

Posudek disertační práce

„Laboratorné štúdium 3D elastickej anizotropie hornín“

Mgr. Tomáše Sviteka

Autor se v předložené disertační práci věnuje problematice, kterou je možné nazvat nesplnitelným sesimologickým snem. Studuje elastickou anizotropii na kulových vzorcích hornin, které má možnost prosvěcovat ze všech možných úhlů (přičemž ještě může simulovat tlakové podmínky v zemském nitru). V disertaci se autor konkrétně věnuje významnému rozšíření možností laboratorního studia elastické anizotropie. K datům získaným měřeními P vln na kulových vzorcích hornin, využívaným v minulosti v GFÚ ČSAV, přidává autor důležitá data získaná pozorováním S vln. Už jen toto technické řešení si zasluhuje vysoké ocenění. V disertaci autor studuje některé možnosti, které nová měření a s nimi spojená data nabízejí.

Práce přináší zajímavé závěry a pozorování. K práci mám řadu připomínek, poznámek a hlavně dotazů. Některé z mých dotazů mohou pramenit z nedostatečného studia disertace (za což se omlouvám), což bylo způsobeno jednak krátkým časem, po který mám disertaci k dispozici a pak termínem obhajoby, která předchází dvěma akcím, v kterých jsem poměrně silně angažován, a nezbylo mi tak více času na podrobnější studium disertace. Z těchto důvodů jsem se věnoval především úvodní části disertace. Do přiložených článků jsem nahlížel jen když jsem hledal objasnění textu v úvodní části práce. Přiložené publikace tak jako tak prošly recenzním řízením, takže je není třeba znovu hodnotit. Ocenit je ale třeba autorovu publikační aktivitu.

Nejprve uvedu zásadnější připomínky, po nich pak několik vybraných drobných připomínek a dotazů postupně reagujících na text.

Autor v práci zmiňuje důležitý problém laboratorních měření, nejistotu, která rychlost, zda fázová či paprsková (grupová), je vlastně v experimentu měřena. Možná to je důsledek mého povrchního studia disertace, že jsem přehlédl, kterou rychlost nakonec vlastně autor měří. Z vlastní zkušenosti se však domnívám, že, alespoň v případě slabší nebo středně silné anizotropie, stačí vycházet ze vzorců pro fázovou rychlost v přiblížení pro slabou anizotropii. Nicméně by mě velmi zajímalo, zda autor prováděl nějaká srovnání výsledků získaných s použitím fázových a paprskových rychlostí. Na konci části 1.1 na str.14 se naznačuje, že by takové zhodnocení mělo být provedeno, ale zřejmě jsem ho přehlédl.

V testech autor srovnává hodnoty fázových rychlostí spočtených z hodnot elastických parametrů, získaných inverzí “naměřených” dat, s přesnými hodnotami fázové rychlosti, viz (9) nebo s hodnotami pozorovanými (10). Bohužel, ale neuvádí odkaz na vzorec ani pro přesné ani spočtené rychlosti. Přesné hodnoty fázové rychlosti, předpokládám, počítá autor z charakteristické rovnice Christoffelovy rovnice, ale není jasné, zda se přibližné hodnoty počítají z rovnice (4) nebo jinak. V případě pozorovaných rychlostí jde zřejmě o fázové rychlosti. Tyto informace v textu chybí. Určitě by bylo užitečné buď odkázat na literaturu nebo explicitně uvést vzorce, které byly použity při získávání prezentovaných výsledků. Rád bych při obhajobě slyšel, zda autor neuvažoval o inverzi kvadrátu fázové rychlosti místo fázové rychlosti samotné. V takovém případě totiž odpadá závislost na “startovacím modelu”.

Většina srovnání přesných a invertovaných modelů je prováděna srovnáním odpovídajících rychlostních rozložení. Takové srovnání dává dobrou globální informaci o kvalitě inverze, ale ztrácí se v ní informace o kvalitě určení jednotlivých elastických parametrů.

Autor by se mohl v části obhajoby tomuto problému věnovat. Zejména by mě zajímalo jak je to s přesností určení 15 parametrů P vln popisovaném pod (8) na str.31. Domnívám se, že všech 15 naznačených elastických parametrů s dostatečnou přesností určit nelze. Některé parametry lze totiž určit s dobrou přesností pouze v kombinaci s jinými parametry. To je dobře vidět v citované práci Jech (1991), v Tab.1, kde, např., diagonální parametry jsou určeny s vysokou přesností, nediagonální s menší. Když se však nediagonální parametry správně skombinují, přesnost těchto kombinací dramaticky vzroste. Zajímalo by mě, zda byly uvažovány jednotlivé elastické parametry nebo jejich zmíněné kombinace.

V práci také postrádám popis použité inverzní metody.

Nyní k některým drobným problémům, v pořadí, ve kterém se problémy vyskytují v textu.

Pokud mluvíme o rychlostech šíření vln v anisotropním prostředí, je vždy třeba uvést, kterou rychlost máme na mysli. To je případ textu v 1.odstavci na str.18. Na stejné straně, t.j., na str.18, se píše, že parametr δt je možné využít k odhadu síly anisotropie. Bylo vhodné uvést jak tento odhad provést, protože tento postup je zřejmě použit později na str.31, při specifikaci síly anisotropie vzorku (8). Jak tam autor došel k hodnotám 29.9 a 27.8% pro S_1 a S_2 vlny? S parametrem δt také souvisí obr.1. Tento obrázek se hojně používá, i v disertaci jde o obrázek převzatý. Myslím si ale, že není zcela v pořádku, a proto není vhodné ho užívat. Dojde-li v anisotropní oblasti k rozštěpení S vlny na dvě S vlny šířící se různou rychlostí, musí také dojít k “rozštěpení” paprsků těchto dvou vln.

Konec odstavce pod obr.2 na str.20 potřebuje určitou korekci. Grupová a fázová rychlost mohou mít stejnou velikost a směr v tzv. longitudinálních směrech. Ty by, podle mě, neměli působit problémy při měření. Problémy bych očekával v singulárních směrech, t.j. směrech, ve kterých se vlny S_1 a S_2 šíří stejnou fázovou rychlostí.

Rovnice (1) není Christoffelova rovnice, ale podmínka řešitelnosti Christoffelovy rovnice, někdy se též nazývá charakteristická nebo sekulární rovnice.

Na str.21 autor uvádí perturbaci čtverce fázové rychlosti. Zajímalo by mě, zda je tento vzorec uváděn jen pro úplnost nebo zda byl použit v následujících testech. Pokud ano, pak zda byl použit ve formě (4) nebo v linearizované formě. Domnívám se, že “hrubý odhad rychlostí S vln” není v tomto případě třeba, ale možná jsem nepochopil souvislosti. Autor by se mohl k vzorcům (3) a (4) vyjádřit během obhajoby. Tvzení, že “tento předpoklad umožní linearizaci kubické rovnice” je zřejmý přepis.

Na str.21 mám pochyby ohledně tvrzení na prvním řádku, že máme-li k dispozici jen P vlny, “s dostatečnou přesností určíme iba 15 parametrov”. Viz poznámka k tomuto tématu výše. Také mám výhrady k tvrzení “pre slabú anizotropiu je možné považovať fázovú a grupovú rýchlosť za identické”. V citovaných pracích je ukázáno, že rozdíly ve velikostech obou rychlostí jsou sice druhého řádu, ale rozdíly v jejich směrech jsou prvního řádu, a mohou být značné! O něco níže autor uvádí “keď v experimente registrujeme grupové rýchlosti”. Znovu vzniká otázka, jaké rychlosti se v popisovaných experimentech skutečně registrují?

V posledním odstavci kap.3 na str.24 popisuje autor různé způsoby detekce S vln, ale neuvádí jasně, který z uvedených způsobů byl nakonec užít.

U obr.5 na str.28 chybí specifikace zdrojů užitých pro generaci registrovaných signálů. Je polarizace zdrojů stejná jako přijímačů? Předpokládám, že zmenšení rozptylu křivek v

obr.5 s rostoucím tlakem je způsobeno uzavíráním mikrotrhlin ve vzorku. Nebo jsou pro to jiné důvody?

V prvním odstavci na str.29 je uvedeno, že poměr $V_P/V_S = 1.7$ dokazuje registraci S vlny. Ja bych očekával, že registraci S vlny bude možné potvrdit její polarizací. V druhém odstavci se píše o potřebě stabilního určování amplitud. Předpokládám, že stabilní určování amplitud je zásadní předpoklad pro stabilní určování časů příchodu vln, mám pravdu?

U vzorce (9) opět postrádám odkaz na způsob výpočtu predikovaných fázových rychlostí (slůvko “fázových” chybí).

Obsah věty “Pridaná informácia o rýchlosti S2 ... S1 a S2 vln” na str.35 mě připadá jako informace v kruhu. Nepochopil jsem větu na str.36: “Pretože orientácia snímačov je fixná, dochádza k tomu, že tieto orientácie nie sú v každom smere optimálne”. Podobně mám problémy se souvětím “Vďaka testom bolo tiež zistené, ... môžu byť namerané rýchlosti zatažené” na str.49.

Možnosti dalších studií s pomocí navrženého způsobu měření se mi zdají nepřehledné. Předpokládám, že vedle fázových či paprskových rychlostí je možné využít i polarizace registrovaných vln. Autor by mohl během obhajoby zmínit své další plány v tomto směru.

Další drobné překlepy a prepisy mám poznamenané ve své verzi disertace. V případě zájmu je mohu poskytnout.

Závěr: Přes výše uvedené připomínky navrhuji, aby autorovi byla, po úspěšné obhajobě, udělena vědecká hodnost PhD.

Psáře, 17. května, 2015

Ivan Pšencík