

## POSUDEK OPONENTA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor bakalářské práce: Leoš Jirovský

Oponent bakalářské práce: Ing. Dalibor Kocáb

Předložená bakalářská práce „Experimentální porovnání metod destruktivního a nedestruktivního zkoušení betonů a vláknobetonů“ zpracovává danou problematiku přehledným způsobem a v rozsahu, který požadavky na bakalářskou práci splňuje, ne-li přímo výrazně přesahuje.

Po prostudování práce mohu konstatovat, že student Leoš Jirovský cíle práce splnil. Podrobně se s danou problematikou seznámil, navrhl rozsáhlý experiment a následně provedl naplánovaná měření na dostatečném počtu zkušebních těles. Z vyhodnocených zkoušek poté učinil adekvátní závěry. Zadáni bakalářské práce tak, jak bylo formulováno, bylo naplněno beze zbytku.

Již od úvodu bakalářské práce je zřejmé, že se autor se zadanou oblastí stavebnictví zevrubně seznámil. Pozitivně hodnotím množství citací, které jsou v textu citlivě zapracovány. Použitá literatura, jejíž seznam čítá 37 položek, je navíc složena především z odborných knih, článků a norem.

**Teoretická část** je zpracována na velmi vysoké úrovni. Student danou problematiku vypracoval důkladně a při tvorbě této části postupoval systematicky od jednoduchého ke složitějšímu. V práci je v logické návaznosti podrobně rozebrána teorie vláknobetonů, jejich složení, výroba a vlastnosti a také metody zkoušení betonů, jejich možnosti, výhody i nevýhody. Výsledný dojem je přesvědčivý, informace z odborné literatury jsou umně zakomponovány a text je nejen obsáhlý a hutný, ale hlavně přehledný. V této části dokumentu také nechybí množství názorných grafů a text je velmi vhodně doplněn fotografiemi.

Přestože je teoretická část předložené bakalářské práce bezpochyby kvalitní, mám k ní několik poznámek či připomínek.

- V práci se nachází několik termínů, které norma ČSN EN 206 nezná – nejedná se o významnou chybu, přesto doporučuji používat oficiální termíny (např. vibrovaný beton × zhutňovaný beton, betonová směs × čerstvý beton).
- V práci jsou uvedeny příklady deformačních diagramů, které jsou však pojmenovány jako pracovní diagramy.
- PP vlákna rozhodně modul pružnosti betonu nezlepšují.
- Pomocí vyjmenovaných NDT zkoušek se pevnost betonu v tahu neurčuje.



- V práci je několikrát v souvislosti s betonem použit termín „homogennost“, což je vzhledem k samotné podstatě betonu nevhodné – správný termín je „stejnoměrnost“.
- Mechanické kmitání pravidelných těles se dělí na podélné, příčné (ohybové) a kroutivé.
- Není pravda, že se ultrazvuková metoda odrazová u betonu zásadně nepoužívá. Právě odrazová sonda je v současné době hlavním lákadlem nového UZ přístroje jedné významné švýcarské firmy.
- Hranol  $100 \times 100 \times 400$  mm rozhodně není typickým reprezentantem jednorozměrného prostředí při UZ měření – tím je výrazně štíhlejší prvek.
- Součinitele rozměrnosti prostředí při UZ měření jsou uvedeny chybně – jsou prohozeny součinitele  $k_1$  a  $k_3$ .
- Po přečtení teoretické části jsem dospěl k závěru, že stěžejní prameny, ze kterých student vycházel, byly dva – konkrétně se jedná o odkazy [14] a [15], které pocházejí z roku 1966, respektive z roku 1977. Pro tvorbu práce na téma nedestruktivní zkoušení betonu je nevhodné používat jako hlavní zdroj literaturu starou 40 až 50 let. Důvodem je skutečnost, že NDT metody, ale také samotný beton, se od té doby zásadním způsobem vyvinuly a změnily.

**Experimentální část** předkládané bakalářské práce je opět na vysoké formální úrovni. Je taktéž obsáhlá, přehledně strukturovaná a obsahuje všechny potřebné údaje o zkušebních vzorcích a prováděných zkouškách. Výsledky jsou systematicky sumarizovány v grafické a tabelární podobě. Tabulky jsou graficky sjednocené a především přehledně uspořádané. Grafy jsou střizlivé a názorné, chybí mi však v nich chybové úsečky (např. v podobě směrodatných odchylek) pro lepší statistickou názornost prezentovaných výsledků. Naneštěstí jsem nucen konstatovat, že experiment je špatně navržen, z čehož plyne značná obtížnost učinit jasné a relevantní závěry. S některými závěry proto nemohu souhlasit, přesto však musím vyzdvihnout, že se student Leoš Jirovský s tímto nelehkým úkolem vypořádal se ctí.

K experimentální části mám následující připomínky.

- Experiment je celkově až moc rozsáhlý, některé jeho části jsou téměř zbytečné a odvádějí pozornost od cíle experimentu. Příště doporučuji užší zaměření s vyšší efektivitou výstupů.
- Při UZ měření byla špatně zvolena frekvence sond. Válce a hranoly mohou být jednorozměrným, neurčitým či trojrozměrným prostředím. Pokud spadají do neurčitého prostředí (což při použité frekvenci sond spadají), není možné vyhodnotit rychlost šíření UZ vlnění a musí být upravena frekvence sond, což dle dostupných informací učiněno nebylo.
- Dle výsledků UZ měření se domnívám, že použitý UZ přístroj byl během měření jednotlivých zkušebních těles buď špatně kalibrován, anebo bylo postupováno jiným



způsobem chybně. Na základě výsledků UZ měření např. na krychlích Z1R by byl beton prohlášen za nestejnoměrný, což se mi dle ostatních (zejména destruktivních) zkoušek jeví jako málo pravděpodobné. Stejně tak informace o nemožnosti naměřit doby průchodu UZ vlnění hranoly v toleranci  $\pm 1\%$  naznačují nepřesnosti ve správném postupu měření (může být dáno nezkušeností obsluhy přístroje). Jako nevhodné shledávám přikládání sond UZ přístroje na neupravený povrch válců (upravit povrch lze např. řezáním, broušením, apod.).

- Měření pomocí Schmidtova tvrdoměru na pevně neuchycených / nezatížených tělesech neodpovídá normě a především nedává reálné výsledky. Snahu vymezit se normovému postupu a zkoušet dle vlastních kritérií bych chápal pouze v případě, že následně dojde k porovnání výsledků získaných nenormovým postupem s výsledky dle normového postupu, tedy že k postupu dle normy dojde. Zde jsou prezentovány pouze tři postupy, které normě neodpovídají, přičemž jejich výstupy jsou navázány na kalibrační křivky udávané normou, což vnímám jako zcela nevhodné.
- Stejně tak 7 měření pomocí Schmidtova tvrdoměru na jednom zkušebním tělese, následné automatické vyřazení nejvyšší a nejnižší hodnoty a průměrování zbylých 5 hodnot odrazu a až poté přiřazení pevnosti v tlaku (přičemž norma předepisuje přiřazení pevnosti v tlaku každému odrazu, následné vyřazení odlehlých hodnot za podmínky, že musí zůstat minimálně 7 hodnot) bych akceptoval při tvorbě vlastního kalibračního vztahu, a tedy tvorbě „nového zkušebního postupu“. K ničemu takovému však nedošlo, což opět hodnotím jako chybné.
- Rovněž jako u UZ měření shledávám měření Schmidtovým tvrdoměrem na neupraveném horním povrchu válců nelogickým a neopodstatněným – nutnost úpravy zkušebního místa byla nesčetněkrát popsána a zdůvodněna, není ji tedy nutné opět ověřovat.
- Součinitel  $\alpha$  (součinitel upřesnění nezaručené pevnosti v tlaku získané pomocí Schmidtova tvrdoměru) dosahující hodnot převyšujících 2 vnáší pochybnosti o správnosti provedení zkoušky.

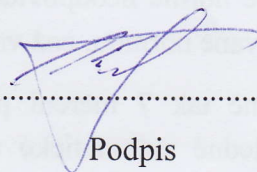
K bakalářské práci mám následující otázky:

1. Jaké jsou hlavní výhody ultrazvukové metody a které charakteristiky betonu pomocí této metody lze zjišťovat přímo na konstrukci?
2. Co víte o novince tvrdoměrného zkoušení betonu, tedy o odrazovém tvrdoměru SilverSchmidt (princip, výhody, možnosti,...)?
3. Délka základny (vzdálenost sond) při přímém měření UZ přístrojem ovlivňuje výslednou rychlost UZ vlnění. Víte jakých způsobem a proč?
4. Jaký je rozdíl mezi deformačním a pracovním diagramem (např. betonu v tlaku)?

Závěrem mohu konstatovat, že se z hlediska zpracování jedná o velmi kvalitní bakalářskou práci. Student Leoš Jirovský prokázal schopnost vyhledat a nastudovat odbornou literaturu, schopnost orientace v dané problematice a schopnost vyhodnotit naměřená data a učinit závěry. Po důkladném uvážení, že na skutečnosti, že je experiment špatně navržen, nese student pouze část viny, jsem se rozhodl ohodnotit předkládanou bakalářskou práci klasifikačním stupněm B/1,5 a doporučit ji k obhajobě.

Klasifikační stupeň ECTS: B/1,5

V Brně dne 3. 6. 2015



Podpis

**Klasifikační stupnice**

| Klas. stupeň ECTS   | A | B   | C | D   | E | F |
|---------------------|---|-----|---|-----|---|---|
| Číselná klasifikace | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 4 |