# POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ZATĚŽOVACÍCH ZKOUŠEK SVB PRVKŮ VYZTUŽENÝCH TUHOU SKLENENOU VÝZTUŽÍ S TEORETICKÝMI STATICKÝMI VÝPOČTY

***Emil Čupera, Radek Holešinský, Jan Zámečník[1]***

Věcnou náplní tohoto příspěvku je pokračování experimentu, který má ověřit správnost provedené statické analýzy ohýbaného prvku. Navazuje na související předcházející zkoušky, na základě kterých byly zjištěny materiálové charakteristiky kompozitu UNICRET – MIX, a to především modul pružnosti v tlaku a modul pružnosti v tahu pro zpracování analýzy statického posouzení ohýbaného průřezu [1]. V tomto příspěvku je věnována pozornost zatěžovacím zkouškám na předem definovaných zkušebních vzorcích a porovnání výsledků zatěžovacích zkoušek s teoretickým statickým výpočtem.

Na základě materiálových charakteristik kompozitu UNICRET – MIX a tuhé kompozitní výztuže zpracoval Ing. Václav Nevřiva analýzu namáhaného SVB průřezu vyztuženého kompozitní tuhou výztuží (makrovýztuž). Pro tuto analýzu byla obecně použita metoda, která přesně sleduje průběh poměrných přetvoření a vyvolaných napětí v průřezu v závislosti na poloze vyšetřované části průřezu relativně k neutrální ose – jedná se o obdobu metody mezních přetvoření používané pro železobeton u složitějších případů namáhání.

[1] Čupera Emil, Ing. CSc., Holešinský Radek Ing., Zámečník Jan, Ing., Research Institute of Building materials, JSC., Hněvkovského 65, 617 00, Brno

Pro analýzu průřezu byly uvažovány tyto obecně platné předpoklady:

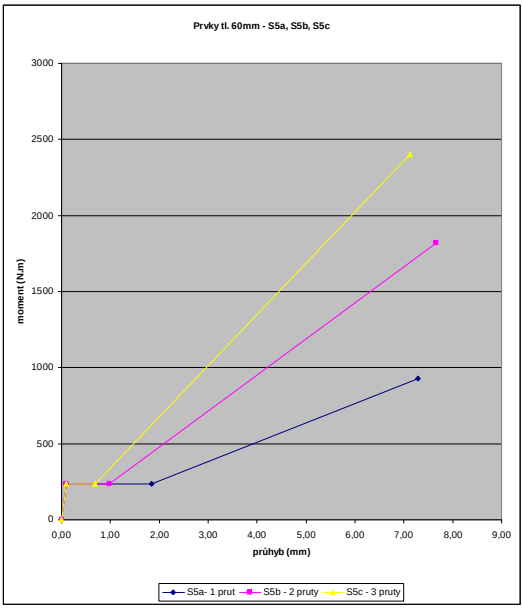
- Bernoulli-Navierova hypotéza. Dle tohoto předpokladu zůstávají průřezy ohýbaného prvku rovinné a kolmé k těžišťové ose
- Hookův zákon. Normálové napětí materiálu je přímo úměrné jeho poměrnému délkovému přetvoření. Tento předpoklad je modifikován v oblasti plastické deformace betonu – je předpokládáno, že po překročení přetvoření rovného mezi úměrnosti je napětí betonu konstantní při zvyšujícím se přetvoření.
- Porušení průřezu nastává při dosažení těchto velikostí přetvoření betonu a výztuže:

beton působící v tlaku: $\varepsilon_{lim,c,c} = -0{,}0035$

beton působící v tahu: $\varepsilon_{lim,c,t} = \boldsymbol{\sigma_t} / \boldsymbol{E_t}$

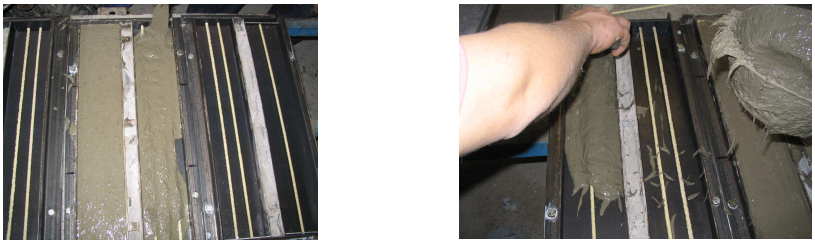
kompozitní výztuž: $\varepsilon_{lim,r} = \boldsymbol{\sigma_r} / \boldsymbol{E_r}$

Teoretický průběh zatěžování je u navrženého zkušebního vzorku patrný z následujícího grafu.



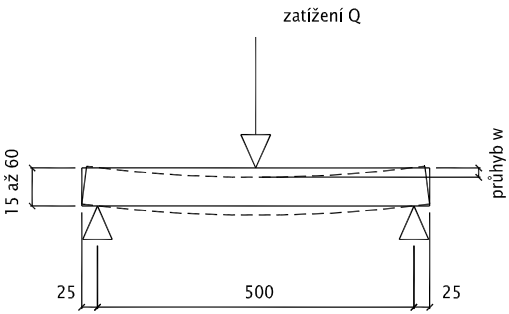

**Graf č.1: Teoretický průběh zatížení u prvku tl. 60 mm, vyztužený 1, 2, a 3 pruty**

Pro ověřením správnosti provedené statické analýzy a její shody se skutečností navrhl statik provést řadu zatěžovacích zkoušek, a to na 20-ti vzorcích rozměru 550 x 100 mm v tloušťkových variantách 15, 20, 30, 40 a 60 mm. Každá tloušťková varianta byla provedena bez výztuže a s výztuží v počtu jednoho, dvou a tří prutů kompozitní tuhé skleněné výztuže (viz Obr. č. 1).



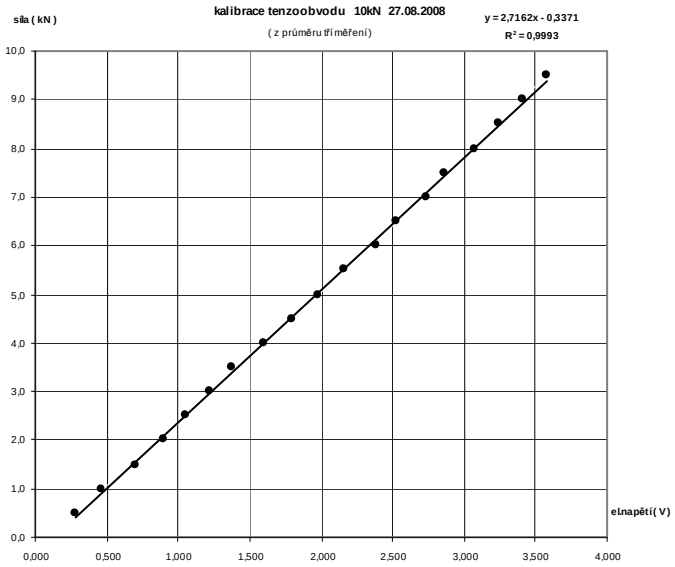
**Obr. č. 1 : Experimentální zalévání makrovýztuží**

Na následujícím obrázku je uvedeno zatěžovací schéma zkušebních vzorků:




V navrženém experimentu byly sledovány následující veličiny - zatížení na mezi trhlin, průhyb na mezi trhlin, průhyb po vzniku trhlin, zatížení na mezi porušení průřezu a průhyb na mezi porušení průřezu.

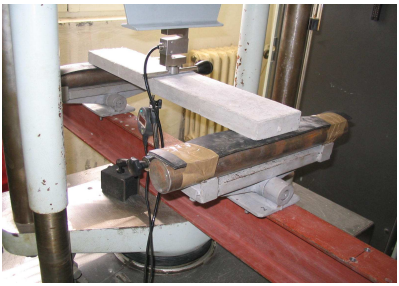
Pro vlastní zkoušku zatěžování zkušebních vzorků řešitelský tým přistoupil z důvodu přesného odečítání a záznamu naměřených dat (přenosu zatěžovací síly) na úpravu navrženou Ing. Čuperou spočívající ve vložení tenzometru mezi tlačenou čelist lisu a zkušební vzorek. S touto úpravou souvisela i potřeba zpracování počítačového programu, který by sledoval v časovém sledu hodnotu zatěžovací síly vyvolanou zkušebním lisem a současně zaznamenávat odezvu průhybu na zkušebních vzorcích. Za tím účelem byly pořízeny tři tenzometry s kapacitou 300 kg, 1500 kg a 5000 kg. Před zahájením každé série měření byla provedena kalibrace tenzometru v očekávaném měřícím rozsahu pro dané vzorky(viz graf č.2:).

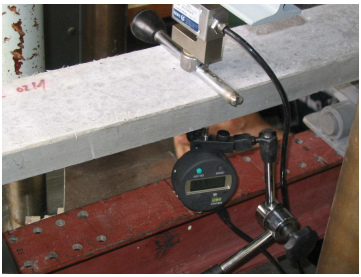



**Graf č. 2 : Kalibrace tenzoobvodu v rozzsahu 0 – 10 kN**

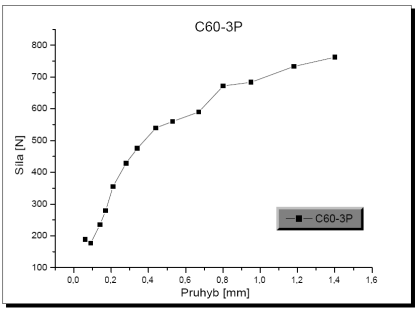
Pro měření průhybů při zatěžování byl použit digitální úchylkoměr MItutoyo Digimatic s měřícím rozsahem 12,7 mm.

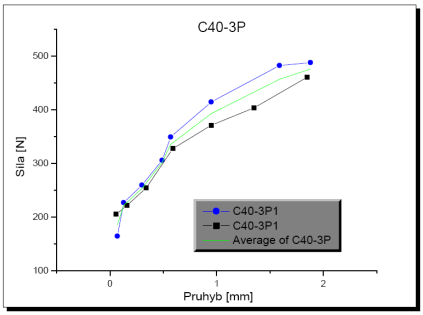
Zkoušky se vzorky vyztuženými tuhou výztuží byly prováděny na lisu akreditované laboratoře VUSTAH za použití vloženého tenzometru a převodníku FD – 3 firmy Zemic (viz. Obr. č.2 a graf č.3).

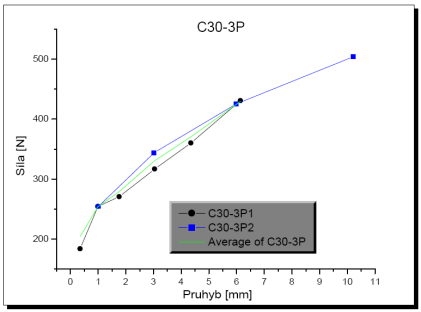




**Obr. č. 2 : Experimentální uspořádání zkoušky**

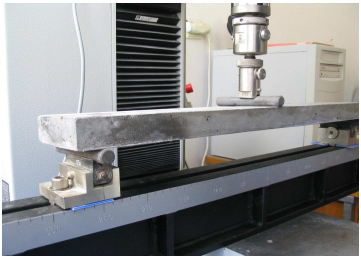


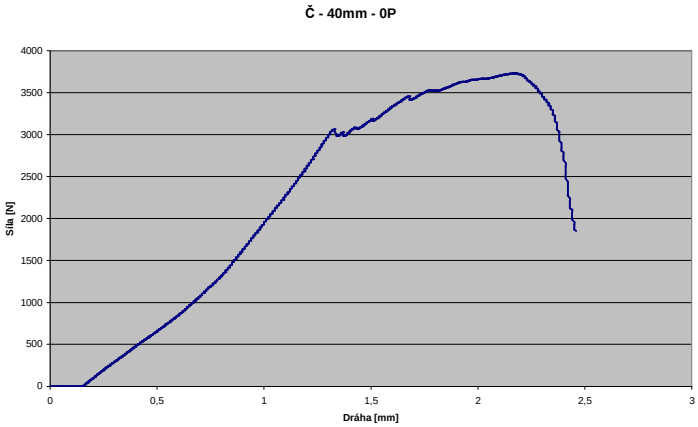




**Graf č.3: Skutečný průběh zatížení u vzorku vyztuženého třemi pruty**

Zatěžovací zkoušky nevyztužených zkušebních vzorků v tl. 15, 20, 30, 40 a 60 mm bylo nutno provést na jiném zkušebním zařízení, a to TIRAtest z důvodu předpokládané nízké zatěžovací síly pro vyvolání zlomu(viz. Obr. č.3 a graf č.4).



**Obr. č. 3 : Zatěžování nevyztužených prvků (TIRA test)**




**Graf č.4: Průběh zatěžování nevyztužených prvků na TIRA testu**

## Hodnocení výsledků prvních zatěžovacích zkoušek:

Průběhy deformačně-silových závislostí vyplývajících ze zkoušek na vzorcích v. 15 a 20 mm přibližně odpovídají předpokladům vyplývajícím ze statického výpočtu co se týče chování prvku po vzniku trhlin. Experiment však nepotvrdil očekávaný bilineární průběh závislosti zatížení a deformací a výraznou prodlevu ve velikosti zatížení v okamžiku vzniku trhlin, jak odpovídá povaze problému.

V oblasti malých deformací (do 2 až 5 mm – dle předpokládaného průběhu deformačně-silových závislostí doporučuje zpracovatel analýzy Ing. Nevřiva zmenšení přírůstků zatížení pro přesnější vyhodnocení deformačně-silové závislosti v oblasti předpokládaného vzniku trhlin. Dále je třeba rozšířit měření na celý předpokládaný rozsah deformací, tedy až do hodnoty průhybu cca 35 mm pro vzorek tl. 15 mm.

Měření na vzorcích tl. 30, 40 a 60 mm dle zpracovatele analýzy bylo patrně zatíženo chybou, která deformovala získané deformačně-silové závislosti tak, že znemožňují jejich vyhodnocení a navrhuje opakování experimentů na těchto vzorcích s použitím přesnější měřící technologie.

*This work was done with financial support of Ministry of Education, Youth and Sports, within the Integration research center of inorganic composite no. 1M05006.*

## Literatura

[1] Zámečník, J., Čupera, E., Holešinský, R.: *The determination of elastic modulus for the static examination of GFRC with profile reinforcement*, sborník konference 12th International Conference of Research Institute of Building Materials „Ecology and new building materials and products“, Telč, 3.-5.6.2008, (str. 230-233), ISBN 978-80-254-2029-4