

CL001 – Betonové konstrukce (S) (odkaz [CL001](#))

Vyučující: doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D., tel. 541147847, mail: lanikova.i@fce.vutbr.cz
pracovna E308,
doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D., tel. 541147860, mail: zich.m@fce.vutbr.cz, pracovna
E208.

- oba společné přednášky, zkoušky, individuální konzultace, zápočty

Ing. Jiří Strnad, Ph.D., tel. 541147863, mail: strnad.j@fce.vutbr.cz
pracovna E316,
- individuální konzultace, zápočty

Pokyny k registraci a účasti na konzultacích

- Studenti si musí ve školním intranetu **zaregistrovat povinná soustředění** v rozvrhové jednotce **27. 9. 2019, 10:00 - 11:50 hodin, učebna C310**. Tímto si registrují předmět. Přednášky jsou společné pro studijní skupinu doc. Zicha i doc. Laníkové.
- Na **povinném soustředění** se zapíší k dále k vyučujícímu, u kterého budou konzultovat vypracování testů a získávat zápočet. V případě nepřítomnosti se s vyučujícím domluví individuálně.
- Ke **konzultacím** je nutno se přihlásit na průběžně vypisované termíny typu Speciální konzultace v předepsaných termínech dle příslušné směrnice děkana. Studenti budou svůj zájem o konzultaci deklarovat **příhláškou** k tomuto termínu nejpozději tři dny před termínem. V opačném případě vyučující nebude k dispozici. Konzultace v jiné termíny je nutno domluvit individuálně s vyučujícím.
- K **nepovinným konzultacím** ve formě **společných přednášek** (18. 10. 2019, 8. 11. 2019, 6. 12. 2019, v 10-12:00, učebna bude upřesněna, bude vypsán termín Speciální konzultace) se student nepřihlašuje, budou probíhat pravidelně.

Požadované znalosti:

Stavební mechanika, pružnost, plasticita, dimenzování betonových prvků, navrhování betonových a zděných konstrukcí. Bez těchto znalostí nelze probíranou látku pochopit.

Obsah kurzu (komplexní):

- Podstata předpjatého betonu, srovnání s železobetonem, statické působení.
- Vlastnosti materiálů, výroba.
- Technologie předpjatého betonu, základní terminologie, předem a dodatečně předpjatý beton, předpínací systémy.
- Předpětí a jeho změny.
- Účinky předpětí na betonové prvky a konstrukce. Metoda ekvivalentního zatížení. Návrh předpětí metodou vyrovnání zatížení. Vliv výstavby na návrh předpjatých konstrukcí.
- Základní principy dimenzování předpjatých prvků. Mezní únosnost prvků namáhaných osovou silou a ohybem, stav dekomprese, počáteční napjatost průřezu. Prvky namáhané smykem a kroucením, analýza napjatosti, dimenzování.
- Analýza kotevní oblasti – namáhání, výpočetní model, posouzení a vyztužení.
- Mezní stavy použitelnosti. Omezení napětí, mezní stav trhlin, výpočet šířky trhlin. Deformace předpjatých konstrukcí.
- Navrhování a provádění vybraných předpjatých konstrukcí pozemních a inženýrských staveb.
- Zásady statického přístupu k rekonstrukcím betonových a zděných konstrukcí a základů, způsoby zesilování.
- Zesilování betonových a zděných konstrukcí pomocí předpětí - způsoby zesilování, provádění, statická analýza.

- Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru. Účinek požáru na konstrukce. Stanovení požární odolnosti.
- Chování materiálů při účinku požáru. Návrhové přístupy. Zjednodušené výpočetní metody.

Osnova přednášek společných konzultací:

1. Podstata předpjatého betonu, statické působení. Účinky předpětí na betonové prvky a konstrukce, metoda ekvivalentního zatížení (Téma 1, část 2). Metody návrhu předpětí (Téma 1, část 1 a 2).
2. Základní principy dimenzování předpjatých prvků. Změny předpětí. Mezní únosnost prvků namáhaných osovou silou a ohybem, stav dekomprese. Mezní stavy použitelnosti. (Téma 1, část 1)
3. Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru. Účinek požáru na konstrukce. Stanovení požární odolnosti. Chování materiálů při účinku požáru. Návrhové přístupy. Zjednodušené výpočetní metody. (Téma 2).
4. Navrhování a provádění vybraných předpjatých konstrukcí pozemních a inženýrských staveb. Zásady statického přístupu k rekonstrukcím betonových a zděných konstrukcí a základů, způsoby zesilování. Zesilování betonových a zděných konstrukcí pomocí předpětí

Literatura:

Základní literatura předmětu

- COLLINS, Michael P. a MITCHELL, Denis: Prestressed Concrete Structures. New Jersey: Prentice Hall, 1991. ISBN 0-13-691635-X.
- NAVRÁTIL, Jaroslav: Předpjaté betonové konstrukce. Brno: CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.
- Navrátil, J.: Prestressed concrete structures, ISBN 978-80-248-3625-6, 2014.
- Navrátil, J., Zich, M.: Předpjatý beton (průvodce předmětem BL11, modul P01), studijní opora VUT, Brno, 2006.
- BAŽANT, Zdeněk a KLUSÁČEK, Ladislav: Statika při rekonstrukcích objektů. Brno: CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-692-8.
- PROCHÁZKA, Jaroslav, ŠTEFAN, Radek a VAŠKOVÁ, Jitka: Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.

Doporučená literatura ke studiu předmětu

- GERWICK, Ben C: Construction of Prestressed Concrete Structures. USA: Wiley, 1997. ISBN 978-0-471-18113-2.
- PROCHÁZKA, Jaroslav a kol: Navrhování betonových konstrukcí podle norem ČSN EN 1992 (EUROKÓDU 2). Část 2: Předpjatý beton. Praha: ČBS Servis, 2010. ISBN 978-80-87158-21-0.
- MORAVČÍK M., Navrhovanie predpätých konštrukcií podľa Európskych norem, ISBN 978-80-554-1354-9, Žilina, 2017.

Pokyny ke studiu:

Časový plán výuky kombinované formy studia na FAST VUT se řídí příslušnou směrnicí děkana.

Je vhodné, aby posluchači pro konzultace v maximální míře využívali oficiálních termínů předem určených děkanátem.

Kontrola studia, zápočet

- Studium bude v průběhu zimního semestru kontrolováno formou vypracováním dvou témat:

Téma č.1: Předpjaté konstrukce:

- **Část 1. Předpjatý vazník** (zadání bude individuální podle pořadového čísla n , posluchač ho obdrží na povinném soustředění, ev. si ho vyžádá u vyučujícího).

K zadání jsou přiloženy *Pokyny k vypracování Tématu č.1, část 1: Předpjatý vazník a Příloha P1*, které jsou stručným návodem na vypracování zadání.

- **Část 2. Účinky předpětí na staticky určitých a neurčitých konstrukcích**

Téma č.2: Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru.

Témata budou vypracována v souladu s platnými normami.

- Podmínkou udělení zápočtu je průběžná kontrola zpracovávání testů na individuálních konzultacích.
- Při udělování zápočtů bude kontrolováno, zda-li posluchač výpočtům rozumí.
- Pokud student nesplní podmínky pro udělení zápočtu do konce zimního semestru studia, může o případné prodloužení zápočtového termínu požádat vedoucího ústavu. Žádost se podává u cvičícího ještě před koncem zimního semestru a je na něm potřeba uvést důvod.

Zkouška

Zkouška bude obsahovat praktickou a teoretickou část. Okruhy otázek jsou shodné s obsahem kurzu. Termíny zápočtů i zkoušek budou stanoveny po dohodě s posluchači.

V Brně, září 2019

doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

Ústav betonových a zděných konstrukcí
VUT FAST Brno, Veveří 95

akademický rok 2019/2020
zimní semestr

Jméno studenta:.....

n:

Téma č.1, část 1: Předpjatý vazník

Zadání:

Navrhnete předem přepjatý střešní vazník ve tvaru průřezu **symetrického I**, jsou-li známy tyto údaje:

Skladebná délka vazníku: $L =$ 15 m 18 m 21 m

Osová vzdálenost vazníků: $a =$ 4,5 m 6,0 m 7,5 m

Tíha střešních panelů a střešního pláště :

$g_{1k} =$ 2,00 kN/m² 3,00 kN/m² 4,00 kN/m²

Proměnné zatížení (sníh): $q_k =$ 1,00 kN/m² 1,50 kN/m² 2,00 kN/m²

Beton pevnostní třídy: C40/50 C45/55 C50/60

Předpínací výztuž – sedmidrátová lana, třídy A (podle prEN 10138-3):

Y1770S7-15,3-A Y1770S7-15,7-A

Y1860S7-15,3-A Y1860S7-15,7-A

Betonářská výztuž: B500B B550B

Vazník bude předepnut po 24 hodinách, kdy beton již dosáhne 70 % pevnosti v tlaku. V období 1 den až 28 dnů bude vazník umístěn na skládce, v 28 dnech bude zabudován do konstrukce a budou na něj položeny střešní panely a bude vyhotoven střešní plášť. Od 60 dnů bude na konstrukci působit proměnné zatížení. Vazník se nachází v prostředí XC1.

Vzdálenost teoretických podpor od kraje vazníku uvažujte 0,30 m.

Požadovaný rozsah výpočtu

- Návrh a ověření předpětí.
- Posouzení průřezu v polovině rozpětí v čase $t=\infty$.
 - Stanovení ztrát předpětí (okamžité, časově závislé v čase $t=\infty$).
 - Mezní stavy použitelnosti - omezení napětí a omezení trhlin v betonu.
 - Mezní stav únosnosti při porušení momentem a normálovou silou.
- Schéma vyztužení vazníku.

Poznámka: Při provádění výpočtu postupujte podle pokynů, které jsou uvedeny níže.

Doporučená literatura:

- [1] EUROCODE: Předpisy pro navrhování betonových konstrukcí (EN 1990, EN 1991, EN 1992 a další související normy).
- [2] Navrátil, J.: Předpjaté betonové konstrukce, CERM Brno, 2008
- [3] Navrátil, J., Zich. M.: Předpjatý beton, průvodce předmětem BL11, modul P01, VUT Brno, 20062

K zápočtu je nutno předložit originál zadání.

Brno, září 2019

zadal: doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D.
doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

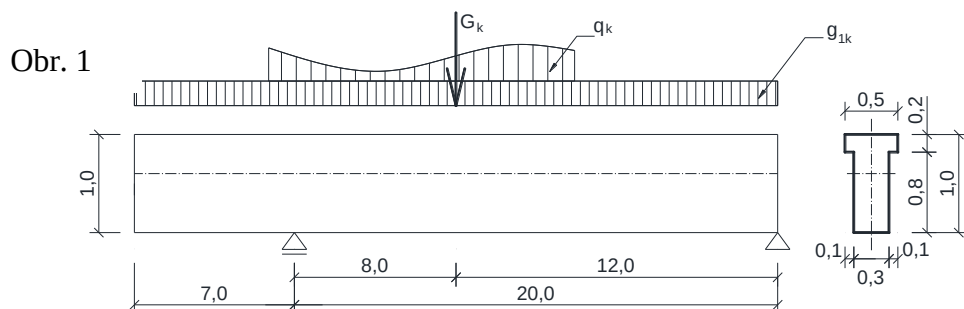
Jméno studenta:.....

n:

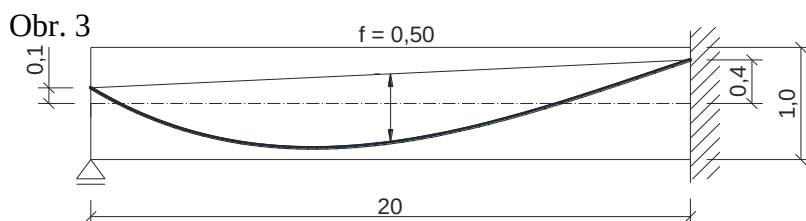
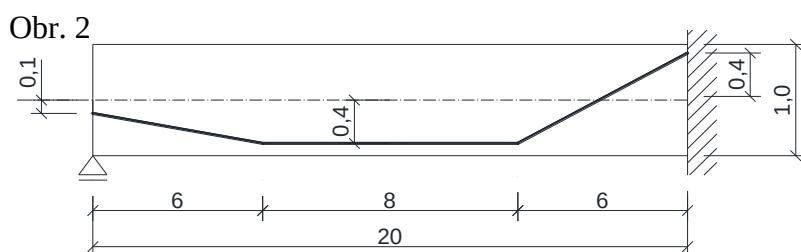
Téma č.1, část 2: Účinky předpětí na staticky určitých a neurčitých konstrukcích

Zadání:

- Na nosník (Obr. 1) působí vlastní tíha g_{0k} , ostatní stálá zatížení $g_{1k} = 12 \text{ kN/m'}$ a $G_k = 15 \text{ kN}$ a proměnné zatížení $q_k = 10 \text{ kN/m'}$ ($\psi_1=0,7$). Předpínací sílu uvažujte 2000 kN (ztráty předpětí zanedbejte).
 - Nakreslete vhodný průběh náhradního kabelu předpínací výztuže.
 - Ve dvou průřezech (tj. v místě maximálního momentu v poli a v místě minimálního momentu nad levou podporou) určete minimální možné excentricity náhradního kabelu tak, aby při působení časté kombinace zatížení byly průřezy tlačené po celé výšce (tj. nevznikla tažená oblast). **Pro získání extrémních hodnot momentů respektujte možné zatěžovací stavy!**
 - V obou průřezech ověřte, zda pro tyto minimální excentricity nevzniknou na více tlačném okraji podélné trhliny, tj. tlakové napětí nepřekročí hodnotu $0,6f_{ck}$ pro charakteristickou kombinaci.



- Pro jeden z nosníků na Obr. 2 a 3 (dle Vašeho rozhodnutí):
 - Stanovte průběhy vnitřních sil N , V a M od předpětí (celkové, primární a sekundární). Výpočet proveďte metodou ekvivalentního zatížení při zanedbání ztrát předpětí a za předpokladu, že vodorovná složka přepínací síly $P_H = P = 1500 \text{ kN}$ je konstantní.
 - Pro zvolený nosník určete minimální předpínací sílu P tak, aby v průřezu ve vetknutí nevznikla tažená oblast pro častou kombinaci. Průřez nosníku je obdélníkový $0,35/1,0 \text{ m}$. Vlastní tíhu uvažujte, ostatní stálé zatížení je $g_{1k} = 20 \text{ kN/m'}$, častá složka proměnného zatížení $q_{k,\psi 1} = 15 \text{ kN/m'}$ (obě plná rovnoměrná zatížení). Vliv ztrát předpětí zanedbejte.



Doporučená literatura:

- [1] Navrátil, J.: Předpjaté betonové konstrukce, CERM Brno,
- [2] Kadlčák, J., Kytýr, J.: Statika stavebních konstrukcí I, VUTIUM Brno, 2000
- [3] Kadlčák, J., Kytýr, J.: Statika stavebních konstrukcí II, VUTIUM Brno, 2000
- [4] Příklady k procvičování http://www.fce.vutbr.cz/BZK/ruzicka.s/predpjaty_beton.htm

Ústav betonových a zděných konstrukcí
VUT FAST Brno, Veveří 95

akademický rok 2019/2020
zimní semestr

Jméno studenta:.....

n:

Téma č.2: Posouzení požární odolnosti železobetonové konstrukce

S přihlédnutím k požadavkům požární odolnosti navrhnete monolitickou železobetonovou konstrukci nad 1.NP vícepodlažní nepodsklepené budovy obchodního střediska podle připojeného náčrtu v souladu s ČSN EN 1990, 1991 a 1992 pro tyto stanovené údaje:

třída následků (spolehlivosti): CC2 (RC2)

stupeň vlivu prostředí pro beton uvnitř budovy: XC1

stupeň požární odolnosti [REI]: 90 pro n liché; 120 pro n sudé;

charakteristická hodnota užitečného zatížení pro hlavní místnost v kN/m²:

6,0 pro n=5k; 6,5 pro n=5k+1; 7,0 pro n=5k+2; 7,5 pro n=5k+3; 8,0 pro n=5k+4;

charakteristická hodnota užitečného zatížení pro chodby a schodiště v kN/m²:

4,0 pro liché n ≤ 30; 4,5 pro liché n > 30; 5,0 pro sudé n ≤ 30; 6,0 pro sudé n > 30;

ostatní stálá zatížení:

plošná hmotnost podlahy [kg/m²]: 235 pro n ≤ 30; 250 pro n > 30;

zavěšený podhled bez požární odolnosti [kg/m²]: 20 pro n ≤ 30; 15 pro n > 30;

pevnostní třída betonu: C25/30 pro n sudé;

C20/25 pro n liché;

druh oceli: B500B pro n ≤ 30;

B550B pro n > 30;

základní rozměry (v metrech; neurčené hodnoty volte):

A = 5,00 + 0,075 · r

A = m

B = 2,50 + 0,1 · s, ale min. 2,70 a max. 3,60

B = m

C = 19,1 pro n sudé; 19,9 pro n liché

C = m

D = 2,40 nebo 3,00

D = m

E = 3,90 pro n = 3k, E = 4,20 pro n = 3k+2, E = 4,50 pro n = 3k+1

E = m

F = 2,40 pro n = 3k+2, F = 2,70 pro n = 3k+1, F = 2,55 pro n = 3k

F = m

konstrukční výška: KV = 3,60 (pro n liché) nebo KV = 3,90 (pro n sudé)

KV = m

Ve výše uvedených údajích je:

n číslo zadání (pořadové číslo studenta ve skupině),

s = n pro n = 1 až 10, **s** = n-10 pro n = 11 až 20, **s** = n-20 pro n = 21 až 30, **s** = n-30 pro n = 31 až 40, atd.,

r = n pro n ≤ 30, **r** = n-30 pro n > 30,

k libovolné celé číslo.

Pozn.: pro spojitou desku nad hlavní místností volte 8 polí (krajní pole mohou být kratší až o 10%).

Požadovaný rozsah zpracování tématu:

Schéma konstrukce v měřítku 1:100 s vyznačením požadavku osové vzdálenosti výztuže od líce prvku. Dimenzování desky D1 na MSÚ a stanovení požární její odolnosti dle tabulek a dle metody izoterma 500°C.

Literatura:

[1] Procházka, J., Štefan, R., Vašková, J.: Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.

[2] EN ČSN 1992-1-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2:Obecná pravidla – Navrhování na účinky požáru

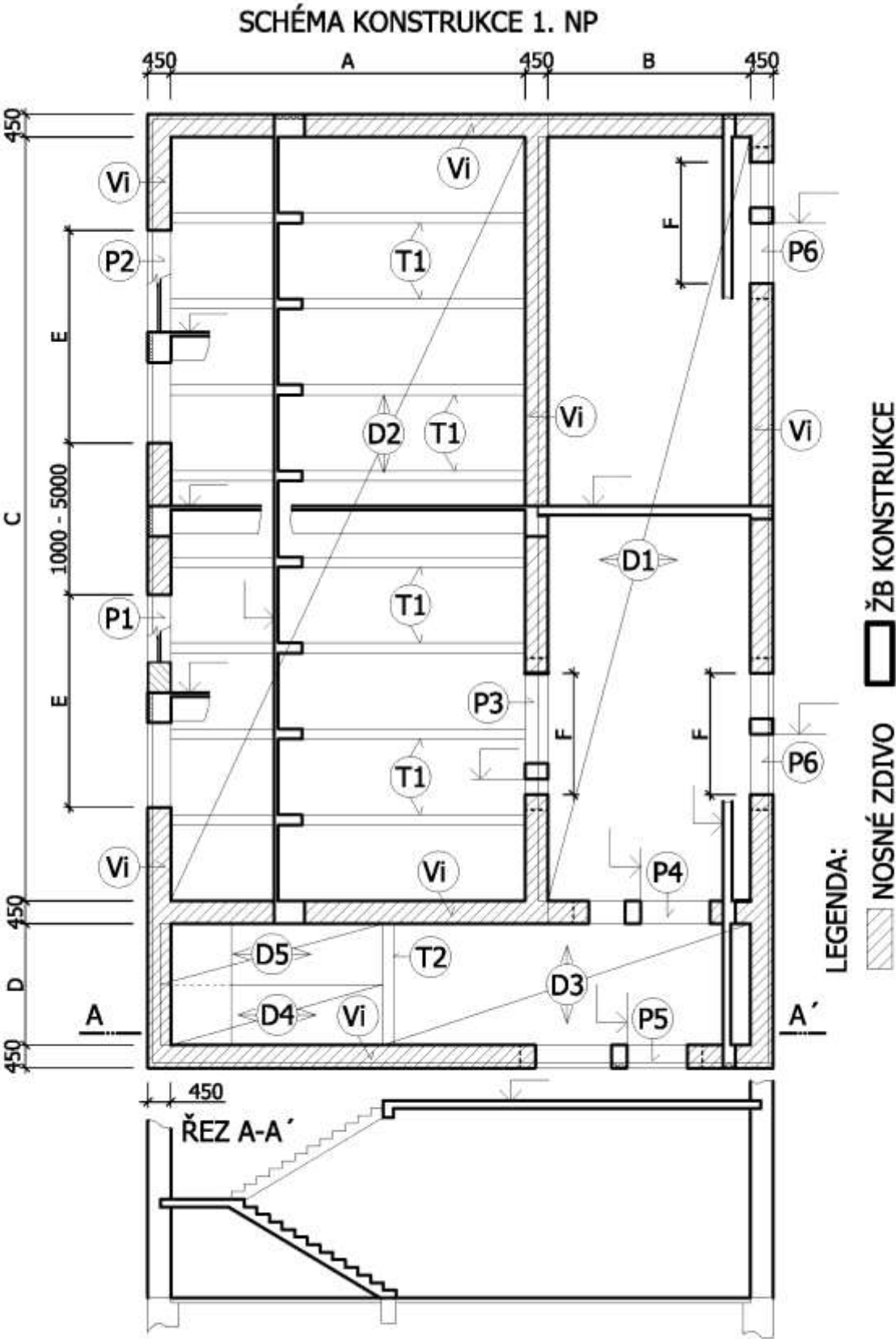
Brno, září 2019

zadal:

doc. Ing. Laníková Ivana, Ph.D.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D. Ing.

Strnad Jiří, Ph.D.



Pokyny k vypracování Tématu č.1, část 1: Předpjatý vazník

Obecné pokyny:

- Při výpočtu lze v omezeném rozsahu postupovat podle studijní opory [3] podle následovně uvedených kapitol.
- Další doplňující údaje jsou uvedeny v Příloze P1.
- Značení v opoře [3] je odlišné oproti normě (v opoře se vychází z anglických názvů). V projektu by značení mělo odpovídat značení uvedenému v příloze P1.7.
- Některé výpočty je možné dle pokynů zjednodušit, např. při výpočtu změn předpětí lze některé hodnoty „odhadnout“ podle následujících pokynů.
- Pokud některá kapitola zde uvedená není, výpočet se nepožaduje.

Postup výpočtu:

• **Návrh a ověření předpětí** (kap. 3.2):

- návrh rozměrů vazníku tvaru I dle přílohy P1.1 a statické schéma (při návrhu výšky je vhodnější použít „přesnější odhad“ uvedený v P1.1),
- materiálové charakteristiky betonu a výztuže (kap. 3.2.1); materiálové charakteristiky předpínacích lan a jejich výpočet jsou uvedeny v P1.5, $\sigma_{p,max}$, $\sigma_{pm0(t)}$,
- krytí předpínací výztuže (kap. 3.2.2), doplňující údaje k výpočtu krytí jsou v P1.3,
- zatížení a kombinací zatížení (kap. 3.2.3), (hodnoty součinitelů kombinace musí odpovídat druhu proměnného zatížení dle zadání, tj. pro sníh: $\psi_0=0,5$; $\psi_1=0,2$; $\psi_2=0,0$),
- výpočet vnitřních sil (kap. 3.2.4), vliv převislých konců vazníku lze zanedbat,
- průřezové charakteristiky včetně vykreslení tvaru a rozměrů vazníku (kap. 3.2.5),
- návrh předpětí (kap. 3.2.7), lana je vhodné rozmístit v rastru 50 x 50 mm, což by odpovídalo rozmístění otvorů pro kotvení lan v čelech předpínací formy, ale není to nutné, (konstrukční zásady rozmístění lan viz příloha P1.2). Pokud při ověřování průřezu u podpory (str. 26) některá z podmínek nevyhoví, je třeba provést ověření reálnosti snížení předpínací síly pomocí separace lan. Toto ověření se provádí právě a pouze pro tu podmínku, která nevyhověla !!!,
- rozmístění lan a charakteristiky ideálního průřezu včetně vykreslení tvaru (kap. 3.2.8);

• **Posouzení průřezu uprostřed rozpětí v čase $t=\infty$:**

- určení **počátečního napětí** v předpínací výztuži $\sigma_{p,0}$ (vyvozené předpínací pistolí při předpínání) a velikost **předpínací síly**, na kterou se lana budou napínat,
- **výpočet změn předpětí** (kap. 3.3):
 - okamžité ztráty při napínání (kap. 3.3.1),
 - ztráty popsané v odstavcích i. až vi. spočítáme,
 - ztrátu relaxací předpínací výztuže popsanou v odstavci vii. určíme odhadem jako 2% počátečního předpětí,
 - ztráty v odstavcích viii. a ix. spočítáme,
 - pro okamžik po vnesení napětí předpětí do prvku spočítáme celkovou okamžitou ztrátu předpětí, napětí ve výztuži a předpínací sílu; napětí ve výztuži σ_{pa} posoudíme s přípustnou hodnotou,
 - (Pozn: V tomto okamžiku je vhodné zkontrolovat velikost předpínací síly s tou, která byla uvažována v návrhu při ověření průřezu u podpory. Pokud se významně liší, je ve výpočtu chyba),
 - dlouhodobé (provozní) ztráty v polovině rozpětí nosníku v čase $t=\infty$ (3.3.2),
 - ztrátu předpětí okamžitým pružným přetvořením betonu (kap. 3.3.2.1) spočítáme,
 - ztrátu předpětí relaxací výztuže popsanou v kap. 3.3.2.2 odhadneme jako 2% napětí σ_{pa} ,
 - při výpočtu ztráty předpětí smršťováním betonu (kap. 3.3.2.4) odhadneme celkovou hodnotu poměrného smrštění $\varepsilon_{cs} = 0,0005$,

- ztrátu dotvarováním betonu popsanou v kapitolách až 3.3.2.5 spočítáme pro součinitel dotvarování $\phi(t, t_0) = 1,8$ až $2,3$ (odhad),
- spočítáme celkovou ztrátu předpětí způsobnou relaxací, smršťováním a dotvarováním betonu $\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ (str. 41)
- Pozn.: Nyní je vhodné si veškeré ztráty sepsat do tabulky (a vyznačit, které jsou vlivem pružného přetvoření betonu od předpínací síly, vl. tíhy a dalšího zatížení) obdobně jako je na straně 46, ale s tím rozdílem, že místo jednotlivých dlouhodobých ztrát relaxací výztuže, smršťováním a dotvarováním betonu tam bude výsledná ztráta od těchto účinků $\Delta\sigma_{p,c+s+r}$,
- s pomocí připravené tabulky určíme napětí a sílu ve výztuži po 50. letech (viz. příloha P.1) a to ve dvou variantách
 - včetně ztrát pružným přetvořením od dlouhodobého zatížení
 - bez ztrát pružným přetvořením od dlouhodobého zatížení
- (Pozn. Opět zkontrolujeme velikost předpínací síly v čase $t=\infty$ s návrhem předpínací síly.)
- ztrátu předpětí okamžitým pružným přetvořením betonu od krátkodobého proměnného zatížení (kap. 3.3.2.6) spočítáme; jedná se o zatížení sněhem, kde $\psi_2=0,0$,
- poznámka: ztráty předpětí u podpory (kap. 3.3.3) nepočítáme,
- **mezí stavy omezení napětí v předpínací výztuži a betonu a kontrola trhlin v betonu** (kap. 3.4.)
 - bude provedeno pro průřez v polovině rozpětí v čase $t=\infty$ včetně vykreslení průběhů napětí po výšce průřezu (kap. 3.4.1) pro každou kombinaci zatížení.
- **mezí stav únosnosti při porušení momentem a normálovou silou** (kap. 3.5)
 - pouze pro průřez v polovině rozpětí v čase $t=\infty$ (kap. 3.5.1), opět je potřeba vykreslit příčný řez, přetvoření průřezu po výšce ve vhodném měřítku a působící síly.
- **výpočet mezního stavu únosnosti při porušení posouvající silou** nebudeme provádět.

• **Schéma vyztužení vazníku.**

Pokud budete mít nějaké nejasnosti nebo připomínky, můžete poslat dotaz vyučujícím.

Příloha P1 - k vypracování Tématu č.1, část 1: Předpjatý vazník

P1.1) Návrh rozměrů průřezu vazníku

Návrh výšky h : $h \cong \left(\frac{1}{15} \text{ až } \frac{1}{18} \right) l$ (hrubší odhad)

$$h \cong \alpha \sqrt{\frac{M}{\beta b R}} \quad (\text{přesnější odhad})$$

Návrh šířky b : $b \cong \left(\frac{1}{3} \text{ až } \frac{1}{3,5} \right) h$,
(v rozmezí 250mm až 450 mm)

Ostatní veličiny:

l je rozpětí prvku

$\alpha = 1,00$ až $1,05$ dle míry předpětí

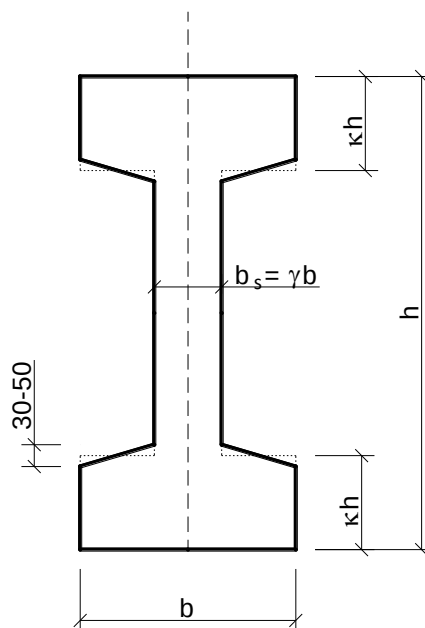
$$\beta = \frac{1}{6} \left[1 - (1 - \gamma) \cdot (1 - 2\kappa)^3 \right]$$

$\kappa = 0,15$ až $0,20$

$\gamma = 0,33$ až $0,5$

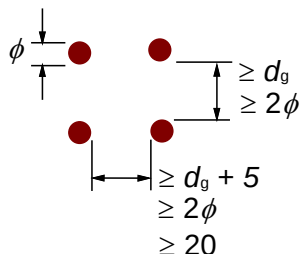
R budeme uvažovat $0,45 f_{ck}$ v MPa

M je součet momentů od ostatního stálého zatížení a proměnného zatížení v charakteristické hodnotě v MNm.



P1.2) Uspořádání předpínacích vložek

Minimální světlá vodorovná a svislá vzdálenost mezi předem napjatými přepínacími vložkami je uvedena na obrázku



kde ϕ je průměr předem napjaté předpínací výztuže a d_g je největší rozměr zrna kameniva.

Při umísťování předpínacích vložek poblíž (všech) okrajů průřezu je nutné brát zřetel na dodržení krycí vrstvy ($\geq c_{nom}$).

P1.3) Doplnující údaje k výpočtu krytí předpínací výztuže

a) Minimální krycí vrstva $c_{min,b}$ z hlediska soudržnosti

Uspořádání prutů:	Minimální krycí vrstva $c_{min,b}$ *):
- oddělené	průměr prutu
- svazky	náhradní průměr (ϕ_h) (viz 8.9.1 normy)
*) Pokud je jmenovitý maximální rozměr kameniva větší než 32 mm, $c_{min,b}$ se má zvýšit o 5 mm.	

Poznámka:

Doporučené hodnoty $c_{\min,b}$ pro kanálky s dodatečně napjatými vložkami jsou:

- kruhové kanálky: průměr;
- pravoúhelníkové kanálky: větší z hodnot: menší rozměr, nebo polovina většího rozměru.

Není však třeba uvažovat hodnotu větší než 80 mm, jak u kruhového, tak pravoúhelníkového kanálu.

Doporučené hodnoty pro předem napjaté předpínací vložky jsou:

- 1,5násobek průměru lana nebo hladkého drátu;
- 2,5násobek průměru drátu s vtisky.

b) Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{\min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro předpínací výztuž

Požadavek prostředí pro $c_{\min,dur}$ (mm)							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65

P1.4) Omezení šířky trhlin

(Tabulka 7.1N) Doporučené hodnoty $w_{\max}$ (mm)

(Tabulka 7.11) Doporučené hodnoty $w_{\max}$ (mm)		
Stupeň vlivu prostředí	Železobetonové prvky a prvky předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazi-stálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4 ¹⁾	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²⁾
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Dekomprese
1) Pro stupně vlivu prostředí X0, XC1 nemá šířka trhliny vliv na trvanlivost a uvedená hodnota má vést k přijatelnému vzhledu. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, lze uvedenou hodnotu zvětšit. 2) Pro tyto stupně vlivu prostředí má být kromě toho posouzena dekomprese při kvazi-stálé kombinaci zatížení.		

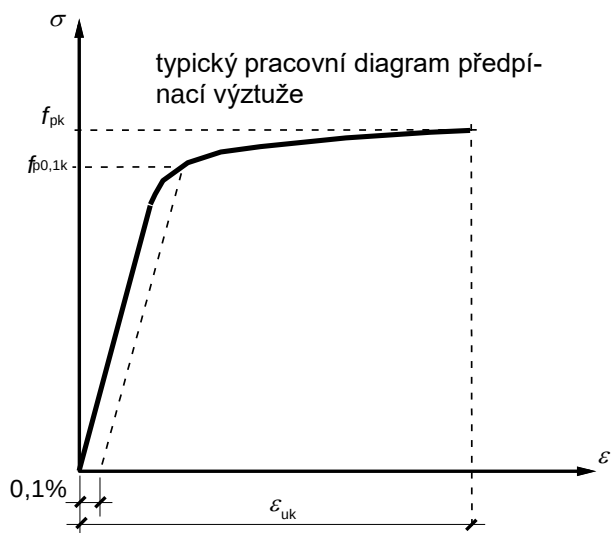
Poznámka:

Při dekompresi se požaduje, aby veškerá soudržná předpínací výztuž nebo hadice byly alespoň 25 mm uvnitř tlaceného betonu.

P1.5) Předpínací výztuž – některé vlastnosti a charakteristiky

a) Některé vlastnosti:

Smluvní mez kluzu 0,1% ($f_{p0,1k}$) a stanovená hodnota **pevnosti v tahu** (f_{pk}) se definují charakteristickou hodnotou síly při poměrném přetvoření 0,1 %, popř. charakteristickou hodnotou maximálního zatížení v dostředném tahu, dělenou jmenovitou průřezovou plochou – viz obrázek.

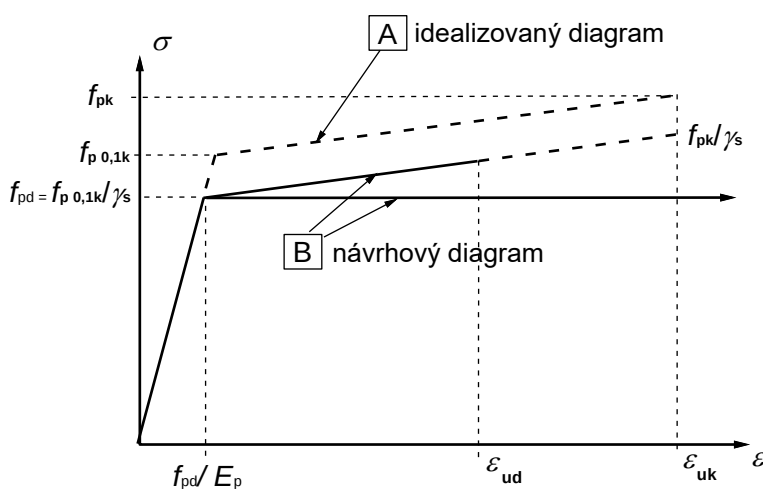


Návrhovou hodnotu **modulu pružnosti** E_p pro **dráty a tyče** lze předpokládat rovnou 205 GPa. Skutečná hodnota může být v rozsahu 195 GPa až 210 GPa v závislosti na výrobním postupu. V průvodním certifikátu dodávky má být uvedena příslušná hodnota.

Návrhovou hodnotu **modulu pružnosti** E_p pro **lana** lze předpokládat rovnou 195 GPa. Skutečná hodnota může být v rozsahu 185 GPa až 205 GPa v závislosti na výrobním postupu. V průvodním certifikátu dodávky má být uvedena příslušná hodnota.

Průměrnou hodnotu **objemové hmotnosti předpínací výztuže** lze při návrhu obvykle uvažovat 7850 kg/m³.

b) Pracovní diagramy pro předpínací výztuž (idealizovaný a návrhový):



Návrhová hodnota **napětí v předpínací výztuži** f_{pd} se vypočítá dle vztahu $f_{pd} = f_{p0,1k}/\gamma_s$, kde pro trvalé a dočasné návrhové situace $\gamma_s = 1,15$.

Pokud není známá hodnota $f_{p0,1k}$ doporučuje se uvažovat $f_{p0,1k}/f_{pk} = 0,9$

Hodnota **návrhového mezního přetvoření** v předpínací výztuži ϵ_{ud} se určí dle národní přílohy ČR normy EC2 jako $0,9\epsilon_{uk}$. Pokud nejsou známy přesnější hodnoty vlastností předpínací výztuže, doporučuje se uvažovat $\epsilon_{ud} = 0,02$.

c) Rozměry a vlastnosti předpínacích lan:

Označení oceli	Číslo oceli	Průměr ϕ [mm]	Průřezová plocha $A_{p,1}$ [mm ²]	Hmotnost na 1 bm [g/m]	Charakteristická pevnost v tahu f_{pk} [MPa]	Charakteristická smluvní mez kluzu 0,1% $f_{p0,1k}$ [MPa]
Y1770S7	1.1365	15,3	140	1093	1770	1560
		15,7	150	1172	1770	1560
Y1860S7	1.1366	15,3	140	1093	1860	1640

		15,7	150	1172	1860	1640
--	--	------	-----	------	------	------

V tabulce je uvedena pouze část sortimentu předpínacích lan pro potřebu výuky.

d) Označování předpínací výztuže

Zprava odleva odděleny spojovníky (-) se uvádějí údaje:

a) číslo příslušné části normy (pr) EN 10138:

EN 10138-2 dráty

EN 10138-3 lana

EN 10138-4 tyče

b) značení vlastní předpínací oceli:

- písmeno Y značí předpínací ocel
- jmenovitá tahová pevnost v MPa
- písmeno C (dráty tažené za studena) nebo S (lana) nebo H (tyče válcované za tepla)
- pouze pro lana: číslice 2 nebo 3 nebo 7 udávající počet drátů v pramenci nebo laně,
- případně ještě písmeno G značící kompaktní lano



sedmidrátové
lano

sedmidrátové
kompaktní lano

c) jmenovitý průměr (drátu/lana/tyče) v mm

d) písmeno I značící povrch s vtisky (u drátů a lan) nebo písmeno R značící povrch s žebírky (u tyčí)

e) pouze pro dráty:

- typ vtisku T1 nebo T2 (specifikuje prEN 10138-2)
- třídu relaxace R1 nebo R2

f) pouze pro dráty a lana: třídu únavového chování F1 nebo F2

g) třídu odolnosti proti korozi pod napětím C1 nebo CL1 nebo C2 (u drátů a lan), C1 nebo C2 (u tyčí)

Příklad označení předpínacího lana s pevností 1860 MPa a průměrem 15,7 mm používaného v ČR:
EN 10138-3-Y1860S7-15,7-I-F1-C1

Příklad označení tyče s žebírky pevnosti 1050 MPa a průměru 36 mm používané v ČR:
EN 10138-4-Y1050H-36-R-C1

P1.6) Předpínací síla

a) Předpínací síla v průběhu napínání

Napětí v předpínací vložce σ_{pa} při napínání před zakotvením (na napínaném konci) nesmí překročit hodnotu $\sigma_{p,max}$:

$$\sigma_{p,max} = \min\{0,8 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p0,1k}\}$$

Odpovídající předpínací síla je $P_a = A_p \sigma_{pa}$.

b) Předpínací síla v čase transferu předpětí do betonu t_0

Střední hodnota počáteční předpínací síly $P_{m0}(x)$ (v okamžiku $t = t_0$ a ve vzdálenosti x od napínaného konce) vnesená do betonu bezprostředně po napnutí a zakotvení (dodatečné napínání) nebo po zavedení předpětí (napínání předem) se stanoví ze síly při napínání P_a se zohledněním *okamžitých ztrát* $\Delta P_i(x)$.

Napětí $\sigma_{pm0}(x)$ odpovídající síle $P_{m0}(x)$ a nemá překročit následující hodnotu:

$$\sigma_{pm0,max} = \min\{0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p0,1k}\}$$

c) Předpínací síla v čase $t > t_0$

Střední hodnota předpínací síly $P_{m,t}(x)$ v okamžiku $t > t_0$ má být stanovena s ohledem na způsob předpínání (okamžité ztráty) a dále mají být uvažovány *časově závislé ztráty* předpětí $\Delta P_{c+s+r}(x)$ vyplývající z dotvarování a smršťování betonu a dlouhodobé relaxace předpínací oceli, ev. ztráty pružným přetvořením od ostatního stálého zatížení a proměnného zatížení.

d) Účinky předpětí v mezních stavech únosnosti (MSÚ)

Obecně se návrhová hodnota předpínací síly v čase t stanoví ze vztahu $P_{d,t}(x) = \gamma_{P,fav} \cdot P_{m,t}(x)$, kde $\gamma_{P,fav}$ je dílčí součinitel pro zatížení od předpětí P (dle NAČR pro dočasné a trvalé návrhové situace je $\gamma_{P,fav}=1$).

Poznámka: Pro posouzení MSÚ průřezu namáhaného ohybovým momentem a normálovou silou je potřeba znát návrhovou hodnotu *základní předpínací síly* $P_{d,t}^0$. V případě prvků předem předpjatých se tato rovná návrhové hodnotě předpínací síly v čase t , ve které nebyly zohledněny ztráty pružným přetvořením betonu od předpínací síly a zatížení. Lze ji spočítat podle vztahu:

$$P_{d,t}^0(x) = \gamma_{P,fav} \cdot P_{m,t,u}(x)$$

kde $P_{m,t,u}(x)$ je střední hodnota předpínací síly v čase t , ve které jsou zohledněny krátkodobé a časově závislé ztráty předpětí proběhlé až do času t kromě ztrát pružným přetvořením betonu od předpínací síly P a zatížení.

e) Účinky předpětí v mezních stavech použitelnosti

Při výpočtech použitelnosti musí být uvažovány odchylky možných změn předpětí. V mezním stavu použitelnosti se stanoví dvě charakteristické hodnoty předpínací síly ze vztahů

$$P_{k,sup} = r_{sup} \cdot P_{m,t}(x)$$

$$P_{k,inf} = r_{inf} \cdot P_{m,t}(x)$$

kde: $P_{k,sup}$ je horní charakteristická hodnota;
 $P_{k,inf}$ dolní charakteristická hodnota.

Doporučené hodnoty r_{sup} a r_{inf} dle NAČR jsou:

- pro předem napínané nebo nesoudržné předpínací vložky: $r_{sup} = 1,05$ a $r_{inf} = 0,95$;
- pro dodatečně napínané soudržné předpínací vložky: $r_{sup} = 1,10$ a $r_{inf} = 0,90$;
- pokud se provádějí příslušná měření (např. přímé měření předpětí), pak lze uvažovat: $r_{sup} = r_{inf} = 1,0$.

V hodnotě předpínací síly $P_{m,t}(x)$ jsou zahrnuty veškeré ztráty předpětí včetně ztrát pružným přetvořením betonu od předpínací síly a kombinace účinků zatížení, pro kterou se bude posudek provádět. Pro posouzení MSP – omezení napětí na průřezu od předpínací síly a kombinace účinků zatížení se vyčísľuje pomocí charakteristik betonového průřezu (A_c , I_c , e_p - excentricita předpínací síly vztažená k těžišti betonového průřezu).

Poznámka: V případě, kdy se napětí na průřezu od předpínací síly a kombinace účinků zatížení budou vyjadřovat pomocí charakteristik ideálního průřezu (tzn. se zahrnutím vlivu výztuže, tj. A_i , I_i , e_{pi}), charakteristické hodnoty předpínací síly se stanoví ze střední hodnoty předpínací síly $P_{m,t,u}(x)$, tj. síly, ve které jsou zohledněny krátkodobé a časově závislé ztráty předpětí kromě ztrát pružným přetvořením betonu od předpínací síly P a zatížení.

P1.7) Základní přehled značení některých veličin pro CL001, Téma č. 1

Účinky zatížení:

Rozlišujeme účinky zatížení od „zatížení“ - F a od předpětí P a celkové E : $F+P=E$

$M_{g0,k}$ moment od g_0 – charakteristická hodnota

$M_{g1,k}$ moment od g_1 – charakteristická hodnota

$M_{q,k}$ moment od q – charakteristická hodnota

Kombinace účinků zatížení:

M_{Fk} moment - charakteristická kombinace od „zatížení“ (tedy bez P)

M_{Fk,ψ_1} moment - častá kombinace od „zatížení“ (bez P)

M_{Fk,ψ_2} moment - kvazistálá kombinace od „zatížení“ (bez P)

M_{Fd} moment - návrhová kombinace od „zatížení“ (bez P)

Předpínací síla, napětí:

$P_{m,t}$ střední hodnota předpínací síly v čase t

$P_{k,t}$ charakteristická hodnota předpínací síly v čase t

$P_{d,t}$ návrhová hodnota předpínací síly v čase t

$P_{d,\infty}^0$ návrhová hodnota základní předpínací síly v čase ∞

$\sigma_{pd,\infty}^0$ základní (návrhová hodnota) napětí v předpínací výztuži v čase ∞ , atd.

Změny předpětí okamžité (některé závisí na x , tj. vzdálenosti vyšetřovaného místa od napínacího konce):

$\Delta\sigma_{psl}$ ev. ΔP_{sl} ztráta vyvozená pokluzem klínu (kuželíku) v kotvě (anchorage set loos)

$\Delta\sigma_{pda}$ ev. ΔP_{da} ztráta vyvozená změnou vzdálenosti opěr (deformation of abutment)

$\Delta\sigma_{pr,st}$ ev. $\Delta P_{r,st}$ ztráta vyvozená relaxací oceli (okamžitá – short term)

$\Delta\sigma_{pT}$ ev. ΔP_T ztráta vyvozená rozdílem teplot (temperature)

$\Delta\sigma_{pel}$ ev. ΔP_{el} ztráta vyvozená pružným přetvořením betonu obecně (elastic strain)

$\Delta\sigma_{pel,P}$ ev. $\Delta P_{el,P}$ změna vyvozená pružným přetvořením betonu od P (obdobně indexy od vlastní tíhy g_0 , provozní ztráty od dlouhodobé složky „zatížení“ bez $g_0 \rightarrow (g_1+\psi_2Q)$, nebo jen od krátkodobé složky od $Q \rightarrow (1-\psi_2)Q$

Změny předpětí časově závislé (závisí na vyšetřovaném čase t a x):

$\Delta\sigma_{pr,lt}$ ev. $\Delta P_{r,lt}$ ztráta vyvozená relaxací oceli (dlouhodobá – long term)

$\Delta\sigma_{pc}$ ev. ΔP_c ztráta vyvozená dotvarováním betonu (creep)

$\Delta\sigma_{ps}$ ev. ΔP_s ztráta vyvozená smršťováním betonu (shrinkage)

$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ ev. ΔP_{c+s+r} výsledná časově závislá ztráta zohledňující dotvarování, smršťování relaxaci a jejich vzájemnou redukci.

Značení předpětí v čase t v místě x :

σ_{pa} ev. P_a napětí ev. síla v předpínací vložce *při předpínání* (před zakotvením) v místě *pod kotvou*, říkejme mu kotevní (napínací) napětí, nemá překročit hodnotu $\sigma_{p,max}$

$\sigma_{pm0}(x)$ ev. $P_{m0}(x)$ napětí ev. síla (v okamžiku $t = t_0$) bezprostředně po zavedení předpětí, nemá být větší než $\sigma_{pm0,max}$

$\sigma_{pm0,u}(x)$ ev. $P_{m0,u}(x)$ napětí ev. síla (v okamžiku $t = t_0$) bezprostředně po zavedení předpětí bez ztrát pružným přetvořením

$\sigma_{pm,\infty}(x)$ ev. $P_{m,\infty}(x)$ napětí ev. síla v okamžiku $t = \infty$ se zohledněním časově závislých ztrát

$\sigma_{pm,\infty,u}(x)$ ev. $P_{m,\infty,u}(x)$ napětí ev. síla v okamžiku $t = \infty$ se zohledněním časově závislých ztrát bez ztrát pružným přetvořením

Obecně:

$\sigma_{pm,t}(x)$ ev. $P_{m,t}(x)$ napětí ev. síla v okamžiku $t > t_0$ se zohledněním časově závislých ztrát, za t se dosadí číslo nebo značka zatížení

$\sigma_{pm,t,u}(x)$ ev. $P_{m,t,u}(x)$ napětí ev. síla v okamžiku $t > t_0$ se zohledněním časově závislých ztrát bez ztrát pružným přetvořením

Poznámka: Index m znamená, že se jedná o střední hodnotu (mean) (v popisu značení bylo vynecháno): tj. střední hodnota napětí v přepínací výztuži ..., střední hodnota předpínací síly ...

Tabulka sumarizace změn předpětí pro potřebu výuky

Změny předpětí v polovině rozpětí		Označení	σ [MPa] $\Delta\sigma$ [MPa]	P [kN]
Napětí (síla) při předpínání výztuže		$\sigma_{pa} \mid P_a$		
Výrobní (okamžité)	ztráta vyvozená pokluzem klínu v kotvě	$\Delta\sigma_{psl}$		
	ztráta vyvozená změnou vzdálenosti opěr	$\Delta\sigma_{pda}$		
	ztráta vyvozená relaxací oceli	$\Delta\sigma_{pr,st}$		
	ztráta vyvozená rozdílem teplot	$\Delta\sigma_{pT}$		
	ztráta vyvozená pružným přetvořením betonu od P	$\Delta\sigma_{pel,P}$		
	změna vyvozená pružným přetvořením betonu od g_0	$\Delta\sigma_{pel,g0}$		
Napětí (síla) bezprostředně po zavedení předpětí		$\sigma_{pm0} \mid P_{m0}$		
Napětí (síla) bezprostředně po zavedení předpětí, bez zohlednění ztrát pružným přetvořením		$\sigma_{pm0,u} \mid P_{m0,u}$		
Provozní (dlouhodobé)	změna pružným přetvořením betonu od dlouhodobé složky zatížení bez vlastní tíhy (kvazistálá kombinace bez g_0)	$\Delta\sigma_{pel,(g1+\Psi2Q)}$		
	ztráta vyvozená relaxací oceli $\Delta\sigma_{pr,lt}$	$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$		
	ztráta vyvozená dotvarováním betonu $\Delta\sigma_{pc}$			
	ztráta vyvozená smršťováním betonu $\Delta\sigma_{ps}$			
	změna pružným přetvořením betonu od krátkodobé složky proměnného zatížení	$\Delta\sigma_{pel,(1-\Psi2)Q}$		
Napětí (síla) v okamžiku $t = \infty$		$\sigma_{pm,\infty} \mid P_{m,\infty}$		
Napětí (síla) v okamžiku $t = \infty$, bez zohlednění ztrát pružným přetvořením		$\sigma_{pm,\infty,u} \mid P_{m,\infty,u}$		

Téma č.1 - Předpjatý vazník - klíč k zadání 2019/2020

n	L	a	gk1	qk	beton	Přepínací výztuž	bet. výztuž	n	L	a	gk1	qk	beton	Přepínací výztuž	bet. výztuž
1	18	7,50	2,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	37	18	4,50	3,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
2	18	4,50	2,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	38	18	6,00	3,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
3	18	6,00	2,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	39	18	7,50	3,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
4	15	7,50	2,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	40	15	4,50	3,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
5	15	4,50	2,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	41	15	6,00	3,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
6	15	6,00	2,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	42	15	7,50	3,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B550
7	21	7,50	2,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	43	21	4,50	3,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
8	21	4,50	2,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	44	21	6,00	3,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
9	21	6,00	2,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	45	21	7,50	3,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
10	18	7,50	3,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	46	18	4,50	4,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
11	18	4,50	3,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	47	18	6,00	4,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
12	18	6,00	3,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	48	18	7,50	4,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
13	15	7,50	3,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	49	15	4,50	4,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
14	15	4,50	3,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	50	15	6,00	4,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
15	15	6,00	3,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550	51	15	7,50	4,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
16	21	7,50	3,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	52	21	4,50	4,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B550
17	21	4,50	3,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	53	21	6,00	4,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
18	21	6,00	3,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	54	21	7,50	4,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
19	18	7,50	4,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	55	18	4,50	2,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
20	18	4,50	4,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	56	18	6,00	2,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
21	18	6,00	4,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	57	18	7,50	2,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500
22	15	7,50	4,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	58	15	4,50	2,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B550
23	15	4,50	4,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	59	15	6,00	2,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500
24	15	6,00	4,00	1,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B550	60	15	7,50	2,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
25	21	7,50	4,00	1,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B500	61	21	4,50	2,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550
26	21	4,50	4,00	1,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	62	21	6,00	2,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
27	21	6,00	4,00	1,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	63	21	7,50	2,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550
28	18	7,50	2,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	64	18	4,50	3,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
29	18	4,50	2,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	65	18	6,00	3,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550
30	18	6,00	2,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	66	18	7,50	3,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
31	15	4,50	2,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	67	15	4,50	3,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550
32	15	6,00	2,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	68	15	6,00	3,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500
33	15	7,50	2,00	1,50	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550	69	15	7,50	3,00	2,00	C45/55	Y1770S7-15,3-A	B550
34	21	4,50	2,00	1,50	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500	70	21	4,50	3,00	2,00	C50/60	Y1770S7-15,7-A	B500
35	21	6,00	2,00	1,50	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B500	71	21	6,00	3,00	2,00	C35/45	Y1860S7-15,3-A	B550
36	21	7,50	2,00	1,50	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500	72	21	7,50	3,00	2,00	C40/50	Y1860S7-15,7-A	B500

Pokyny k vypracování Téma č.2: Posouzení požární odolnosti železobetonové konstrukce

Literatura:

- [1] Procházka, J., Štefan, R., Vašková, J.: Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [2] EN ČSN 1992-1-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2:Obecná pravidla – Navrhování na účinky požáru
- [3] Přednáška (zkrácená verze přednášek pro potřeby cvičení a zde citovaná) je dostupná na http://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/CL001/CL001_pozar_kombi.pdf

Poznámka: nezkrácené přednášky jsou dostupné na

<http://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/CL001/CL001.htm>

V přednáškách jsou uvedeny všechny potřebné vztahy a tabulky k vypracování tématu. Tabulky jsou značeny stejně jako v normě [2].

K posuzování dle tabulek jsou v přednáškách:

- napřed uvedeny obecné informace (ty jsou v přednášce 9)
 - o pak obecné informace vždy pro určitý prvek (stěny, nosníky, ...), (v přednášce 10)
 - informace pro určitý prvek rozlišené většinou dle podepření (deska prostě podepřená, spojitá deska, ...)

Je třeba proto sledovat zásady nadřazených kapitol, kde jsou informace vztahující se vždy na následujících kapitoly nebo kapitolu.

Postup výpočtu:

a) Postup vedoucí ke splnění požadavku: „Schéma konstrukce v měřítku 1:100 s vyznačením požadavku osově vzdálenosti výztuže od líce prvku“:

- Rozvrhněte si rozmístění trámů, dodržte přitom pokyny v zadání.
- Navrhněte rozměry jednotlivých prvků stropní konstrukce (**D1, D2, T1, P1, P2 a P3**) dle empirických vztahů závislých na statickém schématu, rozpětí a typu prvku. Např. dle skript k BL001, které jsou dostupné na adrese https://www.bzk.fce.vutbr.cz/wp-content/uploads/sites/6/2017/03/BL001_skripta_3.3.2017.pdf - Pomůcka 10.
- Stanovte minimální osovou vzdálenost výztuže od líce prvků a upravte rozměry prvků tak, aby vyhovovaly podmínkám spolehlivosti požární odolnosti podle tabulek. (Bez využití rezervy únosnosti výztuže). Obecné (potřebné) informace jsou v přednášce [3] str. 26-30, přečtěte si je.
- podrobnější pokyny
 - o U **desek** bude výztuž umístěna v jedné vrstvě.
 - Přednáška [3] str. 34-37, tab. 5.8 + příslušné podmínky a požadavky, D1 deska prostě podepřená, D2 jako žebrovaná deska.
 - Norma [2] kapitola 5, Desky 5.7 (tab. 5.8 + příslušné podmínky a požadavky).
 - Skripta [1] kap. 2.2.1, Desky 2.2.1.4 (tab.2.2.9 + příslušné podmínky a požadavky).
 - o Pro **výztuž trámu** předpokládejte, že dvou vrstvách (profil výztuží odhadněte např. $\varnothing 12$ a napočítejte pro tento odhad).
 - Přednášky [3] str. 31-33, tab. 5.5., str. 30 týkající se výztuže umístěné v jedné nebo více vrstvách.
 - Norma [2] kapitola 5, Nosníky 5.6 (tab. 5.5 + příslušné podmínky a požadavky). Pro výpočet průměrné vzdálenosti výztuže a_m při více vrstvách výztuže použijte vztah 5.5 a příslušné pokyny v odstavcích 5.2 (15) až (17).
 - Skripta [1] kap. 2.2.1, Nosníky 2.2.1.3 (tab.2.2.6 + příslušné podmínky a požadavky). Pro výpočet průměrné vzdálenosti výztuže a_m při více vrstvách výztuže

použijte vztah 2.2.3, kde a_i je vzdálenost výztužného prutu k nejbližšímu povrchu vystavenému požáru (nosníků je vystaven požáru ze tří stran zespodu).

Poznámka: Z obr. 2.2.1 skript [1] vyplývá, že je tato vzdálenost chápána jako vzdálenost těžiště výztuže od spodního líce, tento výklad ustanovení normy je však chybný a neříďte se jím.

- V **překladech** bude výztuž umístěna v jedné vrstvě.
 - Přednášky [3] str. 31-33, tab. 5.5., str. 32 týkající se krajních prutů výztuže v jedné vrstvě.
 - Norma [2] kapitola 5, Nosníky 5.6 (tab. 5.5 + příslušné podmínky a požadavky).
 - Skripta [1] kap. 2.2.1, Nosníky 2.2.1.3 (tab.2.2.6 + příslušné podmínky a požadavky).
- Vykreslete schéma konstrukce v měřítku 1:100 (bez části konstrukce, která se nenavrhovala, tj. deska se schodištěm), tak jako se kreslí výkres tvaru (obdobně jak je v zadání, pouze nešrafovat nosné zdivo). Napočítanou osovou vzdálenost připište ke značce prvku nebo vedle do tabulky.
- Poznámka: Prvky se na únosnost nedimenzují!!!

b) Postup vedoucí ke splnění požadavku “Dimenzování **desky D1** a stanovení požární odolnosti dle tabulek a dle metody izotermy 500°C:

- Nadimenzujte desku D1 dle MSÚ (pouze na ohybový moment včetně konstrukčních zásad, smyk a kotevní délky nepočítejte) obvyklým způsobem (za běžné teploty) bez ohledu na požadavky požární odolnosti, tj. krytí výztuže stanovte dle požadavků normy EN 1992-1-1 a úmyslně ho nezvyšujte (tedy a nemá vyhovovat a_{min} dle tabulek pro požární odolnost). Zatížení počítejte dle NAČR, tj. pro kombinace zatížení dle rovnic 6.10a a 6.10b. Navrhněte plochu výztuže $A_{s,prov}$ cca o 10% větší než vyjde nutná plocha výztuže $A_{s,req}$, tedy aby výztuž byla využita cca na 90% únosnosti. Je třeba $A_{s,req}$ spočítat podle přesného vztahu (tj. s odmocninou) a ne odhadem nebo zjednodušeně.
- Proveďte posouzení požární odolnosti D1 pomocí tabulkových hodnot s přihlédnutím ke skutečnému napětí ve výztuži při požární situaci a vypočítanému redukčnímu součiniteli ve výztuži, viz postup:
 - Přednášky [3]: redukční součinitel zatížení spočítejte dle vztahů na str. 10, zbytek viz. postup uvedený na str. 39, tj. výsledkem je upravená hodnota a_{min} .
 - Norma [2] kapitola 5, Desky 5.7 (tab. 5.8 + příslušné podmínky a požadavky),
 - redukční součinitel zatížení: 2.4.2 (3),
 - redukce napětí ve výztuži, stanovení kritické teploty a úprava krytí viz příslušné pokyny v odstavcích 5.2 (7) až (8).
 - Skripta [1] kap. 2.2.1, Desky 2.2.1.4 (tab. 2.2.9 + příslušné podmínky a požadavky),
 - redukční součinitel zatížení: vztah 1.2.14a a 1.2.14b,
 - redukce napětí ve výztuži, stanovení kritické teploty a úprava krytí viz příslušné pokyny v odstavcích vztah 2.2.8 až 2.2.11,
 - lze využít část postupu použitého v příkladu 2.4.1.

Poznámka: Pokud deska nevyhoví na požadovanou požární odolnost, pouze tuto skutečnost konstatujte a nic neopravujte, protože lze posudek provést „přesněji“, viz další metoda.

- Proveďte posouzení požární odolnosti pomocí zjednodušené metody izotermy 500°C
 - Přednáška [3] str. 43-48, konkrétně postup od str. 45; poznámka k výpočtu únosnosti: požár v desce je jen zespodu a šířka průřezu není redukována $b_{fi}=b$ (str 48).
 - Norma [2] příloha B1.
 - Skripta [1] kap. 2.2.2.1, lze využít část postupu použitého v příkladu 2.4.1.

Pokud budete mít nějaké nejasnosti nebo připomínky či návrhy na vylepšení kontaktujte vyučující.