

Základy stavební mechaniky

Úvod do studia předmětu
na Fakultě stavební VŠB-TU Ostrava



Katedra stavební mechaniky
Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava

Základy stavební mechaniky – garant předmětu

prof. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.
Katedra stavební mechaniky (228)



místnost: H 405/3
tel.: +420 597 321 303
e-mail: martin.krejsa@vsb.cz
www: <https://profil.vsb.cz/kre13>

Požadavky pro úspěšné zvládnutí předmětu

Požadavky pro udělení zápočtu:

- minimálně 70 % aktivní účast na cvičení, případná neúčast omluvená
- zpracování příkladů s individuálním zadáním a jejich uznání vedoucím cvičení
- prokázání znalostí procvičované látky formou písemek

Požadavky na složení zkoušky:

- zápočet
- úspěšná písemná zkouška
- ústní zkouška prokazující znalosti probírané látky

Bodové ohodnocení

Zkouška:

Výsledná známka / odpovídající počet bodů:

3 / 51 – 65, 2 / 66 – 85, 1 / 86 – 100

Maximální bodové ohodnocení u zkoušky

(písemná část / ústní část): **65 (35 / 30)**

Minimální bodové ohodnocení u zkoušky

(písemná část / ústní část): **33 (>0 / >0)**

Zápočet:

Bodové ohodnocení ve cvičeních: 18 až 35 bodů

Nutná podmínka:

70 % aktivní účast, bez bodového ohodnocení.

Úvod do studia předmětu Základy stavební mechaniky na Fakultě stavební VŠB-TUO 4 / 44

Bodové ohodnocení ve cvičeních

Písemky – testy: 11x

8 testů s hodnocením 0-2 body nebo 0-3 body

3 písemky

(musí být uznány, 2 opravné termíny) s bodovým ohodnocením 5 bodů

Nutný počet získaných bodů za písemky: **18 bodů** (maximum **35 bodů**)

1. písemka – Lomený a zakřivený nosník: rovinně lomený nosník v rovinné úloze
2. písemka – Rovinné nosníkové soustavy: spojitý nosník s vložnými klouby
3. písemka – Rovinný kloubový příhradový nosník: zjednodušená styčnicková metoda, průměrná metoda

Příklady s individuálním zadáním: 3x

Nutná podmínka k získání zápočtu bez bodového hodnocení.

1. Lomený a zakřivený nosník: rovinně lomený nosník v rovinné úloze
2. Rovinné nosníkové soustavy: spojitý nosník s vložnými klouby
3. Rovinný kloubový příhradový nosník: zjednodušená styčnicková metoda, průměrná metoda

Úvod do studia předmětu Základy stavební mechaniky na Fakultě stavební VŠB-TUO 5 / 44

Doporučená literatura

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava



STAVEBNÍ STATIKA I.

Jiří Benda

Ostrava
2005

Benda: Stavební statika I.,
VŠB-TU Ostrava 2005

Úvod do studia předmětu Základy stavební mechaniky na Fakultě stavební VŠB-TUO 6 / 44

Doporučená literatura



Kadlčík, Kytýr: Statika stavebních konstrukcí I., VUTUM Brno 1999

Úvod do studia předmětu Základy stavební mechaniky na Fakultě stavební VŠB-TUO 7 / 44

Podklady ke studiu – www katedry 228

<https://www.fast.vsb.cz/228/cs/studium/studijni-materialy/>

Úvod do studia předmětu Základy stavební mechaniky na Fakultě stavební VŠB-TUO 8 / 44

Podklady ke studiu – www katedry 228

Základy stavební mechaniky		
1. ročník, bakalářského stupně – forma prezenční		
1. téma	Úvod do stavební mechaniky: charakteristika vědního oboru stavební mechaniky, některé obecné základy pojmy stavební mechaniky	ke stažení (4,4 MB)
2. téma	Přímková a rovinná soustava síl, přímková soustava síl, rovinný smásk síl, statický moment síly k bodu a dvojice síl v rovině, obecná rovinná soustava síl, rovinná soustava rovinnoběžných síl	ke stažení (2,9 MB) přílohy
3. téma	Nosné stavební konstrukce: úvodní a klasifikace nosných stavebních konstrukcí, rázné zatížení nosných stavebních konstrukcí, prut, průřevná soustava	ke stažení (20,0 MB) přílohy
4. téma	Výpočet přímého nosníku: výpočet nosníku v osové, příčné, krovové, rovinné a prostorové úložce	ke stažení (1,9 MB)

http://fast10.vsb.cz/krejsa/zaklady_mechaniky.htm

Úvod do studia předmětu Základy stavební mechaniky na Fakultě stavební VŠB-TUO 9 / 44

Téma 1 Úvod do stavební mechaniky

- Charakteristika vědního oboru stavební mechaniky
- Některé základní pojmy stavební mechaniky



Mechanika pevných těles, stavební mechanika

Mechanika pevných těles – součást fyziky. Zabývá se studiem mechanického pohybu (a také klidového stavu) pevných těles.

Stavební mechanika – teoretická mechanika aplikovaná na stavební konstrukce, nauka o výpočtech nosných stavebních konstrukcí.

Součástí stavební mechaniky:

- a) stavební dynamika – zkoumá stavební objekty, u nichž dochází k prudkým pohybům (účinky zemětřesení, pohyb vozidel, nárazy větru...)
- b) stavební statika – k pohybu nedochází nebo jsou zanedbatelné
- c) teorie pružnosti a plasticity – přetvoření a únosnost stavebních konstrukcí

Stavební konstrukce, stavební statika, metody

Stavební konstrukce:

- a) musí bezpečně přenést statické i dynamické zatížení
- b) nesmí překročit přípustné deformace
- c) musí být hospodárně navržena



Stavební statika:

- a) studium silových soustav (geometrie sil)
- b) vyšetřování jednoduchých stavebních konstrukcí – určování vnějších a vnitřních sil

(Složitější typy konstrukcí se řeší v oboru **Statika stavebních konstrukcí**)

Metody používané ve stavební mechanice:

- a) Grafické metody (v minulosti až do počátku 20. století)
- b) Analytické metody
- c) Numerické metody (v současnosti s využitím počítačů)



Stavební mechanika – historie a vývoj

Počátky vědního oboru spadají do 17. století.



Významné osobnosti

Galileo Galilei (1564 - 1642)

Italský astronom a učenec, který se jako první začal zabývat pružností a pevností jako rovnocenným samostatným vědním oborem



Issac Newton (1642 - 1727)

Zakladatel klasické mechaniky. Anglický matematik, fyzik a astronom Isaac Newton formuloval gravitační zákon a na základě přírodních a matematických poznatků založil moderní mechaniku vesmírných těles.

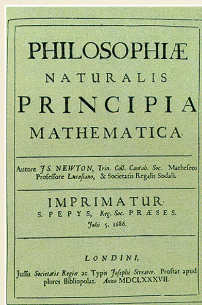
Charakteristika vědního oboru stavební mechanika

13 / 44

Newtonovy pohybové zákony

Týkají se dynamiky těles (klasická mechanika):

- 1) Každé těleso setrvává v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu, není-li vnějšími silami nuceno tento stav změnit. (**zákon setrvačnosti**)
- 2) Časová změna hybnosti tělesa je úměrná působící síle a má s ní stejný směr. (**zákon síly**)
- 3) Vzájemné síly mezi dvěma tělesy mají vždy stejnou velikost a opačný směr. (**zákon akce a reakce**)



Titulní strana spisu

Principia Mathematica Isaaca Newtona

Charakteristika vědního oboru stavební mechanika

14 / 44

Stavební mechanika – historie a vývoj

Významné osobnosti

Pierre Varignon (1654 - 1722)

Francouzský matematik, který se zasloužil o rozvoj grafických metod klasické statiky a mechaniky. Průkopník analytické dynamiky a proudění kapalin.



Daniel Bernoulli (1700 - 1782)

Člen rozvětvené rodiny vědců a učenců z Basileje. Je považován za zakladatele moderní teorie pružnosti a pevnosti. Významně přispěl k rozvoji newtonovské mechaniky. Položil základy hydrodynamiky - proslulá Bernoulliho rovnice, která popisuje proudění tekutin. Vytvořil první kinetickou teorii plynů.

Louis de Lagrange (1736 - 1813)

Zakladatel analytické mechaniky (1788). Zasloužil se o zavedení potenciálu rychlosti.



Charakteristika vědního oboru stavební mechanika

15 / 44

Stavební mechanika – historie a vývoj

Významné osobnosti

Louis Navier (1785 - 1836)
Francouzský inženýr, který řešil ohyb nosníků a jako první definoval obecné rovnice rovnováhy. Specialista na stavbu silnic a mostů. Vytvořil první teorii visutých mostů.



James Clerk Maxwell (1831 - 1879)
Jeden z největších vědců 19. století. Byl všestranným fyzikem. Jeho nejvýznamnějším objevem je obecný matematický popis elektromagnetického pole dnes známý jako Maxwellovy rovnice.



Luigi Cremona (1830-1903)
Italský matematik, který se zasloužil o grafické metody pro řešení rovnováhy sil.



Josef Šolín (1841 - 1912)
Profesor ČVUT v Praze, který vytvořil české názvosloví v řadě vědních oborů i v mechanice. Toto názvosloví se často užívá dodnes.



Charakteristika vědního oboru stavební mechanika 16 / 44

Některé základní pojmy stavební mechaniky

Jsou často známy z matematiky a fyziky.

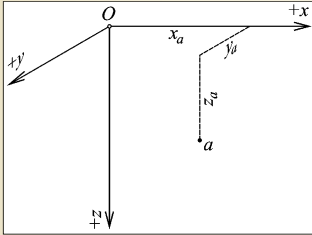
Souřadnicová soustava

Nutný předpoklad pro matematický popis nosné konstrukce. Záleží na povaze řešené úlohy.

Pravoúhlá souřadnicová soustava

Poloha libovolného bodu a
Popsána třemi souřadnicemi x_a , y_a a z_a .

Souřadnicová rovina
Rovina, ve které leží 2 ze 3 souřadnicových os. Jsou tři - xy , yz a xz .



Souřadnicová soustava
Obr. 1.1. / str. 5

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 18 / 44

Dokonale tuhé těleso

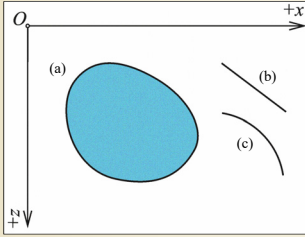
Každé těleso je **deformovatelné** – působením sil změní rozměry, tvar a dochází k **deformaci - přetvoření**.

Deformace jsou zpravidla malé a zanedbávají se – **dokonale tuhé těleso**.

Předpoklad spojité vyplněného tělesa – **kontinuum**.

Soustava dokonale tuhých těles – několik těles vzájemně spojených.

Rovinná úloha – další idealizace tuhého tělesa na **dokonale tuhou desku a dokonale tuhý prut**.

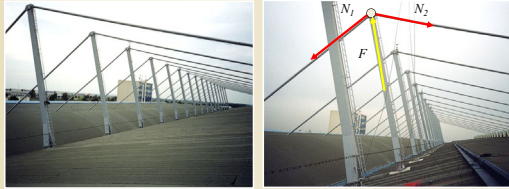


Tuhá deska (a), přímý (b) a zakřivený (c) prut
Obr. 1.2. / str. 6

Hmotný bod

Pojem **hmotného bodu**:

- limitní případ dokonale tuhého tělesa s nepatrnými rozměry vzhledem k jiným tělesům v úloze, soustřeďuje se v něm hmotnost celého tělesa.
- součást reálného tělesa, místo zkoumání fyzikálního jevu – působení síly, spojení s jiným tělesem.



Jednostranné zavěšené zastřešení hangáru Praha - Ruzyně

Síla

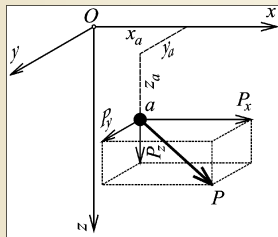
Síla vzniká v důsledku kontaktu dvou těles, který brání jejich volnému pohybu.

Bodová (osamělá) síla – kontakt v jednom bodě. Idealizace skutečného stavu (deformovaná tělesa se dotýkají malou plochou) hmotným bodem. Hmotný bod a – **působíště síly**.

Síla je vektor – v **prostoru** určena působíštěm, velikostí, směrem a smyslem (6 údajů – např. $x_a, y_a, z_a, P_x, P_y, P_z$).

Paprsek síly

Jednotka síly – newton (N), násobky kilonewton ($kN=10^3N$), meganewton ($MN=10^6N$)



Bodová síla v prostoru
Obr. 1.3. / str. 6

Síla

Síla v rovinné úloze určena 4 údaji (x_a, z_a, P_x, P_z).

Síla v přímkové úloze určena pouze 2 údaji (x_a, P – kladná při shodě smyslu síly se směsem osy).

Pevný (vázaný) vektor – působíštěm osamělé síly je pevně určený hmotný bod.

Volný vektor – působíště osamělé síly není jednoznačně určeno (je libovolné).

Kluzný vektor – volný vektor v přímkové úloze, blíže neurčené působíště síly leží na paprsku síly.

Síla v rovinné (a) a přímkové (b) úloze
Obr. 1.4. / str. 7

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 22 / 44

Síla

Liniová síla vzniká v důsledku kontaktu dvou těles podél linie (např. úsečka – dotyk válce s rovinnou stěnou tělesa).

Síla je spojité rozdělena podél linie dotyku. Velikost se udává v N/m.

Plošná síla vzniká v důsledku kontaktu dvou těles v (nezanedbatelně velké) ploše. Velikost se pak udává v N/m².

Liniová (a) a plošná (b) síla
Obr. 1.5. / str. 7

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 23 / 44

Síla v přímkové úloze

tahová zkouška oceli,
zjišťování pevnosti v tahu

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 24 / 44

Síla v přímkové úloze

tahová zkouška oceli,
zjišťování pevnosti v tahu

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 25 / 44

Síla v přímkové úloze

tahová zkouška oceli,
zjišťování pevnosti v tahu

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 26 / 44

Plošná síla

tlačková zkouška betonu,
zjišťování krychelné pevnosti v tlaku

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 27 / 44

Hmotnost a tíha

Hmotnost tělesa (m) - měřítko množství hmoty v tělese.
Jednotky kilogram (kg), tuna ($t = 10^3$ kg).

Měrná hmotnost tělesa (ρ) – hmotnost připadající na objemovou jednotku tělesa (V). Jednotka kg/m^3 . Platí:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Tíha tělesa (G) – síla, kterou těleso v důsledku gravitace působí na pevnou podložku. Jednotka N a jeho násobky. Platí:

$$G = g \cdot m = 10 \cdot m \quad \text{kde } g \text{ je tíhové zrychlení (pro zjednodušení } g = 10 \text{ m/s}^2\text{)}.$$

Měrná tíha tělesa (γ) – tíha připadající na jednotku objemu tělesa (V).
Jednotka N/m^3 nebo násobky. Platí:

$$\gamma = g \cdot \rho \quad G = \gamma V$$

Objemová (tíhová) síla

Kinematika, podepření a spojení těles

Kinematika: obor mechaniky pevných těles, zabývá se studiem možností pohybu dokonale tuhých těles a jejich soustav, pouze z geometrického hlediska.

Nosné stavební konstrukce musí být **dokonale nehybné**. Toho se dosáhne vhodným **podepřením** a u soustav vhodným **spojením** jednotlivých těles soustavy.

Podepření: připojení k dokonale nehybné **podporové konstrukci** (základová konstrukce, mostní pilíře, sousední objekty).

Idealizace podepření:

- a) **vnější vazby:**
brání **absolutnímu** posunu nebo pootočení podepřeného tělesa
- b) **vnitřní vazby:**
brání **vzájemnému** posunu nebo pootočení spojených těles.

Podepření, vnější vazby



Most přes řeku Odru z roku 1964, Polanecká spojka, Ostrava – Záběh

Podepření, vnější vazby



Most přes řeku Odru z roku 1964, Polanecká spojka, Ostrava – Zábřeh

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 31 / 44

Podepření, vnější vazby



Most přes řeku Odru z roku 1964, Polanecká spojka, Ostrava – Zábřeh

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 32 / 44

Podepření, vnější a vnitřní vazby



Most přes železniční trať z roku 1980, Ostrava – Svinov, délka 130 m, hmotnost 2.840 t

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 33 / 44

Podepření, vnější a vnitřní vazby



Most přes železniční trať z roku 1980, Ostrava – Svinov, délka 130 m, hmotnost 2.840 t

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 34 / 44

Podepření, vnější a vnitřní vazby



Most přes železniční trať z roku 1980, Ostrava – Svinov, délka 130 m, hmotnost 2.840 t

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 35 / 44

Podepření, vnější a vnitřní vazby



Most přes železniční trať z roku 1980, Ostrava – Svinov, délka 130 m, hmotnost 2.840 t

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 36 / 44

Podepření, vnější a vnitřní vazby



Most přes železniční trať z r. 1980, Ostrava – Svinov, délka 130 m, hmotnost 2.840 t

Kinematika

Úlohy kinematiky v oboru stavební mechaniky:

- určit nejmenší nezbytně nutný počet vnějších i vnitřních (u soustav) vazeb pro zajištění dokonalé nehybnosti konstrukce
- připojit tyto vazby k tělesu (tělesům) konstrukce způsobem zajišťujícím dokonalou nehybnost (nebezpečí nevhodného umístění)

Typy konstrukcí z hlediska kinematiky:

- Kinematicky určité:** konstrukce podepřené nejmenším nezbytně nutným počtem správně umístěných vazeb, nehybnost konstrukcí zajištěna, zabývá se obor stavební statika.
- Kinematicky přeúčité:** konstrukce podepřené větším počtem správně umístěných vazeb, nehybnost konstrukcí zajištěna, nelze řešit pro dokonalě tuhá tělesa, pouze za předpokladu reálné deformovatelných těles, zabývají se obory pružnost a plasticita, statika stavebních konstrukcí.
- Kinematicky neurčité:** málo vazeb, nehybnost konstrukcí nezajištěna

Akce, reakce, interakce



Při dotyku dvou těles na sebe tělesa působí **vzájemně** silami o shodných absolutních velikostech a opačných smyslech. Tyto síly se nazývají **akce** a **reakce**.

Issac Newton (1642 - 1727)
3. Newtonův zákon

Vnější vazby

(mezi tělesy nosné a podporové konstrukce)

Akce - působení nosné konstrukce na podporovou

(uplatní se při výpočtu podporové konstrukce)

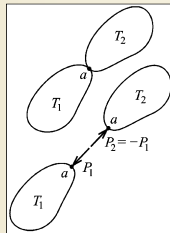
Reakce - působení podporové konstrukce na

nosnou

(uplatní se při výpočtu nosné konstrukce)

Vnitřní vazby

Interakce - tj. vzájemná akce a reakce, uplatňují se společně



Akce a reakce
Obr. 1.6. / str. 8

Akce, reakce

Povodňové poruchy mostů v roce 2002, Jižní Čechy, foto: Prof. Ing. Vladimír Tomica, CSc.

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 40 / 44

Akce, reakce

Povodňové poruchy mostů v roce 2002, Jižní Čechy, foto: Prof. Ing. Vladimír Tomica, CSc.

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 41 / 44

Interakce

Porušení betonového skeletu, foto: Prof. Ing. Radim Čajka, CSc.

Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 42 / 44

Soustavy sil

hmotný bod F_3 vnitřní vazby
 F_1 θ_1 θ_2 F_2
 dokonale tuhá deska
 R_{ax} R_{az} R_{bx} R_{bz}
 vnější vazby

Na nosnou konstrukci působí zvenčí:
 a) **zátížení** (např. nápravové tlaky vozidel, skladované zboží, tíha stavební konstrukce) - vstupní údaj pro řešení konstrukce
 b) **reakce ve vnějších vazbách** - předmět výpočtu

Vnější síly - zátížení (primární) a **reakce ve vnějších vazbách** (sekundární), tvoří **soustavu sil** :

- Obecná prostorová soustava sil
- Obecná rovinná soustava sil
- Přímková soustava sil
- Prostorový nebo rovinný svazek sil – síly se společným působištem

Řešení soustav sil (tzv. geometrie sil) - téma č. 2 a 9.
 Některé obecné základní pojmy stavební mechaniky 43 / 44

Okruhy problémů k ústní části zkoušky

- Charakteristika vědního oboru stavební mechanika
- Základní pojmy stavební mechaniky – souřadnicová soustava, dokonale tuhé těleso, hmotný bod, síla, hmotnost a tíha, kinematika, akce a reakce, interakce, soustavy sil

Podklady ke zkoušce 44 / 44
