



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 PREFABRIKOVANÉ HALY TĚLOCVIČNY

DESIGN OF A PREFABRICATED GYM HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Házy

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Michal Házy
Název	Návrh prefabrikované haly tělocvičny
Vedoucí práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

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

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební podklady.
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN.
3. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986.
4. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.
5. Vhodné výpočetní programy (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.)
6. Zich M., Bažant Z., Montované betonové konstrukce, CERM 2018.
7. Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce, nádrže a zásobníky, CERM 2010

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadané dispoziční uspořádání vypracovat stavební a konstrukční konstrukce haly tělocvičny. Zaměřit se na řešení vazníku. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže). Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x), Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem prefabrikované haly tělocvičny. V úvodu byly ukázány některé možnosti statického řešení hal a jejich konkrétní realizace. Dále jsou v práci řešeny varianty návrhu vazníku tvaru I profilu jako železobeton a jako předpjatý beton. Vazník přenáší zatížení na čtvercové sloupy, které jsou uloženy na železobetonových patkách, přes které se přenáší zatížení dále do podloží. Sloupy a patky nebyly v rámci bakalářské práce řešeny. Obsah bakalářské práce je založen na dimenzování jednotlivých variant vazníku podle ČSN EN 1992-1-1. Tyto prvky jsou dimenzovány na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Ve výkresové části jsou zpracovány výkresy skladby, tvarů a výztuže.

KLÍČOVÁ SLOVA

Statické řešení hal, železobetonový vazník, předem předpjatý vazník, železobeton, statický výpočet, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on design of prefabricated gym hall. In the introduction were shown some of possibilities of static solutions of halls and their concrete realization. Furthermore, the work also addresses variants of the design of the I-shaped truss profile as reinforced concrete and as prestressed concrete. The truss transmits the load to the square columns, which are placed on reinforced concrete pavements, through which the load is transmitted further to the subsoil. Columns and pavements were not solved within the bachelor's thesis. The content of the bachelor thesis is based on the dimensioning of individual truss variants according to ČSN EN 1992-1-1. These elements are dimensioned to the ultimate limit state and the serviceability limit state. Drawings of the composition, shapes and reinforcement are processed in the drawing part.

KEYWORDS

Static solution of halls, reinforced concrete truss, prestressed truss, reinforced concrete, static calculation, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Michal Házy *Návrh prefabrikované haly tělocvičny*. Brno, 2022. 19 s., 128 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh prefabrikované haly tělocvičny* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2022

Michal Házy
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh prefabrikované haly tělocvičny* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2022

Michal Házy
autor práce

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Milošovi Zichovi, Ph.D. především za jeho trpělivost a ochotu při vedení mé práce.

Michal Házy



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 PREFABRIKOVANÉ HALY TĚLOCVIČNY

DESIGN OF A PREFABRICATED GYM HALL

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Házy

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2022

Obsah

Obsah	10
1 Úvod	11
2 Statické řešení halových objektů	11
2.1 Rozdělení konstrukcí hal	11
2.1.1 Rozdělení podle rozpětí a materiálu	11
2.1.2 Rozdělení podle počtu polí a statického řešení	11
2.2 Jednotlivé konstrukční prvky vazníků	12
2.3 Příklady realizovaných hal	13
Zimní stadion Škoda Icerink ve Strašnicích v Praze [5]	13
Aplikační centrum baluo - Objekt SO.03 testovací hala [10]	14
3 Popis konstrukčního systému řešené stavby	14
4 Popis jednotlivých variant návrhu vazníku	14
3.1 Geometrie vazníku	14
3.2 Varianta 1 – železobetonový vazník	14
3.2.1 Materiálové charakteristiky	14
3.2.2 Mezní stav únosnosti (ULS)	15
3.2.3 Mezní stav použitelnosti (SLS)	15
3.2.3 Analýza návrhu	15
3.3 Varianta 2 – předpjatý vazník	15
3.3.1 Materiálové charakteristiky	15
3.3.2 Návrh předpětí	15
3.3.3 Ztráty	15
3.3.4 Mezní stav použitelnosti (SLS)	15
3.3.5 Mezní stav únosnosti (ULS)	16
3.3.6 Stádium výroby a montáže	16
5 Zatížení uvažovaná ve výpočtu	16
6 Závěr	16
7 Použité podklady a literatura	17
8 Seznam příloh	19

1 Úvod

Bakalářská práce je úvodem zaměřena na statické řešení hal. Jsou zde zjednodušeně představeny některé varianty řešení halových konstrukcí. Převážná část práce je návrh a posudek hlavních nosných prvků tělocvičny. Hala byla řešena jako typická příčná vazba haly, která je tvořena ze sloupů a vazníku. Práce je zaměřena především na návrh vazníku.

Nejprve byl proveden návrh vazníku jako železobeton a následně jako předpjatý beton. Byly zde provedeny výpočty jednotlivých variant ručním výpočtem, doplněné grafickým znázorněním vnitřních sil a zatížení ze softwaru SCIA Engineer. Výkresová dokumentace byla zpracovaná v softwaru AutoCAD 2021. Návrh výztuže vybraných částí byly provedeny v souladu s evropskými normami, a to převážně s ČSN EN 1992-1-1.

2 Statické řešení halových objektů

2.1 Rozdělení konstrukcí hal

Pro lepší orientaci v řešené problematice jsou zde uvedené možnosti konstrukčního řešení hal ve vztahu rozpětí a vhodného materiálu a dále pak samotného statického řešení především pro jednolodní konstrukce, které jsou pro sportovní tělocvičny nejvhodnější.

2.1.1 Rozdělení podle rozpětí a materiálu

Volba materiálu pro jednotlivé konstrukční prvky je závislá převážně na rozpětí haly. Zde je uvedeno základní rozdělení materiálu s doporučeným rozpětím.

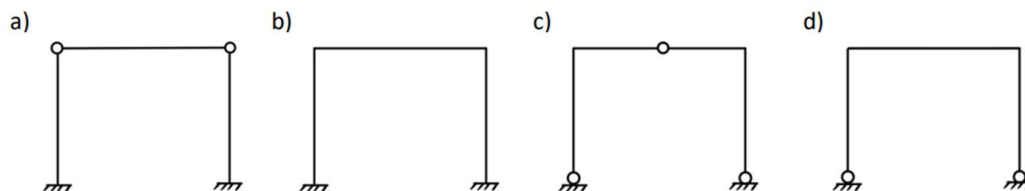
Rozpětí	Stěny/sloupy	Střešní konstrukce
$L < 12 \text{ m}$	zděné	dřevo
$12 \text{ m} < L < 18 \text{ m}$	zděné, betonové, ocelové	dřevo, železobeton, ocel
$L > 18 \text{ m}$	betonové, ocelové	železobeton, ocel, předpjatý beton
$L > 26 \text{ m}$	betonové, ocelové	ocel, předpjatý beton

2.1.2 Rozdělení podle počtu polí a statického řešení

Podle počtů polí rozlišujeme konstrukce jednolodní, dvojlodní a vícelodní. Statický systém musí být dostatečně tuhý, tak aby přenesl zatížení do základů. Pro tuto práci si konkrétně ukážeme varianty jednolodních konstrukcí. Nejčastější rozdíly jsou v řešení jednotlivých spojů.

- Vetknuté sloupy a kloubově uložený vazník
- Vetknutá rámová konstrukce
- Kloubově uložené sloupy s kloubem uprostřed rozpětí
- Rámová konstrukce s kloubově uloženými sloupy

Jednotlivé možnosti statického působení halových jednolodních halových konstrukcí [5]



2.2 Jednotlivé konstrukční prvky vazníků

Tato část je zaměřena přímo na betonové vazníky. Rozlišujeme, zda jsou prvky prefabrikované tzn. vyrobené v továrně nebo monolitické tzn. vyrobené přímo na stavbě. Pro představu jsou zde uvedeny některé typy.

I) Příhradový dodatečně předpjatý betonový vazník



II) Plnostěnný předpjatý betonový vazník [8]



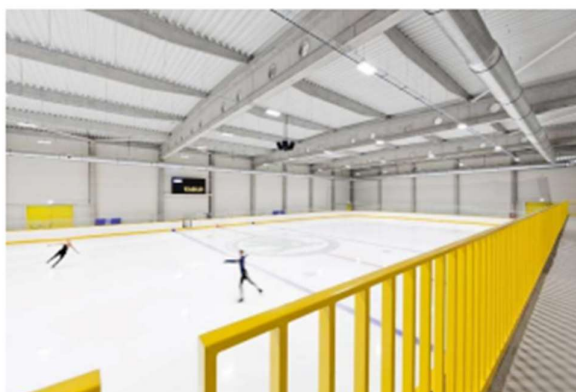
III) Vylehčený betonový sedlový vazník [9]



2.3 Příklady realizovaných hal

Jako příklady jsou uvedeny 2 sportovní haly a jejich konstrukční řešení.

Zimní stadion Škoda Icerink ve Strašnicích v Praze [5]



Konstrukční systém je zde vaznicový tzn. na sloupy jsou uloženy vazníky a na vaznících jsou uloženy vaznice. Vazníky jsou kloubově uloženy a jsou vylehčeny kruhovými otvory. Sloupy mají osovou vzdálenost 12 m a jsou propojeny po obvodu průvlaky. Všechny nosné prvky zde jsou vytvořeny jako pohledový beton. Střešní plášť je tvořen z trapézového plechu, který je netuhý, proto byli navrženy diagonální ztužidla. Pro základovou konstrukci byly zde zvoleny kalichové patky.

Aplikační centrum baluo - Objekt SO.03 testovací hala [10]



Statické řešení této haly je provedeno jako monolitická rámová konstrukce doplněná ztužujícími stěnami pro zajištění prostorové tuhosti. Hlavní prostor haly je řešen jako bez vaznicový systém s příhradovými vazníky a zastřešení je opět z trapézového plechu.

3 Popis konstrukčního systému řešení stavby

Konstrukční systém výrobní haly tvoří jednodílný železobetonový prefabrikovaný skelet. Sloupy jsou čtvercového rozměru 500x500 a modulová vzdálenost sloupů je 6,5 m. Ve vrcholu hlav sloupů jsou navrženy sloupové vidlice, které slouží pro uložení vazníku. Vazník je tvaru I profilu s výškou 1,60 m na rozpětí 31,940 m. Systém je bez vaznicový. Na vazníku je přímo uložený střešní plášť.

Založení objektu je na velkopřůměrové vrtané piloty. Na hlavy pilot budou vybetonovány kalichy, do kterých budou sloupy vetknuty.

4 Popis jednotlivých variant návrhu vazníku

3.1 Geometrie vazníku

Obě varianty vazníku budou ukládány v příčném směru do vidlic v hlavách sloupů. Navrhujeme „I“ profil s průměrnou výškou 1600 mm. Celková délka vazníku je 31,940 m a teoretická délka použitá pro výpočet je 31,600 m. Vazník je průřez nesymetrický. Pro zjednodušení ručních výpočtů jsme uvažovali průřez symetrický. Úprava geometrie byla provedena tak, aby nedošlo ke změně průřezových charakteristik.

3.2 Varianta 1 – železobetonový vazník

3.2.1 Materiálové charakteristiky

Tato varianta vazníku je navržena z betonu C35/45 a betonářské oceli B500B. Z důvodu, značného rozpětí, bylo zvoleno celkem 10 profilů výztuže největšího možného dostupného průměru 32 mm.

3.2.2 Mezní stav únosnosti (ULS)

Při posouzení na mezní stav únosnosti průřez vyhověl na ohyb. Na smyk byl průřez rozdělen do tří oblastí, kde v oblasti 1 a 2 byla navržena smyková výztuž a v oblasti 3 byla výztuž na smyk provedena pouze podle konstrukčních zásad.

3.2.3 Mezní stav použitelnosti (SLS)

Pro posouzení mezních stavů použitelnosti byly vypočteny jednotlivá stádia působení průřezu. Průřez se potrhá a vzniknou v něm trhliny. Pro potrhané průřezy jsme určili tuhosti v čase $t_0 = 28$ dní po vybetonování a v čase $t_\infty = 50$ let. Pro oba časy byly posouzeny mezní stavy omezení napětí a mezní stav trhlin. Oba tyto stavy vyhověli. Jako třetí posudek je proveden mezní stav přetvoření, který nevyhoví v čase t_0 ani v čase t_∞ .

3.2.4 Analýza návrhu

Nadměrný průhyb (přetvoření) závisí především na tuhosti průřezu. Proto je na závěr proveden výpočet potřebné ohybové tuhosti, u které by průhyby pro dané rozpětí vyhověly. Z výpočtu vychází, že tuhost v čase t_0 bychom museli zvednout o 40% a v čase t_∞ o 22%. Abychom dosáhli takovéto tuhosti museli bychom zvýšit výšku průřezu na více jak 2 m. Takovýto návrh by byl konstrukčně nevhodný a především neekonomický.

Na závěr statického výpočtu byl proveden orientační výpočet maximálního rozpětí, pro které by šel daný návrh uskutečnit. S danou geometrií a vyztužením bychom museli snížit rozpětí konstrukce přibližně na 26 m.

3.3 Varianta 2 – předpjatý vazník

3.3.1 Materiálové charakteristiky

Tato varianta vazníku je navržena z vyšší pevnosti betonu než u železobetonového vazníku a to C50/60 a betonářské oceli B500B. Předpínací výztuž je typu Y1860 S7-15,7 o průměru lana 15,7 mm a ploše jednoho lana 150 mm².

3.3.2 Návrh předpětí

Při návrhu velikosti předpínací síly vyjdeme z požadavku mezního stavu vzniku trhlin neboli tzv. dekomprese pro častou kombinaci. Při stavu dekomprese se vyžaduje, aby veškerá předpínací výztuž byla minimálně 25 mm uvnitř tlačného betonu.

Bylo navrženo 15 lan. Dvě lana budou separována do vzdálenosti 730 mm od konce vazníku.

3.3.3 Ztráty

Byl proveden výpočet pro okamžité i dlouhodobé ztráty v polovině rozpětí a u podpory vazníku. V polovině rozpětí vyšly celkové ztráty 19,5% což je o 4,5% více než jsme původně při návrhu odhadovali.

3.3.4 Mezní stav použitelnosti (SLS)

Mezní stavy omezení napětí vyhovují, takže v betonu nevzniknou kolmé ani podélné trhliny. Při posouzení na častou kombinaci vychází průřez po celé výšce tlačný.

3.3.5 Mezní stav únosnosti (ULS)

Při posouzení na ohyb posudek nevyhověl. Proto jsme navrhli ke spodnímu okraji 4 profily betonářské výztuže o průměru 16 mm. Průřez u podpory vyhověl jako prostý beton, proto nebylo nutné navrhovat u horního okraje dodatečnou výztuž.

U posouzení na smyk jsme výpočtem rozdělili průřez na neporušený trhlinou a porušený trhlinou. Následně pro obě oblasti provedli návrh smykové výztuže. Pro oblast 1 (bez trhlin) byly třmínky provedeny po 300 mm a pro oblast 2 (s trhlinami) po 200 mm.

3.3.6 Stádium výroby a montáže

Pro manipulaci s vazníkem jsme navrhli přepravní úchyt PFEIFER BS ANCHORS. Úchyty budou celkem dva ve vzdálenosti 1 m od konce vazníku. V posudku byl provedeno posouzení na vodorovnou manipulaci s vazníkem.

5 Zatížení uvažovaná ve výpočtu

- vlastní tíha nosných konstrukcí	součinitel = 1,35
- stálé zatížení	
• střešní plášť	součinitel = 1,35
• technologické podvěsy	součinitel = 1,35
- klimatická zatížení	
• sněhem – II. oblast	součinitel = 1,50
• větrem – II. oblast	součinitel = 1,50

Pro návrh a posouzení konstrukčních prvků byla uvažovaná kombinace 6.10 dle ČSN EN 1990 -Zásady navrhování konstrukcí.

6 Závěr

Práce v úvodu představila několik variant možných řešení halových konstrukcí. Byly zde ukázány některé možnosti řešení vazníků jako hlavních nosných vodorovných prvků hal. Konkrétně je zde řešena školní tělocvična. Konstrukce těchto typů jsou specifické v potřebě volného vnitřního prostoru, proto je nutné svislé nosné prvky umísťovat pouze po obvodu. Na základě tohoto požadavku je potřeba dimenzovat nosné prvky jako jsou již zmiňované vazníky na velká rozpětí.

Druhá konstrukční část je již přímo věnovaná samotnému návrhu vazníku. Jsou zde provedeny 2 varianty.

Nejprve je zde ukázána varianta návrhu jako železobeton, kde je detailně vysvětleno, která část posouzení je u návrhu rozhodující. Ve statickém výpočtu se ukázalo, že posouzení při navržené výšce 1,6 m a vyztužení deseti profily průměru 32 mm by bylo na mezní stav únosnosti dostačující. Ale při posudku na mezní stav použitelnosti je tuhost prvku z důvodu vzniku trhlin zcela nevyhovující. Kvůli nízké tuhosti vznikají nepříjemná přetvoření konstrukce. Závěrem této varianty návrhu byla úvaha, že v případě návrhu vazníku ze železobetonu by musela výška průřezu být vyšší než 2 m. Takový návrh by byl neekonomický.

Druhá varianta je provedena z předpjatého betonu. Navrženo bylo 15 lan. Značná část posudku byla věnována výpočtu ztrát předpětí. Ukázalo se, že prvotní odhad 15% by vcelku nepřesný, a že skutečné ztráty činí skoro 20%. U posudku mezních stavů únosnosti nestačila předpínací výztuž na přenesení ohybového momentu a bylo nutné navrhnout dodatečnou betonářskou výztuž.

Naopak při posudku na mezní stavy použitelnosti se ukázala možnost aktivně ovlivňovat rozložení sil v průřezu předpětím a samotná vyšší tuhost prvku jako velké dvě přednosti předpínaných konstrukcí. U charakteristické kombinace nepřekročil návrh pevnost betonu v tahu. Díky tomu nevzniknou tahové trhliny. Požadavek pro stav dekomprese u časté kombinace také bez problému vyhověl. Z těchto důvodů se ukázala tato varianta návrhu jako mnohem vhodnější a ekonomičtější.

Součástí výkresové dokumentace jsou výkresy půdorysu sloupů a základových prahů (P4.1), půdorys střešní konstrukce (P4.2) a řezy a pohledy (P4.3).

Pro variantu 2 je přiložen výkres výztuže a tvaru vazníku (P4.4). V součtu bude na výrobu jednoho vazníku použito přes 1,5 tuny oceli a 16,8 m³ betonu.

V rámci návrhu bylo řešeno i samotné uložení vazníku na sloup (P4.5). Tento detail byl vyřešen zúžením konce vazníku na šířku stojiny a uložení do vidlice ve sloupu.

