměrná energie otřesů neustále vzrůstala z 1,67·107 J (v období 1989-2010) do 2,94·107 J (v období 2001-2010).

Abychom stanovili důsledky otřesů, bylo z nich 132 analyzováno v letech 1989 – 2010, z nichž 95 případů bylo vybráno pouze v souvislosti s vlivy, které nastaly v okolí stěnových porubů. Studie shrnuje řadu otřesů s vlivy v oblasti stěnových porubů; těžních chodeb a ostatních důlních chodeb.

Analyzovaný soubor rozsahu vlivů otřesů v předpolí postupujících porubů se omezoval na délky od 0 m do 265 m, ve kterých, po vyloučení otřesů mimo oblast a extrémní rozsah, vzniklo 88 případů otřesů.

Abychom stanovili změny převládající v různém rozmezí vlivů, vypočítali jsem absolutní, relativní a kumulativní četnost v uskupení do intervalu tříd s přírůstkem 10 m, 25 m a 50 m. Četnost rozmezí vlivů jasně ukazuje jejich rozdíl v závislosti na třídě a délce rozmezí intervalu četnosti.

Statistické zpracování ukazuje rozložení spolehlivosti vlivů v dlouhém rozmezí, také nejspolehlivější soubor je v rozmezí rozložení pro přírůstek 50 m ve formě křivky spolehlivosti.

Na tomto základě byly kvalifikovány oblasti bezpečných zón na porubních chodbách v předpolí porubů podle hodnocení různých stupňů rizika následovně:

- porubní chodby vedené v I, II a III stupni nebezpečí otřesů by měly být chráněny protiotřesovou prevencí alespoň ve vzdálenosti 150 m před postupujícím porubem;
- úseky porubních chodeb nad 150 m do 220 m před porubní frontou mohou být definovány jako nebezpečné zóny pro druhý a třetí stupeň nebezpečí otřesu;
- úseky porubních chodeb nad 220 m před porubní frontou mohou být klasifikovány jako v prvním a druhém stupni otřesového nebezpečí a jsou nejméně náchylné k vlivům z otřesu.

LITERATURA

- Dubiński J., Konopko W.: Tapania – ocena – prognoza – zwalczanie. (Rockbursts – Assessment – Prediction – Combating). Wydawnictwo GIG, Katowice, 2
- Stec K.: Aktywność sejsmiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – 30 lat ciągłej obserwacji przez Górnośląską Regionalną Sieć Sejsmologiczną. (Seismicity of the Upper Silesian Coal Basin – 30 Years of Continuous Observations Carried out by the Upper Silesian Regional Seismic Network). Przegląd Górnictwa Nr 7-8, 2007
- Patyńska R., 1987-2010: Bank danych o tapaniach. (Data Bank on Rock bursts). Dokumentacje prac planowych GIG z lat 1987-2010. Archiwum Zakładu Tapani i Mechaniki Górotworu GIG, Katowice

IN SITU FYZIKÁLNÍ MODEL JÍLOVÉ BARIÉRY

Jiří ŠTÁSTKA ^{1)*}, Zbyněk KAISR ¹⁾

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha

* E-mail pro korespondenci: jiri.stastka@fsv.cvut.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: bentonit, in situ experiment, fyzikální model, geotechnický monitoring.

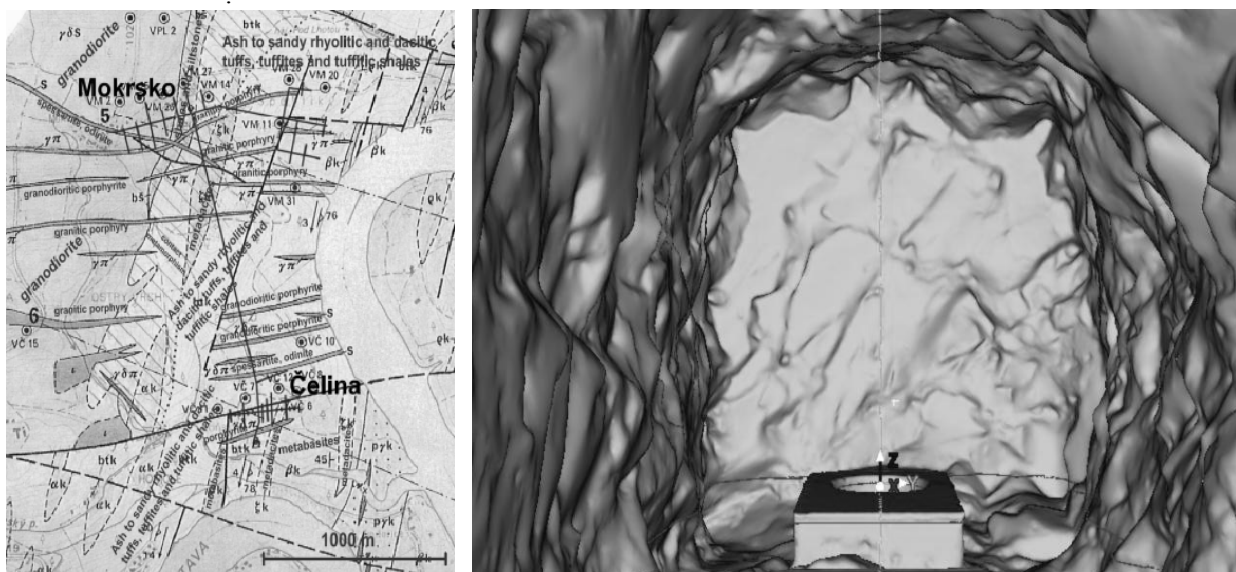
1. ÚVOD

Pro bezpečné uložení vysoce radioaktivních odpadů musí být splněna řada podmínek. Základním požadavkem je izolování nebezpečných radionuklidů po extrémně dlouhou dobu. Výzkum inženýrských bariér probíhá ve světě několik desetiletí. Dlouholetý výzkum řešení této problematiky potvrdil vhodnost využití fyzikálního modelování, které umožňuje „in situ“ monitorovat probíhající procesy, včetně ověření reologické stálosti použitých materiálů. V areálu Regionálního podzemního výzkumného centra URC Josef, jehož provozovatelem je Centrum experimentální geotechniky (CEG) Fakulta stavební ČVUT, byla zahájena výstavba „in-situ“ fyzikálního modelu vertikálního uložení kontejnerů. Při jeho provozování bude sledováno chování bariéry vystavěné z lisovaných bentonitových tvárníc zatěžované teplem při současné saturaci podzemní granitickou vodou. Model i okolní horninové prostředí budou plně instrumentovány. Článek informuje o stavu přípravy projektu fyzikálního modelu.

Připravovaný fyzikální model navazuje na dříve realizovaný výzkum inženýrských bariér (Svoboda J., 2010) pro bezpečné uložení vysoce radioaktivních odpadů na území České republiky. Hlavním úkolem multibariérového systému hlubinného úložiště je omezit možnost migrace radionuklidů směrem do biosféry na minimum. Jednou z inženýrských bariér je bariéra tvořená jílovým materiálem (bentonitem). Jílová bariéra by měla maximálně omezit migraci radionuklidů mezi „obalovým souborem s vysoce radioaktivním odpadem a přírodní bariérou (horninovým masivem).

Připravovaný model bude prvním fyzikálním „in situ“ modelem tohoto typu realizovaným v České republice. Jako přírodní bariéra bude využito granitické horninové prostředí štoly Josef (Obr. 1.).

Po projektové přípravě byly v roce 2011 zahájeny realizační práce na výstavbě modelu. Týkaly se zejména laboratorního testování jílového materiálu, přípravy vybrané rozrážky a odvtřání velkoprofilového úložného vrtu. Důležitou součástí experimentálního modelu je i návrh jeho instrumentace.

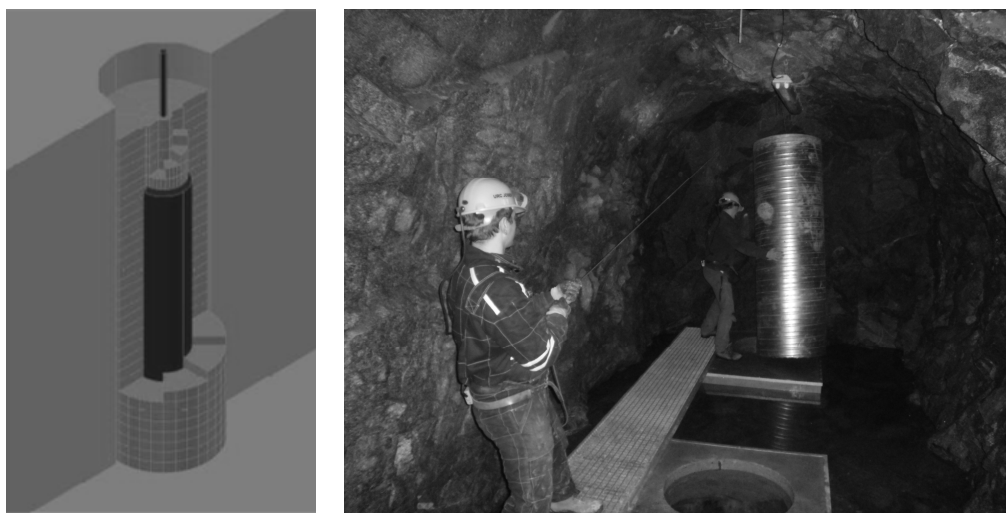


Obr. 1 Geologická mapa s vyznačením štoly Josef, část štoly ložisko Mokrsko je vyražena v granitech, Vpravo

je v naskenované části vybrané rozrážky označeno místo s odvrtanou úložnou studnou

2. KONSTRUKCE MODELU

Fyzikální model navazuje na dříve realizovaný experiment, který probíhal v laboratoři CEG od roku 2000 do roku 2008 (Svoboda J., 2010). Bariéra z lisovaných bentonitových cihel bude konstruována jako superkontejner. Superkontejner (včetně instrumentace) bude vystaven v povrchových laboratořích Regionálního podzemního výzkumného centra URC Josef a následně transportován na místo uložení v podzemí. Ukládací velkoprofilový vrt bude mít průměr 750mm a hloubku 2800mm (Obr.2). Bentonitová náplň modelu bude pomocí vestavěného topidla zatížena teplem při její současné saturaci podzemní granitickou vodou.



Obr. 2 Návrh výplně ukládacího vrtu s vyznačením topného tělesa a bentonitových lisovaných segmentů obklopujících topné těleso. Vpravo – spuštění makety superkontejneru do úložné studny.

3. PROJEKT MONITORINGU

Zatížením bariéry teplem při současné saturaci granitickou vodou budou modelovány reálné procesy probíhající v bentonitu. Bariéra bude plně instrumentovaná. Senzory na sledování vývoje bobtnacího tlaku, teploty a vlhkosti se umístí do pěti měřících profilů. Dva měřící profily budou pod topným tělesem, jeden v úrovni topného tělesa a další dva měřící profily nad topným tělesem. V každém měřícím profilu bude 14 až 17 senzorů s kontinuálním odečtem dat. V okolní hornině budou sledovány změny napjatosti a teploty. Deformace povrchu výlomu bude monitorována pomocí konvergenčního měření.

4. ZÁVĚR

Umístění „in situ“ fyzikálního modelu do granitického horninového prostředí je v souladu s předpokládaným prostředím pro hlubinné úložiště v České republice. Zatížení bentonitové bariéry teplem odpovídá působení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem. Postupná saturace bentonitové bariéry podzemní granitickou vodou simuluje reálné podmínky hlubinného úložiště. Poznatky získané z dlouhodobého monitoringu probíhajících procesů mohou přispět k bezpečnému návrhu úložného hnízda. Naměřená data budou využita pro numerické modelování dlouhodobého chování multibartiérového systému. Spuštění experimentu je naplánováno na prosinec 2012. Experiment má být provozován minimálně 3 roky. Geotechnické testy potvrdily splnění podmínek pro použití bentonitu B95 v jílové bariéře plánovaného hlubinného úložiště a bentonit B95 je tedy vhodný pro testování v novém in-situ modelu.

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl podpořen z projektu MPO číslo FR-TI1/362 - Výzkum vlastností materiálů pro bezpečné ukládání radioaktivních odpadů a vývoj postupů jejich hodnocení.

LITERATURA

- Svoboda, J. - Vašíček, R., Preliminary geotechnical results from the Mock-Up-CZ experiment, In: Applied Clay Science. 2010, vol. 47, no. 1-2, p. 139-146
- Rautioaho A., Korkiala-Tanttu L., Bentomap: Survey of bentonite and tunnel backfill knowledge VTT Technical Research Centre of Finland, 2009, 2012-03-06. ISBN 978-951-38-7194-9.: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>

POČÍTAČOVÝ MODEL OPTIMALIZUJÍCÍ POHONY SYSTÉMU PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ V POVRCHOVÉM DOBÝVÁNÍ **

Gábor LADÁNYI ¹⁾, Ervin NAGY ²⁾

¹⁾ *University of Miskolc, Egyetemváros, 3515 Miskolc, Hungary*

²⁾ *Mátra Power Plant PC, Visonta, Hungary*

KLÍČOVÁ SLOVA: pásový dopravník, úspora energie, počítačový model, rozložení síly

1. ÚVOD

Elektrická energie využívaná pro pohon tratě dopravníku provozovaného na povrchových dolech a pásových dopravníků provozovaných u různých speciálních důlních strojů, tvoří významnou cenovou položku pro provozující společnosti. Z tohoto důvodu je výsledkem každé úspory v této oblasti značné snížení fixních nákladů pro.

Velikost pohonného systému by měla zajistit výkon potřebný pro tok materiálu a požadovaný dopravní výkon i za extrémních podmínek. Při snížených nárocích na dopravu nebo při lepších provozních podmínkách, není nutné mít instalovaný výkon pro provoz v extrémních podmínkách. Můžeme dosáhnout částečných úspor energie vypnutím pohonu, přičemž potřebný výkon může být opět dodán v potřebném čase, kdykoli to okolnosti vyžadují. Rozhodnutí vypnout a opět zapnout elektromotor ale musí předcházet předběžné vyhodnocení. Na základě výsledku z tohoto vyhodnocení můžeme zabránit nesprávným rozhodnutím. Vyhodnocení je efektivní pouze tehdy, jestli jeho časové nároky jsou schopny sledovat změny v provozních podmínkách.

Systém počítačového modelování uvedený v dalších odstavcích probíhá v EXCEL prostředí a – s jeho výpočetní kapacitou – je schopen určit, jakož i vizuálně reprezentovat dopravníkové síly přizpůsobené upraveným podmínkám v rámci krátkého časového úseku. Také výsledkem kompletních vypracovaných výpočtů, poskytuje model doplňující informace pro uživatele, které pomáhají provozovat trať pásového dopravníku s větší bezpečností a lepší účinností.

Kromě výše uvedeného může být také model využíván pro výcvik. Může pomáhat zlepšit efektivnost jak výukové, tak kontrolní etapy výcviku a tím zlepšit využití času, který je pro výcvik k dispozici.

2. POPIS PROSTŘEDÍ PRACOVNÍKA OBSLUHY

Modelový program komunikuje s pracovníkem obsluhy pomocí osmi listů EXCEL. Je ale nepraktické vkládat data o trati dopravníku, který má být modelován, přímým zapsáním dat na vstupní list. Pro to slouží speciální panel Windows, kterým spustíme Excel makro. Po spuštění makra se objeví okno *Input basic data* (znázorněno na obr. 1). Opuštěním konkrétního pole můžeme dostat chybové hlášení. Je to proto, že program kontroluje, jestli hodnota vložených dat je v přijatelném rozsahu pro daný pásový dopravník. Po opuštění pole se objeví okno, které upozorní uživatele, aby potvrdil hodnotu mimo rozsah a současně okno zobrazí platný rozsah konkrétního parametru. Právě to je hlavní funkcí zápisu dat prostřednictvím okna *Input basic data*.

Model umožňuje řešení pro uspořádání pohonu obvykle používaných v systémech pásových dopravníků poháněným k vratné stanici. Volitelné uspořádání: 0; 1; 2; 3 pohonné jednotky vpředu a 0; 1 pohonná jednotka vzadu.

Na druhé straně je model schopen počítat s dynamickým efektem při zrychlení na startu pásu a bere v úvahu nejen statické síly, ale také požadavky na výkon při akceleraci systému. K tomuto provedení může být zapsána časová perioda startovacího procesu do okna *Input basic data*.

3. ZOBRAZENÍ VÝSLEDKŮ

Zbývajících sedm listů pracovního sešitu zobrazuje vypočítané výsledky. Tyto listy zobrazují trend rozložení dopravní síly podél trati. Každý list obsahuje diagramy možného rozložení dopravní síly náležející k jednotlivým uspořádáním pohonu. Pole ve spodním pravém rohu obsahuje nejdůležitější veličiny dráhy a výsledky výpočtů. Jsou to tyto: potřeba energie pro pohonné jednotky, faktor spolehlivosti pohonu pro každou pohonnou jednotku, napínací síla, která působí v místě napínacího zařízení, dopravovaný tok hmoty, délka trati, průměrná síla vypočítaná ze sil podél trati, výška/zdvih trati.

Input basic data

Row data:

distance, L1: 990 m

distance, L2: 250 m

distance, L3: m

elevation, H1: 40 m

idler distance, upper: 1 m

idler distance, lower: 3 m

mass of idler, upper: 50 kg/db

mass of idler, lower: 25 kg/db

belt speed: 3 m/s

belt width: 1 m

troughing angle: 35 fok

belt mass per unit length: 60 kg/m

effective coefficient of friction: 0,05

slope angle of material: 15 degree

density (loose): 1000 kg/m³

anyag kem. kitöltési tény.: 1

Material flows:

mass flow, Q1: 500 t/h

mass flow, Q2: 1000 t/h

mass flow, Q3: 0 t/h

acceleration time: 1000 sec

Place of tension: Az első dob környezetében A végdob környezetében

Piece of drives:

discharge end: 0, 1, 2, 3

receiving end: 0, 1

Material flows diagram:

Drives' data:

wrapping angle: friction factors:

1. pulley: 240 degree 0,4

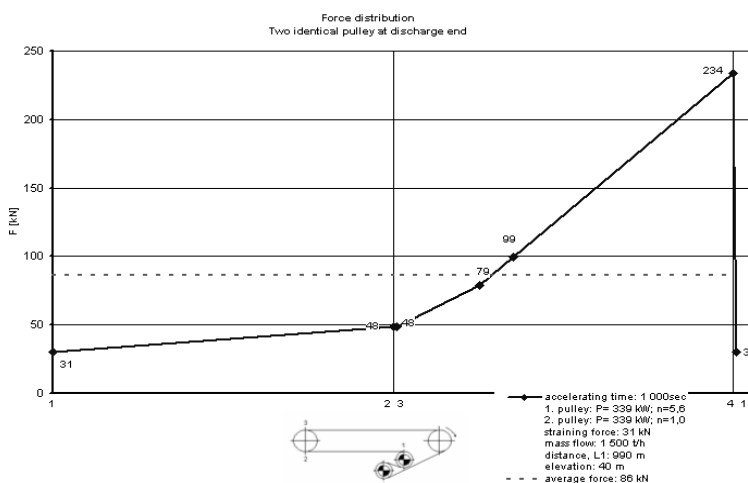
2. pulley: 240 degree 0,4

3. pulley: 220 degree 0,4

efficiency of drives: 0,9

Apply Close

Obr. 1 Okno vstupních dat



Obr. 2 Diagram tažných sil

Obr. 2 znázorňuje jeden ze sedmi listů výsledků pro základní data získaná z obr. 1. Pro dokumentační účely můžeme použít integrovanou funkci tisku v Excelu se všemi nabízenými volbami. Všechny ostatní funkce Excelu jsou samozřejmě uživateli dostupné, kromě funkcí, které jsou chráněny heslem. Tímto můžeme každou etapu modelování uložit a znovu otevřít.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla vypracována jakou součástí projektu TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 v rámci Nového maďarského vývojového plánu. Realizace tohoto projektu je s podporou EU a spolufinancována Evropským sociálním fondem.

LITERATURA

- Kovalcsik Géza, Az EXCEL programozása, ComputerBooks, 2008.
- Dr. Kovácsné Cohner Judit, Ozsváth Miklós, Az EXCEL függvényei, ComputerBooks, 1995.
- Krizsák László, Az EXCEL 7.0 programozása, ComputerBooks, 1997.
- Hargitai Péter, Kaszanyiczky László, A VISUAL BASIC 4.0 programozási nyelv, LSI Oktatóközpont, 2001.

NĚKTERÉ MOŽNOSTI VYUŽITÍ STRUKTURNÍ A NAPĚŤOVÉ ANALÝZY V BÁŇSKÉ PRAXI V HORNOSLEZSKÉ PÁNVI

Petr WACLAWIK¹⁾, Jiří PTÁČEK²⁾, Radomír GRYGAR³⁾

¹⁾ OKD, a.s., Důl ČSM, Stonava

²⁾ Institute of Geonics of the Czech Academy of Sciences, v. v. i., Ostrava

³⁾ Institut of Geology, VŠB Technical University of Ostrava

*E-mail pro korespondenci: ptacek@ugn.cas.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: Napětí, strukturní analýza, stabilita, vedení důlních děl

Napětíová pole a jejich distribuce v horninovém masivu ovlivňují zásadním způsobem stabilitu důlních děl. Kromě toho, že nepravidelné rozložení napětí v horninovém masivu je rozhodujícím faktorem vzniku ořesů, je jeho dobrá znalost významná i pro vedení důlních děl. Důlní díla jsou ovlivňována jednak napětím přirozeným, zahrnujícím napětí gravitační, tektonická, hydraulická a reziduální a napětím indukovaným hornickou činností. Zatímco indukovaná napětí můžeme do určité míry ovlivňovat (např. vhodným časoprostorovým vedením důlních děl), primární napětíová pole jsou dána geologickou stavbou a vlastnostmi hornin. Vliv svislé složky napětí je obecně znám a počítá se s ním při projektování výztuží důlních děl. Méně se v hornictví využívá působení horizontálních složek napětí na důlní dílo, potažmo na jeho výztuž. Důlní dílo se totiž deformuje různě při různé orientaci horizontálních složek napětí. Dobrá znalost distribuce napětí v horninovém masivu je tedy potřeba jak pro prognózu ořesů tak i pro způsob vedení důlních děl. V karvinské dílčí pánvi bylo od roku 1994 provedeno několik desítek měření recentních horizontálních napětí v hloubkách 600 m až 800 m pod povrchem. Kromě měření metodou hydrofrac bylo provedeno několik měření upravenou metodou odlehčeného jádra. Pro důlní praxi je významné, že se ukazuje úzká vazba mezi recentním napětím a reziduálním tektonickým napětím, daným tektonickým vývojem a tektonickou stavbou. Reziduální tektonická napětí, lze do určité míry interpretovat na základě tektonické analýzy. Aplikace získaných výsledků měření napětí, jejich srovnání s výsledky strukturní analýzy a jejich zobecnění pro oblast karvinské dílčí pánve může být významným příspěvkem pro optimalizaci plánování prostorových a časových vazeb hornické činnosti.

Zkušenosti při vedení důlních děl ukazují na vzájemnou vazbu mezi směrem ražení důlních děl nebo mezi orientací porubní fronty a orientací maximálního horizontálního napětí (σ_H). Nevhodné vedení důlního díla vůči σ_H tak může negativně ovlivnit stabilitu a konvergenci výztuže raženého důlního díla, stabilitu počvy díla, charakter porušení průvodních hornin a v neposlední řadě neočekávané uvolňování napětí v nadloží díla – seismické jevy. Zkušenosti z dobývacího prostoru Dolu ČSM ukazují, že nejvhodnější směřování důlního díla je rovnoběžně s maximálním horizontálním napětím (σ_H) zatímco nejhorší podmínky vznikají při vedení díla kolmo na maximální horizontální napětí tj. rovnoběžně s minimálním horizontálním napětím (σ_h).

Reziduální tektonická napětí v okolí zlomových struktur lze v mnoha případech považovat za významným prvek ovlivňující výsledná napětíová pole v horninovém masivu. Napětíová pole v české části hornoslezské pánve (v OKR) jsou primárně ovlivněna variskými horotvornými pochody již v době tvorby pánve. Obecně a velmi zjednodušeně se předpokládá západovýchodní orientace hlavní složky horizontálního napětí σ_1 a současně bylo ze strukturních tektonických analýz a studií odvozeno, že směrem k severu v hornoslezské pánvi se její velikost snižuje. Z toho vyplývá pravostranná rotace silových polí, následkem čehož dochází ke směrným pohybům podél západovýchodních zlomů.

V jejich křížení se severojižními systémy zlomů, dochází ke komplikovaným napětíovým poměrům. Vznikají v nich tzv. rohové struktury s potenciální tendencí gravitačního vyrovnání napětíové nerovnoměrného stavu. Dobývání v okolí těchto struktur způsobuje porušení dočasné napětíové rovnováhy v širších oblastech. Přeskupování napětí v nich vyvolává i přeskupování napětí v jejich okolí a tedy odlehčení napětí v jednom tektonickém segmentu přitíží a zvýší napětí v segmentech sousedních. Takové chování lze ukázat na příkladu dobývání v okolí křížení hlubinské poruchy a poruchy Eleonora. Také zde se ukazuje nezbytnost koordinace jak prostorového, tak i časového plánování důlních děl.

Napětíová pole jsou jednoznačně jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující hornické práce spojené s vedením důlních děl. Zkušenosti s uvolňováním napětí při ražení důlních děl ve východní části karvinské dílčí pánve, i ve vlivu reziduálních tektonických napětí v oblastech křížení zlomů ukazují na vzájemnou vazbu mezi

časovým a prostorovým způsobem vedení důlního díla a orientací složek tenzoru napětí. Pro zobecnění takových interpretací je nezbytné doplnit měření recentních napětí v OKR, neboť dosavadní síť měření je řídká a nerovnoměrná. Díky dobré znalosti napětíových poměrů při vedení důlních děl lze vhodně optimalizovat jejich projekci a přispět k vyšší bezpečnosti i produktivitě těžby.

