



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH BETONOVÉ KONSTRUKCE S OHLEDEM NA POŽÁRNÍ ODOLNOST

DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURE WITH RESPECT TO FIRE RESISTANCE
REQUIREMENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

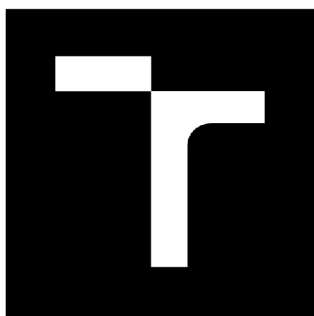
Bc. Roman Lehoťák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH BETONOVÉ KONSTRUKCE S OHLEDEM NA POŽÁRNÍ ODOLNOST

DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURE WITH RESPECT TO FIRE RESISTANCE
REQUIREMENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Roman Lehoťák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Roman Lehoťák
Název	Návrh betonové konstrukce s ohledem na požární odolnost
Vedoucí práce	Ing. Jan Perla
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-1-2: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla - Navrhování na účinky požáru

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

Wald, F. a kol.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí a dále podle doporučení vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhnete železobetonovou konstrukci části průmyslové haly i s ohledem na rozdílnou požadovanou požární odolnost. Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí se zohledněním interakce s podložím.

Vypracujte podrobné výkresy tvaru předmětné železobetonové konstrukce a podrobné výkresy výztuže (konstrukční řešení ostatních podlaží dokumentujte schématickými výkresy tvaru).

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh betonové konstrukce s ohledem na požární odolnost* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 26. 5. 2021

Bc. Roman Lehoťák
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh betonové konstrukce s ohledem na požární odolnost* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2021

Bc. Roman Lehoťák
autor práce

POĎAKOVANIE

Touto cestou by som sa rád poďakoval môjmu vedúcemu práce pánovi inžinierovi Janu Perlovi za čas , cenné rady , ústretovosť , pomoc a hlavne trpezlivosť pri vysvetľovaní problematiky . Ďalej by som sa rád poďakoval rodine za podporu počas celého štúdia.

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá analýzou vnútorných síl a návrhom výstuže železobetónovej monolitckej dosky, stužujúcej steny a stĺpu v 1.NP halového objektu mliekarní. Pri dimenzovaní bolo prihliadnuté k požiarnej odolnosti vybraných konštrukcií. Výpočet vnútorných síl bol prevedený metódou konečných prvkov v programe Dlubal RFEM 5.24.

KĹÚČOVÉ SLOVÁ

lokálne podoprená doska, železobetón, metóda konečných prvkov, požiarna odolnosť, vnútorné sily, ohyb, šmyk, priehyb, stužujúca stena, požiarna stena, zónová metóda, metóda izotermy 500, stĺp, prievlaky

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the analysis of internal forces and the design of the reinforcement of a reinforced concrete monolithic slab, a reinforcing wall and a column in the 1st floor of a dairy hall building. The fire resistance of selected structures was taken into account during dimensioning. The calculation of the internal forces was performed by the finite element method in Dlubal RFEM 5.24.

KEYWORDS

locally supported slab, reinforced concrete, finite element method, fire resistance, internal forces, bending, shear, deflection, reinforcing wall, fire wall, zone method, isotherm method 500, column, gutters

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Roman Lehoťák *Návrh betonové konstrukce s ohledem na požární odolnost*. Brno, 2021. 17 s., 380 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

1 Obsah

2	Úvod	2
3	Popis konštrukcie	2
3.1	Obecne	2
3.2	Riešené konštrukcie.....	3
3.2.1	Vodorovné konštrukcie	3
3.2.2	Zvislé konštrukcie	3
4	Materiálové charakteristiky	3
4.1	Betón	3
4.2	Oceľ.....	3
4.3	Pracovné diagramy	4
5	Zaťaženie	4
5.1	Stále	4
5.2	Premenné	4
5.3	Kombinácie	5
6	Vystužovanie	6
7	Záver	6
8	Zdroje	7
8.1	Normy a literatúra	7
8.2	Technické listy	7
8.3	Použitý software.....	8
9	Skratky a symboly.....	8
10	Zoznam príloh.....	9

2 Úvod

Diplomová práca sa návrhom a posúdením železobetónovej monolitickej haly situovanej v komplexe mliekarní v Nemecku. Cieľom práce bolo analyzovať budovu ako celok pomocou metódy konečných prvkov na kompletom 3D statickom modeli. Následne boli vybrané konštrukcie pre podrobné dimenzovanie a posúdenie. Konkrétne stužujúca a požiarne stena, doska nad 1.NP vrátane prievlakov a stĺp v 1.NP. Pri dimenzovaní všetkých prvkov bolo rovnako prihliadané k požiarnej odolnosti REI120.

Statická analýza bola prevedená pomocou programu Dlubal RFEM 5.24. Ďalšie dielčie výpočty boli prevedené pomocou tabuľkového editora Microsoft Excel 2019. Návrh konštrukcií a posúdenie požiarnej bezpečnosti je doplnené o výstupy z programov FiDeS 1.1 a Temp Analysis 1.2. Statický výpočet rovnako obsahuje ručné výpočty, posúdenia a doplnenia k výstupom z programov.

Ku všetkým výstupom patrí odpovedajúca výkresová dokumentácia. Pre účely spracovania výkresovej dokumentácie bol vytvorený 3D BIM model v programe Nemetschek Allplan 2021.

3 Popis konštrukcie

Analyzovaná konštrukcia je súčasťou halového komplexu mliekarní. Od príľahých budov je riešená budova plne oddielovaná a pôsobí nezávisle.

3.1 Obecne

Jedná sa o objekt s tromi nadzemnými podlažiami. V 1.NP sa nachádzajú dva sklady jeden patriaci k budove D a druhý priliehajúci k Budove F. Oba sklady tvoria samostatné požiarne úseky s potenciálne nebezpečným skladovaným materiálom. V 2.NP a 3NP sa nachádzajú administratívne priestory ktoré rovnako tvoria samostatný požiarne úsek oproti skladom v 1.NP.

Budova je riešená ako železobetónový skelet s železobetónovými stenami po obvode a železobetónovým jadrom v mieste schodiska a výtahových šácht.

Výškové usporiadanie objektu sa odvíja od hodnoty normálnej výškovej nuly (Normalhöhenull) neďaleko Amsterdamu

0,000 = 206,0 m ü. NHN

Horná úroveň najvyššej stropnej dosky je v relatívnej výške +18,400m

3.2 Riešené konštrukcie

3.2.1 Vodorovné konštrukcie

Riešená bola doska na 1.NP, ktorá je rozdelená je na dve časti. Dosku hrúbky $h_s = 280$ mm a dosku hrúbky $h_s = 350$ mm s podpornými prievlakmi výšky $h_w = 1000$ mm a $h_w = 1500$ mm.

Dosky sú podporované stĺpovými podporami a stenovými podporami po obvode.

Posúdenie požiarnej bezpečnosti bolo prevedené pomocou metódy izotermy 500 pričom bol uvažovaný požiar v 1.NP.

3.2.2 Zvislé konštrukcie

Stĺpové podpory boli navrhnuté s prierezom 600 x 600 mm a svetlou výškou 9,27 m. Posúdenie na MSÚ bolo prevedené pomocou interakčného diagramu s prihliadnutím k účinkom II. rádu. Pri dimenzovaní vzhľadom k požiarnej bezpečnosti bolo prihliadané k faktu že sa jedná štíhle stĺpy s výraznými účinkami II. rádu, z týchto dôvodov musela byť použitá upravená zónová metóda.