7 Použité podklady a literatura

Seznam použité literatury:

- [1] NAVRÁTIL, J., *Předpjaté betonové konstrukce*, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2008
- [2] NAVRÁTIL, J., ZICH, M., *Předpjaté betonové konstrukce, Modul P01*, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006
- [3] NAVRÁTIL, Jaroslav, Vladimír MELOUN a Ladislav KLUSÁČEK. *Předpjaté betonové konstrukce: prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2649-7.
- [4] ŠVAŘÍČKOVÁ, I. *Studijní materiály pro předmět BL001*, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
- [5] Lukáš Koruňák, BAKALÁŘSKÁ PRÁCE, Návrh zastřešení školní tělocvičny, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2021
- [6] <http://katalog.kamenivo.cz/822-zakladove-patky-kalichy>
- [7] <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-dodatecne-predpjate-konstrukce-stresnich-vazniku.html>
- [8] <https://www.prefahubenov.cz/betonove-vazniky/>
- [9] <https://msu.cz/sluzby-pozemni-stavitelstvi>
- [10] <https://atelier-r.cz/>

Seznam použitých norem:

- [6] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [7] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – část 1-1: Vlastní tíha a užitná zatížení
- [8] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – část 1-3: Zatížení sněhem
- [9] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – část 1-1: Zatížení větrem

- [10] ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí - část 1-1:Obecná pravidla
[11] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Seznam použitých softwaru:

- [11] SCIA Engineer 21.1 - pro výpočty konstrukcí
[12] Autodesk AutoCAD 2021
[13] Microsoft Word
[14] Microsoft Excel

Seznam použitých značek a zkratek:

A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
V_{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly
b_w	šířka stojiny průřezu T, I nebo L
d	průměr; hloubka
d	účinná výška průřezu
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
e	výstřednost; excentricita
f_c	pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{cm}	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_y	mez kluzu betonářské výztuže
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
h	výška
h	celková výška průřezu
$1/r$	křivost ohybové čáry v určitém průřezu
t	uvažovaný časový okamžik
t_0	stáří betonu v okamžiku zatížení
u	obvod betonového průřezu o ploše A_c
x	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačného okraje
z	rameno vnitřních sil
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení G
γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu, zahrnující nejistoty vlastností materiálu, geometrických odchylek a použitého výpočetního modelu

γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení Q
γ_S	dílčí součinitel betonářské nebo předpínací oceli
ζ	redukční součinitel; rozdělovací součinitel
ε_c	poměrné stlačení betonu
ε_{cu}	mezní poměrné stlačení betonu
θ	úhel
λ	šťíhlostní poměr
Φ	průměr prutu betonářské výztuže
$\varphi (t_\infty, t_0)$	konečná hodnota součinitele dotvarování

8 Seznam příloh

P1) POUŽITÉ PODKLADY

- P1.1) PŮDORYS SLOUPŮ A ZÁKLADOVÝCH PRAHŮ
- P1.2) PŮDORYS STŘEŠNÍ KONSTRUKCE
- P1.3) ŘEZY A POHLEDY

P2) STATICKÝ VÝPOČET VAZNÍKU VARIANTA 1

- P2.1) STATICKÝ VÝPOČET – ŽELEZOBETON
- P2.2) ZATĚŽOVACÍ STAVY
- P2.3) VNITŘNÍ SÍLY

P3) STATICKÝ VÝPOČET VAZNÍKU VARIANTA 2

- P3.1) STATICKÝ VÝPOČET – PŘEDPJATÝ BETON
- P3.2) ZATĚŽOVACÍ STAVY
- P3.3) VNITŘNÍ SÍLY

P4) VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

- P4.1) PŮDORYS SLOUPŮ A ZÁKLADOVÝCH PRAHŮ
- P4.2) PŮDORYS STŘEŠNÍ KONSTRUKCE
- P4.3) ŘEZY A POHLEDY
- P4.4) VÝKRES VÝZTUŽE PŘEDPJATÉHO VAZNÍKU
- P4.5) DETAIL ULOŽENÍ VAZNÍKU NA SLOUP