



**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

**VYUŽITÍ FRP VÝZTUŽE PŘI NÁVRHU BETONOVÝCH  
KONSTRUKCÍ**

APPLICATION OF FRP REINFORCEMENT IN THE DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES

**P1.2 TECHNICKÁ ZPRÁVA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Barbora Kratochvílová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. FRANTIŠEK GIRGLE, Ph.D.**

**BRNO 2021**

**OBSAH:**

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE .....	3
2. POPIS KONSTRUKCE.....	3
3. MATERIÁLY .....	3
4. ZATÍŽENÍ.....	4
5. KOMBINACE.....	4
6. DIMENZOVÁNÍ .....	5
7. MANIPULACE PREFABRIKÁTU .....	5
8. ZÁVĚR.....	5

## 1. ZÁKLADNÍ INFORMACE

V praktické části bakalářské práce je řešeným prvkem katalogový betonový prefabrikát – ENERGOKANÁL, který je umístěn v zeleném pásu 4 metry pod terénem (zemina třídy F5 – tuhá). Prefabrikovaný dílec je navržen a posouzen ve dvou materiálových variantách. První variantou je návrh výztuže z oceli. Ve druhé variantě se ocelová výztuž v prvku nahrazuje výztuží z kompozitního materiálu. Pro oba návrhy byl použit beton třídy C 30/37. Prefabrikát se skládá ze dvou částí, z Prefabrikátu 1 – dílec ve tvaru „U“ a Prefabrikátu 2, kterým je záklopová deska. Statický výpočet řeší návrh a posouzení Prefabrikátu 1, který je posuzován na mezní stav únosnosti – ohyb a smyk. Prefabrikát 2 je zohledňován pouze z hlediska zatížení. Výpočet vnitřních sil je proveden pomocí programu SCIA Engineer. Návrh a posouzení je v souladu s normami ČSN EN 1990 [1] a ČSN EN 1992-1-1 [2].

## 2. POPIS KONSTRUKCE

Řešený prvek nevychází se skutečného projektu. Jedná se o typový katalogový prvek – rozměry vychází z katalogu. Skládá se ze dvou prefabrikovaných dílců, spojených v jeden celek pomocí podmazání 10mm. Vnitřní rozměry prefabrikátu jsou 1670 mm x 1801 mm. Celkové rozměry 2100 mm x 2030 mm x 2390 mm. Technologie uvnitř konstrukce jsou rovnoměrně rozprostřeny po jejím dnu.

## 3. MATERIÁLY

Oba prefabrikáty jsou navrženy z betonu třídy C 30/37. Uvažujeme se stupněm vlivu prostředí XC2, třída konstrukce je S4. V první variantě počítáme s ocelí B500B. V druhé variantě s výztuží z GFRP od výrobce Schöck ComBAR. V případě GFRP je nutné dodržovat doporučení a ustanovení technického listu výrobce. Hodnoty vycházejí z ČSN EN 1990 [1] a také z technických listů.

### **Beton: C30/37**

Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost betonu v tlaku:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

Pevnost betonu v tahu:

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost betonu v tahu (5% kvantil):

$$f_{ctk; 0,05} = 1,8 \text{ MPa}$$

Mezní poměrné přetvoření betonu:

$$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

### **Ocel: B500B**

Charakteristická mez kluzu:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Návrhová mez kluzu:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_s = 200 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

Mezní poměrné přetvoření oceli:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200 \cdot 10^3} = 2,174 \text{ ‰}$$

### **GFRP výztuž Schöck ComBAR**

Modul pružnosti:

$$E_f = 60 \text{ GPa}$$

Součinitel spolehlivosti:

$$\gamma_f = 1,3$$

Minimální charakteristická návrhová pevnost:

$$f_{fk} = 1000 \text{ MPa}$$

Návrhová počáteční pevnost v tahu:

$$f_{fd} = \frac{1000}{1,3} = 769,231 \text{ MPa}$$

Mez přetvoření:

$$\varepsilon_{fd} = \frac{f_{fd}}{E_f} = \frac{769,231}{60 \cdot 10^3} = 12,82 \text{ ‰}$$

Minimální charakteristická dlouhodobá pevnost:

$$f_{fk,1000h} = 580 \text{ MPa}$$

Návrhová dlouhodobá pevnost:

$$f_{fd} = \frac{580}{1,3} = 445 \text{ MPa}$$

Mez přetvoření:

$$\varepsilon_{fd} = \frac{f_{fd}}{E_f} = \frac{445}{60 \cdot 10^3} = 7,42 \text{ ‰}$$

## **4. ZATÍŽENÍ**

Vlastní tíha dílců se odvíjí od způsobu vyztužení betonového prvku. Objemová tíha betonu s ocelovou výztuží  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ . U betonu s kompozitní výztuží dochází ke změně objemové hmotnosti z  $25 \text{ kN/m}^3$  na  $24 \text{ kN/m}^3$ . Do užitého zatížení spadá zatížení od dopravy, které řadíme do kategorie G a zatížení technologií, které představuje kategorii E (skladovací prostory). Do výpočtu však užité zatížení technologií neuvažujeme. Předpokladem je tuhé těleso, se kterým souvisí rovnoměrné rozdělení napětí.

## **5. KOMBINACE**

Pro výpočet kombinací pro mezní stav únosnosti se vychází z kombinačních pravidel rovnic 6.10a, 6.10b. dle ČSN EN 1990.

Do stanovení vnitřních sil nevstupuje rovnoměrné spojitě zatížení od technologií a vlastní tíhy dna.

Rovnice 6.10a

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

Rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Člen  $\gamma_P P$  z rovnice vypadne, z důvodu, že zde není navrženo předpětí. Hodnoty a průběhy vnitřních sil byly zjištěny vytvořením kombinací v programu SCIA Engineer.

## 6. DIMENZOVÁNÍ

Dimenzování bylo rozděleno na dvě části, které se liší druhem použité výztuže. V první části u ocelové výztuže bylo zvoleno krytí 30 mm, v druhé části u kompozitní výztuže 21 mm. Pro prefabrikovaný dílec byly také navrženy manipulační úchyty Deha s kulatou hlavou 6050-7,5-0750.

## 7. MANIPULACE PREFABRIKÁTU

Manipulace bude provedena pomocí jeřábu. Dílce budou uloženy na podkladní beton tl. 100 mm.

## 8. ZÁVĚR

Posouzení a návrh Prefabrikátu 1 bylo provedeno ve dvou variantách vyztužení. Srovnáním obou variant bylo možné porovnat rozdíly v délce a váze navržené výztuže. U obou částí byl uvažován stejný objem použitého betonu. První rozdíl byl patrný při učení vlastní tíhy dílců. Vzhledem k tomu, že pro kompozitní výztuž byla uvažována vlastní tíha betonu 24 kN/m<sup>3</sup>, promítla se tato skutečnost do průběhu vnitřních sil a měla na ně přímý vliv.

Výpočet výztuže se prováděl ve třech řezech. Výztuže prefabrikovaného dílce byly navrženy následovně:

### Výztuž z oceli

Hlavní nosná výztuž: ø14 po 100 mm

Konstrukční (vnější) výztuž: ø10 po 200 mm

Rozdělovací výztuž: ø8 po 150 mm

Konstrukční výztuž u horního povrchu: ø10 po 200 mm

### Kompozitní výztuž

Hlavní nosná výztuž: ø16 po 150 mm

Konstrukční (vnější) výztuž: ø12 po 300 mm

Rozdělovací výztuž: ø8 po 150 mm

Konstrukční výztuž u horního povrchu: ø12 po 300 mm

Prvek vyhověl na bezsmykovou výztuž a proto smyková výztuž nebyla uvažována.

## POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] ČSN EN 1990 (73 0002): Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. 2004.
- [2] ČSN EN 1992-1-1 (73 1201): Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 2006.
- [3] Technický list výrobce Schöck Combar.