

# Interreg



EVROPSKÁ UNIE

## Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj

# STAVEBNICTVÍ

## Kovové konstrukce



UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES  
UPPER AUSTRIA



EVROPSKÁ UNIE

# OBSAH

1. Výhody a nevýhody ocelových konstrukcí.....	2
1.1. Ocel jako materiál .....	2
1.2. Vlastnosti, zkoušky oceli.....	3
1.3. Výroba oceli.....	4
2. Historie železa a oceli .....	6
2.1. Vlastnosti konstrukční oceli .....	6
2.2. Projektová dokumentace .....	8
3. Spolehlivost konstrukcí .....	10
3.1. Návrh ze zkušenosti, intuice .....	10
3.2. Mezní stavy.....	10
3.3. Evropské normy.....	13
4. Spřažené ocelobetonové konstrukce.....	15
4.1. Posouzení .....	15
5. Patrové budovy .....	17
5.1. Skladba nosné konstrukce.....	17
6. Haly .....	19
6.1. Zatížení jeřáby.....	19
6.2. Zatížení sněhem .....	19
6.3. Dispozice haly .....	20
7. Haly velkých rozpětí.....	21
7.1. Inženýrská estetika .....	21
7.2. Konstrukce z tuhých prvků .....	21
7.3. Nátěry .....	23

# 1. VÝHODY A NEVÝHODY OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ

## Výhody

- Jedná se o nejkvalitnější běžný materiál
- Využití pro velká rozpětí, vysoké budovy; hl. výhody jsou štíhlost, lehká konstrukce, nízká hmotnost, rychlost výstavby, brzká návratnost, možnost exportu

## Nevýhody:

- Požární odolnost (tepelná vodivost), náchylnost ke korozi, vysoká cena

## Objem výroby oceli

- **Česká Republika** jedním z největších výrobců; vyrábí cca 600 kg oceli na jednoho obyvatele ročně, to je v ČR asi 6 mil. tun oceli/rok
- **Celosvětově** asi 700 mil.tun/rok
- **Evropa:** Arcelor 42,8 mil.tun/rok, Corus 19,1 mil.tun/rok

## Užití oceli:

- v ČR je to zhruba 30 % na vývoz, 55 % použito ve strojírenství, 15 % ve stavebnictví, 10% výztuž, 5 % pro ocelové konstrukce
- v Evropě je to cca 8 % ve stavebnictví, 3 % pro výztuž, 5 % pro ocelové konstrukce
- Ocelové konstrukce ve stavebnictví - používají se pro **pozemní stavby** - použití pro skelety budov, haly (skladové, výrobní, sportovní, výstavní apod.), pavilony, tribuny, **mosty a speciální stavby** - stožáry a věže, energetika, zásobníky, sila, plynojemy, hutní stavby, vodní stavby

## I.I. Ocel jako materiál

- Ocel = kujné železo ( $C \leq 1,5\%$ )
- mechanické vlastnosti:
- $E = 210\,000\text{ MPa}$
- $G = 81\,000\text{ MPa}$
- $\mu = 0,3$
- $\alpha = 12 \times 10^{-6}$
- K-1

- $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

## Vliv uhlíku

- Slitina železa krystalizuje ve dvou modifikacích:  $\gamma$  rozpouští uhlík,  $\alpha$  nikoli
- tavenina železa chladne a  $\gamma$  železo se mění na železo  $\alpha$
- s použitím uhlíku roste tvrdost, pevnost, klesá houževnatost, tažnost. Litina obsahuje cca 2,1% C
- **Ocel** = kujná slitina železa, obsah uhlíku  $< 1,5\% \text{ C}$  x stavební ocel:  $< 0,2\% \text{ C}$ . Obsah uhlíku ovlivňuje svařitelnost oceli (čím je větší obsah příměsí, tím je svařitelnost horší)
- **Uhlíkový ekvivalent** - zahrnuje v sobě obsah dalších příměsí

## 1.2. Vlastnosti, zkoušky oceli

- mez kluzu  $\Leftarrow$  tahová zkouška, mez pevnosti, tažnost, houževnatost  $\Leftarrow$  zkouška rázem v ohybu
- svařitelnost  $\Leftarrow$  zkouška svařitelnosti
- odolnost proti únavovému lomu  $\Leftarrow$  zkouška na únavu (cyklická)
- tvrdost ( $\sim$  lineární závislost s pevností)

### Tahová zkouška

- mez kluzu, mez pevnosti, tažnost ( $\delta = \Delta L / L_0$ )

