

Obsah

Předmluva

11

Použitá symbolika

13

I. Deformace prutových konstrukcí

19

1. Přetvoření rovinných staticky určitých prutových konstrukcí 21

- 1.1. Přetvoření rovinných plnostěnných nosníků z principu virtuálních prací . . . 22
 - 1.1.1. Pojem virtuálního přetvoření, zatížení a virtuální práce 23
 - 1.1.2. Virtuální práce vnějších sil 24
 - 1.1.3. Virtuální práce vnitřních sil 25
 - 1.1.4. Princip virtuálních prací 28
 - 1.1.5. Bettiho věta o vzájemnosti virtuálních prací 29
 - 1.1.6. Maxwellova věta 30
 - 1.1.7. Výpočet posunutí a pootočení průřezu nosníku. Metoda jednotkových sil 31
 - 1.1.8. Vereščaginovo pravidlo 33
 - 1.1.9. Ilustrující příklady 34
- 1.2. Ohybová čára plnostěnného nosníku 42
 - 1.2.1. Odvození diferenciální rovnice ohybové čáry 42
 - 1.2.2. Integrace diferenciální rovnice ohybové čáry 44
 - 1.2.3. Tabelární uspořádání vztahů pro deformační veličiny nosníku . . . 47
 - 1.2.4. Ilustrující příklady 47
- 1.3. Mohrova metoda 56
- 1.4. Příčinkové čáry deformačních veličin plnostěnného nosníku 59
 - 1.4.1. Příčinková čára posunutí průřezu. 59
 - 1.4.2. Příčinková čára pootočení průřezu 60
 - 1.4.3. Rovnice příčinkových čar deformačních veličin prostého nosníku 60
- 1.5. Přetvoření rovinných příhradových nosníků 62
 - 1.5.1. Výpočet posunutí styčnicku metodou jednotkových sil 63

| | | |
|--------|---|----|
| 1.5.2. | Ohybová čára příhradového nosníku | 66 |
|--------|---|----|

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2. | Přetvoření prostorových staticky určitých prutových konstrukcí | 69 |
| 2.1. | Přetvoření prostorových plnostěnných nosníků | 69 |
| 2.1.1. | Výpočet posunutí a pootočení průřezu nosníku metodou jednotkových sil | 69 |
| 2.2. | Přetvoření prostorových kloubových prutových soustav | 73 |
| 2.2.1. | Výpočet posunutí styčnicku metodou jednotkových sil | 73 |

II. Staticky neurčité prutové konstrukce. Silová metoda 77

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3. | Úvod do řešení rovinných staticky neurčitých prutových konstrukcí | 79 |
| 3.1. | Metody řešení staticky neurčitých konstrukcí | 79 |
| 3.2. | Rovinná staticky neurčitá prutová soustava | 80 |
| 3.2.1. | Statická určitost, pře určitost a neurčitost | 80 |
| 3.2.2. | Stupeň statické neurčitosti | 81 |
| 3.3. | Rovinná staticky neurčitá kloubová prutová soustava | 82 |
| 3.3.1. | Statická určitost, pře určitost a neurčitost | 82 |
| 3.3.2. | Stupeň statické neurčitosti | 83 |
| 3.4. | Podstata silové metody | 84 |
| 4. | Jednoduchý staticky neurčitý plnostěnný nosník | 87 |
| 4.1. | Oboustranně dokonale vetknutý nosník | 87 |
| 4.2. | Další případy podepření jednoduchého staticky neurčitého nosníku. | 94 |
| 4.2.1. | Jednostranně vetknutý nosník s pevným kloubem | 94 |
| 4.2.2. | Jednostranně vetknutý nosník s posuvným kloubem. | 96 |
| 4.2.3. | Vetknutý nosník s převislým koncem | 97 |
| 4.2.4. | Dvojkoubový nosník. | 98 |
| 4.3. | Vetknutý nosník s náběhy | 98 |
| 4.4. | Deformační zatížení vetknutého nosníku | 102 |
| 4.4.1. | Rovnoměrná změna teploty | 102 |
| 4.4.2. | Nerovnoměrná změna teploty | 103 |
| 4.4.3. | Popuštění podpor nosníku. | 104 |
| 4.5. | Příčinkové čáry vetknutého nosníku | 107 |
| 4.5.1. | Oboustranně dokonale vetknutý nosník. | 107 |
| 4.5.2. | Jednostranně dokonale vetknutý nosník. | 111 |
| 5. | Spojité plnostěnný nosník | 115 |
| 5.1. | Základní pojmy | 115 |
| 5.2. | Řešení spojitého nosníku metodou třímomentových rovnic | 116 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.2.1. | Odvození třímomentové rovnice | 116 |
| 5.2.2. | Zvláštní tvary třímomentových rovnic | 119 |
| 5.3. | Stanovení statických veličin spojitého nosníku z podporových momentů . | 121 |
| 5.3.1. | Posouvající síla V_x | 121 |
| 5.3.2. | Ohybový moment M_x | 122 |
| 5.3.3. | Podporová reakce R_b posuvného kloubu b | 122 |
| 5.4. | Souměrný spojitý nosník | 122 |
| 5.4.1. | Pojem souměrného spojitého nosníku. | 122 |
| 5.4.2. | Symetrické a antisymetrické zatížení | 123 |
| 5.4.3. | Symetrické a antisymetrické veličiny | 123 |
| 5.4.4. | Využití symetrie spojitého nosníku | 125 |
| 5.5. | Numerické příklady | 126 |
| 5.6. | Pohyblivé zatížení spojitého nosníku | 135 |
| 5.6.1. | Příčinkové čáry statických veličin | 135 |
| 5.6.2. | Příčinkové čáry deformačních veličin | 142 |
| 5.7. | Spojitý nosník na pružných podporách | 143 |
| 5.7.1. | Odvození pětímomentové rovnice | 143 |

6. Rovinný rám 149

| | | |
|--------|---|-----|
| 6.1. | Základní pojmy | 149 |
| 6.2. | Rozdělení rovinných rámců | 150 |
| 6.3. | Metody řešení rovinných rámců | 150 |
| 6.4. | Silová metoda | 151 |
| 6.4.1. | Podstata metody | 151 |
| 6.4.2. | Jednoduchý uzavřený rám. | 160 |
| 6.4.3. | Vliv změny teploty rovinného rámu | 162 |
| 6.4.4. | Vliv popuštění podpor rámu. | 166 |
| 6.4.5. | Souměrný rovinný rám | 169 |

7. Rovinný oblouk 173

| | | |
|--------|---|-----|
| 7.1. | Základní pojmy a předpoklady | 173 |
| 7.1.1. | Střednice rovinného oblouku | 174 |
| 7.1.2. | Proměnnost průřezu oblouku | 175 |
| 7.1.3. | Stupeň statické neurčitosti oblouku | 175 |
| 7.2. | Vnitřní síly a deformace prostého zakřiveného nosníku | 176 |
| 7.3. | Oboustranně vetknutý oblouk | 178 |
| 7.3.1. | Rovnoměrná a nerovnoměrná změna teploty oblouku | 180 |
| 7.3.2. | Popuštění podpor oblouku | 181 |
| 7.3.3. | Numerické příklady | 181 |
| 7.4. | Dvojklobový oblouk | 184 |

8. Rovinný staticky neurčitý příhradový nosník 191

| | | |
|------|---|-----|
| 8.1. | Příhradový nosník zevně staticky neurčitý | 191 |
|------|---|-----|

| | | |
|--------|--|-----|
| 8.1.1. | Vliv změny teploty | 194 |
| 8.1.2. | Vliv popuštění podpor. | 194 |
| 8.1.3. | Volba průřezových ploch prutů | 194 |
| 8.2. | Příhradový nosník vnitřně staticky neurčitý. | 197 |
| 8.3. | Příhradový nosník zevně i vnitřně staticky neurčitý | 200 |
| 8.4. | Příčinkové čáry staticky neurčitých příhradových nosníků | 202 |

9. Prostorový rám 205

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.1. | Základní pojmy | 205 |
| 9.2. | Stupeň statické neurčitosti. | 206 |
| 9.3. | Jednoduchý staticky neurčitý přímý nosník s prostorovým zatížením | 207 |
| 9.3.1. | Oboustranně vetknutý nosník s krutovým zatížením | 208 |
| 9.4. | Jednoduchý prostorový rám | 210 |
| 9.5. | Příčně zatížený rovinný rám. | 214 |
| 9.6. | Rošt | 218 |
| 9.6.1. | Statický model roštu. | 219 |

III. Deformační metoda 223

10. Úvod do řešení rovinných prutových konstrukcí deformační metodou 225

| | | |
|---------|--|-----|
| 10.1. | Výpočtový model rovinné prutové soustavy | 225 |
| 10.2. | Podstata deformační metody | 229 |
| 10.2.1. | Obecná deformační metoda | 229 |
| 10.2.2. | Zjednodušená deformační metoda | 233 |

11. Obecná deformační metoda pro rovinné prutové konstrukce 237

| | | |
|---------|--|-----|
| 11.1. | Princip obecné deformační metody | 237 |
| 11.1.1. | Uzlové účinky | 238 |
| 11.1.2. | Podmínky rovnováhy uzlů | 239 |
| 11.1.3. | Vyjádření koncových sil pomocí parametrů deformace | 241 |
| 11.1.4. | Globální vektory prutové soustavy | 245 |
| 11.1.5. | Jiná varianta globálních vektorů | 246 |
| 11.2. | Analýza prutu | 246 |
| 11.2.1. | Analýza přímého prutu | 249 |
| 11.2.2. | Prut oboustranně monoliticky připojený | 250 |
| 11.2.3. | Prut jednostranně kloubově připojený | 255 |
| 11.2.4. | Prut oboustranně kloubově připojený | 259 |
| 11.2.5. | Prut konzolový | 260 |
| 11.2.6. | Prut konstantního průřezu | 261 |
| 11.2.7. | Prut s přímkovým náběhem | 264 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 11.2.8. | Výpočet koncových sil a průběhy vnitřních sil | 266 |
| 11.2.9. | Transformace do globálního souřadnicového systému | 266 |
| 11.2.10. | Vliv nerovnoměrné změny teploty | 272 |
| 11.2.11. | Dané nepružné přemístění podpor | 275 |
| 11.2.12. | Analýza zakřiveného prutu | 276 |
| 11.3. | Analýza prutové soustavy | 280 |
| 11.3.1. | Globální objekty prutu | 280 |
| 11.3.2. | Soustava rovnic | 281 |
| 11.3.3. | Lokalizace a sestavení soustavy rovnic | 282 |
| 11.3.4. | Dokončení řešení prutů | 284 |
| 11.3.5. | Výpočet reakcí a kontrola řešení | 285 |
| 11.3.6. | Jiný tvar globálních objektů prutu. | 286 |
| 11.4. | Numerické příklady | 288 |
| 11.4.1. | Postup řešení prutové soustavy obecnou deformační metodou | 288 |
| 11.4.2. | Kosoúhlý rám | 290 |
| 11.4.3. | Pravoúhlý rám | 300 |
| 11.4.4. | Spojitý nosník | 304 |
| 11.4.5. | Konzolový nosník | 307 |
| 11.4.6. | Nosník s vnitřním kloubem | 309 |
| 11.4.7. | Nosník s přímkovým náběhem | 312 |
| 11.4.8. | Deformační zatížení rámu. | 315 |
| 11.4.9. | Příhradový nosník | 319 |

12. Zjednodušená deformační metoda pro rovinné prutové konstrukce

325

| | | |
|----------|---|-----|
| 12.1. | Základní deformačně určitá soustava | 325 |
| 12.2. | Koncové účinky prutu. Znaménková konvence. | 327 |
| 12.3. | Koncové momenty oboustranně upnutého prutu | 328 |
| 12.4. | Koncové momenty kloubově připojeného prutu | 332 |
| 12.5. | Prut stálého průřezu | 335 |
| 12.6. | Vnitřní síly přímého prutu. | 336 |
| 12.6.1. | Ohybový moment M_x | 336 |
| 12.6.2. | Posouvající síla V_x | 336 |
| 12.6.3. | Normálová síla N_x | 337 |
| 12.7. | Styčnicková rovnice | 339 |
| 12.8. | Patrová rovnice | 340 |
| 12.8.1. | Základní tvary patrových rovnic | 340 |
| 12.8.2. | Některé další tvary patrových rovnic | 344 |
| 12.9. | Postup řešení rovinného rámu zjednodušenou deformační metodou | 345 |
| 12.9.1. | Ilustrující numerický příklad | 346 |
| 12.10. | Symetrické rámové konstrukce | 356 |
| 12.10.1. | Symetrické zatížení rámu | 356 |
| 12.10.2. | Antimetrické zatížení rámu | 358 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 12.10.3. | Výsledné účinky od obecného zatížení rámu | 359 |
| 12.11. | Vliv změny teploty | 359 |
| 12.11.1. | Rovnoměrná změna teploty | 359 |
| 12.11.2. | Nerovnoměrná změna teploty | 365 |
| 12.12. | Vliv daných nepružných přemístění podpor | 368 |
| 12.13. | Vliv pružně poddajných připojení prutů | 371 |
| 12.14. | Numerické příklady | 373 |

13. Obecná deformační metoda pro prostorové prutové konstrukce **379**

| | | |
|-------|---|-----|
| 13.1. | Výpočtový model | 379 |
| 13.2. | Přímý prut oboustranně monoliticky připojený | 381 |
| 13.3. | Výpočet koncových sil | 385 |
| 13.4. | Transformace do globálního souřadnicového systému | 385 |
| 13.5. | Prut oboustranně kloubově připojený | 388 |
| 13.6. | Prut roštového typu | 388 |

IV. Závěrečná část **393**

14. Tabulky **395**

Použitá literatura **421**

Rejstřík **425**