

MODELOVÁNÍ A VYZTUŽOVÁNÍ ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.
Ing. Jiří Šmejkal, CSc.

2023
České vysoké učení technické v Praze

Česká technika – nakladatelství ČVUT upozorňuje na dodržování autorských práv.
Za jazykovou a věcnou správnost obsahu díla odpovídají autoři. Text neprošel redakční úpravou.

Recenze: doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc.

© Jaroslav Procházka, Jiří Šmejkal, 2020, 2023

ISBN 978-80-01-07167-0

Předmluva

V dnešní praxi se navrhují železobetonové konstrukce podle nové evropské normy EN 1992-1-1, která byla převzata do soustavy českých norem jako ČSN EN 1992-1-1[1]. Vzhledem k častým poruchám na stavbách týkajících se detailů uspořádání výztuže je v této normě věnována pozornost lokálním oblastem, tj. oblastem, ve kterých nejsou splněny podmínky lineárního přetvoření průřezů. Uvedená norma uvádí pouze obecné zásady pro navrhování a posuzování konstrukcí, nemohou zde však být podrobně definovány postupy návrhu těchto oblastí. Poruchové oblasti se v inženýrské praxi obvykle řeší metodou náhradní příhradoviny. Detailní problematika lokálních oblastí je individuálně specifikována v odborné, obvykle zahraniční literatuře. Proto v těchto skriptech jsou uvedeny základní i alternativní postupy pro návrh nejběžnějších poruchových oblastí. Jedná se o náhlé změny výšky průřezů, zatížení osamělým břemenem, konzoly, ozuby, prostupy v nosnících, rámové rohy, stěnové nosníky, protlačení deskových konstrukcí a vybrané základové konstrukce. Na skriptu navazují skriptu „Betonové stropní a schodišťové konstrukce“, „Betonové vícepodlažní a halové konstrukce“ a „Betonové základové a opěrné konstrukce“, ve kterých jsou některé poruchové oblasti zpracovány podrobněji. Při zpracování skript bylo přihlédnuto k nejnovějším publikacím a článkům, pojednávajícím o poruchových oblastech železobetonových konstrukcí. Velká pozornost je věnována protlačení deskových konstrukcí, protože se v současné době používají dvě základní rozdílné metodiky a v připravované nové generaci návrhové normy pro železobetonové konstrukce je principiálně jiná třetí metodika.

Vzhledem k tomu, že od vydání norem EN v oblasti navrhování uplynulo téměř 20 let, byly shromážděny připomínky k těmto normám a pokračoval vývoj v oblasti navrhování, bylo přistoupeno ke zpracování tzv. Eurokódů EN 2. generace. V rámci normy prEN 1992-1-1[50] byly sloučeny normy EN pro navrhování pozemních, mostních a inženýrských staveb. V Příloze 1 tohoto skriptu jsou uvedeny zásady pro navrhování běžných konstrukcí pozemních staveb (s výjimkou předpjatých konstrukcí, mostních a inženýrských staveb) podle připravované ČSN EN 1992-1-1 (s přihlédnutím k prEN 1992-1-1[50]).

Teoretický výklad je doplněn řadou ilustrativních praktických příkladů, které jistě uvítají studenti.

Autoři děkují recenzentovi Doc. Ing. Vladislavovi Hrdouškovi, CSc za velmi cenné připomínky, které byly v textu respektovány a za pomoc s finální úpravou textu.

Autoři doufají, že skriptum bude pomůckou nejen pro studenty, ale i pro širokou technickou veřejnost.

Autoři budou vděčni všem čtenářům za upozornění na nedopatření, popřípadě i na tiskové chyby, které se ve skriptu vyskytly.

V Praze, duben 2023

Autoři

OBSAH

1	MODELOVÁNÍ ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	6
1.1	GLOBÁLNÍ MODEL.....	10
1.2	DÍLČÍ MODEL KONSTRUKČNÍCH ČÁSTÍ	18
1.3	MODEL PRO DETAILS – LOKÁLNÍ ANALÝZA	30
2	JEDNODUCHÉ LOKÁLNÍ MODEL.....	45
2.1	LOKÁLNÍ PŮSOBENÍ OSAMĚLÉHO BŘEMENE	45
2.2	ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM V BLÍZKOSTI ULOŽENÍ.....	55
2.3	ZMĚNA PRŮŘEZU	57
2.4	NEPŘÍMÉ ULOŽENÍ.....	58
2.5	PŘÍKLADY	60
3	KONZOLY.....	67
3.1	PŘÍMO ZATÍŽENÉ KONZOLY	70
3.2	KONZOLOVÝ NOSNÍK	83
3.3	NEPŘÍMO ZATÍŽENÉ KONZOLY	84
3.4	NEPŘÍMO ULOŽENÉ KONZOLY (ZAVĚŠENÉ KONZOLY)	85
3.5	PRŮBĚŽNÉ KONZOLY A SMYKOVĚ NEVYZTUŽENÉ KONZOLY	93
3.6	VÍCENÁSOBNÉ KONZOLY.....	93
3.7	Vliv nepřesností při výrobě a montáži prvku s konzolami.....	97
3.8	PŘÍKLADY	101
4	OZUBY NOSNÍKŮ A DESEK.....	110
4.1	TYPY OZUBŮ A METODY NÁVRHU.....	110
4.2	NÁVRHOVÝ MODEL A – VÝPOČETNÍ POSTUP	114
4.3	NÁVRHOVÝ MODEL B – VÝPOČETNÍ POSTUP	119
4.4	KOMBINOVANÝ MODEL A + B – VÝPOČETNÍ POSTUP	120
4.5	PRINCIPY VYZTUŽENÍ OZUBŮ NOSNÍKŮ	123
4.6	OZUBY NA NOSNÍCÍCH S NÁBĚHY	125
4.7	OZUBY DESEK A SMYKOVĚ NEVYZTUŽENÉ OZUBY.....	126
4.8	SPECIÁLNÍ VÝZTUŽ OZUBŮ	127
4.9	PŘÍKLADY NÁVRHU A VYZTUŽENÍ OZUBŮ	129
5	PROSTUPY V NOSNÍCÍCH	138
5.1	MALÉ KRUHOVÉ PROSTUPY.....	139
5.2	NĚKOLIK MALÝCH KRUHOVÝCH PROSTUPŮ	144
5.3	VELKÉ PROSTUPY V NOSNÍKU	147
5.4	ROZDĚLENÍ VNITŘNÍCH SIL KOLEM PROSTUPU	148
5.5	MODEL A PRO NÁVRH OBLASTI KOLEM PROSTUPU	153
5.6	MODEL B PRO NÁVRH OBLASTI KOLEM PROSTUPU	159
5.7	ZJEDNODUŠENÝ MODEL PRO OBLAST KOLEM PROSTUPŮ	162
5.8	PRINCIPY VYZTUŽENÍ OBLASTÍ V OKOLÍ VELKÝCH PROSTUPŮ	167
5.9	PŘÍKLADY NÁVRHU A VYZTUŽENÍ OBLASTÍ KOLEM PROSTUPŮ.....	168
6	RÁMOVÉ ROHY	177
6.1	RÁMOVÉ ROHY SE ZÁPORNÝM PŮSOBENÍM OHYBOVÉHO MOMENTU.....	178
6.2	RÁMOVÉ ROHY S Kladným působením ohybového momentu	181
6.3	RÁMOVÉ STYČNÍKY	186
6.4	PRINCIPY VYZTUŽENÍ RÁMOVÝCH ROHŮ.....	192
7	STĚNOVÉ NOSNÍKY.....	193
7.1	CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI STĚNOVÝCH NOSNÍKŮ	194
7.2	MODELOVÁNÍ STĚNOVÝCH KONSTRUKCÍ	195
7.3	PRINCIPY VYZTUŽENÍ STĚNOVÝCH NOSNÍKŮ	208

7.4	STĚNOVÉ NOSNÍKY S PROSTUPY	209
8	PROTLAČENÍ.....	215
8.1	PROTLAČENÍ STROPNÍCH DESEK PODLE ČSN EN 1992-1-1[1]	221
8.2	PROTLAČENÍ STROPNÍCH DESEK SE SMYKOVÝMI TRNY	231
8.3	ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE – MEZNÍ STAV PROTLAČENÍ	238
8.4	PŘÍKLADY VÝPOČTU PROTLAČENÍ	240
9	ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE	250
9.1	PATKY	250
9.2	HLAVICE SKUPINY PILOT	255
10	LITERATURA	260
11	PŘÍLOHA 1 – NĚKTERÉ ZMĚNY V NÁVRHU PODLE 2. GENERACE EC2.....	263
11.1	MATERIÁLY	263
11.2	NÁVRH PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO OHYBEM	271
11.3	POSOUZENÍ ÚČINKŮ POSOUVAJÍCÍCH SIL	273
11.4	PRVKY SE SMYKOVOU VÝZTUŽÍ	278
11.5	SMYK V PRACOVNÍ SPÁŘE	284
11.6	SMYK MEZI HORNÍ PŘÍRUBOU (DESKOU) A STOJINOU	287
11.7	KROUCENÍ	288
11.8	POSOUZENÍ PROTLAČENÍ	289
11.9	MODEL Y S&T – MODEL Y NÁHRADNÍ PŘÍHRADOVINY	305
11.10	ŠTÍHLÉ PRVKY – ZJEDNODUŠENÉ METODY	307
11.11	MEZNÍ STAVY POUŽITELNOSTI	313
11.12	OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN	314
11.13	OMEZENÍ PRŮHYBŮ	325
11.14	KONSTRUKČNÍ ZÁSADY	338
12	PŘÍLOHA 2 – STATICKÝ VÝPOČET	342
12.1	STATICKÝ VÝPOČET	342
13	PŘÍLOHA 3 – PŘEHLED NEJČASTĚJŠÍCH ZATĚŽOVACÍCH ÚČINKŮ	347
13.1	ZATÍŽENÍ VĚTREM	347
13.2	ZATÍŽENÍ ZEMNÍM TLAKEM	348
13.3	ZATÍŽENÍ GEOMETRICKÝMI IMPERFEKCEMI	351
13.4	MIMOŘÁDNÁ ZATÍŽENÍ	353
13.5	SEISMICKÉ ÚČINKY	355
13.6	ZATÍŽENÍ STROJI A JEŘÁBY	358
13.7	ZATÍŽENÍ TEPLOTNÍMI ÚČINKY	363
14	PŘÍLOHA 4 - NAVRHOVÁNÍ POZEMNÍCH STAVEB S OHLEDEM NA NÁSLEDKY LOKÁLNÍ PORUCHY ...	364
15	PŘÍLOHA 5 – OVĚŘENÍ PROSTOROVÉ TUHOSTI.....	366