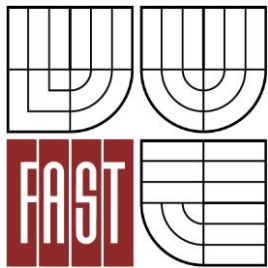




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE ŽB OBJEKTU GARÁŽÍ

RC LOAD-BEARING STRUCTURE DESIGN OF CAR PARK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JAN KUDRNA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR ŠIMŮNEK, Ph.D.

BRNO 2016



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

Diplomant	Bc. Jan Kudrna
Název	Návrh nosné konstrukce ŽB objektu garáží
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

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



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Podklady:

Stavební 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 doporučená vedoucím diplomové práce.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Pro železobetonový objekt navrhnete nosnou konstrukci.

Proved'te statické řešení konstrukce a nadimenzujte její vybrané části: základová deska, svislé stěny, případně další prvky v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proved'te v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí.

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

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle 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)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

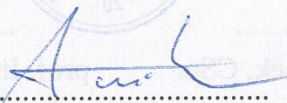
Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné železobetonové konstrukce podzemního dvoupodlažního objektu garáží pro osobní automobily. V prostoru nad garážemi je navržena volná plocha s veřejným prostranstvím. Projektem byla řešena zejména vnější vodo-nepropustná konstrukce metodou bílé vany a to základová deska a obvodové stěny. Konstrukce byla navrhována jako komplexní model. Analyzována výpočetní metodou konečných prvků. Všechny vybrané prvky byly posouzeny na mezní stav únosnosti a na mezní stav použitelnosti, konkrétně na mezní stav vzniku trhlin od zatížení a vynuceného namáhání.

Klíčová slova

Garáže, železobeton, základová deska, bílá vana, zakládání, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, mezní stav vzniku trhlin, metoda konečných prvků, beton, výztuž, zatížení, kombinace zatížení, zemní tlak, těsnění spár, vodo-nepropustná konstrukce.

Abstract

The diploma thesis deals with the design and assessment of reinforced concrete structure supporting two-storey building of the underground garage for cars. In the space above the garage is designed open area with public space. The project was designed especially outer water-impermeable construction method white bath and a base plate and a perimeter wall. The structure was designed as a comprehensive model. Computing analyzed by finite element method. All selected elements were assessed at the ultimate limit state and limit state, namely to limit state of cracking load and forced stress.

Keywords

Car park, reinforced concrete, subbase, white bath, foundation, ultimate limit state, serviceability limit state, serviceability limit state of cracking, finite element method, concrete reinforcement, load, load combinations, earth pressure, sealing joints, water-impermeable construction.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Jan Kudrna *Návrh nosné konstrukce ŽB objektu garáží*. Brno, 2015. 26 s., 300 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a
zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.

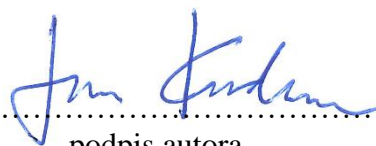
Poděkování

Úvodem bych rád poděkoval vedoucímu této práce Ing. Petru Šimůnkovi, Ph. D. za ochotu, poskytnutí cenných rad a odborných zkušeností, které mi byly během zpracování tohoto projektu velice nápomocny.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13.1.2016



podpis autora
Bc. Jan Kudrna

Obsah

Textová část

Zadání	2
Abstrakt, klíčová slova	4
Bibliografická citace VŠKP	5
Prohlášení o původnosti práce	7
Obsah	8
Úvod	9
Technická zpráva ke statickému výpočtu	10
Závěr	21
Seznam použitých zdrojů	22
Seznam použitých zkratk a symbolů	25
Seznam příloh	26

Úvod

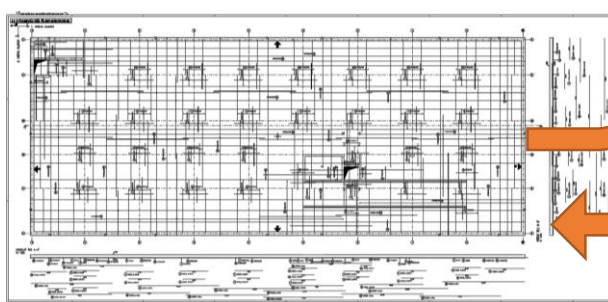
Tato diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením vybraných nosných železobetonových konstrukcí dvoupodlažních podzemních garáží, a to zejména vnější vodo-nepropustné konstrukce, jimiž jsou základová deska a obvodové podzemní stěny. Výpočet bude koordinován jednak se souborem v současné době platných evropských norem (tzv. „euro-kódů“) a jednak směnicí pro vodo-nepropustné betonové konstrukce. Snahou v řešení této práce bylo rovněž zdokonalení se v ovládnutí komplexního 3D modelu stavby v odpovídající sestavě CAD BIM programů, které na sebe vzájemně navazují. Jedná se o koncept tzv. „virtuálního stavění“, na který se v dnešní době klade velký důraz jak při návrhu, tak při výstavbě a mnohdy i následném provozu složitějšího stavebního komplexu. Hlavní výhodou tohoto postupu je snížení pracnosti jednotlivých dílčích úkonů a minimalizování chyb.



Komplexní BIM model – pohled z povrchu terénu



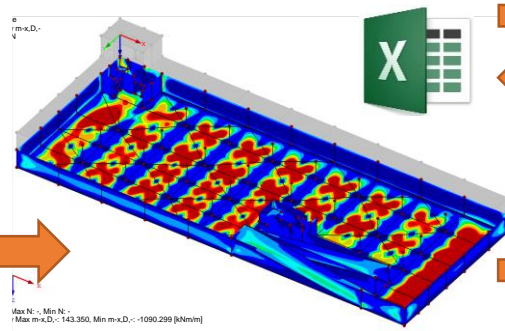
3D řez podlažími garáží



Návrh a posouzení výztuže; výkresy výztuže desky



Stavební výkresy; půdorys 2.S



Analýza základové desky v MKP

Technická zpráva ke statickému výpočtu

a) Charakteristika objektu

Jedná se o novostavbu objektu garáží pro osobní automobily. Stavba má dvě podzemní podlaží. Nadzemní podlaží je řešeno jako volná plocha veřejného prostranství. Celková kapacita parkovacích stání je 110 míst. Maximální půdorysné rozměry stavby jsou 72,7 m x 29,1 m. Základová spára stavby se nachází v hloubce 7,85 m pod povrchem venkovní dlažby, která je uvažována jako projektový počátek v nadmořské výšce 182,6 m. n. m. Stavba se nachází v obci Pohořelice v Jihomoravském kraji. Pro výpočet důležitým údajem je umístění této lokality v I. sněhové a II. větrné oblasti, uprostřed okolní zástavby.

b) Architektonické řešení konstrukce

Projekt řeší využití prázdné plochy v centru města, kde využitím podzemních prostor dojde ke zlepšení dopravní situace ve městě. S ohledem na historický vzhled fasád okolních budov, z nichž některé jsou datovány až na konec 16. století z období vlády Ditrichštejnů, je celkový vjem novostavby pojat v architektonicky poměrně neutrálním stylu. Na povrchu garáží je navrženo vybudování dlážděného krytu ze žulových kostek. Z této plochy vystupují vstupní objekty s plochou střechou obsahující schodiště, výtahy a další technickou infrastrukturu. Tyto objekty jsou povrchově opatřeny travertinovým obkladem. Pro vjezd a výjezd vozidel jsou vodící železobetonové stěny vytaženy 1 metr nad povrch okolního terénu. Jako povrchová úprava byl zvolen vzhled samotného betonu v pohledové kvalitě s nezbytnou hydrofobní impregnační ochranou proti vodě a povětrnostním podmínkám. V liniové osnově budou rozmístěny listnaté stromy a prvky městského mobiliáře, jako jsou lavičky a další vhodné prvky pro trávení volného času. Stavba je kompletně bezbariérová. V prostoru garáží je dopravní značení řešeno plnobarevnými plochami rozdělující prostor na jízdní pruhy, parkovací stání a ostatní manipulační prostor.

Vzhledem ke značně vysoké podkladní vrstvě dlažby a návrhu zatížení na souvislý pojezd těžkých nákladních automobilů je současné a budoucí pojetí této plochy značně variabilní. Před změnou využití však musí být toto řešení vždy opět staticky posouzeno.

c) Dispoziční řešení konstrukce

Vjezd do a výjezd z hromadných garáží je umístěn na povrchu v podélném směru k objektu. Hned za vjezdem je v prvním podzemním podlaží umístěna parkovací závora s automatickým elektronickým systémem odbavování vozidel. Pro účely kontroly a ostrahy objektu je hned u vjezdu umístěna vrátnice. Provoz vozidel je uvažován jako jednosměrný s pohonem vozidel vlastní silou. Jednotlivá parkovací stání jsou umístěna kolmo k jízdním pruhům. Parkovací kapacita jednoho podlaží činí 53 běžných parkovacích míst a 2 parkovací místa pro vozidla přepravující těžce pohybově postižené osoby. Celková kapacita hromadných garáží činí 110 parkovacích míst. Pro pěší provoz jsou v garážích umístěny dva vertikální komunikační objekty obsahující jak schodiště, tak i výtahy. Stavba je koncipována pro kompletně bezbariérový provoz. V jednom z komunikačních objektů jsou v obou podlažích umístěny oddělené toalety a další prostory pro technické a technologické vybavení potřebné k provozu objektu. Vedle vstupu do prostoru schodišť a výtahů jsou umístěny automaty pro

platbu a výdej parkovacích dokladů. Těmito doklady je rovněž limitován celodenní vstup uživatelů garáží do podzemních prostor.

d) Technické zařízení stavby

d.1) Vzduchotechnika

Podzemní prostory budou vybaveny automatickým systémem vzduchotechniky, která bude rozvedena na závěsech pod stropy tak, aby prostorové řešení nebránilo plynulému provozu. Prostory budou rovněž vybavena čidly pro signalizaci vysokých koncentrací zemního plynu, tudíž bude do těchto prostor povolen vjezd vozidel na pohon CNG. Vjezd vozidel s pohonem LPG nebude umožněn.

d.2) Zdravotní technika

Pro provoz hygienických zařízení a pro potřeby úklidu a údržby budou v garážích zřízeny rozvody pitné a teplé užitkové vody. Odvod odpadních vod z podlah bude proveden spádováním. Ležaté kanalizační potrubí bude vedeno na závěsech pod stropem k určeným sloupům, podél kterých bude svisle svedeno do šachty tlakové kanalizace. Veškeré vedení v prostoru sloupů bude chráněno proti mechanickému poškození vozidly nárazníky z ocelových pozinkovaných trubek.

d.3) Elektroinstalace

Prostory garáží a pomocných prostor budou elektrifikovány rozvodem z elektro-rozvodny, do které bude hlavní přívod elektrické energie veden nad dlouhodobě nejvýše naměřenou hladinou spodní vody. Rozvody těchto sítí budou rovněž umístěny pod stropem v ochranných obalech. Stejným umístěním budou rozvedeny i datové rozvody potřebné pro řízení automatických zařízení v garážích, zejména parkovacích systémů a čidel vzduchotechniky.

e) Popis konstrukčního řešení

Hlavní nosná konstrukce stavby je řešena jako monolitický železobetonový skelet. Veškeré interiérové nosné betonové konstrukce jsou třídy betonu C25/30, maximální jmenovitý průměr zrna kameniva je 16mm. Veškerá tyčová betonářská výztuž je pevnostní třídy B500, tažnosti B.

Vnější vodo-nepropustná železobetonová konstrukce bude provedena systémem bílé vany z betonu třídy C20/25.

Hlavním úkolem diplomové práce bylo řešení vnějších konstrukcí stavby, ostatní konstrukce jsou řešeny jen v rozsahu nutném pro návaznost s těmito konstrukcemi.

e.1) Konceptní návrh vnější vodo-nepropustné betonové konstrukce

Jako vodo-nepropustné stavby z betonu – „bílé vany“ se označují taková stavební díla, u kterých železobetonová konstrukce přejímá vedle nosné funkce i těsnicí funkci vůči prosakující vodě. Typickými oblastmi využití jsou dopravní stavby, nádrže a základové konstrukce budov a průmyslových staveb.

Ucelený koncept, na kterém je tato technologie založena, tvoří:

- vodo-nepropustnost betonu
- zamezení vzniku trhlin, snaha pokud možno zabránit jejich vytvoření
- rozdělení vzniklých trhlin vhodnou výztuží na trhliny tak malé, aby jimi bylo zabráněno prosakování vody.
- sanace vzniklých trhlin tak, aby byl v průběhu životnosti konstrukce zajištěn požadovaný stupeň vodo-nepropustnosti

Pro tento konkrétní projekt byla zvolena třída požadavků na vodo-nepropustnost vnějších stěn a základových desek A₁, která odpovídá záměru použití stavby jako garáží.

Konstrukční třída pro bedněné železobetonové stavební díly byla stanovena na Kon₁, jejíž bližší specifikace jsou následující:

- předpokládaná výška vodního sloupce 4,15 m (vč. výtahových šachet)
- minimální tloušťka stavebního dílu $\geq 0,35$ m
- omezení šířky trhlin na $\leq 0,2$ mm
- normalizovaný beton BS 1 C
- vzdálenost dilatačních/dělicích spár 15 až 30 m → navrženo 25 m
- vzdálenost pracovních spár ve stěnách ≤ 15 m

Výška vodního sloupce působící na spodní stavbu činí 4,15 m jako ustálená hladina podzemní vody. Tento údaj byl zjištěn analýzou podkladů z geofondu pro konkrétní oblast. Konstrukce tedy náleží do třídy tlaku vody W₁ (tlak vody 1 až 5 m).

Rozdělením konstrukčních částí na dílčí úseky pracovními, či dilatačními spárami, jakož i technologický postup při betonáži stavby v těchto spárách vyžaduje použití těsnících prostředků. Byly navrženy těsnící pásy z PVC umístěné na vnější stranu konstrukce (styk ŽB částí s bedněním), které svým umístěním umožňují volné uspořádání výztuže dle výpočtů a ostatních konstrukčních zásad bez dalších prostorových omezení. Jako těsnící prvky byly navrženy výrobky splňující tyto zásady:

Dilatační spáry:

- třída těsnícího pásu 2
- min. šířka 320 mm
- min. tloušťka 5 mm

Pracovní spáry:

- třída těsnícího pásu 1
- min. šířka 320 mm
- min. tloušťka 4,5 mm

Nedílnou součástí koncepčního návrhu je specifikace použitého betonu, jakož i jeho součástí. V souladu se směrnicí TP ČBS 02 a ČSN EN 206 byl pro vnější vodo-nepropustné betonové konstrukce zvolen normalizovaný beton BS1 C pevnostní třídy C20/25 (s předpokladem

dosažení pevnosti betonu po 56 dnech). Stupeň odolnosti prostředí byl zvolen s ohledem na charakter a použití stavby na XD2 a XF4. Během provozu garáží je v zimních měsících uvažováno zejména s působením rozmrazovacích prostředků oddělujících se z podvozků aut při pohybu v objektu a po jejich zaparkování. Samotná základová deska bude navíc chráněna vrstvou z prostého betonu o proměnlivé mocnosti 50 až 100 mm, opatřenou ochranným nátěrem. Během provozu však mohou být vlivem zanedbání údržby tento nátěr, jakožto i ochranná betonová vrstva porušeny. Při provozu stavby je počítáno s tím, že hlavní prostory stavby nebudou během zimy vytápěny ani temperovány. Jako pojivo bude použit cement s pomalým nárůstem pevnosti CEM III/B 32,5 N. Betonáž těchto konstrukcí je nejvhodnější naplánovat pokud možno na chladnější období roku.

e.2) Svislé nosné konstrukce

Vnější vodo-nepropustnou betonovou konstrukci tvoří stěny o tloušťce 500 mm, které budou ve styku se zeminou zatepleny vrstvou polystyrenu tloušťky 100 mm. Tyto stěny jsou navrženy z betonu C20/25 blíže specifikovaného výše v koncepčním návrhu.

Vnitřní svislé nosné konstrukce jsou tvořeny dvěma typy železobetonových sloupů a stěnami. První typ sloupů má zaoblený tvar o maximálních půdorysných rozměrech 300x700 mm s poloměrem zaoblení 150 mm. Druhý typ sloupů je s ohledem na uspořádání vyzdívek navržen jako obdélníkový o průřezovém rozměru 600x250 mm. Tyto sloupy budou později obestavěny cihelným zdívem tvořícím sociální a technické prostory. Jako nosné stěny jsou navrženy stěny z železobetonu o tloušťce 250mm, které budou tvořit komunikační prostory a zároveň budou plnit nosnou funkci pro uchycení nájezdových ramp. Veškeré vnitřní železobetonové konstrukce jsou navrženy z třídy betonu C25/30 XC2.

e.3) Vodorovné nosné konstrukce

Vodorovnou nosnou konstrukci tvoří monolitické stropní železobetonové převážně lokálně podepřené desky tloušťky 300mm, nad sloupy opatřené lokálním deskovým zesílením. Je použit beton třídy C25/30 XC2 a ocel třídy B500B. Deska je při obou površích ortogonálně vyztužena ocelovou betonářskou výztuží. Na stropních deskách jsou zavěšeny sítě technického zařízení, a to jak vzduchotechnika, tak rozvody zdravotnické a elektroinstalace. V prostorech náročných na vzhled je stropní konstrukce opatřena sádkokartonovým podhledem s protipožární odolností. Tyto konstrukce nebyly podrobněji analyzovány.

e.4) Nájezdové rampy

Pojízdným vertikálním komunikačním prostředkem jsou v garážích rampy. Tyto konstrukce jsou navrženy jako železobetonové desky tloušťky 200 mm z betonu C25/30 XC2, vetknuté do kolmých stěn. Betonáž a následné zmonolitnění proběhne až po betonáži ostatních přilehlých konstrukcí. Připojení ke svislým stěnám bude zprostředkováno speciálními výztužnými prvky, a to dodatečně vylamovacími lištami s předstihem umístěnými v přilehlých stěnách

e.5) Schodiště

Schodiště je řešeno jako železobetonové prefabrikované - deskové. Jednotlivá schodišťová ramena budou osazena na ozuby vytvořené v přilehlých monolitických podestách.

Hlavní i vedlejší schodišťové podesty budou rovněž připojeny přes vylamovací lišty do stěn. Schodišťová ramena budou široká 1200 mm, tloušťky 150 mm a materiálem bude železobeton třídy C25/30 XC2. Schodiště je opatřeno ocelovým pozinkovaným zábradlím o výšce 900 mm s dřevěným madlem. Jako povrchová úprava nášlapných ploch prostor schodiště a podest je navržen keramický obklad.

e.6) Vertikální komunikace – výtahy, šachty

Pro potřeby imobilních a méně pohybově zdatných uživatelů garáží budou v obou jádrech umístěny hydraulické výtahy. Výtahy se budou pohybovat ve výtahových šachtách o rozměru 2300 x 2000 mm přes všechna podlaží až na povrch, kde budou bezbariérově navazovat na výškovou úroveň dlažby veřejného prostranství. Jako obvodové konstrukce výtahových šachet jsou navrženy železobetonové stěny tloušťky 250 mm. Z technologických důvodů bylo pro hydraulický výtah nutné navrhnout dojezd do hloubky 1500 mm pod podlahu posledního podzemního podlaží. Tyto šachty jsou v přímém kontaktu se zemí a musí tedy být navrženy rovněž ve standardu vodo-nepropustné betonové konstrukce („bílé vany“). Dle zásad návrhu byly pro tyto šachty navrženy konstrukce tloušťky 350 mm a to jak stěny, tak i základová deska. Při dimenzování a posuzování připoje těchto stěn k hlavní základové desce však vzniká problém při smršťování a vynuceném namáhání betonových konstrukcí. Bez dalších opatření by došlo ke vzniku nadměrných trhlin a konstrukce by byla velmi obtížně dimenzovatelná. Z tohoto důvodu byly stěny dojezdů výtahových šachet opatřeny pružnou vrstvou z pěnového polystyrenu v tloušťce 100 mm umožňující z části volnou deformaci právě v místech styku hlavní základové desky a stěn dojezdů výtahů.

Hlavní vstupní objekty viditelné na povrchu terénu jsou rovněž navrženy jako monolitické železobetonové s plochou střechou. Tyto konstrukce jsou zatepleny kontaktním zateplovacím systémem. Zateplovací systém je realizován systémem s certifikátem ETICS. Výstup z objektu hromadných garáží je výškově sladěn s výškovou úrovní venkovní dlažby.

e.7) Svislé nenosné konstrukce

V objektu hromadných garáží je většina konstrukcí realizována jako monolitické, popřípadě prefabrikované železobetonové prvky. Prostory sociálních a technických zařízení jsou vyzděny dodatečně z keramických cihelných tvárníc systému THERM tloušťky 250 mm. Tyto nenosné stěny budou opatřeny vápenocementovou omítkou v tloušťce 15 mm. V prostorách toalet a technických místností budou stěny opatřeny keramickým obkladem.

e.8) Střešní konstrukce

Hlavní funkci zastřešení bude přebírat monolitická stropní deska nad prvním podzemním podlažím. Tloušťka desky je navržena na 300 mm a nad sloupy je umístěno lokální deskové zesílení. Na této nosné konstrukci bude umístěná vegetační vrstva tloušťky 750 mm. Na této vrstvě budou dále umístěny objemné truhlíky se zemním substrátem určené pro výsadbu listnatých stromů. Kořeny těchto stromů budou zčásti zasahovat i do spodní vegetační vrstvy. Budou použity stromy s nízkým rozvojem kořenového systému a s pomalým charakterem růstu. Jako nejvhodnější druh dřevin jsou navržena výsadba olší v předpěstovaném stavu. Objemové truhlíky budou z lehčeného betonu nebo z kombinace materiálů dřevo/kov. Takto navržená

vrstva nad nosnou deskou zaručuje do budoucna velkou variabilitu veřejného prostoru s možností výstavby menších staveb.

Zastřešení vstupních objektů je realizováno plochými střechami, jejichž nosnou konstrukci tvoří monolitické železobetonové desky tloušťky 150 mm. Nad těmito deskami budou provedeny spádové vrstvy, zateplení a hydroizolační vrstva z PVC pásů opatřena kamenným záhozem z oblázků jako ochrannou vrstvou.

e.9) Základové konstrukce

Základové poměry v posuzované oblasti byly podrobně analyzovány z mnoha dostupných podkladů. Nejlepším zdrojem informací byla archivní data z geofondu, ze kterých bylo možné určit jak geologickou, tak i hydrogeologickou situaci lokality. Jako podloží byla zjištěna přítomnost zejména písků a ustálená hladina podzemní vody byla naměřena ve výšce 4,9 m pod povrchem terénu.

Základová konstrukce byla navržena jako desková. Tloušťka základové desky činí 500 mm a je vyztužena ortogonální výztuží při obou površích. V prostoru pod sloupy je navržena i výztuž zabráňující smykovému porušení desky od osamělých sil sloupů ve formě dvouhlavých smykových trnů. Deska je vybetonována na podkladní betonovou vrstvu s hlazeným povrchem opatřenou dvěma vrstvami PE fólií zajišťujících snížení tření mezi základovou deskou a podkladními vrstvami.

Jeden z důležitých aspektů byl i posudek na vztlak podzemní vody z důvodu objemné, v těchto souvislostech „poměrně lehké“ podzemní stavby. Při odlehčení budoucí konstrukce o veškeré nenosné části včetně podlahových desek a zároveň maximální hladiny podzemní vody v jeden okamžik by mohlo dojít k „vyplavání“ celé konstrukce. Na zanechání balastního zatížení na povrchu terénu nelze při rekonstrukci za několik desetiletí spoléhat. Bylo proto navrženo použití 32 ks trvalých zemních pramencových kotev o síle v každé kotvě 475 kN. Umístění těchto kotev bylo navrženo doprostřed jednotlivých deskových polí.

f) Technologické řešení výstavby

f.1) Příprava staveniště a realizace stavební jámy

V první fázi přípravných prací bude sejmuta ornice a budou osazeny záporové stěny podzemních dočasných stěn. V dalších fázích bude postupně odtěžována zemina a do záporových nosníků budou osazovány výdřevy zabráňující propad zeminy do hloubené stavební jámy. Po dosažení určené hloubky bude přes další ocelové elementy převážek provedeno kotvení záporových stěn pramencovými zemními kotvami. Po tomto zakotvení může být celý výkop kompletně vyhlouben, přičemž budou postupně doplňovány výdřevy do záporových nosníků. Před dosažením úrovně hladiny spodní vody musí být tato hladina snížena pomocí výkonných podzemních čerpadel umístěných ve vrtech v blízkém okolí stavební jámy tak, aby nebyl ovlivněn postup betonáže podzemních konstrukcí. Během provádění výkopových prací musí být průběžně monitorován stav okolních staveb, aby byla zamezena možnost vzniku statických poruch a ostatních vlivů v důsledku prováděných prací. V prostoru mezi záporovou stěnou výkopu a budoucí stěnou stavby bude zřízen manipulační prostor o šířce 1,2 m. V tomto

prostoru bude umístěno bednění stěn a následně tudy bude umožněn přístup pro ošetřování čerstvého betonu.

f.2) Provádění monolitické železobetonové základové desky

Po vyhloubení stavební jámy budou provedeny podkladní vrstvy z prostého betonu. Přes tyto vrstvy budou provedeny vrty a osazeny zemní pramencové kotvy, které budou přizpůsobeny pro dodatečné napínání po zhotovení základové desky. Následně budou na podkladní beton položeny povlakové PE fólie. Na určená místa budou rozmístěny těsnící prvky dle výkresové dokumentace, včetně průchodek pro prostup zemních kotev deskou. Dalším krokem bude uložení výztuže dle jednotlivých výkresů. Distanční prvky tyčové výztuže ve styku s exteriérovým povrchem musí být celo-betonové s certifikátem pro použití ve vodo-nepropustných betonových konstrukcích. Před betonáží bude provedena nezávislá kontrola výztuže včetně požadovaného krytí jednotlivých celků. Během ukládání betonové směsi do bednění bude z důvodu zlepšení vlastností betonu použito vibračních lišt a ponorných vibračních mechanismů. Jako první proběhne betonáž základových desek dojezdů výtahů. Po proběhnutí smršťování betonu budou očištěny těsnící prvky ve styku deska – stěna a bude zahájena betonáž stěn dojezdů výtahů. Tyto stěny budou po obvodě opatřeny pružnou vrstvou z pěnového polystyrenu o tloušťce 100 mm. Po betonáži těchto stěn a následném odbednění budou očištěny těsnící prvky ve styku stěna - hlavní základová deska. Betonáž hlavní základové desky je z důvodu dilatace rozdělena na tři oddělené celky, které budou betonovány postupně; vždy bude následovat betonáž dalšího celku až po průběhu smršťování celku předchozího. Během ošetřování hotových celků bude použito světlé fólie umístěné na povrch desky ve styku se vzduchem. V průběhu všech prací je nutné dbát na celistvost a neporušenost těsnících prvků, které v této konstrukci hrají důležitou roli. V případě porušení některého prvku musí být toto místo opraveno postupem, který je uveden ve směrnici TP ČBS 02, popřípadě dle pokynů výrobce těsnících prvků, je-li tento postup v souladu se směrnici TP ČBS 02. Po betonáži a dosažení pevnosti základové desky budou osazeny na místa zemních kotev roznášecí kruhové desky z plechu o průměru 300 mm. Tyto kotvy budou napnuty dle statického výpočtu a prostup přes základovou desku bude zainjektován z důvodu těsnění proti spodní vodě.

f.3) Provádění monolitických železobetonových stěn a sloupů

V návaznosti na dokončenou betonáž základové desky bude zahájena realizace svislých železobetonových konstrukcí. Výztuž bude navázána na připravenou vyčnívající výztuž ze základové desky. Výztuž bude vyvázána na výšku jednoho podlaží. Před betonáží bude provedena kontrola a očištění těsnících prvků umístěných v bednění ve styku základová deska-stěna. Je vhodné použít systémové bednění se světlým povrchem z důvodu nižšího tepelného zatížení konstrukce. Během betonáže bude ukládaná betonová směs hutněna ponornými vibrátory.

Ve stejné fázi bude započato vyztužování a následně bednění sloupů systémovým velkoformátovým bedněním. Sloupy již nejsou součástí vodo-nepropustné obálky konstrukce, tudíž zde bude použita třída betonu C25/30 XC2 zajišťující rychlejší nárůst pevnosti a v konečném výsledku vyšší únosnost sloupu. Při ukládání betonové směsi bude tato směs hutněna ponornými vibrátory z kontrolní plošiny umístěné nad bedněním.

f.4) Provádění monolitické železobetonové stropní desky nad 2.S

Bednění železobetonové monolitické desky bude provedeno velkoformátovým bedněním se zohledněním deskových zesílení nad sloupy. Následně bude vyvázána ortogonální výztuž desky podle projektové dokumentace. Před betonáží bude provedena kontrola výztuže a správného uložení a očištění těsnících prvků. Ukládaná betonová směs bude hutněna vibračními lištami.

f.5) Provádění obvodových vyzdívek a vnitřních dělicích konstrukcí

Nenosné obvodové a vnitřní dělicí zdivo bude prováděno v souladu se schválenými technologickými předpisy výrobců jednotlivých použitých systémů typu THERM. Tyto konstrukce budou realizovány až po provedení veškerých ostatních železobetonových nosných konstrukcích.

g) Statické řešení konstrukce

g.1) Výpočtový model

V programu RFEM 5.01.0119 byla na základě výkresu tvaru vymodelován komplexní model konstrukce, který byl převeden z programu ArchiCAD 19. Tloušťky desek a dimenze jednotlivých prvků byly pro vsazení do výpočtu určeny empirickými vztahy. Desky byly vytvořeny jako samostatné prvky se zohledněním geometrických a materiálových charakteristik jednotlivých prvků. Sloupy byly modelovány jako pruty rovněž se skutečným průřezem a materiálovými vlastnostmi. Podepření modelu bylo zvoleno jako víceparametrický model podloží RF-SOILIN, který je schopen iteračním postupem vyjádřit přesné hodnoty parametrů podloží C. Do programu byla vložena přesná skladba jednotlivých vrstev podloží včetně všech jejich detailů. Toto bylo modelováno pomocí čtyř vrtů umístěných vně konstrukce při jednotlivých rozích. Poté byla vytvořena síť konečných prvků a to pokud možno trojúhelníky a čtyřúhelníky o základním rozměru 0,25 m. V místech styků jednotlivých desek byla síť zahuštěna na 0,15m. Při generování sítě konečných prvků nebyly programem hlášeny žádné problémy a konečné prvky splňovaly geometrické zásady pro správné zobrazení výsledků.

g.2) Zatěžovací stavy

Bylo vytvořeno několik zatěžovacích stavů, které měly za cíl napodobit různé fáze zatížení konstrukce. Ve stálém zatížení byla zohledněna vlastní tíha, ostatní stálé zatížení a dále například zatížení od zemních kotev bránících vyplavání konstrukce. Dalším zatěžovacím stavem bylo zatížení proměnné, které je v garážích stanoveno na provoz osobních automobilů dle dopravní legislativy do 3,5 t, zde reprezentováno zatížením 2,5 kN/m². V prostoru veřejného prostranství je zatížení nadsazeno na provoz těžkých nákladních automobilů o hodnotě 5 kN/m². Dalšími typy zatížení byl vztlak podzemní vody a zatížení zemním tlakem působícím na konstrukci. Z klimatických zatížení bylo použito pouze zatížení sněhem. Lokalita, ve které se stavba nachází, je podle normativního předpisu ČSN EN 1991-1-3 zařazena do I. sněhové oblasti. Zatížení větrem je v daném případě bezpředmětné, neboť stavba se z podstatné část nachází pod zemí a nadzemní části jsou před působením větru chráněny vysokou okolní zástavbou, která místy dosahuje až 20 metrů. Celkem tedy bylo vytvořeno osm zatěžovacích stavů.

g.3) Kombinace zatížení

Při tvorbě kombinací byla zohledněna kombinační pravidla jak pro mezní stav únosnosti, tak i pro mezní stav použitelnosti. Pro první mezní stav byly jednotlivé kombinace tvořeny podle rovnice 6.10. Pro druhý mezní stav byly kombinace tvořeny z kvazistálých hodnot. Tyto kombinace byly určovány na základě pravidel obsažených v normativním předpisu ČSN EN 1991-1-1. Výjimku tvoří kombinace ověřující vyplavání vany při jejím úplném odlehčení např. během rekonstrukce a zároveň dosažení maximálního stavu hladiny podzemní vody. Vzhledem k použití modelování podloží programem RF-SOILIN byla z každého mezního stavu vybrána jedna reprezentativní kombinace zatížení, která se následně zohlednila v analýze vnitřních sil. Pro modul RF-SOILIN byla vybrána jedna kvazistálá kombinace z mezního stavu použitelnosti.

g.4) Výpočet a výsledné vnitřní síly

Samotný výpočet byl proveden analýzou podle II. řádu (P-delta) metodou konečných prvků. Při výpočtu podle teorie II. řádu se zjišťuje rovnováha na přetvořené konstrukci při malých deformacích. Případné normálové síly v konstrukci vyvolávají větší ohybové momenty. Jako kritérium přerušení výpočtu podle teorie II. řádu se používá rozdíl v normálové síle v jednotlivých iteracích.

Při nelineárním výpočtu podle teorie II. řádu se vychází z předpokladů teorie pružnosti I. řádu a těchto doplňujících podmínek:

- nedochází k žádným plastickým deformacím
- nemění se směr vnějších sil
- není-li podélná síla v prutu konstantní (např. u sloupů), použije se pro výpočet parametru prutu ε průměrná hodnota normálové síly N .

Pro metodu řešení soustavy nelineárních rovnic byla z několika metod jako nejvhodnější vybrána Picardova metoda postupných aproximací. Picardovu metodu, známou také jako metoda sečen, lze chápat jako konečnou diferenční aproximaci Newtonovy metody. Sleduje se rozdíl mezi aktuálním a prvotním iteračním cyklem při aktuálním přírůstku zatížení. Tato metoda konverguje většinou pomaleji, než výpočet Newton-Raphsonovou metodou. Projevuje ovšem také nižší citlivost v případě nelineárních úloh, a výpočet je tak stabilnější.

Po dokončení nelineárního výpočtu byly zobrazeny výsledné hodnoty vždy jedné konkrétní kombinace zatížení. Jak pro mezní stav únosnosti, na který bylo provedeno počáteční dimenzování výztuže, tak později i pro posudky vyžadující hodnoty výsledků z kvazistálé kombinace pro mezní stav použitelnosti. Nad oblastmi lokálních podpor vykazujících ve skutečnosti značně nadhodnocené ohybové momenty bylo provedeno průměrování na šířku sloupového pruhu. Jako směrodatná hodnota maximálního ohybového momentu nad sloupem byla brána hodnota odečtená na líci sloupu. Z důvodu kontrolovatelnosti těchto dat byly vytvořeny přehledné půdorysy a řezy v izometrii s vyznačením jednotlivých výsledků.

Tyto výsledné hodnoty byly přeneseny ve formě tabulky do statického výpočtu a dále zpracovávány pro návrh výztuže v jednotlivých posudcích.

g.5) Návrh a posouzení výztuže – mezní stav únosnosti

Návrh výztuže v základové desce na mez porušení ohybovým momentem byl proveden na obdélníkovém průřezu jednostranně vyztuženém na výseku o šířce jednoho metru. Tlačená výztuž nebyla výpočtem uvažována. Po provedení návrhu bylo rovněž posouzeno dodržení konstrukčních zásad. Z důvodu velkého množství posuzovaných průřezů byl pro návrh výztuže použit tabulkový procesor Microsoft Excel. V jednom průřezu byl výpočet tabulkového procesoru kompletně přepočítán ručně. Bylo dosaženo 100% shody výsledků. Byla navržena obousměrná ortogonální výztuž při horním a dolním povrchu. Pro zjednodušení vyztužovacích prací byl v celé desce navržen základní rastr výztuže, který byl v nevyhovujících místech souměrně doplněn o další výztuž. Výztuž je spojitá s prostřídánými přesahy jasně patrnými ve výkresové dokumentaci. Výpočet, jakožto i zásady vyztužení jsou v souladu s platnou normou ČSN EN 1992-1 a ČSN 73 1201:2010.

Výztuž na mez porušení posouvající silou (protlačení základové desky sloupem) byla počítána softwarem vyvinutým výrobcem systému výztuží SCHÖCK BOLE. V jednom průřezu byl výpočet smykové výztuže úspěšně ověřen ručním výpočtem dle metodické příručky výrobce výztuží a v součinnosti s platnou evropskou normou ČSN EN 1992-1-1.

Dimenzování výztuže do podzemních stěn bylo provedeno na namáhání konstrukce odpovídající kombinací ohybového momentu a normálové síly. V reprezentativních průřezích byl proveden výpočet interakčním diagramem. V extrémně namáhaných místech (typicky ve styku podzemní stěny a stropní desky nad 1.S byla provedena další posouzení. V některých místech byla navržena doplňková výztuž pro zachycení ohybového momentu, která i zde doplňuje základní navržený rastr výztuží.

Obdobným způsobem byly provedeny návrhy výztuže i pro šachty dojezdů výtahů, které svým charakterem lze rovněž rozdělit na desky a stěny.

g.6) Návrh a posouzení výztuže - mezní stav použitelnosti

Vzhledem se skutečnosti, že celá vnější obálka stavby je navržena jako vodoněpropustná betonová konstrukce (tzv. „bílá vana“), bylo nutné prokázat použitelnost. Konkrétně omezením šířky trhlin při převažujícím vlivu zatížení a omezením šířky trhlin při převažujícím vynuceném namáhání. Pro účely těchto výpočtů byla vybrána ta místa v konstrukci, která vykazovala maximální hodnoty sledovaných vnitřních sil. V těchto místech byly provedeny posudky na prokázání vzniku trhlin. Pokud byl v těchto případech výpočtem prokázán vznik trhlin, byla následně posouzena jejich šířka, zda tato šířka nepřesahuje mez stanovenou v použitých technických pravidlech. K posouzení konstrukce na vynucená namáhání byly pro výpočet vybrány vždy zastupující části konstrukcí (desek i stěn), které vykazovaly stejný poměr rozměrů. Také zde byla kontrolována šířka trhlin, která nepřekročila předem stanovenou mez, zde 0,2 mm. Vzhledem, k tomu, že poměrná deformace od vynuceného namáhání v celé konstrukci nepřekročila hodnotu 0,8‰, podle směrnice ČBS TP 02 nebylo nutné tyto dva druhy namáhání vzájemně superponovat a byly tedy posuzovány odděleně.

Výpočtem byla navržena výztuž, která vyhověla na následná posouzení ve všech přípustných namáháních. Přesto toto všechno je nutné vzít v potaz následující skutečnosti:

- vynucená namáhání inicializující vznik trhlin lze určit výpočtem jen s omezenou přesností
- jeden z nejdůležitějších parametrů pro výpočet vzniku a charakteru trhlin, pevnost betonu v tahu, podléhá značnému rozptylu

Je proto třeba vycházet ze základního faktu, že při dnešním stavu techniky nelze naprostou nepřítomnost trhlin v železobetonových stavebních objektech řízeně zaručit.

Během prvních měsíců provozu je přes všechny snahy možný výskyt drobnějších průsaků v některých místech, který lze řešit buďto aktivací některého předem zabudovaného injektážního systému v konstrukci, nebo přímou sanací jednotlivých postižených míst injektáží.

Závěr

Projektem byl navržen objekt podzemních garáží pro osobní automobily. Hlavním cílem projektu bylo navržení vnější vodo-nepropustné betonové konstrukce objektu. Pro výpočet byl použit program RFEM 5.01.0119, pracující na bázi metody konečných prvků. Z navržených a posuzovaných prvků se jedná o monolitickou železobetonovou základovou desku o půdorysných rozměrech 72,7 m x 29,1 m a tloušťce 500 mm. Součástí této základové desky jsou i šachty dojezdů výtahů o vnitřních rozměrech 2 x 2,3 m. Tloušťka těchto konstrukcí je 350 mm. Byla navržena ortogonální betonářská výztuž při obou povrchích desky. V oblasti lokálních podpor byly navrženy systémové výztužné prvky smykové výztuže a to smykové trny umístěné na lištách typu SCHÖCK BOLE O. Dále byly navrženy monolitické železobetonové podzemní stěny tloušťky 500 mm. Součástí návrhu bylo i rozmístění těsnících prvků pro zamezení průsaků spodní vody do objektu garáží během jejich provozu. Veškerá výztuž byla posouzena prokázáním únosnosti, prokázáním použitelnosti při omezení šířky trhlin od převažujících vlivů zatížení a prokázáním použitelnosti omezením šířky trhlin při převažujícím omezeném přetvoření. Navržená konstrukce a použité postupy jsou v souladu s platnou legislativou, normativními předpisy platnými na území Evropské unie ČSN EN 1992-1-1, ČSN 73 1201:2010 a technickými pravidly české betonářské společnosti TP ČBS 02. Statický výpočet a výkresová dokumentace je součástí příloh této diplomové práce.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1990 ed. 2. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [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: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [5] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [6] ČSN EN 1992-1-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- [7] ČSN EN 1997-1: *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- [8] ČSN 73 1201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] ČSN 73 6056. *Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [10] ČSN 73 6058. *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [11] ZICH, Miloš a Zdeněk BAŽANT. *Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 161 s. ISBN 978-80-7204-693-5.
- [12] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [13] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 330 s. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-03-9.

[14] HOLICKÝ, Milan, Jana MARKOVÁ a Miroslav SÝKORA. *Zatížení stavebních konstrukcí: příručka k ČSN EN 1991 /: příručka k ČSN EN 1991*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 131 s. Technická knižnice. ISBN 978-80-87093-89-4.

[15] MASOPUST, Jan. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí: příručka k ČSN EN 1997*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2012, 208 s. ISBN 978-80-87438-31-2.

[16] KUDRNA, Jan. *Nosná železobetonová konstrukce administrativní budovy*. Brno, 2014. 19 s., 161 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.

[17] SCHÖCK-WITTEK S.R.O. *Schöck Bole®: Smyková výztuž proti protlačení* [online]. 2014-05-25 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.schoeck-wittek.cz/cs/produkty/smykova-v-ztu-proti-protla-eni-57?pf=1>

[18] *Stykovací výztuž HALFEN HBT* [online]. Praha: HALFEN, s.r.o., 2015, 14.12.2015 [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/reinforcementsystems/HBT_15.pdf

[19] *Vliv vegetace na podzáklaď a stabilizaci terénu* Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/zaklady/7711-vliv-vegetace-na-podzakladi-a-stabilizaci-terenu> [online]. Praha: Portál TZB-info, 2011, 8.8.2011 [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zaklady/7711-vliv-vegetace-na-podzakladi-a-stabilizaci-terenu>

[20] *Těsnicí pásy Sika® a Tricosal® pro těsnění dilatačních a pracovních spár s* [online]. Praha: Sika CZ, s.r.o., 2015, 2015 [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: http://cze.sika.com/dms/getdocument.get/86832d4e-cd94-3874-b67c-cc7eceedad25/Sika%20and%20Tricosal_CZ_web.pdf

[21] *Bílé vany: vodotěsné betonové konstrukce : technická pravidla ČBS 02*. 2., upr. vyd. Praha: ČBS Servis, 2007, 66 s. ISBN 978-80-87158-03-6.

[22] KASAL, Pavel, Vlastimil ŠRŮMA (ed.) a Zuzana ŠRŮMOVÁ (ed.). *Bílé vany: vodonepropustné betonové konstrukce : sbírka přednášek, příkladů a prezentací k 2. běhu školení*. 2., upr. vyd. Praha: ČBS Servis, 2007, 259 s. ISBN 978-80-87158-02-9.

[23] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí podle EN 1992-1-1 (Eurokódu 2): sbírka příkladů ke školení*. 3. vyd., upr. Praha: ČBS Servis, 2007, 183 s. ISBN 978-80-87158-01-2.

Použitý software

Autodesk AutoCAD 2016 – studijní licence

Autodesk Advance Concrete 2016 – studijní licence

Graphisoft ArchiCAD 19 – studijní licence

Dlubal RFEM 5.01.0119 – studijní licence

Microsoft Office 2016

Seznam použitých zkratk a symbolů

A_{cc}	průřezová plocha tlačeného betonu
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
A_{sw}	plocha smykové výztuže v celém kontrolovaném obvodu
b	šířka příčného řezu
b_w	šířka nosníku
d	účinná výška průřezu
E	modul pružnosti materiálu
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
ϵ_{cu3}	mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{yd}	návrhová pevnost betonářské výztuže (mez kluzu)
f_{yk}	charakteristická pevnost betonářské výztuže (mez kluzu)
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
$f_{ywd,eff}$	účinná návrhová pevnost smykové výztuže
G, g	hodnota stálého zatížení
h	výška prvku
h_s	tloušťka desky
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti (dle ČSN EN 1992-1-1)
m_{xD}^+	návrhový ohybový moment při spodním okraji desky ve směru x
m_{yD}^+	návrhový ohybový moment při spodním okraji desky ve směru y
m_{xD}^-	návrhový ohybový moment při horním okraji desky ve směru x
m_{yD}^-	návrhový ohybový moment při horním okraji desky ve směru y
T_{Ed}	návrhový kroučící moment
T_{Rd}	kroučící moment na mezi únosnosti
Q, q	hodnota proměnného zatížení
V_{Ed}	návrhová posouvající síla
x	vzdálenost od krajních tlačených vláken k neutrálné ose
α_{cc}	součinitel uvažující dlouhodobé účinky na tlakovou pevnost
β	součinitel vyjadřující vliv excentricity působící síly vůči těžišti styčné plochy
γ_c	součinitel spolehlivosti betonu
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení vč. modelových nejistot a proměnnosti rozměrů
γ_Q	dílčí souč. proměnného zatížení vč. modelových nejistot a proměnnosti rozměrů
γ_s	součinitel spolehlivosti betonářské výztuže
η	převodní součinitel
λ	redukční součinitel výšky tlačené oblasti
ν	Poissonův součinitel
ν_{min}	empirický vztah pro únosnost betonu ve smyku (protlačení)
$\nu_{Rd,c}$	únosnost betonu ve smyku (protlačení)
ϕ	průměr prutu betonářské výztuže
l (nebo L)	délka; rozpětí
d	účinná výška průřezu
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
c	krytí výztuže betonem

Poznámka: Použité značky vycházejí z ISO 3898:1987

Seznam příloh

P1) Použité podklady

P2) Výkresová dokumentace

P3) Statický výpočet