

Zatížení a spolehlivost (K132ZASP)

Přednáší:

Ing. Matěj Lepš, Ph.D.

Katedra mechaniky K132

místnost D2034

e-mail: matej.leps@fsv.cvut.cz

konzultační hodiny Út 13:00-16:00

Literatura:

- P. Fajman, J. Kruis: Zatížení a spolehlivost. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2008.
- Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. ČSN P ENV 1991-1.
- J. Studnička, M. Holický: Ocelové konstrukce 20. Zatížení staveb podle Eurokódu. Vydavatelství ČVUT, 2003.
- M. Holický: Zásady ověřování spolehlivosti a životnosti staveb. Vydavatelství ČVUT, 1998.

Organizace předmětu ZASP

PODMÍNKY PRO UDĚLENÍ ZÁPOČTU

- Úspěšně napsaná zápočtová písemná práce (termíny budou jednotně za celý předmět ZASP ve zkouškovém období) - alespoň 50% písemné práce je nutno mít správně
- Odevzdaná a asistenty uznaná seminární práce je nezbytnou podmínkou k možnosti psát zápočtovou písemku:

Včasné odevzdání a kontrola dílčích částí, do:

22.10. Zatěžovací plochy

5.11. Zatížení vlastní tíhou

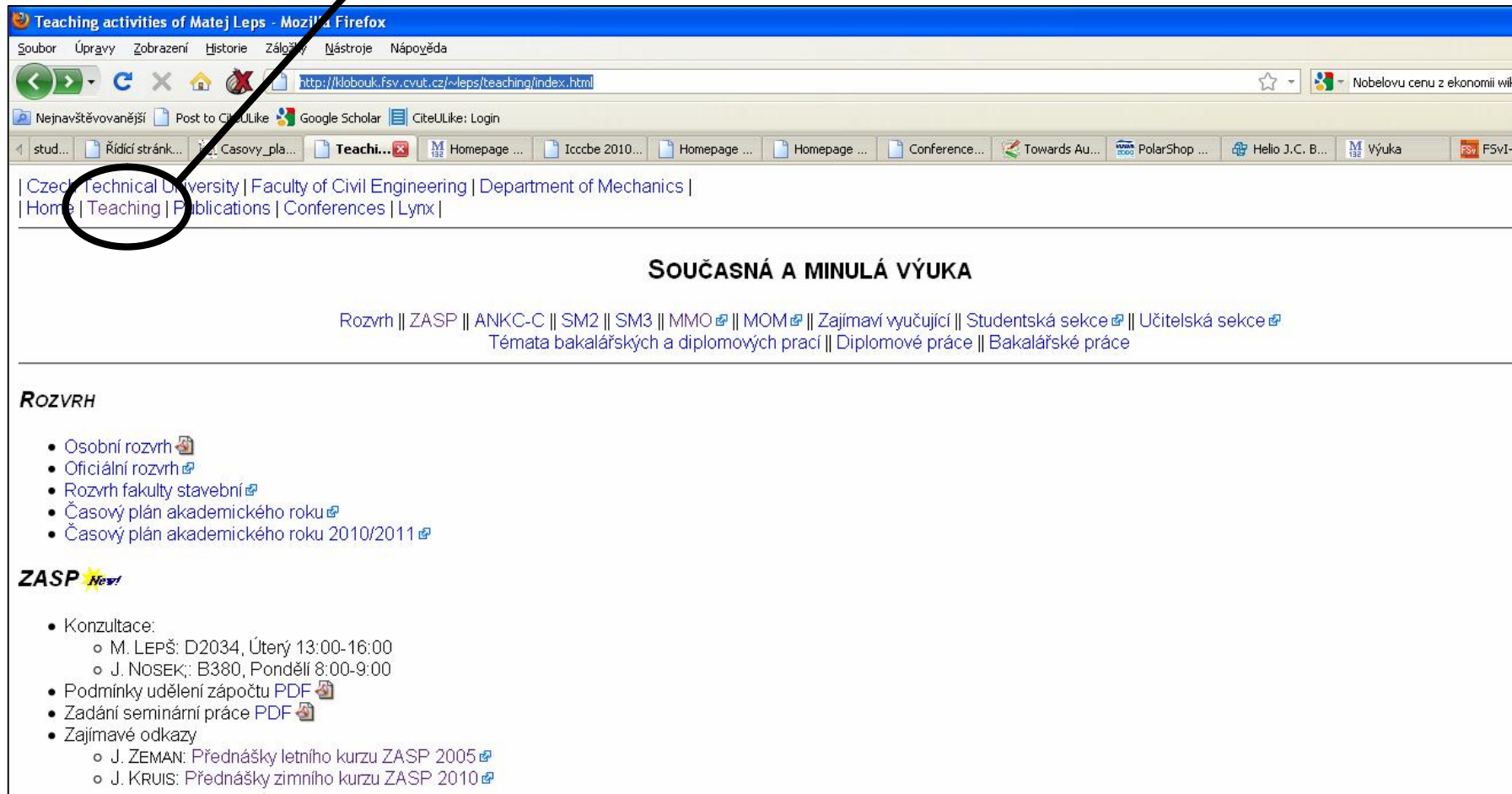
10.12. Zatížení větrem a sněhem

21.1. Poslední termín odevzdání seminární práce

Nesplnění termínů bude penalizováno dodatkovými domácími úkoly

Podklady

<http://klobouk.fsv.cvut.cz/~leps/teaching/index.html>



Teaching activities of Matej Leps - Mozilla Firefox

Šoubor Úpravy Zobrazení Historie Záložky Nástroje Nápořádá

http://klobouk.fsv.cvut.cz/~leps/teaching/index.html

Nejnavštěvovanější Post to CiteULike Google Scholar CiteULike: Login

stud... Řídící stránk... Casovy_pla... Teachi... Homepage ... Iccbe 2010... Homepage ... Homepage ... Conference... Towards Au... PolarShop ... Hello J.C. B... Výuka FSV FSVI-

Czech Technical University | Faculty of Civil Engineering | Department of Mechanics |
Home | Teaching | Publications | Conferences | Lynx |

SOUČASNÁ A MINULÁ VÝUKA

Rozvrh || ZASP || ANKC-C || SM2 || SM3 || MMO || MOM || Zajímaví vyučující || Studentská sekce || Učitelská sekce
Témata bakalářských a diplomových prací || Diplomové práce || Bakalářské práce

ROZVRH

- Osobní rozvrh
- Oficiální rozvrh
- Rozvrh fakulty stavební
- Časový plán akademického roku
- Časový plán akademického roku 2010/2011

ZASP *New!*

- Konzultace:
 - M. LEPS: D2034, Úterý 13:00-16:00
 - J. NOSEK: B380, Pondělí 8:00-9:00
- Podmínky udělení zápočtu PDF
- Zadání seminární práce PDF
- Zajímavé odkazy
 - J. ZEMAN: Přednášky letního kurzu ZASP 2005
 - J. KRUIS: Přednášky zimního kurzu ZASP 2010

Úvod

- Stavební konstrukce musí být *navržena* (a provedena) tak, aby vyhovovala požadovanému účelu a *odolala vlivům*, které se *mohou* vyskytnout během její *životnosti*.
- „Odolání vlivům“ se prokazuje *statickým* resp. *dynamickým výpočtem*.
- Statický/dynamický výpočet vychází ze *zjednodušeného* modelu:
 - Konstrukce - rozměry, podepření konstrukce,
 - konstrukčního materiálu - konstitutivní model,
 - působících vlivů = zatížení.
- Nejistota ve vstupních datech zohledněna použitím *teorie spolehlivosti*.



Světové obchodní centrum

www.dorm.org/archives/2001/95-world-trade-center-from-bottom.jpg



Příklad vnějšího mimořádného vlivu

www.civil.usyd.edu.au/latest/wtc.php

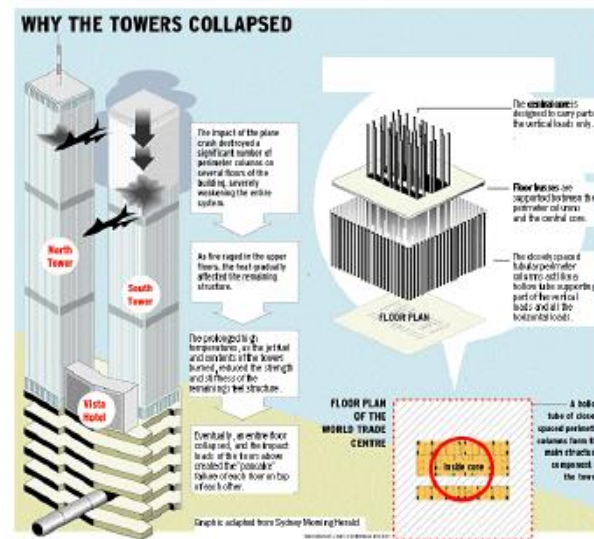


Schéma konstrukce

www.civil.usyd.edu.au/latest/wtc.php

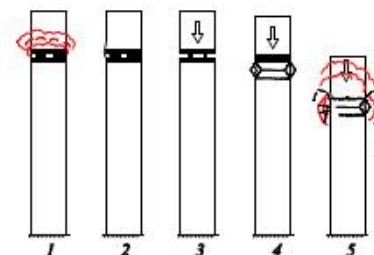


Fig. 1

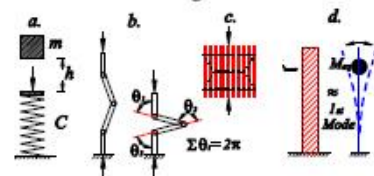


Fig. 2

Model konstrukce

Z. P. Bažant and Y. Zhou,

Why Did the World Trade Center Collapse?—Simple Analysis,
J. Engineering Mechanics ASCE, September 28, 2001

Základní terminologie

- *Zatížení* je vliv způsobující změnu
 - stavu napětí,
 - stavu přetvoření,
 - tvaru a polohy konstrukce.
- *Účinek* zatížení je projev zatížení působícího na *konstrukci*. Možno kvantifikovat např.
 - velikostí vnitřních sil (SM1 + SM2),
 - hodnotami napětí a deformací (PRPE),
 - průhyby a pootočeními (PRPE + SM3).
- *Intenzita* zatížení $f(\mathbf{x}, t)$ je veličina popisující velikost daného zatížení v daném bodě \mathbf{x} a čase t .



Zatížení konstrukce tíhou destiček
Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2005
departments.fsv.cvut.cz/halaroku



Účinek zatížení větrem
Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2004
Foto: T. Plachý

Klasifikace zatížení — analýza konstrukce

Podle času

- Časově neproměnná - vlastní tíha, zemní tlaky
- Časově proměnná
 - bez setrvačných účinků - pomalé zatěžování
 - se setrvačnými účinky - účinky strojů, dopravy

Časově neproměnná zatížení

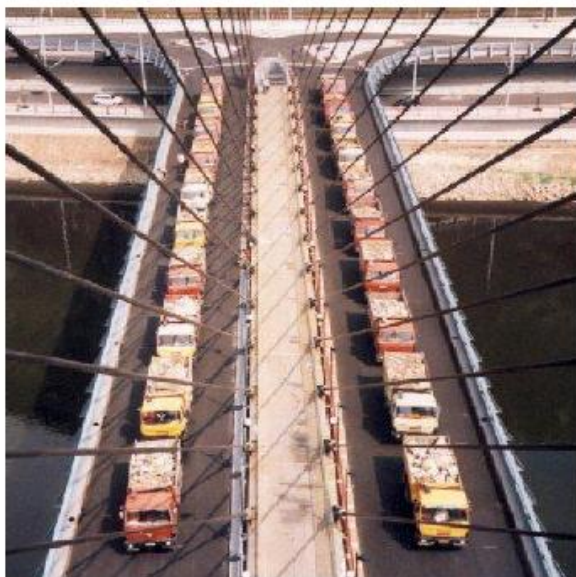
Časově proměnná bez setrvačných účinků

}

statika

Časově proměnná zatížení se setrvačnými účinky

dynamika



Zatížení *tíhou* vozidel

(Statické zatížení)

Mariánský most, Ústí nad Labem, 1994-8

Foto: T. Plachý & M. Polák



Zatížení *přejezdem* přes překážku

(Dynamické zatížení)

Ulice Hapalova, Brno, 2002

Foto: T. Plachý & M. Polák

Klasifikace zatížení — analýza konstrukce

Podle povahy

- Deterministická zatížení - přesně definovaná intenzita, poloha a čas působícím sil
- Stochastická (náhodná) zatížení - intenzitu zatížení není možné přesně předpovědět
 - stochastická vzhledem k času
 - stochastická vzhledem k prostoru
 - stochastická vzhledem k času i prostoru

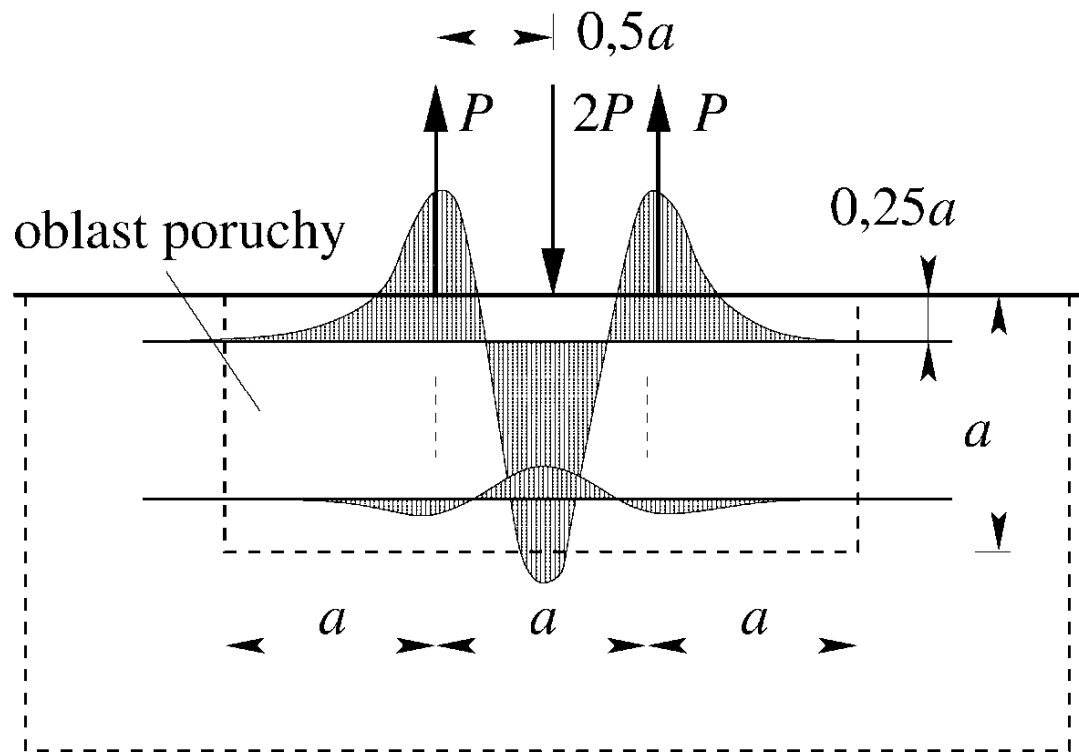
Klasifikace zatížení — analýza konstrukce

Podle výpočetního modelu

- Objemová $[f] = \text{Nm}^{-3}$ - zatížení vztažené na jednotku objemu - vlastní tíha patky základu
- Plošná $[f] = \text{Nm}^{-2}$ - zatížení vztažené na jednotku plochy - užitná zatížení
- Liniová $[f] = \text{Nm}^{-1}$ - zatížení vztažené na jednotku délky křivky - nenosné příčky
- Bodová $[f] = \text{N}$ - idealizace zatížení osamělou silou - osamělý sloup

Klasifikace zatížení — analýza konstrukce

- **Saint-Venantův princip lokálnosti.** Působí-li na malou část povrchu tělesa rovnovážná soustava sil, potom v dostatečné vzdálenosti od této části hranice napětí *vymizí* => v dostatečné vzdálenosti od poruchy nezáleží na rozložení sil, ale na jejich *výslednicí* = bodovém zatížení.



Klasifikace zatížení — analýza konstrukce

Podle působící veličiny

- Silová zatížení - výsledek gravitačního působení, setrvačné síly
- Nesilová zatížení - zatížení klimatickými vlivy, vynucený posun podpor

Idealizace zatížení

- Všechna působící zatížení jsou ve skutečnosti
 - časově proměnná se setrvačnými účinky,
 - stochastická vzhledem k času i prostoru,
 - objemová.
- Z hlediska výpočtu lze však tyto vlivy zohlednit *idealizovanými* výpočetními modely při zachování „rozumné“ přesnosti výsledku - zohledněno v použité normě.
- Časovou proměnnost převádíme na posloupnost časově neproměnných úloh.

Normy a jejich význam

letecký průmysl

Boeing 707	1952-1954	1958
Boeing 727	1960-1964	
Boeing 737-100		1967
Boeing 747	1966-1970	1970
Boeing 757		1983
Boeing 777		1995
Boeing 787		2006/2007

Normy a jejich význam

Stavební průmysl

- obytné budovy
- administrativní budovy
- průmyslové budovy
- mosty
- tunely
- přehrady
- komíny

Program Eurokódů

1. Zásady navrhování a zatížení konstrukcí
2. Navrhování betonových konstrukcí
3. Navrhování ocelových konstrukcí
4. Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí
5. Navrhování dřevěných konstrukcí
6. Navrhování zděných konstrukcí
7. Navrhování geotechnických konstrukcí
8. Navrhování konstrukcí odolných vůči zemětřesení
9. Navrhování hliníkových konstrukcí

Program Eurokódů

Zásady navrhování a zatížení konstrukcí

1. Hustoty, vlastní tíha a užitné zatížení
2. Zatížení konstrukcí vystavených požáru
3. Zatížení sněhem
4. Zatížení větrem
5. Zatížení teplotou
6. Zatížení a deformace působící během výstavby
7. Mimořádná zatížení
8. Dopravní zatížení mostů
9. Zatížení sil a zásobníků
10. Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

Definice

- **návrhová životnost:** předpokládaná doba, po kterou má být konstrukce užívána pro zamýšlený účel při běžné údržbě, avšak bez podstatné opravy

Návrhové doby životnosti

třída	doba	příklad
1	1-5	dočasné konstrukce
2	25	vyměnitelné konstrukční části, např. jeřábové nosníky
3	50	budovy a jiné běžné konstrukce
4	100	monumentální stavby, mosty a jiné inženýrské konstrukce

- **mezní stavy:** stavy, při jejichž překročení konstrukce přestává plnit návrhové požadavky
- **mezní stavy únosnosti:** mezní stavy související se zřícením nebo s jinými podobnými druhy poruch konstrukce
- **mezní stavy použitelnosti:** mezní stavy související s podmínkami, po jejichž překročení nejsou splněny stanovené provozní požadavky pro konstrukci nebo její část
- **návrhová kritéria:** kvantitativní vztahy popisující pro každý stav mezní stav podmínky, které musí být splněny
- **návrhové situace:** soubor fyzikálních podmínek charakteristických v určitém časovém intervalu, pro který se návrhem prokazuje, že příslušný mezní stav není překročen

- **dočasná návrhová situace:** situace, která platí během mnohem kratšího časového intervalu, než je návrhová životnost konstrukce, a která má velkou pravděpodobnost, že nastane
- **trvalá návrhová situace:** situace, která platí po dobu srovnatelnou s návrhovou životností konstrukce
- **mimořádná návrhová situace:** situace zahrnující mimořádné podmínky působení konstrukce, např. při požáru, výbuchu, nárazu nebo místním porušení
- **stálé zatížení G :** zatížení, které obvykle působí po celou dobu trvání uvažované návrhové situace a jehož velikost má zanedbatelnou proměnlivost vzhledem k průměru, nebo se mění pouze v jednom smyslu, než dosáhne určité limitní hodnoty

- **nahodilé zatížení Q** : zatížení, které obvykle nepůsobí po celou dobu trvání uvažované návrhové situace, nebo jehož velikost je s časem významně proměnlivá vzhledem k průměru a není monotónní
- **mimořádné zatížení A** : zatížení, působící obvykle krátce a u kterého výskyt významných hodnot po dobu návrhové životnosti konstrukce nastává výjimečně
- **seizmické zatížení A_E** : zatížení, které vznikne pohybem základové půdy vyvolaným zemětřesením
- **pevné zatížení** : zatížení, jehož prostorové rozdělení po konstrukci se nemění, takže velikost a směr zatížení v jednom bodě konstrukce jednoznačně určují velikost a směr zatížení po celé konstrukci

- **volné zatížení:** zatížení, jehož prostorové rozdělení po konstrukci může být v určitých mezích libovolné
- **statické zatížení:** zatížení, které nevyvolává významné zrychlení konstrukce nebo konstrukčních prvků
- **dynamické zatížení:** zatížení, které vyvolává významné zrychlení konstrukce nebo konstrukčních prvků
- **kvazistatické zatížení:** dynamické zatížení, které může být popsáno statickými modely, jež přihlížejí k dynamickým účinkům zatížení

- **zatěžovací stav:** slučitelná kombinace různých uspořádání zatížení, deformací a imperfekcí, která se uvažuje současně s pevnými nahodilými zatíženími a se stálými zatíženími při jednotlivých ověřeních
- **odolnost:** mechanická vlastnost dílce, průřezu nebo prvku konstrukce, např. ohybová únosnost, únosnost při vzpěru, apod.
- **účinek zatížení:** účinek zatížení na konstrukční prvky, např. vnitřní síla, moment, přetvoření, apod.

Mezní stavy

Rozlišují se dva mezní stavy

- **mezní stav únosnosti:** souvisí se zřícením nebo s jinými podobnými druhy poruch konstrukce
- **mezní stav použitelnosti:** souvisí s podmínkami, po jejichž překročení nejsou splněny stanovené provozní požadavky pro konstrukci nebo její část

Mezní stav únosnosti

kromě běžných případů je třeba se zabývat:

- ztráta stability konstrukce nebo její části jako tuhého tělesa
- porucha nadměrným přetvořením, transformace konstrukce nebo její části na mechanismus
- porucha únavou nebo jinými časově závislými účinky

Mezní stav použitelnosti

kromě běžných případů je třeba se zabývat:

- deformace a posuvy, které ovlivňují vzhled nebo využití konstrukce, popř. poškozují povrchy nebo nenosné prvky
- kmitání, které způsobuje nepohodlí osob, poškození konstrukce nebo nesených materiálů
- poškození včetně trhlin, které mohou nepříznivě ovlivnit vzhled, trvanlivost nebo funkci konstrukce
- poškození způsobené únavou a jinými časově závislými účinky

Ověřování metodou dílčích součinitelů

mezní stavy únosnosti

$$E_d < R_d$$

- E_d je návrhová hodnota účinku zatížení, jako je vnitřní síla nebo moment
- R_d je odpovídající návrhová odolnost, zahrnující všechny vlastnosti konstrukce

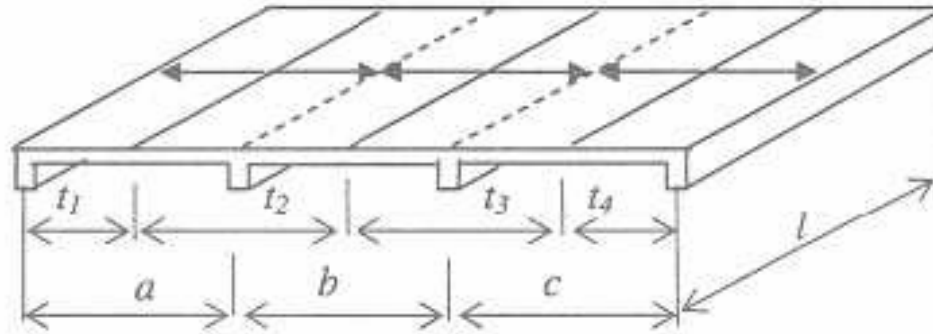
Navrhování konstrukcí

1	výběr typu konstrukce	K133, K134
2	odhad zatížení	ZASP
3	odhad účinku zatížení	ZASP, SM1, SM2, PRPE
4	návrh konstrukce	K133, K134
5	určení zatížení	ZASP
6	definitivní stanovení účinku zatížení	SM1, SM2, PRPE
7	posouzení	K133, K134
8	pokud návrh vyhovuje, je hotovo, pokud ne, znovu od bodu 4, eventuálně od 2	

pozn. K133 - katedra betonových a zděných konstrukcí,
K134 - katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Přibližné zatížení prvků konstrukce

- Zatěžovací šířky trámů



Přibližná zatěžovací šířka pro trám

$$t_1 = a/2$$

$$t_2 = a/2 + b/2$$

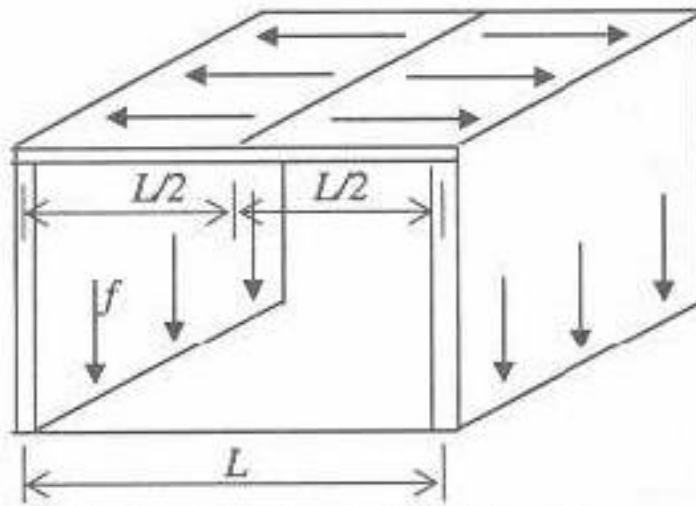
$$t_3 = b/2 + c/2$$

$$t_4 = c/2$$

Přibližné zatížení prvků konstrukce

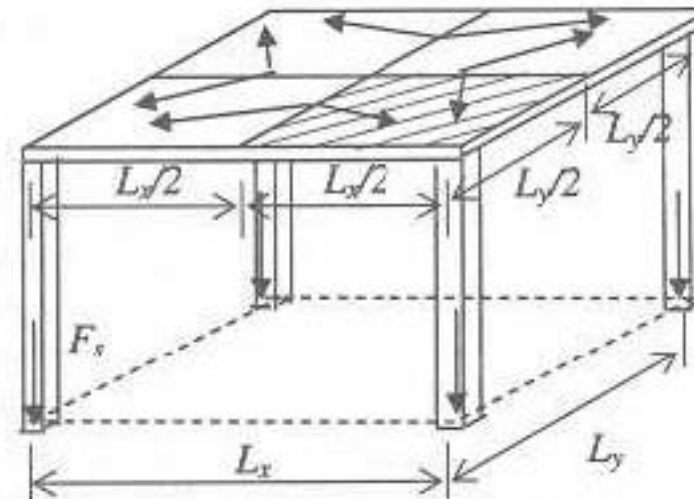
- Zatížení zdí (kN/m) a sloupů od stropů (kN)

Stěnový nosný systém



Zatěžovací šířka pro stěnu je $L/2$

Sloupový nosný systém

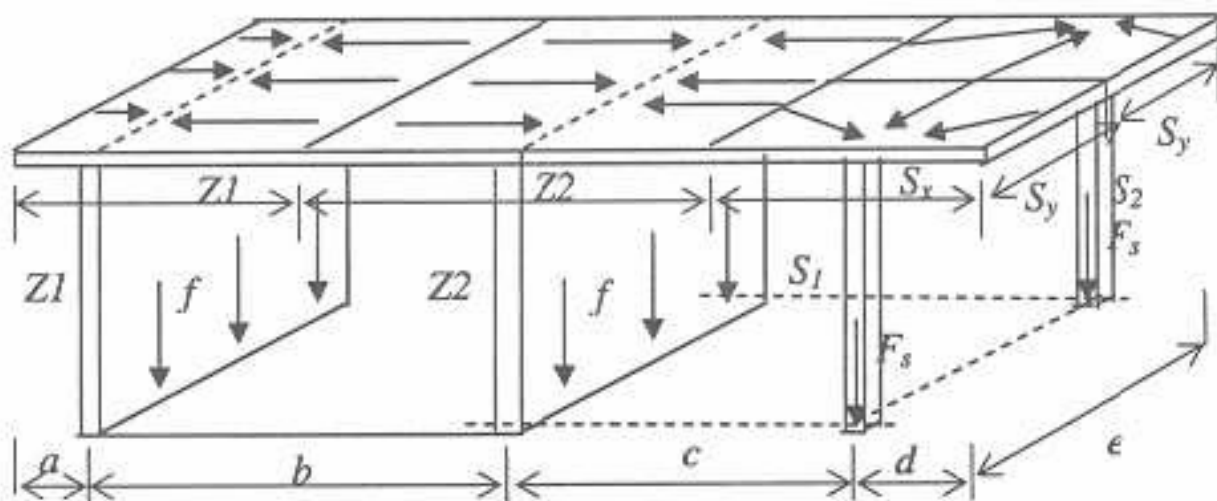


Zatěžovací plocha pro sloup je $L_x \cdot L_y / 4$.

Přibližné zatížení prvků konstrukce

- Zatížení zdí (kN/m) a sloupů od stropů (kN)

Kombinovaný nosný systém



Zatěžovací šířka pro stěnu

$$l_{Z1} = a + b/2$$

$$l_{Z2} = b/2 + c/2$$

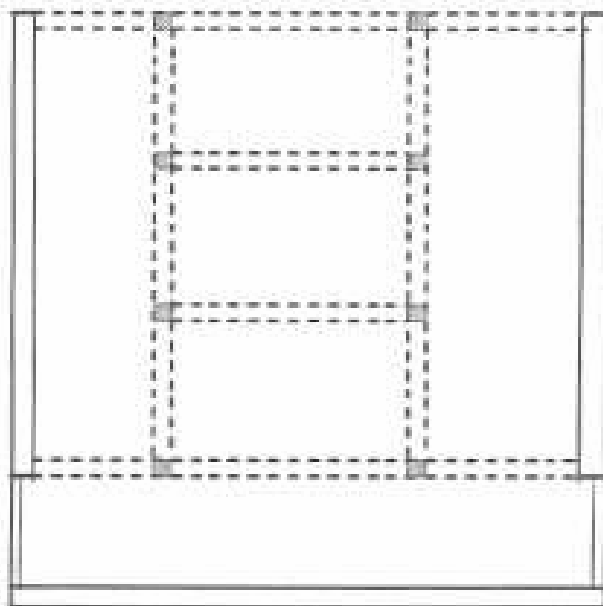
Zatěžovací plocha pro sloup

$$A_{S1} = S_x \cdot S_y = (c/2 + d) \cdot e/2$$

$$A_{S2} = S_x \cdot S_y = (c/2 + d) \cdot e/2$$

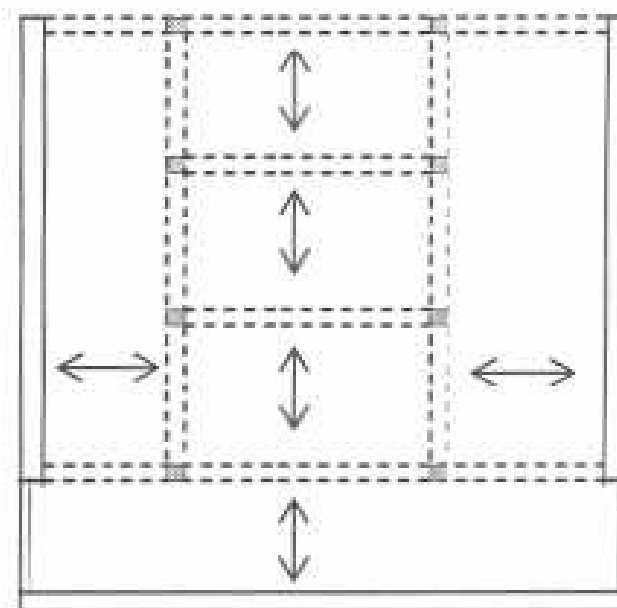
Příklad

Konstrukce s monolitickou stropní deskou



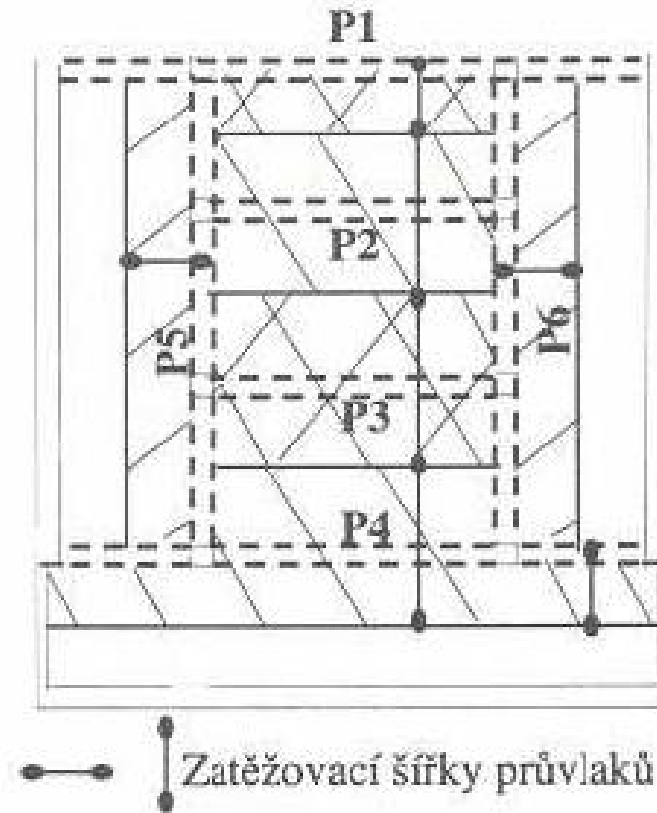
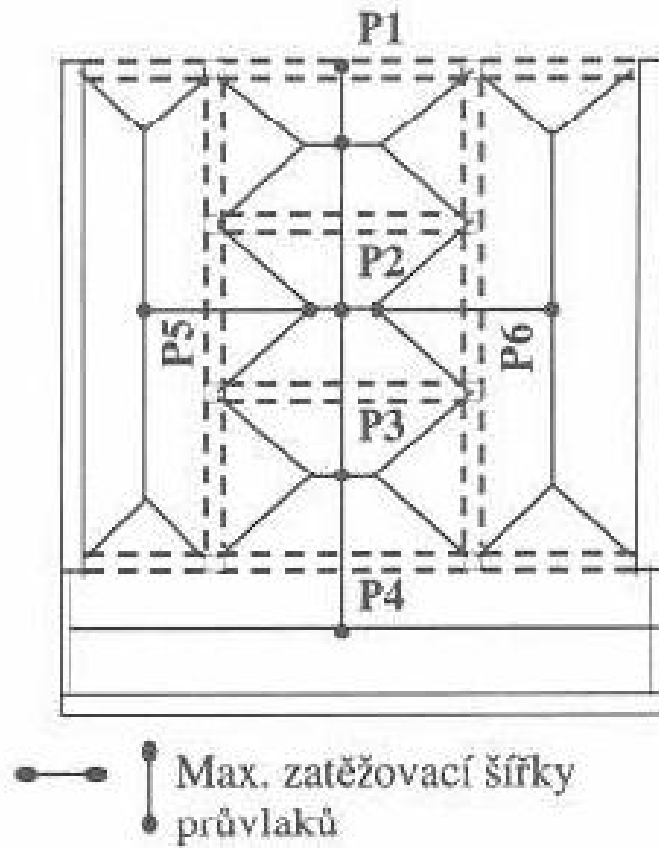
--- Průvlaky s železobetonovou stropní deskou

Konstrukce s panelovým stropem



↔ ↕ směry stropních panelů

Příklad



Tento dokument je určen výhradně jako doplněk k přednáškám z předmětu Zatížení a spolehlivost pro studenty Stavební fakulty ČVUT v Praze. Dokument je průběžně doplňován, opravován a aktualizován a i přes veškerou snahu autora může obsahovat nepřesnosti a chyby.

Při přípravě této přednášky byla použita řada materiálů laskavě poskytnutých doc. Ing. Janem Zemanem, Ph.D., doc. Ing. Jaroslavem Kruisem, Ph.D. a doc. Ing. Petrem Fajmanem, CSc. ze Stavební fakulty ČVUT. Ostatní zdroje jsou ocitovány v místě použití.

Prosba. V případě, že v textu objevíte nějakou chybu nebo budete mít námět na jeho vylepšení, ozvěte se prosím na matej.leps@fsv.cvut.cz.

Datum poslední revize: 11.10.2010