LITERATURA

- Brieda J., Kumpera O., Sivek M., Tomis L. (1975): Studie základních ruptur a jejich systému v karvinské části hornoslezské pánve. – Čas. Slez. Mus., Sér. A, 24, 97-108, Opava.
- Calassou S., Larroque C., Malavieille J. (1993): Transfer zones of deformation in thrust wedges: an experimental study, *Tectonophysics*, 221, 325-344.
- DeCelles P.G. & Giles K.A. (1996): Foreland basin systems, *Basin research*, 8, 105-123.
- Dvořák J. (1994): Variský flyšový vývoj Nízkém Jeseníku na Moravě a ve Slezsku, *Czech geol. Surv. spec. Papers No. 3*, 1-77.
- Grygar R., Adamusová M., Doležalová J., Kalendová J. (1989): Strukturální pozice a paleodynamický vývoj hornoslezské pánve, zvláště její karvinské části vzhledem ke genezi důlních ořesů, *Sbor. věd. prací Vysoké školy báňské v Ostravě, ř. hor. geol.*, 1, 39-84.
- Grygar R., Ptáček J., Welsler P. (1998): Fault-propagation Fold and Thrust Tectonics of the Upper Silesian Coal Basin, *Geolines*, 6, 18-19.
- Grygar R. a Waclawik P. (2006): Analýza strukturálně-tektonických poměrů karvinské dílčí pánve (hornoslezská pánev) ve vztahu k vytěžitelnosti slojí s postupem těžby do větších hloubek. Závěrečná zpráva grantu GAČR 105/04/0884, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut geologického inženýrství, Ostrava.
- Kubica P. a Klimša P. (2007): Zkušenosti s vedením ražby č. 401 290/1 resp. 401 282 za účelem vytvoření větrního propojení ze 4. patra, hloubkové úrovně -630m (908m) na 5. Patro, hloubkovou úroveň -800m (1078m) ve 2. b dobývací kře na Dole ČSM – závodě Jih. Tradiční geomechanické a geofyzikální kolokvium, Ústav Geoniky Ostrava, v.v.i., Ostrava.
- Kumpera O. (1980): Structural and Geotectonic Zonality of the Moravo-Silesian Carboniferous (Bohemian Massif). – VII. Congr. Int. Strat., Geol. Carb., C. R. 6, 191-198, Moskva (1975).
- Kumpera O., Adamusová M., Kalendová J. (1990): Zlomová stavba centrální části karvinské oblasti hornoslezské pánve, *Sbor. věd. Prací Vys. Šk. báň. v Ostravě*, 36, 1, 3-29.
- Kumpera O., Martinec P. (1995): The development of the Carboniferous accretionary edge in the Moravian-Silesian Paleozoic Basin, *J. Czech Geol. Soc.*, 40, 1-2, 47-64.
- Pluijm A. a Marshak S. (1997): *Earth Structure an Introduction to Structural Geology and Tectonics*. The McGraw-Hill Companies, Inc., United States of America.
- Ptáček J. (1999): Význam strukturálně-tektonických faktorů pro nebezpečí vzniku ořesů v ostravsko-karvinské uhelné pánvi., PhD thesis, MS VŠB-TU Ostrava, p.121.
- Ptáček J., Grygar R., Koniček P., Souček K., Staš L., Waclawik P. (2009): Verification of Recent Stress-Strain Model in Czech Part of the Upper Silesian Coal Basin. *Documenta Geonica 2009/2*, 7. česko-polská konference „Geologie uhelných pánví“, Akademie věd České republiky, Ústav Geoniky Ostrava, v.v.i., Ostrava, 181-189.
- Ptáček J., Grygar R., Koniček P., Waclawik P. (2012): The impact of Outer Western Carpathian nappe tectonics on the stress-strain state in the Upper Silesian Coal Basin (Moravosilesian Zone, Bohemian Massif), *Geologica Carpathica*, 63-1, 3-11.
- Ratschbacher, L., W. Frisch, H.-G. Linzer, and O. Merle (1991), Lateral Extrusion in the Eastern Alps, Part 2: Structural Analysis, *Tectonics*, 10(2), 257–271.
- Schreurs G. a Colletta B. (2002): Analogue modelling of continental transtension, In: Schellart W.P. a Passchier C. 2002, Analogue modelling of large-scale tectonic processes. *J. Virtual Explorer*, 6, p. 67-78.
- Staš L., Rakowski Z., Hortvik K., souček K. (1997): Measurement of primary horizontal stress in the Czech part of Upper Silesian Coal Basing using hydrofrac method. In Kaláb Z. (ed), 1997: Results of new seismological and geophysical studies, Ústav Geoniky AV ČR, Ostrava, p. 248-256.
- Staš L., Souček K., Hortvik K., Šimkovičová J. (1999): Measurements of Primary Horizontal Stresses in the Czech Part of Upper Silesian Basin by Using the Borehole Wall Hydrofracturing. In Publications of the Institute of geophysics Polish Academy of Sciences. Mining geophysics.. Warszawa : PANInstytut geofizyki.
- Staš L., Souček K. (2002): Horizontal Stress field of carboniferous massif in Eastern Czech part of the Upper Silesian Basin. In ISRM Regional Symposium - Advancing Rock Mechanics Frontiers to meet the Challenges of 21st Century. Proceedings. New Delhi : Central Board of Irrigation and Power, 2002. s. 1-10.
- Staš L., Kolcun A., Šimkovičová J., Souček K.(2003): Horizontální napětí v české části hornoslezské pánve. In Mineral Raw Materials and Mining Activity of the 21st Century 2.. Ostrava : VŠB-TU, s. 579-585.
- Waclawik P. (2009): Geneze násunových deformací násunových deformací variského akrečního klínu ve východní části karvinské dílčí pánve, PhD thesis, MS VŠB-TU Ostrava, p.116.
- Wilkerson M.C., Alotria T. a Farid T. (2002): Interpreting the geologic map expression of contractional fault-related fold terminations: laterál/oblique ramps versus displacement gradients, *J. Struct. Geol.*,24,593-607.

STRUKTURNÍ ANALÝZA MEZILOŽÍ URANOVÝCH LOŽISEK ROŽNÁ A OLŠÍ (STRÁŽECKÉ MOLDANUBIKUM) PRO POSOUZENÍ DEFORMAČNÍCH A NAPĚŤOVÝCH POMĚRŮ PODZEMNÍCH ZÁSObNÍKŮ PLYNŮ

**Jiří PTÁČEK^{1)*}, Rostislav MELICHAR²⁾, Antonín HÁJEK¹⁾, Petr KONÍČEK¹⁾, Kamil SOUČEK¹⁾,
Lubomír STAŠ¹⁾, Petr KRÍŽ³⁾, Jan LAZÁREK³⁾**

¹⁾ Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Ostrava

²⁾ Ústav geologických věd, přírodovědecká fakulta Masarykovy university, Brno

³⁾ DIAMO, s.p., Stráž pod Ralskem, o.z. GEAM, Dolní Rožínka

*E-mail pro korespondenci: ptacek@ugn.cas.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: strukturní analýza, deformace, napětí, podzemní zásobník plynu

V oblasti utlumovaného uranového ložiska Rožná je plánováno vybudování podzemních zásobníků plynů. Podzemní zásobníky jsou navrženy hornicky v podloží ložiska, v místech nezasažených těžbou uranových rud, kde se předpokládají geologicky a geomechanicky příznivé vlastnosti pro jeho realizaci. Jedná se o komplex hornin strážeckého moldanubika tvořený především drobnozrnnými až středně zrnitými biotitickými rulami místy s cordieritem, migmatitizovanými rulami, migmatity a granitizovanými rulami. Ve svrchní partii komplexu je lokalizováno pásmo amfibolitů a amfibolických rul. V rámci geologického a geotechnického průzkumu v oblasti plánovaných plynových zásobníků byla prováděna rovněž strukturní analýza celého komplexu. Na jejím podkladě bylo možno provést první orientační predikci případných zón oslabení v horninovém masivu. Strukturní analýza byla rovněž jedním z podkladů pro stanovení geometrie a způsobu projektování důlních děl zásobníků i případných průzkumných důlních děl.

Obě uranová ložiska, mezi nimiž jsou zásobníky plynů projektovány, ložisko Rožná a ložisko Olší, leží na východním okraji strážeckého moldanubika při severovýchodním okraji jádra Českého masivu. Pro periferní části strážeckého moldanubika jsou typické úzké izoklinální vrásy různé vergence (Melka et al. 1992). Rudní pole Rožná–Olší se nachází ve východní periférii rozsáhlého antiklinoria. Území mezi ložisky Rožná a Olší tvoří antiklinála označovaná jako hlavní antiklinála (též rožensko-rozsošská antiklinála).

Jednotlivé zlomové systémy lze podle geometrického vztahu k foliaci označit jako směrné, příčné a kosé (diagonální). Sahrávají významnou roli v celkové stavbě této části Českého masivu.

Strukturní analýza byla zaměřena hlavně na pohled geotechnický, avšak přihlíželo se přitom i na širší strukturně-geologické vazby studovaného území.

Kompasová měření ploch foliace (duktilních prvků) a diskontinuit (ruptur) bylo realizováno na XVIII. a XX. patře v okolí jámy R3 a na průzkumném překopě V1 na XXI. patře. Pólový diagram puklin konstruovaný z hodnot naměřených na XVIII. patře ukazuje na párové systémy, jeden se strmým úklonem k SSZ, druhý, méně zřetelný s úklonem k JJZ, který přechází místy do směru foliačního. Tyto jsou doplněny subhorizontálním systémem puklin a systémem puklin kopírujících směry foliace. Obdobné systémy ukazuje diagram puklin konstruovaný z měření na XX. patře.

Dosavadní kompasová měření ploch foliace a ploch diskontinuit na překopu V1-XXI bylo realizováno v úseku staničení 210 – 495 m a v průzkumné rozrážce GR1-XXI. Kompasová měření uskutečněná v rámci našeho průzkumu byla doplněna o měření realizovaná geologickou službou dolu v oblasti staničení 150 m až 209 m v oblasti výskytu amfibolitů. Tato měření jsou statisticky zpracována stejným způsobem jako vlastní kompasová měření. Výsledků bylo použito pro definitivní vyhodnocení a kvantifikaci puklinových systémů v rámci stanovení geotechnických koeficientů RQD, RMR a Q.

Navíc byla statisticky zpracována a hodnocena strukturní data získaná z důlních geologických map 1 : 2 000 a z geologické dokumentace chodeb 1 : 200. Aby byla interpretována vertikálně co největší oblast, byly hodnoceny údaje z vybraných překopů v podloží 1. zóny na XVIII. patře, XXI. patře a XXIV. patře. Z dokumentace geologických map byly analyzovány významné pukliny a poruchy. Byly statisticky vyhodnoceny a jsou dokumentovány v konturových pólových diagramech. Distribuce puklin v diagramech je v různých částech důlního pole různá a mění se v nich jak směry statistických maxim, tak i četnosti jednotlivých párových puklinových systémů.

Výsledky interpretace vlastních měření a sledování duktilních prvků (foliací) a puklin (ruptur) z důlních map

je možno shrnout:

- Foliační plochy sledují velmi obecně směr žilných struktur, tedy přibližně S-J až SSV-JJZ. V severní části oblasti projektovaného zásobníku plynu Rožná rotují lokálně do směru SV-JZ.
- Jako nejčtenější byly zaznamenány dva párové systémy puklin diagonálních směrů SZ-JV a SV-JZ, které jsou pro stabilitu důlních děl v oblasti plánovaných zásobníků nejvýznamnější. Vzájemný podíl četnosti obou diagonálních systémů se mění.
- Diagonální pukliny mají jen malou perzistenci. Zatímco na překopech dosahují mocnosti řádu 10-1 m, v rozrážkách již nejsou zachyceny, přestože vzdálenost je jen několik desítek metrů.
- Výplň zjištěných puklin nebo poruchových zón tvoří ve většině případů karbonáty, méně pak různým stupněm podrcené horniny, často mylonitizované a na kontaktních plochách kaolinizované a s přítomností chloritu. Přítok vody je jen ojedinělý a se zanedbatelnou vydatností. Veškeré tyto pukliny neovlivňují negativně stabilitu důlních děl.
- Je logické, že četnost puklin bude největší v těsném sousedství rudních zón, kde je horninový masiv nejvíce tektonicky postižen. Lze oprávněně očekávat snižování četnosti puklin směrem východním do podloží rudní zóny. Nasvědčují tomu i důlní měření v důlních dílech orientovaných ve směru V-Z v podloží 1. zóny.

LITERATURA

- Hájek A., Holéczy D. et al. (2005): Výpočet zásob uranu ložiska Rožná k 1. 1. 2006 – archiv DIAMO
- Hájek A., Holéczy D., Pech E., Konečný Petr (2006): Geomechanická charakteristika ložiska Rožná, Zpráva Diamo s.p., o.z. GEAM Dolní Rožinka, Ústav geoniky AV ČR Ostrava.
- Kříbek B., Hájek A. (ed.) (2005): Uranové ložisko Rožná, Model pozdně variských a povariských mineralizací, Česká geologická služba, Praha.
- Lazárek J., Hájek A. (2009): Záměr vybudování podzemní stavby: Zásobník zemního plynu Rožná-Rodkov, Zpráva Diamo, s.p., o.z. GEAM, Dolní Rožinka.
- Verner K., Vondrovic L., Franěk J., Kociánová L. (2011): Technická zpráva II. etapy řešení projektu – Projektované geologicko průzkumné práce – podzemní zásobník plynu Rožná- Milasín, zpráva ČGS
- Melichar R. (1993): Přehled geologických výzkumů poličského a svrateckého krystalinika, Vlastivědný sborník vysočiny, od přírodních věd XI, Jihlava.
- Melichar R. (): Geometrie stavby severovýchodního okraje moldanubika, svrateckého a poličského krystalinika
- Melka R. (1992): Komplex structural and metamorphic evolution of the Svratka crystalline unit – Geological Workshop: Style of superposed Variscan nappe tectonics. Abstracts, Kutná hora.
- Michálek B. (2010): Podzemní zásobník plynu Rožná, Uhlí 11/2010, Praha.
- Staš L., Koniček P., Ptáček J., Souček K. (2009): Hodnocení kvality horninového masívu pro záměr vybudování podzemní stavby: Zásobník zemního plynu Rožná – Rodkov – Geonika AV ČR Ostrava.
- Tajčmanová L., Konopásek J., Schulmann K. (2001): Metamorphic and structural evolution of the Moldanubian lower crust.- An example of the Strážek Moldanubicum. – Geolines
- Urban M. Synek J. (1995): Moldanubian region, Moldanubian zone structure. Pre-Permian geology of central and eastern Europe. Springer Verlag, Berlin in New York.
- Zeman J. (1988): Deep-seated fault structures in the Bohemian massif – Sborník ÚÚG Praha.
- Zrůstek V. (1973): Prognózní ocenění ČSSR na uran oblast č. 22 – žďársko-strážeckého moldanubika. MS archiv GEAM Dolní Rožinka.
- Ptáček j., Melichar R., Hájek A., Hortvík K., Kajzar V., Koniček P., Souček K., Staš L., Vavro L. (2011): Stanovení bezpečného prostoru pro projektované důlní stavby zásobníky technických médií v průzkumných územích Milasín – Bukov (stlačený vzduch) a Rožná (zemní plyn) s ohledem na dobývané ložisko uranu Rožná, Zpráva pro Diamo s.p., GEAM Dolní Rožinka

PŮSOBENÍ VYSOKÝCH TEPLOT NA CEMENTOVÉ KOMPOZITY V BETONOVÝCH KONSTRUKCÍCH

Lenka BODNÁROVÁ ^{1)*}, Jaroslav VÁLEK ¹⁾, Rudolf HELA ¹⁾, Libor SITEK ²⁾, Josef FOLDYNA ²⁾

¹ *Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno*

² *Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká Republika*

*E-mail pro korespondenci: bodnarova.l@fce.vutbr.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: vysoké teploty, odolnost, beton, tunel

1. ÚVOD

Beton je variabilní stavební materiál, který je v různých technologických aplikacích hojně využíván pro podzemní stavby a pro vyztužování důlních děl (štol i tunelů). Při aplikacích v těchto dílech beton plní řadu funkcí - funkci statickou, často je požadována vodotěsnost, plynotěsnost, odolnost vůči působení agresivních vod, trvanlivost atd. V železničních a silničních tunelech vyvstává velmi důležitá otázka vlivu vysokých teplot při požárech na betonové ostění. Příspěvek se zabývá analýzou chování cementových kompozitů (betonů) při působení vysokých teplot. Jsou nastíněny možnosti zvýšení odolnosti cementových betonů vůči vysokým teplotám i doporučení k minimalizaci škod na konstrukcích tepelně zatížených požárem.

2. UŽITÍ BETONU V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ

Beton jako konstrukční stavební materiál s nejrůznějšími specifickými vlastnostmi (samozhutnitelný, vysokopevnostní, pohledový, stříkaný) má v podzemním stavitelství široké uplatnění. Největší využití betonu v podzemním stavitelství je při výstavbě železničních a silničních tunelů, kde je beton používán ve dvou fázích výstavby. Nejprve jako primární ostění, ve formě stříkaného betonu, který se aplikuje přímo na výrub skalní horniny a vyžaduje specifické vlastnosti (jemnozrnný beton, většinou s přísadkou rozptýlené výztuže a urychlovači tvrdnutí). V druhé fázi je využito betonu při betonáži sekundárního-definitivního ostění tunelu. Vzhledem k tomu, že v této fázi výstavby je beton ukládán čerpáním do bednění s proměnnou vrstvou uložení, jsou kladeny požadavky na reologické vlastnosti. Navíc po odbednění tvoří betonový povrch sekundárního ostění pohledové vnitřní stěny tunelu, čímž jsou zvýšeny nároky na odpovídající složení směsi. Mimo výstavbu železničních, silničních tunelů, tunelů metra nachází beton uplatnění v podzemním stavitelství v občanské a průmyslové výstavbě jednak při zakládání staveb (základové pasy, základové desky, piloty) ale i k přímé výstavbě podzemních konstrukcí stavby (podzemní garáže, suterény, tzv. bílé vany). Jednou z dalších aplikací v podzemních stavbách, kde se beton využívá takřka bezvýhradně, je při výstavbě podzemních kolektorů. Při těchto stavbách se však beton využívá častěji ve formě prefabrikátů, než jako monolit.

3. PŮSOBENÍ VYSOKÝCH TEPLOT NA BETON

S intenzivním nárůstem automobilové dopravy a tím souvisejícími případnými autonehodami v silničních tunelech je kladen zvýšený nárok na odolnost tunelového ostění vůči působení vysokých teplot. Finální povrchy většiny dopravních tunelů jsou tvořeny betonem s pohledovými stěnami. Při vzniku požáru jsou tedy betonové stěny vystaveny přímému působení vysokých teplot. Betonové konstrukce se zvýšenou odolností vůči působení vysokých teplot kladou vyšší nároky na jednotlivé složky betonu. Hlavní důraz je samozřejmě kladen na použitý cement. Velmi důležité jsou také další použité komponenty, jako je kamenivo, druh příměsí a přísady, způsob vyztužení, přísadka polypropylenových vláken a ocelových drátků.

Při požáru v silničním tunelu se teplota může dosáhnout až na 1200 °C, kdy dochází k celkové destrukci betonové konstrukce. Při prováděných testech se ukázalo, že i za mnohem nižších teplot, pouze kolem teploty 200 °C, může dojít k explosivnímu odprýskávání betonu. Základní otázky ohledně teplotního vlivu na beton zahrnují komplexní identifikaci změn, k nimž dochází v cementové matici, ale také studium transportních jevů. Analýza se komplikuje skutečností, že cementový beton je kompozit mimo jiné složený ze dvou podstatně odlišných složek: cementový tmel a kamenivo. Navíc různé druhy kameniva se liší svým mineralogickým složením. Když jsou minerály zahřívány, jsou charakterizovány metamorfními změnami, které jsou typické

a rozdílné pro každý minerál. V konečném efektu z mnoha probíhajících změn, ke kterým dochází v zahříváním betonu, jsou výsledné změny fyzikálních, tepelných a mechanických vlastností (Kodur V., 2008).

4. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Cílem experimentálních prací bylo na základě zjištěných poznatků navrhnout a ověřit recepturu s vyšší odolností vůči působení vysokých teplot. V první fázi byl proveden výběr surovin. Následně byl proveden návrh receptur a jejich odzkoušení. Pro další testování bylo vybráno 5 receptur, z toho 4 receptury obsahovaly prvky pro zvýšení odolnosti betonu při působení vysokých teplot. Vyrobené betonové vzorky byly v keramické peci zatěžovány při teplotě 200 °C, 400 °C, 600 °C a 900 °C s izotermickou výdrží 60 minut. Po zatížení byly na zkušebních vzorcích zjišťovány základní fyzikálně-mechanické vlastnosti (objemová hmotnost, pevnost v tlaku) a tyto byly srovnávány se vzorky teplotně nezatíženými. Dále byla provedena analýza povrchů vzorků po teplotním zatížení s definováním procentuálního poškození povrchu vzorků (Xing Zhi, 2011).

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vypracován v rámci projektu Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0082 podporovaného Operačním programem Výzkum a vývoj pro Inovace, financovaného ze strukturálních fondů EU a ze státního rozpočtu ČR. Příspěvek vznikl s podporou projektu GAČR P104/12/1988 s názvem „Studium interakce složek cementových kompozitů při působení vysokých teplot“ a RVO: 68145535.

LITERATURA

Kodur V., Designing Concrete Structures for fire Safety, American Concrete Institute, 2008, ISBN: 978-0-87031-291-5
Xing Zhi, Hebert R., Noumowe A., Influence of the nature of aggregates on the behaviour of concrete subjected to elevated temperature, Cement and concrete research, 2011, vol. 41, no 4, pp. 392-402, ISSN 0008-8846

ANALÝZA KOEFICIENTŮ PŘENOSU PROSTŘEDÍ ZÍSKANÝCH NA ZÁKLADĚ SEIZMICKÝCH MĚŘENÍ NA TUNELECH IV. ŽELEZNIČNÍHO KORIDORU

Martin STOLÁRIK ^{1)*}, Radovan KUKUTSCH ²⁾

¹ VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST), Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava

² Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, 708 00 Ostrava

*E-mail pro korespondenci: martin.stolarik@vsb.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: tunel, trhací práce, seizmické měření, Langefor's relationship.

1. ÚVOD

Zatížení stavebních konstrukcí se nejčastěji posuzuje podle maximální amplitudy rychlosti kmitání částic V_{max} a frekvence převládajících kmitů. Existuje snaha sestavit obecný vztah, který umožní predikovat tuto rychlost v závislosti na celkové velikosti nálože (nebo velikosti nálože odpálené v jednom časovém stupni) Q a vzdálenosti l . Pro stanovení maximálních hodnot rychlosti kmitání ve vzdálené zóně se používá empirický vztah, tzv. Langeforsův (Pandula a Kondela, 2010, Dojčár, Horký, Kořínek 1996). Tento vztah se často uvádí ve tvaru:

$$V_{max} = K \cdot Q^m \cdot l^n \quad (1)$$

kde:

V_{max} - maximální rychlost kmitání (mm/s),

Q - hmotnost nálože (kg),

l - vzdálenost od TP (m),

K , m a n jsou empirické parametry.

V mnoha publikacích jsou uvedeny empirické vztahy podobné Langeforsovu vztahu, které optimálně vyhovují pro dané lokality a podmínky provádění trhací práce. Všechny jsou však založeny na znalosti empiricky získaných konstant, které jsou pro dané stanoviště charakteristické a lze je získat pouze parametrickým měřením. Tento vztah může být velmi dobře definovaný, pro složité geologické poměry však má velmi nízkou korelaci (Holub, 2006, Pandula, Bocan, Kondela, 2007). Důsledkem výše uvedených geologických i technologických vlivů je to, že hledanou predikční závislost velikosti maximální rychlosti kmitání, hmotností dílčí nálože a vzdáleností lze stanovit pouze přibližně s využitím statistických metod. Skutečné maximální vyvolané hodnoty rychlosti kmitání je nutno stanovit (kontrolovat) monitorováním, přičemž ve většině příkladů vykazují naměřené hodnoty značný rozptyl. ČSN 73 0040 uvádí informativní hodnoty konstanty přenosu K pro podloží ze skalních a poloskalních hornin a ostatních hornin mimo horniny ve zvodnělém prostředí v závislosti na vzdálenosti od místa odstřelu. Tyto hodnoty se používají pro odhad maximální amplitudy rychlosti kmitání za pomoci Langeforsova vztahu (ČSN 73 0040 uvažuje empirické parametry $m=0,5$ a $n=1$):

$$V_{max} = K \frac{\sqrt{Q}}{l} \quad (2)$$

Tyto hodnoty jsou vhodné zvláště pro trhací práce velkého rozsahu v povrchových lomech a pro vzdálenosti ve stovkách metrů od místa odstřelu. Dále bude na příkladech z měření ukázáno, jak může být konstanta přenosu variabilní ve vzdálenosti do sta metrů u trhacích prací, při kterých celková nálož nepřesahuje 100 kilogramů.

2. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Seizmická experimentální měření byla uskutečněna na tunelech IV. železničního koridoru na traťovém úseku Votice – Benešov u Prahy (Gramblička, Mára a Mařík, 2008, Šponar a Kossler, 2010), konkrétně na tunelu Olbramovice, Tomice I a Tomice II. Všechna měření byla prováděna seizmickou aparaturou Gaia2T se senzorem ViGeo2. Pro zpracování celého souboru dat byla zvolena metodika, při níž jsou odečteny maximální hodnoty amplitud rychlosti kmitání na jednotlivých složkách (vertikální, horizontální radiální a horizontální transverzální) a následně je dopočítána složka prostorová podle vztahu:

$$v = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{0,5} \quad (3)$$

Z dopočítaných prostorových složek maximálních amplitud rychlosti kmitání byly následně spočítány konstanty přenosu prostředí K ze vztahu 3. Součástí zpracování dat byla i frekvenční analýza.

3. ANALÝZA KOEFICIENTŮ PŘENOSU PROSTŘEDÍ ZÍSKANÝCH NA ZÁKLADĚ SEIZMICKÝCH MĚŘENÍ

Na základě normy ČSN 73 0040, která vychází ze vztahu (2), byly do grafu vyneseny koeficienty K (interpolováno po přímkce) v závislosti na vzdálenosti od zdroje dynamického namáhání (červená křivka). Tyto normové koeficienty byly konfrontovány se spočítanými konkrétními koeficienty přenosu prostředí K pro všechny tři sledované tunelové stavby.

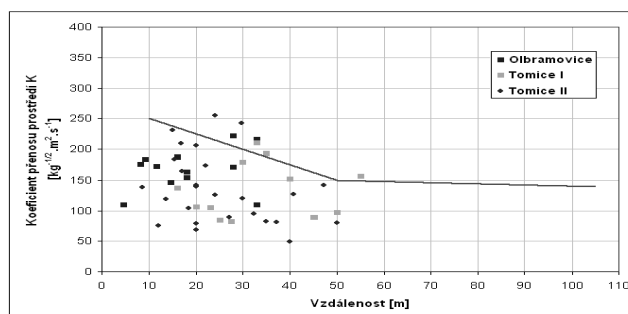
4. ZÁVĚR

V příspěvku byla představena analýza koeficientu přenosu prostředí K . Reálné koeficienty K byly získány na základě experimentálních měření v blízké zóně na třech tunelových stavbách v ČR. Za základ interpretace měření byla zvolena analýza příslušného Langeforsova vztahu podle ČSN 73 0040 – Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva. Koeficient přenosu prostředí K (závisící mimo jiné na podmínkách odstřelu, vlastnostech přenosového prostředí, druhu trhaviny, ...) nabývá ve sledovaném souboru dat hodnot z velmi širokého intervalu ($X0 - X00 \text{ kg}^{-1}/2.\text{m}2.\text{s}^{-1}$). Pro každý představený případ byly tedy vypočteny dvě hodnoty konstant přenosu K , a to pro nejmenší ($K1$) a největší ($K2$) redukovanou vzdálenost (při maximální amplitudě rychlosti kmitání v dané redukované vzdálenosti) (Tab. 1).

Tabulka 1 Přehled krajních hodnot konstanty přenosu K pro sledované tunely

	Olbramovice		Tomice I		Tomice II	
	$K1$	$K2$	$K1$	$K2$	$K1$	$K2$
	109,92	216,06	137,69	157,03	137,91	80,06
v_{\max} [mm.s ⁻¹]	42,31	11,34	23,09	7,66	35,55	3,51
L [m]	4,5	33	16	55	8,5	50
Q [kg]	3		7,2		4,8	

Graf 1 dokladuje poznatek, že pro vzdálenosti pod 50 m (tedy blízkou zónu) mají koeficienty přenosu prostředí K velký rozptyl a tato závislost není dobře definovatelná. Koeficienty K jsou v grafu konfrontovány s teoretickými koeficienty přenosu prostředí dle ČSN 73 0040 (červená křivka). Teoretické hodnoty nekorespondují s hodnotami reálnými.



Graf 1 Empirické závislosti koeficientu přenosu prostředí K na vzdálenosti pro data ze tří sledovaných tunelů – konfrontace s ČSN 73 0040

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za podpory projektu: „Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO“

LITERATURA

- ČSN 73 0040 – Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva, Český normalizační institut, 1996.
 Dojčár, O., Horký, J., Kořínek, R. Trhacia technika, MONTANEX, a.s., 1996, 421 s., Ostrava.
 Gramblička, M., Mára, J., Mařík, L. Nové železniční tunely na traťovém úseku Votice-Benešov. Tunel. 2008, roč. 17., č. 1, s. 41-47. Praha.
 Holub, K. Vibrace vyvolané trhacími pracemi a jejich účinky na podzemní díla, povrchovou zástavbu a na obyvatelstvo. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), řada stavební, roč. VI, č.2/2006, s. 113-123, Ostrava.

- Kaláb, Z., Pandula, B., Stolárik, M., Kondela, J. Příspěvek k měření vibrací vyvolaných při ražbě tunelů, EGRSE. 2011, roč. 18, č. 3, s. 62-71, Praha.
- Pandula, B., Bocan, J., Kondela, J. a Sasvári, T. Seizmika komorového odstrelu. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), řada stavební, roč. VII, č.2/2007, s. 239-251, Ostrava.
- Pandula, B. a Kondela, J. Metodológie seizmiky trhacích prác, Slonská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce – ZSVTS, 2010, 156 s., Banská Bystrica.
- Šponar, R. a Kossler, M. Ražba tunelů na dopravní stavbě Modernizace trati Votice-Benešov u Prahy. Tunel. 2010, roč. 19., č. 3, s. 14-21. Praha.

PRVNÍ VÝSLEDKY SLEDOVÁNÍ INDUKOVANÉ SEISMICITY SÍTÍ POVRCHOVÝCH STANIC V OBLASTI DOLŮ OKD, A.S.

Josef HOLEČKO ^{1)*}, Grzegorz MUTKE ²⁾

¹ Green Gas DPB, a.s., Rudé armády 637, 739 21 Paskov, Česká republika

² Główny Instytut Górnictwa, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice, Polsko

*E-mail pro korespondenci: josef.holecko@dpb.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: Seismická stanice, záchvěv povrchu, indukovaná seismicita, uhelné doly, predikce.

1. ÚVOD

Síť povrchových seismických stanic byla na základě požadavků OKD, a.s. instalována do oblasti dobývacích prostorů dolů v karvinské části OKR. V dokumentu jsou prezentovány první výsledky sledování indukované seismicity a měření rychlosti kmitání na povrchu za období cca dva a půl roku provozu.

2. INDUKOVANÁ SEISMICITA

Povrchové stanice (PS) byly v OKR instalovány v polovině roku 2009 na 15 stanovištích (Holečko 2010). V průběhu dalších let bylo šest stanic přemístěno do oblastí aktuálně sledované a očekávané zvýšené seismické aktivity a především četných ohlašovaných povrchových záchvěvů. Stanice jsou vybaveny zařízením AMAX-GSI, vyvinutém a vyrobeném GIG Katowice. Zařízení umožňuje registrovat rychlost kmitání do 200 mm.s⁻¹ ve frekvenčním pásmu 2 až 50 Hz. Seismické záznamy (trigovaná data) jsou po síti mobilního operátora stahovány ve zvolených časových intervalech do centra v Paskově.

Základní informace o dosavadním měření maximální hodnoty horizontální složky rychlosti kmitání VH_{max} jsou uvedeny v Tabulce 1 a 2.

Tabulka 1 Seismické jevy v OKR v období od 10. 9. 2009 do 31. 12. 2011

Energie [J]	Seismické jevy OKR / rok			Seismické jevy PS / rok			Záznamy PS / rok		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Celkem / rok	278	250	344	139	186	204	314	500	530
Celkem 2009-2011	872			529			1344		

Tabulka 2 Záznamy seismických jevů zaznamenaných povrchovými stanicemi

15 stanic	Počet záznamů / VH_{max} (mm/s)					Celkem záznamů	VH_{max} (mm/s)	Dep min (km)	Dep max (km)
	< 3,0	3,0 - 4,99	5,0 - 9,99	10,0 - 14,99	≥ 15,0				
21 lokalit	1 209	66	51	13	5	1 344	33,4	0,12	11,69

V Tabulce 1 je četnost seismických jevů z OKR s energiemi od $1,0 \times 10^4$ J podle databáze centra Green Gas DPB, a.s. v období 10. 6. 2009 až 31. 12. 2011, četnost seismických jevů zaznamenaných alespoň jednou PS a celková četnost získaných záznamů. Do konce roku 2011 z uvedených jevů indukované seismicity OKR bylo sítí PS zaznamenaná 529 jevů, přičemž bylo pořízeno celkem 1344 záznamů. Seismické jevy byly s hodnotou energie do $1,4 \times 10^7$ J, magnitudo do 2,61. Četnosti záznamů na jednotlivých PS se velmi liší, naměřené maximální hodnoty horizontální složky rychlosti kmitání VH_{max} převažovaly do 3 mm.s⁻¹, nejsilnější jevy se však projevovaly rychlostí kmitání nad 10 mm.s⁻¹, největší zaznamenaná hodnota byla 33,4 mm.s⁻¹, jak je uvedeno v Tabulce 2.

Z Tabulek 1 a 2 plyne, že počet záznamů zejména silných seismických jevů je malý a pro stanovení věrohodných závislostí VH_{max} na energii a vzdálenosti seismických jevů je dosud nedostatečný.

3. STANOVENÍ MAXIMÁLNÍ RYCHLOSTI KMITÁNÍ NA POVRCHU

3.1. REGIONÁLNÍ PROGNÓZA

Pro stanovení očekávané (prognózu) maximální rychlosti kmitání na povrchu byl ověřován regionální vzorec (Mutke 1991, Mutke, Dworak 1992), vypracovaný pro polskou část hornoslezské uhelné pánve (GZW). V podmínkách OKR empirická závislost pro stanovení rychlosti kmitání pevného podkladu (základové půdy) VMD dostává následující tvar:

$$V_{MD} = [1,48 \cdot 10^{-3} (\log E_p)^{1,23} - 0,011] [1,55R^{0,135} \exp(-0,77R) + 0,04] , \quad R = \sqrt{D^2 + h^2} ,$$

kde: $E_p = 386 \cdot E^{0,7895}$, E – seismická energie [J], D – epicentrální vzdálenost [km], h – hloubka ohniska [km].

V regionální prognóze nutno zohlednit lokální stavbu připovrchových geologických vrstev koeficientem zesílení kmitání na povrchu W_f . Koeficient se stanovuje z tloušťky a litologické stavby vrstev pokryvu nebo z rychlosti šíření příčné vlny V_s ve vrstvách do mocnosti 30 metrů na základě seismických profilových měření. Vztah pro maximální rychlost kmitání v horizontálním směru na povrchu (VH_{max}) pak dostává tvar:

$$VH_{max} = V_{MD} \cdot W_f .$$

Takto vypočtená maximální amplituda horizontální složky rychlosti kmitání VH_{max} může být ekvivalentem stanicemi naměřené velikosti rychlosti kmitání. Vztah je používán v Polsku k hodnocení účinků seismických jevů indukovaných hornickou činností pomocí stupnice intenzity GSI_{GZW} . V tomto případě se vychází z vypočtené hodnoty VH_{max} a přijaté doby trvání seismického jevu nad 3 s (Dubíňski a kol.2009).

3.2. LOKÁLNÍ PROGNÓZA

Z prvních záznamů sítě povrchových seismických stanic bylo možno přistoupit i ke zpracování prvních testovacích lokálních vzorců prognózy seismických účinků, přesnějších než je regionální vzorec GIG. Závislost VH_{max} na epicentrální vzdálenosti a energii seismických jevů, při zohlednění doby trvání seismického jevu, vychází z modelu Joiner-Boore (Joiner and Boore 1981), který předpokládá, že úroveň kmitání roste s energií a klesá s epicentrální vzdáleností. Lineární závislost se stanoví v programu STATISTICA regresní metodou.

Příklad testovací regresní závislosti horizontální složky rychlosti kmitání, stanovené z dosavadních dat, je uveden pro stanici 13 v centru obce Doubrava pro seismické jevy s dobou trvání 1,5 - 3s (epicentrální vzdálenost 150 m až 4000 m, seismická energie od 1×10^4 J do 1×10^7 J):

$$\log(VH_{max}) = 0,58 \log(E) + 0,37 \log(D) - 6,39 , \quad \text{kde: } E - \text{seismická energie [J] , } D - \text{epicentrální vzdálenost [m] .}$$

Při porovnání teoretických hodnot VH_{max} podle regionálního vztahu ($10,0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, doba trvání > 3 s) a podle testovacího lokálního vztahu ($22,0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, doba trvání 1,5 až 3,0 s) s hodnotou naměřenou na stanici 13 ($31,6 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, doba trvání 2,0 s) pro seismický jev ze dne 29. 6. 2011, energie $4,4 \times 10^6$ J, $D = 0,24$ km vykazuje lepší shodu lokální prognóza, obě hodnoty se však značně liší od skutečné hodnoty.

4. ZÁVĚR

Ukazuje se, že dosavadní soubor dat naměřených povrchovými stanicemi není dostatečný pro stanovení věrohodných lokálních závislostí v OKR. Rovněž současný soubor dat projevů intenzivních seismických jevů na povrchových objektech neposkytuje dostatek podkladů pro verifikaci polské stupnice GSI v podmínkách OKR.

LITERATURA

- Dubíňski, J., Mutke G., Stec K., Lurka A., Barański A. Górnicza Skala Intensywności GSI-GZW do oceny skutków oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego w Zakładach Górniczych Kompanii Węglowej S.A. na obiekty budowlane i na ludzi. Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko nr 2/2/2009, 73-90.
- Holečko, J. New seismic network for monitoring of influence of mining seismicity on the surface in Ostrava-Karviná Coalfield. Documenta Geonica 2010/1 (Eds. P. Koniček, K. Souček), Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Geonics, Ostrava, 115-125, (in Czech).
- Joiner, W. B. and Boore, D. M. Peak horizontal acceleration and velocity from strong motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. Bull. Seism. Soc. Am. 71, 1981, 2011-2038.
- Mutke, G. Metoda prognozowania parametrów drgań podłoża generowanych wstrząsami górnicznymi w obszarze GZW. Rozprawa doktorska, Główny Instytut Górnictwa - Katowice 1991.
- Mutke, G. Seismic monitoring and the forecast of the influence of mining seismic events on the surface basing on Mining Instrumental Scale of Seismic Intensity GSIGZW - Monitorowanie drgań i prognoza oddziaływania wstrząsów górnicznych na powierzchnię w oparciu o Górnicza Skalę Intensywności drgań GSIGZW. Documenta Geonica 2010/1 (Eds. P. Koniček, K. Souček). Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Geonics, Ostrava, 49-66, (in Polish).

NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ VLIVU NAPJATOSTI NA PRŮTOK VODY ROZPUKANOU HORNINOU

Milan HOKR ^{1)*}, Jiří HAVLÍČEK ¹⁾, Petr RÁLEK ¹⁾

¹⁾ *Technická univerzita v Liberci, Studentská 2, Liberec, 46117*

**E-mail pro korespondenci: Milan.hokr@tul.cz*

KEYWORDS: dilatace pukliny, numerické simulace, model Bandis-Barton, sdružená úloha .

1. ÚVOD

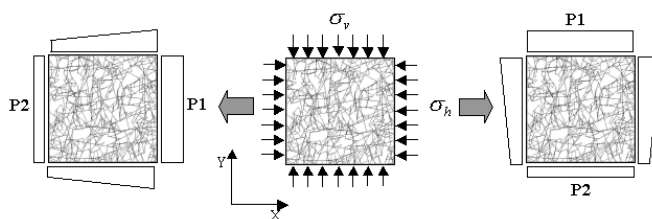
Motivací pro tuto studii je analýza změny izolačních vlastností horniny vlivem ražby a tepelné zátěže pro bezpečnostní analýzu hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva. Experimentální i numerické testy ukazují na nerovnoměrné změny rozevření puklin při změně stavu napjatosti, které mohou vést na zrychlení migrace ve vodě rozpuštěné látky.

Standardně je tento typ úloh řešen metodou oddělených prvků (distinct element method), např. v software UDEC firmy ITASCA, kdy je simulováno napěťové pole na nespojitostech (puklinách) i uvnitř deformovatelných bloků matrice. V naší práci ukážeme, že i pro jednoduchý model napjatosti a deformace pukliny, s projekcí vnějšího napětí do tečného a normálového směru každé pukliny a aplikací nelineárního konstitučního vztahu napětí-deformace pro puklinu, lze dostat srovnatelné výsledky vlivu napjatosti na průtok.

2. HLAVNÍ MYŠLENKY MODELU

Řešená benchmarková úloha je 2D puklinová síť - systém 7797 úseček ve čtvercové oblasti 20m x 20m, stochasticky generovaná podle parametrů z terénních analýz, se sadou variant předepsaných mechanických tlaků ve dvou směrech a dvěma směry hydraulického gradientu (Obr.1.). Úloha byla definována jako benchmark v rámci projektu DECOVALEX zaměřeného na srovnání modelů sdružených termo-hydro-mechanických jevů v hornině a vychází z dřívějších prací zaměřených na studium vlivu napjatosti na hydraulické vlastnosti (Min et al 2004, Baghbanan a Jing 2008).

Předepsaný gradient pro úlohu hydrauliky je 10^4 Pa/m a varianty mechanického zatížení jsou dány poměrem horizontální a vertikální složky $k=1,2,3,5$ (vertikální je vždy 5MPa, kromě nezatíženého stavu označeného $k=0$). Konstituční vztah napětí-deformace pro pukliny vychází z modelu Bandis-Barton a je použit podle práce Baghbanan a Jing (2008) a Hudson et al (2008). V normálovém směru je vztah napětí-deformace nelineární hyperbolický a reprezentuje zvyšování tuhosti při uzavírání pukliny (úplné uzavření při nekonečném tlaku). V tečném směru je uvažován elasto-plastický model s Mohr-Coulombovým kritériem kluzu a normálovou dilatací v části kluzu (rozevření pukliny vlivem vzájemného posunu nerovného povrchu pukliny). Pokud aplikujeme konstituční vztah pro každou puklinu zvlášť (tj. předpokládáme projekci vnějšího napětí na určitou puklinu a rozklad do normálové a tečné složky, bez ovlivnění polohami a směry dalších puklin), nelze při překročení meze kluzu, v režimu ideální plasticity, určit z napětí posunutí, proto byl odvozen jednoduchý model umožňující určit ekvivalentní (nenulovou) tuhost pukliny v režimu kluzu, fakticky danou tuhostí okolní matrice.



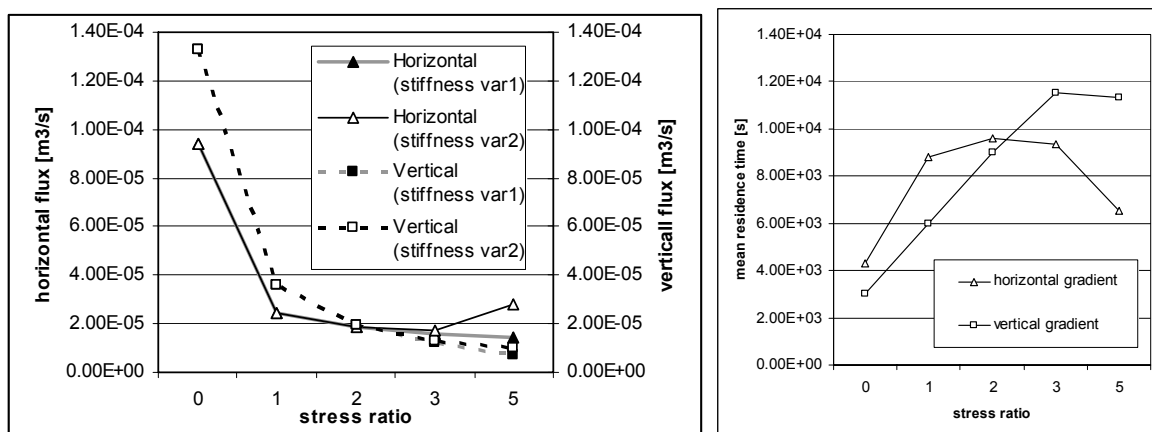
Obr. 1 Definice okrajových podmínek pro úlohu napjatosti (uprostřed) a hydrauliky (dvě varianty horizontální gradient vlevo a vertikální vpravo) (dle Hudson et al. 2008).

3. VÝSLEDKY

Vyhodnocení zahrnuje řadu dílčích výsledků jednotlivých modelů – napjatosti/deformace, proudění vody a transportu rozpuštěné látky – které na sebe navazují. Výsledkem modelu mechaniky je sada hodnot nových rozevření puklin, které jsou vstupem do modelu proudění (hydrauliky). Výsledkem modelu proudění je rozložení rychlostí a tlaků v jednotlivých puklinách, pro hodnocení je použit celkový průtok, reprezentující hydraulickou vodivost ekvivalentního porézního prostředí (Obr.2 vlevo). Pole rychlosti je vstupem do modelu transportu látky, jehož výsledkem je průniková křivka, tj. průběh koncentrace resp. úhrnu hmoty v čase na odtoku z modelu. Kromě toho je vyhodnocena střední hodnota a rozptyl doby zdržení rozpuštěné látky.

Ve všech případech sledujeme vliv poměru působících mechanických napětí na výsledné veličiny proudění a transportu. Proti nezátíženému stavu dochází přirozeně k uzavírání puklin, tj. poklesu celkového toku (hydraulické vodivosti) a prodloužení střední doby zdržení částic. Při největším poměru napětí (25MPa horizontálně a 5MPa vertikálně) ale již dochází k překročení meze kluzu většího počtu puklin a jejich otevírání vlivem dilatace, ale jen pro určité rozmezí jejich orientace. Tok tak mírně narůstá, ale jen při horizontálním gradientu tlaku.

Reakce doby zdržení (a tedy i rychlosti pohybu) je ale jiná než průtoku – relativně se mění méně (Obr.2 vpravo) a výpočty tak potvrdily hypotézu, že při zatížení dochází k otevření malého počtu nejvíce vodivých puklin při velkém poměru hlavních napětí a rychlost migrace látky je vyšší než by odpovídalo změně průměrné hydraulické vodivosti (jev "channeling"). Výsledky řešení ostatních týmů v rámci projektu DECOVALEX, včetně srovnání s výsledky prezentovanými v této práci, byly zpracovány do zaslání článku Zhao et al 2012.



Obr. 2 Vliv poměru napětí na průtok (vlevo) a na dobu zdržení (vpravo), pro horizontální a vertikální gradient tlaku.

PODĚKOVÁNÍ

Práce popsaná v tomto článku byla prováděna v rámci mezinárodního projektu DECOVALEX-2011. Autoři děkují financujícím organizacím, které podporovaly práci, konkrétně Správě úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO, RAWRA), v rámci smlouvy SD2010-019_Slo. Názory vyjádřené v tomto článku jsou však názory autorů nikoli nezbytně financujících organizací.

Práce byla dále podporována Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR v rámci výzkumného projektu FR-TII/362.

LITERATURA

- Baghbanan A, Jing L. Stress effects on permeability in fractured rock mass with correlated fracture length and aperture. *Int J Rock Mech Min Sci* 45, pp.1320-1334, 2008
- Hudson, Jing, Neretnieks, Technical Definition of the 2-D BMT Problem for Task C, DECOVALEX-2011 project, 5 May 2008
- Min KB, Rutqvist J, Tsang CF, Jing L. Stress-dependent permeability of fractured rock masses: a numerical study. *Int J Rock Mech Min Sci* 2004;41(7):1191–210.
- Zhao Z. et al, Stress effects on solute transport in fractured rocks: A comparison study, Zasláno do *International Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* (ISSN: 1674-7755), Chinese Academy of Sciences, 2012

GEOFYZIKÁLNÍ A GEOMECHANICKÝ MONITORING PŘI TEPLOTNÍM EXPERIMENTU VE ŠTOLE JOSEF U MOKRSKA

Milan BROŽ^{1)*}, Jaroslav ŠTRUNC¹⁾, Jan VALENTA¹⁾, Radim HLADKÝ²⁾ a prac. skupina MPO-TIP³⁾

¹ Ústav struktury a mechaniky hornin Akademie věd ČR, v.v.i., V Holešovičkách 41, 182 09 Praha

² ARCADIS – Geotechnika a.s., Geologická 4, Praha 4 – Barrandov, 150 00

³ Výzkumný projekt MPO TIP-FR-TI 3/325, hlavní řešitel ČGS Praha, Jan Franěk

*E-mail pro korespondenci: mbroz@irmsm.cas.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: ukládání energie, granit, teplota, ohřívání, tepelné vlastnosti

1. ÚVOD

Možností uchování přebytečné energie produkované na příklad větrnými nebo fotovoltaickými elektrárnami jsou v současnosti realizovány ohřevem vody a solných roztoků. Jednou z dalších možností může být i ohřev pevné materie, např. betonových bloků s osazenými výměníky nebo ohřev vhodného skalního masivu. Pokud se budeme zabývat touto poslední možností, je třeba stanovit specifické vlastnosti vhodných hornin z hlediska jejich stability při tepelné zátěži, tepelné vodivosti a dalších tepelných parametrů.

2. ABSTRAKT

Při řešení projektu MPO TIP – FR-TI 3/325, který je řešen Českou geologickou službou ve spolupráci se spoluřešiteli – ARCADIS Geotechnika a.s., ISATech s.r.o., Technická universita v Liberci a Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i. – byly provedeny první práce a přípravné technologie pro realizaci takového experimentu in situ ve štole Josef v lokalitě Mokrsko.

Pro stanovení základních geomechanických a geofyzikálních parametrů stavu masivu v lokalitě je potřebné zachytit současný klidový stav tak, aby bylo možné objektivně zachytit všechny změny, které nastanou během zahřívání. Pro tyto účely byl kromě geologických a hydrogeologických studií lokality proveden návrh a realizace základních vlastností masivu geoelektrickou a úderovou seismikou. Výsledky těchto měření budou prezentovány v příspěvku a diskutovány budou možné změny zjištěného stavu při ohřevu masivu. Tato hypotéza bude ověřována při experimentu.

Součástí studia tepelných vlastností, šíření, uchování tepla a jeho zpětného získání je i matematický model prostředí. Pro sledování reálného stavu masivu při ohřevu se počítá s nasazením mnoha geomechanických, hydrogeologických, geochemických a geofyzikálních metodik, které budou kontinuálně sledovány s využitím polních měřicích systémů. Současná realizace obsahuje osazení monitoringu tlaku v čelním průzkumném vrtu, měření teploty v přípovrchové vrstvě horniny, měření teploty vzduchu, vlhkosti prostředí a monitoring seismického pozadí.

Dále jsou provedeny přípravy k osazení padesáti teploměru do vrtů, seismoakustického sledování porušení, konvergence v oblasti geologických poruch s rozlišením ve dvou kolmých směrech s přesností 0.05 mm, konvergence ve vrtech, průběžné měření napětí a další metody.

Současně s těmito pracemi jsou prováděna laboratorní měření geomechanických hydrologických, geofyzikálních, geologických a teplotních parametrů vzorků horniny, které probíhají jak při laboratorních teplotách, tak při cílových teplotách experimentu.

LITERATURA

- Lokajček, T. Ivankina, A. Nikitin: Anisotropy and texture of lithospheric rocks under high pressure – based on ultrasonic and neutron diffraction measurements, XXXIII. Czech - Polish - Slovak Symposium on Mining and Environmental Geophysics Staré Splavy, September 19-22, 2011
- Ledníská M., Kaláb Z.: Ultrasonic measurements in medieval mine, XXXIII. Czech - Polish - Slovak Symposium on Mining and Environmental Geophysics Staré Splavy, September 19-22, 2011
- Štrunc J., Brož M.: Small aperture seismic arrays operated within projects of IRSM AS CR, XXXIII. Czech - Polish - Slovak Symposium on Mining and Environmental Geophysics Staré Splavy, September 19-22, 2011
- Labaš M., Míklušová V., Ivaničová L.: Rock parameters in research of thermal spalling, XXXIII. Czech - Polish - Slovak Symposium on Mining and Environmental Geophysics Staré Splavy, September 19-22, 2011

- Rudajev V., Lokajčec T., Vasin R.N., Nikitin A.N.: Influence of heating to rock samples fracturing, XXXIII. Czech - Polish - Slovak Symposium on Mining and Environmental Geophysics Staré Splavy, September 19-22, 2011
- Lokajčec T., Rudajev V., Dwivedi R.: Influence of thermal heating on granulite elastic anisotropy, XXXIII. Czech - Polish - Slovak Symposium on Mining and Environmental Geophysics Staré Splavy, September 19-22, 2011
- Lokajčec T., Vilhelm J.: Low Temperature Degradation of Granodiorite, XXXIII. Czech - Polish - Slovak Symposium on Mining and Environmental Geophysics Staré Splavy, September 19-22, 2011
- Brož M., Štrunc J.: Historické a moderní způsoby uchování přebytečné elektrické energie. II. ročník konference OZE2011,13. – 15. duben 2011 Kouty nad Desnou

INDUKOVANÁ SEISMICITA V JIŽNÍ ČÁSTI OKR

Karel HOLUB^{1)*}, Jana RUŠAJOVÁ¹⁾ a Josef HOLEČKO²⁾

¹⁾ *Institute of GEONICS, Studentská 1768, CZ 708 00 Ostrava-Poruba, Czech Republic*

¹⁾ *Green Gas DPB, a.s., Rudé armády 637, Paskov 739 21, Czech Republic*

**E-mail pro korespondenci: holub@ugn.cas.cz*

KEYWORDS: Ostravsko-karvinské doly, seismická síť, indukovaná seismicita, mapa ohnisek

1. ÚVOD

Nedílnou součástí OKR je kromě východní části i jeho část jižní. Obě zmíněné oblasti jsou vzájemně nesouměřitelné především z hlediska mocností uhelných slojí a úrovně indukované seismické aktivity. Zatímco na karvinských dolech dosahují mocností uhelných slojí až 6-7 m, v jižní části se mocnosti vyskytují přibližně do 1,5 m. Je to právě rozsah dobývání v minulosti i v současnosti a komplikovaná strukturně geologická stavba obou oblastí, kdy dobýváním dochází k nestabilitám uvnitř horninového masívu a jejich pozvolná, někdy však náhlá, kompenzace nebo přerozdělení zbytkových napětí vyvolává zvýšenou seismickou aktivitu. Na rozdíl od karvinské pánve, kde značné nebezpečí pro důlní pracovníky představují především důlní ořesy a ořesové jevy všeobecně, které způsobují někdy částečné nebo úplné devastace důlních děl, v jižní části revíru jsou důlní díla ohrožena fenoménem, jakým jsou průtrže uhlí a plynu. K těmto průtržím čas od času docházelo v minulosti a dochází i v současnosti, jejich frekvence výskytu je nižší a následky v důlních dílech jsou však ve srovnání s ořesovými jevy na Karvinsku podstatně méně devastující seismické, neboť jevy vznikají ponejvíce v důsledku buď samovolných závalů nebo po odstřelech v nadloží.

Problematika indukované seismicity v OKR se zvláštním zaměřením na jižní část ložiska byla předmětem již dříve publikovaných prací, např. Holub et al., (2002), Holub and Rušajová, (2004), Holub et al., (2004). Tento příspěvek v zásadě navazuje na zmíněné práce, zejména pak shrnuje nové výsledky výzkumu indukované seismicity v jižní části OKR v období od roku 2007 do února 2012.

2. MONITOROVACÍ SÍŤ

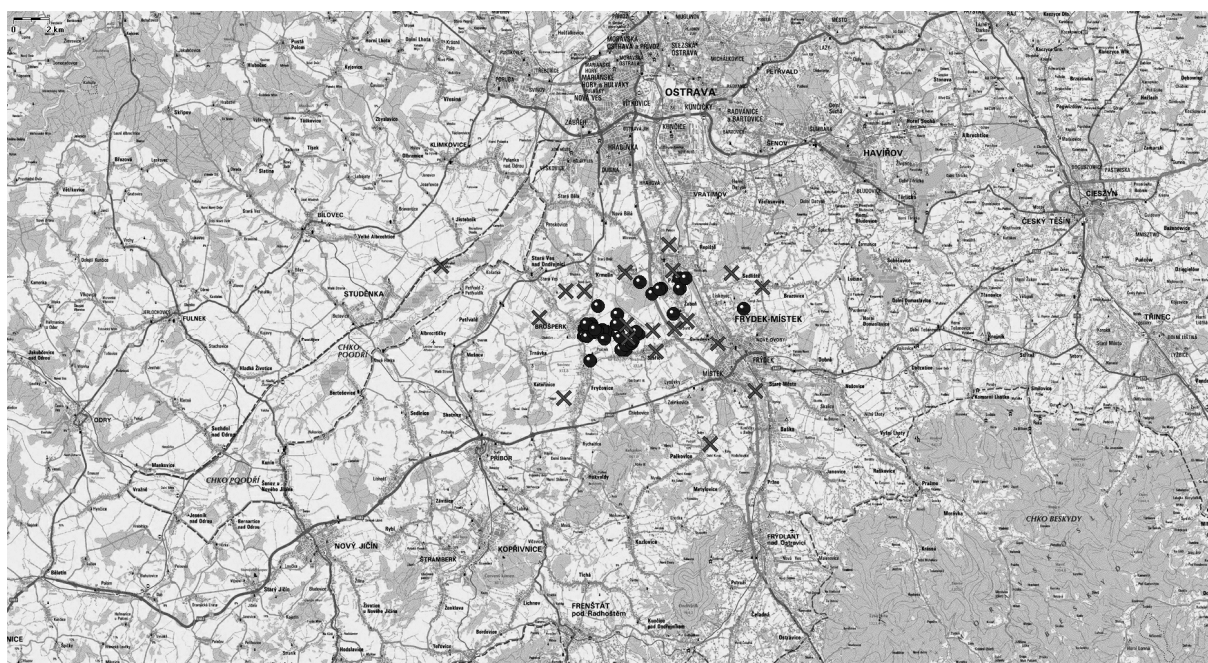
Pro účely detekce a lokalizace indukovaných seismických v rámci celého OKR byl původně v polovině 80 tých let projektován 15-ti staniční seismický polygon (Klíma et al., 1984), který byl v průběhu jeho realizace pro karvinskou část zredukován na systém 10-ti staniční, vybavený digitální technikou, který nyní provozuje Green Gas DPB, a.s. Aby byl splněn původní záměr komplexního monitorování indukované seismické aktivity i v jižní části OKR, bylo rozhodnuto, aby vývoj a výrobu zařízení pro 5-ti staniční síť na Frenštátsku zajistil Hornický ústav AV ČR (nyní Ústav geoniky AV ČR) v Ostravě-Porubě. Nový systém byl koncipován tak, aby měl parametry obdobné jako u systému 10-ti staničního s radiovým přenosem dat s využitím retranslace přes Lysou horu až do geofyzikální laboratoře Hornického ústavu AV ČR., tj. fungující jako samostatná seismická síť. Stručná charakteristika nového zařízení, včetně speciálního SW, jsou popsány v pracích Totha (1991) a Knejzlíka a Zamazala (1992). Jak se však v průběhu provozu Seismického Polygonu Frenštát (SPF) ukázalo, na stanicích této sítě byly registrovány např. mikroořesy, clonové odstřely prováděné v okolních lomech, ale největší četnost však měly seismické jevy, včetně důlních ořesů, které vznikly na našich dolech v OKR, ale i na dolech uhelných i rudných v Polsku.

Zmíněná seismická síť na Frenštátsku významně přispěla ke studiu indukované seismicity na dolech Paskov a Staříč, když v průběhu jejího provozu zaznamenala řadu ořesových jevů, z nichž kolem 50 jevů se podařilo lokalizovat. Zvýšená seismická aktivita v této oblasti vedla k tomu, že za účelem zlepšení detekce a tím i zvýšení přesnosti lokalizace pomocí regionální sítě stanic SP Green Gas DPB, a.s. došlo k přesunu zařízení povrchové stanice z oblasti dolu ČSM v karvinské části OKR na lokalitu Brušperk, která je podstatně blíže k ohniskovým oblastem na dolech Paskov a Staříč. Síť SPF byla v bezporuchovém provozu od prosince 1988 do ledna 2002 a zhodnocení jejího přínosu pro monitorování indukovaných jevů na Frenštátsku je popsáno v souhrnné práci Holub et al., 2004. Po ukončení provozu SPF se kvalita informací o aktivitě v obou důlních polích zhoršila.

3. SOUČASNÝ STAV MONITOROVÁNÍ INDUKOVANÝCH JEVŮ V OBLASTI PASKOV-STAŘIČ

Po skončení provozu lokální seismické sítě SPF zůstala v původně dobře monitorované oblasti pouze osamocená stanice Brušperk, protože převážná většina stanic SP Green Gas DPB Paskov, a.s., jejichž data lze použít pro lokalizaci, je rozmístěna ve východní části OKR. Aby byly zaznamenávány alespoň silnější jevy ze Staříče, má stanice Brušperk nyní vyšší váhu při trigrování jevů. Ty silnější, které lze lokalizovat, jsou pak zapsány do databáze seismických jevů OKR s poznámkou "Staříč". Řada slabších jevů se také detekuje, ale protože se nepodaří je lokalizovat, jsou záznamy označeny jako šumy, které jsou později smazány.

Tato skutečnost se projevila později v průběhu interpretace a lokalizace jevů zaznamenaných na lokálních stanicích provozovaných Ústavem geoniky AV ČR, Ústavem fyziky Země MU z Brna i stanicemi celonárodní sítě stanic Geofyzikálního ústavu AV ČR. Po provedené konfrontaci s daty Green Gas DPB, a.s. se ukázalo, že ne všechny seismické jevy nebo trhací práce z oblasti dolu jsou uvedeny v databázi jevů, přestože řada z nich byla zaznamenána a lokalizována stanicemi mimo OKR. Výsledky lokalizace všech seismických jevů jsou dobře patrné z Obr. 1, který současně potvrzuje, že ze zájmové oblasti jsou indukované seismické jevy registrovány i v současné době.



Obr. 1 Lokalizace ohnisek seismických jevů za období 1992-2002 (○) a 2008-4/2012 (×).

LITERATURA

- Holub K., Rušajová J. and Holečko J., Occurrence of induced seismic events in Paskov and Staříč Mine Fields. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, 2002, M-24 (340), 131-141.
- Holub K. and Rušajová J., Induced seismic events in the Staříč and Paskov mine fields, Czech Republic, *Acta Montanistica Slovaca*, 2004, 9, No. 1, 21-27.
- Holub K., Kaláb Z., Knejzlík J. and Rušajová J., Frenštát seismic network and its contribution to observations of the natural and induced seismicity on the territory of northern Moravia and Silesia, *Acta Geod. Geomater.*, 2004, Vol. 1 (133), 59-71.
- Kaláb Z., Regional Diagnostic Polygon in the Ostrava-Karviná Coal Field. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.*, 1991, M-15 (235), 111-116.
- Knejzlík J. and Zamazal R., Local seismic network in southern part of the Ostrava-Karviná Coalfield, *ACTA MONTANA*, 1992, Series A, No. 2(88), 211-220.
- Toth R., Concept of Programs for Data Analysis from Seismic Polygon Frenštát (SPF), *Proc. of Conference of Seismologists*. Z. Kaláb (ed.), 1992, Inst. of Geonics AS CR, Ostrava, 22-27 (in Czech).

POUŽITÍ ROTAČNÍHO SENZORU PRO MONITORING DŮLNĚ INDUKOVANÝCH SEIZMICKÝCH JEVŮ NA KARVINSKU

Zdeněk KALÁB^{1,2)*}, Jaromír KNEJZLÍK¹⁾, Markéta LEDNICKÁ¹⁾

¹ Ústav geoniky AVČR, v.v.i., Ostrava, Studentská 1768, 708 00, Ostrava – Poruba

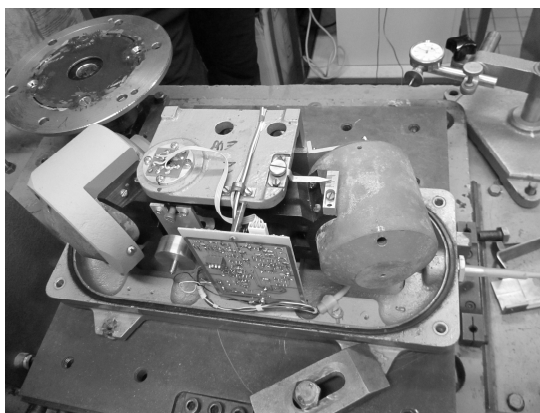
² Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděštlé 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba

*E-mail pro korespondenci: kalab@ugn.cas.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: rotační senzor, důlně indukovaná seizmicita, časově-frekvenční analýza

1. ROZŠÍŘENÝ ABSTRAKT

Rotační seizmologie poukazuje na fakt, že k úplnému popisu kmitání je kromě tří translačních složek a napětí nutné znát tři složky rotační (např. Båth, 1979, Teisseyre et al., 2006, Lee et al., 2009). Ruský seismometr S-5-S byl pracovníky ÚGN v roce 2010 adaptován na staniční snímač rotační složky seizmických kmitů ve frekvenčním rozsahu 0,2 – 25 Hz (Knejzlík et al., 2011a). V následujícím roce byl na tuto adaptaci udělen užitečný vzor. Jedná se o jednosložkový senzor, který může registrovat rotační pohyb buď kolem vertikální (Obr. 1) nebo kolem horizontální osy. Je sestaven tak, že jeho výstupem je buď rychlost či akcelerace rotačního pohybu. Základní testy adaptovaného senzoru, který je označen S-5-SR, byly provedeny na rotačním testovacím stole v Geofyzikálním ústavu AVČR, v.v.i., Praha (Knejzlík et al., 2011b).



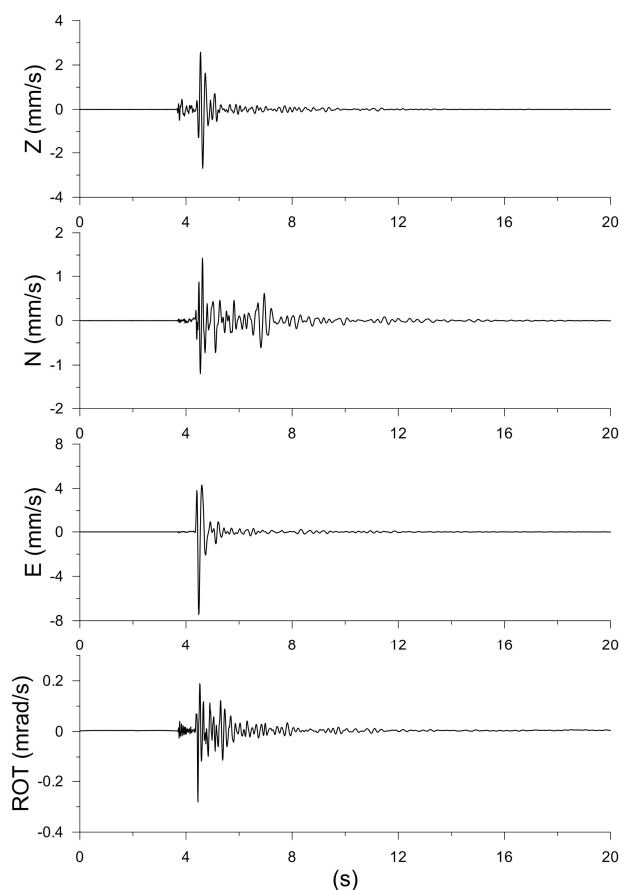
Obr. 1 Seismometr S-5-SR pro měření rotační složky kmitání kolem vertikální osy (bez krytu)

Pro ověření funkčnosti senzoru S-5-SR v terénu byla zvolena karvinská oblast, v níž jsou ohniska jevů lokalizována pod seizmickou stanicí (Doležalová et al., 2008, Kaláb et al., 2011a). Posledně uvedená podmínka je nezbytná, neboť rotační složky jsou registrovatelné pouze v epicentrální oblasti, mimo níž se rychle utlumí. Měřením byly získány první záznamy rotačních složek, které potvrzují jejich existenci i pro důlně indukované seizmické jevy. Při provozu na seizmických stanicích v Doubravě a Orlové byly naměřeny hodnoty rotační složky kmitání kolem vertikální osy přesahující $1 \text{ mrad}\cdot\text{s}^{-1}$, a to pro důlně indukovaný blízký seizmický jev s energií řádu 10^5 J (Kaláb a Knejzlík, 2012).

Příklad záznamu translačních složek rychlosti kmitání (označeny Z – vertikální, N – horizontální N-S, E – horizontální E-W) a rotační složky rychlosti kmitání kolem vertikální osy (označená ROT) je na obr. 1. Jde o intenzivnější důlně indukovaný seizmický jev, hypocentrální vzdálenost je podle rozdílového času S-P cca 1,5 km. Záznam byl pořízen na stanici v Orlové, kde byly senzory umístěny ve sklepní prostoře velké budovy. Senzory byly připojeny k seizmologickým aparaturám, ve kterých byl záznam digitalizován vzorkovací frekvencí 100 Hz (což je postačující vzhledem k frekvenčnímu rozsahu senzorů). Maximální zaznamenaná hodnota rychlosti kmitání pro tento jev dosáhla téměř $8 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, maximální naměřená hodnota rotační rychlosti byla téměř

$0,3 \text{ mrad}\cdot\text{s}^{-1}$. Tyto rotační složky kmitání zřejmě nepředstavují nebezpečí pro stavební konstrukce, mohou však pro velmi intenzivní seizmické jevy způsobit torzní namáhání konstrukce nacházející se v epicentrální oblasti.

V článku jsou prezentovány také výsledky časově-frekvenční analýzy digitálního záznamu. K této analýze je použit seizmologický software vyvinutý prof. Lyubushinem z Moskvy pro speciální analýzy digitálních záznamů (časových řad) různého typu. Software kromě běžných operací s digitálními daty (zobrazení, výběr intervalu, převzorkování,...) umožňuje zpracování dat s použitím Fourierovy a waveletové transformace, poskytuje spektra singularity, waveletový rozklad a další zpracování dat (Kaláb et al., 2011b). Záznamy technické seizmicity (např. průjezd nákladních automobilů) mají na záznamech rotační složku neidentifikovatelnou. Také záznamy vzdálených jevů, např. projevy důlně indukované seizmicity z polské části hornoslezské pánve, nemají rotační složku vibrací znatelnou.



Obr. 2 Příklad třísložkového záznamu translačních složek (Z, N a E) a rotační složky kolem vertikální osy (ROT), horizontální osa – relativní čas [s].

LITERATURA

- Báth, M., Introduction to seismology, Birkhauser Verlag, Basel, 1979.
- Doležalová, H., Holub, K. and Kaláb, Z., Underground coal mining in the Karviná region and its impact on the human environment (Czech Republic). Moravian Geographical Report, Vol. 16, No. 2, 2008, s. 14-24.
- Kaláb, Z., Knejzlík, J., Examples of rotational component records of mining induced seismic events from Karviná region, AGG Prague, 2012, in print.
- Kaláb, Z., Kořínek, R., Hrubešová, E., Lednická, M., Vibration on the surface due underground mining in Karviná region, Czech Republic. In: 6th Congress of the Balkan Geophysical Society, Conference Proceedings and Exhibitors' Catalogue, Budapešť, Hungary, 2011a, CD, 5 pages.
- Kaláb, Z., Lednická, M., Lyubushin, A.A., Processing of mining induced seismic events by Spectra Analyzer software, *Górnictwo i geologia. Kwartalnik*, 2011b, tom 6, zeszyt 1, s. 75-83.
- Knejzlík, J., Kaláb, Z., Rambouský, Z., Adaptace kyvadlového seizmometru S-5-S pro měření rotační složky seizmických kmitů. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 2011a, Vol. XVIII.3, s. 72-79.
- Knejzlík, J., Kaláb, Z., Rambouský, Z., Concept of pendulous S-5-S seismometer adaptation for measurement of rotational ground motion. *Journal of seismology*, 2012, DOI 10.1007/s10950-012-9279-6.

- Lee, W.H.K., Celebi, M., Todorovska, M.I., Igel, H., Introduction to the Special Issue on Rotational seismology and engineering applications, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 99, 2B, 2009, s. 945-957.
- Teisseyre, R., Takeo, M., Majewski, E. (editors), *Earthquake source asymmetry, structural media, and rotation effects*, Springer-Verlag, Berlin, 2006.

DOSAVADNÍ ZKUŠENOSTÍ S POUŽÍVÁNÍM „STACIONÁRNÍCH OTOČNĚ – POSUVNÝCH TRUBEK“ (DRR) NA DOLECH OKD, A.S.

Jiří HAVAJ¹⁾, Josef HOLEČKO²⁾, Petr DVORSKÝ^{3)*}

¹⁾ Green Gas DPB, a.s., Rudé armády 637, 739 21 Paskov

²⁾ Green Gas DPB, a.s., Rudé armády 637, 739 21 Paskov

³⁾ OKD, a.s., Prokešovo náměstí 6/2020, Ostrava – Moravská Ostrava

*E-mail pro korespondenci: petr.dvorsky@okd.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: progóza, napětí v horském masivu, vrtné testy, stacionární otočně-posuvné trubky.

1. ÚVOD

V České republice je sledování změn napětí v horském masivu (Jiráňková et al., 2012) při hornické činnosti zajišťováno, dle platné legislativy, formou průběžné prognózy. Průběžná prognóza zahrnuje metodu individuálního pozorování důlního prostředí, metodu testovacích vrtů (vrtné testy nebo indikační odlehčovací vrty) prováděných v uhlé sloji a metodu seismologického sledování horského masivu.

V Německé spolkové republice byla vyvinuta pro sledování změn napětí v okolí porubních chodeb metoda “stacionárních otočně – posuvných trubek (Drehrüttelrohren = DRR)”. Tato metoda je používána v testovacích vrtech dle podmínek uvedených ve Směrnici Vrchního zemského báňského úřadu v Severním Porýní – Vestfálsku k ochraně před nebezpečím způsobovaným důlními ořesy. Tato směrnice stanovuje kritéria, při kterých není možno daný testovací vrt použít pro metodu “DRR”. Metoda “DRR” je ověřována v OKR.

2. METODIKA POUŽITÍ SYSTÉMU “DRR” V PODMÍNKÁCH OKR

Pro aplikaci systému DRR v OKR byla převzata kritéria stanovující za jakých podmínek možno vývrt po vrtném testu použít. Tato kritéria jsou zakotvena v německé legislativě zaměřené na hornictví (Směrnice, 2008).

Kritéria při kterých není možno vývrt po vrtném testu osadit systémem DRR:

- a) výnos vrtné drtě je větší než 6 l/m (Baltz, 2002),
- b) výskyt jednoho nebo několika prasknutí v hornině,
- c) sevření vrtných tyčí způsobené napětím v hornině,
- d) vtahování vrtných tyčí do vývrtu.

Parametry vývrtů použitých pro metodu DRR:

- a) průměr 42 mm,
- b) délka max. 16 m (Dvorsky, Kubica, 2010),
- c) rozteč 20 m až 30 m,
- d) doporučený předstih před porubní frontou L.

Postup měření a vyhodnocování systému „DRR“:

- a) každý provozní den v přípravné směně bude provedena ručně fyzická kontrola otáčení všech osazených otočných trubek (otočné trubky musí přesahovat z vývrtu 0,3 m až 0,5 m pro možnost ručního otáčení),
- b) v případě, že nelze s otočnou trubkou otáčet, bude provedena kontrola pohybu posuvné trubky umístěné uvnitř otočné trubky,
- c) výsledek otáčení otočné trubky případně pohybu posuvné trubky “ano” nebo “ne” bude zaznamenán v prvotní dokumentaci,
- d) v případě, že nebude možný pohyb vnitřní posuvné trubky, bude tento stav hodnocen jako nepříznivý a ve vzdálenosti 2 až 3 m na obě strany od tohoto nepříznivého vrtu budou provedeny kontrolní vrtné testy délky shodné s délkou nepříznivého vrtu,
- e) v případě nepříznivých výsledků vrtných testů bude postupováno dle přílohy “Zvláštní opatření proti ořesům” k technologickému postupu.

3. POZNATKY Z OVĚŘOVÁNÍ SYSTÉMU „DRR“ V PODMÍNKÁCH OKR

V OKR se použití metody „DRR“ ověřuje na vybraných pracovištích Dolu Karviná, závodu ČSA a Dolu Darkov, závod 2 ve slojích č. 34 (558), č. 37 (530) a č. 40 (504). Na Dole Karviná, závodu ČSA se jedná o poruby č. 22 3452, č. 22 3750 a č. 22 3752 v oblasti 22. kry zrušeného ochranného pilíře doubravských jam. Dále bylo ověřování metody „DRR“ prováděno v oblasti poruby č. 1 4068 v 1. kře důlního pole Doubrava. Na Dole Darkov se jedná o porub č. 340 206 v oblasti 2. dobývací kry na závodě 2, lokalitě Gabriela.

Z doposud získaných výsledků fyzických kontrol systému „DRR“, mapových podkladů a dílčích vyhodnocení použití systému „DRR“ v porubech č. 1 4068 a č. 22 3452 možno vyvodit určité poznatky.

Metodu „DRR“ lze považovat za expresní prognózní metodu ověřování napětového stavu v okolí porubních chodeb. Obdobně jako při používání metody vrtných testů je ověřován napětový stav v daném konkrétním místě, tzn. bodově (Ptáček, 2011).

Za pozornost stojí skutečnost, kdy po přiblížení se poruby č. 340 206 k zaplavené chodbě č. 340 224 na vzdálenost cca 100 m a menší ($L = 117$ m), došlo ke ztrátě funkčnosti sond ve vzdálenosti cca 70 m od porubní fronty. Ojedinelým případem je situace, kdy v tomtéž porubu se porubní fronta přiblížila k nevýrubu nadložní sloje č. 37f (cca 85 m nad slojí č. 40) na vzdálenost cca 15 m a došlo ke ztrátě funkčnosti sond postupně ve vzdálenosti cca 40 m až 85 m. V oblastech poruby č. 340 206, mimo tento nevýrub, se porubní fronta přiblížila k sondám na vzdálenost až pěti metrů. Z těchto ojedinelých případů nelze vyvozovat jednoznačné závěry, ale je nutné pro získání dalších podrobných informací pokračovat v ověřování metody „DRR“ hlavně v oblastech porubů s větší směrnou délkou. Všechny případy nefunkčnosti systému „DRR“ byly ověřeny provedením kontrolních vrtných testů z obou stran od tohoto nepříznivého vrtnu, s délkou shodnou s délkou nepříznivého vrtnu. Kromě provádění této metody je v porubních chodbách na vzdálenost L od poruby prováděna průběžná prognóza pomocí vrtných testů.

Nevýhodou metody „DRR“ je nutnost, po ztrátě funkčnosti systému, provedení dvojice klasických vrtných testů na ověření napětového stavu v tomto konkrétním místě. Dále je to skutečnost, že při ztrátě funkčnosti systému (zatlačení trubek) je nutné daný stav vždy považovat za nepříznivý, kdežto u vrtných testů jsou výnosy uhelné drtě mezi jednotlivými metry dány v určitém litrovém rozpětí.

Vzhledem ke skutečnosti, že metoda „DRR“ není českou legislativou uznána jako oficiální prognózní metoda, lze tuto metodu považovat jen jako doplňkovou prognózní metodu.

LITERATURA

- Baltz R. GEBIRGSSCHLAGVERHUTUNG - Ansprechen von Drehrohren in Testbohrungen mit erhöhtem Bohrkleinanfall, Glückauf, 138, No. 9, 2002, 453-456.
- Dvorský P., Kubica M., Vyhodnocení použití „stacionárních otočně-posuvných trubek“ – „Drehrüttelrohr system“ na výdušné třídě 1 40271 / 1 4027 poruby 1 4068 na Dole Karviná – ČSA, 2010.
- Jiráňková E., Petroš V., Šancer J. The assessment of stress in an exploited rock mass based on the disturbance of the rigid overlying strata. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 50, February 2012, Pages 77–82, ISSN: 1365-1609
- Ptáček J. Stanovisko k používání metody „stacionárních otočně-posuvných trubek“ v systému protiotřesové prevence v OKR, Ostrava, 2011.
- Směrnice - Richtlinien des Landesoberbergamts Nordrhein-Westfalen zum Schutz vor Gefahren durch Gebirgsschläge (Gebirgsschlag-Richtlinien), Sammelblatt der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6, 15.4.2008, http://esb.bezreg-arnsberg.nrw.de/a_2/a_2_015/a_2_015_005/a_2_015_002_001.html, 28.3.2012

PROPUSTNOST A OBJEMOVÉ ZMĚNY UHLÍ PŘI RŮZNÝCH ZKUŠEBNÍCH REŽIMECH **

Naj AZIZ ^{1)*}, Ting REN ¹⁾, Jan NEMCIK ¹⁾, Lei ZHANG ¹⁾

¹ School of Civil, Mining and Environmental engineering, Faculty of Engineering, University of Wollongong, Wollongong, Australia , 2522

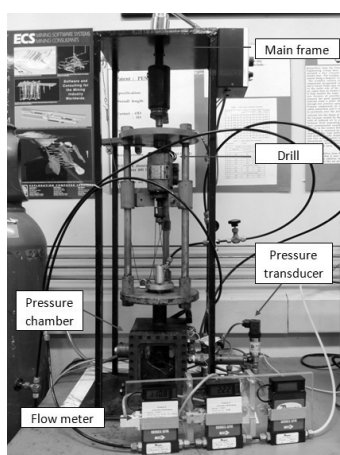
*E-mail pro korespondenci: naj@uow.edu.au

KEYWORDS: propustnost a objemové změny, uhelný plyn

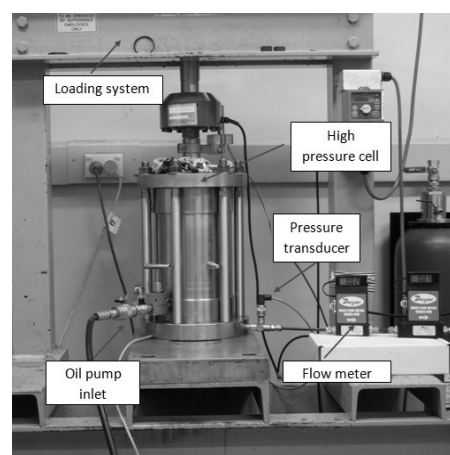
1. ÚVOD

Propustnost uhlí je jeho schopnost propouštět tekutiny pod vlivem hydraulického gradientu. Řada odborníků má za to, že propustnost má významný dopad na schopnost sloje produkovat plyn. Propustnost je ovlivněna texturou uhlí (tj. četností, průběžností stříhů a jejich šířkou) a značně se mění tak, jak se mění tlak tekutiny v uhelné sloji během tvorby plynu. Propustnost má vliv na produkci plynu a výkon plynového vrtu a závisí na různých faktorech, které zahrnují efektivní napětí, tlak plynu, obsah vody, porušení spojené s vrtáním, bobtnání/smrštění v důsledku adsorpce/desorpce.

Zkušební laboratorní program na propustnost byl zahájen výzkumnou skupinou pro plyn na Universitě Wollongong pro výzkum a vyhodnocování propustnosti a odplyňování uhlí, odebraného ze sloje Bulli, revír Sydney NSW v Austrálii. Program se skládal z duplicitního testování uhlí s použitím dvou různých testovacích přístrojů. Obě zkoušky byly prováděny v podmínkách trojosého stavu napjatosti. První zkušební metoda propustnosti byla prováděna s použitím multifunkčního zařízení na výzkum průtrži (MFORR); je znázorněno na obr. 1 (Aziz, a Li-Ming, 1999). Při této zkoušce byl vzorek uhlí uzavřen v plynové komoře a potom přímo podroben působení plynu jako stlačujícího média. Stlačený plyn byl veden do filtru přes vzorek uhlí, který byl zároveň vertikálně zatěžován. Centrálně vyvrtaný vývrt v uhlí umožnil plynu vycházet z komory řízeným způsobem. Druhý zkušební přístroj na měření propustnosti použitý v této studii je triaxiální komora (obr. 2), původně zkonstruovaná pro určování relativní propustnosti hornin za podmínek dvoufázového proudění.



Obr. 1 Multifunkční zařízení na výzkum průtrži



Obr. 2 Triaxiální komora

Propustnost vzorku uhlí testovaného v MFOOR byla vypočítána s použitím Darcyho rovnice:

$$K = \frac{\mu Q \ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)}{\pi L (P_1^2 - P_2^2)} \quad (1)$$

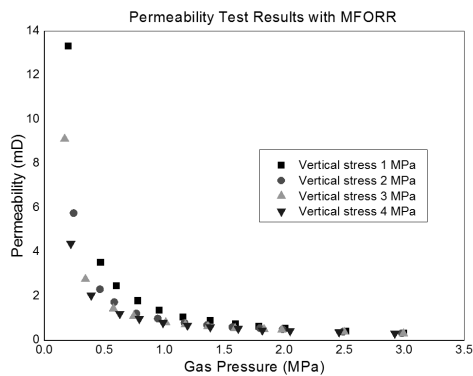
Kde K je propustnost uhlí, μ je viskozita plynu, Q je objemový průtok plynu, L je výška vzorku, r_o a r_i jsou vnější a vnitřní poloměr vzorku, P_1 a P_2 je absolutní tlak plynu uvnitř a vně komory.

Propustnost uhlí stanovená ve vysokotlaké komoře byla vypočítána pomocí upravené Darcyho rovnice, kde A je průřez vzorku.

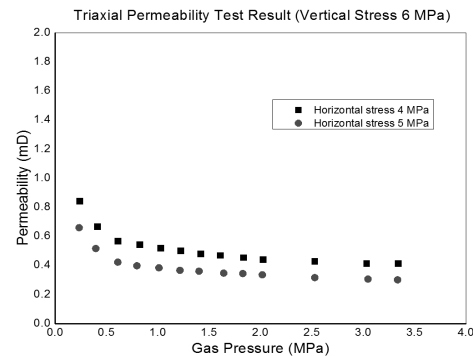
$$K = \frac{2Q\mu L P_2}{A(P_1^2 - P_2^2)} \quad (2)$$

Obr. 3 znázorňuje výsledky měření propustnosti uhlí pro N_2 v přístroji MFORR při působení různé úrovně vertikálního napětí. Pro každou úroveň vertikálního napětí propustnost uhelného vzorku klesá s rostoucím tlakem plynu a při vyšším tlaku plynu zůstává propustnost uhlí stabilní, mění se velmi málo i při různých vertikálních napětích. Výsledky testování ukazují, že hodnoty propustnosti zůstávají pod 2 mD, když tlak aplikovaného stlačujícího plynu je větší než 0.5 MPa.

Obr. 4 zobrazuje výsledky měření propustnosti pro N_2 v triaxiální komoře při různých tlacích plynu, která byla prováděna při vertikálním napětí 6 MPa. Boční deformace vzorků byla monitorována dvěma tenzometry. Propustnost uhelného vzorku klesala s růstem tlaku plynu. Při vyšším tlaku plynu zůstává propustnost uhlí konstantní; podobný trend jako u zkoušek propustnosti na MFORR. Při konstantním vertikálním napětí je propustnost uhlí nižší při vyšším plášťovém tlaku (horizontal stress).

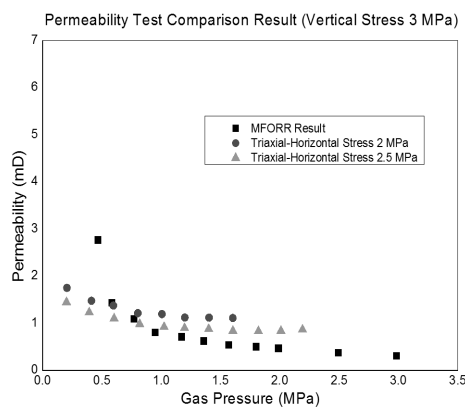


Obr. 3 Výsledky měření propustnosti uhlí v MFORR

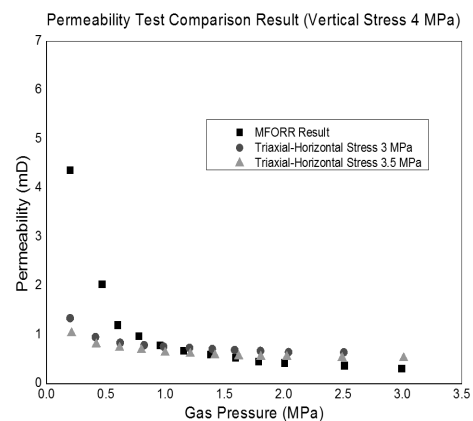


Obr. 4 Výsledky měření propustnosti uhlí v triaxiální komoře s vertikálním napětím 6 MPa

Obr. 5 znázorňuje srovnání výsledků měření propustnosti v MFORR a v triaxiální komoře při různém vertikálním napětí. I když výsledky zobrazují určitý významný rozdíl v hodnotách propustnosti při nižším tlaku plynu vzhledem k relativně nízkému plášťovému tlaku plynu při zkoušce v MFORR, za podmínek vysokého trojosého napětí propustnost konverguje ke stálé úrovni pod 2 mD. Nebyl zřejmý žádný výrazný matematický rozdíl mezi dvěma rozdílnými typy zkušebního zařízení a výpočetní metodou.



(a)



(b)

Obr. 5 Srovnání výsledků měření propustnosti v MFORR a v triaxiální komoře

Podobné výsledky byly potvrzeny i u jiných studií; Hayes (1982) uvedl, že propustnost uhelné sloje Bulli

byla značně menší než 1 mD. Lingard et al. (1984) uvedl, že propustnost australských uhlí z dolů v Appinu, West Cliff a Leichhardt se pohybovala od méně než 0.1 mD do 100 mD. Nedávno byla změřena propustnost uhlí ve sloji Bulli s použitím kombinace metod injektáže/poklesu a stupňovité rychlosti (intenzity) a výsledky z 31 lokalit sloje Bulli v dole West Cliff Colliery ukázaly průměrnou propustnost uhlí in situ jako 2.2 mD, s rozsahem od 0.005 mD do 5.8 mD.

V závěru studie bylo ukázáno, že propustnost uhlí klesá s rostoucím tlakem plynu bez ohledu na typ použitého přístroje. Úroveň poklesu propustnosti ale konverguje ke konstantní úrovni při stoupajícím vertikálním napětí a plášťovém tlaku. Není žádný významný matematický rozdíl mezi dvěma typy použitého zkušebního zařízení a výpočetní metodou. Výsledky obou zkoušek propustnosti jsou srovnatelné a souhlasí s výsledky zkoušek pro uhelnou sloj Bulli.

LITERATURA

- Aziz, N and Li-Ming, W, 1999. The effect of sorbed gas on the strength of coal – an experimental study. *Geotechnical and Geological Engineering* 17(3) (Honary eds: Indraratna and Aziz) , pp 387-402.
- Hayes, P J, 1982. Factors affecting gas release from the working seam, in *Proceedings of the seam gas drainage with particular reference to the working seam*, organised by the Aus IMM –Illawarra branch, University of Wollongong, May (Edit. A J Hargraves), pp 62-69,
- Indraratna, B and Haque, A, 1999. Triaxial equipment for measuring the permeability and strength of intact and fractured rocks, *Geotechnique* 49, pp 515-521.
- Lingard, P S, Phillips, H R, Doig, I D, 1984. Laboratory studies of sorption characteristics and permeability of triaxially stressed samples. *Proceeding 3rd Int. cong. on mine ventilation*, Harrogate, pp143-150

STABILIZACE HORNINOVÉHO POVRCHU POMOCÍ SKLOLAMINÁTOVÉHO POLYMEROVÉHO PLÁŠTĚ **

J. NEMCIK ^{1)*}, I. PORTER ¹⁾ and E. BAAFI ¹⁾

¹⁾School of Civil, Mining and Environmental Engineering Faculty of Engineering, University of Wollongong, Wollongong, Australia, 2522

*Corresponding author's e-mail: jnemcik@uow.edu.au

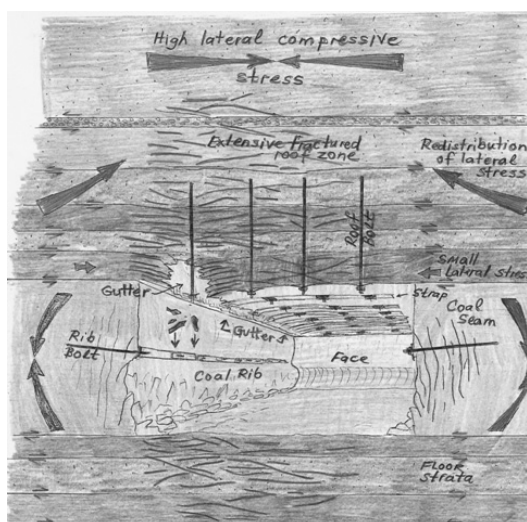
KLÍČOVÁ SLOVA: kotvy a svorníky, laboratorní testování

1. ÚVOD

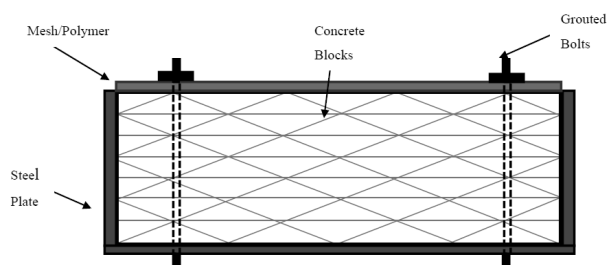
Na důlní chodby budované ve vysoce namáhaných horninách působí nadložní smyková napětí, která se za nepříznivých podmínek mohou projevit jako velmi dobře známý symptom podélného žlabu, zvláště v blízkosti hrany chodby vedoucí kolmo ke směru hlavního horizontálního napětí, jak je znázorněno na obr. 1. Tyto nadložní stříhové deformace mohou postupně snížit účinnost svorníkové výztuže v blízkém nadloží a ovlivnit stabilitu bezprostředního nadloží. Tento příspěvek uvádí výsledky studie zaměřené na výzkum účinnosti polymerů jako pláště stropu porubních chodeb v podmínkách horninového prostředí s vysokým napětím, protože mohou zajistit lepší zpevnění stropu než běžně používané ocelové pletivo. Aby polymerový plášť mohl být považován za vhodnou náhradu za ocelové pletivo, musí být výhody polymerového vyztužení jasně demonstrovány.

2. POROVNÁNÍ ZAJIŠTĚNÍ STROPU DÍLA POMOCÍ OCELOVÉHO PLETIVA A POLYMEROVÉHO PLÁŠTĚ

Abychom vyhodnotili schopnost ocelového pletiva a pláště ze sklolaminátového polymeru zpevnit poškozené stropní vrstvy, byly ocelové pletivo a 5 mm polymerová vrstva aplikovány na betonový blok, jak je znázorněno na obr. 2.



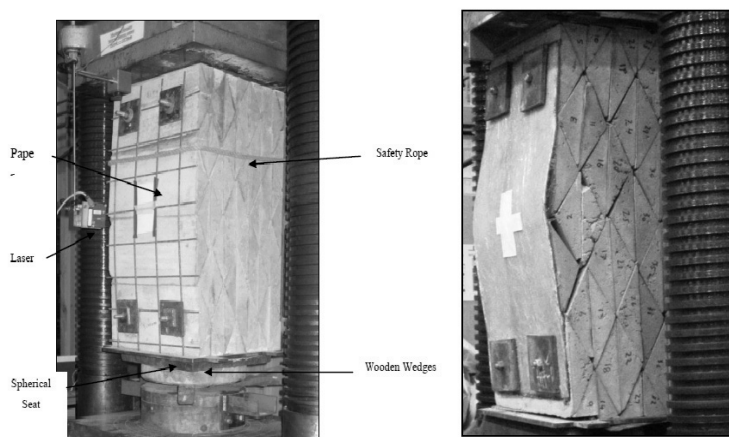
Obr. 1 Typické podmínky nadloží v porubní chodbě v prostředí s vysokým laterálním napětím



Obr. 2 Zkušební blok vytvořený z betonových hranolů napodobujících plochy porušení

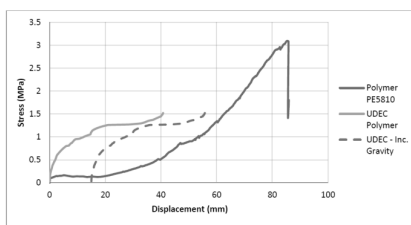
Byly provedeny tři zkoušky ve velkém měřítku. Vedle zkoušky bez plášťového vyztužení, jejíž výsledkem bylo očekávané porušení povrchu, byl v druhé zkoušce použit sklolaminátový polymer pro plášťové vyztužení a ocelové pletivo bylo použito v další zkoušce. Rozměry bloku byly omezeny na rozměry 800 x 400 x 400 mm kvůli rozměrům zkušebního zařízení (lisu). Betonový blok byl umístěn do zátěžového stroje a zatěžován rychlostí 0,5 mm za minutu, přičemž bylo monitorováno zatížení a posunutí (obr. 3).

Výsledky zkoušky uvedené na obr. 4 uvádějí, že sklolaminátový polymer spojený s betonový blokem zajistil pevnější a větší vyztužení než pasivní výztuž z ocelového pletiva. Vcelku jak ocelové pletivo, tak polymerový plášť nedosáhly svých mezních pevností, protože každý pokus byl ukončen v důsledku nadměrné deformace betonových bloků a nebezpečných podmínek, které nastaly v pozdějším stadiu každé zkoušky. Počáteční etapy zatěžování vůči posunutí v obou zkouškách naznačují podobné chování, ale v pozdější etapě bylo zaznamenáno výraznější zatěžování vzorku vyztuženého polymerovým pláštěm.

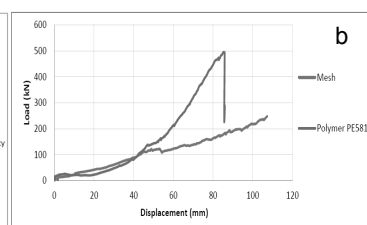
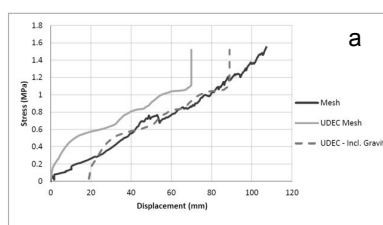


Obr. 3 Zatěžování dvou betonových bloků vyztužených ocelovým pletivem a polymerovým pláštěm

Experimentální zkoušky byly modelovány s použitím Universal Distinct Element Code (UDEC). Vlastnosti ocelového pletiva jsou velmi komplexní, protože velmi závisí na směru, ve kterém je pletivo zatěžováno. Pro vzorek ocelového pletiva byly modelované vlastnosti přizpůsobeny tak, aby představovaly podíl ocelového pletiva skutečně pokrývajícího celkovou plochu povrchu. Numerické modely zkoumaly ocelové pletivo a polymerový plášť výztuže a jejich schopnost zpevnit povrch hornin. Modelovaný blok byl umístěn stejným způsobem jako testovaný fyzický model. Grafické znázornění zatěžovaných modelů je uvedeno na obr. 4 a 5 (a) a (b) podle pořadí.



Obr. 4 Výsledky zatížení vs posunutí pro zkušební betonové bloky vyztužené polymerovým pláštěm a ocelovým pletivem



Obr. 5 Zatížení a posunutí modelu UDEC vyztuženého (a) ocelovým pletivem, (b) sklolaminátovým polymerovým pláštěm, porovnání s experimentálními údaji.

3. ZÁVĚR

Ocelové pletivo zajišťuje pasivní výztuž stropu, zatímco podle očekávání polymerový plášť přilne k povrchu horniny a působí jako kompozitní materiál s horninou. Provedené zkoušky demonstrovaly koncepci efektivního plášťového vyztužení. Výsledky modelování jasně podporují výsledky laboratorního výzkumu a demonstrují, že sklolaminátový polymerový plášť nabízí pevnější systém pažení stropu.

Polymerový plášť má potenciál nahradit ocelové pletivo jako hlavní formu pažení stropu v hlubinných uhlíkových dolech. Výsledky získané z experimentálních výzkumů a výpočetních modelů jasně ukazují, že testované sklolaminátové polymery jsou lepší než ocelové pletivo při snižování deformací stropu chodeb. Polymer má schopnost proniknout do zlomů, spojovat dohromady sousedící úlomky a zajistit pevnější a účinnější vyztužení. Polymer nejen zajistí lepší odolnost vůči rotaci a vychýlení, ale také snese vyšší zatížení než pletivo. Navíc se může polymer sám úspěšně spojovat (vázat) a tak zlomy a poškozené plochy mohou být snadno opraveny.

LITERATURA

- J. Nemcik, I. Porter, E. Baafi and J. Towns, (2011) Bearing Capacity of a Glass Fibre Reinforced Polymer Liner, 11th Underground Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011, 148-153.
- J. Nemcik, I. Porter, E. Baafi and J. Navin, (2011) Determining the Ultimate Strength of 'Tough Skin', a Glass Fibre Reinforced Polymer Liner, 11th Underground Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011, 154-158.

MONITOROVÁNÍ PODPĚRNÉ A SVORNÍKOVÉ VÝZTUŽE STROPU: OPTIMALIZACE KONSTRUKCE **

Piotr MAŁKOWSKI ^{1)*}, Zbigniew NIEDBALSKI ¹⁾, Joanna HYDZIK-WIŚNIEWSKA ¹⁾

¹ AGH University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

*E-mail pro korespondenci: niedzbig@agh.edu.pl

KLÍČOVÁ SLOVA: stabilita důlních chodeb, monitorování

1. ÚVOD

Zachování stability chodeb v hlubinných dolech, tak aby plnily bezchybně svou technickou funkci a zajistily tak bezpečné pracoviště pro důlní pracovníky, je základním problémem v hlubinném hornictví. Chodby jsou obvykle chráněny podpěrnou výztuží stojkového typu, která může být v obtížných geologických nebo měnicích se důlních podmínkách dodatečně zpevněna. V posledních letech je nejčastěji používáno kotvení pomocí tyčových nebo lanových kotev jako prostředek pro vyztužování. Taková konstrukce se často nazývá jako kombinovaná výztuž, využívající podpěrnou (rámovou) a svorníkovou výztuž stropu.

Podpěrná a svorníková výztuž stropu je konstruována v mnoha variantách nebo verzích, protože existuje řada rámových konstrukcí a prakticky nekonečný počet možných uspořádání pro rozmístění svorníků. Vhodný výběr pro uspořádání podpěrné výztuže se svorníkovou výztuží pro konkrétní geologické a důlní podmínky se jeví vysoce problematický (Majcherczyk et. al. 2011). Účinnost takového řešení byla dobře dokumentována řadou praktických experimentů, nicméně výzkum je často založen pouze na vizuálním hodnocení stavu chodeb a uspořádání výztuže, které neposkytuje rozumná východiska pro hodnocení chování výztuže a obklopujícího horninového masivu v delším časovém období nebo v měnicích se důlních podmínkách. Jedinou cestu pro optimalizaci uspořádání výztuže v konkrétních podmínkách je vhodné provedení správného monitorování podpěrné a svorníkové výztuže v přírodních podmínkách (Layer 1996, Bawden & Tod 2002, Majcherczyk et al. 2006). Tato metoda umožňuje získat pracovní charakteristiku pro konkrétní prvky výztuže a může ověřit vhodnost použitého uspořádání výztuže.

Příspěvek předkládá vzorové výsledky monitorování uspořádání s podpěrnou a svorníkovou výztuží vybraných z řady výzkumných projektů, které autoři realizovali. Diskutované výsledky jsou založeny na měření pevnostních parametrů hornin v laboratoři a výzkumu in-situ, tj. měření konvergence v důlních dílech, měření sil ve svornících, rozvolňování průvodních horninových vrstev pomocí extenzometrů a endoskopů a monitorování zatěžování rámové konstrukce dynamometry. Komplexní měření podpěrné a svorníkové výztuže spolu se specifikací geologických, důlních a geomechanických podmínek umožnila formulovat vhodné hodnocení chování výztuže a její účinnost v konkrétních podmínkách.

2. METODY MONITOROVÁNÍ CHOVÁNÍ VÝZTUŽE V DŮLNÍCH CHODBÁCH

Monitorování důlních děl se obvykle provádí ve třech dále uváděných oblastech: měření změn v horninovém masivu, měření zatížení v konkrétních prvcích výztuže a sledování změny geometrie dobývání.

Ve většině případech umožňuje monitorování výztuže určit optimální podmínky, ve kterých můžeme minimalizovat počet svorníků, jejich délku a velikost podpěrné výztuže, zatímco rozteč budování může být zvětšena. Výsledkem je, že takové postupy monitorování nabízejí řadu výhod. Jsou to: zvýšení bezpečnosti, kterou nabízejí použitá řešení, usnadnění neustálého hledání pro inovovanější uspořádání výztuží, snižování nákladů na těžbu a zajištění optimální ochrany chodeb s ideálním uspořádáním výztuže vůči dynamickému zatěžování.

3. VYBRANÉ APLIKACE PRO ZPEVNĚNÍ VÝZTUŽÍ V DŮLNÍCH CHODBÁCH A HODNOCENÍ JEJICH STABILITY

Jak bylo zmíněno v úvodu, existuje řada možných uspořádání pro systém podpěrné a svorníkové výztuže stropu. Další část příspěvku uvádí výsledky monitoringu realizovaného ve třech vybraných chodbách s různým uspořádáním výztuže prováděného v různých důlně geologických podmínkách. Byly použity různé typy měřícího zařízení pro vyhodnocení stability podpěrné výztuže s ukotvenými stropnicemi, vyztužení svorníky mezi oblouky rámové výztuže, vyztužení lanovými svorníky mezi rámovou konstrukcí a vyztužení se stropnicemi kotvenými

lanovými svorníky.

4. ZÁVĚRY

Monitorování stability ve vybraných důlních chodbách s podpěrnou rámovou konstrukcí vyztuženou tyčovými nebo lanovými kotvami umožňuje formulovat tyto praktické závěry:

- Dodatečně zpevněná výztuž podpěrného typu ukazuje svoji užitečnost v různých důlních a geologických podmínkách. Zvláště její uspořádání by mělo být nastaveno podle stropních podmínek, kdežto potenciální vliv dobývání na dílo by měl být uvažován při návrhu výztuže.
- V případě vysoce pevnostních parametrů horninového masivu bez výskytu ovlivnění závažnými důlními faktory (např. vliv zavalovaných stařin nebo ovlivnění stěnovým porubem), standardní rozteč rámové podpěrné výztuže (tj. 0.75-1.0 m) může být zvětšena až na 1.5 m. V takovém případě, je ale absolutně nutné vhodně vyztužit horninový masiv svorníky. V analyzovaném případě s použitím rozteče oblouků 1.5 m vyžaduje efektivní využití svorníkové účinnosti (práce) na úrovni 70-80%.
- Jak ukazuje výzkum, je použití dlouhých lanových kotev také efektivní v seizmicky nebezpečných podmínkách, hlavně vzhledem k jejich únosnosti přesahující 400 kN a jejich velkému deformačnímu odporu. Expertízy získané v průběhu studie uvádějí, že svorníky s jejich potenciálem absorbovat elastickou deformační energii v určitém rozsahu můžou úspěšně působit proti rozvolnění nadloží. Měření prováděná jako součást prezentovaného výzkumu neukázaly změny v analyzovaném důlním díle po výskytu důlního ořesu v bezprostředním okolí.

Mělo by být také zdůrazněno, že dlouhodobý výzkum v uhelných dolech znázorňuje vývoj v rozsahu používaných svorníků. Během posledních dvou desetiletí došlo k obrovské změně v používaných typech a délkách implementovaných svorníků. Na počátku byly používány tyčové svorníky s délkou asi 2.0 m a únosnosti v rozsahu 120 - 200 kN. Následně se objevily lanové kotvy o délce cca 6,0 m. V současnosti se používají i delší lanové kotvy pro zpevnění důlních chodeb v hlubinných dolech: jejich obvyklá délka se pohybuje mezi 6 a 10 m, ale někdy dosahuje až 12 - 15 m s jejich únosností větší než 420 kN. Na jedné straně taková rychlost pokroku byla vynucena zvětšením rozměrů důlních děl a vznikem významnějších vlivů působících na horninový masiv. Na druhé straně vývoj umožnil implementovat pokročilejší technologie a inovační materiály pro kotvení.

Příklady monitorování stability důlních chodeb prezentovaných v tomto příspěvku ukazují, že zkoušky v uhlém dole umožňují výzkumníkům přesně vyhodnotit chování horninového masivu obklopující důlní dílo a konkrétních prvků výztuže. Měření podobných parametrů s použitím různých metod (např. hodnocení rozvolňování nadložních vrstev pomocí endoskopu a extenzometrů) často přinášejí rozdílné výsledky. Hodnoty získané při monitorování se striktně vztahují na vlastnosti hornin a typ použitého uspořádání výztuže.

Zdá se, že klíčovým prvkem měření v uhelných dolech je možnost využití těchto výsledků v numerickém modelování (Procházka & Trčková 2008, Małkowski et. al. 2008). Použití tzv. reverzní analýzy umožňuje výzkumníkům vybrat vhodné modely horninového masivu, jejich vlastnosti a míra vlivu horninového masivu na výztuž. Model cejchovaný tímto způsobem může sloužit jako základ pro navrhování důlních chodeb s využitím numerických metod.

Tento článek byl vypracován v rámci výzkumného projektu č. N N524 36338.

LITERATURA

- Bawden W.F., Tod J.D.: Optimization of Cable Bolt Ground Support Using SMART Instrumentation. Int. Soc. for Rock Mech. News Journal, January 2003, 10-16.
- Layer E.: Automatic roof bolt strain monitoring in coal mines. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Volume 33, Number 1 1996, 93-95.
- Majcherczyk T., Małkowski P., Niedbalski Z.: Ruchy górotworu i reakcje obudowy w procesie niszczenia skał wokół wyrobisk korytarzowych na podstawie badań „in situ”. Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii, Kraków 2006.
- Majcherczyk T., Małkowski P., Niedbalski Z.: Stand-and-roof-bolting support: an effective way of roadway reinforcement. 22nd World Mining Congress & Expo: 11–16 September 2011, İstanbul, Vol. 1, ed. Sinasi Eskikaya, Aydogdu Ofset, Ankara, 279–285.
- Małkowski P., Niedbalski Z., Majcherczyk T.: Endoscopic method of rock mass quality evaluation – new experiences. San Francisco: 42nd US rock mechanics symposium; 2nd US-Canada rock mechanics symposium : June 29–July 2 2008, Westin San Francisco: proceedings CD, 1-7.
- Procházka P., Trčková J.: Stress and deformation states in underground structures using coupled modelling. Acta Geodynamica et Geomaterialia Vol. 5, No. 4 (152) 2008, 361–375.

OBJASNĚNÍ GEOLOGICKÉ STRUKTURY PRO OTEVŘENÍ UHELNÉHO A BAŽINNÉHO PLYNU POMOCÍ MAGNETO-TELLURICKÉ METODY **

Hisafumi ASAUE ^{1)*}, Masahito SASAHARA ²⁾, Toru YOSHINAGA ¹⁾, Yuzo OBARA ¹⁾, Kagemi UCHIDA ³⁾, Hiroyuki MATSUMOTO ³⁾

¹ Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami Chuoku Kumamoto, Japan.

² Toda Corporation, 1-7-1 Kyoubashi Chuoku Tokyo, Japan.

³ Kushiro Coal Mine Co., Ltd., 5-2-23 Okitsu Kushiro Hokkaido, Japan.

*E-mail pro korespondenci: asaue@kumamoto-u.ac.jp

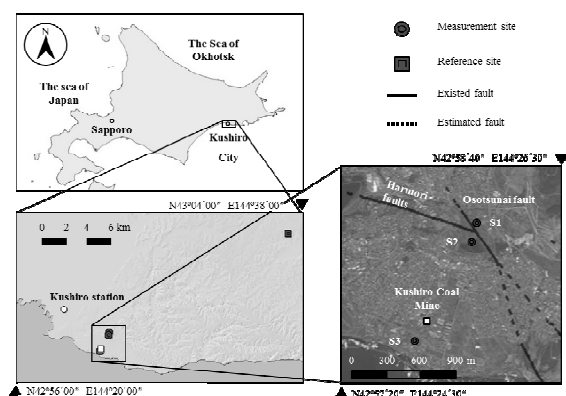
KLÍČOVÁ SLOVA: zdánlivý odpor, křídový útvar, město Kushiro, zlom Osotsunai, zlom Harutori

1. ÚVOD

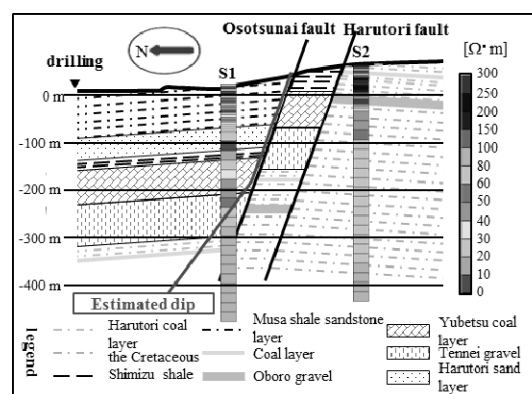
Hlavní možnosti získávání energie v Japonsku jsou zemní plyn (29,4 %) a atomová energie (29,2%). Nicméně se vzhledem k zemětřesení v Tohoku reviduje využití atomové energie v souvislosti se stoupající poptávkou po uhlí, které je levnější než vzrůstající cena ropy a zemního plynu. Ale využití uhlí závisí z více než 99% na dovozu. Množství dobývaného uhlí je přibližně 1,300,000 tun ročně na Hokkaido. Pro vyhodnocení uhelných ložisek je nutné podrobně objasnit geologickou strukturu kolem uhelné oblasti od mělkých do větších hloubek. Ke zjištění geologické struktury pro vyhodnocení zásob uhlí v blízkosti zlomu Harutori se používají magneto-tellurická (MT) a audito magneto-tellurická metoda (AMT). Základní principy metody MT a AMT jsou téměř stejné, ale hlouka průniku a rozlišení se liší vzhledem k rozdílu frekvenčního pásma. V této oblasti se nachází zlom Osotsunai, který pokračuje ke zlomu Harutori. O těchto zlomech existuje málo studií. A tedy neznáme jejich strukturu.

2. OBLAST STUDIE A MÍSTA MĚŘENÍ

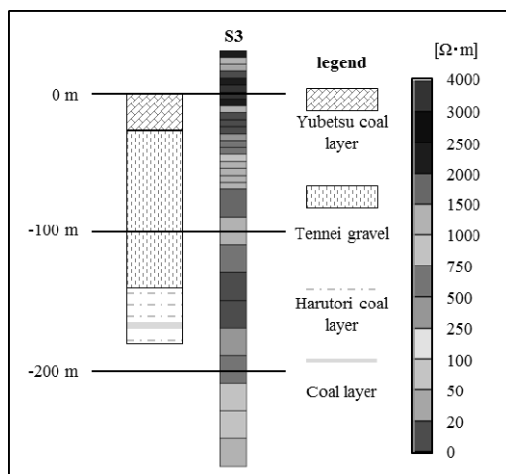
Zlom Harutori se nachází v jižní oblasti města Kushiro v Japonsku. Využitelné zásoby uhlí se odhadují na asi 120,000,000 tun. Nicméně nebyly provedeny průzkumy zlomů Harutori a Osotsunai. Místa měření metodou MT a AMT byla vybudována na obou stranách těchto zlomů. Místo na severní straně je označeno S1 a druhé je S2. Místo S3 je vybudováno asi 1,5 km od místa S2. Kromě toho je vybudováno referenční místo asi 30 km od měřicích míst. Místa měření a referenční místo a odhadovaná poloha zlomů²⁾ jsou znázorněny na obr. 1. Zařízení pro metodu MT a AMT byly vyrobeny firmou Phoenix Corporation a nazývají se podle pořadí MTU-5U a MTU-5A. Zařízení MTU-5U mohou získávat údaje ze dvou horizontálních elektrických polí a zařízení MTU-5A ze dvou horizontálních a jednoho vertikálního magnetického pole. Měření byla prováděna od 22. srpna do 2. září 2011.



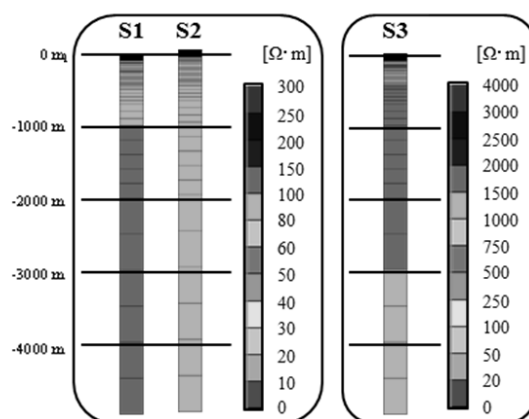
Obr. 1 Studie a místa měření



Obr. 2 Rozložení odporu S1 a S2 a geologie



Obr. 3 Porovnání rozložení odporu S3 a geologická kolonka



Obr. 4 Rozložení odporu všech míst až do hloubky -5,000 m

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Rozložení odporu S1 a S2 je znázorněno na obr. 3. Pevninský povrch je nedílnou součástí pro vybrané pevné horniny, protože jsou uloženy ve vrstvě povrchu. Z tohoto důvodu se má za to, že zóna nízkého odporu je v mělké části S1 a zóna v S2 odpovídá spodní vodě. Zónou nízkého odporu ve výšce od -100 do -120 m v S1 jsou odhadované vrstvy uhlí nebo jilu sloje Yubetsu, ale zóna nízkého odporu se neobjevuje v poloze geologického profilu ve výšce -330 m, která odpovídá uhelné vrstvě. Na základě této skutečnosti se odhaduje, že zlom Osotsunai existuje ve výšce -200 do -330 m a uhelná vrstva je přemístěna tímto zlomem. Proto se zlom Osotsunai nachází mezi dnem vrstvy Yubetsu a štěrkem Tennei a je spojen s vrstvou křídly. Pod úrovní -350 m se odhaduje pevninský blok křídly, který se rozděluje do zlomů Osotsunai a Harutori. Kromě toho zóna nízkého odporu ve výšce -10 m v místě S2 odpovídá kolektoru (vodonosné vrstvě) pod štěrkem Oboro. Má se za to, že zlomy Harutori a Osotsunai jsou na severní straně S2 a oba sklony (inklinace) (zlom Harutori: severní inklinace 210 m, zlom Osotsunai: východní inklinace 180 m) se téměř shodují v rozložení odporu na sklonu -400 m. Rozložení odporu místa S3 a geologický profil asi 1.500 m od S3 jsou zobrazeny na obr. 4. Zóna nízkého odporu na výšce -30 m je způsobena podzemní vodou, která se nachází v mělké části S1 a S2. Zóna vysokého odporu ve výšce -100 m odpovídá uhelné vrstvě Harutori, protože uhelná vrstva Harutori v S2 ukazuje vysokou hodnotu odporu. Rozložení odporu na všech sledovaných lokalitách až do hloubky -5000 m je znázorněno na obr. 4. Dno křídlové vrstvy se neobjevuje na žádném místě. Proto se vrstvy za hloubkou -500 m považují za stejné a mocnost křídlové vrstvy se odhaduje na 4.000 m nebo větší v této oblasti. Protože existuje studie o mocnosti křídlové vrstvy, která přesahuje 3.000 m, je toto správný odhad 3).

4. ZÁVĚR

V této studii je geologická struktura kolem oblasti dobývání uhlí hodnocena pomocí metody MT a AMT. Výsledkem studie byl odhad úhlu inklinace zlomů a existence kolektoru s mocností asi 200 m na místě hlubším než -500 m křídlové vrstvy. Z těchto důvodů je nutná větší hloubka průzkumných vrtů než 800 m. Také mocnost křídlové vrstvy může být odhadována na 4.000 m nebo více. Jsou porovnány a vyhodnoceny výsledky stanovující geologický profil, strukturu zlomů, kolektor a uhelnou vrstvu.

LITERATURA

Japan Coal Energy Center, The basics of coal resources development, 2010, pp. 21-23. (in Japanese)

Geological Survey of Japan, AIST., Integrated Geological Map Database, <http://iggis1.muse.aist.go.jp/en/top.htm>, 3.10.2012

T. Koaze., M. Nogami., Y. Ono., and K. Hirakawa., Japanese topography 2. Hokkaido, University of Tokyo Press, 2003, pp. 25.

MECHANISMUS PORUŠOVÁNÍ PEVNÉHO NADLOŽÍ PŘI DOBÝVÁNÍ METODOU SMĚRNÉHO STĚNOVÁNÍ V PODMÍNKÁCH MULTISLOJOVÝCH KARBONSKÝCH LOŽISEK

Eva JIRÁNKOVÁ ^{1)*}, Lubomír STAŠ ²⁾, Vlastimil KAJZAR ²⁾, Hana DOLEŽALOVÁ ²⁾

¹ VŠB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic

² Institute of Geonics of the AS CR, v.v.i., Studentska 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, Czech Republic

*E-mail pro korespondenci: eva.jirankova@vsb.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: poklesová kotlina, horský masiv, nadložní vrstvy, stěnové dobývání, tenzometrické měření.

1. ÚVOD

Metoda hodnocení porušování pevného nadloží je využitelná při hlubinném dobývání mocných slojí (větších než 1 m) metodou směrného stěnování na řízený zával. Výsledkem hodnocení porušování pevného nadloží je zjištění, zda již došlo k deformaci pevných nadložních hornin nebo zda se nad vyrubaným prostorem vytvořila vzpěrná klenba.

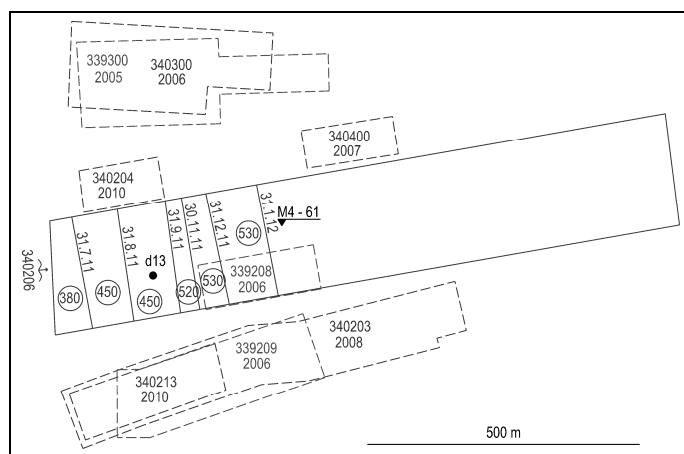
Předpokladem pro úspěšné hodnocení je dobrá znalost důlně technických a geologických podmínek dané lokality.

Výhodou využití povrchových měření je možnost interpretace důsledků změn v horském masivu zejména v oblasti vyššího nadloží. Praktický význam hodnocení porušování nadloží spočívá ve stanovení rozměrů plochy výrubu, při které došlo k deformaci pevného nadloží v závislosti na charakteru horského masivu.

V příspěvku bude dána do souvislosti předpokládaná šířka výrubu v době deformace pevného nadloží s parametry, které popisují dobývání a přírodní podmínky dané lokality. Současně budou dány do souvislosti změny v okolí výrubu z výsledků tenzometrických měření.

2. POPIS LOKALITY

V článku jsou uvedeny výsledky hodnocení porušování pevného nadloží při dobývání porubu 340 206 ve 40. sloji 2. kry dobývacího prostoru Darkov. Dobývání bylo zahájeno v červenci 2011, probíhá metodou směrného stěnování na řízený zával s průměrnou dobývanou mocností 5 m. Postup porubní fronty a předchozí dobývání v okolí hodnoceného porubu je znázorněno na Obr. 1.

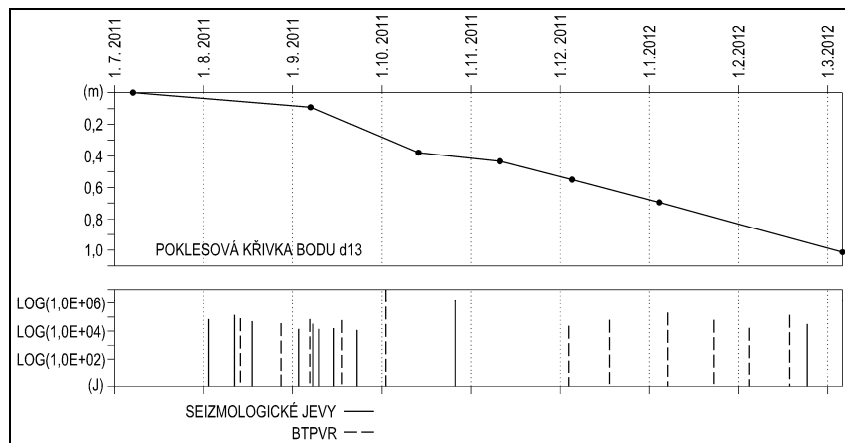


Obr. 1 Situování vrtu M4 – 61 a povrchového bodu d13 vzhledem k porubu 340 206 a dřívějším dobýváním.

Informace o charakteru nadloží byly získány z vrtu M4 – 61, v jehož linii se nachází 26 m mocné meziloží sloje 39 a 40. Meziloží je tvořeno převážně hrubozrnými pískovci a slepenci. Meziloží slojí 37f a 39 je 44 m mocné a je tvořeno převážně jemnozrným a hrubozrným pískovcem.

Tektonický vývoj v oblasti je značně složitý. Západně od porubu 340 206 probíhá tektonická porucha Gabriela, východně tektonická porucha Eliška, severně tektonická porucha Ležatá.

Za účelem měření pohybů povrchu byla stabilizována síť povrchových bodů, jejichž poloha a výška je periodicky určována metodou GNSS (Kajzar et al., 2012). Pro prezentaci současného hodnocení poklesů povrchu a seizmologické aktivity v průběhu dobývání porubu 340 206 byl vytipován bod d13, Obr. 2.



Obr. 2 Poklesová křivka povrchového bodu d13 s grafickým zobrazením registrovaných významných seizmologických jevů v dané oblasti.

3. ZÁVĚR

Za pevné nadloží se považuje vrstevnatý nehomogenní nosník tvořený vrstvami, které jsou různě mocné a mají rozdílné mechanické vlastnosti. Metoda hodnocení porušování pevného nadloží exploatovaných slojí je založena na současném hodnocení poklesů povrchu a seizmologické aktivity vzhledem k časoprostorovému postupu dobývání a charakteru horského masivu. Při porušení pevného nadloží dochází ke křehké deformaci těch vrstev, které mají malou schopnost průhybu. Oproti tomu vrstvy, které mají dobrou schopnost průhybu, se při porušení pevného nadloží pružně přizpůsobí změněným úložním podmínkám.

Z vývoje poklesů povrchu prezentovaného poklesovou křivkou bodu d13, záznamu registrovaných významných seizmologických jevů a dřívějších zkušeností (Jiránková 2010) vyplývá, že v průběhu dobývání porubu 340 206 docházelo k postupnému porušování nadložních hornin. Z Fig. 2 je patrný nástup poklesů povrchu doprovázený výskytem přírodních seizmologických jevů i jevů pocházejících z prováděných BTPVR. V této době (od srpna do října 2011) docházelo k postupnému porušování pevného nadloží. Po provedených BTPVR 2. 10. 2011 byl postup porubní fronty na cca 3 týdny zastaven, což se projevilo i na snížení nárůstu poklesů povrchu. Následující dobývání vyvolalo nový nárůst poklesů povrchu a bylo doprovázeno významnými seizmologickými jevy pocházejícími pouze z BTPVR. Lze tedy předpokládat, že v této době převažují pružné deformace nadložních vrstev nad deformacemi křehkými.

V článku jsou závěry z hodnocení porušování pevného nadloží konfrontovány s výsledky tenzometrických měření ve vrtech (Staš et al., 2011).

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vypracován v rámci projektu ICT CZ.1.05/2.1.00/03.0082 (Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin) financovaného Evropskou unií a z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a rovněž v rámci projektu VG20102014034 (Bezpečnostní aspekty vedení báňských děl v hloubkách 800 m a větších) financovaného z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva vnitra.

LITERATURA

- Jiránková E. Assessment of rigid overlying strata failure in face mining. Central European Journal of Geosciences, Volume 2, Number 4, December 2010, p. 524-530, ISSN 1896-1517.
- Kajzar, V., Doležalová, H., Souček, K. and Staš, L.: 2012, Gabriela Locality: Starting Geodetic Observations to Detect the Surface Manifestations from Undermining. Acta geodynamica et geomaterialia, Vol. 9, No. 3, 2012, ISSN 1214-9705 (in print).
- Staš, L. ; Knejzlík, J. ; Palla, L. ; Souček, K. ; Waclawik, P. Measurement of stress changes using compact conical -ended borehole monitoring. Geotechnical Testing Journal, 2011, Volume 34, Issue 6, p. 685-693. ISSN 0149-6115.

STRUKTURNÍ ZMĚNY HORNIN VYSTAVENÝCH VYSOKÝM TEPLOTÁM A JEJICH DOPAD NA TEPLOTNÍ PARAMETRY **

Piotr Malkowski¹⁾ Zbigniew Nieddbalski¹⁾

¹⁾ AGH University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polsko

* E-mail pro korespondenci: malkgeom.agh.edu.pl

KLÍČOVÁ SLOVA: strukturní změny hornin, vysoká teplota, termální vlastnosti hornin, žihání hornin

1. ÚVOD

Tento článek představuje výsledky laboratorních zkoušek hornin, obklopujících geo-reaktor zkonstruovaný v Polsku: změny objemové hmotnosti, měrné hustoty a pórovitosti v důsledku vysokých teplot. Výše uvedené výsledky byly porovnány s výsledky zkoušek tepelné vodivosti hornin vzhledem k jejich měrné tepelné kapacitě a kapacitě přivodní teploty. Studie zahrnovala jílovce, prachovce a pískovce. Všechny zkoumané horniny byly pro tento účel zahřívány na teplotu 10000 C nebo 12000 C v závislosti na vzdálenosti vrstvy od zkonstruovaného geo-reaktoru. Je prokázáno, že teplota do 6000 C může stále vyskytnout na vzdálenosti 2 metrů od spálené uhelné slaje a v rozdrčeném horninovém masivu i na vzdálenosti 6 metrů. Byla také provedena korelace analyzovaných fyzikálních vlastností a mineralogický rozbor tepelně ovlivněných hornin.

2. ZMĚNY STRUKTURNÍCH PARAMETRŮ

Dopad vysoké teploty na změnu struktury hornin a jejich složení byl stanoven pozorováním chování horniny v průběhu jejího žihání v peci a následně měřením výše uvedených parametrů na vzorcích horniny po ochlazení.

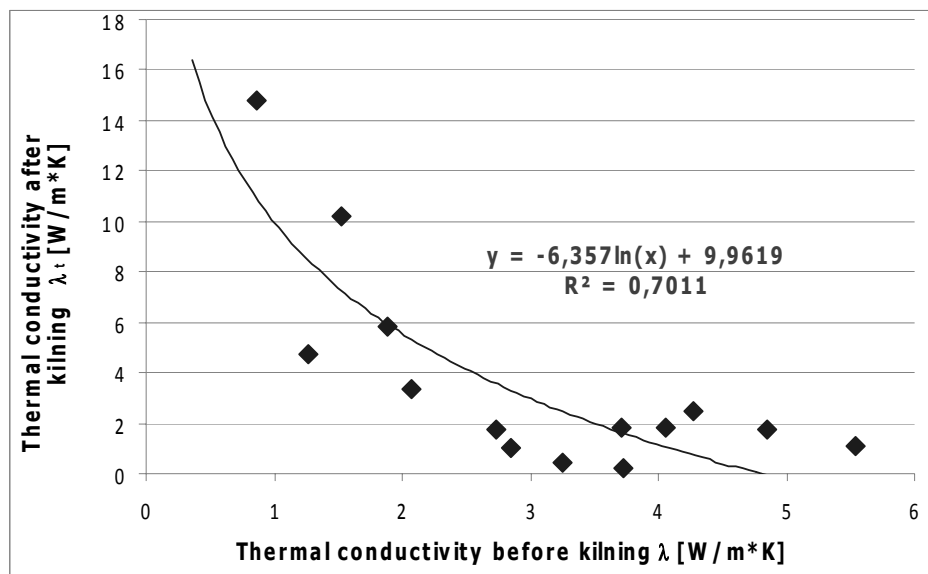
Nejprve byla pozorována jasně rozdílná povaha reakce na vysoké teploty pro konkrétní typy hornin (obr. 1-3). Podobná pozorování provedl Mao (Mao et al. 2008). Jílovce při spalování zcela změnilly barvu do hněda (obr. 1) a také se objevila vrstevnatost a rozdrobení na jemné kousky v díky obsahu jílových minerálů.

Prachovce obecně nemění svůj vzhled, ale často se drojí podél plochy vrstevnatosti (obr. 2). Laminy jílovitých materiálů byly přepáleny a změnilly barvu na hnědočervenou. Pískovce si zachovaly svůj původní tvar horninových těles (Obr. 3) a v důsledku obsahu některých minerálů došlo ke změně jejich barvy na červenou nebo hnědou. Nedostatečná reakce na vysoké teploty u prachovců a pískovců byla způsobena vlivem malého množství základní hmoty (pod 30 %), množství základní hmoty přesahující 50 % naopak zrychlilo rozklad hornin.

Studie strukturních a fyzikálních vlastností, provedených na 26 vzorcích ukazují, že po vyžhání v peci všechny analyzované horniny zvětšují svoji objemovou hmotnost a snižují svoji měrnou hmotnost. Největší změny jsou zaznamenány u prachovců, které mohou zvýšit svoji objemovou hmotnost po asi o 20% (série 8.7) s průměrnou hodnotou rovnající se 9,76 %. Mezi horninami v této skupině jsou také největší změny strukturních parametrů. Prachovce mění svoji objemovou hmotnost v průměru o 8,19 %, zatímco pískovce o 5,73 %. V jednom případě, v sérii 4.5, pískovce prakticky nezměnily ρ_0 .

3. ZMĚNY TEPLOTNÍCH PARAMETRŮ HORNIN

Analýza mezních hodnot tepelné vodivosti karbonských hornin při teplotách 200 C a 10000 C ukazuje, že hodnoty faktoru γ po žihání v peci mají opačně úměrnou tendenci k původní hodnotě. Pro faktor tepelné vodivosti rovnající se přibližně 1 W/m. K při pokojové teplotě po zahřátí horniny na 10000 C, její hodnota rychle stoupá až na 14 W/m. K (obr. 4). Spolu s větší počáteční tepelnou vodivostí začíná žihání horniny v peci při vysoké teplotě přinášet obrácený efekt ke své tepelné vodivosti. S počáteční hodnotou γ rovnající se 3 W/m. K nebo více, po žihání v peci, faktor obvykle nepřekročí hodnotu 2 W/m. K. Za zmínku stojí také to, že je jasná logaritmická závislost změny kapacity horniny vést teplo před a po jejím žihání při vysokých teplotách. Korelační koeficient pro vzorky analyzované se rovná 0,70 (obr. 11), což je v důsledku nestability tepelných procesů v horninách (závislost na mineralogické stavbě) považováno za neobvykle vysoké.



Obr. 4 Závislost mezi faktorem tepelné vodivosti γ před a po γ_t při zahřívání stejné horniny

4. ZÁVĚR

Studie tepelných vlastností hornin jsou spíše vzácné. Jsou nejčastější v oblasti stavby jaderných elektráren. Zplyňování uhlí v podzemní je dalším důvodem, pro který tepelné fyzikální vlastnosti hornin musí být analyzovány v okolí konstruovaného geo-reaktoru.

Výsledkem žíhání hornin v peci je jasný vzrůst jejich celkové pórovitosti až do 4% v případě pískovců a až do 11-18% v případě jílovců a prachovců. Provedená studie však neukazuje na závislost mezi změnou pórovitosti a změnou hustoty horniny.

Analýza faktoru tepelné vodivosti při teplotách 200 C a 10000 C ukazuje, že nastává autokorelace s logaritmickou funkcí. Pro nízké hodnoty se faktor tepelné vodivosti rovná přibližně 1 W/m. K při teplotě 200 C, po vyžhání horniny na 10000 C se jeho hodnota zvyšuje na 14 W/m. K, kdežto s počáteční hodnotou rovnající se přibližně 3,0 – 3,5 W/m.K po zahřátí se γ rovná asi 1-2 W/m.K. Bylo také zjištěno, že v důsledku zahřívání horniny nastává velmi vysoký růst jejich měrné tepelné kapacity c_p . Její hodnota se pro analyzované horniny při teplotě 200 C se rovná přibližně 0,5 – 1,5 kJ/kg. K, zatímco po spalování v peci – dokonce 13 kJ/kg. K. V případě tohoto parametru ale nedochází k autokorelaci.

Závěrem může být uvedeno, že ovlivnění hornin velmi vysokými teplotami silně zkresluje vzájemné vztahy mezi jejich fyzikálními vlastnostmi. To se také vztahuje na tepelné vlastnosti hornin, které velmi závisí na teplotě, které jsou vystaveny. Změny horninové struktury se ale přímo nepřenáší na kapacitu její vodivosti a kumulaci tepla.

Studie byla prováděna pod Výzkumným úkolem čís. 3 s názvem „ Vývoj technologie zplyňování uhlí pro vysoce účinnou výrobu paliv a elektřiny“ – Bod 1.2.1 „Důlní a environmentální požadavky pro modelování geo-plyno-dynamických procesů“ financovaných Národním výzkumným a vývojovým ústavem v rámci strategického programu vědeckého výzkumu a vývoje „Pokročilé technologie pro získávání energie“. Smlouva čís. AGH 23.23.660.8902/R34.

LOMOVÁ HOUŽEVNATOST – PARAMETRICKÁ STUDIE

Leona VAVRO ^{1)*}, Kamil SOUČEK ¹⁾

¹ Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00 Ostrava – Poruba, Česká republika

*E-mail autora: leona.vavro@ugn.cas.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: lomová houževnatost, hornina, vlhkost, rychlost posuvu.

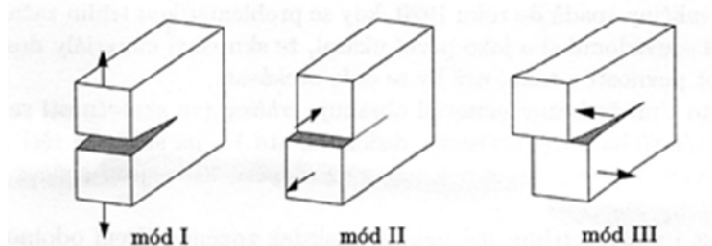
1. INTRODUCTION

Každá hornina má specifické mechanické, teplotní a chemické vlastnosti, které získala během svého vzniku před miliony lety. Z mechanického pohledu je velice důležité studium porušování a stanovení kritéria porušování hornin. V souvislosti se způsobem jejich zatěžování představuje jednu ze základních problematik horninového inženýrství. Velice často se používají fenomenologické teorie porušování hornin, které kvantifikují prostorovou orientaci ploch porušení vzhledem k napětovému stavu v hornině. Je to například teorie maximálních smykových napětí, Coulombovo kritérium a generalizované Mohrovo kritérium (Stephansson 2010). Naproti tomu mechanistické teorie, které předpokládají, že v hornině již existují zárodečné trhliny, které jsou koncentrátorem napětí. Tyto trhliny pak za určitých napětových podmínek řídí porušování horninového materiálu. V tomto příspěvku se zabýváme studiem lomové houževnatosti u hornin, které je v současné době jeden z aktuálních a stále frekventovanějších směrů výzkumu v oblasti zabývající se porušováním hornin. Předkládaný příspěvek popisuje vliv parametrů ovlivňujících výsledné vlastnosti horninového materiálu (rychlost zatěžování, vlhkost hornin.) během měření lomové houževnatosti u různých typů hornin. Studiem lomové houževnatosti jako materiálové charakteristiky se zabývá lomová mechanika.

2. LOMOVÁ HOUŽEVNATOST

Běžný horninový materiál obsahuje trhliny (ve skutečnosti jsou to také póry, nečistoty, dislokace, atd.) a na špičkách těchto trhlín se během namáhání objevují vysoké koncentrace napětí. Přítomnost i malých trhlín má pak za důsledek značné snížení odolnosti materiálu proti vnějšímu namáhání (trhliny se mohou nekontrolovatelně šířit).

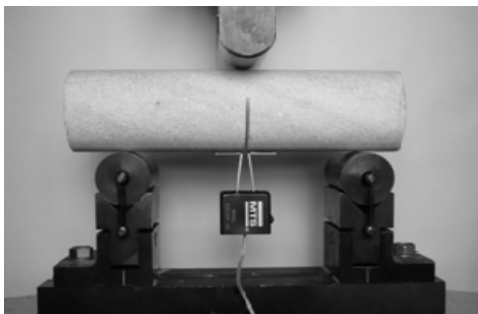
K nestabilnímu šíření trhliny podle Griffithovy teorie dojde tehdy, když součinitel intenzity napětí (K) dosáhne konstantní kritické hodnoty. Tato hodnota se nazývá lomová houževnatost horniny (Fracture toughness (K_{Ic})) K_{Ic} [4] Parametr K , vyjadřující faktor intenzity napětí v bezprostřední blízkosti špičky trhliny, uvádíme s indexem, který rozlišuje tři módy prostorového namáhání trhliny (Obr. 1):



Obr. 1 Tři módy (způsoby) prostorového zatěžování trhliny (Namáhání prostým tahem, namáhání smykem, namáhání střihem)

3. METODIKA MĚŘENÍ

Měření lomové houževnatosti hornin bylo provedeno pomocí tří bodové ohybové zkoušky na vybraných horninách s použitím vzorků typu CB (Chevron Bend), způsob namáhání mód I, (viz Obr. 1). Obrázek č. 2 zobrazuje testovací sestavu s válcovým zkušebním tělesem a extenzometrickým snímačem deformace typu "Clip on cage" pro měření otevření líce inicializační trhliny (COD – crack opening displacement).



Obr. 2 Testovací zařízení s extenzometrem

Měření lomové houževnatosti bylo provedeno na čtyřech typech horniny. Jedná se o karbonský pískovec a pískovec z lokality Javorka, jemnozrná žula z lokality Černá voda a hrubozrný mramor z lokality Horní Lipová. U karbonského pískovce byla měření provedena jak u suchých, tak i nasáklých vzorků. Dále byla provedena srovnávací měření u ostatních výše uvedených typů hornin jak při konstantní rychlosti zatěžování, tak v závislosti na různých rychlostech zatěžování.

4. ZÁVĚR

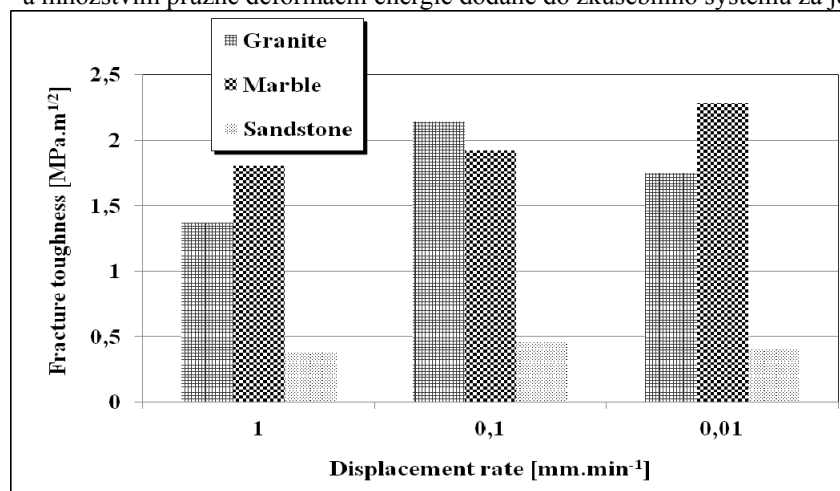
Na základě výsledných hodnot lomové houževnatosti u analyzovaných hornin můžeme konstatovat:

- nejmenší hodnoty lomové houževnatosti byly zjištěny u pískovce, které dosahují cca 17 - 30% hodnot lomové houževnatosti naměřených u analyzované žuly a mramoru (viz Tabulka č.1 a Obrázek č. 3)

Tabulka 1 Poměr hodnot lomové houževnatosti pískovce (Javorka) k žule a mramoru

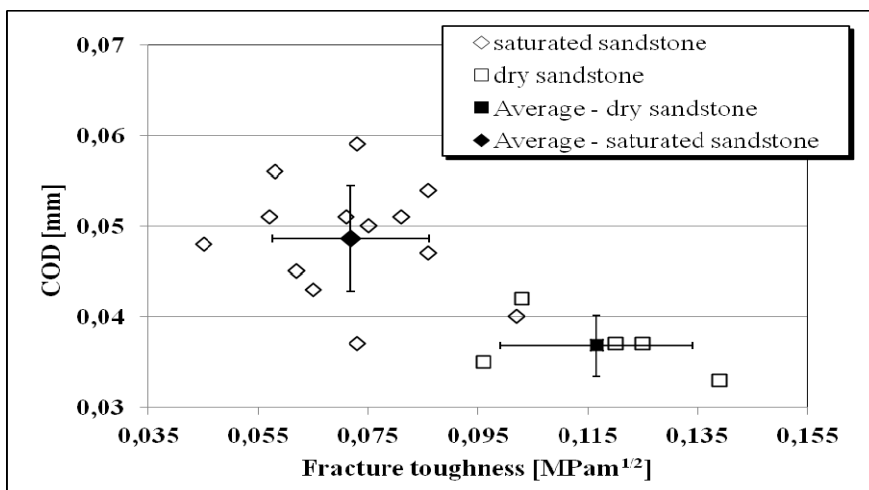
	Rychlost posuvu [$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$]		
	1	0,1	0,01
Pískovec/Žula [%]	0,31	0,20	0,26
Pískovec/Mramor [%]	0,28	0,20	0,17

- Generelně vyšší hodnoty lomové houževnatosti u analyzovaných hornin byly naměřeny při nižších rychlostech zatěžování, což pravděpodobně souvisí s reologickými vlastnostmi hornin a množstvím pružné deformační energie dodané do zkušebního systému za jednotku času.



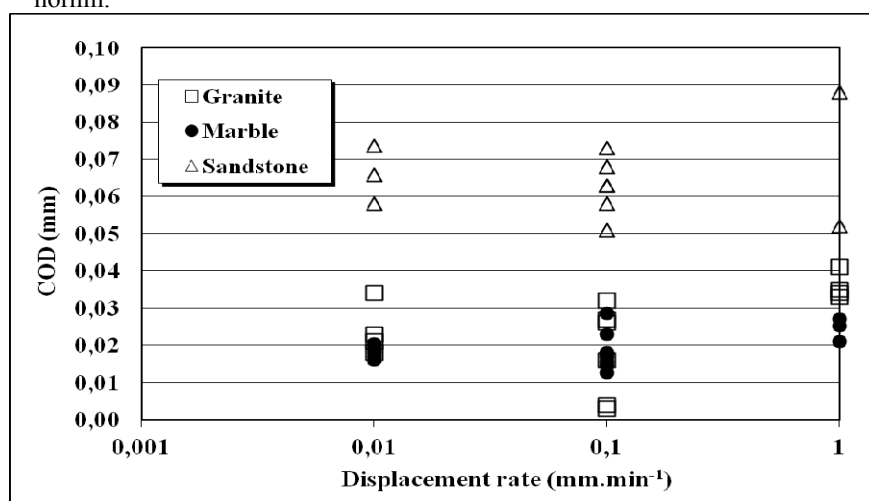
Obr. 3 Lomová houževnatost analyzovaných hornin

- Jako u ostatních mechanických vlastností hornin, tak i v tomto případě má vyšší vlhkost hornin (karbonských pískovců) vliv na snížení jejich hodnot lomové houževnatosti a zvýšení jejich deformační schopností.



Obr. 4 Hodnoty lomové houževnatosti a COD analyzovaných suchých a nasáklých pískovců

- Z grafu na obrázku č. 5 je patrné, že hodnoty otevření líce trhliny u žuly a mramoru jsou mnohem menší (pohybují se v hodnotách max. do 0,04 mm) než u vzorků pískovce (zde je nalezené rozmezí hodnot mezi 0,05 – 0,09 mm), což vypovídá o křehčím chování těchto hornin.



Obr. 5 COD vs. rychlost posuvu

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vypracován v rámci projektu Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0082 podporovaného Operačním programem Výzkum a vývoj pro Inovace, financovaného ze strukturálních fondů EU a ze státního rozpočtu ČR.

LITERATURA

- Whitaker B. N., Singh R. N., Sun G., Rock Fracture Mechanics, Elsevier Science Publisher B. V., Amsterdam, 1992, 569.
 International Society for Rock Mechanics Commission on Testing Methods, Suggested Methods for Determining The Fracture Toughness of Rock, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 25, No. 2, 1988. 71-96.
 Zang A., Stephansson O., Stress Field of the Earth's Crust, Springer Science + Business Media B.V., London, 2010, 327.

MOŽNOSTI 3D VIZUALIZACE GEORADAROVÝCH DAT V SW. VOXLER

František KUDA ^{1,2)*}, František HUBATKA ³⁾

¹ Masarykova univerzita Přírodovědecká fakulta, Kotlářská 2, 611 37 Brno

² Masarykova univerzita Přírodovědecká fakulta, Kotlářská 2, 611 37 Brno

³ KolejConsult & servis spol. s r.o., Křenová 131/35, 602 00 Brno

*Corresponding author's e-mail: frantisek.kuda@mail.muni.cz

KEYWORDS: georadar, GPR, Voxler, 3D vizualizace, vertikální transformace rastru

1. ÚVOD

Průzkum metodou georadar (GPR) může v příznivých podmínkách významně přispět k pochopení vazeb podpovrchových procesů na zájmových lokalitách geovědních i technických disciplín (Jol, 2009). Terénní měření v průmyslových objektech velmi často vyžaduje pokrytý prostor hustou sítí měření (v řádu prvních sta profilů). Získané množství dat je náročné na vyhodnocení pro interpretátora i na prezentaci zadavateli měření. Pro obě strany může být přínosem 3D vizualizace georadarových dat s vhodně zvoleným grafickým zobrazením, navíc v kombinaci s mapovými podklady dané lokality, což je u specializovaných 3D GPR programů obtížně realizovatelné.

Předkládaný poster se soustředí na možnosti 3D vizualizace georadarových dat v sw. Voxler (Voxler, 2010), které byly zpracovány v sw. Reflex-Win 6.0 (Sandmeier, 2012) a EKKO-Mapper 4 (EKKO-Mapper, 2009).

Processing GPR dat zahrnoval nadstavbové numerické zpracování (dekonvoluci, migraci aj.) i převod časových radarových řezů na hloubkové pomocí konverze dat na základě 2D rychlostního modelu, který byl vypočten z měření CMP na lokalitě.

Vlastní vizualizace je provedena pro původní naměřené hodnoty (scatter plot) a jejich 3D interpolaci (volume rendering aj.), pro klasické rastrové výstupy (radargram, time slices) včetně zobrazení georeferencovaných obrazových dat v klasické horizontální pozici i jejich transformaci pod zvoleným úhlem až do pozice vertikálního řezu. Na reálných měřeních z praxe (Hubatka, 2012) je ukázán přínos 3D vizuální prezentace pro určení anomálií podpovrchových vrstev.

LITERATURA

EKKO-Mapper [počítačový program]. Ver. 4. Mississauga (Ontario, Kanada): Sensors & Software Inc., 2009. URL

<<http://www.sensoft.ca/Products/Software/Details-Features.aspx#EKKOMapper>>.

Hubatka, F. Gabčíkovo, Pravá plavební komora, Georadarová kontrola stavu podloží v roce 2011 na dilatačních spárách H1, P5, P6 a P7 (technická zpráva). KolejConsult & servis s.r.o. Brno, 52 s.

Jol, M.J. (ed.). Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. Elsevier Science, 2009, 553 s.

Sandmeier, K.-J. Reflex-Win [počítačový program]. Ver. 6.0. Karlsruhe (Německo): Sandmeier software, 2012: URL

<<http://www.sandmeier-geo.de/Download/download.htm>>.

Voxler [počítačový program]. Ver. 2.4. Golden (Colorado, USA): Golden Software Inc., 2010. URL

<<http://www.goldensoftware.com/products/voxler/voxler.shtml>>.

DIMENZOVÁNÍ PILÍŘŮ PRO DOBÝVÁNÍ METODOU KOMORA-PILÍŘ V OCHRANNÉM PILÍŘI JAM SEVER DOLU ČSM

Marek MIKOLÁŠ^{1)*}, Eva JIRÁNKOVÁ¹⁾

¹⁾ *Hornicko-geologická fakulta, VŠB - Technická univerzita Ostrava, 17.listopadu 15, Ostrava*

**E-mail pro korespondenci: marek1@post.cz*

KLÍČOVÁ SLOVA: dimenzování, komora-pilíř, OKR

1. ÚVOD

Ochranný pilíř jam závodu Sever Dolu ČSM váže značné zásoby uhlí, které není dovoleno dobývat klasickým stěnováním na řízený zával, při němž by došlo k poklesům a deformacím jam a povrchových objektů. Proto je v plánu společnosti OKD použit metoda KOMORA-PILÍŘ se stabilními mezikomorovými pilíři. Předpokládá se, že tato dobývací metoda je z hlediska ochrany šetrná na povrchové objekty.

Dimenzování pilířů zasluhuje pozornost jak z hlediska provozně-technického a bezpečnostního, tak ekonomického. Zvláštní důležitosti nabývá tato otázka při použití metody KOMORA-PILÍŘ, protože základním rysem této metody je, že část ložiska se dobývá a část zůstává jako přechodná nebo trvalá podpora stropu. Je snahou, aby za určitých přírodních a technických podmínek dobývání byl zajištěn potřebný stupeň bezpečnosti pracovišť s pokud možno nejmenšími ztrátami uhelných zásob. Velikost ponechaných pilířů se stanovuje na základě zkušeností a laboratorních pokusů.

2. TEORIE DIMENZOVÁNÍ PILÍŘŮ

V základní úvaze pro dimenzování je důležitý geometrický tvar pilíře:

- a) čtvercové pilíře
- b) obdélníkové pilíře

U obou způsobů je pouze volitelná šířka komory B a šířka pilíře w , zatím co další parametry jsou dány. Velikost B , která má být co největší, je shora omezena stavem a pevností nadložních hornin, jak vyplývá z klenbové a nosníkové teorie. Velikost w , která má být co nejmenší, je určena podmínkou, že ponechaný pilíř musí nejméně udržet v rovnováze síly, které na něj působí okolní horniny (Mikeska et al, 1970).

Problematiku dimenzování čtvercových pilířů vystihuje podmínka, kde na levé straně rovnice je vyjádřena velikost zatížení pilíře a na pravé straně jeho pevnost:

$$(w + B)^2 \cdot \sigma_z \leq w^2 \cdot \sigma_u \cdot K \quad (1)$$

S_p - zatížení pilíře [MN]

σ_p - pevnost pilíře [MN]

σ_z - vertikální napětí [MPa]

σ_u - pevnost uhlí v prostém jednoosém tlaku [MPa]

K - koeficient štíhlosti

3. VÝPOČET DIMENZOVÁNÍ PILÍŘŮ

Předmětná sloj 30 v OPJ SEVER Dolu ČSM je uložena v hloubce 700-900 m pod povrchem s úklonem 12° k severozápadu. Mocnost sloje se pohybuje od 1,9 do 3,3 m. Pevnost uhlí sloje 30 v jednoosém tlaku je 15 MPa.

