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

PŘÍSTAVBA ŠKOLY

EXTENSION OF SCHOOL

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Jakub Jirčík
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2020

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jakub Jirčík
Název	Přístavba školy
Vedoucí práce	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:
Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy.
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

Pro objekt přístavby školy navrhněte a posuďte vybrané nosné konstrukce.
Proveďte statické řešení vybraných části: stropní konstrukce, vybrané sloupy/stěny a případně konstrukci schodiště v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).
Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce, podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků a technickou zprávu.
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)
Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

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

Ing. Michal Požár, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Obsahem diplomové práce je statický návrh nosných částí přístavby učebnicového pavilonu základní školy v Mirošově. Navrhovaný objekt je čtyřpodlažní železobetonová monolitická sloupová konstrukce. Stropy nad prvními třemi podlažími jsou řešeny jako křížem vyztužené desky s vnitřními průvlaky. Střešní deska je tvořena monolitickou deskou s dodatečně předpjatými trámy. Vnitřní síly byly vypočteny pomocí softwaru SCIA Engeneer 19.0, tyto hodnoty byly následně ověřeny ručním výpočtem. Při návrhu se postupovalo dle platných evropských norem. Výsledkem práce je statické posouzení objektu a odpovídající výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přístavba, základní škola, železobeton, předpjatý beton, betonářská výztuž, trámový strop, předpjatý trám, křížem vyztužená deska, průvlak, sloup, interakční diagram.

ABSTRACT

The content of the thesis is a static design of the supporting parts of the extension of the textbook pavilion of the elementary school in Mirošov. The proposed building is a four-storey reinforced concrete monolithic column construction. The ceilings above the first three floors are designed as cross-reinforced slabs with internal girders. The roof slab consists of a monolithic slab with additionally prestressed beams. The internal forces were calculated using SCIA Engeneer 19.0 and these values were subsequently verified by manual calculation. The design followed the applicable European standards. The result of the work is a static assessment of the object and corresponding drawing documentation.

KEYWORDS

Extension, elementary school, reinforced concrete, prestressed concrete, concrete reinforcement, beam ceiling, prestressed beam, cross-reinforced slab, beam, column, interaction diagram.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jakub Jirčík *Přístavba školy*. Brno, 2020. 12 s., 357 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Požár, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Přístavba školy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2020

Bc. Jakub Jirčík
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Přístavba školy* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2020

Bc. Jakub Jirčík
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Požárovi, Ph.D. za ochotu a čas, který mi věnoval při konzultacích, ve kterých mi předal spoustu cenných rad, připomínek a odborných zkušeností k dané problematice.

OBSAH

ÚVOD 9
TEXTOVÁ ČÁST 9
1. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU 9
2. STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ 9
2.1. ZÁKLADY 9
2.2. SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE 9
2.3. VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE 9
3. MATERIÁLY 10
3.1. BETON C 30/37 10
3.2. BETON C 40/50 10
3.3. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ B500B 11
3.4. PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ Y 1860 S7 – 15,7 typ monostrand 11
4. ZATÍŽENÍ 11
4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ 11
4.2. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ 11
4.3. ZATÍŽENÍ SNĚHEM 12
4.4. ZATÍŽENÍ VĚTREM 12
5. KOMBINACE ZATÍŽENÍ 12
ZÁVĚR 12
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 13
SEZNAM PŘÍLOH 14

ÚVOD

Obsahem diplomové práce je návrh přístavby učebnicového pavilonu v areálu Základní školy v Mirošově, okres Rokycany. Účelem práce je navrhnou a staticky posoudit hlavní nosné části objektu. Pro výpočet vnitřních sil byl vytvořen prostorový 3D model ve výpočtovém softwaru SCIA Engeneer 19.0, získané vnitřní síly byly následně ověřeny ručním výpočtem. Na vypočtené vnitřní síly byla navržena výztuž a následně vyhotovena výkresová dokumentace. Při návrhu se postupovalo dle platných evropských norem.

TEXTOVÁ ČÁST

1. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

Jedná se o čtyřpodlažní objekt půdorysných rozměrů 25,6 x 9,75 m a celkové výšky 11,75 m. Konstrukčně je objekt řešen jako železobetonová monolitická sloupová konstrukce. Stropní desky prvních tří podlaží jsou tvořeny křížem vyztuženou deskou s vnitřními a obvodovými průvlaky, které jsou podepřené sloupy. Střešní deska nad posledním podlažím je řešena jako monolitická deska s dodatečně předpjatými stropními trámy, které jsou po obvodě uloženy do obvodových průvlaků. Obvodové zdivo je výplňové. Jednotlivé podlaží jsou spolu spojeny pomocí železobetonového monolitického dvouramenného schodiště.

2. STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

2.1. ZÁKLADY

Založení objektu na základových patkách by bylo neefektivní řešení z důvodu že se jedná o přístavbu ke stávajícímu objektu, u kterého neznáme způsob založení, a také z důvodu velikosti zatížení. Při uvažování základové patky 2,5 x 2,5 m vychází zatížení na základové spáře cca 250 kPa. Tato hodnota platí pro vnitřní patku, u krajních patek by vznikala velká excentricita zatížení z důvodu okolní přístavby. Proto by zde bylo výhodnější použít jiný způsob založení, např. mikropilotáž. Návrh založení není předmětem této diplomové práce.

2.2. SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Svislý nosný systém je tvořen železobetonovými monolitickými sloupy rozměru 300 x 300 mm. Sloup je vyztužen svislou prutovou výztuží 8 ϕ 20 a třmínky ϕ 6/180 mm. Ve střední části sloupu jsou třmínky ϕ 6/300 mm. Krytí nosné výztuže c = 35 mm, stykování výztuže přesahem minimálně 725 mm. Sloupy jsou z betonu C 30/37, výztuž B500B.

2.3. VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Střešní stropní konstrukce je tvořena železobetonovou monolitickou trámovou deskou tloušťky 100 mm s dodatečně předpjatými trámy rozměru 150 x 400 mm. Střešní deska je vyztužena prutovou výztuží ϕ 8/120 mm a rozdělovací výztuží ϕ 6/300 mm při obou površích. Krytí výztuže c = 20 mm, stykování výztuže přesahem 300 mm. Výztuž stykujeme vždy v místě nejmenšího namáhání, tj. spodní výztuž cca v 1/3 – 1/4 rozpětí a horní výztuž cca v ½ rozpětí.

Vnitřní střešní trámy T1 jsou dodatečně předepnuty jedním monostrandem ϕ 15,7 mm. Trámy jsou vyztuženy podélnou výztuží 2 ϕ 10 při obou površích a příčnou výztuží ϕ 6/250 mm. Střešní trámy T2 rozměru 400 x 400 mm jsou dodatečně předepnuty dvěma monostrandy ϕ 15,7 a vyztuženy betonářskou výztuží 3 ϕ 12 při obou površích a třmínky ϕ 6/200 mm. Krytí betonářské výztuže trámů c = 35 mm.

Trámy jsou uloženy do podélných železobetonových průvlaků průřezu 400 x 450 mm. Průvlaky jsou vyztuženy 3 ϕ 16 při spodním povrchu v krajních polích a ve středních polích 3 ϕ 12. Nad podporou jsou průvlaky vyztuženy 3 ϕ 16 při horním povrchu. Pro zachycení smykových sil jsou navrženy svislé třmínky ϕ 6/150. Krytí nosné výztuže c = 35 mm.

Všechny prvky střešní konstrukce jsou navrženy z betonu C 40/50, betonářská výztuž B500B, předpínací výztuž Y 1860 S7 – 15,7.

Stropní konstrukce ve zbylých podlažích je navržena jako křížem vyztužená deska tloušťky 200 mm. Deska je vyztužena podélnou výztuží ϕ 8/150 mm v obou směrech a při obou površích. Krytí nosné výztuže c = 20 mm. Deska je podepřena stropními podélnými a příčnými průvlaky průřezu 400 x 600 mm. Podélné průvlaky jsou vyztuženy prutovou výztuží 3 ϕ 16 a třmínky ϕ 8/150 mm v krajních polích a ve středních polích 2 ϕ 16 a třmínky ϕ 8/150 mm. Nad podporou jsou navrženy pruty 3 ϕ 20. Krajní příčné průvlaky jsou při spodním okraji a nad podporou vyztuženy 3 ϕ 20 a třmínky ϕ 8/200mm a ϕ 8/250 mm. Vnitřní příčné průvlaky jsou vyztuženy 4 ϕ 20 jak v poli, tak nad podporou a svislými třmínky ϕ 8/200 mm. Krytí nosné výztuže průvlaků c = 35 mm.

Všechny prvky stropní konstrukce jsou navrženy z betonu C 30/37 a betonářské výztuže B500B.

3. MATERIÁLY

3.1. BETON C 30/37

Součinitel spolehlivosti	γ_c =1,5
Válcová pevnost	f_{ck} = 30 MPa
Krychelná pevnost	$f_{ck,cube}$ = 37 MPa
Střední hodnota pevnosti v tlaku	f_{cm} = 38 MPa
Střední hodnota pevnosti v tahu	f_{ctm} = 2,9 MPa
Sečnový modul pružnosti	E_{cm} = 32 GPa
Jmenovité mezní přetvoření	ε_{cu3} = 3,5 ‰
Přetvoření na mezi pevnosti	ε_{c2} = 2,0 ‰
Součinitel pro výšku tlačené oblasti	λ = 0,8
Součinitel pro účinnou pevnost	η = 1,0
Návrhová pevnost v tlaku	f_{cd} = 20 MPa

3.2. BETON C 40/50

Součinitel spolehlivosti	γ_c =1,5
Válcová pevnost	f_{ck} = 40 MPa
Krychelná pevnost	$f_{ck,cube}$ = 50 MPa
Střední hodnota pevnosti v tlaku	f_{cm} = 48 MPa

Střední hodnota pevnosti v tahu	f_{ctm} = 3,5 MPa
Sečnový modul pružnosti	E_{cm} = 35 GPa
Jmenovité mezní přetvoření	ε_{cu3} = 3,5 ‰
Přetvoření na mezi pevnosti	ε_{c2} = 2,0 ‰
Součinitel pro výšku tlačené oblasti	λ = 0,8
Součinitel pro účinnou pevnost	η = 1,0
Návrhová pevnost v tlaku	f_{cd} = 26,67 MPa

3.3. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ B500B

Součinitel spolehlivosti	γ_s = 1,15
Charakteristická mez kluzu	f_{yk} = 500 MPa
Modul pružnosti	E_s = 200 GPa
Přetvoření	ε_{yd} = 2,174 ‰
Návrhová mez kluzu	f_{yd} = 434,78 MPa

3.4. PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ Y 1860 S7 – 15,7 typ monostrand

Součinitel spolehlivosti	γ_s = 1,15
Součinitel předpětí	γ_p = 1,0
Tahová pevnost	f_{pk} = 1860 MPa
Smluvní mez kluzu	$f_{p,0.1,k}$ = 1640 MPa
Modul pružnosti	E_p = 195 GPa
Průřezová plocha jednoho lana	A_{p1} = 150 mm^2
Maximální napínací napětí	σ_{pm0} = 1476 MPa
Maximální předpínací síla	P_{m0} = 221,4 kN
Návrhová pevnost	f_{pd} = 1426 MPa

4. ZATÍŽENÍ

4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Do stálého zatížení je uvažováno s vlastní tíhou konstrukcí, skladbou střešního pláště, skladbou podlah a obvodového výplňového zdiva. Pro stanovení intenzity zatížení bylo využito hodnot objemových hmotností stavebních hmot z normy ČSN EN 1991-1-1. Gravitační zrychlení bylo uvažováno g = 10 m/s^2. Zatížení od skladeb střešního pláště a podlah bylo modelováno jako zatížení plošné a zatížení od obvodových stěny je modelováno jako liniové zatížení.

4.2. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Užitné zatížení pro stropní konstrukce je uvažováno jako kategorie ploch C1 dle normy ČSN EN 1991-1-1, tj. plochy, kde dochází ke shromažďování lidí. Dané kategorii odpovídá zatížení q_k = 3,0 kN/m^2. Zatížení je na stropní desce modelováno jako plošné zatížení. Pro získání nejnepříznivějších hodnot účinků od zatíženy je zatěžovací stav rozdělen na jednotlivé šachy.

Užitné zatížení pro schodiště je uvažováno jako kategorie A dle normy ČSN EN 1991-1-1, tj. plochy pro domácí a obytné činnosti – schodiště. Dané kategorii odpovídá zatížení q_k = 3,0 kN/m^2. Zatížení na schodišti je modelováno jako plošné zatížení na průmět.

4.3. ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Zatížení sněhem bylo vypočteno dle normy ČSN EN 1991-1-3. Objekt se nachází ve sněhové oblasti II s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem s_k = 1,0 kN/m^2. Zatížení od sněhu je do výpočtu zadáno jako plošné zatížení o hodnotě 0,8 kN/m^2.

4.4. ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení větrem je stanoveno dle normy ČSN EN 1991-1-4. Objekt se nachází ve větrné oblasti II se základní rychlostí větru $v_{b,0}$ = 25 m/s. Do výpočtu bylo uvažováno s maximálním charakteristickým tlakem větru $q_p(z)$ = 1,03 kN/m^2. Zatížení od větru je modelováno jako vodorovná síla působící na sloup vždy ve styku s průvlakem. Účinky zatížení na konstrukci střechy jsou zanedbány z důvodu působení vztlaku, který odlehčuje konstrukci.

5. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Pro výpočty a posouzení v mezním stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace byly využity kombinační rovnice 6.10a) a 6.10b) dle normy ČSN EN 1990. Ve výpočtovém modelu byla zvolena kombinace pro mezní stav únosnosti EN – MSÚ (STR/GEO) Soubor B.

$$(6.10a) \quad \sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$$

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

Pro výpočty a posouzení mezních stavů použitelnosti norma stanovuje tři základní kombinace zatížení – charakteristická, častá a kvazistálá kombinace. Pro výpočet kombinace zatížení byly ve výpočtovém modelu vytvořeny dvě kombinace zatížení – charakteristická kombinace, kde byl vytvořen typ kombinace dle EN – MSP charakteristická a kvazistálá kombinace dle typu EN – MSP kvazistálá.

$$charakteristická\ kombinace: \quad \sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$kvazistálá\ kombinace: \quad \sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl statický návrh předpjaté trámové konstrukce nad 3.NP a železobetonové stropní desky s vnitřními průvlaky nad 1.PP. Pro výpočet vnitřních sil byl vytvořen prostorový 3D model ve výpočtovém softwaru SCIA Engeneer 19.0. Na tyto hodnoty byla následně navržena výztuž nosných prvků objektu. Navržené konstrukce vyhoví účinkům zatížení v mezních stavech únosnosti i použitelnosti. Konstrukce jsou navrženy dle platných

norem a předpisů. Výstupem diplomové práce je statické posouzení a odpovídající výkresová dokumentace v rozsahu pro provedení stavby.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ODBORNÁ LITERATURA

[1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004. 76s.

[2] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004. 43 s.

[3] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005. 37 s.

[4] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006. 210 s.

[5] ČSN 73 1201. Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 64 s.

[6] ČSN EN 206-1: Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Praha: ČNI9/2001, Z3 4/08.

SOFTWARE

Allplan 2018

SCIA Engeneer 19.0

Microsoft Office 365 ProPlus

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA č. 1 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

P.1.1 – VÝKRES TVARU DESKY NAD 3.NP

P.1.2 – VYZTUŽENÍ DESKY NAD 3.NP

P.1.3 – VYZTUŽENÍ TRÁMU T1

P.1.4 – VYZTUŽENÍ TRÁMU T2

P.1.5 – VYZTUŽENÍ PRŮVLAKU VE 3.NP

P.1.6 – VÝKRES TVARU DESKY NAD 1.PP

P.1.7 – VYZTUŽENÍ DESKY NAD 1.PP

P.1.8 – VYZTUŽENÍ PRŮVLAKU V OSE A – E

P.1.9 – VYZTUŽENÍ PŮVLAKU V OSE 1 – 3

P.1.10 – VYZTUŽENÍ SLOUPU

PŘÍLOHA č. 2 – STATICKÉ POSOUZENÍ

P.2.1 – STATICKÝ VÝPOČET

P.2.2 – VÝSTUP Z VÝPOČETNÍHO SOFTWARU