



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

ÚVOD DO NAVRHOVANIA OCEĽOVÝCH MOSTOV

prof. Ing. Josef Vičan, CSc.

NÁZOV PROJEKTU:

**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov
v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne
(ITMS kód projektu 304010U647)**



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

EDUMOS

Úvod

Mostné objekty boli a stále sú považované za vrcholné stavebné diela reprezentujúce technickú, architektonickú aj kultúrnu úroveň a vyspelosť národov.

Predstavujú významné strategické časti dopravnej cesty a tým aj celej dopravnej infraštruktúry.

Požiadavka, aby sa nestali obmedzujúcimi prvkami dopravnej cesty a tým aj samotnej dopravy, si vyžaduje dostatočnú spoľahlivosť mostných objektov, ktorá sa z dopravného hľadiska vyjadruje požadovanou priepustnosťou dopravnej premávky.

Definície

Most (bridge) je inžinierska stavba určená najmä na prenos zaťaženia od dopravy a chodcov cez prirodzené prekážky alebo iné komunikácie. Je to objekt s kolmou svetlosťou aspoň jedného otvoru rovnou minimálne 2,01 m.

- **Mosty dráhových komunikácií**
- **Mosty pozemných komunikácií**
- **Mosty združené**
- **Mosty vodohospodárske**
- **Mosty priemyslové**

Definície

Hlavné časti mostov:

Nosná konštrukcia

Spodná stavba

Mostný zvršok

Mostné vybavenie

Nosnú konštrukciu tvorí

Hlavná nosná konštrukcia

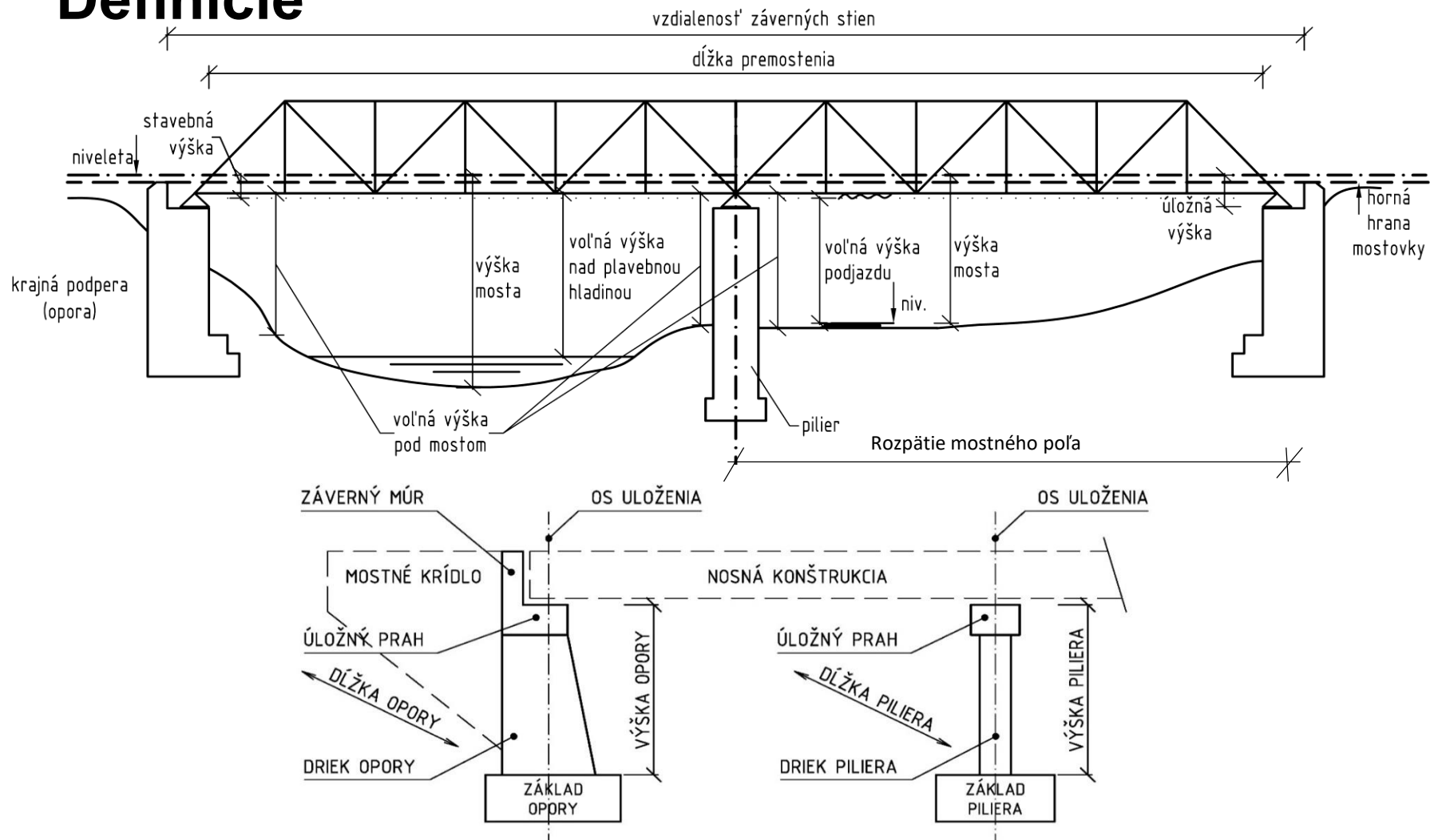
Mostovka

Stuženia pozdĺžne, priečne

Ložiska

Mostné závery

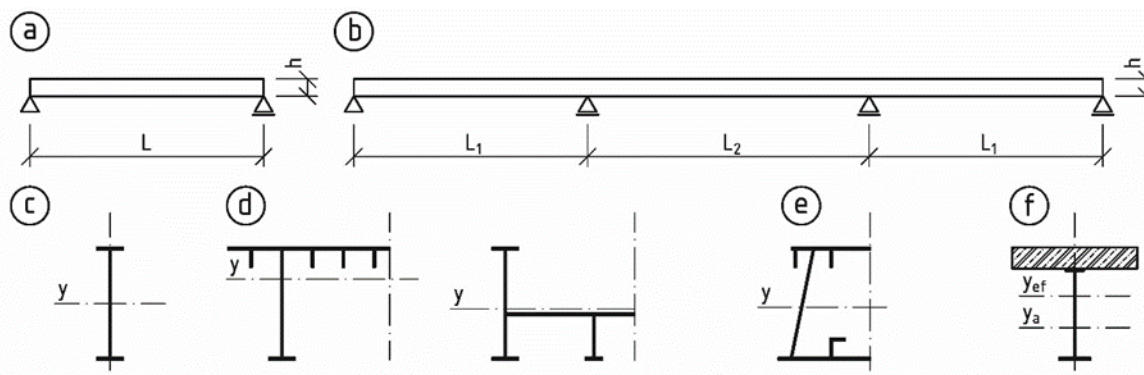
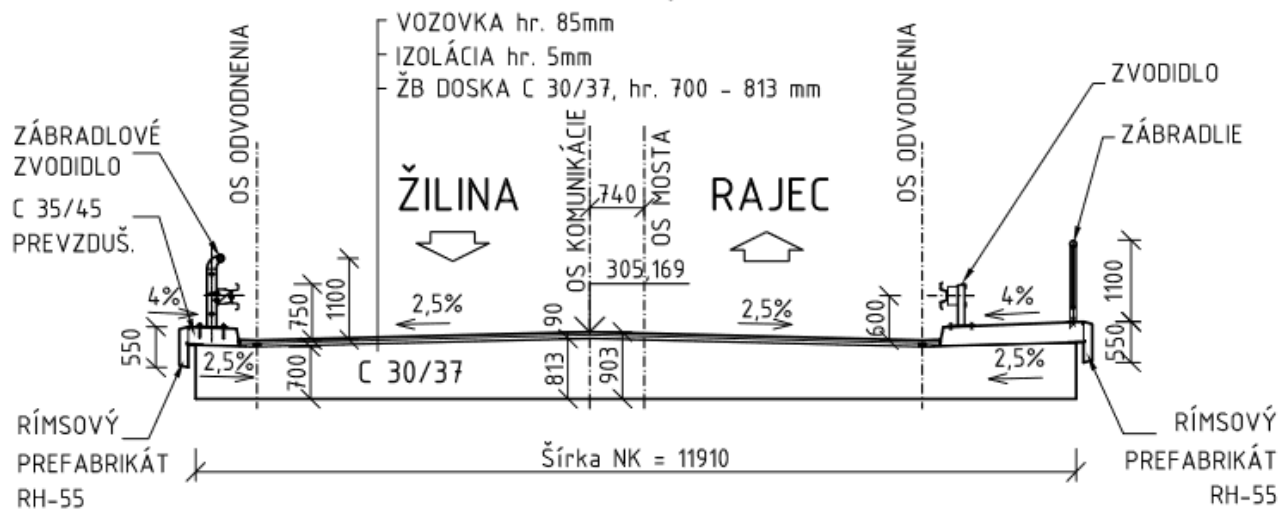
Definície



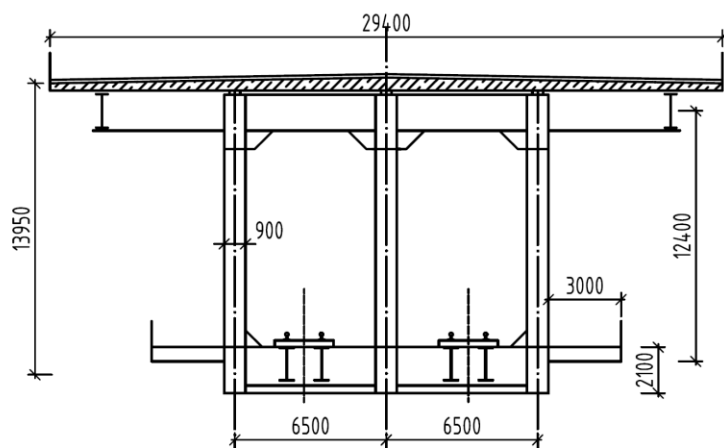
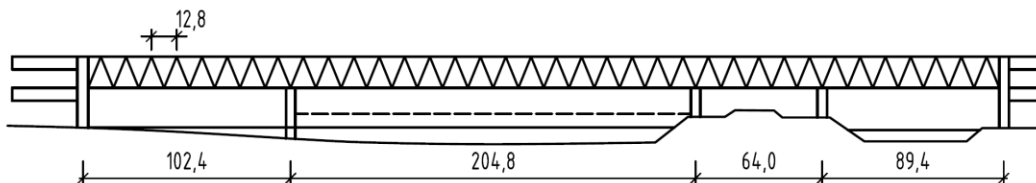
Definície

- **Mosty doskové**
- **Mosty trámové**
- **Mosty rámové**
- **Mosty oblúkové**
- **Mosty zavesené**
- **Mosty visuté**
- **Mosty s dolnou mostovkou**
- **Mosty s hornou mostovkou**
- **Mosty s zapustenou mostovkou**
- **Mosty s medziľahlou mostovkou**
- **Mosty bez mostovky**
- **Mosty s zavesenou mostovkou**
- **Mosty so vzopretou mostovkou**
- **Mosty s presypávkou**

Definície



Definície





Definície



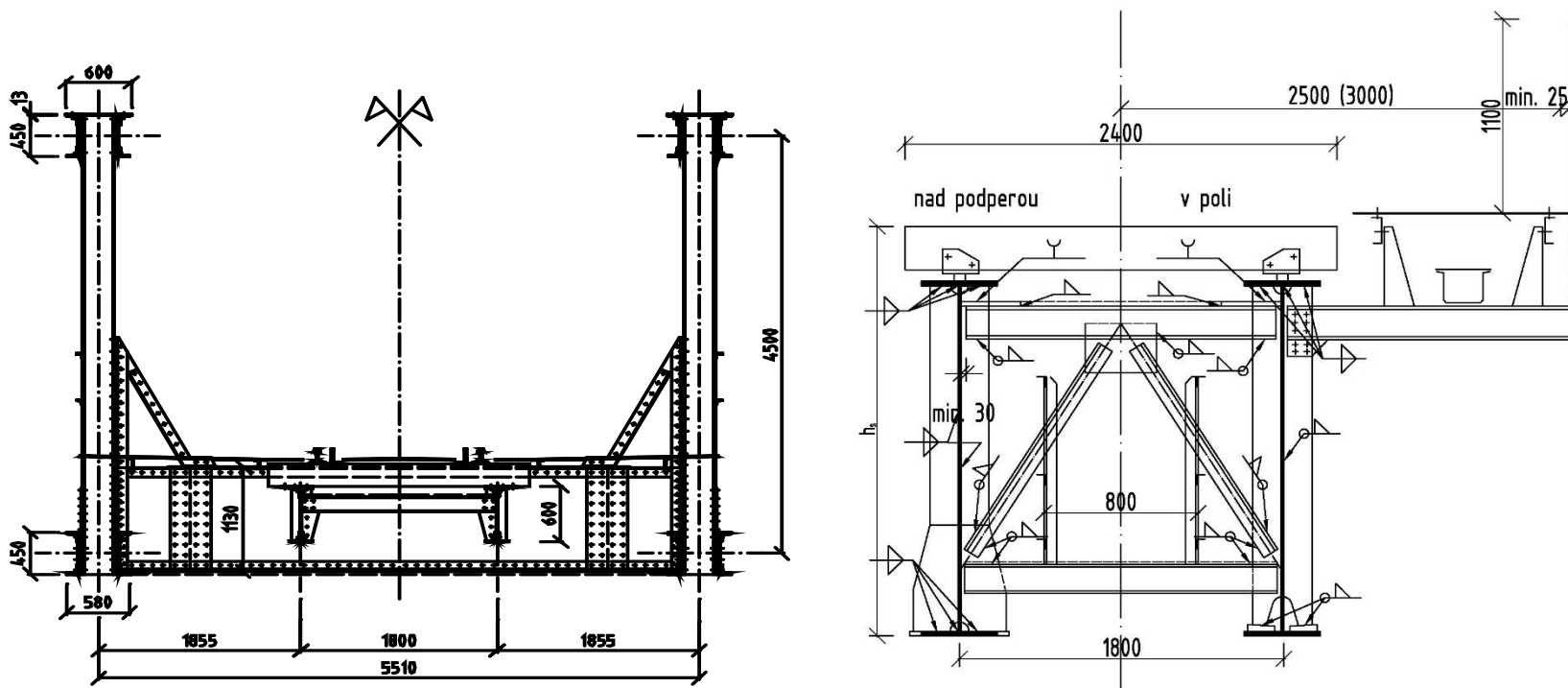
Definície

Podľa materiálu delíme hlavné nosné konštrukcie mostov takto:

- **kovová (oceľová alebo z ľahkých zliatin),**
- **železobetónová - monolitická,**
 - **prefabrikovaná,**
- **ocelobetónová,**
- **z prostého betónu,**
- **drevená,**
- **kamenná,**
- **tehlová.**

Definície

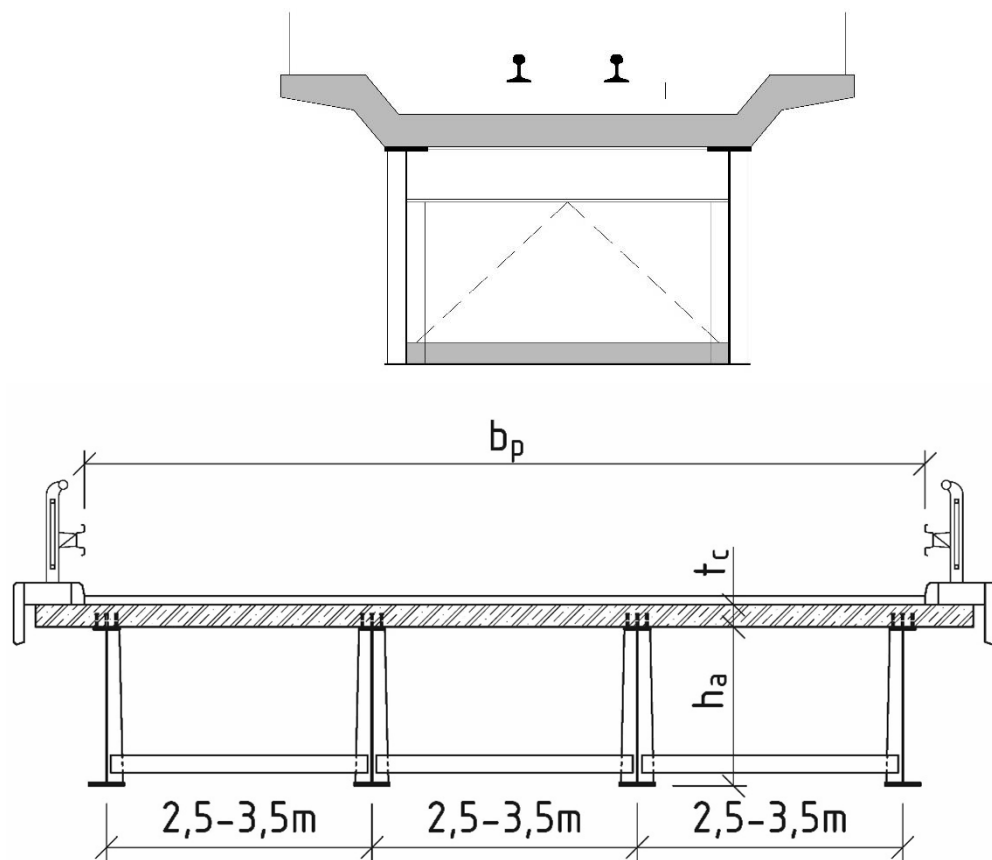
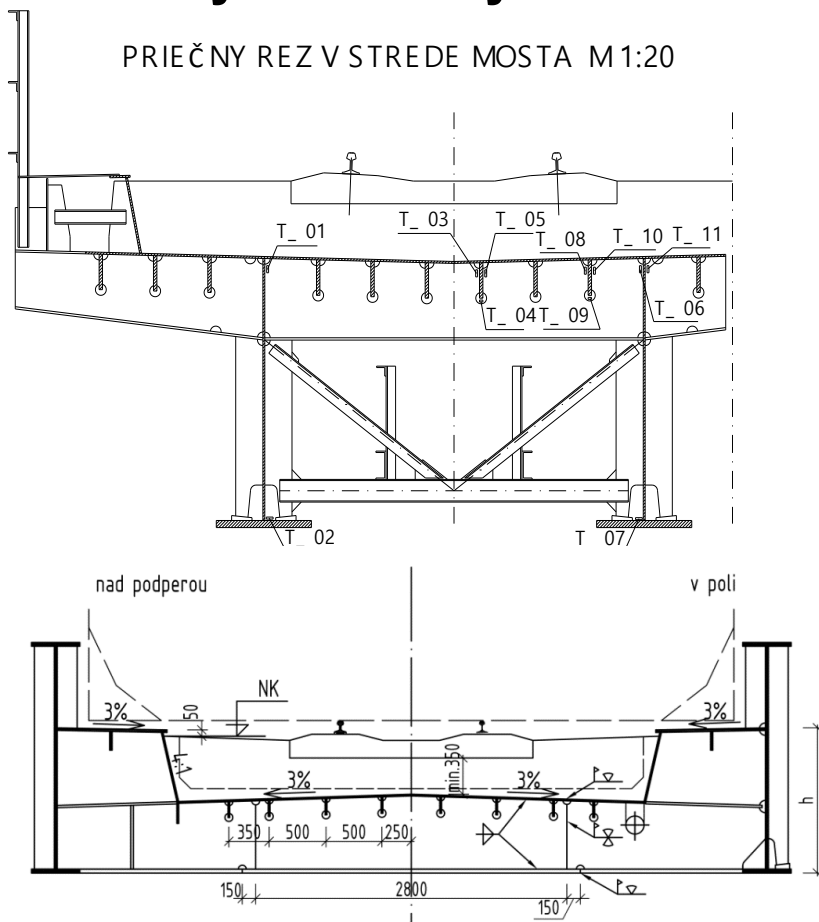
Mosty s prvkovými mostovkami



Definície

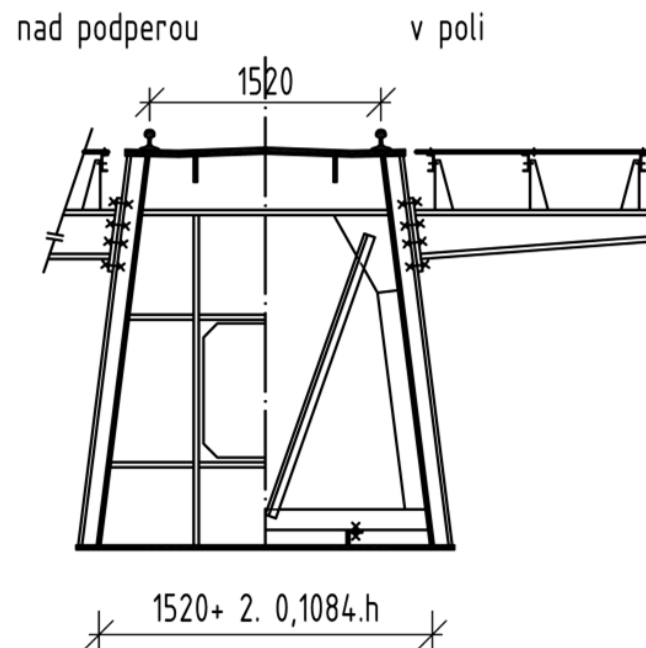
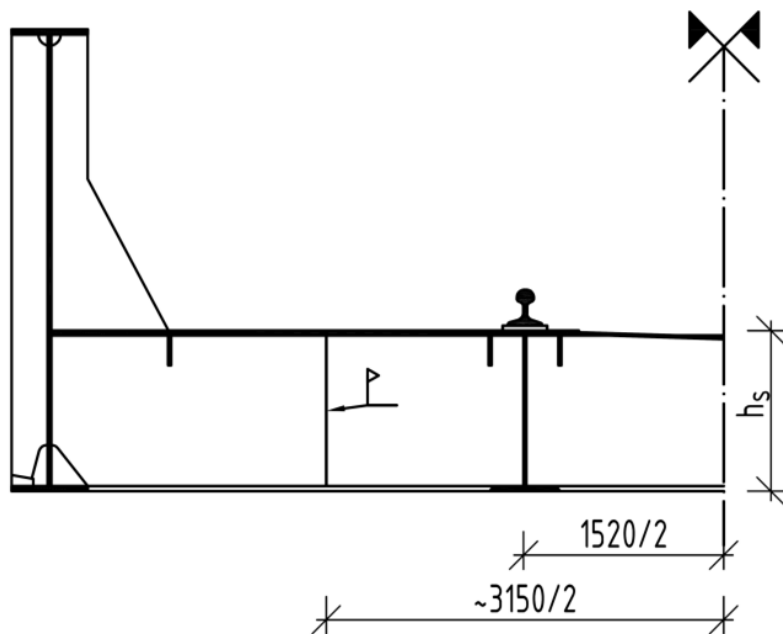
Mosty s doskovými mostovkami

