

## Oponentní posudek disertační práce

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Studijní program:</b>       | <b>P3917 SOUDNÍ INŽENÝRSTVÍ</b>  |
| <b>Studijní obor:</b>          | <b>3917V001 SOUDNÍ INŽENÝRSTVÍ</b>   |
| <b>Uchazeč:</b>                | <b>Ing. et Ing. Petr Bílek</b>   |
| <b>Název disertační práce:</b> | <b>Rozvoj a využití nedestruktivních metod z hlediska soudního inženýrství</b> |
| <b>Školitel:</b>               | <b>prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.</b>  |
| <b>Oponent:</b>                | <b>prof. Ing. Jiří Vala, CSc.</b>  |

Článek 46 odst. 4 Studijního a zkušebního řádu VUT v Brně:

Oponent se v posudku vyjádří zejména:

- a) k aktuálnosti tématu disertační práce,
- b) zda disertace splnila stanovený cíl,
- c) k postupu řešení problému a k výsledkům disertace s uvedením konkrétního přínosu doktoranda,
- d) k významu pro praxi nebo rozvoj oboru,
- e) k formální úpravě disertační práce a její jazykové úrovni,
- f) zda disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona,
- g) zda student prokázal nebo neprokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Bez tohoto závěru je posudek neplatný.

Hodnocení laskavě proveďte textem a dále písmenem X do odpovídající šedé buňky.

### 1. Forma disertační práce ve smyslu čl. 42 odst. 1 Studijního a zkušebního řádu VUT v Brně:

|   |     |          |
|---|-----|----------|
| a) samostatná práce zpracovaná podle čl. 42 odst. 2 a 4 <sup>*)</sup> Studijního a zkušebního řádu VUT v Brně, obsahující výsledky řešení vědeckého úkolu, nebo                                 |     | <b>X</b> |
| b) tematicky uspořádaný soubor uveřejněných prací.  |     |          |
| Jsou-li v souboru uveřejněných prací dle písm. b) práce, jichž je doktorand spoluautorem, je vymezen podíl doktoranda a je doložen prohlášením spoluautorů o jeho přínosu k jednotlivým pracím? | ano |          |
|   | ne  |          |

### 2. Aktuálnost námětu disertační práce

|                                  |  |              |  |                   |
|----------------------------------|--|--------------|--|-------------------|
| <b>X</b> práce je velmi aktuální |  | ... aktuální |  | ... není aktuální |
|----------------------------------|--|--------------|--|-------------------|

**Zdůvodnění:** Aktuálnost námětu disertační práce vyplývá z objektivní nezbytnosti nedestruktivního vyšetřování stavebních konstrukcí pro potřeby soudního inženýrství. Z původně obecně formulovaného tématu, zachovaného v názvu disertační práce, se autor specializuje na homogenitu drátkobetonu, používaného v posledních letech jako moderní stavební materiál i pro nosné konstrukce.

<sup>\*)</sup> (2) Disertační práce se člení zejména na tyto části:

- a) přehled o současném stavu problematiky, která je předmětem disertační práce,
- b) cíl disertační práce,
- c) výsledky disertační práce s uvedením nových poznatků, jejich analýzu a jejich význam pro realizaci v praxi nebo pro další rozvoj vědního oboru,
- d) seznam použité literatury,
- e) seznam vlastních prací vztahujících se k tématu disertační práce,
- f) souhrn v českém a anglickém jazyce zpravidla v rozsahu jedné strany.

Součástí disertační práce může být rovněž dokumentace inženýrských nebo uměleckých děl.

(4) Disertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.

| 3. Splnění cílů disertace |                       |  |                                |                         |
|---------------------------|-----------------------|--|--------------------------------|-------------------------|
| <b>X</b>                  | disertace splnila cíl |  | disertace splnila cíl částečně |                         |
|                           |                       |  |                                | disertace nesplnila cíl |

**Zdůvodnění:** Disertační práce splnila stanovaný cíl, podrobně vymezený včetně dílčích cílů a postupů v její části 2). Tento cíl odpovídá přiloženému jednostrávkovému zadání práce; název práce je podstatně obecnější.

**Zdůvodnění:** Disertační práce splnila stanovaný cíl, podrobně vymezený včetně dílčích cílů a postupů v její části 2). Tento cíl odpovídá přiloženému jednostrámkovému zadání práce; název práce je podstatně obecnější.

|  |            |          |             |  |          |  |             |  |       |
|--|------------|----------|-------------|--|----------|--|-------------|--|-------|
| 4. Postup řešení problému a výsledky disertace |            |          |             |  |          |  |             |  |       |
|  | vynikající | <b>X</b> | nadprůměrné |  | průměrné |  | podprůměrné |  | slabé |

**Zdůvodnění:** Postup řešení problému, zahrnující teoretický úvod do problematiky, dominantní experimentální složku, numerické simulace a naznačení možného uplatnění v soudním inženýrství, je přiměřený upřesněnému cíli disertace. Vlastní práce v rozsahu 125 stran (bez započtení příloh), seznamující s dosaženými výsledky, je (mimo úvodních 13 stran s formálními náležitostmi) věcně členěna na 9 částí: 1) obecný úvod (14 stran), 2) vymezení cílů práce a metod řešení (3 strany), 3) přehled nezbytných poznatků o magnetických vlastnostech materiálů (11 stran), 4) vývoj nové nedestruktivní metody (14 stran), 5) problematiku přípravy a struktury vzorků s použitím průmyslového tomografu (16 stran), 6) vlastní experimentální analýzu (9 stran), 7) simulační výpočty s využitím softwaru ANSYS (15 stran), 8) navrženou metodiku měření (7 stran) a 9) shrnující závěr (4 strany). Formální část 10) obsahuje přehled použitých zdrojů (10 stran), zbývající části 11) až 15) tvoří rozličné seznamy (9 stran) a příloha DVD s videem z průmyslového tomografu.

**Konkrétní přínos doktoranda:** Vlastní práci doktoranda, jenž se studovanou problematikou zabývá nejméně od září 2011 (odkdy odkazuje na své působení na Ústavu stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně) odrážejí zejména části 4) až 9). Za původní lze považovat navrženou metodiku měření s aplikací Hallovy sondy, validovanou výstupy z průmyslového tomografu a numerickými simulacemi, což dokládá i přiložený užitečný vzor *Hloubková sonda pro stanovení homogenity drátkobetonu* (společně s L. Hobstem a O. Antonem) a rozsah publikační činnosti.

|  |         |                                     |                  |                          |                |                          |                |
|--|---------|-------------------------------------|------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| <b>5. Původnost dosažených výsledků – výsledky jsou:</b> |         |                                     |                  |                          |                |                          |                |
| <input type="checkbox"/>                                 | původní | <input checked="" type="checkbox"/> | převážně původní | <input type="checkbox"/> | zčásti původní | <input type="checkbox"/> | nejsou původní |

**Zdůvodnění:** Původní jsou zejména výsledky související s vývojem a testováním sondy pro ověřování homogenity drátkobetonu a návrhem navazující metodiky. Prezentované výsledky z ostatních oblastí, zejména teorie elektromagnetického pole a metod numerického a statistického zpracování naměřených dat, vycházejí z tradičních postupů, jejichž případná inovace ve spolupráci s odborníky z naznačených oblastí by mohla přinést další pokrok ve zkoumané problematice.

|  |            |          |             |  |          |  |             |  |       |
|--|------------|----------|-------------|--|----------|--|-------------|--|-------|
| <b>6. Uplatnitelnost výsledků disertační práce pro rozvoj oboru Soudní inženýrství a další bádání:</b> |            |          |             |  |          |  |             |  |       |
|  | vynikající | <b>X</b> | nadprůměrná |  | průměrná |  | podprůměrná |  | slabá |

**Zdůvodnění:** Potřeba nedestruktivního zjišťování homogenity drátkobetonových a konstrukcí pro soudní inženýrství je nesporná; nevhodné rozmístění drátků ve struktuře materiálu vede při namáhání tahem ke vzniku mikroskopických defektů i makroskopických trhlin, způsobujících podstatné snížení životnosti takových konstrukcí. Méně pozornosti je věnováno například případnému nežádoucímu směrovému uspořádání drátků, jež může rovněž snižovat únosnost konstrukce; to lze nicméně chápat i jako příležitost pro další výzkum.

**7. Uplatnitelnost výsledků disertační práce ve výuce:**

|            |                                     |             |                          |          |                          |             |                          |       |
|------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|
| vynikající | <input checked="" type="checkbox"/> | nadprůměrná | <input type="checkbox"/> | průměrná | <input type="checkbox"/> | podprůměrná | <input type="checkbox"/> | slabá |
|------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|

*Zdůvodnění:* Práce přináší nové výsledky, které jsou prakticky užitečné, při vhodné prezentaci srozumitelné pro současné studenty ÚSI i FAST VUT, s potenciálem obohatit a motivovat je v jejich vlastním studiu i odborné práci. Překážkami reálného uplatnění mohou být jistá neuzavřenost problematiky a pragmatické priority ve výuce. Za vhodný pro zmíněný účel lze považovat (autorem zmiňovaný) kurz *Nedestruktivní metody zkoušení ve stavebnictví* na FAST VUT v rámci celoživotního vzdělávání.

**8. Uplatnitelnost výsledků disertační práce pro znaleckou, resp. technickou praxi:**

|            |                                     |             |                          |          |                          |             |                          |       |
|------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|
| vynikající | <input checked="" type="checkbox"/> | nadprůměrná | <input type="checkbox"/> | průměrná | <input type="checkbox"/> | podprůměrná | <input type="checkbox"/> | slabá |
|------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|

*Zdůvodnění:* Význam tématu nedestruktivního vyšetřování drátkobetonových konstrukcí je obecně uznáván. Jistou nevýhodou navržené metody je její semidestruktivní charakter, tj. nutnost pořizování vzorků z vývrtů. Metoda také přímo nezjistí vadné směrové uspořádání drátků, případně nesoudržnost mezi drátky a cementovou, resp. betonovou maticí.

**9. Publikování výsledků disertační práce - výsledky publikovány**

|                                     |      |                          |               |                          |        |                          |               |
|-------------------------------------|------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------|--------------------------|---------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | byly | <input type="checkbox"/> | byly částečně | <input type="checkbox"/> | nebyly | <input type="checkbox"/> | nelze zjistit |
|-------------------------------------|------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------|--------------------------|---------------|

*Zdůvodnění:* Výsledky disertační práce byly publikovány (podle uvedeného seznamu autorových publikací) v 1 časopise zařazeném v databázi Scopus, v 6 dalších domácích časopisech, v 1 konferenčním sborníku zařazeném v databázi Web of Science (2 příspěvky), v 9 českých, 4 slovenských a 2 jiných zahraničních konferenčních sbornících a také v 7 sbornících domácích studentských konferencí, navíc vznikl i 1 užitný vzor; mimo studentské konference vždy ve spolupráci s dalšími autory. Publikační činnost je tedy rozsáhlá, vzhledem k jejímu převážnému omezení na ČR a SR nelze nicméně očekávat povědomí o dosažených výsledcích v mezinárodním měřítku.

**10. Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:**

|            |                          |             |                                     |          |                          |             |                          |       |
|------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|
| vynikající | <input type="checkbox"/> | nadprůměrná | <input checked="" type="checkbox"/> | průměrná | <input type="checkbox"/> | podprůměrná | <input type="checkbox"/> | slabá |
|------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|

*Zdůvodnění:* Formální členění práce, sepsané v češtině, opatřené abstraktem v korektní angličtině, i její celková úprava jsou přiměřené záměru autora i požadavkům kladeným na disertační práci. Celkově nicméně text vykazuje jisté známky chvatné přípravy, projevující se v drobných stylistických, ortografických i typografických nedokonalostech, z nichž jsou dále zmíněny jen některé typické: Již v první větě na str. 1 v anglickém abstraktu je zbytečně zdvojené *by*, *using* (stačí jedno z nich). Na str. 8 českého abstraktu je na sedmém řádku nadbytečná čárka před *využít*. Totéž platí o čárce na str. 23 na devátém řádku části 1.8.4 na str. 23 před *pokusili*. Vadná interpunkce je pak i v číslovaných vzorcích na str. 35 až 40 v případech, kde za vzorcem následuje čárka: ta je umístěna až na začátek dalšího řádku; mimoto jsou nejednotné a často bezdůvodně velké mezery za vzorci, zatímco před textem *je ve srovnání* na řádku před rovnicí (6) na str. 36 mezera chybí a na celé str. 39 nejsou za číslovanými vzorci žádná interpunkční znaménka, celkově pak zápis (pouze) vektorových veličin kurzívou je nedůsledný a neobvyklý. Pro relativní permeabilitu na str. 42 by bylo vhodnější v literatuře obvyklé označení  $\mu_r$ , rovněž tak  $\approx$  pro přibližnou rovnost. Na str. 55 na druhém řádku za obr. 22 je nadbytečná čárka před *může*. Na str. 56 patří do první věty části 5 druhý pád *magnetické* sondy. Na str. 68 patří do nadpisu druhý pád *tomografického vyšetření*. Na str. 70 na šestém řádku zdola působí obě jednoduché věty neuměle; bylo by vhodnější je spojit. Na str. 89 v popisu grafu 26 a na str. 90 v popisu obr. 61 je opakovaný překlep ve

formulaci 10 drátků. Na str. 95 je v první větě části 7.10 se souřadnou spojkou *a* nevhodná interpunkce. V části 8 od str. 98 kolísá (a místy chybí) interpunkce za čtenými odrazkami. V poslední větě na str. 101 chybí čárka před *tak i z hledisek*. Na str. 102 v první větě čtvrtého odstavce chybí čárka (za vedlejší větou) před *a publikovali*. V seznamu publikací je na str. 110 až 111 nelogická změna řádkování; typografická nejednotnost panuje i v používání mezer ve stránkovém rozsahu, mezery nelogicky chybějí rovněž mezi slovy položky [30]. Seznam příloh na str. 125 má 4 položky, jež se však neuplatňují v (jinak podrobném) obsahu práce na str. 13. Tyto (a další obdobné) nedokonalosti však podstatně nesnižují odbornou úroveň práce a většinou ani její srozumitelnost pro čtenáře.

### 11. Hodnocení tezí disertační práce<sup>+) – úroveň tezí disertační práce je:</sup>

|  |            |                                     |             |                          |          |                          |             |                          |       |
|--|------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/>   | vynikající | <input checked="" type="checkbox"/> | nadprůměrná | <input type="checkbox"/> | průměrná | <input type="checkbox"/> | podprůměrná | <input type="checkbox"/> | slabá |
| <p><i>Zdůvodnění:</i> Teze v (poměrně značném) rozsahu 39 stran odpovídají obsahu i formě předložené disertační práce, a to včetně výše zmiňovaných nedokonalostí, namátkou kuriózního použití znaku ~ pro přibližnou rovnost (str. 12). Formálně jsou mimoto nadbytečné prázdné údaje <i>ISBN</i> a <i>ISSN</i> na str. 2. Jinak lze teze ocenit i jako přehledový text, jenž může oslovit širší okruh odborníků.</p> |            |                                     |             |                          |          |                          |             |                          |       |

### 12. Celkové hodnocení disertační práce

|  |            |          |             |                          |          |                          |             |                          |       |
|--|------------|----------|-------------|--------------------------|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------|
| Tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu student:  |            | prokázal | X           | neprokázal               |          |                          |             |                          |       |
| Požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru práce:  |            |          |             | splňuje                  | X        |                          |             |                          |       |
|  |            |          |             | nesplňuje                |          |                          |             |                          |       |
| Disertační práce podmínky uvedené v § 47 odst. 4 <sup>**</sup> ) zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách:   |            |          |             | splňuje                  | X        |                          |             |                          |       |
|  |            |          |             | nesplňuje                |          |                          |             |                          |       |
| Celková úroveň disertační práce je:  |            |          |             |                          |          |                          |             |                          |       |
| <input type="checkbox"/>   | vynikající | X        | nadprůměrná | <input type="checkbox"/> | průměrná | <input type="checkbox"/> | podprůměrná | <input type="checkbox"/> | slabá |
| <p><i>Zdůvodnění:</i> Práce je završením dlouhodobého úsilí autora o důkladné zpracování (aspoň částečně) nedestruktivní metodiky pro zjišťování rovnoměrnosti rozložení drátků ve ztvrdlém drátkobetonu, podpořeného rozsáhlou experimentální činností i fyzikálně zdůvodněnými výpočtovými simulacemi. Její vybrané části obsahují původní výsledky, jež jsou i v současné podobě využitelné pro praxi, ale naznačují rovněž příležitosti pro navazující výzkum.</p> |            |          |             |                          |          |                          |             |                          |       |

### 13. Disertační práci k obhajobě

doporučuji

☒

nedoporučuji

☐

#### Otázky k obhajobě:

1. Z fyzikální a matematické formulace problému v části 3.4 vyplývá, že při znalosti (relativní) permeability drátků a matrice a při schopnosti jisté výpočtové homogenizace materiálových vlastností (jak naznačují na různých úrovních obecnosti zejména literární

<sup>+)</sup>  Článek 44 Studijního a zkušebního řádu VUT v Brně - Teze disertační práce:

(1) Teze disertační práce obsahují ve stručné formě základní myšlenky, metody, výsledky a závěry disertační práce ve struktuře stejné jako u disertační práce.

<sup>\*\*)</sup>  (4) Studium se řádně ukončuje státní doktorskou zkouškou a obhajobou disertační práce, kterými se prokazuje schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu nebo vývoje nebo k samostatné teoretické a tvůrčí umělecké činnosti. Disertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.

odkazy [24] až [32]) bychom dokázali určit pro simulovaný pokus s Halloovou sondou rozložení magnetické indukce, resp. intenzity. Umíme-li naopak některou z těchto veličin aspoň lokálně změřit, bylo by odtud možno také zpětně kvantitativně určit předem neznámý objemový podíl drátků v materiálové struktuře; matematicky jde o speciální typ tzv. inverzní úlohy. Jaké jsou teoretické a praktické obtíže takového přístupu? Lze tuto úvahu propojit s korelačními křivkami (prakticky jen přímkami) pro kalibrační vzorky podle části 6?

2. Pro nedestruktivní (resp. částečně destruktivní) zjišťování struktury vláknobetonů (nejen těch s ocelovými drátky) se v současnosti využívají i jiné přístupy: jmenovitě přímé fotografické či radiografické (mimo nákladné tomografické) nebo nepřímé elektromagnetické s harmonickým buzením, zatímco v navržené metodice se pracuje výhradně se stacionárním magnetickým polem. Jak lze zhodnotit přednosti a omezení navržené metodiky ve srovnání s těmito (a případně i dalšími) konkurenčními přístupy?

Datum: 8. září 2019

Podpis oponenta: