

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Dynamická analýza Trojské lávky</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Slunečko Petr</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta stavební (FSv)
<b>Katedra/ústav:</b>	K132 – katedra mechaniky
<b>Oponent práce:</b>	prof. Ing. Michal Polák, CSc.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ČVUT v Praze, Fakulta stavební, K132 – katedra mechaniky

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bakalářské práce, které je shrnuto níže, považuji zejména kvůli neobvyklosti provedeného dynamického výpočtu za náročnější.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání práce obsahovalo výpočet vlastního kmitání Trojské lávky, výpočet dynamické odezvy na zatížení chodci, porovnání různých výpočetních modelů, zhodnocení výsledků a návrh případných opatření. Všechny části zadání bakalářské práce byly splněny.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení jednotlivých částí problematiky posuzované bakalářské práce považuji za správný.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň práce je výborná. Student při řešení využil jeho znalosti získané jak při studiu, tak i z odborné literatury, a aplikoval i jeho poznatky a postřehy získané při vlastním řešení problematiky bakalářské práce.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Jazyková i typografická stránka práce je na výborné úrovni. V práci jsem našel pouze několik drobných nedostatků v interpunkci (str. 18, 3. souvětí v 1. odstavci kap. 1.3.2 – za slovem „posuzují“ chybí čárka oddělovací vloženou vedlejší větu; str. 18, 3. souvětí v 2. odstavci kap. 1.3.2 – za slovy „příliš často“ chybí čárka oddělovací vloženou vedlejší větu; str. 20, souvětí nad tab. 1.5 v kap. 1.3.3 – za slovem „součinitelů“ chybí čárka oddělovací vedlejší větu od věty hlavní; str. 22, 3. souvětí v 1. odstavci kap. 1.4.4 – mezi slovy „Kdy“ a „jaký“ oddělovací čárka nemá být). Student používá formální zápisy správně. Podle mne je rozsah práce větší, než je běžný standard bakalářských prací na stavební fakultě.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	

Jak je patrné ze seznamu literatury uvedeného v bakalářské práci, student si vedle pramenů doporučených v zadání bakalářské práce sám dohledal další zajímavé studijní materiály a reference, které byly pro jeho bakalářskou práci podstatné a které více méně bezesbytku pokryly řešenou problematiku. Všechny studentem použité zdroje jsou v textu práce pečlivě a korektně citovány. Mám pouze jednu drobnou připomínku, ačkoliv je publikace [4] v bakalářské práci mnohokrát korektně citována, podle mne by bylo vhodné vložit ještě jeden odkaz do 1. věty na začátku kap. 1.2.

#### **Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Posuzovaná bakalářská práce se věnuje teoretické dynamické analýze lávky pro pěší, která je zaměřena na kmitání lávky způsobené chodci přecházejícími po její mostovce. Při dynamickém výpočtu bylo použito několik dynamických modelů chodců, které jsou v zahraničních publikacích doporučovány pro ověření dynamického chování vodorovných nosných konstrukcí lávek pro chodce.

Pro teoretickou analýzu byl použit model existující lávky přes Vltavu v Praze – Troji, jejíž vodorovná nosná konstrukce byla před aktivací instalovaných pohlcovačů velmi citlivá na dynamické účinky chodců. Součástí posuzované bakalářské práce bylo porovnání získaných výsledků pro jednotlivé použité teoretické modely chodců včetně kritického zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých metodik.

V závěru práce je proveden rozbor možných opatření pro snížení úrovně kmitání mostovky analyzované lávky a návrh a posouzení účinnosti nejvhodnější varianty – pasivního dynamického pohlcovače kmitání.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

K posuzované práci mám tyto otázky a připomínky:

- Str. 12, vzorec (1) a (2) – má smysl při dynamické analýze lávky, při které by byl použit model svislé síly od chodce popsany ve vzorci (1) nebo (2), uvažovat konstantní složku síly  $F_0$ ?
- Str. 30, poznámka k textu „*Tuto hypotézu bohužel nejsem schopn ani potvrdit ani vyvrátit, protože neexistují experimentálně změřené vyšší vlastní frekvence. Při dynamické zkoušce [12] byly měřeny pouze vlastní frekvence do 3,5 Hz.*“ – Tato informace je nepřesná. V protokolu z experimentu [12] sice byly uvedeny vlastní frekvence pouze do 3,5 Hz. Ale při zkoušce bylo měřeno s větším frekvenčním rozsahem a z archivovaných dat by bylo případně možné vyšší vlastní frekvence dodatečně vyhodnotit.
- Str. 35, Obr. 3.2 – V práci nad Obr. 3.2 je napsáno: „...říkáme rezonance a je to přesně případ zatěžování konstrukce v této práci.“ Jak si vysvětlujete, že podle Obr. 3.2 v rezonanci pro útlum rovný nule kmitání lávky neroste nade všechny meze?
- Str. 37, 2. odstavec – Já rozumím použitému postupu, nicméně si myslím, že útlum kmitání reálné lávky ve vodorovném a svislém směru je v tomto případě tak rozdílný, že analýza útlumu a případný následný výpočet kmitání lávky měly být řešeny odděleně pro vodorovné a svislé kmitání. Sloučení podstatně rozdílného útlumu pro oba směry kmitání při popsání analýze vedlo k tomu, že koeficient Alfa je větší, než kdyby byl uvažován viskózní útlum úměrný pouze matici hmotnosti vycházející ze základní vlastní frekvence 1,02 Hz, a koeficient Beta je záporný a to znamená, že útlum úměrný matici tuhosti kinetickou energii kmitání neubírá.
- Str. 37 a 38 – Proč byla pro dynamický výpočet vynuceného kmitání modelu lávky ve svislém i ve vodorovném směru nakonec zvolena hodnota poměrného útlumu 0,004, která je podstatně menší i než hodnoty vyhodnocené z experimentu pro vlastní frekvence příslušné ke svislému ohybovému kmitání vodorovné nosné konstrukce lávky?
- Str. 38, Kap. 3.4 - U metody „řešení vynuceného kmitání rozkladem do vlastních tvarů kmitání“ je obecně možné zahrnout rozdílný útlum pro jednotlivé vlastní frekvence. Byla zvažována varianta, při které by byl zohledněn pro vodorovné kmitání lávky vyšší útlum tak, jak by odpovídalo výsledkům experimentu?
- Str. 38 až 44, celá Kap. 3.4 – Na nové lávce v Troji před jejím uvedením do provozu byla provedena dynamická zatěžovací zkouška v situaci, kdy pohlcovače kmitání nebyly aktivovány. Zkoušel jste porovnat výsledky

z Vašeho dynamického výpočtu s těmito výsledky experimentu? Pro který z porovnávaných dynamických modelů chodců vyšly výsledky dynamického výpočtu nejbližší k výsledkům experimentu?

- Str. 50, část textu „1) Volba hmotnosti pohlcovače“ v Kap. 5.4 - V české starší dynamické literatuře je doporučován poměr  $\mu = 0,1$  až  $0,05$ . Z jaké úvahy nebo doporučení jste vycházel při Vaší volbě  $\mu = 0,02$ ?
- Str. 51, vzorec (39) – Z jaké podmínky vzorec (39) vychází? Já osobně bych očekával, že optimální poměrný útlum pohlcovače bude vyšší, a to nejméně dvojnásobně.
- Str. 51, Kap. 5.4.1, poznámka k textu „...konstanta  $c_d$  v modelu není zohledněna. Lze ale očekávat, že odezva konstrukce při použití reálného tlumiče a jeho útlumu bude příznivější než výsledky získané z modelu.“ – Toto tvrzení není úplně správné. Pohlcovač s menším útlumem je při kmitání konstrukce ve frekvenci, na kterou byl naladěn, účinnější než pohlcovač, který má jeho vlastní útlum vyšší. Nicméně platí, že pohlcovač s menším útlumem je méně účinný při kmitání konstrukce ve dvou vlastních frekvencích vzniklých po připojení pohlcovače ke konstrukci rozvojením původní vlastní frekvence, na kterou byl pohlcovač naladěn.
- Str. 53, Kap. Závěr: Jaký je Váš názor vycházející z výsledků Vaší práce na to, že na reálné lávce jsou instalovány pohlcovače dva? Jeden je naistalován ve 2. poli a druhý v 5. poli lávky. Pohlcovač instalovaný v 2. poli lávky není nezbytně nutný?

Podstatnou částí práce je porovnání vypočtených vlastních frekvencí lávky s odpovídajícími výsledky získanými při experimentu in situ, které prokazuje, že model lávky sestavený v rámci posuzované bakalářské práce je vhodný pro provedení výstižné dynamické analýzy zkoumané lávky.

Náplň a rozsah posuzované bakalářské práce odpovídá požadavkům, které jsou kladeny na bakalářskou práci. Cíle stanovené v zadání bakalářské práce byly beze zbytku splněny. V práci jsem nenalezl žádnou podstatnou chybu.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 14.6.2024

Podpis: