

# OBSAH

|          |                                                                                  |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1        | Úvod                                                                             | 7  |
| 1.1      | Podstata předpjatého betonu                                                      | 7  |
| 1.2      | Vývoj předpjatého betonu                                                         | 7  |
| 1.3      | Statické působení předpjatého betonu                                             | 8  |
| 2        | Materiálové vlastnosti                                                           | 11 |
| 2.1      | Beton                                                                            | 11 |
| 2.1.1    | Složení betonové směsi                                                           | 11 |
| 2.1.2    | Pracovní diagram                                                                 | 12 |
| 2.1.3    | Trojosá napjatost                                                                | 14 |
| 2.1.4    | Únavové vlastnosti betonu                                                        | 15 |
| 2.1.5    | Modul pružnosti                                                                  | 15 |
| 2.1.6    | Stárnutí betonu                                                                  | 16 |
| 2.1.7    | Dotvarování a smršťování betonu                                                  | 16 |
| 2.1.8    | Složky přetvoření betonu                                                         | 18 |
| 2.1.9    | Výpočet přetvoření betonu při konstantním napětí                                 | 19 |
| 2.1.10   | Výpočet přetvoření betonu při proměnlivém napětí                                 | 19 |
| 2.1.11   | Některé reologické modely                                                        | 21 |
| 2.1.11.1 | Teorie zpožděné pružnosti                                                        | 21 |
| 2.1.11.2 | Teorie stárnutí                                                                  | 22 |
| 2.1.11.3 | Kombinované teorie                                                               | 23 |
| 2.2      | Betonářská výztuž                                                                | 25 |
| 2.3      | Předpínací výztuž                                                                | 26 |
| 2.3.1    | Výroba a základní vlastnosti předpínací výztuže                                  | 26 |
| 2.3.2    | Relaxace předpínací výztuže                                                      | 28 |
| 2.3.3    | Únavové vlastnosti předpínací výztuže                                            | 30 |
| 2.3.4    | Soudržnost předpínací výztuže s betonem                                          | 31 |
| 2.4      | Injektážní malta                                                                 | 31 |
| 3        | Technologie předpjatého betonu                                                   | 32 |
| 3.1      | Základní terminologie                                                            | 32 |
| 3.2      | Předem předpjatý beton                                                           | 33 |
| 3.3      | Dodatečně předpjatý beton                                                        | 37 |
| 3.3.1    | Vícelanové předpínací systémy se soudržností                                     | 37 |
| 3.3.2    | Jednolanové předpínací systémy bez soudržnosti                                   | 43 |
| 3.3.3    | Předpínací systémy využívající předpínací tyče                                   | 45 |
| 3.3.4    | Předpínací systémy s vnější volnou výztuží                                       | 46 |
| 3.3.5    | Ověřené konstrukce                                                               | 47 |
| 4        | Změny předpětí                                                                   | 48 |
| 4.1      | Ztráta předpětí třením                                                           | 49 |
| 4.2      | Ztráta předpětí pokluzem v kotvě                                                 | 53 |
| 4.2.1    | Ztráta předpětí pokluzem bez uvažování tření                                     | 53 |
| 4.2.2    | Ztráta předpětí pokluzem při napínání z jednoho konce kabelu                     | 54 |
| 4.2.3    | Ztráta předpětí pokluzem při napínání z obou konců kabelu                        | 56 |
| 4.3      | Ztráta předpětí okamžitým pružným přetvořením betonu                             | 59 |
| 4.3.1    | Ztráta předpětí okamžitým pružným přetvořením betonu při předpínání              | 60 |
| 4.3.2    | Ztráta předpětí postupným předpínáním                                            | 62 |
| 4.3.3    | Ztráta předpětí pružným přetvořením betonu způsobeným vnějším zatížením          | 64 |
| 4.4      | Ztráta předpětí relaxací předpínací výztuže                                      | 64 |
| 4.5      | Ztráta předpětí přetvořením opěrného zařízení                                    | 66 |
| 4.6      | Ztráta předpětí způsobená rozdílem teplot předpínací výztuže a opěrného zařízení | 67 |



|        |                                                                                              |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.7    | Ztráta předpětí otlacením betonu.....                                                        | 68  |
| 4.8    | Ztráty předpětí dotvarováním a smršťováním betonu.....                                       | 68  |
| 5      | Účinky předpětí na betonové prvky a konstrukce, návrh předpětí.....                          | 70  |
| 5.1    | Fáze působení předpjaté konstrukce .....                                                     | 70  |
| 5.2    | Metoda ekvivalentního zatížení .....                                                         | 72  |
| 5.2.1  | Silové působení kabelu na beton.....                                                         | 73  |
| 5.2.2  | Ekvivalentní zatížení od parabolického kabelu.....                                           | 74  |
| 5.2.3  | Nosníky s proměnným průřezem .....                                                           | 76  |
| 5.3    | Staticky neurčité účinky předpětí.....                                                       | 76  |
| 5.4    | Konkordantní kabel .....                                                                     | 78  |
| 5.5    | Lineární transformace kabelu.....                                                            | 80  |
| 5.6    | Návrh předpětí metodou vyrovnání zatížení .....                                              | 81  |
| 6      | Omezení normálových napětí od provozních účinků zatížení, přípustná zóna polohy kabelu ..... | 84  |
| 6.1    | Omezení normálových napětí od provozních účinků zatížení .....                               | 84  |
| 6.2    | Odolnost proti vzniku trhlin.....                                                            | 86  |
| 6.3    | Přípustná zóna polohy kabelu .....                                                           | 86  |
| 6.4    | Přípustná zóna tlakové čáry.....                                                             | 89  |
| 7      | Statická analýza postupně budovaných předpjatých konstrukcí .....                            | 91  |
| 7.1    | Vlastnosti moderních postupně budovaných konstrukcí.....                                     | 91  |
| 7.2    | Nehomogenita konstrukcí .....                                                                | 91  |
| 7.3    | Řešení reologických účinků na konstrukce v uzavřené formě .....                              | 93  |
| 7.4    | Metoda časové diskretizace.....                                                              | 100 |
| 7.5    | Zjednodušené metody řešení reologických účinků na konstrukce.....                            | 102 |
| 7.6    | Časová analýza předpjatých betonových konstrukcí .....                                       | 104 |
| 7.6.1  | Statická analýza konstrukce, statický model.....                                             | 104 |
| 7.6.2  | Modelování změn konfigurace konstrukce .....                                                 | 105 |
| 7.6.3  | Analýza reologických účinků na konstrukci .....                                              | 106 |
| 7.6.4  | Postup výpočtu .....                                                                         | 106 |
| 8      | Mezní únosnost prvků namáhaných osovou silou a ohybem .....                                  | 108 |
| 8.1    | Předpjatý tažený prut.....                                                                   | 108 |
| 8.2    | Mezní únosnost ohýbaných průřezů s využitím stavu dekomprese .....                           | 112 |
| 8.2.1  | Určení základního napětí v ohýbaném průřezu.....                                             | 112 |
| 8.2.2  | Určení mezní únosnosti ohýbaného průřezu .....                                               | 113 |
| 8.2.3  | Obecnost řešení .....                                                                        | 117 |
| 8.3    | Mezní únosnost ohýbaných průřezů v závislosti na počáteční napjatosti průřezu.....           | 118 |
| 8.4    | Sekundární účinky předpětí v mezním stavu únosnosti konstrukce .....                         | 120 |
| 9      | Prvky namáhané smykem a kroucením.....                                                       | 122 |
| 9.1    | Namáhání předpjatých prvků .....                                                             | 122 |
| 9.2    | Analýza napjatosti za předpokladu pružného chování.....                                      | 123 |
| 9.3    | Mezní plastická únosnost průřezu prutu.....                                                  | 127 |
| 9.4    | Interakce složek vnitřních sil.....                                                          | 131 |
| 10     | Analýza kotevní oblasti .....                                                                | 133 |
| 10.1   | Namáhání kotevních oblastí .....                                                             | 133 |
| 10.1.1 | Kotvení pomocí kotev .....                                                                   | 133 |
| 10.1.2 | Kotvení soudržností.....                                                                     | 135 |
| 10.2   | Výpočetní model a posouzení oblastí pod kotvami .....                                        | 136 |
| 10.3   | Vyztužení kotevní oblasti.....                                                               | 139 |
| 11     | Mezní stavy použitelnosti.....                                                               | 141 |
| 11.1   | Omezení napětí.....                                                                          | 141 |

|        |                                                                               |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.2   | Mezní stav trhlín.....                                                        | 141 |
| 11.2.1 | Působení betonu v tahu po vzniku trhlín.....                                  | 141 |
| 11.2.2 | Výpočet šířky trhlín.....                                                     | 144 |
| 11.3   | Deformace předpjatých konstrukcí .....                                        | 145 |
| 12     | Dodatek A - základy mezní plastické analýzy metodou příhradové analogie ..... | 148 |
| 12.1   | Extremální principy poněkud populárně.....                                    | 148 |
| 12.2   | Řešení betonových konstrukcí pomocí příhradové analogie.....                  | 149 |
| 12.2.1 | Rozdělení konstrukce na oblasti.....                                          | 149 |
| 12.2.2 | Určení geometrie příhradového modelu.....                                     | 149 |
| 12.2.3 | Výpočet vnitřních sil .....                                                   | 150 |
| 12.2.4 | Dimenzování táhel a vzpěr .....                                               | 151 |
| 12.2.5 | Optimalizace modelu.....                                                      | 152 |
| 12.2.6 | Kontrola dodržení konstrukčních zásad .....                                   | 152 |
| 13     | Označení veličin.....                                                         | 153 |
| 13.1   | Latinská písmena.....                                                         | 153 |
| 13.2   | Řecká písmena.....                                                            | 155 |
| 14     | Literatura .....                                                              | 158 |
| 14.1   | Monografie a učebnice.....                                                    | 158 |
| 14.2   | Odborné publikace .....                                                       | 158 |
| 14.3   | Normy a předpisy .....                                                        | 159 |
| 14.4   | Počítačové programy.....                                                      | 159 |