Pro vlastní výpočet dimenzování pilířů byly použity tyto hodnoty:

šířka ražené chodby $B = 5,2$ m (dáno razícím kombajnem)

mocnost dobývané sloje $h = 3$ m

měrná tíha nadložních hornin $\gamma = 0,025$ MN·m⁻³

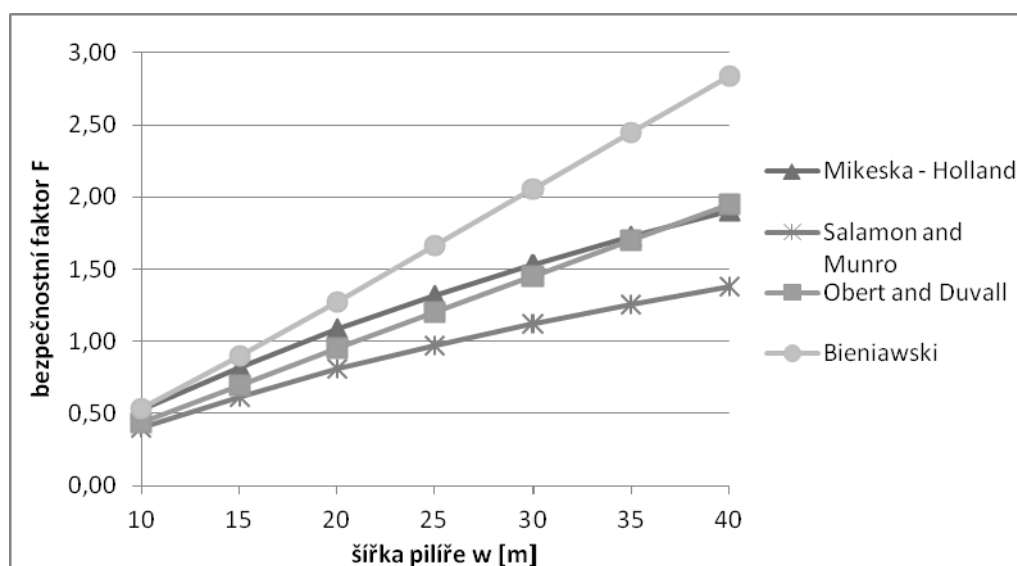
hloubka uložení $H = 900$ m

pevnost uhlí $\sigma_u = 15$ MPa

Tabulka 1 Výpočet bezpečnostního faktoru pro různou šířku pilíře.

strana pilíře	výrubnost e	Mikeska			Holland			Salamon and Munro		Obert and Duvall		Bieniawski	
		zatížení pilíře	odpor pilíře	faktor bezp.	zatížení pilíře	odpor pilíře	faktor bezp.	odpor pilíře	faktor bezp.	odpor pilíře	faktor bezp.	odpor pilíře	faktor bezp.
w		S_p	σ_p	F	S_p	σ_p	F	σ_p	F	σ_p	F	σ_p	F
[m]	[%]	[MN]	[MN]	-	[MPa]	[MPa]	-	[MPa]	-	[MPa]	-	[MPa]	-
10	57	5198	2739	0,53	52,0	27,4	0,53	21,0	0,40	22,8	0,44	27,6	0,53
15	45	9181	7547	0,82	40,8	33,5	0,82	25,2	0,62	28,3	0,69	36,6	0,90
20	37	14288	15492	1,08	35,7	38,7	1,08	28,8	0,81	33,9	0,95	45,6	1,28
25	31	20521	27063	1,32	32,8	43,3	1,32	31,9	0,97	39,4	1,20	54,6	1,66
30	27	27878	42691	1,53	31,0	47,4	1,53	34,7	1,12	45,0	1,45	63,6	2,05
35	24	36361	62763	1,73	29,7	51,2	1,73	37,3	1,26	50,5	1,70	72,6	2,45
40	22	45968	87636	1,91	28,7	54,8	1,91	39,6	1,38	56,1	1,95	81,6	2,84

Výpočty podle Mikesky a Hollanda se shodují, jelikož oba autoři použili shodný koeficient štíhlosti. Více o dimenzování pilířů v (Bieniawski, 1984) a (Mikeska et al, 1970).

Graf 1 Vliv šířky pilíře na jeho porušení.

4. ZÁVĚR

V předloženém článku je shrnuta teorie dimenzování pilířů a proveden výpočet dimenzování pro dobývání sloje 30 v OPJ závodu Sever Dolu ČSM metodu KOMORA-PILÍŘ podle čtyř různých teorií. Z výsledků, které jsou prezentovány tabulkou 1 a grafem 1, je patrné, že použitím výpočtu podle *Bieniawského* by stačila šířka čtvercového pilíře 20 m ($F = 1,28$). Při použití výpočtu podle *Mikesky (Hollanda)* a *Oberta a Duvalla*, které se k sobě velmi přibližují, vyhovuje pro bezpečnostní faktor ($F = 1,3-1,5$) šířka pilíře 30 m. Výpočet podle *Salamona a Munra* není vhodný pro podmínky v OKR, jelikož byl používán pro dobývání v JAR do hloubky 300 m.

LITERATURA

- Bieniawski Z.T., Rock mechanics design in mining and tunneling, A.A. Balkema, Rotterdam 1984.
 Lát J. - Iliev I. A., Manual of underground coal mining methods, Tiskárna DOT, Ostrava 1993
 Mikeska J. - Říman A. - Vavro M., Mechanika hornin II, SNTL, Praha 1970.
 Peng S. S., Coal mine ground control, Syd S. Peng Publisher, Morgantown 2008.

DŮLNÍ OCELOVÉ VÝZTUŽE, PROFILY, MECHANICKÉ VLASTNOSTI, OHYBÁNÍ

Zdeněk VAŠEK ^{1)*}, Petr DUDEŠEK ^{1)*}, Milan JUCHELKA ^{2)*}

¹ ArcelorMittal Ostrava a.s., Vratimovská 689, Ostrava - Kunčice

² ArcelorMittal Distribution Solutions Czech Republic, s.r.o., Vratimovská 689, Ostrava - Kunčice

*E-mai pro korespondenci: Zdenek.Vasek@arcelormittal.com, Petr.Dudesek@arcelormittal.com,
Milan.Juchelka@arcelormittal.com

KLÍČOVÁ SLOVA: důlní ocelová výztuž, válcování za tepla, rovnání, ohýbání, mechanické vlastnosti

1. ÚVOD

Problematika technologie výroby důlních ocelových výztuží byla intenzivně rozvíjena v 80. letech minulého století [1]. Během této periody byla provedena v souvislosti s inovací německých standardů a měnicích se podmínek dobývání řada úprav jak metalurgických, tak i rozměrových [2]. Výroba byla v dané době soustředěna převážně na profily lehčí rozměrové řady, začínající profily K21, K24, resp. TH16,5 a TH21. Rozměrové řady byly postupně směřovány k vyšším váhovým stupňům a zejména v současné době aktuální unifikaci rozměrového typu profilu. Vývoj v hlubinném dobývání dává možnost k rozvoji dalších nových modifikací ocelových oblouků a použití progresivních materiálů při jejich výrobě.

Důlní ocelové výztuže jsou jedním z mnoha typů profilů válcovaných na Hrubé trati ArcelorMittal Ostrava a.s. Tyto speciální profilové tyče jsou válcovány podle národních KN norem nebo německého DIN standardu [2]. Svě uplatnění nacházejí při výstavbě uhelných nebo rudných šachet a při ražbě tunelů a chodeb. Výroba ocelových výztuží zahrnuje několik důležitých technologických fází [3], jimiž jsou válcování za tepla, rovnání profilu po válcování za tepla a ohýbání do předem definovaných oblouků. U vybraných typů profilů je možné provádět před vlastním finálním ohybem i tepelné zpracování, jímž se dosahuje vyšších pevnostních vlastností. Hotový komplet je pak v dole složen z několika částí ohnutého profilu spojených speciálními spojkami do finální konstrukce.

Hlavními kvalitativními parametry výztuže jsou její pevnostní a křehkolomové vlastnosti, které se zjišťují tahovou zkouškou a speciální zkouškou rázem v ohybu. Důležitým technologickým parametrem je pak únosnost celého kompletu, která je kvalifikována ohybovou únosností profilu a jeho odporem proti prokluzu. Zkoušení celého kompletu však vyžaduje již velmi náročné zkušební zařízení, které je dostupné pouze v několika světových laboratořích.

Ocelová výztuž, určená k vyztužování důlních děl, je v dole vystavena velkým statickým a dynamickým účinkům hornin. V důsledku používání progresivních technologií a mechanizace při hlubinném dobývání dochází k postupnému zvětšování světlých průřezů důlních děl, což vede i k nutnosti modifikace tvaru ocelových oblouků, jejich konstrukce a materiálového řešení. V této souvislosti se ArcelorMittal Ostrava a.s. podílí ve spolupráci s jedním z významných odběratelů důlních výztuží, společností OKD a.s., na několika rozvojových projektech. Na inovacích výztuží spolupracuje nejen se zástupci OKD a.s., ale také s dalšími vědeckými a vývojovými institucemi, jako je Stavební fakulta a Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství VŠB-TU Ostrava nebo firma ITA s.r.o., zabývající se modelováním tvářecích podmínek během válcování. Spolu s těmito partnery se za podpory grantové společnosti TAČR účastní vývoje nové mikrolegované jakosti pro důlní ocelovou výztuž se zvýšenými pevnostními vlastnostmi po řízeném válcování za tepla.

Poster pojednává o současné technologii, používané k výrobě důlních ocelových výztuží, jejich mechanických vlastnostech, ohýbání výztuží za studena a krátce se zmiňuje o posledním vývoji nového typu oblouku a vývoji nové jakosti pro důlní ocelovou výztuž. Na základě vhodné kombinace chemického složení, tváření za tepla a podmínek ochlazování lze dosáhnout požadovaných mechanických vlastností, případně dosáhnout jejich vyšší úrovně. Vývoj nového SP profilu důlní ocelové výztuže byl ukončen a vývoj nové jakosti pokračuje.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek byl realizován v rámci projektu TA01010838 (Technologická agentura České Republiky).

LITERATURA

- [1] Hamža, Z., Růžička, B.: Zvýšení únosnosti důlní výztuže. Záv. zpráva zakázkového úkolu RVT, září 1980, pp. 28
- [2] <http://chamra.net/WEB/PZMH/PZMH%20-%20priklad09%20-%20mittal%20steel.pdf>
- [3] Vašek, Z., Dudešek, P.: Válcování důlních ocelových výztuží, Hutnické listy, č. 4, 2011, str. 26 – 28
- [4] Štěrba, I.: Vyvíjíme větší ocelové důlní výztuže s vyšší únosností, ArcelorMittal Ostrava, č.4, 2012, str. 5

VYUŽITÍ GEOMECHANICKÝCH PARAMETRŮ JAKO ZÁKLADU PRO OPTIMALIZACI KONTROLY NADLOŽÍ A PROJEKTOVÁNÍ VÝZTUŽE V PODMÍNKÁCH DOLŮ OKD, A.S.

Česlav NASTULCZYK ¹⁾, Petr DVORSKÝ ^{2)*}, Nikolaos POLYSOS ³⁾

^{1, 2, 3)} OKD, a. s., Prokešovo náměstí 6/2020, 728 30, Ostrava, Moravská Ostrava, Czech Republic

*petr.dvorsky@okd.cz

KLÍČOVÁ SLOVA: kontrola nadloží, konvergence, deformace, RQLD (Rock Quality Lithologic Designation), geotechnické a geomechanické metody hodnocení.

1. ÚVOD

Geomechanická úloha kontroly nadloží v OKD, a.s. je zajišťována geotechnickým hodnocením vrtného jádra, posouzením z hlediska mechaniky hornin a predikcí konvergence důlních chodeb. Při vlastním hodnocení očekávané horninové deformace musí být brány v úvahu jak vlastnosti okolní horniny tak vliv hornické činnosti (Junker et al. 2006). Hodnocení včetně detailního posouzení stropu a počvy, stejně jako horninových vrstev nacházejících se v částech křížení chodeb je založeno na následujících geotechnických parametrech (Opolony et al. 2001):

- Charakter vrstevní stavby,
- struktura zvrstvení,
- mocnost vrstev,
- charakter povrchu odlučných ploch,
- stupeň rozvrstvení,
- hodnota RQLD,
- odolnost proti působení vody.

Syntéza těchto posuzovacích metod, postavených na základech geotechniky a mechaniky hornin, tvoří základní platformu pro stanovení zatížení ve formě zátěžových těles a pro posouzení chování vrstev v průběhu ražby chodeb, při jejich užívání a následově při dobývání stěnových porubů. Tento systém hodnocení umožňuje geomechanickou charakterizaci (popis) bezprostředního nadloží sloje, s ohledem na kontrolu nadloží a na optimalizovaný technický projekt chodby (Polysos et al., 2004). Provozní realizace výše popsaných metod bude ilustrována na praktických příkladech.

2. METODIKA POUŽITÍ GEOTECHNICKÉHO A GEOMECHANICKÉHO HODNOCENÍ V PODMÍNKÁCH OKD, A.S.

Vývoj v procesu zdokonalování metodiky dimenzování výztuže chodeb byl umožněn zejména díky konsekvantnímu hodnocení souhrnných zkušeností získaných na důlních VOJ OKD, a.s. v průběhu vedení ražeb porubních chodeb a při jejich následujícím využívání v období dobývání stěnových porubů. Tuto nově vytvořenou metodiku dimenzování výztuže chodeb významným dílem doplňují i poznatky získané v zahraničí. Základem pro možnost dvojího použití porubních chodeb, je kombinovaný systém výztuže, sestávající ze svorníkové a poddajné ocelové obloukové výztuže. Lze konstatovat, že v tomto výztužném systému je v zásadě použito dvou rozdílných výztužných prvků, které jsou založeny na rozdílných výztužných principech. Svorníková výztuž je aktivním, včas, resp. ihned únosným výztužným prvkem, oproti čemuž poddajná ocelová oblouková výztuž představuje později únosný, pasivní výztužný prvek tohoto systému. Účinek obou těchto výztužných prvků se nesčítá, neboť tyto se navzájem doplňují a v konečném výsledku mají vzájemně se přizpůsobující účinek. V průběhu systémového svorníkování dochází k zamezování tvorby trhlin a k jejich dalšího rozšiřování v okolních horninách tvořících “plášť” chodby, na rozdíl od poddajných ocelových obloukové výztuže, která ve fázi ztráty funkčnosti svorníků poskytuje výrazně lepší výztužný účinek. Základním předpokladem správné funkce výztužného systému je zajištění optimálního kontaktu mezi poddajnými ocelovými oblouky a okolní horninou (“pláštěm” chodby). Díky tomuto těsnému kontaktu je pak zajištěn rovnoměrný a ničím neomezený prokluz šroubových spojů poddajné ocelové obloukové výztuže. Úkolem tohoto kombinovaného výztužného systému je tedy zajistit co nejvyšší zbytkovou únosnost horninových vrstev při vysokém namáhání hornin

a zachovat maximální funkčnost důlního díla. Efektivní použití svorníkové výztuže, specifické pro dané horninové prostředí jako první výztužný element v tomto kombinovaném výztužném systému, může být smysluplně provedeno zavedením geologicko-geotechnické metodiky hodnocení hornin ve spojení s analýzou napěťových poměrů z hlediska mechaniky hornin. K tomu budou znázorněna největší možná zátěžová tělesa v závislosti na tvorbě trhlin rovnoběžných s vrstvami a vrstvy protínajícími, které se vytvářejí v průběhu ražby, v důsledku časového faktoru a způsobu využití porubních chodeb. Základním předpokladem je, že ve vrstevnatých horninách karbonského pohoří, v důsledku jejich zeslabování a zavalování, dochází k tvorbě odlučných ploch, k průhybu a k následnému protlačování nadložních vrstev. V podložních vrstvách dodatečně dochází k jejich vylamování a vytlačování a v bocích díla k tvorbě lomů a kluzných těles. Jak v oblasti stropu, tak i v boků důlního díla dochází ke vzniku zátěžových těles, jejichž šikmé k vrstvám ohraničující linie odpovídají zálomovému úhlu. K tomu bylo, na základě četných pozorování v dole, zejména při tvorbě závalu v okolí chodeb, při závalech chodeb a při tvorbě závalových prostor za poruby zjištěno, že tyto závalová tělesa jsou trapézového tvaru a zpravidla nejsou vyšší než polovina šířky chodby, velmi zřídka dosahují hodnoty její šířky. Zjednodušeně řečeno, dochází k vytváření závalové klenby v okolí vytvořeného volného prostoru. Vycházejíc z předpokládaného/očekávaného zatížení budou stanoveny minimální požadavky pro stabilní bezúdržbové porubní chodby na základě jejich rozdílného účelu a fáze využití (Polysos et al. 2001).

K tomu jsou:

- specifické geologicko-úložní poměry,
- geotechnické vyhodnocení průzkumných vrtů,
- hodnocení z hlediska mechaniky hornin a s tím spojený výpočet předpokládané konvergence,
- a geomechanické hodnocení ve formě klasifikace hornin,

základním předpokladem pro dosažení vysoce hodnotného a spolehlivého plánování (Witthaus et al. 2007).

3. PRAKTICKÉ OVĚŘOVÁNÍ METODIKY GEOTECHNICKÉHO A GEOMECHANICKÉHO HODNOCENÍ V PODMÍNKÁCH OKD, A.S.

Výše uvedené ovlivňující geomechanické faktory mají rozhodující vliv na mechanismus zavalování a mobilitu horninových vrstev a tím také na vznik napadávký a zároveň na náchylnost k zavalování bezprostředních vrstev v porubu a v prostoru styku porub-chodba. Orientace ploch odlučnosti (zejména puklin), které protínají vrstvy podélně až diagonálně k uhelnému boku chodby a upadají směrem proti porubu, představuje, s ohledem na litologickou stavbu nadložních vrstev a polohu rovnoběžných s vrstvami ploch odlučnosti, obzvláště výraznou mobilitu nadložních vrstev. To znamená že je zde nutno počítat se zvýšeným odpadáváním bezprostředního nadloží popřípadě se zvýšenou náchylností k předčasnému zavalování (Samse et al. 2004). Bezprostřední nadloží má tendenci se rozdělit na samostatné bloky, které se mohou stupňovitě vzájemně rozsazovat. Horní ohraničení takto vzniklých bloků je přitom určeno odlučnými plochami orientovanými rovnoběžně s vrstvami (viz Obr. 1).

V této souvislosti je náchylnost k zavalování závislá na pevnosti 1. vrstvy přilehlé uhelnému pilíři a stropnici sekce porubní výztuže. Abychom mohli stanovit doporučenou, popř. povolenou délku horninového nosníku (l), tzn. vzdálenost mezi uhelným pilířem a stropnicí výztuže, je základem pro výpočet této vzdálenosti rozhodující mocnost (d) a pevnost 1. vrstvy nad slojí (\square) a také tvorba puklin (puklinovitost): $l = f(d, \square, 1. \text{ vrstvy}, k)$.

Překračuje-li vzdálenost od pilíře l povolenou délku můžeme počítat s odpadáváním nadloží popřípadě s výlomy.

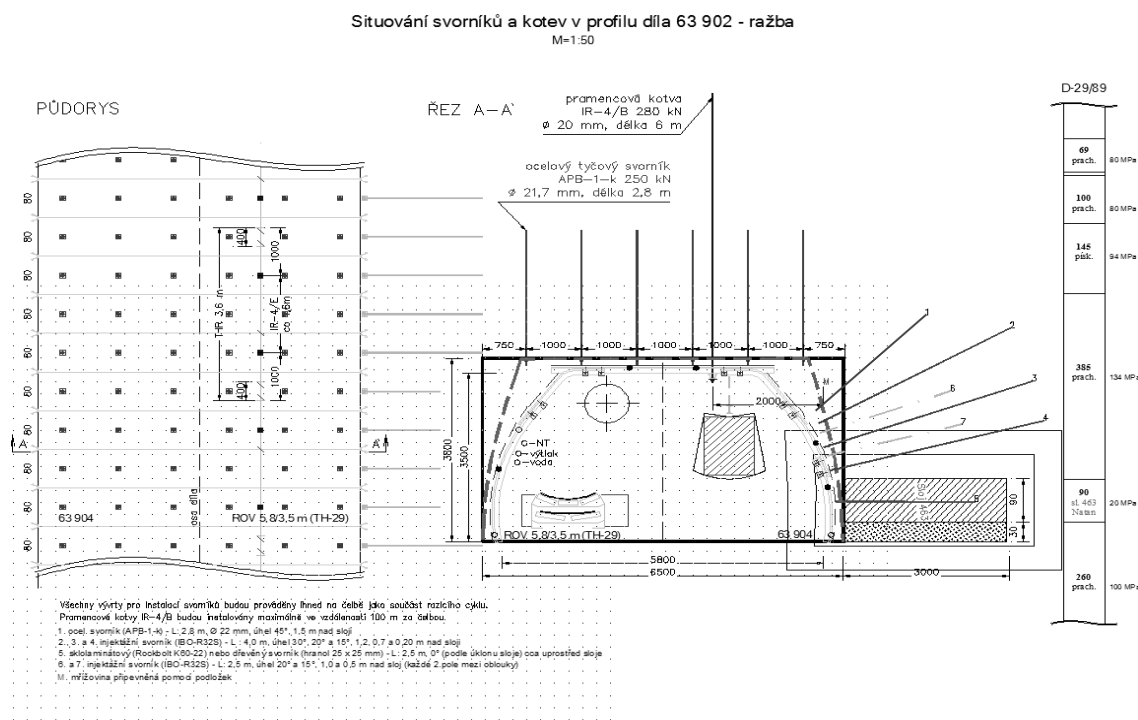
Zatímco odpor výztuže, bude mít na schopnost zavalování při vhodné poloze puklin v nadloží, jen nepatrný vliv, má vliv odporu výztuže při nevhodné poloze puklin velký význam. Tímto může vysoký odpor výztuže, ve spojení se vzdáleností konce stropnice k pilíři, výrazně ovlivnit působení nevhodných geologických vlastností nadložních vrstev. V souvislosti s tím se jeví jako krajně nevhodné instalovat svorníky rovnoběžně s puklinami a vrstvami. Optimální z hlediska účinnosti, po celé délce lepených svorníků, je jejich orientace vůči trhlinám rovnoběžným s vrstvami mezi 20° a 40° a vůči odlučným plochám vrstvy protínajícím pokud možno kolmá, v každém případě ne $< 30^\circ$ k puklinovým plochám. Z tohoto aspektu a z výše uvedeného geomechanického hodnocení hornin bylo zpracováno schéma svorníkování pro rozvinutí porubu z obloukové chodby (viz Obr. 1).

Požadavek na svorníkovou výztuž je, že tato musí okamžitě zajistit, v plášti chodby vznikající potencionální puklinová/závalová tělesa, tak jako puklinová tělesa, která mohou vznikat při postupných krocích porubní výztuže. Tato závalová/puklinová tělesa představují maximální zátěžové případy, které musí být zajištěny, dodáním dostatečného odporu výztuže, přičemž hodnota koeficientu bezpečnosti nesmí být nižší než 1,5 (Stenmans et al. 1994).

Základním předpokladem instalovaných svorníků je jejich úklon a směr ke zjištěným plochám odlučnosti, k čemuž bylo použito následujících výztužných prostředků:

1. ocelový svorník L: 2,8 (m), \square 22 (mm), úhel instalace 45 ($^{\circ}$), únosnost 280 (kN),
- 2., 3. a 4. injektážní svorníky L: 4 (m), \square 32 (mm), úhel instalace 15, 20 a 30 ($^{\circ}$), únosnost 350 (kN)
5. sklolaminátový svorník L: 2,5 m 0 ($^{\circ}$), 250 (kN)
6. a 7. injektážní svorníky L: 2,5 (m), \square 25 (mm), úhel instalace 15 a 20 ($^{\circ}$), únosnost 280 (kN)

Na Obr. 1 je znázorněn příklad aplikace svorníkové výztuže při “zapluhování” z výchozí prorážky 63 902 na Dole Karviná, závod Lazy. Tento příklad bude detailně komentován při prezentaci příspěvku.



Obr. 1 Příklad aplikace svorníků při “zapluhování” z výchozí prorážky 63 902 na Dole Karviná, závod Lazy.

Data shromážděná v průběhu průzkumu a vedení ražby společně s hodnocením hornin z hlediska mechaniky hornin, tvoří smysluplný nástroj k optimalizaci hornicko-technického plánování. Na základě geomechanického hodnocení hornin tyto cíleně instalované svorníky plně vyhovují provozním požadavkům a umožňují realizaci variabilních, pro dané horniny specifických, variant vyztužování a to z komplexního hlediska mechaniky hornin, jak v průběhu fáze ražení porubních chodeb, tak při rozvíjení a vedení porubů.

LITERATURA

- Stenmans, K-H., Polysos, N., Kulassek, M., Strebstart aus einer Bassisstrecke, Glückauf 130, Nr. 4., Essen, 1994.
- Opolony, K., Polysos, N., Neue Dimensionierungswege und Entwicklungen im Ankerbau bei DSK. 4. Intern. Kolloquium, Ankerbau im Bergbau, Aachen, 2001.
- Polysos, N., Peters, S., Determination and IT – supported Evaluation of Rock- Mechanical Parameters and their Utilization during Application of Roof-Bolting Techniques. 20th Intern. Conference of Ground Control in Mining, Morgantown, WV, 2001.
- Samse, V., Langosch, U., Verbesserung der Strebbeherrschung durch Berechnung des erforderlichen Schildausbaus, 2003.
- Polysos, N., Witthaus, H., Darstellung der gebirgsmechanischen und geotechnischen Standardplanung für Streckenaufführung der DSK. Glückauf 140, Nr. 9., Essen, 2004.
- Junker, M. et.al, Gebirgsbeherrschung von Flözstrecken, Glückauf Verlag, Essen, 2006.
- Witthaus, H., Polysos, N., Rock Mass Classification in German Coal mining: Standards and Application Procassings of the IUTAM Workshop on Rock Mass Classifications in Underground Mining, NIOSH Publications No 2007-128, K 9498, Pittsburgh, 2007.

