



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

BODOVĚ PODEPŘENÁ ŽELEZOBETONOVÁ DESKA

LOCALLY SUPPORTED REINFORCED CONCRETE SLAB

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Přemysl Kožušník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Požár, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student:	Přemysl Kožušník
Vedoucí práce:	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	Pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Bodově podepřená železobetonová deska

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro vícepodlažní železobetonovou budovu navrhnete a posudíte strop (lokálně podepřenou desku) vybraného podlaží. V rozsahu určeném vedoucím práce provedte statické řešení stropní konstrukce, vybraných sloupů a případně dalších konstrukcí. Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou). Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je pro zadanou stavbu podrobně početně a výkresově zpracovat nosnou konstrukci, její hlavní části.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní a technickou zprávu a ostatní náležitosti dle platných směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady.

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

P3. Statický výpočet (podrobný statický výpočet nosné konstrukce metodou mezních stavů podle platných předpisů a norem v rozsahu určeném vedoucím práce).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí.

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

Literatura doporučená vedoucím práce.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2022

L. S.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Michal Požár, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením vybraných nosných prvků železobetonové konstrukce administrativní budovy. Mezi řešené prvky patří lokálně podepřená stropní deska nad 1. NP, sloup a patka. Dále byl proveden návrh prefabrikovaného schodiště. Analýza vnitřních sil byla provedena pomocí metody konečných prvků v programu SCIA Engineer a výsledky byly ověřeny metodou součtových momentů. Výsledkem práce je statický výpočet a výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Lokálně podepřená stropní deska, sloup, patka, prefabrikované schodiště, metoda součtových momentů, protlačení, průhyb, železobeton

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the design and assessment of selected load-bearing elements of the reinforced concrete structure of an office building. The elements include a locally supported floor slab above the 1st floor, a column and a footing. In addition, the design of a prefabricated staircase was carried out. The internal forces were analyzed using the finite element method in SCIA Engineer and the results were verified using the sum of moments method. The result of the work is a static calculation and drawings.

KEYWORDS

Locally supported floor slab, column, footing, precast staircase, sum-of-moments method, extrusion, deflection, reinforced concrete

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOŽUŠNÍK, Přemysl. *Bodově podepřená železobetonová deska*. Brno, 2023. 9 s., 127 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí Ing. Michal Požár, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Bodově podepřená železobetonová deska* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2023

Přemysl Kožušník
autor

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Michalu Požárovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, jeho rady, ochotu a především přátelský přístup. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za neskonalou podporu během celého studia.



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

BODOVĚ PODEPŘENÁ ŽELEZOBETONOVÁ DESKA

LOCALLY SUPPORTED REINFORCED CONCRETE SLAB

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Přemysl Kožušník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Požár, Ph.D.

BRNO 2023

Obsah

1. ÚVOD.....	2
2. POPIS ŘEŠENÉHO OBJEKTU	2
3. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	2
3.1. ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE	2
3.2. SVISLÉ KONSTRUKCE.....	2
3.3. VODOROVNÉ KONSTRUKCE	3
3.4. SCHODIŠTĚ.....	3
Schodiště tvoří prefabrikovaná ramena, která jsou ukládána na ozub podesty. ...	3
4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	3
4.1. BETON C25/30	3
4.2. OCEL B500B	4
5. ZATÍŽENÍ.....	4
5.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	4
5.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ.....	4
5.3. ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	4
7. ANALÝZA VNITŘNÍCH SIL.....	5
7.1. 2D MODEL.....	5
7.2. 3D MODEL.....	6
8. DIMENZOVÁNÍ	6
8.1. LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ STROPNÍ DESKA.....	6
8.2. SLOUP.....	6
8.3. ZÁKLADOVÁ PATKA	7
8.4. PREFABRIKOVANÉ SCHODIŠTĚ	7
9. POSTUP VÝSTAVBY	7
10. ZÁVĚR	7
11. ZDROJE	7
11.1. NORMY	7
11.2. LITERATURA	8
11.3. INTERNETOVÉ ZDROJE	8
12. POUŽITÝ SOFTWARE	8
13. SEZNAM ZKRATEK	8

1. ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením vybraných nosných prvků železobetonové konstrukce administrativní budovy. Pro výpočet je uvažováno, že se budova nachází v Brně. Budova se skládá ze čtyř nadzemních podlaží. Obvodový plášť je navržen jako závěsný prosklený. Mezi řešené prvky patří lokálně podepřená stropní deska nad 1. NP, sloup a patka. Dále byl proveden návrh prefabrikovaného schodiště. U stropní desky byl proveden posudek na protlačení a ověření průhybu. Analýza vnitřních sil byla provedena pomocí metody konečných prvků v programu SCIA Engineer a výsledky byly ověřeny metodou součtových momentů. Navržená výztuž byla zpracována do výkresů v programu AutoCAD. Pro zjednodušení provádění výpočtů byl používán program Excel. Podkladem práce byl půdorys objektu s danou konstrukční výškou a počtem podlaží. Výsledkem práce je statický výpočet a výkresová dokumentace.

2. POPIS ŘEŠENÉHO OBJEKTU

Jedná se o administrativní budovu umístěnou do lokality Brno. Budova má čtyři nadzemní podlaží. Konstrukční výška podlaží je 3,5 m. Půdorysný rozměr je ve tvaru L o rozměrech 49,900 x 24,800 m. Svislé nosné konstrukce tvoří sloupy 400 x 400 mm a ztužující stěny s jádrem. Tloušťka ztužujících stěn a jádra je 300 mm. Ztužující stěny a jádro zachytávají účinky vodorovného zatížení větrem. V prostoru jádra se nachází schodiště, které uvažujeme prefabrikované. Vodorovné nosné konstrukce jsou lokálně podepřené desky s tloušťkou 260 mm. Obvodový plášť budovy je navržen z prosklených panelů.

Všechny železobetonové prvky kromě patky jsou z betonu C25/30-XC1. Pro patku je navržen beton C25/30-XC2.

3. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

3.1. ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Pro založení objektu jsou zvoleny monolitické železobetonové patky pod jednotlivými sloupy. Únosnost půdy je 350 kPa a vzhledem k této únosnosti byla navržena čtvercová patka 3,300 x 3,300 x 1,00 m. Betonáž bude probíhat na předem upravenou zeminu. Pod ztužujícími stěnami a jádrem se uvažuje založení na základových pásech, které ale nejsou v práci řešeny.

3.2. SVISLÉ KONSTRUKCE

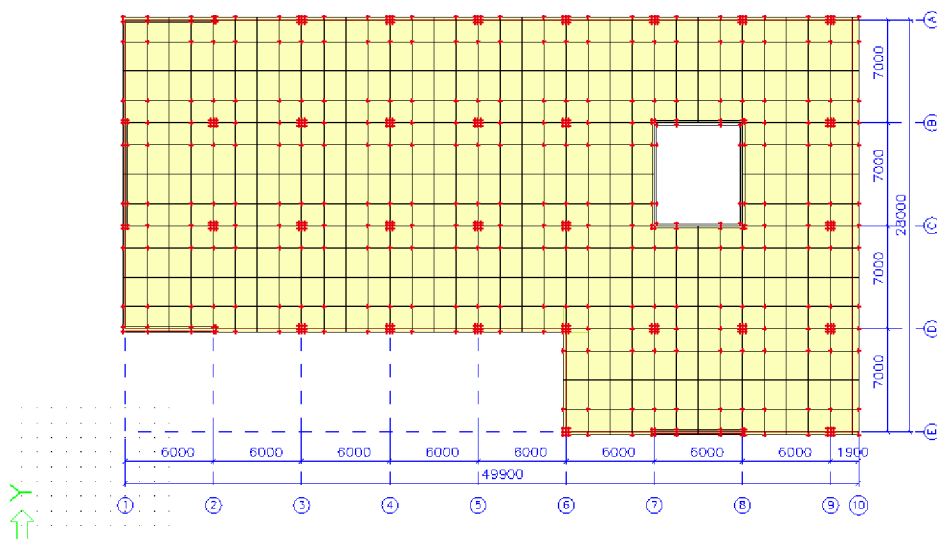
Svislé nosné konstrukce tvoří železobetonové sloupy a ztužující stěny. Sloupy mají rozměr 400 x 400 mm. Ztužující stěny a jádro o tloušťce 300 mm nejsou v práci řešeny.

3.3. VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Vodorovné konstrukce tvoří železobetonové lokálně podepřené stropní desky. Tloušťka stropní desky byla navržena na hodnotu 260 mm. Základní pole desky má rozměr 6000 x 7000 mm. Deska roznáší svislé účinky zatížení na tyto pole do sloupů a ztužujících stěn. Na okraji desky v místě předpokladaného uložení schodiště je vytvořen ozub o tloušťce 130 mm.

3.4. SCHODIŠTĚ

Schodiště tvoří prefabrikovaná ramena, která jsou ukládána na ozub podesty.



Obr. 1 Půdorys objektu

4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Všechny železobetonové prvky kromě patky jsou z betonu C25/30-XC1. Pro patku je navržen beton C25/30-XC2. Pro vyztužení je použita ocel B500B.

4.1. BETON C25/30

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5\text{‰} = 0,0035$$

$$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

4.2. OCEL B500B

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa} = 200 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200\,000} = 2,17\text{‰} = 0,00217$$

5. ZATÍŽENÍ

5.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Stálé zatížení tvoří vlastní tíha desky. Skladby podlah a omítka stropu vyvolávají plošné stálé zatížení a obvodový závěsný plášť vvolává zatížení liniové na hraně plochy po obvodu stropní desky. Na stropní desce nad posledním podlažím se nachází skladba střešního pláště, která vyvolává plošné stálé zatížení.

5.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Proměnné zatížení užitné s hodnotou z normy ČSN 1991-1-1 má charakteristickou hodnotu pro administrativní budovu $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$. Dále je zde uvažováno plošné zatížení od příček s charakteristickou hodnotou $1,2 \text{ kN/m}^2$. Na stropní desce nad posledním podlažím působí proměnné zatížení od sněhu, které je pro Brno (sněhová oblast II.) uvažováno jako hodnota $s = 0,8 \text{ kN/m}^2$.

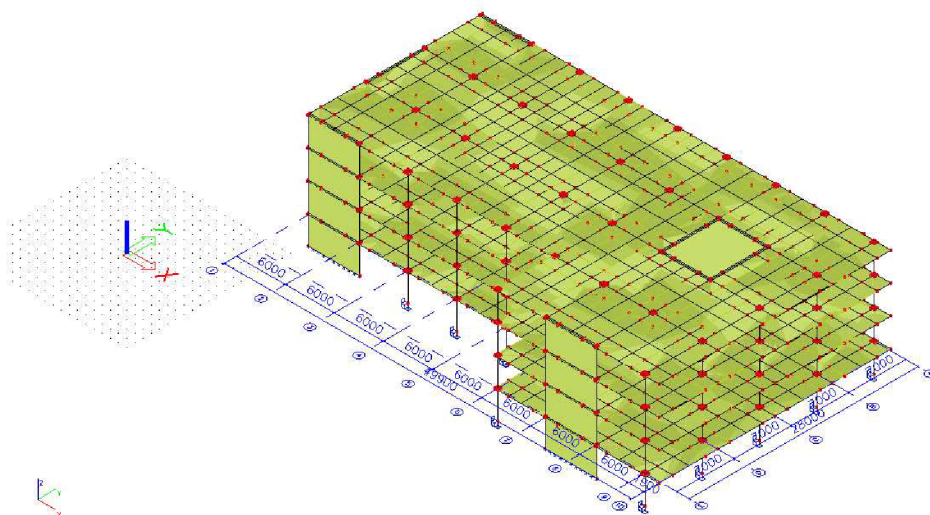
5.3. ZATĚŽOVACÍ STAVY

Pro analýzu vnitřních sil na dimenzování desky bylo ve 2D modelu vytvořeno 14 zatěžovacích stavů. Zatěžovací stavy od stálého zatížení doplnily zatěžovací stavy od užitného zatížení, které byly rozmístěny tak aby vvolaly nejnepříznivější účinek. Speciálně pro sloup, ve kterém vyšla největší reakce od vlastní tíhy byly vytvořeny další zatěžovací stavy, pro vyvolání maximální reakce v tomto sloupu.

Pro analýzu vnitřích sil na dimenzování sloupu a patky bylo ve 3D modelu použito předchozích 14 zatěžovacích stavů. Na stropní desce nad posledním podlažím bylo odebráno zatížení od obvodového pláště, příček, skladby podlahy a užitného zatížení. Na tuto desku přibýly zatěžovací stavy od stálého zatížení střešním pláštěm a proměnného zatížení od sněhu.

7.2. 3D MODEL

ro posouzení základové patky a sloupu byl vymodelován 3D model tak, aby byly získány reakce od všech podlaží. Model byl vytvořen v prostředí obecná XYZ. Podpory byly nahrazeny reálnými prvky. Došlo ke změně zatížení u posledního podlaží, kdy bylo odstraněno stálé zatížení od obvodového pláště. Dále zatížení od podlahy bylo nahrazeno zatížením od skladby střešního pláště a proměnné zatížení užité nahradilo zatížení sněhem. Rovněž bylo v posledním podlaží odstraněno zatížení od příček. Výpočetní síť měla pro tento výpočet stanovenou průměrnou velikost konečných 2D prvků 0,2 m.



Obr. 3 3D model

8. DIMENZOVÁNÍ

8.1. LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ STROPNÍ DESKA

Hodnoty získané z programu SCIA Engineer bylo třeba ještě podělit šířkou pruhu tak, abych dostal návrhové hodnoty. Základní síť výztuže desky byla navržena jako $\varnothing 10/200$ mm v obou směrech. Do této sítě byly lokálně vkládány příložky $\varnothing 10$ a $\varnothing 16$ mm s roztečí 200 mm. Smyková výztuž byla navržena jako smykové lišty dle ETA. Pro ověření ručního výpočtu smykových lišt jsem použil program firmy PEIKKO a také program firmy HALFEN DEHA. Navrženou výztuží na protlačení jsou smykové lišty PEIKKO PSB. U desky byla rovněž navržena výztuž proti řetězovému zřícení. Tato výztuž byla v obou směrech navržena jako 4x $\varnothing 20$ z nichž minimálně dva pruty vždy musí procházet amorkošem sloupu.

8.2. SLOUP

Pro posouzení sloupu byl zvolen nejzatíženější sloup ze 3D modelu. Díky původnímu návrhu malé průřezové plochy sloupu musel být konečný počet hlavní nosné výztuže zvolen jako 12x $\varnothing 16$ s tím, že jsou vždycky 3 pruty koncentrované v jednom

rohu. Kromě svislé výztuže byla u sloupu navržena i vodorovná výztuž v podobě třmíneků $\varnothing 6$ mm. V místě nad a pod deskou dojde ke zhutnění třmíneků.

8.3. ZÁKLADOVÁ PATKA

Předpokládá se betonáž na předem upravenou zeminu. Základová patka má vzhledem k únosnosti zeminy navržený rozměr 3,300 x 3,300 x 1,000 m. Vyztužená je u spodního líce výztuží v obou směrech $\varnothing 16$ se zahnutím konců ve svislém směru. V místě ohybu je navržena konstrukční výztuž pro zajištění polohy hlavní výztuže. Rozhodujícím faktorem, při dimenzování patky byla minimální požadovaná plocha vyztužení.

8.4. PREFABRIKOVANÉ SCHODIŠTĚ

Hlavní nosnou výztuž schodištvého ramene tvoří pruty $\varnothing 8$. Dále jsou zde navrženy třmíneků $\varnothing 6$. Manipulační úchyty pro vytažení prvku z formy a jeho umístění na místo byly zvoleny KKT od firmy DEHA HALFEN.

9. POSTUP VÝSTAVBY

Před započítím betonáže bude provedena kontrola podkladu a správnosti provedení bednění. Krytí bude zajištěno pomocí distančních lišt. Betonová směs bude řádně rozprostřena a dojde k důkladnému provibrování. Po dokončení betonáže je potřeba zajistit ošetřování. Ošetřování bude probíhat minimálně 14 dní. Po zhruba sedmi dnech (nabytí 70% pevnosti) je možno provést odstranění jedné třetiny stojek. Zbylé stojky je možno odstranit po 28 dnech od provedení betonáže.

10. ZÁVĚR

Výsledkem bakalářské práce je statický výpočet s navrženy a posouzenými vybranými prvky železobetonové nosné konstrukce. Výsledky návrhů jsou zpracovány formou výkresů řešených prvků. Konstrukce byly posouzeny na mezní stavy únosnosti a použitelnosti dle platných norem, s tím, že všechny konstrukce těmto požadavkům vyhověly.

11. ZDROJE

11.1. NORMY

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Základy navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Betonové konstrukce, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[4] ČSN 73 120: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

11.2. LITERATURA

[5] Štěpánek, Zmek, Prvky betonových konstrukcí modul CM 3, Dimenzování betonových prvků - část 2

[6] Čírtek, Zich. Betonové konstrukce I modul CS 2, Základové konstrukce

[7] Bažant, Betonové konstrukce I modul CS 4, Betonové konstrukce plošné – část 2

11.3. INTERNETOVÉ ZDROJE

[8] web Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D., <https://vutbr.sharepoint.com/sites/Svarickova>

[9] web Ing. Michal Požár, Ph.D., <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/pozar.m/>

[10] přednášky Ing. Martin Zlámal, Ph.D.

12. POUŽITÝ SOFTWARE

SCIA ENGINEER 21.1

AutoCAD 2020

PEIKKO Designer

HDB 13.61 (HALFEN DEHA – smyková výztuž)

Microsoft Office Excel

Microsoft Office Word

13. SEZNAM ZKRATEK

A	průřezová plocha
A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{st,reg}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
A_s	průřezová plocha smykové výztuže
$E_{c,eff}$	účinný modul pružnosti betonu
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
F_d	návrhová hodnota zatížení
F_k	charakteristická hodnota zatížení
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
N_{Ed}	návrhová hodnota působící normálové síly (tah nebo tlak)
V_{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly
b	celková šířka průřezu
d	hloubka; účinná výška průřezu
e	výstřednost; excentricita

x	vzdálenost neutrální osy od tlačného okraje
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{cm}	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
h_s	výška desky
$h_{s,lim}$	limitní výška desky
I	moment setrvačnosti
I_{ir}	moment setrvačnosti porušeného průřezu
l	(nebo L) délka; rozpětí
l_{eff}	(nebo L_{eff}) efektivní délka; rozpětí
t	tloušťka
u	obvod betonového průřezu o ploše A_c ; délka kontrolního obvodu při posouzení protlačení
z	rameno vnitřních sil
A	součinitel vyjadřující vliv dotvarování
B	součinitel vyjadřující vliv vyztužení
C	součinitel vyjadřující vliv poměru momentů na konci sloupu
c	krytí
c_{nom}	nominální krycí vrstva
c_{min}	minimální krycí vrstva
l_0	návrhová stykovací délky
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
$l_{s,min}$	nutná délka smykové lišty
$V_{rd,c}$	délka kontrolního obvodu při posouzení protlačení návrhová hodnota únosnosti při protlačení bez smykové výztuže
V_{min}	minimální smykové napětí v betonu
$V_{rd,s}$	návrhová hodnota únosnosti smykové výztuže při protlačení
n	počet kusů prvku
γ	dílčí součinitel
β	součinitel
λ	štíhlostní poměr
λ_{lim}	limitní štíhlostní poměr
α_1	vliv tvaru prutu
α_2	vliv krycí vrstvy
α_3	vliv ovinutí příčnou výztuží
α_4	vliv příčně přivařené výztuže
α_5	vliv tlaku kolmo na plochu betonu podél návrhové kotevní délky
α_6	vliv množství stykované výztuže
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
\emptyset	průměr prutu