### Zkouška rázem v ohybu

- Zkušební tělísko (hranol  $10 \times 10 \times 55 \text{ mm}$ )
- Vrub (zářez) normového tvaru na tažené straně tělíska; měří se nárazová práce k přeražení vzorku
- Vrubová houževnatost (vrub KCU nebo KCV) a nárazová práce vztažená k průřezové ploše v nejslabším místě tělíska
- Přejícná teplota: houževnatost oceli klesá s teplotou - vrubová houževnatost výrazně klesne

### Zkoušky tvrdosti

- Známou silou se vtlačí normové zkušební tělísko (indentor) do vyleštěného povrchu materiálu. Měří se otisk/hloubka
- Brinellova, kalená ocelová kulička (HB)
- Rockwellova, diamantový kužel nebo ocelová kulička (HR)

- Vickersova, diamantový čtyřboký jehlan (HV)
- Knoopova, diamantový protáhlý jehlan (HK)
- Existuje korelace mezi tvrdostí a pevností oceli

### Zkoušky na únavu

- jejich pomocí se zjišťuje odolnost oceli vůči opakovanému namáhání
- Wöhlerova křivka
- Mez únavy je odvislá zejména od úpravy zkušební tyče
- Časová pevnost (asi 3 000 000 cyklů)

### Zkoušky svařitelnosti

- provádí se následující zkoušky: zkoušky svarového kovu – tahová zkouška, zkoušky svařitelnosti
- způsob provádění: zkouškou rázem v ohybu se svarem vyšší spotřebovaná práce než bez svaru
- návarovou zkouškou ohybem
- uhlíkový ekvivalent (na chromatografu)

## 1.3. Výroba oceli

- Podstatné je odstranit přebytečný uhlík + odstranit Si, P, S. Provádí se v martinských pecích (dříve, dnes už ne), v kyslíkových konvertorech, v elektrických pecích
- Suroviny: surové železo, šrot

### Siemens – Martinská pec

- Pece jsou vytápěny plynem
- Do lázně se dmychá vzduchem, nověji kyslíkem
- Podíl produkce oceli z martinských pecí se zmenšuje

### Kyslíkové konvektory

- používají se tlustostěnné ocelové nádoby s vyzdívkou. Vhání pod tlakem kyslík pomocí vodou chlazené trysky. Následuje oxidace uhlíku ⇒ oxid uhelnatý (promíchává lázeň a uniká), oxidy křemíku a fosforu vyplavou jako struska

### Elektrické pece

- rozlišujeme dva typy: obloukové nebo indukční
- nevýhodou jsou vysoké výrobní náklady

- používají se ušlechtilé (legované) oceli s přísadami (legurami)
- není možné použít pro stavební oceli

### Dezoxidace oceli

- dva typy: do kokil a kontinuální lití
- **Kokily:** Vyrobená ocel se odlíje do kónických nádob - kokil, po povrchovém ztuhnutí lze ingot vyjmout

### Druhy oceli

- **Uhlíkové** - s obsahem uhlíku okolo 0,2 %, ostatní příměsi do 1 %
- **Nízkolegované** - s obsahem uhlíku okolo 0,2 %, mangan do 1,5 %
- **Legované** - s obsahem uhlíku do 0,2 %, legury 3 % a více

Výrobky z oceli se provádějí válcováním za tepla, tvarování za studena, odléváním, kování

## 2.HISTORIE ŽELEZA A OCELI

- původ železa - cca 3800 př.l. meteority, 1600 př.l. kované železo z rud
- v Číně okolo roku 280 již byly vyráběny řetězové mosty
- Evropa - mladší historie: 1400 Vysoké pece s dřevěným uhlím
  - 1784 řková ocel (Anglie - Cort - v těstovitém stavu, vláknovitost
  - 1813 s (Angl. Derby)
  - 1848 osník (Franc. Zorès)
  - 1855 Plávková ocel (Angl. Bessemer, Thomas) v tekutém stavu

### Litina a svářkové železo

- 1779: Most Coalbrookdale, Anglie - oblouk s rozpětím 30 m (Pritchard)
- 1826: Řetězový most Menai, visutý s rozpětím 177 m (Telford)
- 1836/1864: Řetězový most Clifton, visutý s rozpětím 191 m (Brunel)
- 1850: Komorový trámový most Britannia, rozpětí 140 m (Stevenson)
- 1859: Příhradový most Saltash, rozpětí 139 m (Brunel)
- České země - např. 1822 řetězový visutý most v Žatci, 1836 řetězový visutý most v Lokti (Schnirch),
- 1848 řetězový most v Podolsku přes Vltavu

### Plávková ocel

- 1883 visutý Brooklyn Bridge, rozpětí 486 m (Roebing)
- 1889 Eiffelova věž v Paříži, výška 300 m
- 1890 příhradový Firth of Forth Bridge, 521 m (Baker)

**Vývoj:** složené profily se mění v celistvé profily, příhradové konstrukce v plnostěnné konstrukce. Díly se spojují nýty, později šrouby a svary.

### 2.1. Vlastnosti konstrukční oceli

- Tažnost až 40%
- Vysoký modul pružnosti 210 000 MPa
- Modul pružnosti (Youngův)  $E = 210\,000$  MPa
- Objemová hmotnost  $\rho = 7\,850$  kg/m<sup>3</sup>
- Mez kluzu  $f_y = 235$  až 420 MPa
- Mez pevnosti  $f_u = 360$  až 490 MPa
- Tažnost  $\delta = \text{min. } 15\%$



## Značení oceli

- S235J2 (mez kluzu 235 MPa, KVC > 27 J při -20°C)
- Příklady ocelí: S275, S355, S420, S460, S355

**Výroba konstrukcí:** nejčastěji se používá následující postup: výroba oceli, vypracování projektu, výroba ocelové konstrukce v mostárnách, doprava dílů, montáž. Při výrobě je nutné dodržovat následující předpisy pro výrobu:

- ČSN 73 2601 Provádění ocelových konstrukcí
- **SKUPINA A:** Dynamicky namáhané a konstrukce zvláštního charakteru, mostní konstrukce. Sestavují se dílensky
- **SKUPINA B:** konstrukce neuvedené ve skupině A. Nevyžaduje se dílenské sestavení
- **SKUPINA C:** týká se podružných a doplňkových konstrukcí, schodů
- **ČSN EN 1090 Evropská norma** – platí od r. 2010

**Dílenská výroba** - mostárna, provozy - dodržuje se následující postup: sklad válc. materiálu, dělení materiálu (stříhání, řezání pilami, tepelné řezání), úprava povrchu, hran, zhotovení otvorů, svařovna, dílenská předmontáž, lakovna, kontrola kvality, expedice (sklad hotových výrobků)

## Tepelné řezání

- kyslíkem, použitím přenosných řezacích strojů, stabilních řezacích strojů, kopírovacích hlav (odvalovací magnetická, optická) - sleduje tvar šablony nebo výkresu
- Moderní stroje řízeny numericky - mnohoohrákové pálicí automaty, plazmou, laserem

## Vrtání

- vrtají se otvory pro nýty a šrouby - použití stojanové vrtačky. Pod dosedací hlavou nýtů a šroubů se okraje děr zahlubují. Vrtáky se chladí kapalinou nebo vzduchem
- Víceřetenové vrtačky
- Numericky řízené (NC)

**Děrování** - jedná se o prostřihování v plechu, úhelnících apod. Materiál v okolí díry se naruší, vytváří se otvory do tloušťky 25 mm. Vystružení otvoru (o 2 mm), stejně kvalitní.

**Svařovna** - zahrnuje dílenské svary svařovacími automaty pro svařování pod tavidlem, ruční svary v ochranné atmosféře



Stehování se provádí krátkými, alespoň 50 mm dlouhými svary

- Volba pořadí svarů
- Polohovadla

**Oprávnění k výrobě:** Výrobce předem prokázat odbornou způsobilost k výrobě ocelových konstrukcí

- Český institut pro akreditaci (ČIA) - certifikace výrobců v ČR
- Malý a Velký svářečský průkaz
- Někteří investoři (zejména státní, např. České dráhy nebo Ředitelství silnic a dálnic) nekoupí konstrukce od výrobce bez certifikace

**Doprava** - transportní dílce - standardně do 12 m

### Montáž ocelových konstrukcí na staveništi

- Zpravidla ji provádí specializovaná organizace
- **Postup:** Projekt montáže - skica skladových prostor - způsob dopravy dílců na staveniště - postup prací na předmontážní plošině - sestavení montážních celků - zdvihání montážních celků atd.

**Montáž** - přednostně šroubové montážní spoje, montážní dokumentace, předmontážní příprava

- **Možnosti:** montážní dílce = transportní dílce, montážní celky z více transportních dílců

## 2.2. Projektová dokumentace

- Stavební zákon 183/2006 Sb. (od 1. 1. 2007)
- Vyhláška MMR 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb

**Dokumentace pro:** územní rozhodnutí (DUR) – arch. záměr, stavební povolení (DSP) – i konstrukční řešení, zadání stavby (DZS) - pro výběr zhotovitele objektu, schémata ocelových konstrukcí, hrubý výkaz materiálu, realizaci stavby (RDS) – zajišťuje zhotovitel objektu (podrobné řešení ocelové konstrukce, hlavní, podstatné detaily), výrobní (dílenská) dokumentace, podrobné výkresy, kompletní výpis materiálu

Realizační dokumentace stavby (RDS) pro OK: statický výpočet, technická zpráva, výkaz materiálu (přibližný), přehledné výkresy, výkresy méně obvyklých detailů, výkresy kotvení

(cena dodávky) Statický výpočet. Pro statický výpočet je nutný seznam norem a předpisů užitých při výpočtu, druh a jakost použitých materiálů (ocel, šrouby, elektrody aj.), seznam použitých pomůcek a literatury, údaje o programu (software). Za výsledky počítačového výpočtu je zodpovědný vždy autor statického výpočtu. Musí zohlednit schéma geometrického tvaru a statického působení konstrukce, uvažované zatížení, výpočet vnitřních sil, provádí návrh konstrukce, posouzení konstrukce (včetně spojů) podle příslušných norem. Statický výpočet musí obsahovat obsah, datum, podpis zpracovatele a případně i kontrolující osoby

# 3.SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ

## 3.1. Návrh ze zkušenosti, intuice

**Metody součinitele bezpečnosti:** jeden součinitel bezpečnosti, odvozený ze zkušenosti, metoda dovolených namáhání

### Pravděpodobnostní metody návrhu

- zvláštní předmět studijního programu Stavební inženýrství
- výpočet pravděpodobnosti poruchy v závislosti na čase
- vstupní proměnné jsou stochastické

### Metoda dílčích součinitelů spolehlivosti

- polopravděpodobnostní metoda
- základ současných norem pro navrhování konstrukcí
- metoda mezních stavů

### Pravděpodobnost

- Index spolehlivosti  $\beta = \mu_z / \sigma_z$
- $\mu_z$  průměr
- $\sigma_z$  směrodatná odchylka náhodné veličiny Z
  - $\beta = 3,8$  pro mezní stav únosnosti
  - $\beta = 1,5$  pro mezní stav použitelnosti
- pro návrhovou životnost konstrukce (obvykle 50 let)
  - $Z = R - S$
  - R únosnost
  - S zatížení

## 3.2. Mezní stavy

- **Mezní stav konstrukce:** při překročení přestanou být splněna kritéria stavu
- **Mezní stavy únosnosti:** pevnost, vzpěrná pevnost, pevnost na únavu, křehký lom, stabilita polohy
- **Mezní stavy použitelnosti:** (v provozním stavu konstrukce): deformace, kmitání, estetika

**Dílčí součinitele spolehlivosti:** součinitel materiálu  $\gamma_M$ , součinitel zatížení  $\gamma_F$ , mezní stavy únosnosti –  $\gamma_M > 1$ ,  $\gamma_F > 1$ , mezní stavy použitelnosti –  $\gamma_M = 1$ ,  $\gamma_F = 1$

- **Zahrnují následující vlivy:** nepříznivé odchylky od charakteristických hodnot, nepřesnosti modelu zatížení, nepřesnosti výpočetního modelu konstrukce, nepřesnosti převodních součinitelů
- zjišťují se statistickým rozбором experimentálních dat nebo pozorování
- **Veličiny:** charakteristické nebo návrhové

### Princip spolehlivosti

- $S_d \leq R_d$
- $S_d$  největší možný návrhový účinek zatížení  $x$  -  $R_d$  nejmenší možná návrhová únosnost konstrukce

### Mezní stav stability polohy

- $E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$
- $E_{d,dst}$  návrhové účinky destabilizujících zatížení
- $E_{d,stab}$  návrhové účinky stabilizujících zatížení
- při mezním stavu únosnosti
- extrémní zatížení ( $\gamma_F > 1,0$ )
- $F_d = F_k * \gamma_F$
- minimální únosnost ( $\gamma_M > 1,0$ )
- $R_d = R_k / \gamma_M$

### Mezní stav únosnosti

- Jedná se o extrémní situace. Je zde velmi malá pravděpodobnost překročení
- Návrhová mez kluzu ...  $f_{yd} = f_y / \gamma_M$  -  $\gamma_M \geq 1$
- Návrhové zatížení ...  $F_{Ed} = F_k \gamma_F$  -  $\gamma_F > 1$
- zahrnuje: nominální rozměry konstrukce, materiálové charakteristiky tuhosti (E, G)
- nominální hodnotou (průměr)

### Mezní stav použitelnosti

- Jedná se o použitelnost v běžném provozu s provozním zatížením ( $\gamma_F = 1$ ) a s nominálními rozměry konstrukce
- Materiálové charakteristiky ( $f_y$ , E, G)
- nominální hodnotou (průměr)

## Dělení zatížení

- Původ zatížení je buď gravitační působení (vlastní tíha konstrukce), klimatické (sníh, vítr, déšť, námraza, teplota), užitná (zatížení stropů v budovách)
- dle určitosti se dělí na určitá (zatížení je přesně stanovitelné - např. zatížení mostů) nebo značně neurčitá (např. vítr)

## Klasifikace zatížení

- Podle proměny v čase rozlišujeme zatížení stálá (G), zatížení proměnná - nahodilá (Q), zatížení mimořádná (A)
- Podle proměny v prostoru zatížení pevná (se stálým působištěm), zatížení volná (působiště se může měnit)
- Z hlediska zrychlení zatížení statické nebo zatížení dynamické (má nezanedbatelné zrychlení)

## Velikost zatížení

- Určuje se pomocí statistických charakteristik - velikost zatížení / četnost výskytu
- **Histogram** je možné nahradit teoretickou křivkou, střední hodnotu, rozptylem, Gaussovým normálním rozdělením pravděpodobnosti
- Opakování zatížení: 50 let

## Dělení zatížení z hlediska mezních stavů

- charakteristické -  $F_k \times$  návrhové (extrémní -  $\gamma_F > 1$ , provozní -  $\gamma_F = 1$ )
- Návrhová hodnota:  $F_{Ed} = \gamma_F F_k$

## Kombinace většího počtu zatížení

- Stálé zatížení + současně působící nahodilá zatížení:
- základní kombinace zatížení:
- zjednodušená kombinace zatížení

## Dynamická zatížení

- Zavedení dynamických účinků: dynamický výpočet, dynamický součinitel  $\delta$ . kvazistatický výpočet

## Návrhová únosnost $R_d$ (design resistance)

- $R_d = R_k / \gamma_M$
- $R_k$  charakteristická hodnota
- $\gamma_M$  dílčí součinitel spolehlivosti materiálu

*Příklad taženého prutu*

$$R_k = A f_y$$

$A$  – plocha

$f_y$  - charakteristická hodnota meze kluzu

*Histogram výsledků*

## 3.3. Evropské normy

- většinou výrobní normy
- Návrhové normy (Eurokódy): evropské normy od 1980 - Evropská normalizační komise (CEN) od 1990. ČR členem od 1998
- Předběžné normy (ENV), Národní aplikační dokument (NAD) - národní odlišnosti, rámečkové hodnoty národní odlišnosti ve spolehlivosti
- Definitivní evropské normy (EN) – od 2005
- Národní příloha, velmi omezená

### Evropské návrhové normy:

- EN 1990 Eurokód 0 Zásady navrhování od 2004 ČSN
- EN 1991 Eurokód 1 Zatížení staveb od 2004 ČSN
- EN 1992 Eurokód 2 Navrhování betonových konstrukcí od 2005 ČSN
- EN 1993 Eurokód 3 Navrhování ocelových konstrukcí od 2005 ČSN
- EN 1994 Eurokód 4 Navrhování spřažených ocelobet. konstrukcí od 2005 ČSN
- EN 1995 Eurokód 5 Navrhování dřevěných konstrukcí od 2005 ČSN
- EN 1996 Eurokód 6 Navrhování zděných konstrukcí
- EN 1997 Eurokód 7 Geotechnické navrhování
- EN 1998 Eurokód 8 Navrhování konstrukcí na účinky zemětřesení
- EN 1999 Eurokód 9 Navrhování hliníkových konstrukcí

## Normy pro navrhování:

- nejsou dány zákonem x respektovány jako doklad posledních poznatků vědy a techniky. Používá se česká harmonizovaná soustava
- ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí
- Mezní stavy od 1968
- V roce 1998 obdobná jako evropská předběžná norma
- Evropské harmonizované soustavy - ČSN P ENV, ČSN EN, ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí, ČSN EN 1994-1-1 Navrhování ocelobetonových konstrukcí, ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí
- doplněny národní přílohou



# 4.SPŘAŽENÉ OCELOBETONOVÉ KONSTRUKCE

**Výhody/důvody:** zvýšení tuhosti, beton v tlaku a ocel v tahu, požární odolnost, úspora materiálu ⇒ Cena

Prvky: Nosníky, sloupy, ocelobetonové desky

**Normy:** Evropská norma EN 1994-1-1

**Spřahovací prvky:** přivařované trny s hlavou, přivařovaná průběžná perforovaná lišta, nastřelované zarážky (další).

- **Používané spřahovací trny:** nejběžnější, levné
- Výborný pracovní diagram
- Tažné
- El. proud pro přivařování

**Výhody trnů** - deformace poddajných trnů

**Perforované lišty:** V ČR se používají dva typy: výška 50 mm, tloušťka 10 mm, otvory 32 mm a výška 100 mm tloušťka 12 mm, otvory 60 mm

**Zarážky:** pozinkovaný plech 2 mm. Je přistřelen dvěma hřeby, jeho výška je 80 až 140 mm - Jednoduché x Drahé ⇒ Rekonstrukce

## 4.I. Posouzení

posuzuje se mezní stav únosnosti (ohybová únosnost rozhodujících průřezů, únosnost ve smyku, únosnost v podélném smyku - spřahovacích prvků) a mezní stav použitelnosti (pružné chování, průhyby)

### Účinný průřez

- Spolupůsobící šířka BEF
- Vliv smykového ochabnutí v desce

### Ohybová únosnost průřezu

**Posouzení průřezu** - v MSÚ plasticky: kladný plastický ohybový moment, neutrální osa v desce, neutrální osa v nosníku, záporný plastický ohybový moment, kladný elastický ohybový moment (obvykle pouze pro MSP)

## Smykové spojení

Spřahovací prvky přenášejí podélný smyk buď plasticky (tř. 1 a 2) – trny rovnoměrně, počet trnů umístěných na úseku namáhaném smykovou silou nebo pružně (tř. 3 a 4) – trny podle posouvající síly

## Mezní stav použitelnosti

- posuzuje se provozní zatížení ( $\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$ ;  $\gamma_M = 1,0$ ), nosník v pružném stavu, průhyby
- Vznik (omezení trhlin) v betonu - toleruje se šířka  $w_k = 0,3$  mm
- Návrh výztuže desky
- Vliv postupu montáže

## Pružné působení

- Předpoklad rovinnosti průřezu
- Ideální průřez

## Statické hodnoty ideálního průřezu

Převedení betonové části průřezu na ocelový ekvivalent: plocha ideálního průřezu, poloha těžiště, moment setrvačnosti

## Postup montáže

- Bez bednění
- Na bednění
- Nemá vliv na  $M_{pl}, R_d$
- Má vliv na pružné chování
- Bez bednění – ověřit únosnost v montážním stadiu

## 5.PATROVÉ BUDOVY

- základní účel patrových budov je dvojitý: občanské stavby a průmyslové stavby
- pro patrové budovy se využívá zejména **ocel** - následující výhody: rychlost výstavby (montáže), velká rozpětí  $\Rightarrow$  volnost dispozice, možnost využít ocel pro vysoké budovy, přesné rozměry (malé tolerance)
- **malá hmotnost**  $\Rightarrow$  levnější základy, levnější doprava, snazší rekonstrukce a demolice  $\Rightarrow$  recyklace
- **nevýhoda:** požár

### 5.1. Skladba nosné konstrukce

**Skladba nosné konstrukce** - sloupy, stropní nosníky, svislá ztužidla. Stropy se skládají z desek a nosníků. Konstrukční systémy - stropnicový x bezstropnicový (panely, štíhlé stropní konstrukce). Požadavky na stropní desky zahrnují únosnost, tuhost, tuhost v rovině, snadná montáž, akustické parametry

- **Železobetonové desky** - monolitické x prefabrikované
- **Plechobetonové stropní desky** - profilovaný plošný profil + beton
- **Ocelové** - plech s výstupky, ocelový pororošt
- **Keramické**

#### Plechobetonové stropní desky

Vysoké plechové panely (výška 150-300 mm), nízké plechové panely (výška 40-150 mm). Používají se samonosné trapézové plechy, plechy jako ztracené bednění železobetonové desky, spřažené (tzv. plechobetonové desky)

#### Stropní nosníky:

Plnostěnné (L/15 až L/30) - válcované (IPE, 6-9 m), prolamované (9-12 m)

Příhradové ( $h = L/10$  až  $L/20$ ) - nad 15 m - mrakodrapy

Návrh na mezní stav použitelnosti (celkové L/250; užité L/300) - nikdy nerozhoduje smyk

#### Průvlaky

- Rozhoduje MSÚ  $\Rightarrow$  ve směru menšího rozpětí
- Rozhoduje MSP  $\Rightarrow$  ve směru delšího rozpětí
- Užité zatížení lze redukovat (pro plochu  $> 18 \text{ m}^2$ )
- Stejně konstrukční typy nosníků jako pro stropnice

**Přípoje:** kloubové, s čelní deskou, pomocí úhelníků, na styčnickový plech

**Sloupy** - tlačené pruty, příp. tlak + ohyb

**Průřezy sloupů:** válcované HEB, svařované, ocelobetonové

### Montážní styky

- Výrobní délka - obvykle 2 až 4 patra, běžně do 12 m, max. asi 15 m
- Snadná montáž styku: blízko nad stropem, jednoduchý kontaktní styk. Do čtvrtiny výšky patra
- Změna průřezu - svařované - zachování vnějších rozměrů

**Prostorová tuhost:** ve vodorovném směru je zajištěna stropem (tuhá stropní tabule), ve svislém směru ji zajišťují příhradová ztužidla, rámová ztužidla, betonová játra n. stěny. Jsou užívány různé typy ztužidel - příhradová, rámová, smíšená, stěnová. Ztužidla se rozmisťují pokud možno symetricky k ose ve směru větru, staticky

**Tuhost budovy** - povolený průhyb, přenesení vodorovných zatížení, zamezení tahu ve sloupech, umístění uvnitř dispozice

## 6.HALY

Existují dva základní typy hal: haly menších rozpětí do 60 m, pro které je typické použití plnostěnného vazníku/rámu a příhradového vazníku, a haly velkých rozpětí - staví se z tuhých prvků, jedná se o rovinné konstrukce a prostorové konstrukce, visuté konstrukce (vláknové konstrukce, hybridní konstrukce, membránové konstrukce), zavěšené konstrukce (zavěšené tuhé konstrukce, zavěšené visuté konstrukce) a pneumatické konstrukce s lany

Typy zatížení působící na haly: stálé zatížení, zatížení jeřáby, zatížení sněhem, zatížení větrem, ostatní zatížení (technologické zatížení, větrací zařízení na střeše, energetické rozvody), zatížení teplotními rozdíly, mezní rozměry úseků objektu, vlivy poddolování

### 6.1. Zatížení jeřáby

- opakovaně dynamicky - svislými tlaky kol V od hmotnosti jeřábu, kočky i břemene,
- vodorovnými příčnými silami:
- příčné brzdící síly Bt od rozjezdu a brzdění jeřábové kočky,
- příčné síly Htp od přičení jeřábu na dráze,
- vodorovnými podélnými brzdícími silami B od rozjezdu a brzdění jeřábu,
- vodorovnými podélnými silami H od nárazu jeřábu na nárazníky dráhy.
- Dynamické účinky
- Kombinace: Pouze jedno z vodorovných zatížení

### 6.2. Zatížení sněhem

Zpravidla se uvažují dva zatěžovací stavy: rovnoměrné zatížení způsobené napadnutím sněhu za bezvětří a nerovnoměrné zatížení způsobené návějí. Rovnoměrné zatížení sněhem na střeše se určí ze vzorce:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

*kde*

*$\mu_i$  tvarový součinitel*

*$s_k$  charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi kN/m<sup>2</sup>*

*$C_e$  součinitel expozice, který má obvykle hodnotu 1,0*

*$C_t$  součinitel tepla, který má obvykle hodnotu 1,0*

Nerovnoměrné zatížení sněhem  $s$  na střeše v mimořádné návrhové situaci v podmínkách výjimečného sněžení se určí ze vztahu

$$s = \mu_i C_e C_t s_{Ad}$$

v podmínkách výjimečných sněhových návějí ze vztahu

$$s = \mu_i s_k$$

kde

$s_{Ad}$  je návrhová hodnota výjimečného zatížení sněhem na zemi v uvažované lokalitě daná vztahem

$$s_{Ad} = C_{esl} s_k$$

$C_{esl}$  je součinitel pro výjimečná zatížení sněhem (doporučená hodnota je 2)

### 6.3. Dispozice haly

Zadán vnitřní objem, vnější objem, opláštění, rozpětí lodi  $L_0$ , vzdálenost vazníků  $B_0$ , vzdálenost os sloupů ( $B_0$ )), světlá výška  $H_0$

- V minulosti modul 300 mm

**Dispoziční řešení** - jednolodní haly, vícelodní haly se souběžnými loděmi, haly s kolmými loděmi

#### Návrh prostorově tuhé konstrukce hal

Hlavní části prostorově tuhé konstrukce haly - střešní konstrukce, sloupy, jeřábové dráhy, podélné ztužení haly, konstrukce obvodových stěn

Prvky: střešní plášť, vaznice, vazníky, průvlaky, sloupy, jeřábové dráhy, čelní stěny, spoje (rámový roh, patka, vrchol). Typy střešních plášťů jsou nezateplené, skládané, sendvičové.

Rozteč vaznic je dána: únosností střešního pláště, (3,5 m); existují vaznice mezilehlé, okapové a hřebenové, staticky (prosté plnostěnné, příp. prolamované do 6 m, prosté příhradové od 12 m, kloubové nebo spojitě plnostěnné 6 až 9 m, vzpěrkové a zavěšené 9 až 15 m

**Vazníky** - plnostěnné vazníky, příhradové vazníky

**Sloupy** - kloubově uložené (kyvné), vetknuté sloupy - plnostěnné, příhradové

# 7. HALY VELKÝCH ROZPĚTÍ

zastřešení rozsáhlých ploch: sportovní stavby, výstavní účely, společenská a kulturní centra, velké garáže, hangáry, tribuny sportovních stadiónů, dopravní stavby

## 7.1. Inženýrská estetika

Jedná se o konstrukční systémy s minimalizací hmotnosti a minimalizací zatížení  
Příklad: krytina = funkční část nosné konstrukce – membrána

### Dělení podle hledisek

- Statický systém
- Konstrukční provedení
- Tvar střešní plochy
- Tvar půdorysu apod.

### Statické působení

- **Konstrukce z tuhých prvků** - rovinné konstrukce, Prostorové konstrukce
- **Visuté konstrukce** - vláknové konstrukce, hybridní konstrukce, membránové konstrukce
- **Zavěšené konstrukce** - zavěšené tuhé konstrukce, zavěšené visuté konstrukce
- **Pneumatické konstrukce s lany**

## 7.2. Konstrukce z tuhých prvků

**Rovinné konstrukce** - nosíkové (trámové), rámové, obloukové, soustavy s tuhými taženými pruty (od visutých konstrukcí)

**Prostorové konstrukce** - prostorové oblouky, jehlany a kopule, skořepiny, prostorové prutové konstrukce - tvarované a příhradové desky

### Dvouvrstvé prutové soustavy

- Podstatně větší tuhost. Jsou konstrukčně komplikovanější.
- Prutové desky nebo skořepiny
- Výpočetní technika
- Pruty - jednovrstvé soustavy
- Prostorovým systémem diagonál
- Neovlivněny globální nebo lokální stabilitou



**Lomenice** - z rovinných částí, např. u pilových střech, kruhová lomenice nad centrálním půdorysem, jednovrstvé - dílčí stěny příhradové nosníky, dvouvrstvé - prutové struktury

**Kopule** - lamelové, sektorové, roštové, deskové

**Styčníky** - svařované, kulové styčníky - svařené z dutých polokoulí z plechu, šroubované

### Visuté konstrukce

- **Výhodou** je malá spotřeba materiálu a velká tvarová rozmanitost. typická je velká deformace, velké vodorovné reakce
- Vláknové konstrukce, hybridní konstrukce, membránové konstrukce

### Hybridní konstrukce

- Vyztužené střechy - ohybově tuhý plášť – betonová vrstva
- Konstrukce z lan a nosníků, konstrukce s přímými dráty, konstrukce s vlákny nad střechou
- Sítě z vláken a nosníků

**Membránové konstrukce** - plechové ocelové membrány, nekovové membrány

**Pneumatické konstrukce s lany** - typický je přetlak, málo propustný plášť

- stabilizace prováděna ocelovými lany; používají se na tuhé konstrukce tribun

**Koroze:** Jedná se o elektrochemickou reakci kyslíku a vody - kritická je vlhkost 60 až 75 %. Ochrana konstrukcí je možná např. oddělení od atmosféry - nátěry, elektrochemicky - pokrytí vrstvou zinku nebo hliníku, legování – nerezavějící, patinující oceli, konstrukční řešení

**Elektrochemické korozi** nepodléhá hliník, zinek, uhlíková ocel, nerezová ocel, měď, stříbro, zlato Kov umístěný výše působí jako anoda; při korozi ubývá a chrání

## 7.3. Nátěry

- **Hlavní součásti barvy:** pryskyřičnatá složka pojidla, nátěrový film
- **Pigment** - barevný odstín; odolnost proti vodě, působí jako inhibitor koroze
- **Ředidlo** - používá se pro správnou konzistenci nátěru

### Nátěrová soustava

**Primér (základní nátěr)** - je nutné přikotvit nátěr k povrchu chráněného prvku, používají se dvě (tři) vrstvy **Nátěrové vrstvy** - barevný podklad, nátěrová vrstva - tloušťka 25  $\mu\text{m}$ , tři (čtyři) vrstvy **Krycí nátěr** - estetický účel; jednovrstvý (dvouvrstvý). Tloušťka vrstvy je 25 až 100  $\mu\text{m}$