Požiarne, stužujúca a deliaca stena medzi dvomi požiarными úsekmi v 1.NP bola navrhnutá hrúbky $h = 300$ mm a svetlou výškou 9,27 m. Posúdenie požiarnej odolnosti bolo prevedené úpravou požadovaných tabuľkových hodnôt osovej vzdialenosti výstuže podľa ČSN EN 1992-1-2 pre požiarne odolnosť REI120.

4 Materiálové charakteristiky

4.1 Betón

Čerstvý betón: C30/37 – XC1 (CZ, F.1) – CI 0,4 – D_{max} 16 – S3 – podľa ČSN EN 206

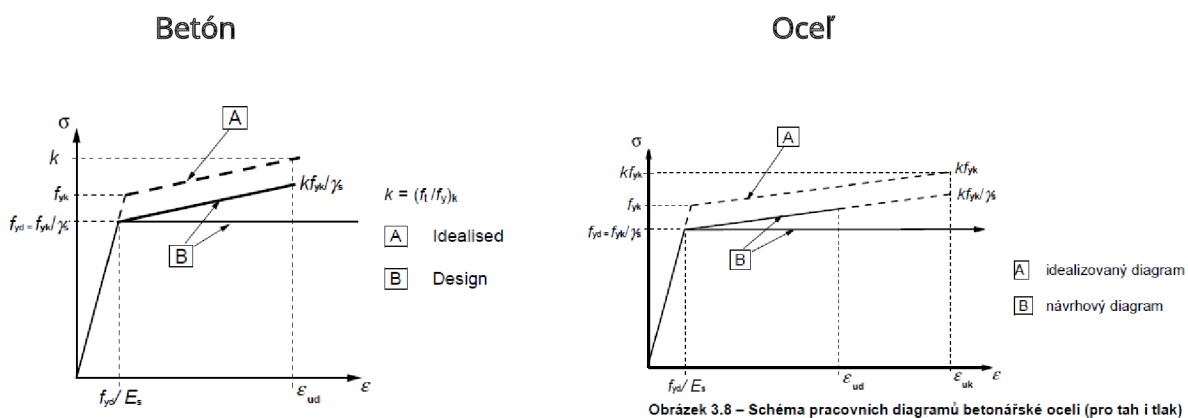
Pevnostná trieda		C30/37
Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku	f_{ck}	= 30,0 MPa
Dielčí súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	γ_c	= 1,5
Návrhová pevnosť betónu v tlaku	f_{cd}	= 20,0 MPa
Charakteristická pevnosť betónu v ťahu	f_{ctm}	= 2,9 MPa
Modul pružnosti betónu	E_{cm}	= 32,9 GPa
Medzné pomerné pretvorenie betónu	ϵ_{cu3}	= 3,5 ‰

4.2 Oceľ

Výstuž		B500B
Dielčí súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	γ_s	= 1,15
Návrhová medza klzu	f_{yd}	= 434,78 MPa
Modul pružnosti oceli	E_s	= 200,0 GPa

4.3 Pracovné diagramy

Boli uvažované pracovné diagramy podľa ČSN EN 1992-1-1



[obr. 3.4, ČSN EN 1992-1-1]

[obr. 3.8, ČSN EN 1992-1-1]

5 Zataženie

5.1 Stále

Ako stále zataženie pôsobí vlastná tiež konštrukcie a skladba podláh strešná skladba.

Vlastná tiaž železobetónových konštrukcií je počítaná automaticky programom za predpokladu konštantného tiažového zrýchlenia $g = 10 \text{ m/s}^2$ a objemovej tiaže železobetónu $\gamma_{zb} = 25 \text{ kN/m}^3$.

5.2 Premenné

Strop patrí do kategórie C3 podľa ČSN EN 1991-1-1 tabuľky 6.1, na základe toho bolo stanovené úžitné zataženie $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$.

V priestoroch 2.NP a 3.NP je uvažované navyše zataženie premiestniteľnými priečkami s vlastnou tiažou $< 3,0 \text{ kN/m}$ dĺžky priečky; plošne: $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$

5.3 Kombinácie

Pre 3D výpočtový model vytvorené kombinácie s nastavením súčasnosti a striedavosti zaťažovacích stavov ktoré vytvorili kombináciu výsledkov pre medzný stav únosnosti z rovníc 6.10a a 6.10b. Pre medzný stav použiteľnosti boli vytvorené kombinácie charakteristická (6.14b), častá (6.15b) a kvazistála (6.16b).

Pre účely posúdenia požiarnej odolnosti bola vytvorená kombinácia požiarnej situácie.

Kombinačné rovnice podľa ČSN EN 1990

Rovnica 6.10a); 6.10b) – MSÚ

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$

Rovnica 6.14b – MSP charakteristická

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

Rovnica 6.15b – MSP častá

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

Rovnica 6.16b – MSP kvazistála (použitá tiež ako kombinácia požiarnej situácie)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.16b)$$

Pri výpočte boli použité kombinačné súčinitele podľa ČSN EN 1990:

Dielčie súčiniteľ spoľahlivosti:

stále zaťaženie – nepriaznivé účinky	$\gamma_{G,sup} = 1,35$
stále zaťaženie – priaznivé účinky	$\gamma_{G,sup} = 1,0$
premenné zaťaženie – nepriaznivé účinky	$\gamma_{G,sup} = 1,5$
premenné zaťaženie – priaznivé účinky	$\gamma_{G,sup} = 0$

Kombinačné súčinitele:

úžitné – kategória C3

$$\psi_0 = 0,7 \quad \psi_1 = 0,7 \quad \psi_2 = 0,6$$

redukčný súčiniteľ stálych nepriaznivých účinkov $\xi = 0,85$

6 Vystužovanie

Riešené konštrukcie boli vystužené v BIM programe Nemetschek Allplan 2021 Bol vytvorený 3D model debnenia, do ktorého bola vložená 3D výstuž. Hodnoty návrhových vnútorných síl, na ktoré sa dimenzovala výstuž boli prevzaté z programu Dlubal RFEM 5.24. Na základe priebehu vnútorných síl vo výpočtovom modeli bola zvolená základná sieť pri oboch povrchoch Ø14/150. V miestach kde základná sieť nevyhovuje, boli navrhnuté príložky do medzier základnej siete.

Ďalej boli navrhnuté šmykové lišty. Pre jeden stĺp bolo posúdenie prevedené ručným výpočtom. Ručný výpočet zároveň slúžil ako kontrola s výstupmi z programu firmy dodávajúcej šmykové lišty. Pro návrh líšt ostatných stĺpov bol použitý program Halfen HDB 13.50. Z hľadiska šmykovej únosnosti muselo byť nad stĺpovými podporami a jedným rohom steny navýšené vystuženie príložkami, aby bol splnený minimálny stupeň vystuženia pre návrh šmykových líšt. Ďalej bola navrhnutá výstuž na reťazové zruťenie, do ktorej boli započítané i prúty správne nastykovanej základnej siete v posudzovaných miestach.

7 Záver

Cieľom práce bolo navrhnuť a staticky analyzovať budovu halového komplexu. Ďalej bolo cieľom dimenzovanie a podrobné posúdenie vybraných častí objektu s prihliadnutím k požiarnej odolnosti konštrukcií REI120. Konkrétne posúdenie a návrh výstuže požiarnej a stužujúcej steny v 1.NP, posúdenie a návrh výstuže štíhleho stĺpu v 1.NP, posúdenie a návrh výstuže v stropnej doske nad 1.NP vrátane prievlakov. Ku všetkým dimenzovaným konštrukciám boli spracované výkresy výstuže.

8 Zdroje

8.1 Normy a literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [5] ČSN EN 1991-1-4 ed.2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [6] ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: Český normalizační institut, 2006
- [7] ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [8] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] ZICH, Miloš a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

8.2 Technické listy

- [10] Halfen [online]
Dostupné z:
<https://www.halfen.com/cz/1923/product-ranges/stavba/vyztuze/>

8.3 Použitý software

<i>Nemetschek Allplan 2021</i>	- výkresy výstuže, schémy
<i>Dlubal RFEM 5.24</i>	- výpočtové modely
<i>Temp Analysis 1.2</i>	- teplotné profily posudzovaných konštrukcií
<i>FiDeS 1.1</i>	- čiastkové posudky požiarnej odolnosti
<i>Halfen HDB 13.50</i>	- návrh šmykových líšt
<i>MS Word 2019</i>	- textová časť práce
<i>MS Excel 2019</i>	- čiastkové statické výpočty
<i>MS Powerpoint 2019</i>	- prezentácia práce

9 Skratky a symboly

f_{cd}	návrhová pevnosť betónu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnosť betónu v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnosť betónu v ťahu
$f_{ctk; 0,05}$	5% kvantil pevnosti betónu v ťahu
f_{ctm}	priemerná pevnosť betónu v ťahu
f_{cm}	priemerná pevnosť betónu v tlaku
f_{yd}	návrhová medza klzu oceli
f_{yk}	charakteristická medza klzu oceli
E	modul pružnosti
ϵ_{cu}	medzné pomerné pretvorenie betónu v tlaku
ϵ_s	pomerné pretvorenie betonárskej výstuže
γ_c	dielčí súčiniteľ spoľahlivosti betónu
γ_s	dielčí súčiniteľ spoľahlivosti betonárskej výstuže
G_k	charakteristická hodnota stáleho zaťaženia
Q_k	charakteristická hodnota premenného zaťaženia
G_d	návrhová hodnota stáleho zaťaženia
Q_d	návrhová hodnota premenného zaťaženia
s	návrhové zaťaženie snehom
s_k	charakteristické zaťaženie snehom
ψ	kombinační súčiniteľ
ξ	redukční súčiniteľ stálych nepriaznivých účinkov
h	výška
b	šírka
l	rozpätie
l_n	svetlé rozpätie
\emptyset	priemer výstuže
c_{nom}	nominálne krytie výstuže
d_g	najväčší menovitý priemer zrna kameniva
A_c	plocha betónu
A_s	plocha výstuže
$A_{s,min}$	minimálna plocha výstuže
$A_{s,max}$	maximálna plocha výstuže

l_0	návrhová presahová dĺžka
$l_{0,min}$	minimálna presahová dĺžka
$l_{b,min}$	minimálna kotviaca dĺžka
l_{bd}	návrhová kotevní dĺžka
$l_{bd,rqd}$	základní kotevní dĺžka
η_1	súčiniteľ podmienok betonáže
η_2	súčiniteľ zohľadňujúci veľkosť zrna kameniva
α_1	súčiniteľ tvaru prútov
α_2	súčiniteľ pre kryciu vrstvu
α_3	súčiniteľ ovinutia priečnou výstužou
α_4	súčiniteľ ovinutia privarenou priečnou výstužou
α_5	súčiniteľ ovinutia priečnym tlakom
α_6	súčiniteľ percenta stykovanej výstuže
x	poloha neutrálnej osi
x_{lim}	limitní poloha neutrálnej osi
z	rameno vnútorných síl
M_{Rd}	moment na medzi únosnosti
M_{Ed}	návrhový moment
M_{crit}	moment na medzi vzniku trhlín
v_{Ed}	maximálne šmykové napätie
$v_{Rd,c}$	šmyková únosnosť prvku bez šmykovej výstuže
ρ	stupeň vystuženia

10 Zoznam príloh

P1_PODKLADY

P2_STATICKÝ VÝPOČET

P3_VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA