



# 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 ZALOŽENÍ BUDOVY KNIHOVNY

DESIGN OF FOUNDATION OF LIBRARY BUILDING

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kamil Habanec

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2024



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí  
Student: **Bc. Kamil Habanec**  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24  
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství – 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 diplomové práce:

### NÁVRH ZALOŽENÍ BUDOVY KNIHOVNY

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Návrh nosné konstrukce a založení zpracujte na základě předaných podkladů, tj. situace, půdorysy, řezy a geologie.

Pro zadaný problém nejdříve vypracujte předběžný návrh konstrukce a jejích prvků.

Provedte statickou analýzu v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Nadimenzujte a vykreslete výztuž pro tyto vybrané části nosné konstrukce: základové deska, stěny, stropní konstrukce, vybrané sloupy a konstrukci schodiště v rozsahu určeném vedoucím práce.

Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího diplomové práce.

#### **Cíle a výstupy diplomové práce:**

Cílem práce je pro zadanou stavbu budovy knihovny podrobně početně a výkresově zpracovat založení a nosnou konstrukci podzemních podlaží

Návrh provést ve variantách a dále podrobněji zpracovat vybranou nejvhodnější variantu. Vypracovat podrobný statický výpočet konstrukce metodou mezních stavů podle platných předpisů a norem.

Vypracovat výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

Textovou část zpracovat v rozsahu a ve formě průvodní a technické zprávy.

Diplomovou práci je třeba vypracovat a rozčlenit podle této struktury: Textová část a přílohy textové části

– použité podklady a předběžný návrh, výkresy tvaru a výztuže a statický výpočet. Rozsah jednotlivých částí určí vedoucí diplomové práce.

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

#### **Seznam doporučené literatury a podklady:**

Architektonické podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie.

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

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura doporučena vedoucím diplomové práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2023

L. S.

---

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

---

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

---

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá statickým řešením základové konstrukce Moravskoslezské vědecké knihovny v Ostravě. Cílem je návrh pro zadanou stavbu budovy knihovny podrobně početně a výkresově zpracovat založení na nosnou konstrukci podzemních podlaží. Následně jejich statické řešení, dimenzování a posouzení na mezní stavy. Řešené prvky jsou základová deska ve druhém podzemním podlaží, únosnost pilot a základový blok jádra A. Statická analýza byla provedena v kombinaci studentských verzí programů SCIA Engineer 22.0 a programu Midas. Součástí práce je i výkresová dokumentace pro výše zmíněné prvky. Při výpočtu bylo postupováno dle platných norem a zásad.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Knihovna, železobetonová monolitická konstrukce, železobeton, základová deska, šířka trhlin, základový blok, únosnost, výztuž, vnitřní síly, výkresová dokumentace, zatížení, kotevní délka, dimenzování, pilota, podloží, sedání, skupina pilot, základy, zemina.

## **ABSTRACT**

The master's thesis deals with the static solution foundation structure of the Moravian-Silesian Scientific Library in Ostrava. The goal is to process the design for the commissioned construction of the library building in detail, numerically and graphically, on the foundation supporting structure of the underground floors. Subsequently, their static solution, dimensioning and assessment for limit states. The solved elements are the foundation slab in the second underground floor, the bearing capacity of the piles and the foundation block of the core A. The static analysis was performed in a combination of the student versions of SCIA Engineer 22.0 and the Midas program. The work also includes drawing documentation for the above-mentioned elements. The calculation was carried out according to applicable standards and principles.

## **KEY WORDS**

Library, reinforced concrete monolithic structure, reinforced concrete, foundation slab, crack width, foundation block, bearing capacity, reinforcement, internal forces, drawing documentation, load, anchor length, dimensioning, pile, subsoil, settlement, group of piles, foundations, earth

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HABANEC, Kamil. *Návrh založení budovy knihovny*. Brno, 2024, 34s., přílohy 334s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh založení budovy knihovny* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12.01.2024

---

Bc. Kamil Habanec  
autor

## **PROHLÁŠENÍ O SCHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVEREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh založení budovy knihovny* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12.01.2024

---

Bc. Kamil Habanec  
autor

## **PODĚKOVÁNÍ**

*Děkuji vedoucímu práce panu doc. Ing. Miloši Zichovi, Ph.D. za odborné vedení, časovou flexibilitu, ochotný přístup a cenné rady poskytnuté při zpracování této práce. Dále děkuji za poskytnuté podklady a informace o modelu v Midasu pracovníky SHP. Rovněž děkuji za cenné zkušenosti s metodami ohledně zakládání na Ústavu geotechniky.*



# OBSAH

1	ÚVOD .....	11
2	POPIS OBJEKTU .....	12
2.1	PODLOŽÍ/GEOLOGIE .....	13
2.2	ZÁKLADY .....	14
2.3	SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE .....	15
2.4	VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE .....	15
3	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	16
4	ZATÍŽENÍ .....	17
4.1	GLOBÁLNÍ MODEL – midas .....	17
4.1.1	ZATÍŽENÍ .....	17
4.1.2	ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	17
4.2	VÝSEK MODELU – scia .....	17
4.2.1	ZATÍŽENÍ .....	17
4.2.2	ZATEŽOVACÍ STAVY.....	18
5	KOMBINACE.....	18
5.1	GLOBÁLNÍ MODEL – midas .....	18
5.2	VÝSEK MODELU – scia .....	18
6	MODELÝ, PODLOŽÍ, VNITŘNÍ SÍLY, SEDÁNÍ, C PARAMETRY .....	19
6.1	MODELÝ.....	19
6.1.1	GLOBÁLNÍ MODEL – midas .....	19
6.1.2	VÝSEK MODELU – scia .....	19
6.2	PODLOŽÍ.....	20
6.2.1	GLOBÁLNÍ MODEL – midas .....	20
6.2.2	VÝSEK MODELU – scia .....	21
6.3	VNITŘNÍ SÍLY .....	21
6.3.1	GLOBÁLNÍ MODEL – midas .....	21
6.3.2	VÝSEK MODELU – scia .....	22
6.4	PŮSOBÍCÍ SVISLÉ SÍLY PO ZMĚNĚ TUHOSTI PODEPŘENÍ .....	22
6.5	C PARAMETRY PODLOŽÍ .....	23
6.6	SEDÁNÍ.....	23
7	DIMENZOVÁNÍ, NÁVRH .....	24
7.1	ZÁKLADOVÁ DESKA.....	24
7.2	ZÁKLADOVÝ BLOK.....	24
7.3	OSAMĚLÉ PILOTY .....	24

7.4	SKUPINA PILOT – JÁDRO A .....	25
8	VÝPOČET SÍŘKY TRHLIN .....	25
9	ZÁVĚR .....	26
10	POUŽITÉ ZDROJE.....	27
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A JEJICH VÝZNAM.....	30
12	PŘÍLOHY .....	34

# 1 ÚVOD

Obsahem diplomové práce je statické řešení spodní stavby Moravskoslezské vědecké knihovny (dále „MSVK“) v Ostravě. Objekt bude situován v centru města, na ulici 28.října.

Práce se zabývá statickým řešením spodní stavby, zejména se jedná návrh základové desky se základovými bloky pod nosnými jádry objektu. Dále je řešena svislá tuhost pilotového podepření osamělých pilot a pilot ve skupině.

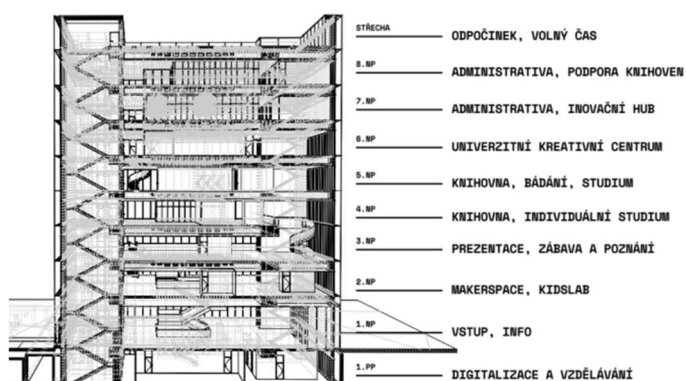
Ke stanovení vnitřních sil na vybraných prvcích spodní stavby byl v rámci rozsahu diplomové práce vytvořen výsek statického modelu ve výpočtovém programu SCIA Enginner 22.0 na podloží Soil-in, do kterého byly implementovány vnitřní svislé síly z globálního modelu zpracovaném ve výpočtovém programu Midas ve statické firmě SHP [29]. Na získané hodnoty vnitřních sil bylo provedeno dimenzování výztuže. Vnitřní síly byly ověřovány zjednodušenými metodami. Konstrukce jsou posuzovány na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Výstupem je výkresová dokumentace.

## 2 POPIS OBJEKTU

Objekt má devět nadzemních podlaží a dvě podlaží podzemní. Půdorysně je knihovna řešena na čtvercové ploše o rozměrech 36x36 m. Výškově objekt vyčnívá nad upravený terén 42 m. Tvarově připomíná „kostku“. Současně při výstavbě samotné hlavní budovy knihovny budou po větší části obvodu realizovány podzemní garáže umístěné ve dvou podzemních podlažích. Nad garážemi v úrovni upraveného terénu bude vodní plocha. Objekt je řešen jako železobetonový monolitický, se třemi nosnými jádry, na kterých jsou usazeny jednotlivé stropní konstrukce.

Dispozičně ve druhém podzemním podlaží bude umístěno technické podlaží a v dalších patrech budou prostory s funkčním vymezením pro uživatele knihovny jako jsou studovny, knihovny atd. viz obr. 1. Prostory v podlažích jsou dispozičně otevřené, čímž je omezeno množství svislých stěn a vznikají tak velké rozpory stropních konstrukcí.

Střešní konstrukce je navržena jako pochozí a je plochá.



Obr.1 – 3D řez objektem [27], [31]



Obr.2 – Vizualizace objektu [27], [31]

## 2.1 PODLOŽÍ/GEOLOGIE

Podrobněji viz. příloha [29], zde jsem uvedl stručný přehled informací o podloží dle IG.

Hlubokým podložím je v zájmovém území uhlonosný svrchní karbon s povrchem v hloubce okolo 100 m, jehož uhelné sloje byly dlouhodobě těženy hlubinným dolem Šalomoun. Jeho hloubení bylo zahájeno v r. 1840 a byl ukončen v hloubce 768 m. Těženy byly spodní vrstvy o mocnosti 0,5 až 1,2 m. V Ostravské části OKR se běžně těžilo „na zával“, tj. bez zakládky vyrubaných prostor. Vzhledem k poměrně malé mocnosti pokryvu zde proto jistě docházelo k nepravidelným poklesům a následně k narušení ulehlosti a soudržnosti zemin v nadloží karbonu. Dochovaných podkladů jen v období od r. 1961 po ukončení těžby v r. 1992 k poklesu o 105 cm. Podle báňského posudku je dnes území řazeno do skupiny stavenišť V. (ČSN 73 0039), deformační parametry jsou již minimální.

Povrch karbonu je překryt neogenními mořskými sedimenty, zde výhradně tzv. ostravským slínem. Ve vertikálním směru je zemina pro vodu nepropustná, pro plyn slabě propustná. V důsledku výše zmíněných vlivů poddolování docházelo v minulosti k poklesům terénu.

Lokalita se nachází v oblasti vlivů důlní činnosti. Podle dalších internetových mapových podkladů se zájmové území nachází v pásmu M – plocha bez podmínek zajištění stavby proti účinkům poddolování. V místě nejsou registrovány žádné potenciální ani aktivní sesuvné plochy.

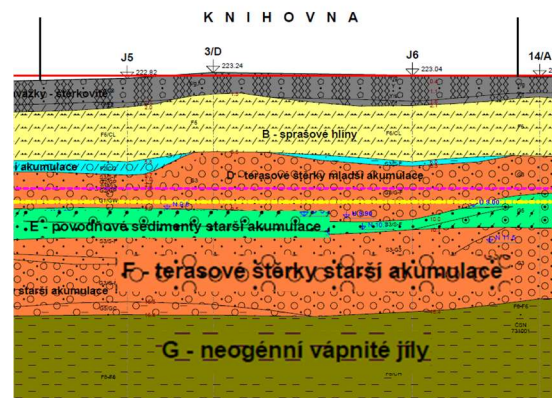
Základové poměry jsou podle výsledků provedeného průzkumu a jejich vztahu k navrhovanému objektu složité. Jednotlivé vrstvy jsou sice uloženy vodorovně, jejich mocnost a vlastnosti však vykazují místně značné rozdíly.

Dle mapy seizmických oblastí ČR, platí pro zájmové území hodnota referenčního zrychlení základové půdy podloží  $a_{gR} = 0,06$ . Za případy malé seizmicity v ČR považují oblasti, ve kterých hodnota součinu  $a_{g,S}$  není větší než 0,10g. Dle tabulky v normě (sedimenty velmi ulehlého písku, štěrk nebo velmi tuhý jíl v tloušťce alespoň několik desítek metrů, mechanickými vlastnostmi rostoucími s hloubkou) jsou klasifikovány základové podmínky jako podloží třídy B s průměrnou rychlostí šíření smykových vln  $v_{s,30} = 360-800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Při zakládání na železobetonové desce se zdá, že po odečtu původního zatížení základové půdy zeminami v nadloží bude u objektu depotu a pravděpodobně i podzemního parkoviště možné přímé plošné zakládání s tím, že pokud se někde na základové spáře vyskytnou jílovitopísčité zeminy, budou v mocnosti do 1,00 m odtěženy a nahrazeny hutněným štěrskem, který bude těžen v jejich nadloží. Vytvoří se tak společně se štěrskem „in situ“ homogenní přímé podzákladí, což by mělo být (v návaznosti na tuhou základovou desku) dostatečnou zárukou bezpečnosti založení těchto objektů.

Obdobný postup založení u objektu knihovny je nutné prokázat statickými výpočty především rovnoměrného sedání. Pokud by to bylo nevyhovující, bylo by třeba zvážit technickou a ekonomickou náročnost zakládání na polštáři nestejně větší mocnosti s případnou potřebou snižování vodní hladiny po celou dobu budování polštáře oproti zakládání knihovny na vrtaných pilotách vetknutých do pevných neogenních jílu. Při rozboru podzemní vody byla dosažena limitní hodnota pro zařazení do stupně agresivity XA2.

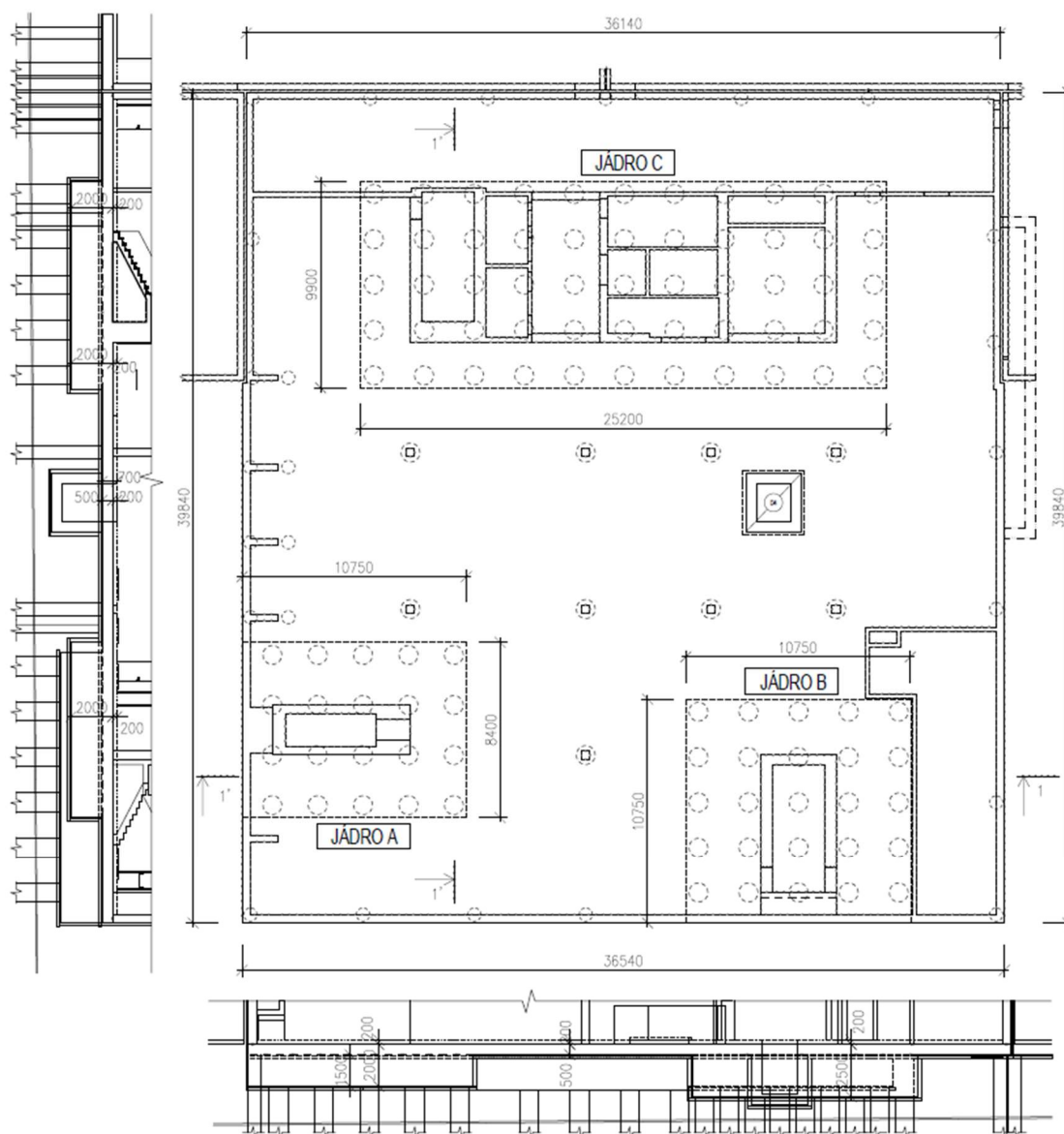
Oblast je považována za oblast se složitými základovými poměry. Projektované objekty MSVK jsou stavby náročné a řadí se do 3. geotechnické kategorie.



Obr.3 – Geologický řez podložím [28]

## 2.2 ZÁKLADY

Založení hlavní budovy knihovny v souvislosti na doporučení v IG je navrženo v kombinaci plošného a hlubinného založení. Plošný základ je tvořen monolitickou železobetonovou základovou deskou tl. 500 mm. Základová deska je lokálně v místech sloupů a pod obvodovými stěnami doplněna o piloty  $\phi$  620 mm. V místech nosných jader je tloušťka základové desky zvětšena na tl. 2000 mm pod jádrem A, na tl. 2500 mm pod jádrem B, na tl. 2000 mm pod jádrem C a tvoří tak masivní základové bloky. Masivní základové bloky podpírají skupiny pilot v rastru 2,175x2,40 m. Půjde o piloty  $\phi$  880 mm a různých hloubkách. Piloty budou z větší části zahloubeny do neogenních vápničitých pevných jíílů. Nad základovou deskou je dále proveden monolitický železobetonový strop tl. 250 mm a společně se stěnovými prvky jader a obvodových stěn tvoří krabicový základ. Navržený beton je třídy C30/37, výztuž B500B.



Obr.4 – Schéma řešené části konstrukce

## 2.3 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny svislými železobetonovými stěnami. V nadzemních a prvním podzemním podlaží tvoří svislé nosné prvky pouze tři železobetonová jádra se stěnami v rozmezí tloušťek 200-600 mm. Jádro C obsahuje schodiště, výtahové šachty, veškeré sanitární a technické zařízení. Jádro B vynáší schodiště. Jádro A obsahuje technické prostory se šachtou. V druhém podzemním podlaží budou nosné stěny obvodové a stěny samotných jader se sloupy. V dalším podzemním podlaží budou obvodové stěny částečně jako nosné a částečně jako opěrné stěny zakončeny volný koncem. V druhém podzemním podlaží jsou dále navrženy nosné železobetonové monolitické sloupy o rozměrech 400x400 mm. V místech galerií jsou ještě pro výškové spojení doplněna točitá schodiště o šířce 1,1 m. Konstrukční výška běžného podlaží dosahuje 4,4 m.

## 2.4 VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Vodorovné konstrukce jsou navrženy z dodatečně předpjatých průvlaků. Ty jsou upnuty na nosné svislá jádra přenášející zatížení od stavby do základů. První průvlak je centricky uložený na jádru B, a je vyložen směrem k jádru A, ke kterému je připojen pomocí předpínací výztuže. Na jádru C je pak uložen další průvlak.

V kolmém směru jsou vedeny předpjaté trámy, které překonávají světlé rozpětí 17,2 m a mimo jádro A přesahují druhý průvlak. Na konci jsou pak vzájemně propojeny ztužidlem. Průřez stojiny trámu je 780x300 mm, výška desky 120 mm. Světlé rozpětí mezi trámy je pravidelné šířky 1,5 m. Trámy jsou na své délce doplněny o odlehčující otvory. U okrajových trámů je pak místy vzdálenost 1,05 m.

### 3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

U posuzovaných základových konstrukcí byl použit beton C30/37 a ocel B500B. Pro beton byl využit bilineární pracovní diagram betonu v tlaku. Pro betonářskou výztuž byl využit návrhový pracovní diagram s vodorovnou větví bez omezení poměrného přetvoření.

Beton **C30/37 – XC2, XA2**

$$f_{ck} = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ Mpa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ Gpa}$$

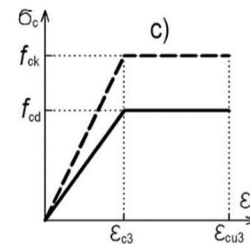
$$E_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$f_{ctk,0.05} = 1,80 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{30}{1,5} = 20,0 \text{ Mpa}$$



Obr.5 –Pracovní diagram betonu – bilineární [39]

Betonářská výztuž **B500B**

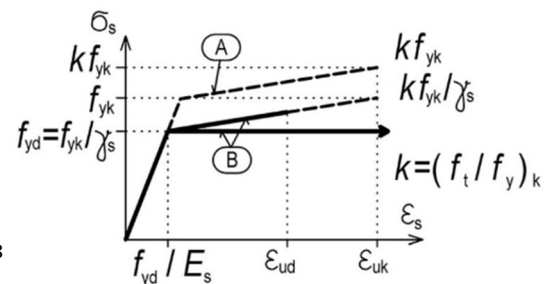
$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200 \text{ Gpa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 * 10^3} = 2,174 * 10^{-3}$$



Obr.6 – Pracovní diagram betonářské výztuže



## 4 ZATÍŽENÍ

### 4.1 GLOBÁLNÍ MODEL – midas

#### 4.1.1 ZATÍŽENÍ

Jako vstup pro řešení základových konstrukcí byly dodány působící síly na stěny, sloupy a jádra v těžištích, které byly stanoveny z globálního statického modelu vypracovaného v programu Midas ve firmě SHP [29]. Síly v jádrech byly dodány v těžištích jader jako výslednice. Takto zadané síly v jádrech nebyly zcela optimální pro přenesení do výseku modelu skrz roznos zatížení do stěn jader. Proto byl dále poskytnut z SHP celkový globální statický model objektu [29], ze kterého byly vytaženy průběhy vnitřních svislých sil působících ve stěnách jader. Ty byly následně přeneseny do výseku modelu na stěny jader v programu SCIA Engineer a následně byly porovnány reakce v pilotách v obou modelech, zda jsou síly podobné intenzity. Dále bylo dbáno na změnu přenesených sil, při změně tuhostí podloží, podrobněji viz. níže a statický výpočet.

#### 4.1.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Globální model obsahuje jednotlivé zatěžovací stavy sestávající se:

Vlastní tíha konstrukce

Ostatní stálé zatížení (skladba podlah, TZB rozvody, podhledy, dobetonávky)

Zatížení od zemního tlaku

Užitné zatížení (plné užitné, šachové rozložení)

Vítr ve směrech x, y

Zatěžovací stavy od předpětí

Zatěžovací stavy od dotvarování a smršťování

Účinky zemětřesení

### 4.2 VÝSEK MODELU – scia

#### 4.2.1 ZATÍŽENÍ

Z globálního modelu viz. komentář výše byly vloženy vnitřní síly na obvodové a stěny jader výseku modelu 2. podzemního podlaží. Přenášené zatížení na jádra stěn z horní stavby byly přeneseny z globálního modelu v kombinacích MSÚ, charakteristické a kvazistálé. Zatížení bylo přeneseno do výseku jako volné liniové na hraně plochy.

Zatížení bylo následně rozděleno v programu SCIA Engineer do jednotlivých zatěžovacích stavů a vytvořeny kombinace.

##### STÁLÉ ZATÍŽENÍ

U stálého zatížení desky bylo uvažováno s plošným zatížením od skladeb podlah a vlastní tíhou desky. Vlastní tíha prvků je generována softwarem, kdy pro železobeton je nastavena objemová tíha  $25 \text{ kN/m}^3$

Ostatní stálé zatížení na podlaze od skladby podlahy je určeno na 3,0 kN/m<sup>2</sup>

#### UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Užitné zatížení desky je v podkladech se vstupy vnitřních sil uvažováno hodnoty 6,2 kN/m<sup>2</sup>, dle ČSN 1991-1-1[4] je doporučena hodnota  $q_k = 7,5$  kN/m<sup>2</sup> odpovídající kategorii E – skladovací plochy (např. knihoven). Ve výseku modelu je pro lepší shodu při porovnání zadána hodnota 6,2 kN/m<sup>2</sup>.

### 4.2.2 ZATEŽOVACÍ STAVY

Zatížení bylo rozděleno do zatěžovacích stavů obsahující:

#### Plošné zatížení na základové desce

Tíha od vlastní tíhy konstrukce

Tíha od skladby podlahy

Užitné plné zatížení

#### Linové a bodové zatížení (kombinační hodnoty zatížení pro MSÚ, char., kvazi.)

Jádro A, Jádro B, Jádro C

Stěny, sloupy

Podrobně je uveden přenos zatížení na str. 44-47 ve statickém výpočtu.

## 5 KOMBINACE

### 5.1 GLOBÁLNÍ MODEL – midas

Kombinace charakteristických hodnot zatížení pro dosažení hodnot návrhových k posouzení mezního stavu únosnosti je na základě rovnic 6.10a, 6.10b dle ČSN EN 1990. Součinitele pro stálé zatížení jsou  $\gamma_G = 1,35$  a  $1,15$  dle typu rovnice, pro užitné zatížení  $\gamma_Q = 1,5$ .

Kombinační součinitelé pro užitné zatížení – shromažďovací plochy  $\psi = 0,7; 0,7; 0,6$   
– skladovací plochy  $\psi = 1,0; 0,9; 0,8$

Pro sních se stavbami umístěnými ve výšce méně jak 1000 m.n.m. je uvažován kombinační součinitel  $\psi = 0,5$ . Pro vítr je uvažován kombinační součinitel  $\psi = 0,6$ .

Pro dosažení hodnot návrhových k posouzení mezního stavu použitelnosti bylo využito rovnic 6.14b pro charakteristickou kombinaci zatížení a rovnice 6.16b pro kvazistálou kombinaci zatížení.

### 5.2 VÝSEK MODELU – scia

Návrhové hodnoty plošných zatížení byly zvětšeny o návrhové součinitele zatížení. Pro stálé zatížení jsou  $\gamma_G = 1,35$ , pro užitné zatížení  $\gamma_Q = 1,5$ .

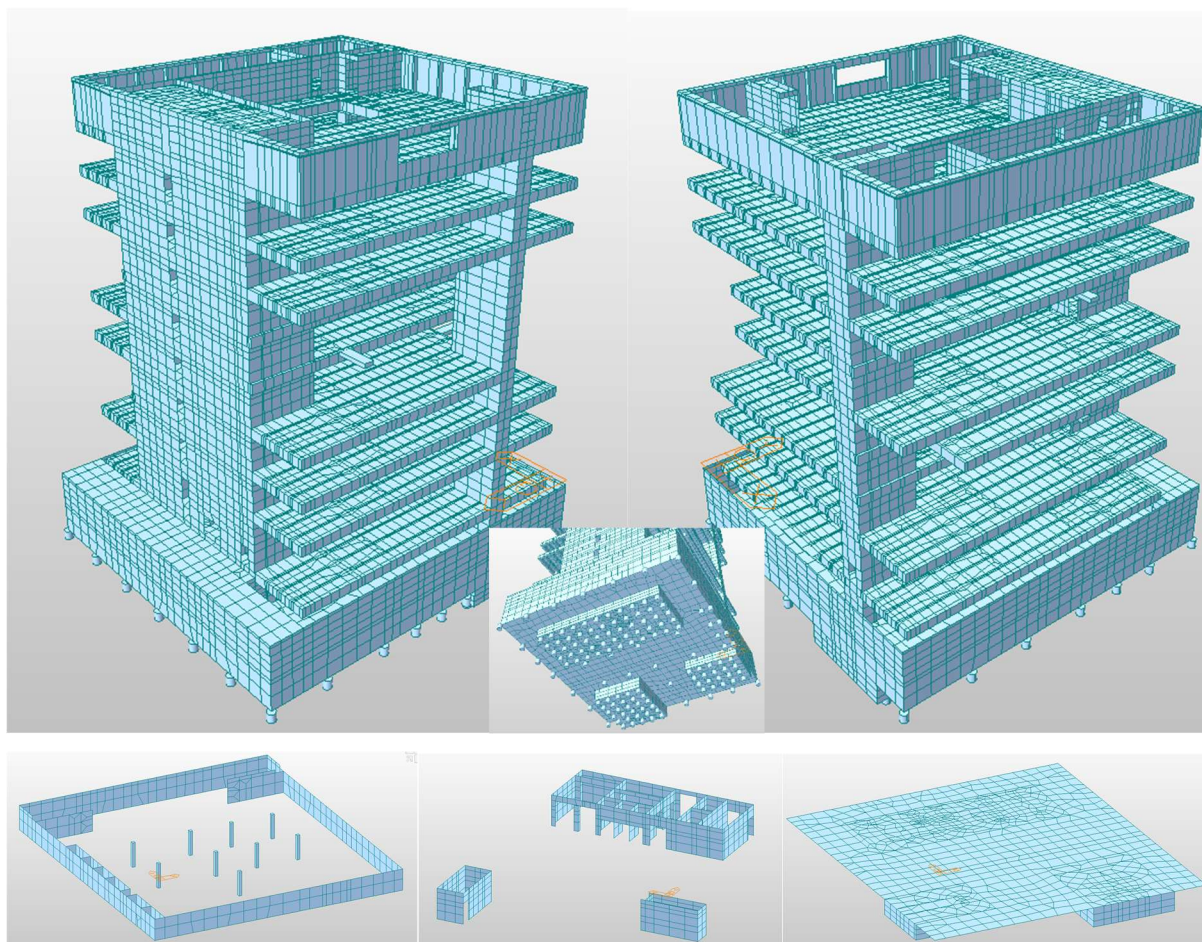
Kombinační součinitelé pro plošné užitné zatížení jsou pro skladovací plochy  $\psi = 1,0; 0,8$   
Zbylé liniové zatížení bylo přeneseno z normových kombinací, z celkového modelu.

## 6 MODELY, PODLOŽÍ, VNITŘNÍ SÍLY, SEDÁNÍ, C PARAMETRY

### 6.1 MODELY

#### 6.1.1 GLOBÁLNÍ MODEL – midas

Pro lepší zohlednění vnitřních sil a vstupy byl poskytnut celkový výpočtový model [29] vypracovaný v SHP. Model je vypracován v programu Midas Civil, který dokáže vypočítat smršťování a dotvarování v 3D v prostoru. Zároveň je v modelu aplikováno i předpětí.

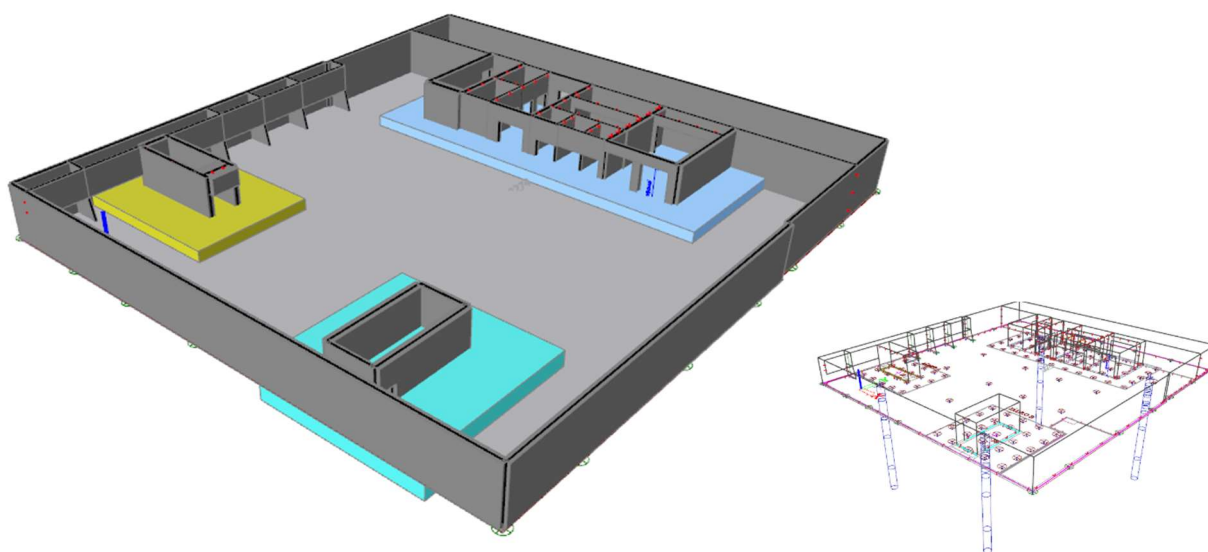


Obr. 7 – Globální statický model se zobrazením 2.PP [29]

#### 6.1.2 VÝSEK MODELU – scia

Pomocí programu Autocad bylo vytvořeno základní statické schéma desky s rozvržením pilot a nosných stěn jader. Následně byla vymodelována deska se stěnami a v místech pilot byly vloženy pružné podpory s lineární tuhostí dle výpočtů únosností pilot. Model desky v daném případě nebyl uvažován jako rovinný v souřadném systému XY, ale musela být zvolena varianta obecná XYZ, kdy byly aspoň namodelovány všechny stěny výseku 2.PP pro přesnější zachycení tuhosti krabicového základu.

Model byl uvažován pouze na výseku 2.PP v rámci zpracování diplomové práce, z čehož plynuly některá omezení a zjednodušení jako například přenášené síly z globálního modelu, se vlivem interakce s podloží a statickou neurčitostí horní stavby nemohly u výseku přerozdělit dle měnící se tuhosti podloží. Výsek modelu tohle nezohledňuje zcela přesně, jelikož je síla převzata, působí pořád stejně a tlačí na desku na novém podloží, které klade určitý odpor měnící se po ploše. Toto omezení v přerozdělení bylo částečně ošetřeno „meziiteracemi“. Pro přenesené síly z Midasu do modelu ve SCIA byly spočteny parametry tuhosti podloží C a následně byly svislé parametry C změněny v podepření celkového modelu Midasu a byl sledován rozdíl mezi změnami vnitřních sil. Výsledek u této konstrukce, kdy hlavní intenzita svislého zatížení je soustředěna především ve třech hlavních bodech (jádrech) byl takový že, síly v jádrech po změně tuhosti podloží zůstaly víceméně stejné. K malé změně došlo u vnitřních sloupů, ale vzhledem k celkovým působícím silám už síly nebyly dále měněny na výseku modelu ve SCIA Engineer. Srovnání je dále uvedeno níže v kapitole vnitřní síly a podrobně ve statickém výpočtu.

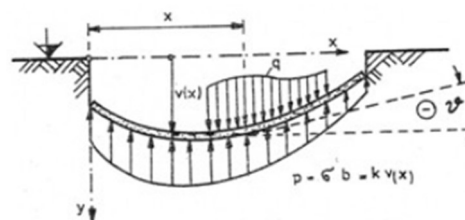


Obr.8 – Výsek 2.PP – model ve SCIA Engineer

## 6.2 PODLOŽÍ

### 6.2.1 GLOBÁLNÍ MODEL – midas

Podloží v Midasu je řešeno Winklerovým modelem podloží, které předpokládá, že reakce podloží je přímo úměrná zatlačení desky do podloží. Jedná se o jednoparametrický model, který je interpretován souborem svislých pružin působících na kontaktu základu a podloží. Kde není kontakt se základovou deskou, se podloží nedeformuje, což neodpovídá zcela realitě.



Obr.9 Winklerův model [8]

$$p(x, y) = Cw(x, y) [kNm^{-2}]$$

$C$  – součinitel stlačitelnosti podloží [ $kNm^{-3}$ ]

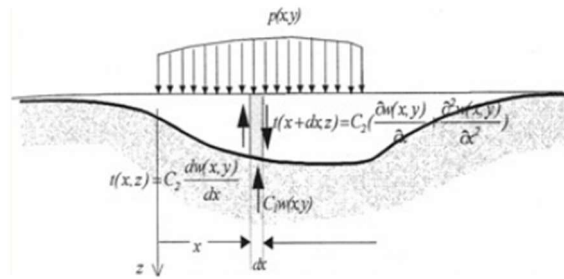
$w$  – sednutí konstrukce [ $m$ ];

$p(x, y)$  – reakce podloží [ $kNm^{-2}$ ]

## 6.2.2 VÝSEK MODELU – scia

SCIA Engineer momentálně neumožňuje dotvarování a smršťování v prostoru, společně s předpětím, ale má implementováno vyspělejší podloží Soil-in zohledňující Pasternakový model podloží. Tento model odstraňuje sedání základu jen v místě zatížení. Nově kromě normálových sil zohledňuje i síly smykové. Zaboření objektu je nahrazeno průhybovou kotlinou čímž jde zohlednit vliv na sedání okolních objektů, nerovnoměrné sedání poddajné konstrukce zatížené rovnoměrným zatížením. Model odpovídá lépe realitě.

Nevýhodou u metody je, že při založení ve větších hloubkách a výkopech jámy iterace soil-inu špatně konverguje, někdy vůbec a uživatelské prostředí neumožňuje procházet výsledky jednotlivých iterací.



Obr.10 Pasternakův model [8]

$$p(x, y) = C_1 w(x, y) - C_2 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) [kNm^{-2}]$$

$C_1$  – součinitel stlačitelnosti podloží [ $kNm^{-3}$ ]

$C_2$  – součinitel přenášení smykových sil [ $kNm^{-1}$ ]

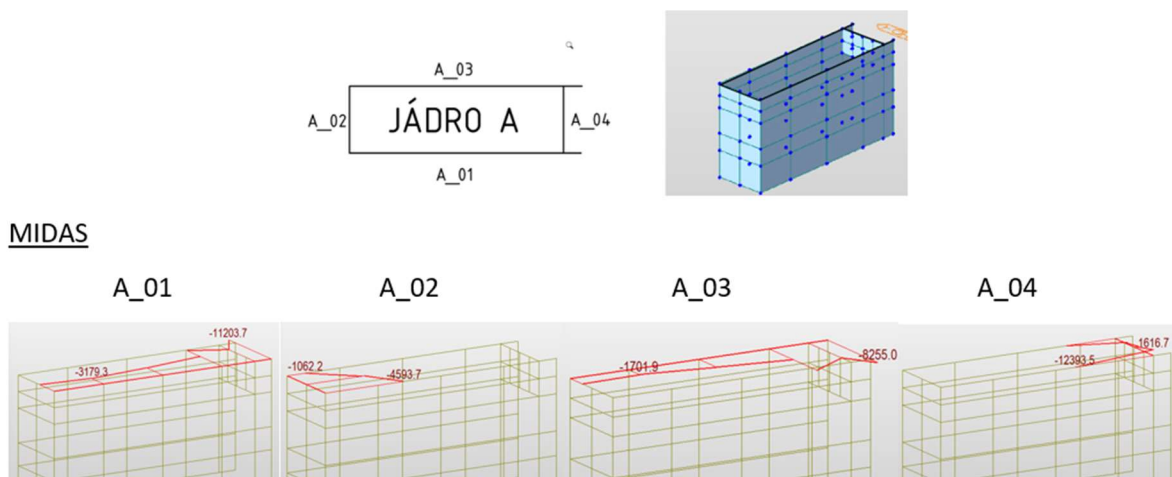
$w$  – sednutí konstrukce [m];

$p(x, y)$  – reakce podloží [ $kNm^{-2}$ ]

## 6.3 VNITŘNÍ SÍLY

### 6.3.1 GLOBÁLNÍ MODEL – midas

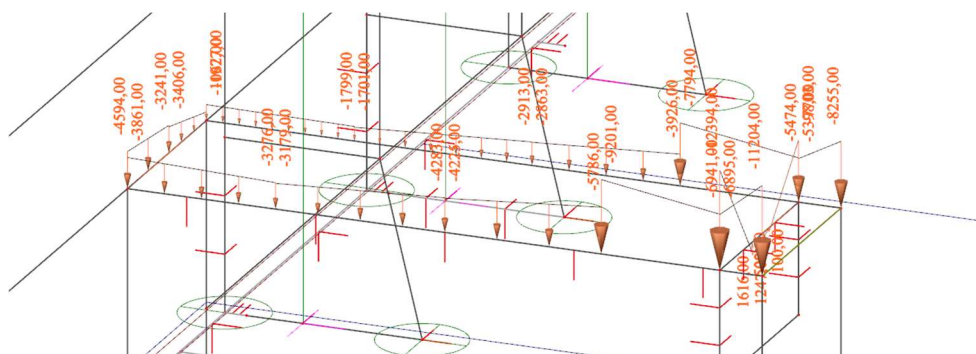
V modelu byly provedeny řezy stěnovými prvky v úrovni pod stropní konstrukcí 2.PP v jednotlivých jádrech. Niže je uveden průběh sil jádra A. Vnitřní síly byly brány z kombinací vytvořených na základě norem. Následně byly průběhy sil přeneseny na výsek modelu ve SCIA Engineer a výslednice svislých sil porovnána.



Obr.11 Zobrazení průběhu vnitřních přenášených sil [29]

### 6.3.2 VÝSEK MODELU – scia

Zatížení bylo do SCIA přeneseno jako liniové na hraně plochy v intenzitách dle řezů v midasu.

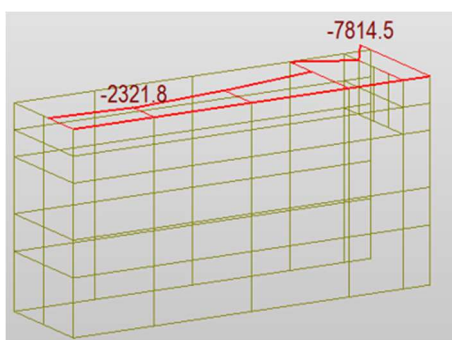


Obr.14 Zobrazení přenesených vnitřních sil na jádře A

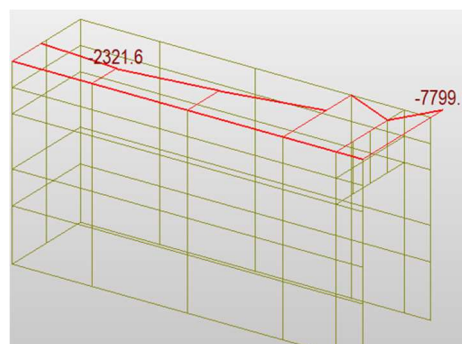
### 6.4 PŮSOBÍCÍ SVISLÉ SÍLY PO ZMĚNĚ TUHOSTI PODEPŘENÍ

Zde je uvedeno jen krátce jak se změnilly vnitřní síly v Midasu po změně podepření na základě vypočtených parametrů C. Podrobněji je uvedeno ve statickém výpočtu na str. 53-57.

JÁDRO A – ŘEZ A\_01 – průběh svislých sil jdoucích do základů



Obr.15 MIDAS – C = konstantní po ploše kN/m<sup>3</sup> – průběh sil



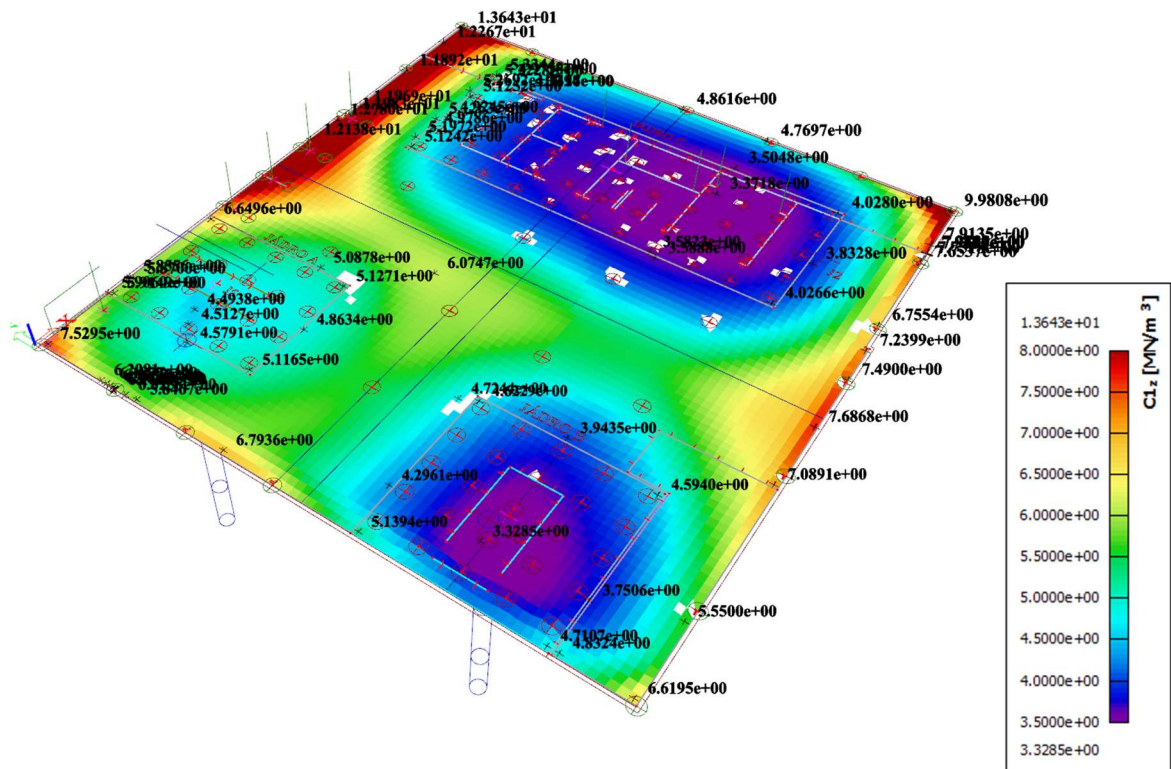
Obr.16 MIDAS – C = „různé po ploše“ kN/m<sup>3</sup> (po změně) – průběh sil

OZNAČENÍ	SVISLÉ SÍLY			
	PLOŠNĚ C="konstantní po ploše" kN/m <sup>3</sup>	PODEPŘENÍ C= "různé po ploše" kN/m <sup>3</sup>	ZADÁNO VE SCIA MODEL	ROZDÍL
1	1168,5	1189,9	1168,5	-21,4
2	980,4	974,4	980,4	6
3	957,5	930,7	957,5	26,8
4	1066	1062,8	1066	3,2
5	987,3	978,5	987,3	8,8
6	942,2	971,5	942,2	-29,3
7	1021,5	1049,3	1021,5	-27,8
8	839,9	869,9	839,9	-30
9	897,4	921,3	897,4	-23,9

Obr.17 Srovnání normálových sil ve sloupech, v poli mezi jádry

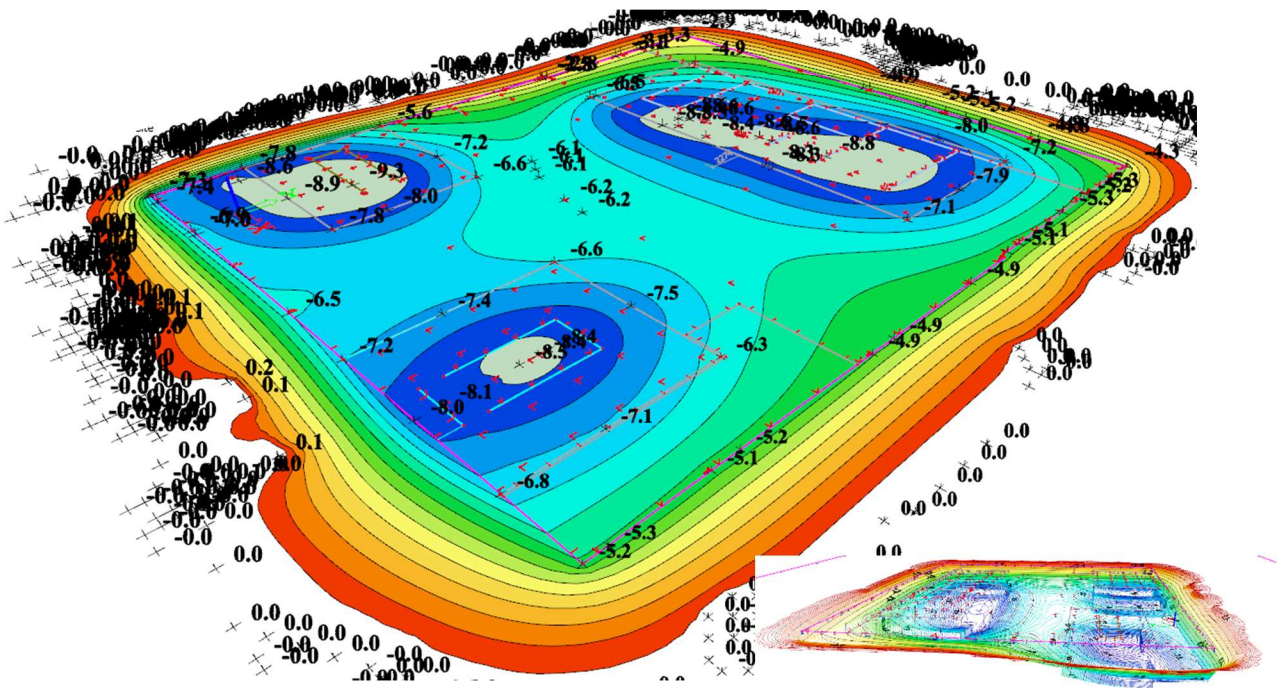
Závěrem vzhledem k celkovému rozsahu působících sil a malým rozdílům po změnách tuhostí podloží v midasu nebyly dále měněny vstupní síly ve výseku modelu SCIA Engineer.

## 6.5 C PARAMETRY PODLOŽÍ



Obr.18 C parametry ve SCIA Engineer

## 6.6 SEDÁNÍ



Obr.19 Sedání s průhybovou kotlinou

## 7 DIMENZOVÁNÍ, NÁVRH

Dimenzování je prováděno na základě návrhových dimenzačních hodnot z výseku modelu desky na vyspělejším modelu podloží softwaru SCIA Engineer.

### 7.1 ZÁKLADOVÁ DESKA

Vyztužení desky je navrženo při spodním a horním povrchu. Výztuž byla navržena na základě požadovaného minimálního vyztužení pro danou tloušťku desky a jako základní rastr minimálního stupně vyztužení je zvolen  $\emptyset 12/150$  mm. Výztuž při spodním povrchu je tedy  $\emptyset 12/150$  mm a v místech silnějšího namáhání vyztužena v sortimentu prutů  $\emptyset (14,16, 20, 22)/150$  mm.

U horní výztuže je rovněž dodržován základní rastr vzdálenosti prutů po 150 mm. Výztuž při horním povrchu je především navržena v sortimentu prutů  $\emptyset 12/150$  mm a  $\emptyset 16/150$  mm, dále je doplněna místy o výztuž a  $\emptyset 14/150$  mm. V poli mezi jádry a sloupy je výztuž desky zhuštěna pro pokrytí případu, kdy jádra o koncertovaného zatížení horní stavby sednou více a deska v poli mezi jádry sedne méně („vyboulí“) vlivem tuhého podloží oproti přetížení od kontaktního napětí.

Byly spočítány kotevní a stykací délky pro bezpečné stanovení délky prutů. Vzhledem k rozsahu deskové konstrukce je stykování prutů řešeno tak, aby minimálně 50 % styků nebylo v jedné řadě a stykování bylo prostřídáno.

### 7.2 ZÁKLADOVÝ BLOK

V diplomové práci byl proveden návrh výztuže u základového bloku pod jádrem A. Výpočet a návrh nosné výztuže byl proveden zejména dle postupu v opoře [6]. Hlavní nosná výztuž je navržena ve dvou hlavních nosných vrstvách  $\emptyset 32/150$  mm. K tomu ve středu bloku je doplněna třetí vrstva výztuže  $\emptyset 20/150$  mm, která je zároveň vytažena k hornímu okraji základového bloku a přebírá i smykovou funkci. Smyková výztuž je navržena z třmínků a spon  $\emptyset 20$  mm, kdy v přední části základového bloku je smyková výztuž zahuštěna na max. vzdálenosti 300x300 mm. Základový blok s ohledem na betonáž, smršťování, vzniku hydratačního tepla masivního bloku čímž bude docházet ke vnitřnímu napětí, je blok po výšce v obou směrech vyztužen horizontálními pruty  $\emptyset 16/300$  mm.

### 7.3 OSAMĚLÉ PILOTY

Návrh únosnosti osamělé piloty vychází na základě metody doporučené v ČSN EN 73 1004:2020 [15], kap. 6.4.4.2 – charakteristická únosnost vrtaných pilot zahloubených do vrstevnatého podloží. Pilota byla navržena na základě 2. mezního stavu SLS, kdy jako maximální únosnost piloty je hodnota při sedání piloty 25 mm.

V případě dodržení únosnosti na 1.mezní stav ULS by v daných podmínkách podloží pilota vycházela větší délky a sedání by bylo minimální. Jelikož je rozhodující zejména sedání piloty na určitou intenzitu zatížení byl návrh optimalizován dle sedání piloty. Návrh byl proveden v rozmezí 60-80%  $R_{sy}$  (mobilizace plášťového tření). Z takto stanoveného sedání a tíhy byla dále stanovena tuhost piloty. Aby charakteristické zatížení překročilo hodnotu na mezi mobilizaci plášťového tření se nedoporučuje. Při překročení této hodnoty pilota přenáší zatížení jen pomocí paty, a to je v návrhu jako „rezerva“.



## 7.4 SKUPINA PILOT – JÁDRO A

Návrh skupiny pilot v daných podmínkách soudržných zemin je proveden na doporučení geotechniků dle metody obsažené ve zrušené normě ČSN 73 1002 [24]. Metoda předpokládá, že se piloty vzájemně přitíží na hodnotu mobilizace plášťového tření, čímž dojde k odpovídajícímu sedání. Působící charakteristické zatížení musí být pod mezí mobilizace plášťového tření. V úrovni pat pilot pro zohlednění skupinového účinku je stanoven fiktivní plošný základ  $v$  a je zatížen částí zatížení v patách pilot a výsledkem je sedání osamělé piloty v součtu sedání fiktivního plošného základu. Tato metoda dle zkušeností geotechniků dávala poměrně vždy dobré výsledky s naměřenými hodnotami v realitě.

Tudíž při výpočtu tuhosti skupiny pilot byla nejdříve stanoveno sedání osamělé piloty ( $s_y$ ) na odpovídající intenzitě zatížení od vrchní stavby na 80%  $R_{sy}$  (mobilizace plášťového tření), a dále účinek pilotové skupiny je zohledněn sedáním fiktivního plošného základu ( $s_p$ ) v patách pilot na základě metody výpočtu sedání pro plošné základy. Celkový výsledný účinek je sednutí  $s = s_y + s_p$ . Při dané tíze od vrchní stavby na skupinu pilot a celkovém vypočteném sedání je stanovena tuhost jednotlivých pilot ve skupině.

Při velkých hloubkách založení však sedání fiktivního plošného základu vychází nulové z důvodu velkého původního geostatického napětí a vliv přitížení podloží od pat pilot se tak neprojeví. Čím blíže jsou paty skupiny pilot blíže původnímu povrchu, tím více se projeví sednutí fiktivního plošného základu.

Aktuálně doporučená platná norma ČSN EN 73 1004 [15] doporučuje při výpočtu v soudržných zeminách metodu, kdy je skupina pilot nahrazena plošným fiktivním základem v hloubce 0,67délky pilot. Při řešení sedání skupiny pilot touto metodou vychází sedání okolo 60 mm, a to při délce pilot 30 m (výpočet na základě GEO 5). V realitě není pravděpodobné, že by nastalo takové sedání.

Dimenzování pilot bylo provedeno na základě interakčního diagramu s dodržěním konstrukčních zásad v normách [22] a [13].

## 8 VÝPOČET ŠÍŘKY TRHLIN

Pro ověření dodržení přípustných šířek trhlin byl využit přímý výpočet šířky trhlin pro vybrané extrémní vnitřní síly u posuzovaných prvků. Správnost Výpočtu šířky trhlin dle [13] byla nezávisle ověřena v FIN EC a IDEA Statica.

## 9 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabýval spodní částí budovy, u které jsem staticky posoudil základovou desku ve druhém podzemním podlažím společně s dalšími prvky jako je masivní základový blok desky a podepření pilotami. Výstupem tohoto řešení je výkresová dokumentace piloty, výztuže desky a základového bloku pod jádrem A.

Výpočet vnitřních sil byl proveden v globálním modelu [29] a pak dále na vytvořeném výseku modelu. Vnitřní síly z globálního modelu byly přeneseny na výsek druhého podzemního podlaží v programu SCIA Engineer a hodnoty přenesených sil porovnány mezi modely. Odlišnosti byly způsobeny především rozdílnými podložími o různých tuhostech. Posouzení dále probíhalo na výseku modelu ve SCIA Engineer, který disponuje dvojparametrickým podložím narozdíl od jednoparametrického podloží v programu Midas. Podloží Soilin ve SCIA Engineer lépe vystihuje shodu s realitou, ale ve větších hloubkách založení dochází ke špatné konvergenci vlivem velkého odtížení výkopem stavební jámy, a naopak menšího přitížení od stavby, což následně může částečně zkreslovat výsledné hodnoty sedání po ploše desky, a o to více klade nárok na zkušenost uživatele se založením staveb.

Postupováno bylo dle platných norem, zásad. Posuzované prvky jsou vyhovující na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

# 10 POUŽITÉ ZDROJE

## ODBORNÁ LITERATURA:

- [1] PROCHÁZKA, Jaroslav. Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 344s. ISBN 978-80-87438-03-9
- [3] ZICH, Miloš, Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 166s. ISBN 978-80-7204-693-5
- [4] MASOPUST Jan, Navrhování základových a pažících konstrukcí. 2. vydání. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2018. 368 s. ISBN 978-80-88265-12-2
- [5] MASOPUST Jan, GLISNÍKOVÁ Věra, Modul M01, Zakládání staveb, Brno, 2006. 184s.
- [6] ZICH, Miloš, Vybrané statě z nosných konstrukcí, BL13 – MO 2, Betonové základy – 2.část, Brno 2006. 78s.
- [7] SOILIN, Iterační výpočet konstrukce-podloží, Výpočet sedání a interakce plošných základů s podložím, manuál k programu.
- [8] Servít R., Drahoňovský Z., Šejnoha J., Kufner V.: Teorie pružnosti a plasticity II, SNTL 1984.  
+ podkladové materiály při studiu pružnost a plasticita – zakládání + [Téma 7, modely podloží](#)  
[Úvod Winklerův model podloží \(slideplayer.cz\)](#)

## NORMY:

- [9] ČSN EN 1990 (730002). Zásady navrhování konstrukcí. Český normalizační institut, březen 2004.
- [10] ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, 04/2004.
- [11] ČSN EN 1991-1-3 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Český normalizační institut 07/2005.
- [12] ČSN EN 1991-1-4 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Český normalizační institut 05/2007.
- [13] ČSN EN 1992-1-1 (731201). Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, 12/2006.
- [14] ČSN EN 73 1201 (731201). Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Český normalizační institut, 09/1988–03/2010.
- [15] ČSN 73 1004 (731004). Navrhování základových konstrukcí – Stanovení požadavků pro výpočetní metody, srpen 2020
- [16] ČSN 73 1001 (731001). Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy, 10/1988–03/2010
- [17] ČSN EN 1997-1 (731000). Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla, 10/2006
- [18] ČSN EN 1997-2 (731000). Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, 04/2008

- [19] ČSN P 73 1005 (731005). Inženýrskogeologický průzkum, 12/2016
- [20] ČSN EN 206+A2 (732403). Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, 11/2021
- [21] ČSN EN ISO 17660-1 (050326). Svařování – Svařování betonářské oceli – Část 1: Nosné svarové spoje
- [22] ČSN EN 1536+A1 (731031). Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty, 01/2017
- [23] ČSN 73 0037 (730037). Zemní tlak na stavební konstrukce, 01/1992
- [24] ČSN 73 1002 (731002). Pilotové základy, 04/1989-04/2006
- [25] ČSN EN 1998-1(730036) Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby, 10/2006
- [26] ČSN 73 0039 (730039). Navrhování objektů na poddolovaném území, 02/2015

### **DALŠÍ PODKLADY A ZDROJE**

- [27] KUBA, Ladislav a Tomáš PILAŘ. *MSVK: Podklady k zadání DP, příloha P1*. Brno, 2020.
- [28] ŽŮREK, Jan, Statické řešení nosné konstrukce – stropní konstrukce horní stavby, Brno, 2022.
- [29] Stráský, Hustý a partneři s.r.o. Globální statický model v programu Midas – global A\_20\_16 + síly působící na základovou konstrukci, *Podklady k zadání DP, příloha P1*
- [30] K-GEO, s.r.o., Závěrečná zpráva IG průzkumu: *Podklady k zadání DP, příloha P1*. 2019.
- [31] MSVK brožura, vizualizace objektu a informace o objektu: *Podklady k zadání DP, příloha P1*, dostupné na stránkách – [Hlavní stránka | Černá kostka \(cerna-kostka.cz\)](#), [Černá kostka – aktuálně - OSTRAVA \(msstavby.cz\)](#)
- [32] ZDRAŽIL, Karel; MÍČA, Lumír; Ústav geotechniky Brno, zkušenosti s metodami z činnosti v praxi

### **WEBOVÉ STRÁNKY**

- [33] [Hlavní stránka | Černá kostka \(cerna-kostka.cz\)](#)
- [34] <https://help.scia.net/22.0/cs/index.html>
- [35] <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk>
- [36] [e brochure technique 220 cfa cz interactive.pdf \(keller-cz.com\)](#)
- [37] [Poruchové oblasti železobetonových konstrukcí \(TP 1.13.1\) – PROFESIS \(ckait.cz\)](#)
- [38] [Navrhování základových konstrukcí \(TP 1.9.5\) – PROFESIS \(ckait.cz\)](#)
- [39] [Tabulky pro navrhování pozemních staveb. Železobetonové konstrukce \(TP 1.13.2\) – PROFESIS \(ckait.cz\)](#)
- [40] [Zakládání staveb \(zakladani.cz\)](#)
- [41] [Pružné podloží \(FAQ\) \(scia.net\)](#)
- [42] [CwC - Výpočet šířky trhlin \(cvut.cz\)](#)
- [43] <https://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs>

**PROGRAMY:**

AutoCAD 2021 – Autodesk

SCIA Engineer 22.0, 64bit – SCIA CZ s.r.o. Brno

Midas Civil 2023

GEO 5 2023 CS

FIN EC 2021

IDEA Statica 23.1 – IDEA StatiCa s.r.o.

Word 2016 – Microsoft

Excel 2016 – Microsoft

# 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A JEJICH VÝZNAM

$A$	plocha průřezu
$A_c$	plocha betonového průřezu
$A_s$	průřezová plocha výztuže betonu
$A_{s,min}$	minimální plocha vyztužení železobetonového průřezu
$A_{s,max}$	maximální plochy vyztužení železobetonového průřezu
$A_{sw}$	průřezová plocha větví smykové výztuže
$A_i$	plocha ideálního průřezu
$A_{c,eff}$	efektivní plocha
$A_{s,req}$	minimální potřebná plocha výztuže k přenesení ohybového momentu
$A(a)$	variabilně měnící se velikost plochy dle měnící se vzdálenost „a“
$C_1$	modul stlačitelnosti pružného podkladu
$C_2$	smykové parametry dvojparametrického podloží
$D$	průměr piloty
$D_i$	vzdálenost od hlavy piloty do poloviny i-té vrstvy
$E_{cm}$	modul pružnosti betonu
$E_{def}$	efektivní modul deformace
$E_{oed}$	oedometrický modul deformace
$E_s$	modul pružnosti betonářské výztuže, sečnový modul pružnosti zeminy podél dřívku piloty
$E_{cu3}$	přetvoření betonu při vyčerpání nosnosti
$E_{c3}$	přetvoření betonu bilineárního prac. diagramu s plnou pevností betonu v tlaku
$EI$	ohybová tuhost prvku
$F_s$	síla přenesená betonářskou výztuží
$F_c$	síla přenesená tlačnou částí betonu
$G_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$G_d$	návrhová hodnota stálého zatížení
$I$	moment setrvačnosti průřezu
$I_c$	moment setrvačnosti betonu
$I_C$	stupeň konzistence
$I_D$	index ulehlosti zeminy
$I_{ci}$	moment setrvačnosti plně působícího prvku
$I_{cr}$	moment setrvačnosti ideálního průřezu porušeného trhlinami
$I_b$	moment setrvačnosti desky
$K$	tuhost piloty, zemní tlak
$K_a$	aktivní zemní tlak
$K_r$	klidový zemní tlak
$L$	délka (nosníku, piloty)

$M_{ed}$	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
$M_{rd}$	návrhová momentová únosnost průřezu
$M_{E\psi 2}$	ohybový moment od kvazistálé kombinace zatížení
$M_{char}$	ohybový moment od charakteristické kombinace zatížení
$N_{ED}$	návrhová hodnota působící normálové síly
$Q_k$	charakteristická hodnota proměnného užitého zatížení
$Q_d$	návrhová hodnota proměnného užitého zatížení
$R_{su}$	mezní únosnost piloty na plášti
$R_k$	korekční součinitel vyjadřující vliv tuhosti pilot
$V_{ed}$	návrhová hodnota posouvající síly
$T$	těžiště průřezu
$V_{zi}$	svislá síly
$H_{xi}$	horizontální síly
$V_{rd,c}$	únosnost betonu bez smykové výztuže
$V_{rd,s}$	únosnost betonu se smykovou výztuží
$V_{rd,max}$	únosnost tlakové diagonály prvku
$V_{Ed,red}$	redukovaná posouvající síla
$a$	vzdálenost, regresní koeficient u piloty
$a_1$	velikost posunu obálky momentů
$b$	šířka průřezu, regresní koeficient u piloty
$b_w$	šířka pruhu
$c_{nom}$	jmenovitá hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy
$c_{min}$	minimální hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy
$c\Delta_{dev}$	návrhová výrobní odchylka krycí vrstvy
$d_s$	průměr hlavní nosné výztuže
$d_{ss}$	průměr smykové výztuže
$d$	účinná výška průřezu
$d_i$	průměr piloty v i-té vrstvě
$d_1$	délka od taženého okraje prvku k těžišti výztuže
$d_g$	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
$d_p$	průměr piloty v patě
$e$	regresní koeficient
$f$	regresní koeficient
$f_{bd}$	návrhové mezní napětí v soudržnosti
$f_{ck}$	charakteristická betonu v tlaku
$f_{cm}$	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
$f_{ctm}$	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$f_{ctk}$	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{cd}$	návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{yk}$	charakteristická pevnosti betonářské výztuže na mezi kluzu

$f_{yd}$	návrhová pevnost betonářské výztuže na mezi kluzu
$g_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$g_d$	návrhová hodnota stálého zatížení
$h$	výška průřezu
$h_{c,eff}$	efektivní výška
$h_s$	výška desky
$k_1$	vliv vlastnosti soudržné výztuže –šířka trhlin
$k_1$	součinitel zohledňující hloubku založení D – sedání
$k_2$	vliv rozdělení poměrného přetvoření – šířka trhlin
$k_2$	součinitel zohledňující existenci nestlačitelné vrstvy –sedání
$k_3$	součinitel vyjadřující vliv poškozené soudržnosti betonu a výztuže v blízkosti trhliny
$k_4$	součinitel vyjadřující vztah mezi soudržností a pevností betonu v tahu
$k_t$	součinitel zohledňující dlouhodobé zatížení
$k_1$	součinitel zohledňující hloubku založení D
$l$	rozpětí
$l_s$	světlé rozpětí
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
$l_{bd}$	základní kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
$l_{b,rqd0}$	základní styková délka
$l_0$	styková délka
$m$	dílčí koeficient vyjadřující vliv povrchu dřívku
$q_{si}$	mezní plášťové tření v i-té vrstvě piloty
$q_p$	napětí na patě piloty při mobilizaci plášťového tření
$s$	sedání skupiny piloty
$s_y$	sedání osamělé piloty
$s_{max}$	maximální osová vzdálenost prutů výztuže
$s_{wmax}$	maximální osová vzdálenost prutů smykové výztuže
$s_t$	maximální vzdálenost větví smykové výztuže
$s_r$	maximální vzdálenost trhlin
$v_{min}(a), v_{rd,c}(a)$	únosnost betonového průřezu bez smykové výztuže ve vzdálenosti „a“
$v_{Ed}(a)$	napětí v kontrolovaném obvodu na vzdálenosti „a“ od posouvající síly
$t_i$	těžiště průřezu
$u(a)$	kontrolovaný obvod ve vzdálenosti „a“
$w_k$	šířka trhlin
$x$	vzdálenost neutrální osy od tlačného okraje prvku
$x_r$	tlačná výška průřezu v plně porušeném průřezu trhlinou
$z$	vnitřní rameno sil v železobetonovém prvku



$z_{ci}$	vzdálenost od těžiště průřezu k těžišti tlačené oblasti
$z_{ri}$	upravená vzdálenost $z_i$ od základové spáry
$z_s$	vzdálenost od těžiště průřezu k těžišti betonářské výztuže
$\alpha_e$	poměr modulů pružnosti betonářské výztuže a betonu
$\alpha_{cc}$	součinitel zohledňující dlouhodobé tlakové působení
$\beta$	součinitel zohledňující vliv momentu při protlačení
$\gamma_c$	součinitel spolehlivosti betonu
$\gamma_s$	součinitel spolehlivosti betonářské výztuže
$\gamma_G$	součinitel pro stálé zatížení
$\gamma_Q$	součinitel proměnného zatížení
$\varepsilon_{cu}$	mezní poměrné přetvoření betonu
$\varepsilon_{yd}$	limitní přetvoření betonářské výztuže
$\varepsilon_s$	přetvoření betonářské výztuže v betonovém prvku
$\rho_w$	stupeň vyztužení
$\rho_{min}$	minimální stupeň vyztužení
$\rho_{zem}$	objemová tíha zeminy
$\emptyset$	průměr výztuže
$\sigma_{sd}$	návrhové napětí ve působící ve výztuži
$\sigma_{or,i}$	původní geostatické napětí ve středu $i$ -té vrstvy
$\sigma_{z,i}$	svislá složka napětí od přitížení ve středu $i$ -té vrstvy
$\sigma_{o,1}$	napětí od přitížení základové spáry
$I$	příčinkový součinitel sedání závislý na tvaru základu a průběhu působícího napětí
$\mu$	tvarový součinitel
$\psi$	kombinační součinitel
$\xi_{bal,1}$	hraniční vzdálenost neutrální osy od tlačného okraje betonu
$\xi_{bal,2}$	hraniční poloha neutrální osy pro tlačnou výztuž
$\varphi$	roznášecí úhel zeminy

## **12 PŘÍLOHY**

- P1. POUŽITÉ PODKLADY
- P2. STATICKÝ VÝPOČET
- P3. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE