

OBSAH

| | | |
|---|--------|----|
| Předmluva | strana | 1 |
| Základní značky | | 3 |
| 1. Předpjatý beton | | 5 |
| 1.1. Podstata předpjatého betonu | | 5 |
| 1.2. Historický vývoj | | 8 |
| 1.3. Rozdělení předpjatých konstrukcí | | 9 |
| 1.4. Rozsah a postup statického výpočtu | | 11 |
| 2. Materiály pro výrobu předpjatého betonu | | 12 |
| 2.1. Beton | | 12 |
| 2.1.1. Výroba betonu | | 12 |
| 2.1.2. Mechanicko fyzikální vlastnosti betonu | | 13 |
| 2.1.3. Vypočtené parametry betonu | | 16 |
| 2.2. Předpínací výztuž | | 22 |
| 2.2.1. Požadavky na výztuž | | 22 |
| 2.2.2. Mechanicko fyzikální vlastnosti oceli | | 22 |
| 2.2.3. Předpínací výztuže | | 24 |
| 2.2.3.1. Výztuž válcovaná za tepla | | 24 |
| 2.2.3.2. Výztuž válcovaná za tepla, dodatečně tepelně zušlechtněná | | 25 |
| 2.2.3.3. Výztuž válcovaná za tepla a dodatečně tvářená za studena | | 25 |
| 2.2.3.4. Patentovaný drát | | 25 |
| 2.2.4. Výpočtové parametry předpínací výztuže | | 30 |
| 2.3. Betonářská výztuž | | 30 |
| 2.4. Injektážní malta | | 32 |
| 2.4.1. Požadavky na injektážní maltu | | 32 |
| 2.4.2. Složení injektážní malty | | 32 |
| 2.4.3. Výroba injektážní malty | | 33 |
| 2.4.4. Zkoušení injektážní malty | | 33 |
| 3. Technologie výroby předpjatých prvků | | 35 |
| 3.1. Vnesení předpínací síly | | 35 |
| 3.1.1. Kotvení soudržností | | 35 |
| 3.1.1.1. Nutná kotevní délka předpínací výztuže | | 36 |
| 3.1.2. Kotvení pomocí kotev | | 37 |

| | | | |
|----------|--|--------|----|
| 3.1.2.1. | Ocelové klínové kotvy pro kotvení kabelů | strana | 37 |
| 3.1.2.2. | Ocelové kotvy pro kotvení kabelů u konstrukcí z dodatečně předpjatého betonu | | 38 |
| 3.1.2.3. | Ne-normalizované kotvy | | 40 |
| 3.1.2.4. | Postup kotvení | | 44 |
| 3.1.2.5. | Statická funkce kotev | | 45 |
| 3.1.2.6. | Pokluz drátů | | 47 |
| 3.1.2.7. | Prokluz drátů | | 48 |
| 3.1.2.8. | Návrh a poseuzení rozměrů kotevní desky | | 48 |
| 3.1.3. | Kotvení kabelů v betonu - smyčkové kotvy | | 50 |
| 3.1.4. | Zvláštní druhy kotvení | | 52 |
| 3.1.4.1. | Kotvení jednotlivých drátů | | 52 |
| 3.1.4.2. | Kotvení lan | | 52 |
| 3.1.4.3. | Zahraniční druhy kotvení | | 53 |
| 3.2. | Konstrukční úpravy | | 54 |
| 3.2.1. | Kabelobetonové prvky | | 54 |
| 3.2.1.1. | Tvar a rozměry průřezů | | 54 |
| 3.2.1.2. | Dráhy kabelů | | 55 |
| 3.2.1.3. | Kabelové kanálky | | 57 |
| 3.2.1.4. | Spáry dělených konstrukcí | | 60 |
| 3.2.1.5. | Předpínání | | 61 |
| 3.2.1.6. | Podepření konstrukce při předpínání | | 62 |
| 3.2.1.7. | Příprava výztuže | | 62 |
| 3.2.1.8. | Napínání | | 63 |
| 3.2.1.9. | Injektování kabelových kanálků | | 70 |
| 3.2.2. | Strunobetonové prvky | | 71 |
| 3.2.2.1. | Tvar průřezu a rozmístění výztuže | | 71 |
| 3.2.2.2. | Výroba na předpínacích drahách | | 72 |
| 3.2.2.3. | Výroba v tuhých formách | | 74 |
| 3.2.2.4. | Zvláštní případy předpínání | | 75 |
| 4. | Změny předpětí | | 76 |
| 4.1. | Okamžité změny předpětí | | 77 |
| 4.1.1. | Ztráta předpětí třením | | 77 |
| 4.1.1.1. | Výpočet změny předpětí třením | | 77 |
| 4.1.1.2. | Součinitel tření | | 79 |
| 4.1.1.3. | Tření v přímých drahách | | 80 |
| 4.1.1.4. | Souhrnné vzorce pro výpočet ztráty třením | | 81 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.1.1.5. | Ztráta třením v kabelech napínaných z obou konců strana | 81 |
| 4.1.1.6. | Protážení výztuže při předpínání | 82 |
| 4.1.2. | Ztráta předpětí pokluzem drátu v kotvě | 84 |
| 4.1.2.1. | Ztráta pokluzem v přímých kabelech bez uvažování tření | 84 |
| 4.1.2.2. | Obecně o ztrátě pokluzem při uvažování vlivu tření | 84 |
| 4.1.2.3. | Náhradní kruhový oblouk | 86 |
| 4.1.2.4. | Průměrná kabelová dráha | 86 |
| 4.1.2.5. | Přesný výpočet ztráty pokluzem | 87 |
| 4.1.2.6. | Přibližný výpočet ztráty pokluzem | 89 |
| 4.1.2.7. | Přibližný výpočet ztráty pokluzem v obecné dráze | 89 |
| 4.1.2.8. | Ztráta pokluzem při napínání z obou konců | 94 |
| 4.1.3. | Ztráta předpětí pružným přetvořením betonu při předpínání | 95 |
| 4.1.3.1. | Prvky předem předpjeté | 95 |
| 4.1.3.2. | Prvky dodatečně předpjeté - ztráta postupným napínáním | 96 |
| 4.1.3.3. | Vliv vlastní tíhy na ztrátu pružným přetvořením | 97 |
| 4.1.3.4. | Volba pořadí předpínání kabelů | 99 |
| 4.1.4. | Ztráta způsobená rozdílem tepelných dilatací výztuže a opěr | 99 |
| 4.1.5. | Ztráta předpětí otláčením betonů při ovíjení | 100 |
| 4.2. | Krátkodobé změny předpětí | 100 |
| 4.2.1. | Základní vztahy pro výpočet ztráty relaxací | 100 |
| 4.2.2. | Zmenšování ztrát relaxací | 102 |
| 4.3. | Dlouhodobé změny předpětí | 104 |
| 4.3.1. | Změny předpětí vznikající dotvarováním betonu | 104 |
| 4.3.1.1. | Obecné řešení | 104 |
| 4.3.1.2. | Změny předpětí vznikající dotvarováním betonu při působení předpínací síly, momentu a osově síly od zatížení | 107 |
| 4.3.2. | Ztráta předpětí vznikající smršťováním betonu | 109 |
| 4.3.3. | Ztráta předpětí při působení mnohokrát opakovaného zatížení | 110 |
| 4.4. | Souhrnný výpočet změn předpětí | 110 |
| 4.4.1. | Výrobní ztráty předpětí | 110 |
| 4.4.1.1. | Předem předpjeté prvky | 110 |
| 4.4.1.2. | Kabelobetonové prvky | 112 |
| 4.4.2. | Provozní změny předpětí | 115 |
| 4.4.2.1. | Přímý výpočet ztrát | 116 |
| 4.4.2.2. | Výpočet pomocí ideálních průřezových funkcí | 118 |
| 5. | Posouzení podle dovolených namáhání | 119 |
| 5.1. | Předpínací výztuž | 119 |

| | |
|---|------------|
| 5.1.1. Dovolená namáhání předpínací výztuže | strana 119 |
| 5.1.2. Posouzení napětí předpínací výztuže | 120 |
| 5.2. Normální napětí betonu | 121 |
| 5.2.1. Všeobecně o soustavě dovolených namáhání betonu | 121 |
| 5.2.2. Orientace průřezu, účinky od zatížení a předpínací síly | 122 |
| 5.2.3. Rozhodující napětí pro posouzení průřezu | 124 |
| 5.2.3.1. Posouzení v čase t_0 - po ukončení předpínání | 125 |
| 5.2.3.2. Posouzení v čase t_g - při působení stálého zatížení | 125 |
| 5.2.3.3. Posouzení za provozu v čase t_p až t_∞ | 126 |
| 5.2.4. Zachycení tahových napětí v betonu výztuží | 128 |
| 5.2.5. Vzpěrnost předpjatých prvků | 129 |
| 5.2.6. Výpočet napětí při prostorovém ohybu, mimostředném tlaku, tahu | 130 |
| 5.3. Posouzení hlavních napětí v tahu | 130 |
| 5.3.1. Všeobecně o napjatosti předpjatých prvků | 130 |
| 5.3.2. Výpočet napětí | 132 |
| 5.3.2.1. Normální napětí σ_x | 132 |
| 5.3.2.2. Normální napětí σ_z | 133 |
| 5.3.2.3. Tangenciální napětí τ | 133 |
| 5.3.3. Výpočet hlavního napětí betonu v tahu σ_1 | 136 |
| 5.3.4. Rozhodující napětí pro posouzení průřezu | 138 |
| 5.4. Kotevní oblast a její vyztužení | 138 |
| 5.4.1. Základní úvahy | 139 |
| 5.4.2. Výpočet štěpných sil v kotevní oblasti kabelobetonových prvků | 141 |
| 5.4.2.1. Výztuž kotevní oblasti kabelobetonových prvků | 142 |
| 5.4.3. Příčný tah při kotvení předpínací výztuže soudržností | 143 |
| 5.5. Napětí betonu v otlacení a soudržnosti | 143 |
| 6. Posouzení v mezním stavu | 145 |
| 6.1. Mezní stav únosnosti a vzniku trhlin | 145 |
| 6.1.1. Obecné úvahy o mezní únosnosti | 145 |
| 6.1.1.1. Prvky dostředně tažené | 145 |
| 6.1.1.2. Prvky ohýbané | 149 |
| 6.1.1.3. Prvky mimostředně tažené a tlačené | 150 |
| 6.1.2. Výslednice vnějších sil rozhodující při výpočtu stupňů bezpečnosti | 150 |
| 6.1.3. Stupeň bezpečnosti na mezi vzniku trhlin | 151 |
| 6.1.3.1. Napjatost na mezi vzniku trhlin | 151 |
| 6.1.3.2. Výpočet stupňů bezpečnosti na mezi vzniku trhlin | 152 |

| | |
|---|------------|
| 6.1.3.3. Normové hodnoty stupně bezpečnosti | strana 153 |
| 6.1.4. Stupeň bezpečnosti na mezi únosnosti | 154 |
| 6.1.4.1. Napjatost na mezi únosnosti | 154 |
| 6.1.4.2. Zjednodušující předpoklady | 154 |
| 6.1.4.3. Základní napjetí výztuže | 155 |
| 6.1.4.4. Výpočtové diagramy výztuže, stanovení napjetí výztuže v závislosti na přetvoření | 157 |
| 6.1.4.5. Optimální porušení průřezu | 159 |
| 6.1.4.6. Způsob porušení průřezu | 161 |
| 6.1.4.7. Výslednice vnitřních sil v mezním stavu | 163 |
| 6.1.4.8. Stanovení polohy krajního tlačенého vlákna | 165 |
| 6.1.4.9. Stanovení stupně bezpečnosti | 166 |
| 6.1.4.10. Vliv betonářské výztuže na mezní únosnost průřezu | 169 |
| 6.1.4.11. Normové stupně bezpečnosti | 170 |
| 6.2. Hlavní napětí betonu v tahu při mezním zatížení a návrh příčné výztuže | 170 |
| 6.2.1. Hlavní napětí betonu v tahu při mezním zatížení | 171 |
| 6.2.1.1. Mezní zatížení a jeho statické účinky | 171 |
| 6.2.1.2. Výpočet hlavního napětí betonu v tahu při mezním zatížení | 171 |
| 6.2.2. Ověření hlavního napětí a návrh tímínků | 173 |
| 6.2.3. Bezpečnost proti posunutí ve spáře | 174 |
| 7. Návrh předpjatých prvků | 174 |
| 7.1. Výchozí předpoklady a podmínky návrhu ohýbaných prvků | 175 |
| 7.2. Úprava a znázornění návrhových podmínek | 177 |
| 7.3. Plocha realizovatelného předpětí | 180 |
| 7.4. Ověření průřezu | 182 |
| 7.5. Volba výstřednosti a velikosti předpínací síly : návrh výztuže | 183 |
| 7.6. Nebezpečný průřez | 187 |
| 7.6.1. Kabelobetonové prvky | 187 |
| 7.6.2. Strunobetonové prvky stálého průřezu | 189 |
| 7.6.3. Strunobetonové prvky proměnného průřezu | 190 |
| 7.7. Návrh kabelových drah | 190 |
| 7.8. Předběžný návrh průřezu | 192 |
| 7.9. Návrh dostředně taženého průřezu | 195 |
| 7.10. Návrh mimostředně tažených nebo tlačенých průřezů | 196 |
| 7.11. Zásady hospodárného návrhu | 196 |
| 8. Deformace předpjatých konstrukcí | 199 |
| 8.1. Pružné deformace od zatížení | 200 |

| | | |
|---|--------|-----|
| 8.2. Pružné deformace od předpínací síly | strana | 200 |
| 8.3. Trvalé deformace od smršťování a dotvarování betonu | | 202 |
| 8.3.1. Stlačení | | 203 |
| 8.3.2. Průhyby a vzepětí | | 204 |
| 8.4. Výrobní nadvýšení | | 206 |
| 9. Staticky neurčité předpjaté konstrukce | | 206 |
| 9.1. Základní úvahy | | 206 |
| 9.2. Kabel vedený po lomené nebo polygonální dráze | | 211 |
| 9.3. Tlaková čára a její vlastnosti | | 212 |
| 9.4. Lineární transformace kabelu | | 212 |
| 9.5. Řešení účinků předpětí staticky neurčitých konstrukcí pomocí příčinkových čar | | 213 |
| Literatura | | 217 |
| Obsah | | 219 |
| Seznam tabulek | | 225 |