PRIEČNY REZ V STREDE MOSTA M 1:20

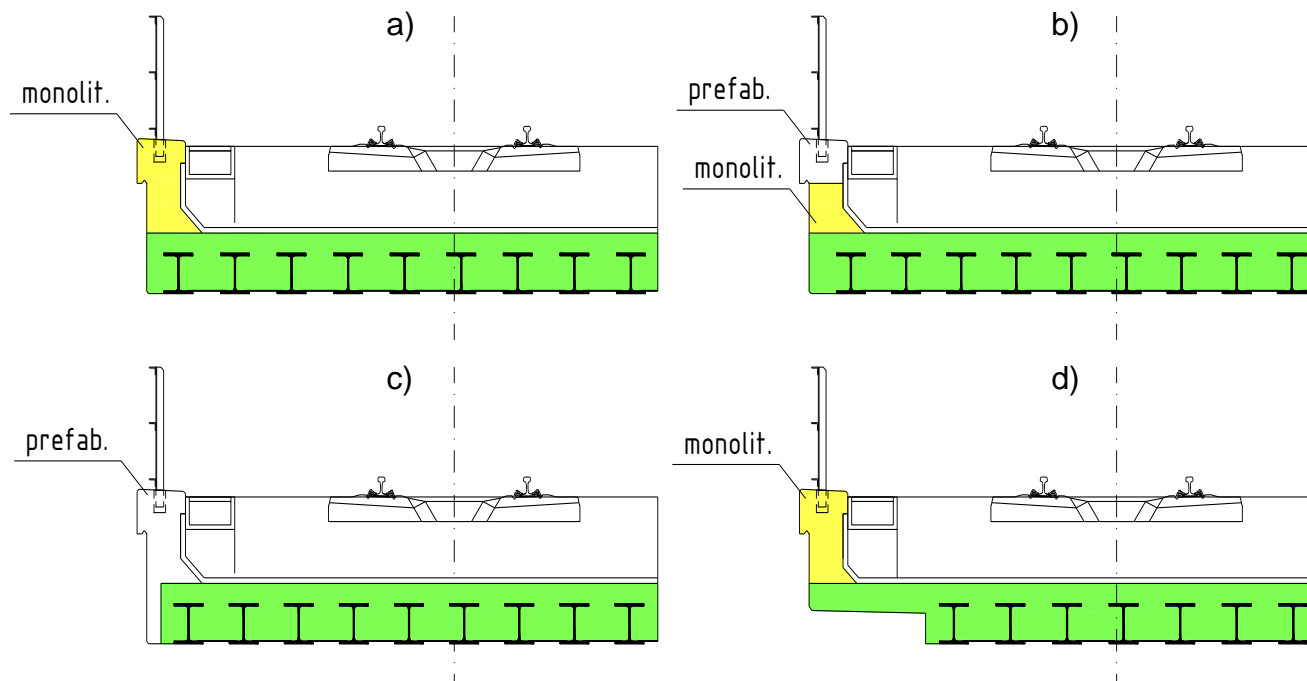


Definície

Mosty s doskovými mostovkami

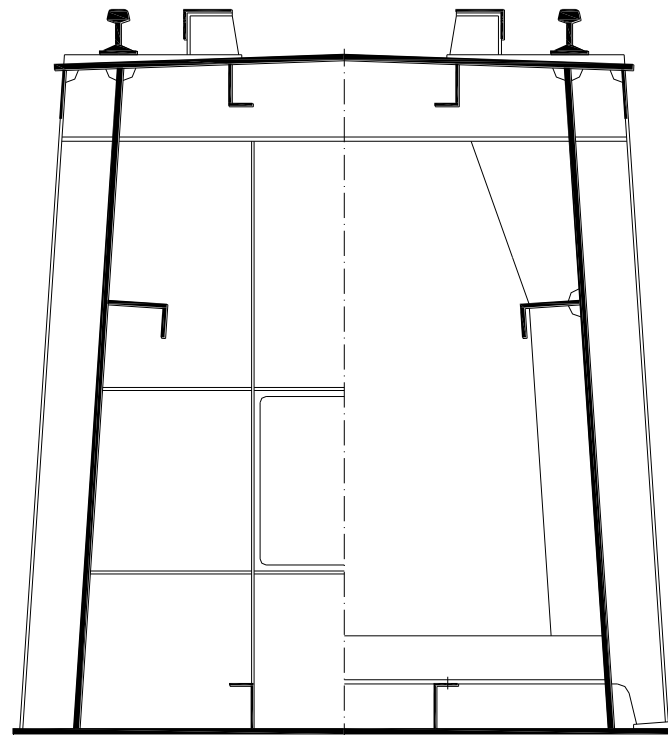
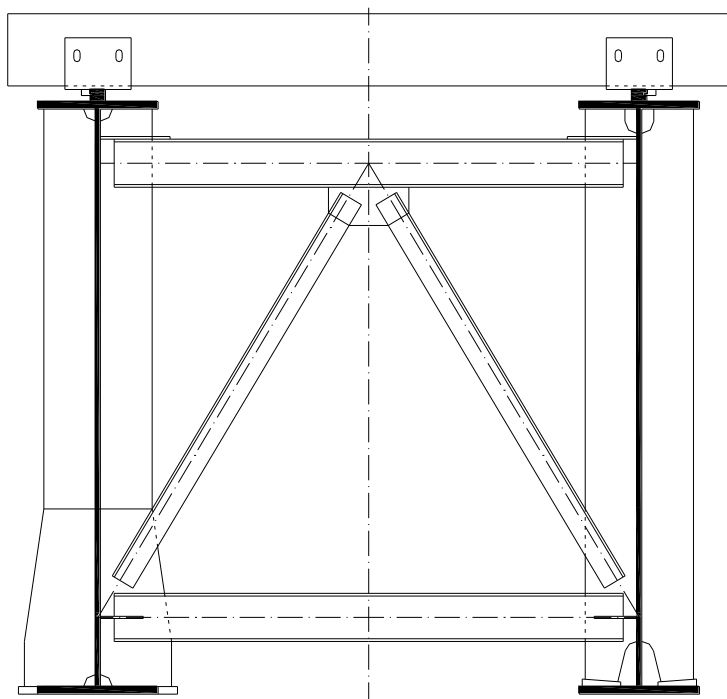


Definície



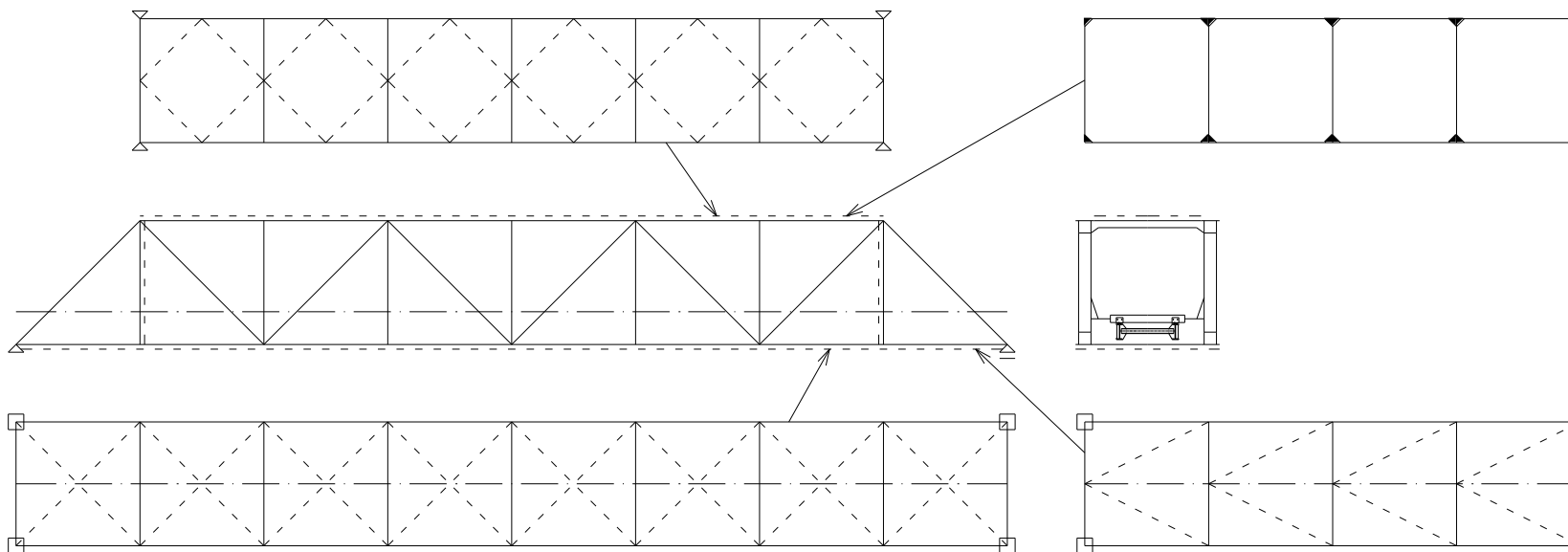
Definície

Typy priečných stužidiel



Definície

Typy pozdĺžnych stužidiel ocelových mostov



Zásady navrhovania

Oceľové mosty sa majú navrhovať a zhotovovať tak, aby pri zodpovedajúcej úrovni spoľahlivosti a hospodárnosti bezpečne prenášali všetky zaťaženia a iné vplyvy vyskytujúce sa počas ich životnosti a aby dobu zostali použiteľné pre účel, na ktorý boli navrhnuté.

Teda znamená to navrhovať také konštrukcie, ktoré majú adekvátnu odolnosť, používateľnosť a trvanlivosť, resp. životnosť, čo sú spolu s hospodárnosťou základné atribúty spoľahlivosti stavebných konštrukcií.

Návrhová životnosť mostov

| Kategória návrhovej životnosti | Indikatívna návrhová životnosť (roky) | Príklady |
|--|---------------------------------------|---|
| 1 | 10 | dočasné konštrukcie ⁽¹⁾ |
| 2 | 10 až 25 | vymeniteľné konštrukčné časti, napr. žeriavové dráhy, ložiská |
| 3 | 15 až 30 | poľnohospodárske a podobné konštrukcie |
| 4 | 50 | konštrukcie budov a iných všeobecných stavieb |
| 5 | 100 | monumentálne stavby, mosty a iné inžinierske konštrukcie |
| <p>⁽¹⁾ Konštrukcie alebo časti konštrukcií, ktoré môžu byť demontované, so zámerom opätovného použitia, sa nemajú uvažovať ako dočasné.</p> | | |

Trvanlivosť

Metodika overovania konštrukcií z hľadiska trvanlivosti nie je zatiaľ spracovaná pre normové aplikácie, nakoľko nie sú dostatočne známe modely materiálovej degradácie vyvolané prostredím.

Preto sa trvanlivosť ocelových mostných konštrukcií zabezpečuje nepriamo voľbou vhodných materiálov odolných proti pôsobeniu prostredia, voľbou vhodných konštrukčných detailov minimalizujúcich vplyvy prostredia a umožňujúcich ich kontrolu a údržbu, zväčšovaním hrúbok prierezov, ako aj elimináciou vplyvov prostredia náležitou ochranou materiálu a konštrukcií najmä proti degradácii koróziou ocele.

Trvanlivosť

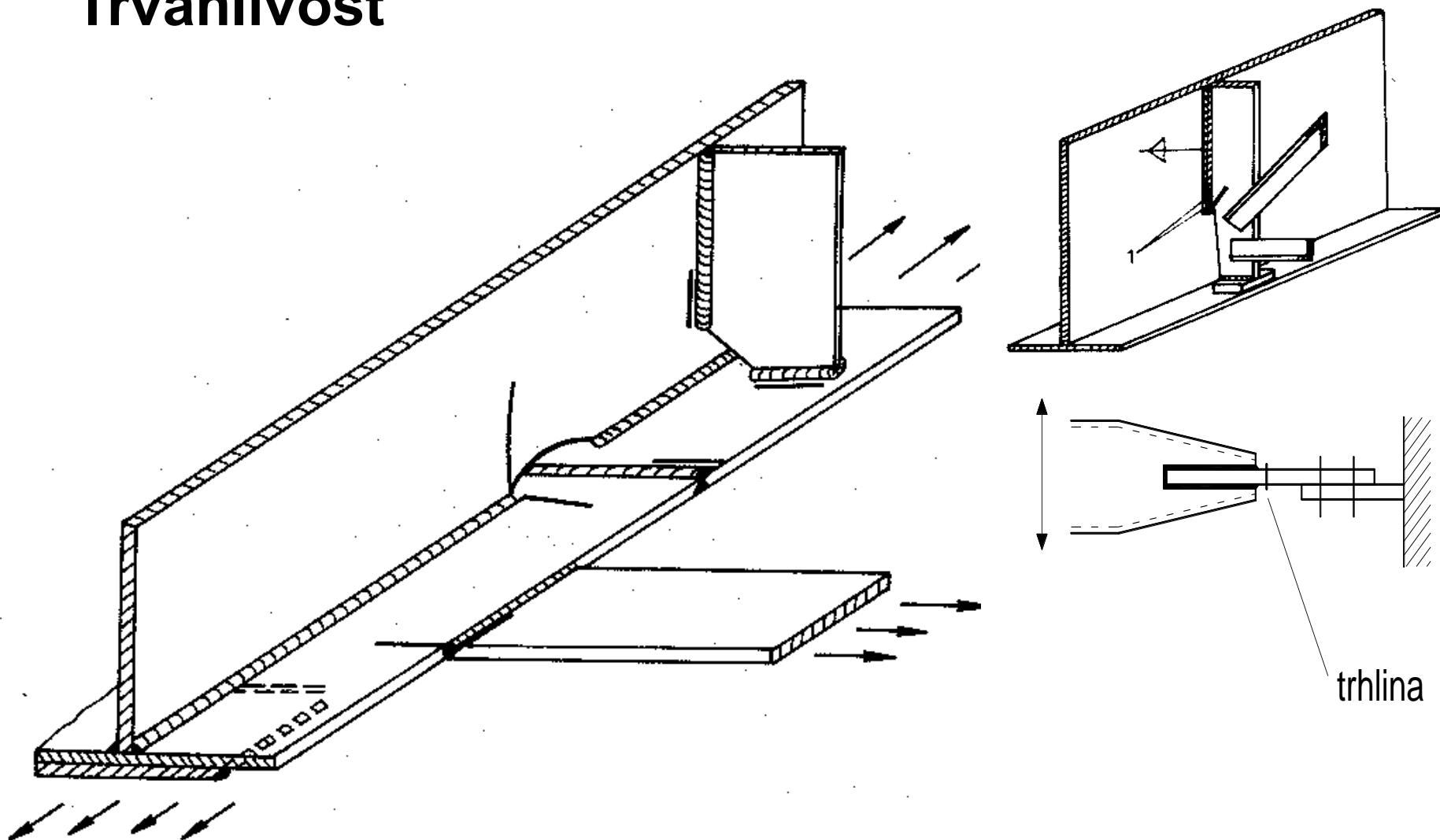
STN EN 1993-2 uvádza pre dosiahnutie trvanlivosti oceľových mostov len všeobecné požiadavky. Tieto boli v jej NA doplnené obmedzením minimálnych hrúbok nosných prvkov mostných konštrukcií takto:

| | |
|---|-----------|
| hrúbka plechu mostovky mostov pozemných komunikácií: | 14 mm; |
| hrúbka plechu výstuh mostovky mostov poz. komunikácií: | 6 mm; |
| hrúbka plechu mostovky žel. mostov s priebežným koľ. lôžkom: | 14 mm; |
| hrúbka plechu výstuh žel. mostov s priebežným koľajovým lôžkom: | 10 mm; |
| hrúbka plechu mostovky na lávkach pre peších: | 10 mm; |
| hrúbka plechu výstuh mostovky na lávkach pre peších: | 6 mm; |
| hrúbky pásnic a stien pozdĺžnikov a priečnikov prvkových mostoviek: | 10 mm; |
| hrúbka plechu stien vzduchotesne uzavretých prierezov a rúrok: | 6 mm; |
| hrúbky stien valcovaných tyčí I,U,L: | 6 mm; |
| rozmery valcovaných tyčí L | 70x70 mm; |
| priemery nosných skrutiek a nitov: | Φ 16 mm; |
| účinný rozmer nosných kútových zvarov: | 3,5 mm; |
| účinný rozmer nenosných kútových zvarov: | 3 mm; |

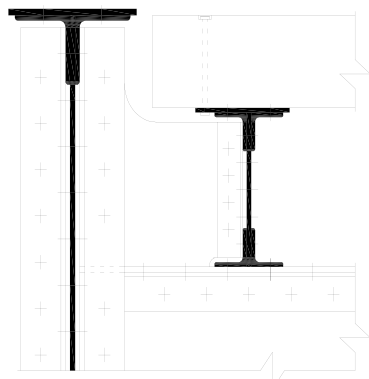
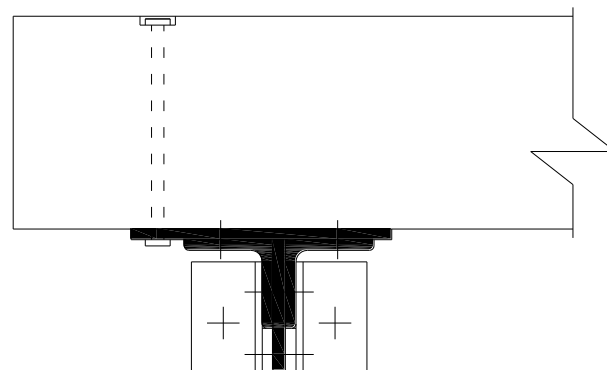
Trvanlivost'



Trvanlivosť



Trvanlivost'

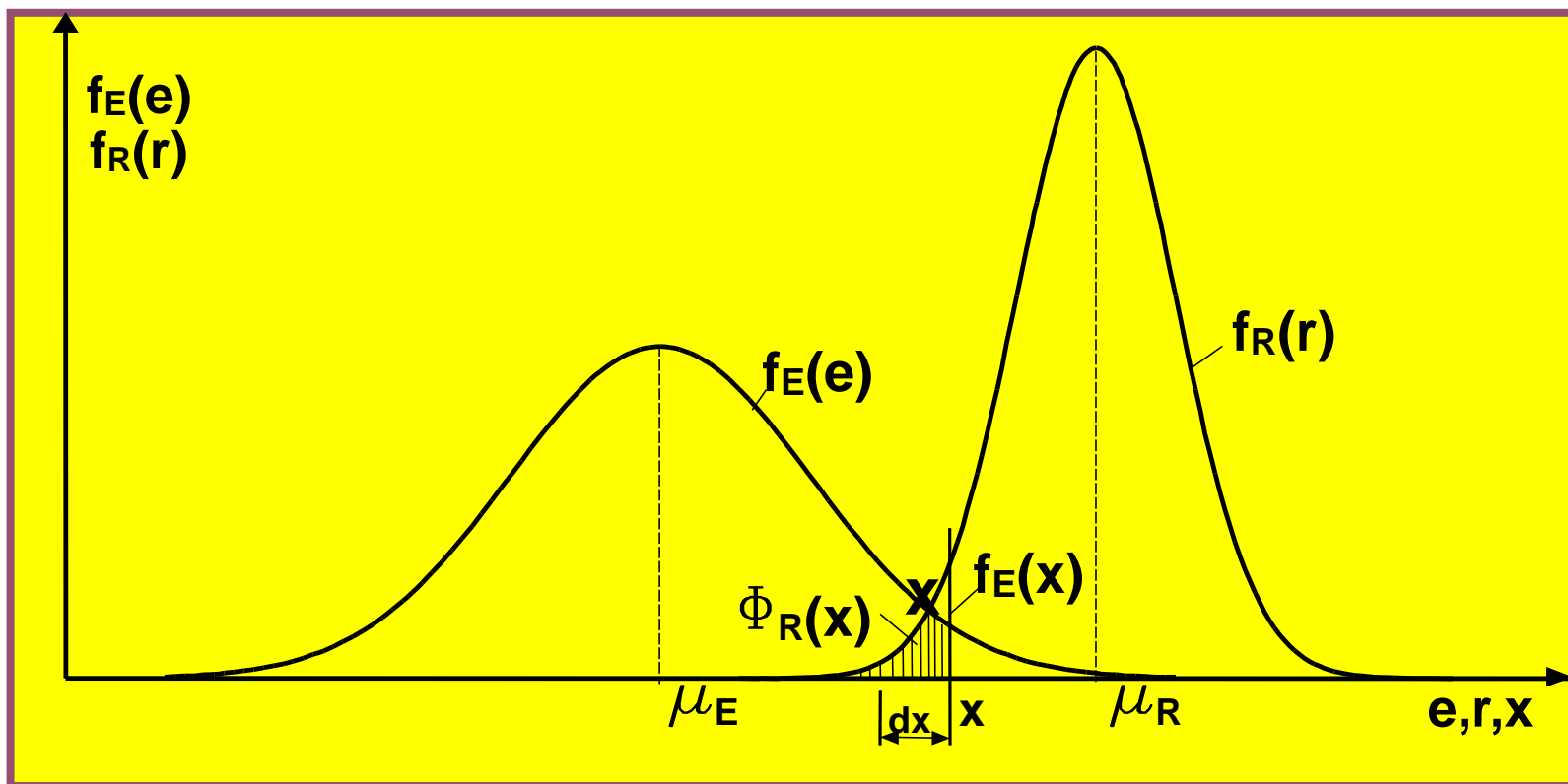


Princípy navrhovania podľa medzných stavov

Súčasná normová úroveň overovania spoľahlivosti stavebných konštrukcií má polopravdepodobnostný charakter, ktorý vychádza z metód druhej úrovne považované za **inžinierske prístupy** k teórii spoľahlivosti. K týmto postupom zaradujeme **inžiniersku pravdepodobnostnú metódu**, resp. metódu extrémnej hodnoty funkcie rezervy spoľahlivosti.

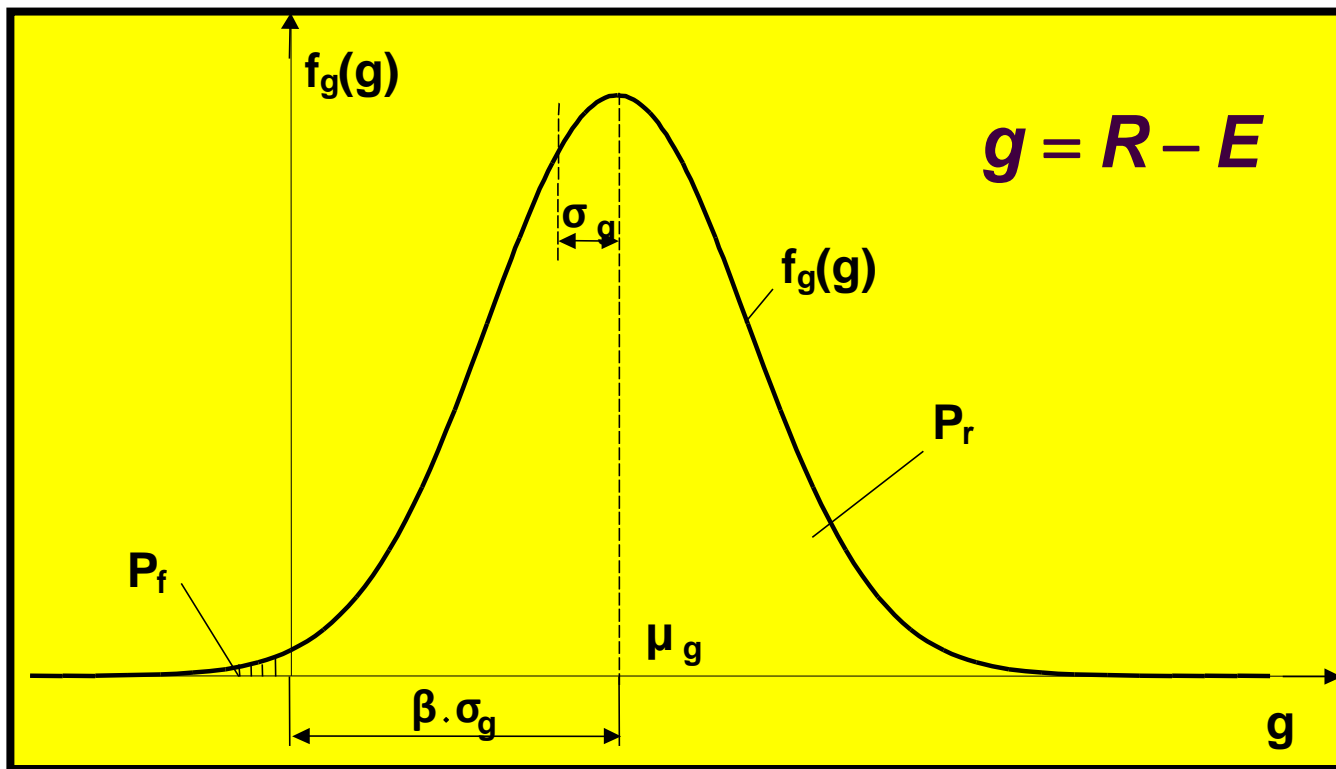
Pre kvantitatívne vyjadrenie spoľahlivosti konštrukcie táto metóda používa teoretickú pravdepodobnosť poruchy P_f a index spoľahlivosti β .

$$P_f = P[g = R - E \leq 0] \leq P_{fd} \quad \beta = \Phi^{-1}(P_f) \geq \beta_d = \Phi_N^{-1}(P_{fd})$$



$$P_f = P(g < 0) = P(R - E < 0) \quad P_f = \int_{-\infty}^{\infty} f_E(x) \phi_R(x) dx$$

$$P(R < x) = \phi_R(x) \quad P(x - dx/2 \leq E \leq x + dx/2) = f_E(x) dx$$



Pravdepodobnosť poruchy

$$P_f = \int_{-\infty}^0 f_g(g) dg$$

Pravdepodobnosť spoľahlivosti

$$P_r = \int_0^{\infty} f_g(g) dg$$

Index spoľahlivosti $\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g} = \frac{\mu_R - \mu_E}{(\sigma_R^2 + \sigma_E^2)^{0,5}}$

Podmienka spoľahlivosti: $P_f \leq P_{fd} \quad \beta \geq \beta_d$

Metóda parciálnych súčiniteľov

Metóda parciálnych súčiniteľov sa zaraďuje medzi polopravdepodobnostné metódy prvej úrovne a jej pravdepodobnostná podstata vychádza z inžinierskej pravdepodobnostnej metódy.

Zjednodušenie a tým aj redukcia úrovne pravdepodobnosti sa dosiahne pomocou:

- separácie náhodných premenných účinkov zaťaženi a E a odolnosti konštrukcie R pomocou linearizačných separačných funkcií α_E a α_R ;
- zavedením reprezentatívnych hodnôt.

Metóda parciálnych súčiniteľov

Podmienka spoľahlivosti v separovanom tvare sa získa z rovnice:

$$\beta \leq \beta_d$$

$$\mu_E + \alpha_E \beta_d \sigma_E \leq \mu_R - \alpha_R \beta_d \sigma_R$$

$$E_d \leq R_d$$

μ_E , σ_E sú stredná hodnota, smerodajná odchýlka účinkov zaťaženia E ;

μ_R , σ_R sú stredná hodnota, smerodajná odchýlka odolnosti R .

Metóda parciálnych súčiniteľov

Návrhové hodnoty účinkov zaťaženia a odolnosti materiálu sa stanovujú s využitím ich reprezentatívnych hodnôt a hodnôt parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti.

$$E_d = \gamma_{Sd} E(\gamma_{f,i} F_{rep,i}, \mathbf{a}_d) = E(\gamma_{Fi} F_{rep,i}, \mathbf{a}_d)$$

$$R_d = R(X_{d,i}, \mathbf{a}_d) / \gamma_{Rd} = R(\eta_i X_{k,i} / \gamma_{m,i}, \mathbf{a}_d) / \gamma_{Rd} = R(X_{k,i} / \gamma_{M,i}, \mathbf{a}_d)$$

$$\mathbf{a}_d = \mathbf{a}_{nom} \pm \Delta \mathbf{a}$$

pričom $F_{rep,i} = \psi F_{k,i}$

Metóda parciálnych súčiniteľov

- γ_{fi} parciálny súčiniteľ zaťaženia zohľadňujúci nepriaznivé odchýlky zaťaženia od jeho reprezentatívnych hodnôt;
- γ_{Fi} parciálny súčiniteľ spoľahlivosti účinkov zaťaženia zohľadňujúci aj modelové a rozmerové neistoty;
- γ_{mi} parciálny súčiniteľ vlastnosti materiálu zohľadňujúci vplyv nepriaznivých odchýlok materiálových vlastností od charakteristických hodnôt;
- γ_{Mi} parciálny súčiniteľ vlastnosti materiálu zohľadňujúci aj modelové a rozmerové neistoty;
- γ_{Sd} parciálny súčiniteľ zohľadňujúci neistoty v modeli odozvy zaťaženia;

Metóda parciálnych súčiniteľov

- γ_{Rd} parciálny súčiniteľ zohľadňujúci neistoty v modeli odolnosti materiálu prierezu alebo prvku;
- Δa zohľadňuje vplyv nepriaznivých odchýliek od charakteristických hodnôt geometrických vlastností;
- η konverzný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv objemu a mierky skúšobných vzoriek, teploty a iných podstatných parametrov, ktorý sa zvyčajne zahŕňa do hodnoty parciálneho súčiniteľa.

$$\gamma_{F,i} = \gamma_{Sd} \gamma_{f,i}$$

$$\gamma_{M,i} = \gamma_{m,i} \gamma_{Rd}$$

$$E_d = E(\gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}) \leq R_d = R_k / \gamma_M$$

Metóda parciálnych súčiniteľov

Stále zaťaženia

$$\gamma_G = \gamma_{Sd} \frac{G_d}{G_k} \quad G_d = \mu_G (1 + \alpha_E \beta_d \nu_G)$$

G_d je návrhová hodnota stáleho zaťaženia,

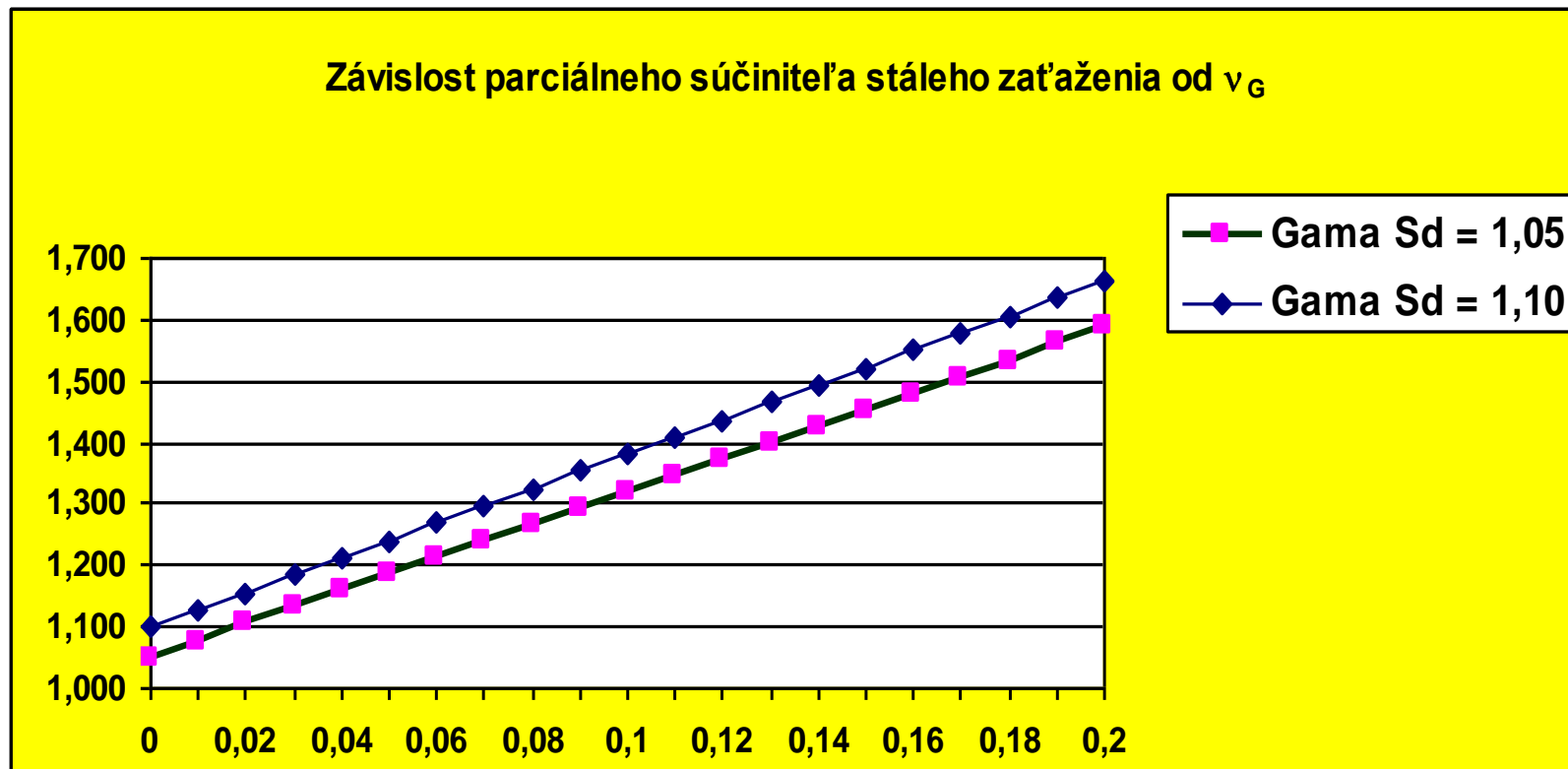
G_k je charakteristická hodnota stáleho zaťaženia,

γ_{Sd} je parciálny súčiniteľ modelovej neistoty

Ak charakteristickú hodnotu stáleho zaťaženia deklaruujeme strednou hodnotou μ_G , potom pre parciálny súčiniteľ účinkov stáleho zaťaženia platí

$$\gamma_G = \gamma_{Sd} (1 + \alpha_E \beta_d \nu_G) \quad \gamma_{Sd} = 1,05, \text{ resp. } 1,10$$

Metóda parciálnych súčiniteľov



Pre praktické aplikácie v zmysle STN EN 1990 bola stanovená jednotná hodnota $\gamma_G = 1,35$, ktorá podľa obr. zodpovedá úrovni koeficientu variácie $v_G = 0,09 - 0,11$.

Metóda parciálnych súčiniteľov

Pre oceľové prierezy je to pomerne vysoká hodnota koeficienta variácie, ak si uvedomíme, že sa zvyčajne pohybuje v hodnotách 0,01 až 0,065.

Preto sme v národnej prílohe k tejto norme odporučili nasledovné hodnoty $\gamma_{G,sup}$, ktoré platia pre overovanie spoľahlivosti mostných konštrukčných prvkov:

$\gamma_{G,sup} = 1,25$ pre vlastnú tiaž nosných a nenosných častí mostov zhotovených v odborných výrobniciach,

$\gamma_{G,sup} = 1,35$ pre vlastnú tiaž nosných a nenosných častí mostov zhotovených na stavenisku.

Metóda parciálnych súčiniteľov

Premenné zaťaženia

Podľa STN EN 1990 sa premenné zaťaženia predpokladajú rozdelené podľa Gumbelovho rozdelenia. Pri tomto rozdelení sa charakteristická a návrhová hodnota premenného zaťaženia Q stanoví zo vzťahu v tvare

$$Q_k = \mu_Q \left\{ 1 - \nu_Q \left[0,449 + 0,778 \ln(-\ln(0,95)) \right] \right\}$$

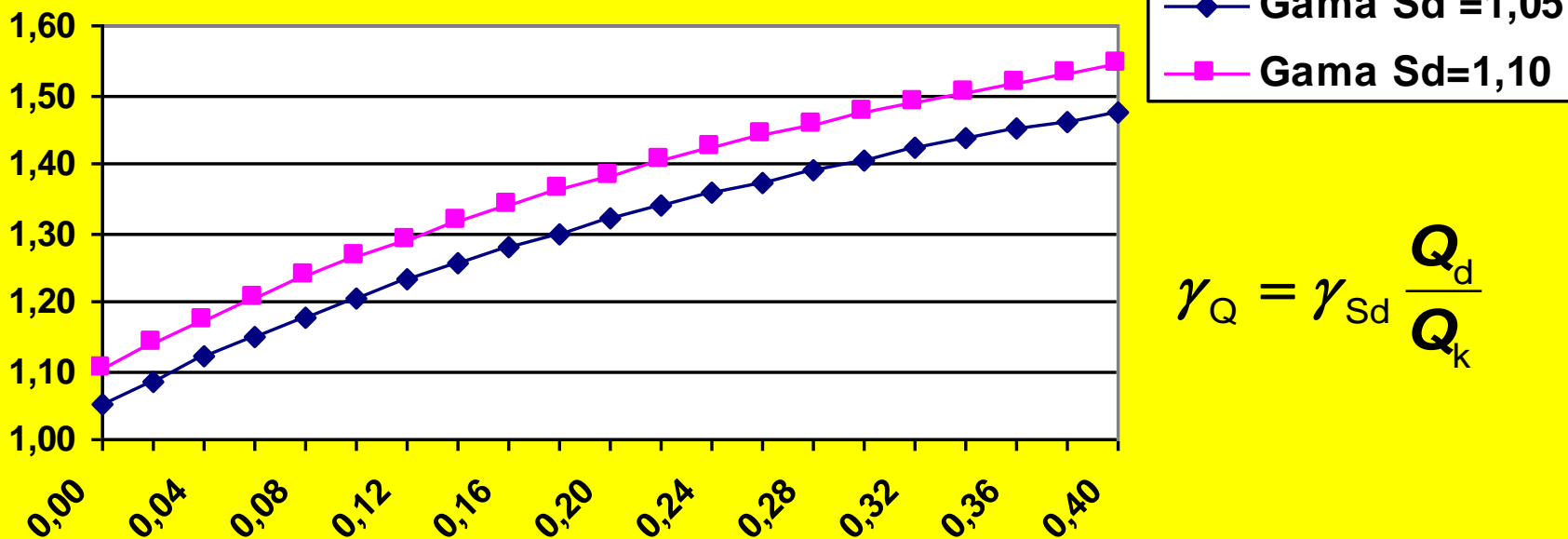
$$Q_d = \mu_Q \left\{ 1 - \nu_Q \left[0,449 + 0,778 \ln(-\ln \Phi(\alpha_E \beta_d)) \right] \right\}$$

μ_Q je stredná hodnota premenného zaťaženia,

ν_Q je koeficient variácie premenného zaťaženia

Metóda parciálnych súčiniteľov

Závislosť parciálneho súčiniteľa premenného zaťaženia γ_Q na
koeficientu variácie ν_Q



$$\gamma_Q = \gamma_{Sd} \frac{Q_d}{Q_k}$$

Metóda parciálnych súčiniteľov

V STN EN 1990/A1 sa pre premenné zaťaženia cestnou dopravou odporučila hodnota parciálneho súčiniteľa

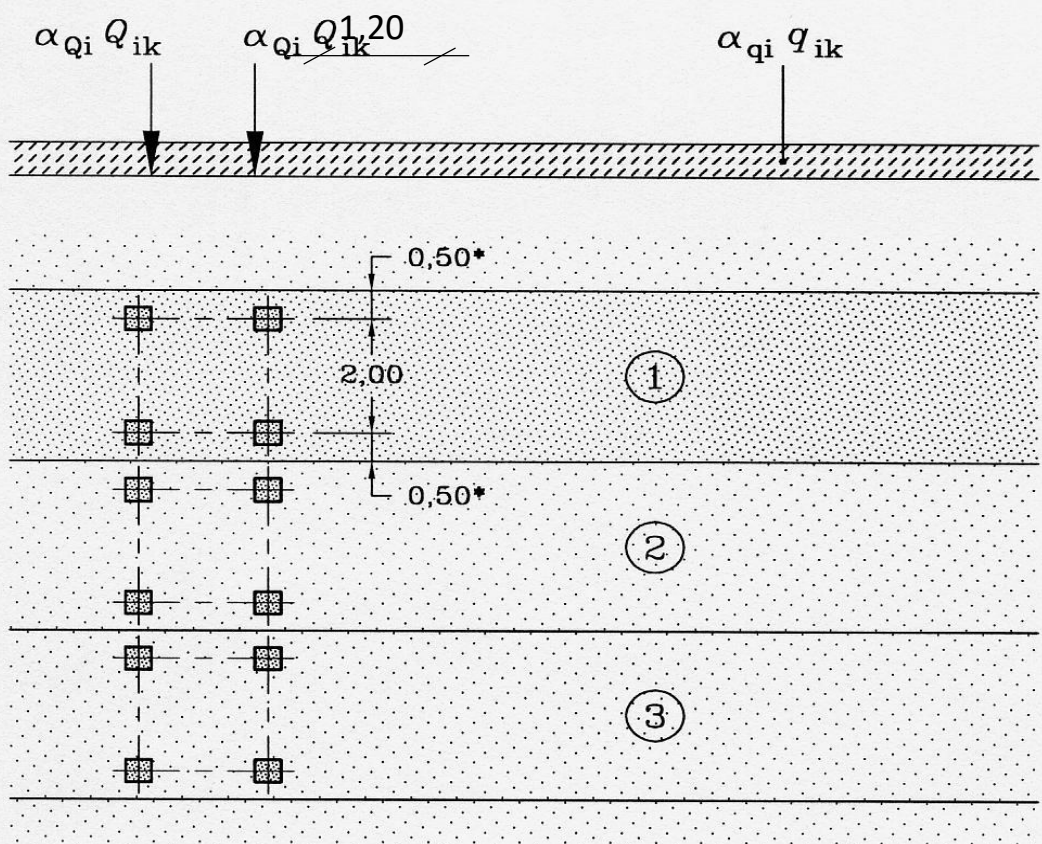
$\gamma_Q = 1,35$, čo podľa grafu na obr. zodpovedá hodnote $\nu_Q = 0,24$ pre $\gamma_{Sd} = 1,05$ a hodnote $\nu_Q = 0,17$ pre $\gamma_{Sd} = 1,10$.

Pre zaťaženie železničnou dopravou bola odporučená hodnota $\gamma_Q = 1,45$, čo pri $\gamma_{Sd} = 1,05$ zodpovedá koeficientu variácie $\nu_Q = 0,36$ a pri $\gamma_{Sd} = 1,10$ koeficientu variácie $\nu_Q = 0,28$.

Pri spracovaní NA tejto norme v SR sa pre zaťaženie cestnou dopravou ponechala odporučená hodnota parciálneho súčiniteľa $\gamma_Q = 1,35$. V prípade zaťaženia železničnou dopravou bola prijatá hodnota $\gamma_Q = 1,40$, ktorá zodpovedá koeficientu variácie zaťaženia železničnou dopravou $\nu_Q = 0,22$.

Premenné zaťaženie cestnou dopravou

LM1



pruh číslo 1: $Q_{1k} = \alpha_{Q1} 300 \text{ kN};$

$q_{1k} = \alpha_{q1} 9 \text{ kN/m}^2$

pruh číslo 2: $Q_{2k} = \alpha_{Q2} 200 \text{ kN};$

$q_{2k} = \alpha_{q2} 2,5 \text{ kN/m}^2$

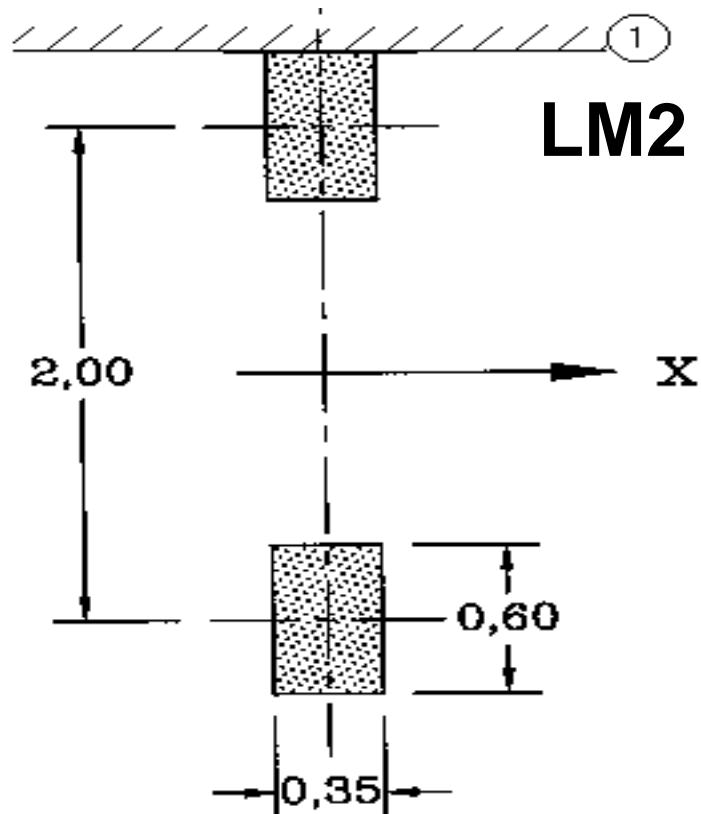
pruh číslo 3: $Q_{3k} = \alpha_{Q3} 100 \text{ kN};$

$q_{3k} = \alpha_{q3} 2,5 \text{ kN/m}^2$

$q_{rk} = \alpha_{qr} 2,5 \text{ kN/m}^2$

$w_l = 3,00 \text{ m}$

Premenné zaťaženie cestnou dopravou



Kategorizačný súčiniteľ
 $\beta = 1,0$

Zaťažovací model 4 (LM4): Zaťaženie vyvolané pohybom davu ľudí.

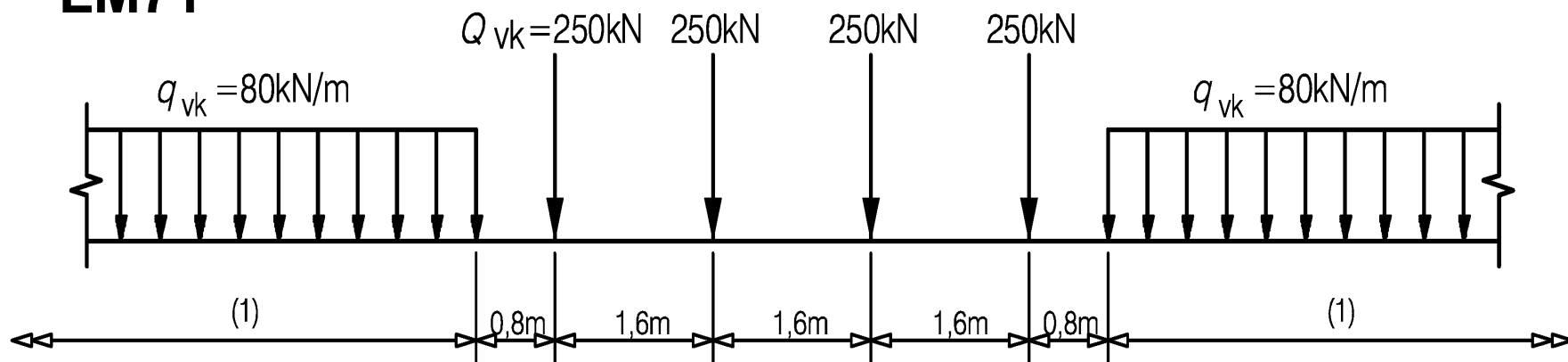
Model je určený len na všeobecné overenie konštrukcie.

Zvláštne vozidlá – LM3

| Celková tiaž | Zloženie | Poznámka |
|--------------|--|--------------------------------------|
| 600 kN | 4 nápravy po 150 kN | 600/150 |
| 900 kN | 6 náprav po 150 kN | 900/150 |
| 1200 kN | 8 náprav po 150 kN alebo 6 náprav po 200 kN | 1200/150 1200/200 |
| 1500 kN | 10 náprav po 150 kN alebo 7 náprav po 200 kN + 1 náprava po 100 kN | 1500/150 1500/200 |
| 1800 kN | 12 náprav po 150 kN alebo 9 náprav po 200 kN | 1800/150 1800/200 |
| 2400 kN | 12 náprav po 200 kN alebo 10 náprav po 240 kN alebo 6 náprav po 200 kN (vzdialenosť 12m) + 6 náprav po 200 kN | 2400/200 2400/240 2400/200/200 |
| 3000 kN | 15 náprav po 200 kN alebo 12 náprav po 240 kN + 1 náprava po 120 kN alebo 8 náprav po 200 kN (vzdialenosť 12 m) + 7 náprav po 200 kN | 3000/200 3000/240 3000/200/200 |
| 3600 kN | 18 náprav po 200 kN alebo 15 náprav po 240 kN alebo 9 náprav po 200 kN (vzdialenosť 12 m) + 9 náprav po 200 kN | 3600/200 3600/240 3600/200/200 |

Premenné zaťaženie železničnou dopravou

LM71



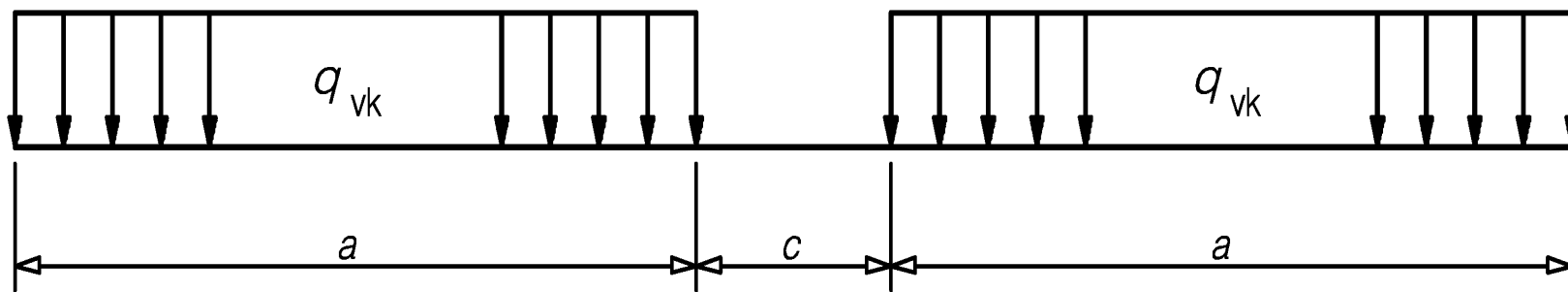
Charakteristické hodnoty z obrázka sa prenášobia súčiniteľom α . Zaťaženie modifikované súčiniteľom α sa označuje ako "klasifikované zvislé zaťaženie".

Hodnoty súčiniteľa α pri LM71 sa uvažujú takto:

- na hlavných tratiach celoštátnych dráh: $\alpha = 1,21$;
- na vedľajších tratiach celoštátnych dráh a region. dráhach: $\alpha = 1,10$;
- na vlečkách: $\alpha = 1,00$.

SW/0 na spojitých mostoch

SW/2 ťažká doprava



| Zaťažovací model | q_{vk} [kN/m] | a [m] | c [m] |
|------------------|--------------------|------------|------------|
| SW/0 | 133 | 15,0 | 5,3 |
| SW/2 | 150 | 25,0 | 7,0 |

Zaťažovací model *“prázdné vozne”* je tvorený zvislým rovnomerným zaťažením charakteristickej hodnoty **10,0 kN/m**.

Dynamické účinky

Zohľadňujú sa dynamickým súčiniteľom.

Dynamický súčiniteľ Φ zväčšujúci statické účinky od zaťažovacích modelov 71, SW/0 a SW/2 sa berie hodnotou Φ_2 alebo Φ_3 podľa kvality údržby.

(a) Dobre udržiavané trate:
pričom: $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82$$

(b) Bežne udržiavané trate:
pričom: $1,15 \leq \Phi_2 \leq 2,00$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73$$

L_Φ je náhradná dĺžka príslušná k Φ podľa tab. v STN EN 1991-2.

Premenné zaťaženie železničnou dopravou

Vodorovné priečne a pozdĺžne zaťaženia železničnou dopravou

- odstredivé sily v oblúkoch,
- bočné nárazy,
- rozjazdové a brzdné sily
- aerodynamické zaťaženia od prechádzajúcich vlakov,
- zaťaženia od trakčného vedenia a iných zariadení železničnej trate.

Materiály

Materiál ovplyvňuje rozmery prierezov a prvkov mostov a tým aj ich koncepčné riešenie, a preto je jeho správna voľba dôležitá z hľadiska spoľahlivého a hospodárneho návrhu.

Kvalita konštrukčných ocelí je daná ich mechanickými, fyzikálnymi a technologickými vlastnosťami, ktoré sú dané chemickým zložením, štruktúrou, spôsobom výroby a druhom tepelného spracovania ocelí.

Nominálne hodnoty medze klzu f_y a medze pevnosti f_u pre konštrukčné ocele sa majú získať :

- prevzatím hodnôt $f_y = R_{eH}$ a $f_u = R_m$ priamo z normy pre výrobky;**
- použitím tabuľky 3.1 v STN EN 1993-1-1.**

Materiály

Rozvoj výstavby oceľových mostov výrazne ovplyvnila priemyselná výroba kovov po roku 1785, a to najmä sivej liatiny a kujného železa (tzv. **zvárkové železo**).

Na konci 19. storočia sa začína presadzovať výroba železa v tekutom stave v podobe tzv. **plávkového železa** rôznymi technológiami ako boli téglová ocel – firma Krupp (1811), Bessemerova ocel (1855), Siemens-Martinova ocel (1865), Thomasova ocel (1878).

Plávkové železo má lepšie mechanické vlastnosti ako zvárkové železo, a to v pozdĺžnom aj v priečnom smere valcovania.

Norma ČSN 1016 z roku 1926 zaviedla prvýkrát jednotný názov **ocel'** pre všetko kujné železo vyrábané v tekutom stave.

Materiály

Dovolené namáhania ocelí podľa ustanovenia z roku 1904 a 1923

| Způsob namáhání | Ustanovení z roku 1904 | | Ustanovení z roku 1923 |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Tah a tlak pro rozpětí | Dovolená namáhání (MPa) | | |
| | Svářkové železo | Plávkové železo | Plávkové železo |
| 1 až 10 m | $70 + 2 \cdot 0,01 L$ | $70 + 5 \cdot 0,01 L$ | 85 |
| 10 až 20 m | $70 + 2 \cdot 0,01 L$ | $76 + 4 \cdot 0,01 L$ | $82 + 3 \cdot 0,01 L$ |
| 20 až 40 m | $70 + 2 \cdot 0,01 L$ | $80 + 2 \cdot 0,01 L$ | $82 + 3 \cdot 0,01 L$ |
| 40 až 80 m | $72 + 1,5 \cdot 0,01 L$ | $84 + 0,01 L$ | $82 + 3 \cdot 0,01 L$ |
| 80 až 120 m | $70 + 0,01 L$ | $84 + 0,01 L$ | $82 + 3 \cdot 0,01 L$ |
| 120m a více | $82 + 0,5 \cdot 0,01 \cdot L$ | $84 + 0,01 L$ | $82 + 3 \cdot 0,01 L$ |
| maximálně | 90 | 100 | 110 |
| Smyk | 50 | 60 | 65 |

Materiály

Dovolené namáhania ocelí podľa ustanovenia z roku 1937

| Způsob namáhání | | Dovolená namáhání (Mpa) | |
|-----------------|-----------|-------------------------|-----------------------|
| | | Při hlavním zatížení | Při celkovém zatížení |
| Ocel C 37 | Tah, tlak | 130 | 150 |
| | Smyk | 100 | 120 |
| Ocel C 52 | Tah, tlak | 195 | 225 |
| | Smyk | 150 | 180 |

Materiály

Označovanie konštrukčných ocelí pre zvarané konštrukcie

| Označenie ocelí | | | | Poznámka |
|-----------------|-------------|-------------|--------|---|
| STN EN 10025-2 | EN 10025+A1 | STN 42 0002 | | |
| S 235 | S 235JR | S 235JRG2 | 11 375 | uhlíkatá, upokožená |
| | S 235J0 | S 235J0 | 11 378 | uhlíkatá, upokožená, jemnozrnná |
| | S 235J2 | S 235J2G4 | 11 378 | |
| S 275 | S 275JR | S 275JR | 11 443 | nízkoalegované |
| | S 275J0 | S 275J0 | 11 448 | |
| | S 275J2 | S 275J2G4 | 11 449 | |
| S 355 | S 355J0 | S 355J0 | 11 523 | nízkoalegované |
| | S 355J2 | S 355J2G4 | 11 503 | |
| | S 355J0WP | S 355J0WP | 15 127 | so zvýšenou odolnosťou proti atmosferickej korózii |
| | S 355J2W | S 355J2G2W | 15 217 | |

Materiály

Konštrukčná ocel' musí umožniť rozvoj lokálnej plastickej deformácie bez porušenia, a preto musí spĺňať príslušné kritéria duktility.

STN EN 1993-1-1 predpisuje nasledovné požiadavky na duktilitu konštrukčných ocelí:

- pomer $f_u / f_y = 1,15$, kde f_u je minimálna pevnosť v ťahu a f_y je minimálna medza klzu;
- predĺženie pri porušení na mernej dĺžke $5,65\sqrt{A_0} \geq 15\%$ (pričom A_0 je pôvodná prierezová plocha);
- medzná pomerná deformácia $\varepsilon_u \geq 15 \varepsilon_y$, kde ε_u zodpovedá medzi pevnosti f_u .

Materiály

Maximálne prípustné hrúbky materiálu z hľadiska lomovej húževnatosti v závislosti od kvality konštrukčnej ocele, hodnoty nárazovej práce, referenčnej teploty a referenčného napätia sú uvedené v STN EN 1993-1-10 v tab. 2.1.

Maximálne prípustné hodnoty hrúbok konštrukčných prvkov sú tu uvedené z hľadiska troch úrovní napätí vyjadrených ako pomery nominálnej medze klzu:

$$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t),$$

$$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t),$$

$$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t), \text{ pričom}$$

$$t_0 = 1,0 \text{ mm}$$

$$f_y(t) = f_{y,nom} - 0,25 \frac{t}{t_0}$$

Materiály

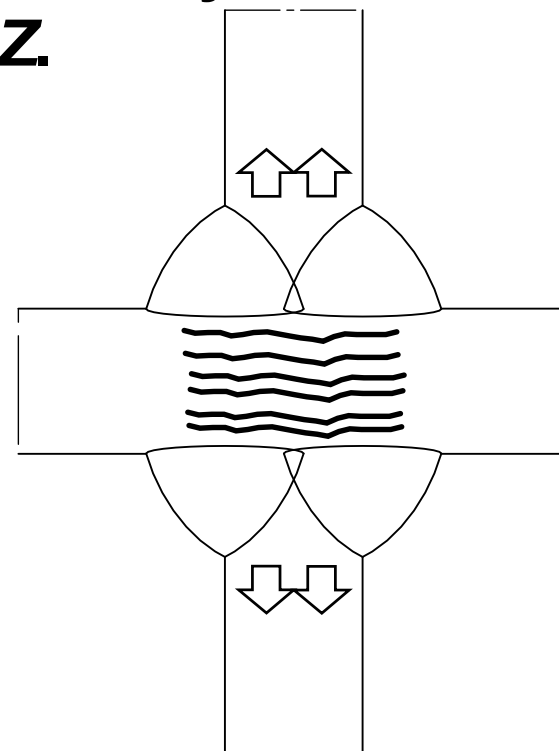
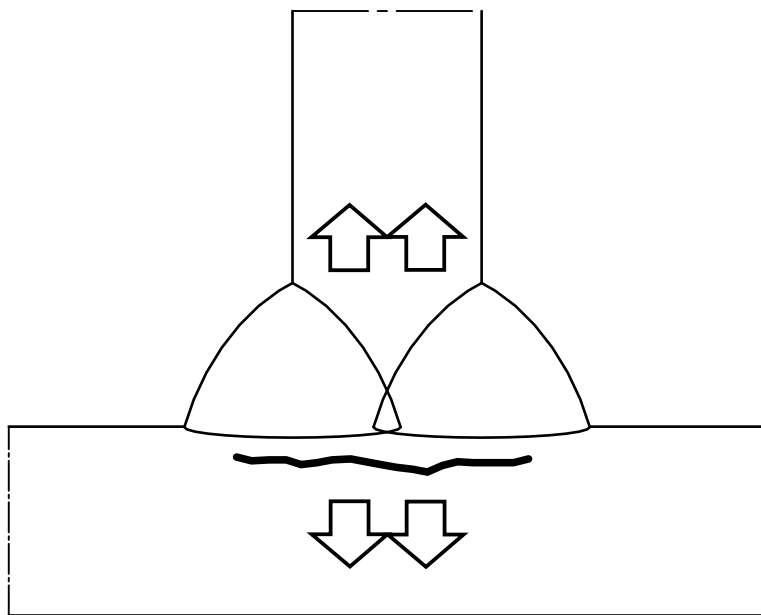
Lamelárne porušenie sa objavuje pri namáhaní v smere hrúbky prvku. Môže vzniknúť pri zváraní alebo hneď po ňom - lamelárna praskavosť, alebo neskôr následkom zmrašťovania časti prvku, prípadne pri prevádzke pôsobením premenného opakujúceho sa zaťaženia.

Hlavné riziko lamelárneho porušenia je najmä pri krížových spojoch a spojoch T realizovaných pomocou kútových zvarov a zvarov s úplným prievarom.

Príčinou tohto porušenia je nízka ťažnosť materiálu v smere jeho hrúbky alebo pomerné pretvorenie v smere kolmom k povrchu.

Materiály

Náchylnosť materiálu na toto porušenie treba stanoviť meraním kvality ťažnosti v smere hrúbky podľa STN EN 10164, ktorá je vyjadrená z hľadiska akostných tried ocelí a je identifikovaná pomocou hodnôt Z.



Materiály

Overovaní odolnosti prvku proti lamelárnemu porušeniu sa robí podľa vzťahu:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd}$$

Požadovaná návrhová hodnota Z_{Ed} sa stanoví podľa tab. 3.2 v STN EN 1993-1-10 v závislosti od hĺbky závaru, polohy zvaru, hrúbky spájaných prvkov a tuhosti uzla.

V prípade, ak $Z_{Ed} \leq 10$, nie je potrebné požadovať zlepšené vlastnosti materiálu kolmo na jeho povrch. Ak je potrebná vyššia hodnota Z_{Ed} , je nutné stanoviť požadovanú kvalitu ocele podľa STN EN 1993-1-10 v zmysle STN EN 10164. Podľa tejto normy sa rozlišujú tri triedy kvality ocelových materiálov, ktoré sú označené ako Z15, Z25 a Z35.

Materiály

| požadovaná hodnota kontrakce Z_{Ed} | trieda kvality |
|--|----------------|
| $Z_{Ed} \leq 10$ | – |
| $10 < Z_{Ed} \leq 20$ | Z15 |
| $20 < Z_{Ed} \leq 30$ | Z25 |
| $Z_{Ed} > 30$ | Z35 |

Analýza konštrukcie

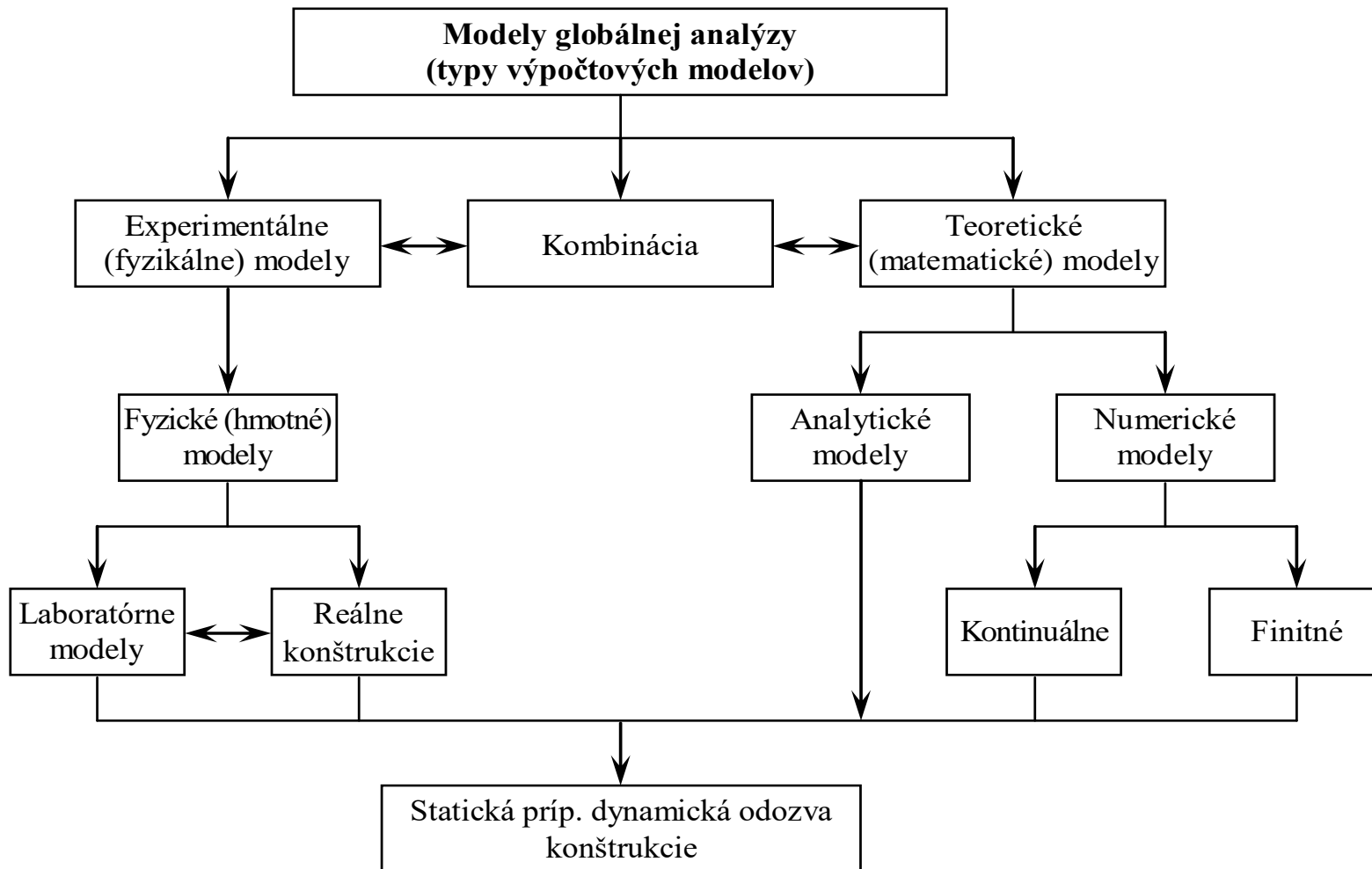
Analýzou konštrukcie sa rozumie proces teoretického alebo experimentálneho charakteru s cieľom navrhnuť nosné prvky konštrukcie a overiť jej spoľahlivosť. K splneniu tohto cieľa je potrebné najprv stanoviť odozvu konštrukcie na jej zaťaženia, teda určiť vnútorné sily a pretvorenia konštrukcie a jej prvkov. Proces definujúci vnútorné sily a pretvorenia konštrukcie sa nazýva **globálna analýza konštrukcie**.

Vnútorné sily a pretvorenia stavebných konštrukcií sa stanovujú na vhodne zvolených výpočtových modeloch, ktoré členíme na modely:

Globálna analýza

Je to proces, pomocou ktorého sa na základe rovnováhy s príslušným súborom zaťažení pôsobiacim na konštrukciu stanovujú vnútorné sily a pretvorenia konštrukcie. Sú rôzne metódy globálnej analýzy, ktorých voľba závisí od kompaktnosti prierezov, typu nosného systému, zohľadnenia imperfekcií, dynamických účinkov, ako aj od dostupnosti softvéru. V zásade sa uplatňujú metódy statiky, prípadne aj dynamiky stavebných konštrukcií s využitím analytických alebo numerických nástrojov. Pri globálnej analýze sa musí zohľadniť priestorové pôsobenie konštrukcie. Pokiaľ sa použije rozdelenie konštrukcie na jednoduchšie submodely, má sa priestorové spolupôsobenie vyjadriť doplňujúcimi modelmi.

Globálna analýza



Globálna analýza

Z hľadiska využitia nelineárnych vlastností materiálov je možné stanoviť vnútorné sily v konštrukcii:

- lineárnou analýzou - pružnostným výpočtom;**
- materiálovo-nelineárnou analýzou so zohľadnením plastických vlastností materiálu.**

Plasticitná analýza predpokladá vznik plastických kĺbov alebo plastických zón. Neplatí princíp superpozície, preto je nutné analyzovať konštrukciu pre každú testovanú kombináciu zaťaženie zvlášť. Pri mostoch sa aplikuje zriedkavo.

Globálna analýza

Podľa toho, či pri globálnej analýze uvažujeme s pretvorením konštrukcie od zaťažení, možnými imperfekciami konštrukcie a jej prvkov a inými nepresnosťami, rozlišujeme:

- globálnu analýzu podľa teórie prvého rádu, ktorá stanovuje vnútorné sily na modeli ideálnej konštrukcie,
- globálnu analýzu podľa teórie druhého rádu, ktorá počíta vnútorné sily pri zohľadnení pretvorenia konštrukcie a imperfekcií za predpokladu rovnováhy na pretvorenom modeli konštrukcie.

Globálna analýza

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10$$

α_{cr} je faktor, ktorým by sme museli pre násobiť návrhové zaťaženie tak, aby spôsobili pružnú stratu stability s globálnym tvarom pretvorenia;

F_{cr} predstavuje kritické zaťaženie pri dosiahnutí pružnej straty stability s globálnym tvarom pretvorenia, zistené pre začiatočné tuhosti v pružnom stave;

F_{Ed} reprezentuje návrhové zaťaženie konštrukcie.

Globálna analýza

Účinky druhého rádu sa musia zohľadniť v prípadoch, ak podstatne zväčšujú účinky zaťaženi, prípadne, ak sa vplyvom pretvorenia mení správanie konštrukcie.

Ak je pre pôsobenie mosta a jeho častí rozhodujúci prvý vlastný tvar straty stability môžu sa účinky druhého rádu M_{II} vyjadriť ako násobok ohybových momentov prvého rádu M_I v tvare:

$$M_{II} = M_I \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{cr}}} = M_I \cdot \frac{\alpha_{cr}}{\alpha_{cr} - 1}$$

Ak $\alpha_{cr} \geq 3$

Uplatní sa pri oblúkových mostov.

Globálna analýza

Podľa druhu mostnej konštrukcie a možností aplikácie metód globálnej analýzy sa účinky druhého rádu a imperfekcií môžu uvážiť pomocou jednej z nasledujúcich metód:

- a) Obidva účinky sa kompletne zohľadnia globálnou analýzou;
- b) Účinky druhého rádu a imperfekcií sa zohľadnia čiastočne pomocou globálnej analýzy a čiastočne prostredníctvom individuálneho posudzovania prvkov;
- c) Účinky teórie druhého rádu a imperfekcií sa zohľadnia až pri overovaní odolnosti náhradných prútov zavedením vzperných dĺžok zodpovedajúcich globálnemu vlastnému tvaru straty stability konštrukcie.

Globálna analýza

Rozlišujeme geometrické, štrukturálne a konštrukčné imperfekcie. V globálnej analýze ocelových mostov sa môžu všetky imperfekcie nahradiť tzv. **ekvivalentnými geometrickými imperfekciami**, ktorých hodnoty majú vyjadrovať možné účinky všetkých druhov imperfekcií, pokiaľ tieto účinky už nie sú zahrnuté do vzorcov pre odolnosť používaných pri navrhovaní prvkov.

- a) globálne imperfekcie prúťových konštrukcií a globálne imperfekcie pre výpočet síl v stužujúcich systémoch;
- b) lokálne imperfekcie individuálnych prúťov;
- c) kombinácia lokálnych a globálnych imperfekcií.

Je v STN EN 1993-1-1 pre prúťové systémy a STN EN 1993-1-5 pre dosko-stenové systémy.

Globálna analýza

Za tvar globálnej aj lokálnej imperfekcie sa môže použiť pružný vlastný tvar straty stability konštrukcie. Jednotná globálna a lokálna imperfekcia η_{cr} (EUGLI - metóda) sa vypočíta stabilitným výpočtom v rámci globálnej analýzy.

$$\eta_{init} = \mathbf{e}_{0,d} \cdot \frac{N_{cr,m}}{E \cdot I_m \cdot \eta_{cr,max}''} \cdot \eta_{cr}(\mathbf{x}) = \frac{\mathbf{e}_{0,d}}{\bar{\lambda}_m^2} \cdot \frac{N_{Rk,m}}{E \cdot I_m \cdot \eta_{cr,m}''} \cdot \eta_{cr}(\mathbf{x})$$

$$\mathbf{e}_{0,d} = \alpha \cdot (\bar{\lambda}_m - 0,2) \cdot \frac{M_{Rk,m}}{N_{Rk,m}} \cdot \frac{1 - \frac{\chi \cdot \bar{\lambda}_m}{1 - \chi \cdot \bar{\lambda}_m^2}}{\gamma_{M1}} = \mathbf{e}_{0,k} \cdot \frac{1 - \frac{\chi \cdot \bar{\lambda}_m}{1 - \chi \cdot \bar{\lambda}_m^2}}{\gamma_{M1}}$$

$$\bar{\lambda}_m = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k,m}}{\alpha_{cr}}} = \sqrt{\frac{A_m \cdot f_y}{N_{cr,m}}}$$

Globálna analýza

| | |
|-----------------------------------|--|
| $e_{0,d}$ | je návrhová hodnota amplitúdy náhradného prúta, |
| $\bar{\lambda}_m$ | je pomerná štíhlosť náhradného prúta, |
| $E \cdot I_m \cdot \eta''_{cr,m}$ | označuje ohybový moment prislúchajúci amplitúde $\eta_{cr,m}$ v kritickom priereze, teda rozumie sa tým fiktívny ohybový moment, ktorý by vznikol v priereze m, keby bola konštrukcia násilím ohnutá do tvaru vybočenia $\eta_{cr(x)}$, |
| $\eta_{cr(x)}$ | reprezentuje pretvorenie zodpovedajúce pružnému kritickému tvaru pri strate stability, |
| $N_{cr,m}$ | je kritická sila v priereze m pri strate stability, |

Globálna analýza

$N_{Rk,m}$ je charakteristická odolnosť kritického prierezu m voči normálovej sile,

α je faktor (miera) imperfekcie pre príslušnú krivku vzpernej pevnosti, pozri tabuľku 6.1 a tabuľku 6.2 v STN EN 1993-1-1 [5.11],

χ označuje súčiniteľ vzperu pre príslušnú krivku vzpernej pevnosti,

$M_{Rk,m}$ je charakteristická momentová odolnosť kritického prierezu m , napríklad $M_{el,Rk,m}$ alebo $M_{pl,Rk,m}$ v závislosti od jeho zatriedenia,

γ_{M1} označuje parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre odolnosť prútov proti strate stability,

Globálna analýza

$\alpha_{ult,k,m}$ je najmenšia hodnota násobiteľa síl, ktorým sa pri danej konfigurácii prenasobia osovú sily N_{Ed} v prútoch tak, aby sa v priereze m , v ktorom pôsobí najväčšie osovú napätie, dosiahla charakteristická odolnosť $N_{Rk,m}$ bez uváženia vzperu,

α_{cr} predstavuje najmenšiu hodnotu násobiteľa zaťaženia, ktorým sa pri danej konfigurácii prenasobia osovú sily N_{Ed} v prútoch tak, aby sa dosiahla pružná kritická strata stability,

A_m plocha prierezu m .