

Oponentský posudek doktorské disertační práce Mgr. Matěje Petružálka “Charakterizace procesu porušování migmatitu prostřednictvím ultrazvukových metod”

Předložená disertační práce je věnována laboratornímu výzkumu porušování hornin pomocí ultrazvukových metod. Práce se skládá z 5 kapitol, ve kterých doktorand stručně shrnuje nejvýznamnější výsledky dosažené v průběhu svého studia. Jádro práce tvoří 4 vědecké články, z nichž 3 jsou již opublikovány a čtvrtý je v recenzním řízení. Ve třech z těchto článků je doktorand prvním autorem s hlavním autorským podílem.

V první kapitole je představeno téma práce a jsou formulovány její cíle. Druhá kapitola podává přehledný úvod do problematiky laboratorního studia porušování hornin, popis horninových vzorků, zatěžovacího zařízení a registrační aparatury, ultrazvukových snímačů akustických emisí, jejich rozložení a směrového pokrytí při ultrazvukovém prozařování a je uveden přehled použitých metod zpracování signálů akustických emisí a ultrazvukového prozařování. V třetí kapitole jsou diskutovány výsledky dosažené a prezentované v jednotlivých vědeckých publikacích doktoranda. Čtvrtá kapitola stručně shrnuje výsledky doktoranda a to jednak ve vývoji nových metod užitých při zpracování akustických emisí a ultrazvukových signálů a dále výsledky získané interpretací laboratorních měření. Pátá kapitola obsahuje závěry. Následují seznam citované literatury a prohlášení o autorském podílu na publikacích a jsou přiloženy kopie zmíněných publikací.

Předložená disertační práce má solidní formální úroveň, formulace jsou jasné a výstižné, obrázky jsou ilustrativní, práce je přehledná. Co se týče obsahu a samotných výsledků práce, pak bych zvláště vyzdvihnul její poměrně široký záběr. Práce prezentuje jak nové přístupy v metodice zpracování akustických emisí a ultrazvukových signálů, tak přináší zajímavé a podnětné výsledky získané při interpretaci zátěžových experimentů. Obzvláště zajímavé jsou experimenty s jednoosým zatěžováním válcových vzorků anizotropních hornin. Experimenty názorně dokládají, jak anizotropie hornin může měnit svoji sílu a orientaci v závislosti na jednoosém tlaku a jak znalost časově proměnné anizotropie hornin může významně upřesnit interpretaci výsledků, např. lokaci akustických emisí. Za nejpozoruhodnější výsledek ovšem považuji navržení, realizaci a interpretaci experimentu jednoosého zatěžování čtyř migmatitových vzorků s odlišným sklonem foliace. Shlukování hypocenter akustických emisí v tomto experimentu jasně ukázalo, jak charakter porušování vzorků závisí na vzájemné orientaci přednostně orientovaných struktur v hornině a směru působícího tlaku. Zatímco v případě subhorizontální foliace ve vertikálně zatěžovaném vzorku jsou charakter akustických emisí a makroporušení vzorku podobné jako pro izotropní vzorek, v případě menších odklonů foliace od tlakové osy hypocentra akustických emisí se koncentrují podél plochy ve směru foliace. Sklon foliace vzhledem k ose zatěžování taktéž významně ovlivňuje tahový a smykový režim akustických emisí a jejich vzájemné zastoupení v průběhu zatěžování.

K disertační práci mám několik připomínek, doporučení a dotazů. Očekávám, že se doktorand k mým připomínkám vyjádří a dotazy zodpoví při obhajobě práce.

- Připadá mi, že množství zajímavých výsledků, které doktorand získal v průběhu studia, neodpovídá zcela doktorandově publikační aktivitě. Prezentace výsledků tvoří významnou část vědecké práce a doporučuji v budoucnu věnovat publikování více pozornosti.

- Velmi dobrou kvalitu obrázků v disertaci poněkud snižuje obr. 3 na str. 22 zobrazující směrovou závislost rychlostí P vln. Obrázek má neúměrně nízké rozlišení.
- Dále doporučuji věnovat více pozornosti terminologii a zavedeným zvyklostem v oboru. Např. barevná škála při zobrazování směrové závislosti rychlostí bývá volena většinou opačně než na obr. 3, tj. pomalé směry se běžně zobrazují červeně a rychlé směry modře.
- Nesoulad se zavedenou praxí v seismologii nalézám i na obr. 9. Zde si ovšem nejsem jistý, zda jde jen o problém terminologický či o faktickou chybu. P vlny vyzařované tahovou trhlinou (na obr. označena jako 'T-type') mají mít kladnou (kompresi) nikoliv zápornou polaritu. Naopak, P vlny vyzařované kompresním zdrojem mají mít zápornou (dilataci) nikoliv kladnou polaritu. K pochybení mohlo dojít tím, že komprese na záznamu (kladná polarita) byla mylně přiřazena kompresnímu zdroji a dilatace na záznamu (záporná amplituda) dilatačnímu zdroji. To by bylo ovšem chybně a i interpretace na obr. 18 by byla chybná. Je ovšem také možné, že nesrovnalost vznikla v opačně definované orientaci snímače v experimentu, než je zvykem pro stanice v seismologii.
- Dále musím poznamenat, že postup klasifikace tahových a střižných trhlin pomocí převládajícího znaménka amplitudy P vlny je velmi přibližný a do značné míry sporný. Korektní přístup vyžaduje výpočet momentových tenzorů akustických emisí a jejich pečlivou interpretaci. Navíc, rozložení znamének P vlny na ohniskové sféře závisí na anizotropii horninového vzorku, takže vyzařovací charakteristiky pro zdroj v izotropním prostředí na obr. 9 nelze použít.
- Při interpretaci porušení horninového vzorku v průběhu zatěžování doktorand rozlišuje deformaci způsobenou 'skluzem' a 'smykem'. Přesnou definici skluzu jsem v práci nenašel, ale předpokládám, že jde o plastickou deformaci, tj. deformaci, která není doprovázena akustickou emisí. Na str. 41 doktorand vyslovuje hypotézu, že slabá četnost akustických emisí pro vzorek se sklonem foliace 67° naznačuje, že v tomto případě skluz převažuje nad smykem, tedy plastická deformace nad křehkým porušením. Domnívám se, že takováto interpretace je příliš zjednodušující a že tento závěr může být chybný. Jelikož plocha foliace má vzhledem ke kompresnímu tlaku takřka optimální orientaci pro vznik smykové trhliny, akustické emise mohou vznikat za podstatně nižších tlaků než pro jiné orientace plochy foliace. To dokládá i obr. 7g-h v Petružálek et al. (2015a). Tyto akustické emise mohou být výrazně slabší a dle všeho nejsou v obr. 13 na str. 39 (resp. v obr. 6 v Petružálek et al. 2015a) zakresleny. Tudíž nižší četnost akustických emisí na obr. 13 může být pouze zdánlivá a nemusí odpovídat skutečnosti.

Závěrem chci podtrhnout vědecký přínos disertační práce. Provedené experimenty a jejich interpretaci považuji za velmi cenné, a to nejen pro studium mechaniky hornin ale i pro studium fyziky zemětřesení. Doktorand dle mého názoru prokázal, že je schopen samostatně vědecky pracovat a tvůrčím způsobem rozvíjet daný obor. Proto doporučuji, aby mu po úspěšné obhajobě byl udělen titul Ph.D.

V Praze 7.8.2015



RNDr. Václav Vavryčuk, DrSc.
Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i.