



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

STATIKA NOSNÝCH KONSTRUKCÍ LUXUSNÍ VILY

STATICS OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF A LUXURY VILLA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniel Fuit

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student: **Bc. Daniel Fuit**
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Strnad, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: N0732A260026 Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní 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:

Statika nosných konstrukcí luxusní vily

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je návrh a posouzení nosných prvků vícepodlažního nestandardního objektu s předpínanými stropy a suterénem typu "bílá vana".

Objekt se vyznačuje minimálním množstvím stužujících stěn.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím práce)

P3. Statický výpočet

P4. Stavební postup

Cíle a výstupy diplomové práce:

Provedte statický výpočet nosných konstrukcí (předpínané stropy, monolitický suterén, stěny a sloupky) u nestandardního RD. K dispozici je architektonický návrh v digitální formě. Využijte pro návrh stropních konstrukcí předpětí.

Seznam doporučené literatury a podklady:

EC a ČSN z oboru betonových a zděných staveb, geotechniky atd. (včetně změn a doplňků). Skripta, podklady a opory používané ve výuce na ÚBZK FAST VUT v Brně

Výpočetní programy pro PC

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc., dr. h. c.
vedoucí ústavu

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
vedoucí práce

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

ABSTRAKT

Úkolem diplomové práce je návrh a statické posouzení předpjaté stropní konstrukce a železobetonové stropní desky. Pro získání vnitřních sil byly vytvořeny modely v programu SCIA Engineer 18.1. Obě části stropní konstrukce byly posouzeny na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Na závěr práce byla zpracována výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Předpjatý trám, žebro, deska, mezní stav použitelnosti, mezní stav únosnosti, předpětí, stropní konstrukce, statický výpočet

ABSTRACT

The main goal for this thesis was a project and a statical assessment of a prestressed ceiling construction and an iron-concrete ceiling plate. For the gain of inner powers were created models in the program SCIA Engineer 18.1. Both of the parts of the thesis were judged to the limit state of capacity and to the limit state of applicability. As the finishing touch of the work was created a drawing documentation.

KEYWORDS

Prestressed bearer, web, limit state of applicability, limit state of capacity, pre-load, ceiling construction, statical calculation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FUIT, Daniel. *Statika nosných konstrukcí luxusní vily*. Brno, 2023. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Statika nosných konstrukcí luxusní vily* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2023

Bc. Daniel Fuit
autor

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat především vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D za cenné rady a ochotu. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům.



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

TEXTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniel Fuit

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2023

Obsah

Úvod	10
Popis objektu	11
Založení objektu	11
Svislé konstrukce	11
Vodorovné konstrukce	11
Materiály	12
Betonářská výztuž	13
Předpínací výztuž	13
Zatížení	13
Kombinace vnitřních sil	14
Model pro trámový strop s příčnými žebry	15
Návrh předpětí	15
Výpočet ztrát předpětí	16
Mezní stav použitelnosti	16
Mezní stav únosnosti	17
Model pro desku D2	17
Mezní stav použitelnosti	17
Mezní stav únosnosti	17
Použitá Literatura	18
Literatura	18
Internetové zdroje	18
Normy	18
Použitý software	18
Seznam použitých značek	19
Seznam příloh	20

Úvod

Úkolem diplomové práce je návrh a statické posouzení stropních konstrukcí nad 1.PP vícepodlažního nestandardního objektu. Stropní konstrukce je tvořena ze dvou částí. V první je využit předpínaný trémový strop ztužených příčnými žebry. Druhá část je naopak tvořena železobetonovou monolitickou deskou. Pro obě části byly vytvořeny 3D modely v programu SCIA Engineer 18.1. z důvodu získání vnitřních sil. U trémového stropu bylo navrženo předpětí a obě části stropní konstrukce byly posouzeny na mezní stav použitelnosti a mezní stav únosnosti. Součástí diplomové práce je výkresová dokumentace posuzovaných prvků.

Popis objektu

Jedná se o třípodlažní rodinný dům. Suterén rodinného domu je typu "bílá vana", má obdélníkový půdorys o rozměrech 17x10,4 m. Nad suterénem se nachází 1.PP vyznačující se minimem ztužujících stěn, toto podlaží ale disponuje velkými prosklenými plochami. Podlaží 1.PP je zvětšeno o garáž a dvě místnosti, které jsou založeny v rozdílné úrovni oproti 2.PP. Stropní konstrukce nad tímto podlažím je tvořena z části monolitickými stropy. Mnou navrhovaná a posuzovaná část konstrukce kde největší překonávané světlé rozpětí je délky 9,4m a prefabrikovanými předpjatými panely SPIROLL nad garáží. Nad místnostmi C.0.08 a C.0.09 je stropní konstrukce tvořena železobetonovou deskou, jež není v diplomové práci řešena. Posledním podlažím je 1.NP, které se opět vyznačuje minimem ztužujících stěn a velkými prosklenými plochami. Stropní konstrukce je v tomto případě provedena pouze z prefabrikovaných předpjatých panelů SPIROLL. Střešní konstrukce je typu zelená střecha.

Založení objektu

Suterén bude založen na železobetonové monolitické desce tl.300 mm. Základová spára se nachází v úrovni -3,65m. Garáž a dvě místnosti rozšiřující 1.PP jsou založeny na základových pasech, základové pasy budou odstupňované, tak že budou navazovat na základovou desku suterénu. Nejvyšší základová spára je v úrovni -1m. Základové pasy jsou pro tuto úroveň navrženy do nezámrzne hloubky.

Svislé konstrukce

Obvodové stěny suterénu jsou tvořeny železobetonovými stěnami tl.250 mm a výšky 2,95 m z betonu třídy C25/30. Vnitřní nosné stěny suterénu jsou ze zdiva POROTHERM tl.300 mm a rovněž výšky 2,95 m. U podlaží 1.PP a 1.NP je obvodové zdivo tvořeno zdivem POROTHERM tl.350 mm. Obvodové stěny jsou u obou podlaží stejně vysoké, a to 3 m. Vnitřní nosné zdivo v podlažích 1.PP a 1.NP je rovněž od firmy POROTHEM tl.300 mm. V 1.PP podlaží se nachází železobetonový sloup výšky 3,4 m, který tvoří podporu průvlaku na němž budou z jedné strany uloženy všechny trámy T3. Příčkové zdivo je v celém objektu ze zdiva POROTHERM tl.150 mm. Navržené monolitické stropní konstrukce nad 1.PP jsou uloženy na obvodovém zdivu 300 mm v úrovni železobetonového věnce. V tomto místě bude doplněna tepelná izolace XPS tl.50 mm po celém obvodu objektu.

Vodorovné konstrukce

Nad suterénem je stropní konstrukce tvořena monolitickou železobetonovou deskou tl.200 mm z betonu třídy C25/30 a betonářské výztuže B500B. Stropy nad 1.PP se skládají ze čtyř celků, nad garáží je strop tvořený deseti předpjatými stropními panely

SPIROLL tl.200 mm délky 8,2m a šířky 1,9 m. Podlaží je rozděleno na další tři celky. Nejmenší celek tvořený dvěma místnostmi rozšiřující podlaží oproti suterénu je strop tvořen železobetonovou deskou, tato deska nebyla součástí řešení diplomové práce. První navrhovaná a posuzovaná stropní konstrukce je nad největším prostorem tvaru L, kde větší překonávané světlé rozpětí je 9,4 m a menší světlé rozpětí je 5,4 m. Nad tímto prostorem byl navržen trámový strop, doplněný o příčná žebra pro zvětšení tuhosti navrhované konstrukce a zmenšení průhybu. Výška trámů včetně vynášené desky D1 je 400 mm a tloušťka desky D1 je 60 mm. Výška příčného žebra je včetně tloušťky desky D1 300 mm. Stropní konstrukce se skládá za tři typů trámů, Vzhledem k velkému rozpětí jsou všechny trámy navrženy jako předepjaté a to i trámy T3, kde je světlé rozpětí 5,4 m. Jednotlivé trámy jsou uvažovány a posuzovány jako T-průřez. Předpětí je uvažováno jako dodatečné s nesoudržnou předpínací výztuží. Jsou navržena lana typu monostrand z přepínací oceli Y1860 15,7 S7. Jak předpínací výztuž, tak kotvy jsou uvažovány od firmy FREYSSINET. Na straně, kde bude probíhat napínání je navržena aktivní kotva s označením 1F15 a na druhé straně trámu se nachází pasivní kotva s označením NB1F15 . Lana budou napínána pouze z jedné strany. Osová vzdálenost trámů i žebek není vždy stejná a je specifikována ve výkrese č.1 – Tvar stropní konstrukce nad 1.PP. Podélné trámy doplňuje pět příčných železobetonových žebek. Uvažovaná třída betonu u této navrhované části konstrukce je C25/30 a betonářská výztuž byla zvolena B500B. druhou navrhovanou a posuzovanou částí a zároveň čtvrtým celkem podlaží 1.PP je monolitická deska D2 tloušťky 160 mm o rozměrech 3,4 mx10 m. Deska v jedné části navazuje na desku D1 ze sousedního celku, v tomto místě bude deska uvažována jako vetknutá z důvodu spolupůsobení s deskou D1 pro větší tuhost. Po zbytku obvodu je deska uvažována jako prostě uložena. Deska D2 je navržena z třídy betonu C25/30 a betonářské oceli B500B.

Materiály

Beton

Celá navrhovaná konstrukce je provedena z betonu pevnostní třídy C25/30

Válcová pevnost v tlaku:	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost betonu v tlaku:	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 16,67 \text{ MPa}$
Střední hodnota pevnosti v tahu:	$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
5% kvantil pevnosti v tahu:	$f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}$
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$
Mezní poměrné přetvoření:	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Stupeň vlivu prostředí:	XC1
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_c = 1,5$
Součinitel účinků zatížení pro tlak:	$\alpha_{cc} = 1,0$
Součinitel účinků zatížení pro tah:	$\alpha_{ct} = 1,0$
Návrhová pevnost betonu v tahu:	$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1,8 \text{ MPa}$

Betonářská výztuž

V celé navrhované a konstrukci je použita betonářská ocel B500B.

Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{yk} = 500\text{MPa}$
Modul pružnosti:	$E_s = 200\text{ GPa}$
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová pevnost v tahu:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,78\text{ MPa},$
Mezní poměrné přetvoření oceli:	$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 2,39\text{ ‰}$

Předpínací výztuž

Y1860 – S7-15,7

Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{pk} = 1860\text{MPa}$
Smluvní mez kluzu:	$f_{p0,1k} = 1640\text{MPa}$
Návrhová pevnost v tahu:	$f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1640 / 1,15 = 1426,09\text{MPa}$
Modul pružnosti:	$E_p = 195\text{ GPa}$
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_s = 1,15$
Jmenovitý průměr:	$\varnothing_p = 15,7\text{mm}$
Průřezová plocha:	$A_{p,1} = 150\text{mm}^2$

Zatížení

Pro trémový strop s příčnými žebry je uvažováno s šesti zatěžovacími stavy oproti navrhované desce D2, kde jsou uvažovány pouze čtyři zatěžovací stavy.

První čtyři zatěžovací stavy představují stálá zatížení.

Prvním zatěžovacím stavem je zatížení od vlastní tíhy, tento zatěžovací stav je automaticky generován programem SCIA Engineer 18.1. Je uvažováno tíhové zrychlení $g=10\text{m/s}$ a objemová hmotnost betonu $\rho=2500\text{kg/m}^3$

Druhý zatěžovací stav je tvořen zatížením od skladby podlahy. Jedná se o hodnotu $g_1=1,5\text{kN/m}^2$. Pro obě posuzované konstrukce je skladba podlahy stejná.

Třetí zatěžovací stav představuje zatížení příčkovým zdivem POROTHERM. tl.150 mm o hodnotě $g_1=4,24\text{ kN/m}$.

Čtvrtý zatěžovací stav představuje zatížení okny, tento zatěžovací stav se nejvíce projekci u trému T1 a trému T2, nikde jinde tento zatěžovací stav není uvažován. Jedná se o zatěžovací stav s hodnotou $g_1=1,14\text{ kN/m}$

Pátým zatěžovacím stavem je zatížení od předpětí, kde v modelu trémového stropu byla umístěna lana podle navržené trasy a upraveno napínací napětí na stanovenou hodnotu pro jednotlivé trámy.

Šestým zatěžovacím stavem je užité zatížení, které je uvažováno kat.A -plochy pro domácí a obytné činnosti o hodnotě $q_k=2\text{kN/m}^2$

Kombinace vnitřních sil

Pro mezní stav použitelnosti byly uvažovány tři kombinace - charakteristická, častá a kvazistálá.

Charakteristická kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} Q_{ki}$$

Častá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{ki}$$

Součinitel pro kombinaci zatížení pro kat.A $\psi_1=0,5$

Kvazistálá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{ki}$$

Součinitel pro kombinaci zatížení pro kat.A $\psi_2=0,3$

Pro mezní stav únosnosti byly uvažovány kombinace 6.10a a 6.10b

Kombinace 6.10.a=0

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

Součinitel pro kombinaci zatížení pro kat.A $\psi_0=0,7$

$\gamma_G=1,35$

$\gamma_Q=1,5$

Kombinace 6.10.b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{Gj} \tilde{G}_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

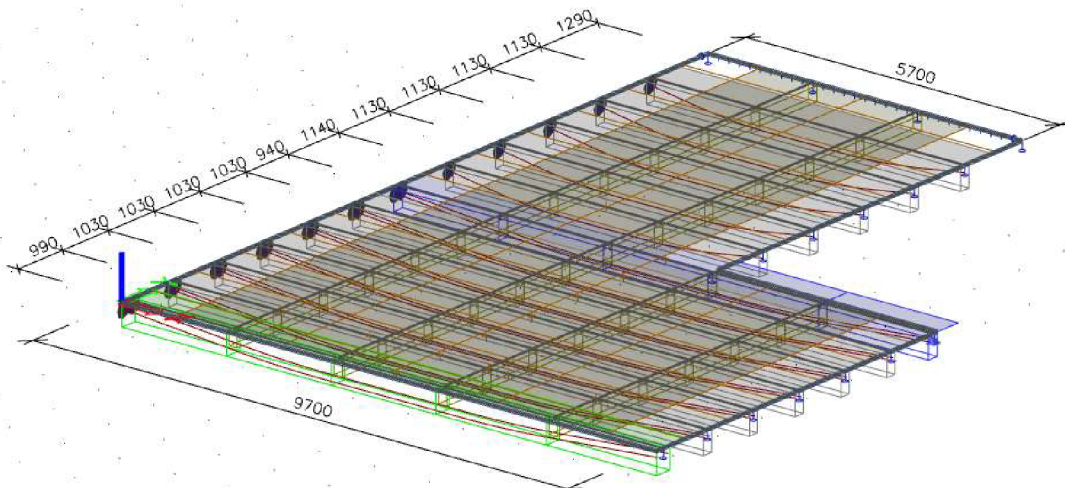
$\gamma_G=1,35$

$\gamma_Q=1,5$

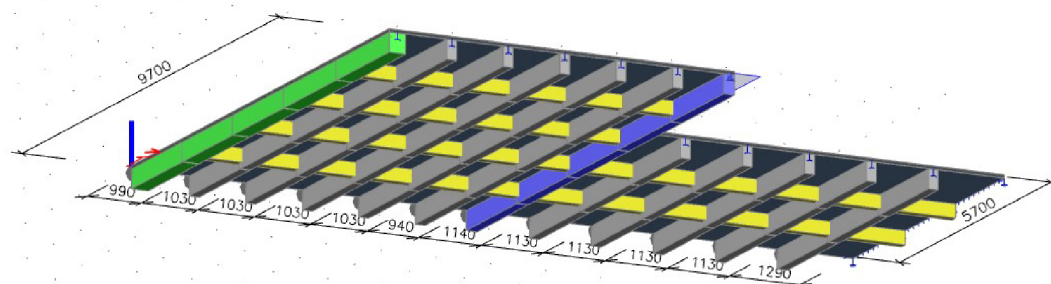
$\xi=0,85$

Model pro trémový strop s pŕiĕnými ŕebry

Pro analýzu konstrukce byl vytvoŕen 3D model v programu SCIA Enginner 18.1., který reprezentuje skuteĕné chování konstrukce, zejména rozdílné tuhosti. Model byl vytvoŕen jako deska se ŕebry a ta jak pro trámy tak pro pŕiĕná ŕebra. Jednotlivé trámy jsou uvaŕovány jako prostĕ uloŕené nosníky, je jim tedy umožněn svislý posun. Trámy T1 a T2 byly zadány s efektivní délkou 9,7m a trámy T3 efektivní délky 5,7m. Model byl zatížen všemi zatĕzovacími stavy a to vĕetně pŕedpĕtí.



Obr. 1 3D model pro trémový strop s pŕiĕnými ŕebry



Obr. 2 3D model pro trémový strop s pŕiĕnými ŕebry – pohled zdola

Návrh pŕedpĕtí

Návrh pŕedpĕtí byl proveden celkem pro tŕi trámy. Trám T1 se nachází v konstrukci jen jednou. Dále bylo navŕeno pŕedpĕtí pro trám T2 který, bude reprezentovat zbývající skupinu dlouhých trámů, a pro trám T3, který reprezentuje

skupinu krátkých trámů. Pro trámy T1 a T2 byly zvoleny dvě lana do každého trámu. Pro trám T3 bylo navrženo pouze jedno lano, hlavně z důvodu omezení průhybu. Je uvažována nesoudržná předpínací výztuž. Při návrhu předpětí jsem uvažoval excentricitu předpínací výztuže v poli jako danou hodnotu, lano bude v těchto místech uloženo na třmínkách vedle betonářské výztuže. U každého trámu byla hledána hodnota napínacího napětí tak, aby v čase t_{00} byl průběh kvazistálé kombinace co nejvíce konzistentní a zároveň aby byl trám v čase t_{00} u kvazistálé a časté kombinace celý v tlaku ve vyšetřovaném místě v poli. Napínací napětí u trámu T1 bylo stanoveno na 1300 MPa u trámu T2 na hodnotu 900 MPa a u trámu T3 na hodnotu 1100 MPa.

Předpínací systém byl použit od výrobce FREYSSINET. Jsou uvažovány na straně, kde budou lana napínány aktivní kotvy s označením 1F15 a opačné straně bude pasivní kotva soznačením NB1F15.

Mnou navržená trasa byla zkontrolována po délce nosníku zda vyhovuje podmínkám charakteristické, časté a kvazistálé kombinace.

Výpočet ztrát předpětí

Po přibližném vyhovujícím odhadu napínací síly byly provedeny výpočty ztrát a to jak ztrát krátkodobých tak dlouhodobých.

Krátkodobé ztráty:

Ztráty, které proběhnou do jednoho dne od napnutí lan. Jsou uvažovány ztráty od tření, ztráta od předpětí pokluzem při kotvení, ztráta od postupného napínání a ztráta od relaxace výztuže.

Pro trám T1

Výsledná ztráta v poli 7,72% v podpoře 10,39%

Pro trám T2

Výsledná ztráta v poli 7,72%

Pro trám T3

Výsledná ztráta v poli 7,72%

Mezní stav použitelnosti

V mezním stavu použitelnosti bylo řešeno:

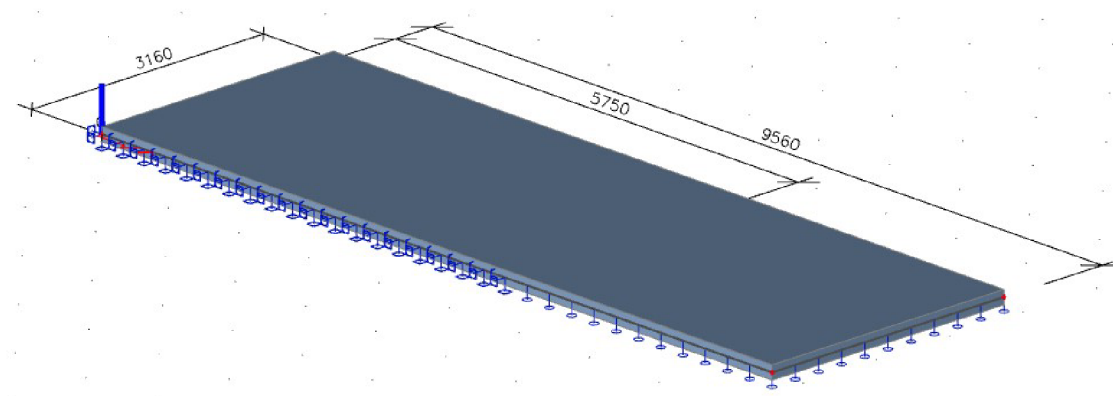
- omezení napětí ve výztuži
- omezení napětí v betonu
- omezení vzniku trhlin
- průhyb

Mezní stav únosnosti

U všech prvků bylo provedeno posouzení na účinky ohybového momentu a na smyk od kombinace zatížení 6.10.a, kombinace 6.10.a je nejnepříznivější kombinací. U předpjatých trámů bylo stanoveno základní napětí v betonu a přírůstek od předpětí. Vzhledem k tomu že se jedná o nesoudržnou výztuž je tlaková rezerva ve výztuži uvažována $\Delta\sigma_p=100\text{MPa}$ následně byla navržena hlavní a konstrukční výztuž dle metody mezních přetvoření.

Model pro desku D2

Pro analýzu konstrukce byl vytvořen 3D model v programu SCIA Enginner 18.1., který reprezentuje skutečné chování konstrukce. Model byl vytvořen jako deska po obvodě prostě uložená, pouze v jedné části navazuje deska D2 na desku D1, zde bylo uvažováno vetknutí. Model byl zatížen příslušnými zatěžovacími stavů.



Obr. 3 3D model pro desku D2

Mezní stav použitelnosti

V mezním stavu použitelnosti bylo řešeno:

- omezení napětí ve výztuži
- omezení napětí v betonu
- omezení vzniku trhlin
- průhyb

Mezní stav únosnosti

U všech prvků bylo provedeno posouzení na účinky ohybového momentu a na smyk od kombinace zatížení 6.10.a, kombinace 6.10.a je nejnepříznivější kombinace.

Použitá Literatura

Literatura

[1] – ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódu*. Praha 2010 Dashofer,2010. ISBN 978-80-86897-38-7

[2] – NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd.2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.

Internetové zdroje

[3] – Švaříčková, Ivana. [online]. Dostupné z:

<https://www.fce.vutbr.cz/bzk/svarickova.i/>

[4] – ŠTĚPÁNEK, Petr, TERZIJSKI, Ivailo, LÁNÍKOVÁ, Ivana, PANÁČEK, Josef, ŠIMŮNEK, Petr. BL001 Prvky betonových konstrukcí Výukové texty, příklady a pomůcky [online]. Dostupné z:

https://www.fce.vutbr.cz/BZK/pozar.m/BL001/BL001_vyukove_texty.pdf

Normy

[5] - ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut,2004.

[6] - ČSN EN 1991-1-1:Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[7] - ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 1:Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut,2006.

Použitý software

- Scia Engineer 18.1 - studentská verze
- AutoCAD 2019 - studentská verze
- MS Word
- MS Excel

Seznam použitých značek

f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku [MPa]
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku [MPa]
γ_c	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro beton [-]
f_{ctm}	střední pevnost betonu v tahu [MPa]
E_{cm}	střední hodnota modulu pružnosti betonu v tlaku [GPa]
ϵ_{cu3}	maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku [‰]
f_{yd}	návrhová pevnost oceli v tahu [MPa]
f_{yk}	charakteristická pevnost oceli v tahu [MPa]
γ_s	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel [-]
ϵ_{yd}	poměrné přetvoření oceli [‰]
E_s	modul pružnosti oceli v tahu [MPa]
ϵ_{cs}	poměrné přetvoření betonu od smršťování [-]
ϵ_{cd}	poměrné přetvoření betonu od vysychání [-]
ϵ_{ca}	poměrné přetvoření betonu od autogenní reakce [-]
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže [mm ²]
A_{s1}	plocha výztuže [m ²]
A_{s2}	plocha výztuže [m ²]
b	šířka [m]
h	tloušťka [m]
c_{min}	minimální hodnota tloušťky krycí vrstvy [mm]
$c_{min,b}$	minimální hodnota tloušťky krycí vrstvy dle profilu výztuže a velikosti kameniva [mm]
$c_{min,dur}$	minimální hodnota tloušťky krycí vrstvy dle konstrukční třídy [mm]
c_{nom}	jmenovitá (nominální) hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy [mm]
d	účinná výška výztuže [mm]
d_1	poloha těžiště výztuže [mm]
d_2	poloha těžiště druhé vrstvy výztuže [mm]
A_s	plocha výztuže [m ²]
\emptyset	průměr prutu výztuže [mm]
z_c	rameno vnitřních sil [mm]
x	poloha neutrální osy [mm]
$x_{bal,1}$	vzdálenost neutrální osy od okraje tlačeného průřezu [mm]
A_c	plocha tlačené části betonu [mm ²]
M	moment [kNm]
M_{ed}	návrhový moment od zatížení [kNm]
N_{ed}	návrhová normálová síla od zatížení [kNm]
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti [kNm]
N_{Rd}	normálová síla na mezi únosnosti [kNm]
V_{Rd}	posouvající síla na mezi únosnosti [kNm]
V_{ed}	návrhová posouvající síla [kNm]

Seznam příloh

- P1. - Použité podklady
- P2. – Výkresová dokumentace
- P3. - Statický výpočet
- P4. – Stavební postup