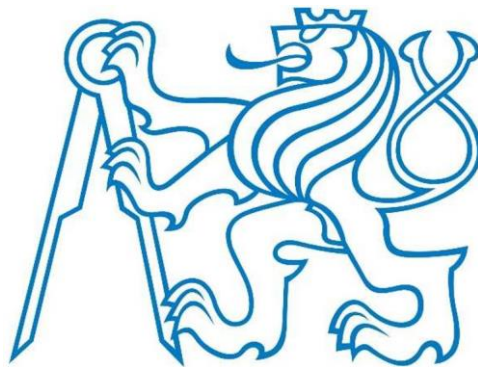


České vysoké učení technické
v Praze
Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



Bakalářská práce



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Vastl</u>	Jméno: <u>František</u>	Osobní číslo: <u>423702</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra betonových a zděných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh konferenčního stolku z lehkého betonu vyztuženého sítěmi

Název bakalářské práce anglicky: Design of coffee table from lightweight concrete with mesh reinforcement

Pokyny pro vypracování:
Na základě dosavadních výsledků výzkumu lehkého betonu vyztuženého sítěmi navrhnete a vyrobte konferenční stůl rozměrů 700x400 mm, výšky cca 400 mm. Na vyrobeném stolku z daných dostupných materiálů prokažete, modelovými výpočty maximální zatížení vyrobeného stolku.

Seznam doporučené literatury:
Literatura bude doporučena vedoucím bakalářské práce a rozšířena o literaturu vlastních zdrojů.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jan Vodička, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: _____ Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 3. 2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného roku

[Signature] Podpis vedoucího práce

[Signature] Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20. 2. 2017 Datum převzetí zadání

[Signature] Podpis studenta(ky)



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího pana doc. Ing. Jana Vodičky, CSc.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....



Poděkování

Rád bych poděkoval fakultě, která mi umožnila tvořit bakalářskou práci. Jedná se o poskytnutí laboratoří a zázemí pro tvoření práce. Dále především děkuji panu doc. Ing. Janu Vodičkovi, CSc. za vstřícné a vždy profesionální vedení mé práce, který mě udržoval vždy ve správném směru tak, aby tato práce byla správně dokončena. Také děkuji mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali, věřili a inspirovali. Čímž mi dodávali odhodlání k dokončení bakalářské práce.



Návrh konferenčního stolku z lehkého betonu vyztuženého sítěmi

Desing of coffee table from lightweight
concrete with mesh reinforcement

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Vodička, CSc.



Anotace:

Předmětem této bakalářské práce je dokázat a ukázat, že využití betonu není záležitostí pouze stavebnictví, ale že lze použít beton i v nábytkářském průmyslu. Budu se pokoušet o sestavení konferenčního stolku z lehkého betonu. Betonová směs bude lehčená kamenivem, čímž zajistím snadnější manipulaci se stolkem. Výztuž je tvořena 3D skelnými sítěmi, které dodávají pevnost v tahu. Nejdříve se zaměřuji na objasnění funkčních principů betonu a jeho základního dělení podle různých hledisek. Poté práce přechází na praktickou část, kde řeším kompletní výrobu betonového stolku. Od zamíchání směsi, technologie uložení čerstvého betonu až k finálnímu sestavení. V neposlední řadě podrobíme prvky zatěžovacími zkouškami, abychom zjistili pevnosti prvků jak pouze betonové směsi, tak i únosnosti vyztužených desek skelnými sítěmi. Vše bude porovnáváno s počítačovým modelem.

Klíčová slova: *beton, lehčený beton, betonový nábytek, skelná výztuž, 3D vyztužování, subtilní desky, počítačový model*

Annotation:

The topic of this Bachelor's project is to give a proof, that the use of concrete is not only for the construction industry, but can also be applied in the making of furniture. An attempt is made to assemble a coffee table using lightweight concrete. The concrete mixture is of lightweight nature with an aggregate for easier working with a table. The reinforcement is made with 3D glass mesh which gives tensile strength. First I focus on clarifying the functional principles of concrete and its basic dimensions according to different viewpoints. In a practical section I solve a complete production of a concrete table. This moves from mixing the compound, the technology of laying fresh concrete and then to final assembly. Finally and importantly all elements are subjected to loading tests in order to find out their strength both as a concrete mixture and the load capacity of reinforced slabs with glass mesh. All this will be compared with a computer model.

Keywords: *concrete, lightweight concrete, furniture made of concrete, glass mesh, 3D reinforcement, subtle slab, computer model*



Obsah

Seznam použitých betonářských pojmů.....	16
1 Úvod	18
2 Rešerže	19
2.1 Seznámení s betonem.....	19
2.1.1 Historie.....	19
2.1.2 Složení	21
2.1.3 Pevnosti.....	26
2.1.4 Doba zrání, ošetřování	28
2.2 Druhy betonů	29
2.2.1 Prostý beton	29
2.2.2 Vyztužený beton (železobeton)	29
2.2.3 Betony různých objemových hmotností	34
2.2.4 Vysokopevnostní beton HPC.....	37
2.3 Technologický postup při betonáži.....	38
2.4 Textilbeton	41
2.4.1 Kompozitní výztužné sítě	41
2.4.2 Typy vláken	46
2.4.3 Typ betonu	50
2.4.4 Použití textilbetonu kolem nás.....	51
3 Vlastní experimentální práce.....	56
3.1 Příprava.....	57
3.2 Betonáž	61
3.3 Odbednění (vizuální hodnocení).....	66
3.4 Destruktivní zkoušky	70
3.5 Porovnání s počítačovým modelem.....	82
3.6 Sestavení konferenčního stolku	84
4 Závěr	89
Použité zdroje.....	91
Použitý software	97
Seznam obrázků.....	98
Seznam tabulek	102
Seznam příloh.....	103

**Seznam použitých symbolů a jednotek**

ρ	[kg/m ³]	objemová hmotnost materiálu
σ	[MPa]	napětí
γ	[-]	elektromagnetické záření
F_s	[kN]	tahová síla ve výztuži
A_s	[mm ²]	plocha výztuže v řezu
f_{yk}, f_y	[MPa]	mez kluzu
f_u	[MPa]	mez pevnosti
E	[GPa]	modul pružnosti
F	[tex]	jemnost, délková hmotnost vláken
W_f	[-]	hmotnostní podíl
ρ_f	[g/cm ³]	hustota vlákna
ρ_c	[g/cm ³]	hustota matrice
v_f	[-]	objemový podíl
F	[kN]	síla
M	[KNm]	ohybový moment
W	[m ³]	průřezový modul
w	[mm]	průhyb
m	[kg]	hmotnost
l	[mm]	délka
f_d	[kN/m]	vlastní tíha
σ_r	[MPa]	přídržnost k betonu
σ_p	[MPa]	tlaková pevnost
σ_b	[MPa]	ohybová pevnost
V	[m ³]	objem
V_{max}	[kN]	maximální posouvající síla
m_{max}	[kN]	maximální ohybový moment
C°	teplota	
μm	délková jednotka mikrometr 0,001 mm	
$\check{Z}B$	železobeton	



<i>LC</i>	lehký beton
<i>HSC</i>	vysokohodnotný beton
<i>HPC</i>	vysokopevnostní beton
<i>UHPC</i>	ultra vysokopevnostní beton
<i>Kce</i>	konstrukce
<i>MSP</i>	mezní stav použitelnosti



Seznam použitých betonářských pojmů

<i>krycí vrstva</i>	vrstva chránící výztuž a zajišťující spolupůsobení kompozitu, nejčastěji se jedná o vrstvu betonovou; její tloušťka závisí na prostředí, složení směsi a dalších faktorech; tloušťka je od povrchu výztuže až k povrchu, který je v kontaktu se vzduchem
<i>frakce kameniva</i>	směs kameniva určité velikosti, které propadlo sítím, ale už nepropadlo sítím následujícím; určení pomocí sady sít
<i>hydratační teplo</i>	teplo vznikající při tuhnutí, tvrdnutí betonu
<i>vodní součinitel</i>	hmotnostní poměr vody ku cementu v 1 záměsi; číselná bezrozměrná hodnota
<i>záměs</i>	množství betonové směsi zamíchané v jednom cyklu v míchačce
<i>matrice</i>	pojivo neboli pryskyřice textilních vláken. Vlákna spolu s matricí tvoří kompozit [1, p. 15]
<i>UD</i>	unidirectional ; jednosměrná výztuž
<i>UD-Roving</i>	jednosměrný svazek nekonečných textilních vláken bez, nebo s minimálním zákrutem. Termín je z textilní terminologie [2]
<i>ztracené bednění</i>	bednění, které po betonáži zůstává a spřahuje se; stává se součástí kce a plní statické funkce
<i>bednění</i>	podpurná kce pro tekutý beton; tvar bednění určuje finální tvar i texturu betonu, po zatvrdnutí betonu se bednění odebírá
<i>spřažení</i>	zajištění spolupůsobení dvou materiálů



<i>ingot</i>	je kovový hutní polotovar určený na další zpracování
<i>filament</i>	v textilní terminologii označován jako umělé textilní vlákno neomezené délky [3]
<i>kompozit</i>	složen ze dvou nebo více komponentů, které ve finále spolu tvoří materiál takových vlastností, který jednotlivé komponenty nemají
<i>textilbeton</i>	beton vyztužený textilií ve formě sítí



1 Úvod

Betonové konstrukce nás provázejí už od starověku, a proto jsou nedílnou součástí našich životů. Většina lidí vnímá beton jako šedý, nijak zajímavý materiál, dnes však tomu již tak není. Betony lze upravit do nejrůznějších barev i vzorů. Tato práce Vás má provést alespoň základními informacemi o moderním betonu, který vznikl na konci 18. století, a jeho novodobým využitím.

Dnešní betony umožňují plnit vize architektů, které ještě před 100 lety byly nemyslitelné. Dnes je však vše jinak, betony se hojně využívají na různorodé konstrukce a také se objevuje náznak postupného zakořenění, že z betonu lze tvořit i věci jiné, než stavební konstrukce. Jedna z takových věcí se týká mé práce, použití betonu jako materiálu pro nábytek, což není ve světě žádnou horkou novinkou. S objevením vysokopevnostních betonů lze dosahovat velmi tenkých prvků, které se pro použití nábytku rozměry neliší od běžných dřevitých desek, avšak tyto betony jsou velmi hutné (těžké) a mají omezené použití. Proto se budu snažit použít beton, který bude vylehčen a bude usnadňovat manipulaci. Je pravda, že za lehčí beton se musí zaplatit daň, která je v tomto případě snížení pevnosti a životnosti. Pokud však uvážíme obecnou životnost betonů v příznivém prostředí, mohu prohlásit, že i beton s oslabenou životností nám velmi dlouho poslouží. Co se týče pevnosti, budu beton vyztužovat skelnou výztuží, abych dodal potřebnou pevnost v tahu, kterým beton nevládne oproti skelným vláknům.

Na začátku práce seznamuji a uvádím vstupní informace o betonu, které jsou obohaceny jeho výrobou, dělením dle různých kategorií i možné způsoby jeho vylepšení. V závěru práce uvádím své skutečně naměřené výsledky ze zkoušek, které jsme provedli na zkušebních vzorcích a následné porovnání s počítačovou simulací. Také kompletní výrobní proces od zamíchání směsi, až po smontování finálního skutečného kusu nábytku - konferenčního stolku.



2 Rešerže

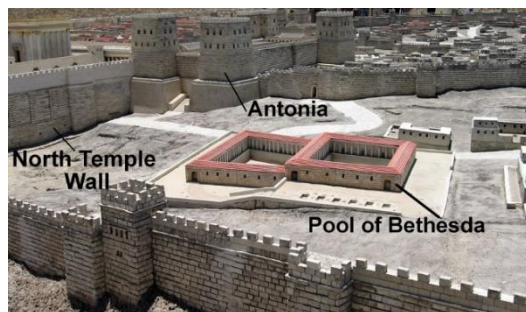
2.1 Seznámení s betonem

Beton je chápán jako umělý kámen, který je tvořen několika složkami, které po přidání vody reagují a po následném vytvrzení tvoří pevný celek.

2.1.1 Historie

Prvé zmínky o použití betonu se datují ve starověku. Tento beton však nelze zcela zařadit do běžných námi známých moderních betonů.

Tento beton byl tvořen z drcených cihel, sopečného tufu a směsí vápna. Doložené stavby z tohoto materiálu byly nalezeny na území Libanonu, Jordánska a Izraele - dřívější Fénická říše. Jedná se o zásobárny vody a vodní přivaděče. Ve městě Jeruzalém byly tyto stavby zachovány a jejich stáří se odhaduje na 1000 l.př.n.l., avšak je velmi pravděpodobné že metody používání betonu Féničané převzali už z dřívějších dob. [4] [5]



Obr. 1: Vodní Nádrž v Jeruzalémě [6]

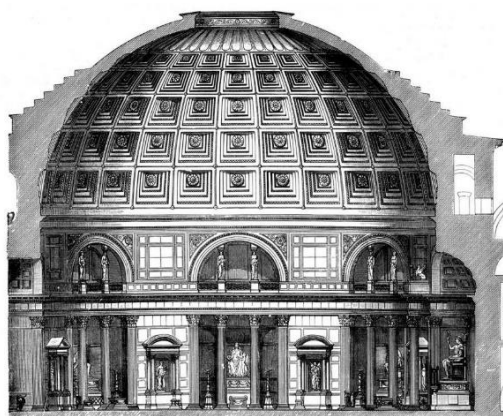
Ve 2. st. př.n.l. na tuto techniku navázali Řekové, kteří používali beton (Řeky nazýváno emplekton) jako výplň mezi dvě stěny vystavěné z opracovaných kamenů. Dá se hovořit o tom, že tyto stěny představovaly první ztracené bedně. [7]

Po Řecku začali používat beton i Římané, kteří použili beton i při výstavbě Pantheonu v Římě, kde cihelná klenba byla překryta betonovou kopulí. Tento beton byl obohacen vulkanickou půdou, která obsahovala pucolány (jméno pucolán od obce Puzzuoly u Neapole). Pucolány jsou přírodní aktivní látky, které spolu s vápnem působí



jako hydraulické pojivo (schopnost tvrdnout pod hladinou vody bez přístupu vzduchu). Avšak samotný pucolán neumí vytvrdnout po přimíchání vody. [5] [8]

Následně přichází 1300 let pauza, která končí v 18. st. n.l a tím se dostáváme do éry novodobého betonu. V 18. st. v Evropě rostla poptávka po hydraulickém pojivu. Mnoho lidí se snažilo nalézt materiál dobrých vlastností. Pan J. Smeaton přišel s tvrzením, že *pevnost zatvrdlého vápna závisí na chemickém složení vápence určeného k výrobě hydraulického pojiva – cementu.* [4] Toto byl první novodobý impuls k dalšímu zkoumání hydraulických pojiv. [4]



Obr. 2: Řez Pantheonem [7]

V roce 1796 Angličan J. Parker získává patent na výrobu hydraulických pojiv (cementu), které vyrábí pálením vápence. V roce 1824 J. Aspin obdržel patent na výrobu portlandského cementu. Tento druh cementu je znám i v dnešní době.

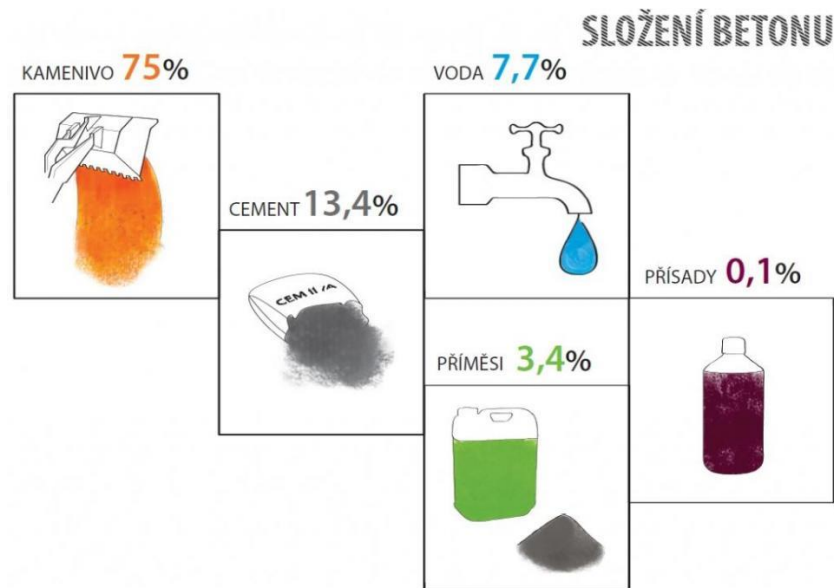
Po objevení cementu se věda zaměřila na zdokonalení jednotlivých složek: jemnost, technologie mletí cementu a přidávání jílových materiálů.

První vyztužování betonu přichází od pana J. Moniera.

Ve 20. st. přicházejí další technologie a otázky na dokonalé složení betonové směsi. Vznik plastifikátorů, přidávání popílků, extrémní pevnosti betonů. [4]

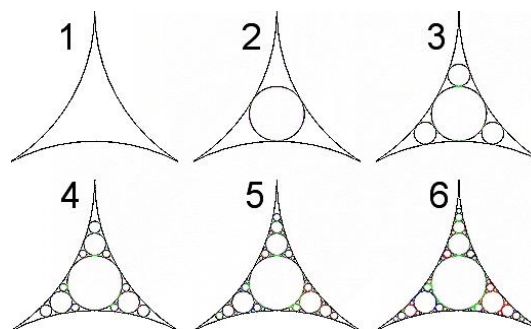
2.1.2 Složení

Dnešní beton se nejčastěji skládá z pěti základních složek: kameniva, cementu, vody, příměs a přísad.



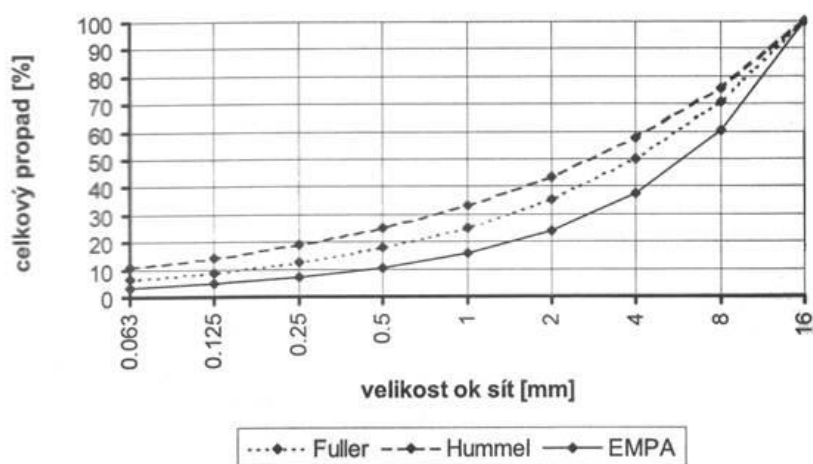
Obr. 3: Hmotnostní zastoupení jednotlivých složek [7]

Kamenivo – jedná se o nejvíce rozšířenou složku v betonu. Vyskytuje se v něm vždy několik frakcí např. 4 - 8 mm (zůstatek kameniva na sítu s rozměry ok 4 mm po propadu ze síta s rozměry ok 8 mm). Jednotlivé frakce zaplňují mezery mezi frakcí větší. Tím, že máme zrna kameniva různých velikostí, minimalizujeme riziko vytvoření vzduchových kapes.



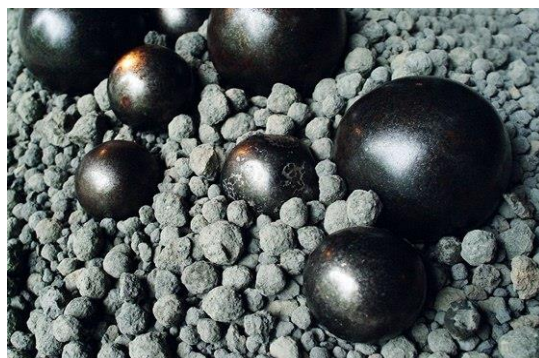
Obr. 4: Množství jednotlivých frakcí [9]

Na obrázku 4 si můžeme všimnout, že po každém přidání frakce nám klesá míra vzduchu mezi zrný. Ideální křivka zrnitosti znazornující velikost zrn obsažených v betonu má exponenciální charakter a vyjadřuje procentuální propad síty. Rozlišujeme 12 velikostí kameniva, která určujeme pomocí sít s rozměry ok: 0,063 – 0,125 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 8 – 16 – 32 – 64 – 125 mm. [9]



Obr. 5: Ideální křivka zrnitosti [10]

Cement – hlavní složka, která spojuje zrna kameniva. Tuhnoucí proces se nastartuje po přidání vody. Proces tuhnutí je chemický a nelze ho vrátit zpět. Cement se vyrábí z vápence, který se nejprve rozdrťí a poté se vypaluje ve válcových pecích, kde teplota stoupá až na 1400 °C. Při takto vysoké teplotě vzniká chemická změna vápence na slínek „spečené granule“, který se následně mele na prach. Dále se přidávají další složky, které upravují vlastnosti cementu, např. rychlost náběhu pevností.



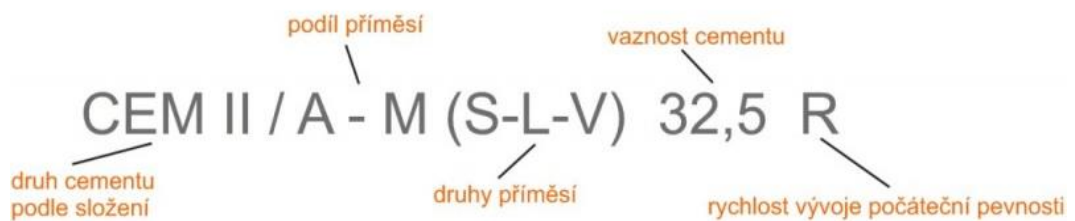
Obr. 6: Drcení slínku ocelovými koulemi [11]



Obr. 7: Cement [12]

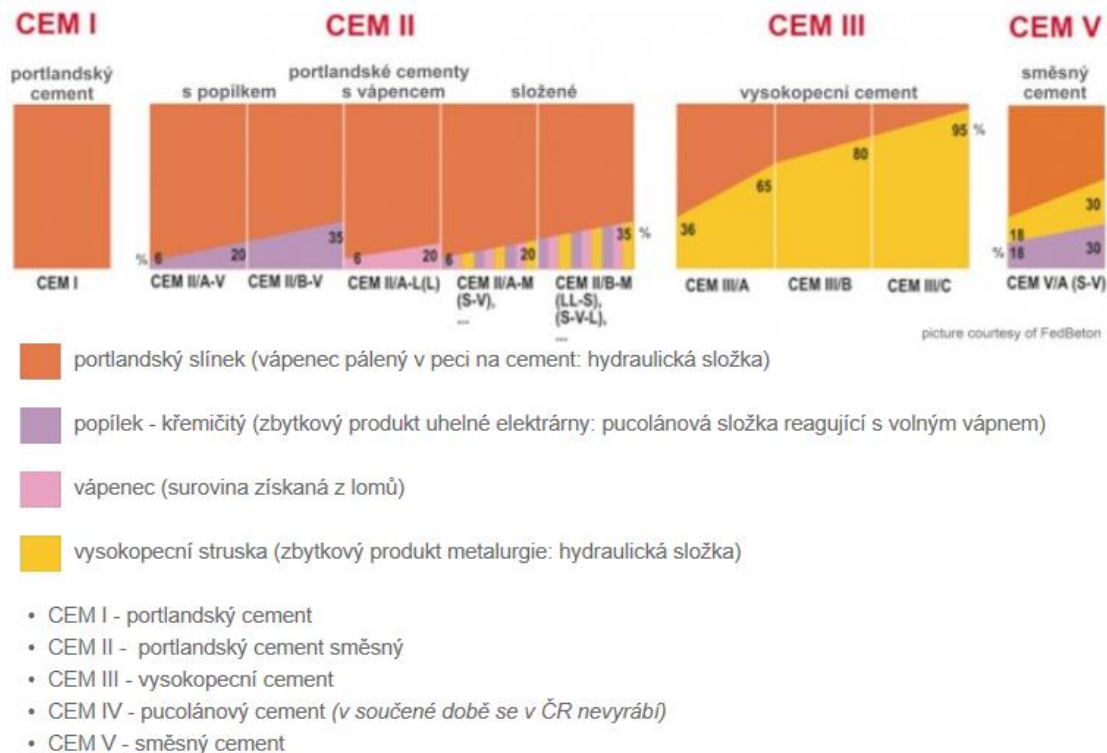
Cementy dělíme do několika skupin. Lze je dělit podle pevnosti, složení a použití ve speciálních podmínkách.

Pro orientaci mezi cementy bylo zavedeno značení, aby zákazník vždy věděl, co může očekávat od daného typu.



Obr. 8: Normalizované značení cementu [13]

Druhy cementu



Obr. 9: Zastoupení jednotlivých složek v cementu [14]

- Portlandský cement – nejrozšířenější cement, který je oblíbený pro svou univerzálnost. Má vysoké počáteční pevnosti a hydratační teplo, což způsobuje možnost použití cementu i v nízkých teplotách (5 °C). [15]

- Portlandský cement směsný – použití pro běžné typy konstrukcí [15]

- Vysokopecní cement – tento cement se vyznačuje pomalým nárůstem pevnosti a nízkým hydratačním teplem, tyto vlastnosti umožňují betonovat masivní konstrukce za teplých letních dnů. Cement typu A je odolný agresivnímu prostředí v zeminách. Typ B vysoká odolnost proti zásaditému prostředí (síla) a síranovým vodám. Typ C obsahuje nejvíce strusky a je odolný proti žáru. [15]

- Pucolánový cement – vhodné použití v mokřem prostředí, vysoká odolnost proti mořské vodě a uhličitánovým a slaným vodám. [15]

- Směsný cement – kvalitativně horší cement používaný spíše do nenosných konstrukcí (podlahy, cementové potěry, dlažby). [15]



množství příměsí [13]

A - 6 až 20%

B - 21 až 35%

příměsí [13]

K - slínek

S - vysokopecní struska

D - křemičitý úlet

P - přírodní pucolány

V - křemičité popílký

W - vápenaté popílký

T - kalcinovaná břidlice

LL, L – vápence

garantovaná vaznost (pevnost po 28 dnech) [13]

32,5 MPa

42,5 MPa

52,5 MPa

rychlost vývoje počáteční pevnosti [13]

N - normální

R - rychlý

Dále máme cementy takzvané speciální, které se používají ve výjimečných podmínkách. [16]

bílý cement

cement nízkoalkalický

síranovzdorný portlandský cement

cement s nízkým hydratačním teplem

hlinitanový cement



Voda – velmi důležitá složka, kterou často lidé opomíjejí. Její množství a kvalita má zásadní vliv na výsledné pevnosti betonu. Voda, kterou hodláme použít do betonové směsi, by neměla obsahovat žádné nečistoty. Na pohled by neměla být kalná, ani nijak zabarvená. Její Ph má být neutrální. Neměla by zapáchat. Ideální je voda pitná, pokud však pitná voda není k dispozici a neznáme vlastnosti používané vody, můžeme udělat zkušební vzorky, které následně porovnáme. Pevnost by se neměla nijak výrazně lišit.

Příměsi – přidáváme ve formě prášku do betonu za účelem vylepšit určité vlastnosti směsi po nebo před vytvrdnutím. Příměsi dělíme na dva typy. První je inertní, který se nezúčastňuje procesu hydratace. Jsou to především pigmenty nebo jemně mleté kamenivo takzvaně filler. Druhým typem jsou latentně hydraulické příměsi, které *mají skrytou schopnost zúčastnit se hydratace, tzn. při reakci s $Ca(OH)_2$ tvrdnout ve vodním prostředí. To se projeví až po aktivaci (probuzení) pomocí aktivátoru - cementu.* [17] Nejčastější příměsi tohoto typu jsou popílký a křemičité úlety. [17] [18] [19]

Přísady – chemická látka, která se dává % k hmotnosti cementu ve velmi malém množství. Na trhu je několik typů přísad např. plastifikátory (umožňují lepší zpracovatelnost betonu), zpomalovače, urychlovače, provzdušňovače, stabilizátory (zamezují rozmísení kameniva ve směsi) [20]

2.1.3 Pevnosti

Beton jako každý jiný materiál se třídí podle pevností. U betonu jsou známé jeho dobré vlastnosti v tlaku, které jsou průměrně 10x větší, než pevnost v tahu. Při navrhování konstrukcí z betonu se pevnost v tahu zanedbává, proto při udávání pevností se vždy udává pevnost v tlaku.

C 25/30 – XF2 (CZ, F.1) – Cl 0,20 – Dmax22 – S3

Obr. 10: Příklad značení betonu dle normy ČSN EN 206-1 [21, p. 432]



C – concrete (beton)

25 – garantovaná pevnost v tlaku v Mpa po 28 dnech (zkoušený vzorek ve tvaru válce)

30 – garantovaná pevnost v tlaku v Mpa po 28 dnech (zkoušený vzorek ve tvaru krychle)

XF2 – prostředí, ve kterém se beton bude vyskytovat

CZ – země, která stanovila předpis pro mezní hodnoty složení

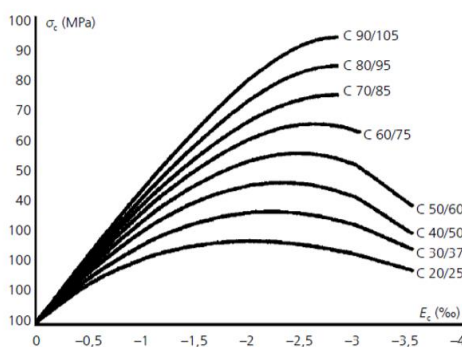
F.1 – doba životnosti

Cl 0,20 – maximální obsah chloridu v betonu

Dmax22 – maximální zrno kameniva

S3 – konzistence směsi (tekutost)

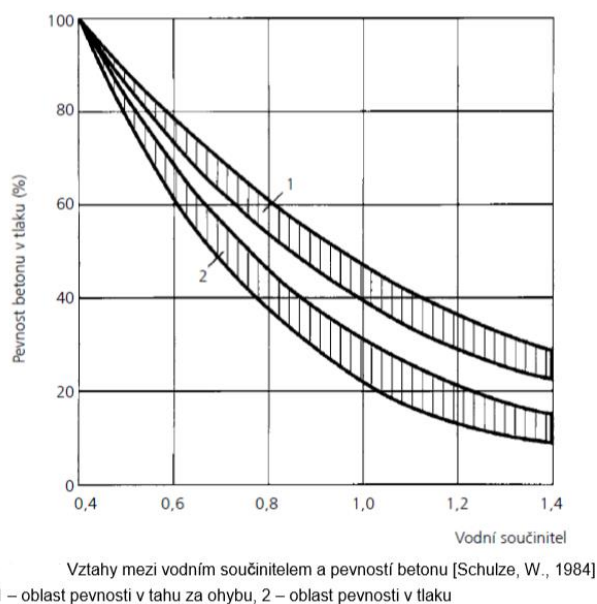
[21, p. 432]



Obr. 11: Pevnosti betonů [21, p. 487]

Pevnosti betonů klasických se pohybují od C8/10 až C100/115. [9, p. 426]

Konečná pevnost se odvíjí od vstupních složek. Má-li kamenivo určitou pevnost v tlaku, stěží dosáhneme vyšších pevností betonu, nežli kameniva. Totéž se dá říci i o cementu. V neposlední řadě je velmi opomíjený faktor voda. Podle dávkování vody můžeme velmi výrazně upravit pevnost betonu a tím odvíjenou i životnost.



Obr. 12: Vodní součinitel [4, p. 448]

Při výrobě betonu se nejčastěji používá vodní součinitel v rozmezí 0,35 až 0,8. Z grafu na obr. 12 vidíme, že s menším vodním koeficientem nám roste pevnost. Tento jev je dán tím, že cement v betonu, aby zhydratoval, potřebuje určité množství vody. Tvrdí se, že toto číslo je kolem hodnoty 0,2 vodního součinitele. Zbylá voda v záměsi už je přebytečná a po vypaření nám vytváří vzduchové póry, které nám snižují pevnost. Více vody se používá jen z technologických důvodů, pro snadnou betonáž, míchání záměsi,... Z důvodu zpracovatelnosti a snížení množství vody se používají plastifikační přísady, které nám neovlivňují vodní součinitel, ale naopak nám ho pomáhají snížit.

2.1.4 Doba zrání, ošetřování

Beton, aby nabyl svoji pevnost, potřebuje určitý čas a ošetřování. Každá betonová směs vyžaduje svůj specifický postup, jednotlivé zrací cykly trvají různé doby. Například pokud vezmeme průměrný vzorek betonu: Od okamžiku přidání vody do suché betonové směsi trvá přibližně 45 minut, než začíná beton tuhnout. Do této doby se beton musí uložit na místo určené. Při ukládání i při tuhnutí a tvrdnutí nesmí teplota směsi klesnout pod 5 °C, jinak by nastala zástava hydratace. Zpětné nastartování hydratace už není možné. Přechod mezi tuhnutím a tvrdnutím je dán pomocí zkoušky vicatovou jehlou. Poté začíná ošetřování betonu. Za ošetřování se považuje vlhčení povrchu alespoň 2 dny od uložení (záleží na počasí). V chladném počasí je možné beton



přikrývat, dodatečně vyhřívat, nebo použít zcela jinou metodu tak, aby nedošlo k prochlazení betonu (pod 5 C°) Plné vytvrdnutí betonu je po 28 dnech.

2.2 Druhy betonů

Betony lze dělit do několika kategorií podle jejich vlastností, my si zde popíšeme základní rozdělení a jednotlivé vlastnosti skupin betonů.

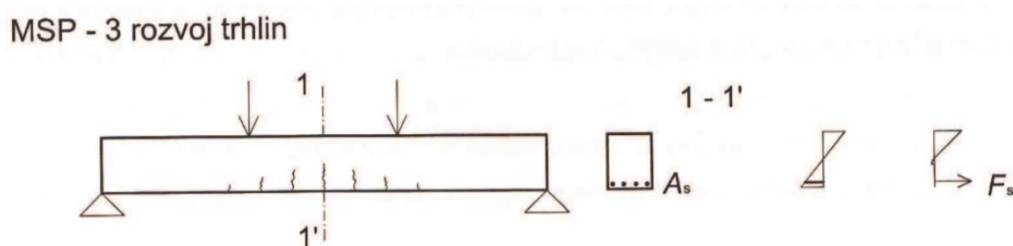
2.2.1 Prostý beton

Pod pojmem prostý beton se rozumí beton bez jakýchkoli výztužných prvků. Jeho použití je omezeno pouze na konstrukce, které jsou namáhány jen tlakem, např. základy.

2.2.2 Vyztužený beton (železobeton)

Jedná se o beton obsahující prvek, který v betonu přenáší tahová namáhání. Tento prvek je nejčastěji tvořen vlákny.

Železobeton - je tvořen dlouhými pruty (ocelovými), které se kladou k lici s největším tahovým namáháním. Využíváme tedy efektivně vlastnosti betonu i oceli, kde beton je namáhán tlakovým a oceltahovým namáháním.

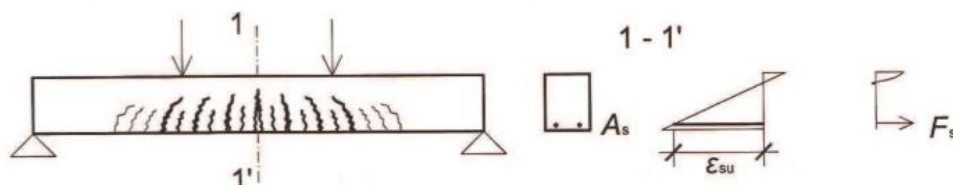


Obr. 13: Zatížení trámce čtyřbodovým ohybem [22, p. 8]

Na obrázku 13 si můžeme všimnout, že při zatížení vznikají při dolním lici tahové síly a při horním lici tlakové síly. Dále vidíme na spodním lici trhliny, které značí vyčerpanou pevnost betonu v tahu, tedy veškerý tah je přenášen výztuží, která se nachází při dolním povrchu. Pokud by zde nebyla výztuž, prvek by ihned po první

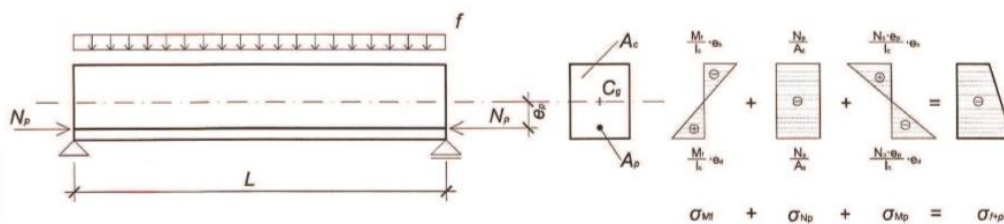
trhlině zkolaboval. Takto náhlý jev se nazývá křehký lom. ŽB konstrukce nám umožňují přenášet větší zatížení, ale v neposlední řadě nás i varují před kolapsem (velké rozevření trhlin viz obr. 14).

MSÚ - 4b porušení nadměrným protažením výztuže



Obr. 14: Zatížení trámce čtyřbodovým ohybem před kolapsem [22, p. 8]

Předpjatý beton – u tohoto typu vyztužování se používá také výztuž na délku dílce, však princip přenášení tahových napětí je zcela jiný. Zde místo výztužných tyčí máme lana vysokých pevností v tahu oproti výztuži v ŽB. Tato lana nejprve natáhneme a poté zabetonujeme. Po zatvrdnutí betonu se lana uvolní. Napnutá lana se náhle chtějí vrátit nazpět do původní nenatažené polohy, tímto působením lana vnášejí do celé konstrukce určitý tlak. [22, p. 49]



Obr. 15: Vnesení tlakové síly předpínacím lanem [22, p. 49]

Víme, že pokud zatěžujeme prvek tak, jako na obr. 14, vznikají nám tahové síly při spodním povrchu. Pokud však vneseme pomocí předpínacích lan takový tlak, aby se rovnal nebo převyšoval náš zmíněný tah, docílíme toho, že naše konstrukce při zatížení bude stále tlačena.



Tento způsob nám umožňuje překlenovat velké světlé rozpory pod minimálním průhybem. V tlačených konstrukcích také nevznikají tahové trhliny, které nám obnažují výztuž a dovolují, aby degradovala nejen výtuž, ale i celá konstrukce. [22, p. 49]

Vláknobeton - tento druh betonu se liší od předchozích typů délkou výztuže. U ŽB se výtuž vkládala tam, kde bude budoucí tah. U vláknobetonu se vlákna přidávají do betonové směsi a jsou vmíchána rovnoměrně do celé betonové směsi.

Vlákna:

- *musí být v celém objemu betonu rovnoměrně rozptýlena,*
 - *zlepšují schopnost betonu odolávat tahovým napětím (ale nenahrazují klasickou výtuž!),*
 - *omezují negativní účinky objemových změn, zejména smršťování,*
 - *některá zvyšují odolnost betonu při požární situaci - zvyšují požární odolnost betonu,*
 - *jednotlivé druhy vláken se liší materiálem, délkou a úpravou tvaru.*
- [23]



Obr. 16: Typy vláken [23]

Obr. 16 - vlákna dle tvaru rovná, zahnutá, vlnitá, nebo dle materiálu kovová, skelná, polymerová [23]

Ocelová výtuž

Ocelová výtuž je nejrozšířenější z hlediska ceny, dostupnosti a vykazuje dobré spolupůsobení s betonem.

Dělit ocel můžeme podle prvků obsažených v ní. Nelegovaná (uhlíková) – obsahuje kromě uhlíku další kovy, ale pouze v malém množství (Mn, Si, Ni, W, Co, Al, Mg). Ocel legovaná – obsahuje záměrně přidávané prvky (Ni, Cr, W, Al, Mg). [24]



Ocel se také rozlišuje podle jakosti, kde při vyšší jakosti je kladen větší důraz na čistotu slitiny. [24]



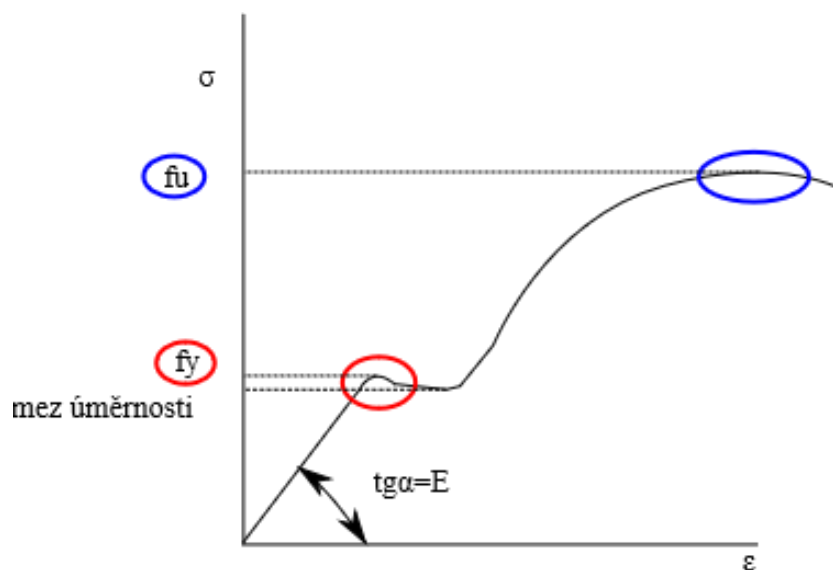
Obr. 17: Surové železo ingot [25]

Ze stavebního hlediska rozlišujeme ocele pro výztuž do ŽB a ocel předpínací. [24]

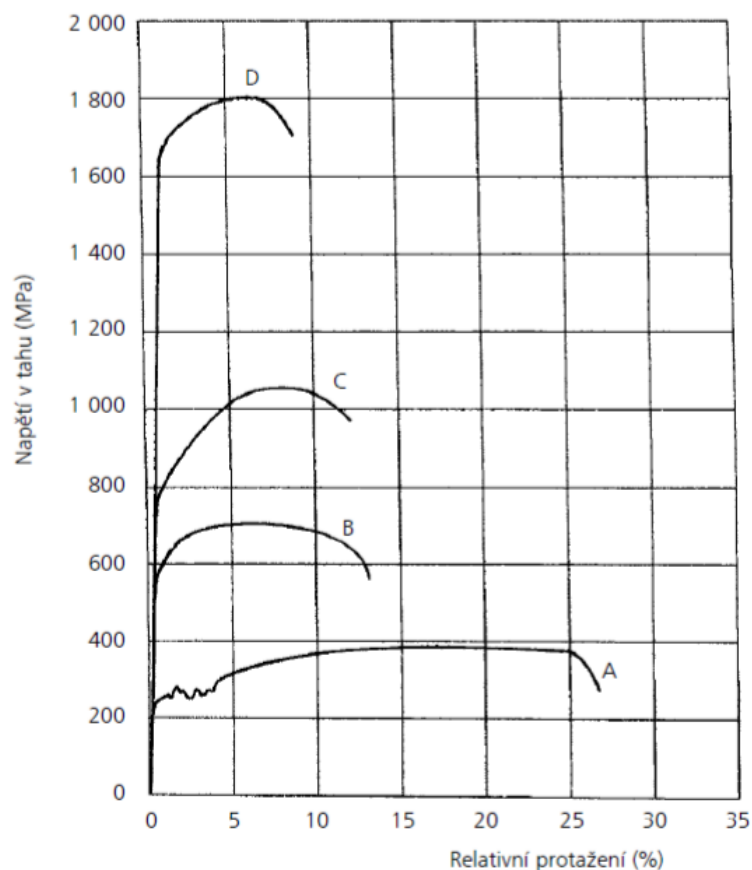
Ocel užívaná v ŽB – neuklidněná ocel nelegovaná obvyklých jakostí nebo jakostní, za tepla válcovaná, popř. za studena tvářená tažením nebo kroucením. [21] Tato ocel je tažná a výborně se hodí do betonových konstrukcí (nenastává náhlé přetržení). Velké protažení na mezi kluzu - obr. 27.

Ocel předpínací – nelegovaná ocel ušlechtilá, za tepla válcovaná, za studena tvářená s následným tepelným zpracováním. [21] Tato ocel má vysokou pevnost a není tolik tažná jako ocel do ŽB. Malá tažnost je velmi důležitá. Pokud bychom použili běžnou betonářskou výztuž, docházelo by k velkým ztrátám v předpětí.

Značení ocele např. dle normy EN. B 500B, kde první B značí ocel betonářskou, druhé B značí tažnost ocele a 500 je mez kluzu f_{yk} v MPa. [26]



Obr. 18: Pracovní diagram oceli válcované za tepla (f_y - mez kluzu, f_u - mez pevnosti) [27]



Deformační diagramy ocelí

A – ocel konstrukční 11 375, B – ocel pro výztuž do betonu 10 505, C – ocel na tyče pro předpínání 10 607, D – ocelový drát tažený za studena pro předpínací výztuž

Obr. 19: Pevnosti jednotlivých ocelí v tahu [21]

Vlákna používaná do drátkobetonů jsou z nízkouhlíkové oceli s pevností 900 až 1350 MPa a více délky 12 až 60 mm. [21]

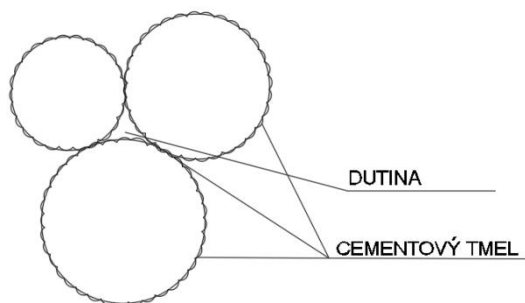


Obr. 20: Drátky do drátkobetonu [21]

2.2.3 Betony různých objemových hmotností

Lehké betony (800 - 2000 kg/m³ po vysušení 105 C°)

Nezatěžují kci, dobré tepelné izolační vlastnosti. Dělíme do 3 skupin podle způsobu vylehčení. První typ - se nazývá mezerovitý beton, který má sníženou objemovou hmotnost tak, že se jako plnivo používá kamenivo složené ze zrn vyšších frakcí s vynecháním frakcí nižších, tj. zrna jsou větších rozměrů. Pojiva (cementu) se používá jen takové množství, které obalí kamenivo, ale nevyplní mezery mezi nimi. Vznikne tak makropórovitá struktura, nazývaná též kavernovitá (kaverna = dutina). [28, p. 23]



Obr. 21: Mezerovitý beton [29]

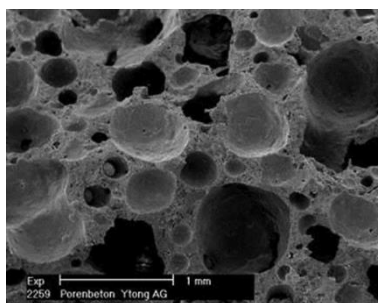


Druhý typ - betony lehčené přímo jsou pórobetony. Mají malou objemovou hmotnost (300 až 1200 kg/m³) a velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Některé druhy mají i celkem dobrou pevnost. [28, p. 21]

Pórobetony dělíme na dvě skupiny, na plynosilikáty spolu s. plynobetony, u kterých se přidávají plynotvorné látky (hliníkový prášek), které reagují chemicky se směsí a vznikají plyny, které vytvářejí velmi malé póry. Druhá skupina pórobetonů jsou pěnosilikáty a pěnobetony, u kterých vznikají póry po použití pěnotvorných přísad, které nám napěňují směs. [28, p. 24] Tento efekt vytváření pórů můžeme přirovnat k mýdlové vodě, kde se tvoří bubliny po přidání mýdla.

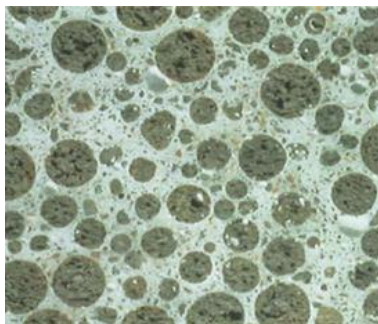


Obr. 22: Pěnobeton [30]



Obr. 23: Plynobeton [31]

Třetí typ - betony lehčené nepřímo se vyrábějí stejným způsobem jako běžný beton, avšak použité kamenivo má nízkou objemovou hmotnost. Takové kamenivo obsahuje mnoho póru a je vyráběné záměrně, např. liapor. Na druhou stranu se používají odpadní i přírodní kameniva, např. škvára. [28, p. 24]



Obr. 24: Nepřímě lehčený beton [32]

Vylehčení lze kombinovat, například na obr. 25 je použito lehké kamenivo do mezerovitěho betonu.



Obr. 25: Lehčený beton [32]

Obyčejný beton (2000 - 2600 kg/m³ po vysušení 105 C°)

Po smíchání všech potřebných složek pro běžné betony se dostáváme na objemové hmotnosti těchto hodnot. V případě ŽB se objemové hmotnosti pohybují u horní hranice.

Těžký beton (větší než 2600 kg/m³ po vysušení 105 C°)

Uplatnění si beton nachází jako clona proti rentgenovému záření, radioaktivnímu záření typu γ a neutronovému záření. Beton se neliší od obyčejného betonu, jen se používá kamenivo s velkou objemovou hmotností průměrně 4600 kg/m³ např. baryt, magnetit, limolit a kusy ocele. Betony by neměly přesahovat vodní koeficient 0,6, aby nedocházelo v tekuté směsi k oddělování těžkých zrn od lehkých.



2.2.4 Vysokopevnostní beton HPC

Takto nazývané betony začínají s pevností tlaku od 65 MPa. Jejich vysoká pevnost je dána nízkým vodním součinitelem (pod 0,35) a vysokou tekutostí, čímž je dána snaha snížit množství pórů na minimum. Jako plnivo je použito kamenivo o frakcích nepřevyšujících

2 mm. Tento beton nám umožňuje provádět stavby architektonicky velmi zajímavé, i používání subtilnějších prvků [21, pp. 485-486]

Je třeba přiznat, že pokrok ve výrobě vysokopevnostních betonů byl plodem spíše empirického přístupu, než vědy. Teprve následně teoretické práce ukázaly, že na zvyšování

pevností betonu se nepodílí pouze snižování vodního součinitele, které určuje pórozitu a v důsledku toho pevnost cementového kamene, ale i fakt, že nejslabším článkem ve struktuře

betonu je rozhraní mezi kamenivem a ztvrdlým cementovým pojivem. Zaleží tedy na druhu, tvaru, velikosti a prostorovém uspořádání plniva betonu a lokální koncentrací pórů ve struktuře. [4, p. 183]

S fenoménem vysokopevnostních betonů nastala otázka, v jaké maximální pevnosti lze vyrobit beton. Na přední příčce se nachází P. Richard se svým Reactive Powder Concrete (RPC), který v roce 1994 dosáhl pevnosti v tlaku 800 Mpa. Je třeba dodat, že tuhnutí probíhalo pod tlakem a směs byla obohacena drátky. Takové betony s tak vysokou pevností již nazýváme betony ultravysokých pevností (UHPC) [4, p. 184]

Složka	Obsah (kg)
písek 0,06 – 0,6 mm	380
křemenná moučka	16
křemičité úlety	90
portlandský cement	420
superplastifikátor	13
Voda	81

Obr. 26: Příklad složení 1m³ RPC betonu pro chladicí věž v Cattenom [21] [4, p. 185]



2.3 Technologický postup při betonáži

Jednotlivých postupů, typů a fází je nepřehledné množství. My si zde ukážeme základní průlet technologií provádění betonáže.

Abychom vytvořili betonovou konstrukci, nestačí pouze namíchat správnou směs. Vše začíná u navážení jednotlivých složek a jejich následném smíchání s vodou a s tekutými plastifikačními přísadami. Doba míchání se může u každé záměsi lišit (2 – 7 minut).



Obr. 27: Malá stavební míchačka $V = 125 \text{ l}$ [33]

Pokud se nebavíme o malém množství betonu, které si můžeme zamíchat na staveništi je potřeba beton na stavbu dopravit autodomíchavačem.



Obr. 28: Autodomíchávač $V = 4,5 \text{ m}^3$ [34]

Po příjezdu na staveniště auto složí beton na předem připravené místo, pokud je třeba beton dopravit do patra, je třeba použít pumpu nebo jeřáb s bádii.



Obr. 29: Bádíe na beton $V = 1 \text{ m}^3$ [35]

Bádíe je nesená jeřábem nad místo betonáže a následně pracovníky otevřen otvor v bádíi, kterým proudí beton do místa určení. Pracovníci by si měli dávat pozor, aby betonová směs nepadala více jak z půlmetrové výšky (hrozí rozmíšení kameniva). Ideální je, aby směs rovnou vytékala do bednění.



Obr. 30: Dřevěné bednění stropní kece [36]

Po uložení směsi je třeba beton zvibrovat pomocí ponorných vibrátorů. Vibrování čerstvé směsi je velmi důležité. Pokud bychom nevibrovali, značná část vzduchu, která se smíchala s betonem při ukládání, by zůstala uvězněna v betonové směsi a oslabovala by nám konstrukci. Také beton není voda a vždy nezateče tam, kam potřebujeme a díky vibračním má beton značně větší pravděpodobnost, že vyplní celé bednění.



Obr. 31: Ponorný vibrátor [37]

Vybetonovaný prvek by se neměl vystavovat přímému slunci, které by nám vysušovalo povrch. Také mrazu bychom se měli vyvarovat a konstrukci chránit. Chráníme příkryvkami nebo občasným vlhčením. Nejdůležitější doba ošetření je vždy na začátku procesu tuhnutí.

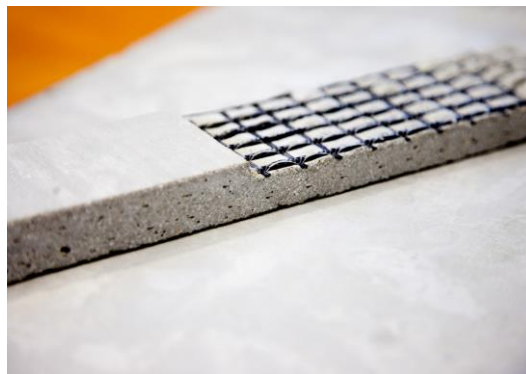


Obr. 32: Zakrytí betonu fólií [38]



2.4 Textilbeton

Jedná se o beton vyztužený nekovovou výztužnou vložkou (kompozitem). Častá forma vložky je ve formě sítí s rozměry ok 1 – 10 cm. Sítě mohou být i zdvojené a vytvářet tak prostorovou výztuž, která se často nazývá 3D. Jednotlivé sítě se umísťují do míst, kde je očekávaný největší tah. Textilbeton lze přirovnat k železobetonu, který využívá stejných principů vyztužování. Nesmírná výhoda nekovových výztuh je, že nemá sklony korodovat jako ocelová. To nám umožňuje zmenšovat krycí vrstvu na minimum a zároveň zmenšovat tloušťky průřezů. Na tloušťce průřezů se také podílí samotná výztuž, která nám umožňuje v důsledku vysoké pevnosti navrhovat menší profily. [39]



Obr. 33: Textilbeton s obnaženou výztuží [40]

Kompozit v betonu se začal objevovat hned z počátku s příchodem plastů v polovině 20.st., kdy byla snaha nahradit nejvíce používaný materiál - ocel. Už při prvních ŽB staveb se zjišťovalo, že ocel je náchylná na korozi a je tedy třeba zajišťovat potřebné krytí výztuže. Trend nahradit ocel kompozitem převládá dodnes. Důvody jsou z hlediska ekonomiky, ekologie, estetiky a možnosti navrhovat subtilní prvky (ušetření materiálu, snížení hmotnosti, menší ekologická stopa po přepravě).

2.4.1 Kompozitní výztužné sítě

Kompozit je materiál, který se skládá ze dvou a více komponentů s rozdílnými fyzikálními vlastnostmi. Může být typu kov-kov, keramika-keramika, kov-keramika.



Komponenty jsou spojovány pryskyřicí, která se nazývá pojivem neboli matricí. Složky samy o sobě jsou velmi křehké a náchylné k poškození. Pokud vlákna (skleněná, uhlíková či anorganická) prostorově vhodně umístíme v pryskyřici, dostáváme mnohem lepší vlastnosti, které jsou nedosažitelné jednotlivými komponentami. Tento jev je známý jako synergický efekt. [1, pp. 2-10]

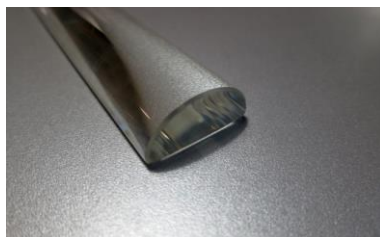
$$1 + 1 > 2$$

Synergický efekt [41]

Přednost kompozitů je vysoká pevnost, nízká objemová hmotnost, nepodléhá korozi, nízká tepelná vodivost, elektroizolační vlastnosti. [1, pp. 2-10]

Pohonem pro vznik kompozitních materiálů byl letecký a vesmírný průmysl a také výjimečné vlastnosti materiálu, vysoká životnost, vysoká pevnost a nízké hmotnosti. Boom nastává v 50. letech 20. st. s příchodem plastů. [1, pp. 2-10]

Nejčastější používanou výztuží, vyráběnou tažením a navíjením, jsou vlákna skleněná. Neobvyklých vlastností si lidé už všimli roku 1612, kdy Antonín Neri publikoval knihu, kde poukazoval na vysoké pevnosti skla v tahu. Pevnost v tahu tabulového skla je až 20krát menší, než skelného vinutého vlákna, to poprvé interpretoval Griffith a položil tím základ lineární elastické lomové mechaniky. Ta popisuje důvod, proč jsou vlákna mnohem pevnější, než tabulové sklo. Teorie říká, že každý materiál obsahuje náhodné defekty různých velikostí, které při určité velikosti postačí k tomu, aby došlo k destruktivnímu lomu. Pokud vyrobíme skleněnou tyčovinu o průměru např. 0,5 cm, je velmi pravděpodobné, že uvnitř struktury je defekt nepřijatelné velikosti, avšak pokud vyrobíme několik drobných vláken, které nám v součtu dají stejný průměr jako celistvá tyčovina, je mnohem menší pravděpodobnost výskytu defektu. Nejčastěji se pohybuje průměr vláken 12 – 15 μm . [1, p. 62]



Obr. 34: Skleněná tyčovina [42]



Obr. 35: Skleněné vlákno [43]

I přes dobré mechanické vlastnosti má skelné vlákno malý modul pružnosti v tahu a je poměrně křehké, oproti vláknu z uhlíku viz obr. 36. [1, p. 63]

vlákno	hustota (g/cm ³)	modul pružnosti v tahu (GPa)	pevnost v tahu (MPa)	deformace do lomu (%)
<u>anorganická:</u>				
azbest	2.56	160	3100	1.9
sklo	2.54	70-85	2200-3500	2.5
borová vl.	2.65	420	3500	0.8
SiC	2.60	250	2200	0.9
uhlík	1.86	300-800	2700	0.7
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	3.2-3.9	300-414	1800-2000	0.3-0.8
<u>organická:</u>				
Kevlar 49	1.45	130	2900	2.5
Kevlar 29	1.45	60	2700	5.0
Kevlar 129	1.44	120	3000	3.0
Kevlar 149	1.45	190	2600	2.5
PE Spectra	0.97	172	3000	1.7
PBT	1.50	250	2400	1.5
Len	1.30	180	2600	3.1

Obr. 36: Vlastnosti výztužných vláken [1, p. 63]

Kompozitní materiály můžeme dělit do několika skupin. My si kompozity rozdělíme do základních kategorií. Rozlišíme uspořádání vláken a jednotlivé jejich spojování.

Dělení kompozitů dle matrice

Termoplasty jsou látky, které měknou za určité teploty a při schlazení opět ztuhnou. Vyznačují se dlouhými molekulami. Jejich zástupce je např. PS polystyren.

Termosety oproti termoplastům jsou dodávány ve vysoce viskózním medovitě tekoucím stavu s malými molekulami. Vytvrnutí probíhá za chemické reakce, kdy

zpětné zkapalnění již není možné. Tyto pryskyřice mají značnou převahu ve výrobě kompozitů, avšak jejich vytvrdnutí omezuje recyklovatelnost a zvyšuje křehkost. [1, p. 12]

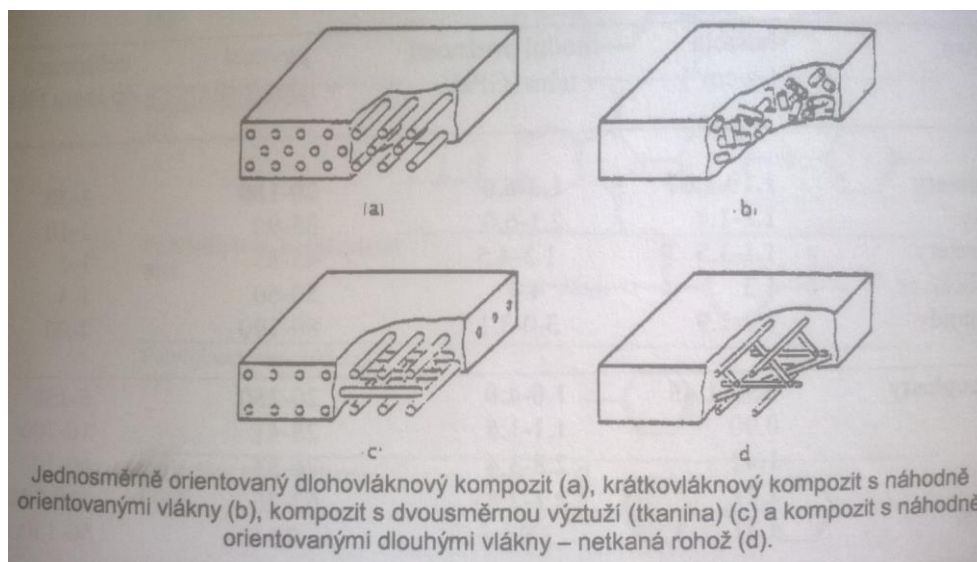
Dělení dle délky a uspořádání vláken [1, p. 13]

Jednosměrné (vlákna jsou orientována převážně v jednom směru)

- *krátkovláknové* (poměr délky/průměr < 100)
- *dlohovláknové* (poměr délky/průměr > 100 nebo délka vlákna rovna celému dílci)

mnohosměrné (vlákna náhodně nebo pravidelně orientována dvěma či více směry)

- *krátkovláknové* (poměr délky/průměr < 100)
- *dlohovláknové* (poměr délky/průměr > 100)



Obr. 37: Rozdělení vláken dle délky a uspořádání [1, p. 15]

3D uspořádání výztuže [1, p. 13]

Lamina – jedna vrstva kompozitu s tloušťkou zanedbatelnou ve srovnání se zbývajícími dvěma rozměry

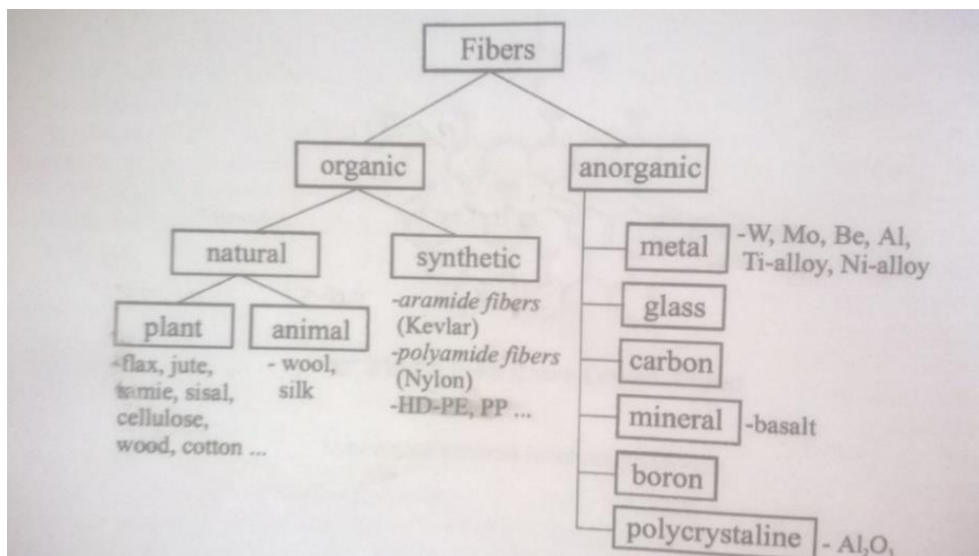
Lamináty – střídání vrstev – lamín – s různými vzájemnými orientacemi výztuže

Lamináty s tkanou výztuží – střídání vrstev vyztužujících rohoží, ve kterých jsou vlákna před prosycením utkána

Lamináty s netkanou výztuží – střídání vrstev vyztužujících rohoží, ve kterých jsou vlákna zpracována do roun, aniž by byla tkaná

Tažené profily – komplikovanější tvary průřezu lineárních prvků s konstantním průřezem – profilů – s kombinací vyztužujících vláken a netkaných či tkaných rohoží (desky, trubky)

Navíjené profily – kruhové nebo oválné tvary průřezu, tlakové nádoby či trubky



Obr. 38: Dělení nejčastěji využívaných vláken [1, p. 62]

Základní pojmy:

Názvosloví [39, p. 28]

- vlákno, filamet - základní prvek; tloušťky v jednotkách μm
- svazek vláken, roving – více vláken pospolu; můžou tvořit nitě, příze, tkaniny...
- jemnost - je to vlastnost popisující vlastnosti vlákna

Délková hmotnost (jemnost f) [1, p. 66]

Udává hmotnost v gramech 1 km vláken. Jednotky jsou tex.

$$f = 1 \text{ tex} = \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ km}} [\text{g/km}]$$

Obr. 39: Jemnost



Obsah vláken v kompozitu [1, pp. 63-64]

Základní parametr určující množství vláken pojených pryskyřicí do svazků (rovingů) se určuje procentuálně z objemů, z důvodu rozdílných hustot vláken a matrice. Jedná se o poměr objem vláken k objemu celkového kompozitu krát 100 %. Z hlediska výrobního je lepší udávat hmotnostní podíl vláken v kompozitu, který lze využít při dávkování ve výrobě.

$$w_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \times v_f$$

Obr. 40: Hmotnostní podíl

W_f – hmotnostní podíl [-]

ρ_f – hustota vlákna [g/cm^3]

ρ_c - hustota matrice [g/cm^3]

v_f – objemový podíl [-]

2.4.2 Typy vláken

Skelné vlákno

Nejběžnější výroba vlákna se ve světě vyrábí především ze skloviny označované jako sklo E. Základem skla E je soustava oxidů $\text{SiO}_2.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{CaO}.\text{MgO}.\text{B}_2\text{O}_3$. Výroba funguje kontinuálně, tzn. na jednom konci pece se sází sklenářský kmen a na druhém se z platinových vaniček vytahuje vlákno. Toto vlákno má průměr nejčastěji od 3,5 do 20 μm . [1, pp. 64-65]

Najednou se táhne 51-408 vláken. Vytažený pramenec se navíjí na buben. Ještě před samotným navinutím je vlákno, které je samo o sobě velmi abrazivní a lámavé, opatřeno lubrikací a apreturou. Samotná lubrikace je pro použití v kompozitech nevhodná, protože sice zlepšuje manipulovatelnost s vlákny, vlákna však mají prakticky nulovou adhezi k polimerní matrici. Proto se již přímo ve výrobě vláken opatřují tzv. Apretační vrstvou, která zlepší vazbu mezi vláknem a pryskyřicí. [1, pp. 64-65]

Běžné hodnoty délkové hmotnosti se pohybují 1000 – 4000 tex. [1, p. 66]



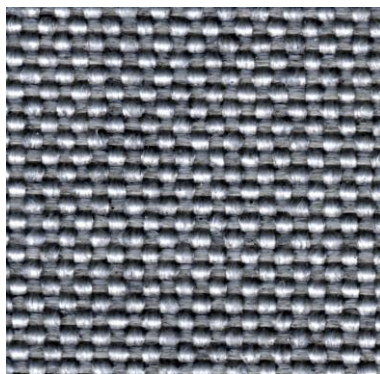
Dalšími typy skel jsou skla S,D,C,L. [1, p. 66]

Sklo S se používá především ve vojenské sféře, vyznačuje se největší pevností ze všech skel a zvýšenou pružností. Používá se jako listy u rotorů helikoptér, letecké nebo raketové technice.

Sklo D má nízkou dielektrickou konstantu, což umožňuje použití v elektrotechnice, elektronice a energetice.

Sklo C je chemicky odolné sklo.

Sklo L obsahuje vysoké množství olova (odolnost průchodu rengenovému záření) a jeho využití je v lékařství a ve vědeckých přístrojích.



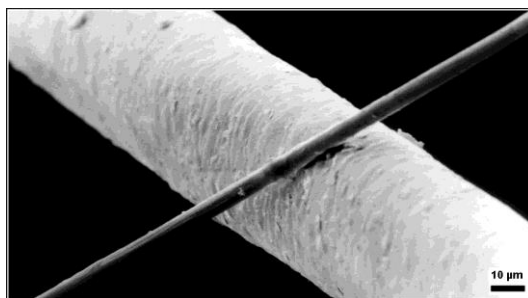
Obr. 41: Tkanina v plátnové vazbě [44]



Obr. 42: Svazek skleněných filamentů (UD-Roving,) [45]

uhlíkové vlákno

je název pro vlákno obsahující uhlík v různých modifikacích. Jedná se o dlouhý, tenký pramen materiálu o průměru 5–8 μm složeného převážně z atomů uhlíku. Atomy uhlíku jsou spojeny dohromady v mikroskopické krystaly, které jsou více méně orientovány paralelně k dlouhé ose vlákna. Krystalové uspořádání způsobuje, že vlákno je na svou tloušťku velmi pevné. [46]



Obr. 43: Uhlíkové vlákno o průměru 6 μm v porovnání s lidským vlasem [47]

Začátky výroby jsou v 60. letech 20. století a od té doby mají rostoucí trend. Předpoklady pro budoucnost nenaznačují změny trendu.

Výroba je dosti nákladná oproti jiným vláknům. Na začátek se materiál upravuje zvlákněním (tavně, roztoky), je dlužen na určitou jemnost, poté se vlákno zahřívá na 200 – 400 $^{\circ}\text{C}$, což umožňuje uspořádání atomové struktury ve vláknech a následně zpevnění (stabilizace). Dále se vlákno zahřívá bez přítomnosti kyslíku na teploty 1000 – 3000 $^{\circ}\text{C}$, podle potřeby. Vysokými teplotami se odstraní přebytečné neuhlíkové atomy a dochází tak k čistotě vlákna, které obsahuje 85 – 99 % uhlíku (karbonizace, grafitizace). Na závěr se vlákno nechává na povrchu zoxidovat, čímž se zhrubší povrch, který by jinak nemohl přijmout povrchové úpravy např. ponoření do chlornanu sodného, kyseliny dusičné. [46]

Pevnosti vláken (whiskeru) v tahu dosahují až 20 GPa, avšak teoretická pevnost je až 180 GPa. Příčina tak nízké reálné pevnosti od teoretické je dána vnitřními defekty, popsáno již výše. [48]



Aramidové vlákno

Textilie z polyamidů s dlouhým uhlovodíkovým řetězcem. Začátky výroby 60. léta 20. století firmou Normex. O 10 let později přicházejí na trh para-aramidová vlákna, ze kterých je neznámější Kevlar. Jemnost filamentu je okolo 22 – 162 tex. [49]

Polymer sestává z iontové složky ($CaCl_2$), která se váže na vodíkové můstky a z organického rozpouštědla (N-metylpyrolidon). Sloučenina se zvláknuje přes trysku, vlákna pak ztuhnou při průchodu sprádací lázni, suší se a dluží při teplotě 300-400 °C. [49]

Produkce a zájem o aramidová vlákna je vysoká a počítá se do budoucna o neustálé zvyšování výroby. [49]



Obr. 44: Aramidová (kevlarová) stříž [50]

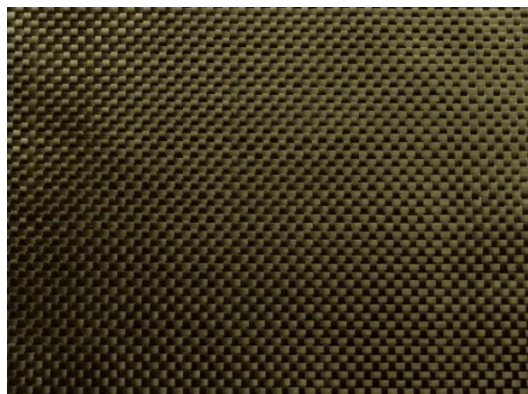
Čedičové vlákno

Rozvoj těchto vláken přichází po 2. svět. válce. Výroba je velmi podobná jako u skelných vláken, zde se tažené vlákno táhne při teplotě 1300 C°. [51]

Jak výroba, tak i vlastnosti jsou podobné skelným vláknům, avšak čedičová jsou o 40 % levnější. Praktické využití při teplotách -260 - +820 (skleněná vlákna = od - 60 do +600 °C).

Tloušťka vláken je kolem 10 μm , ale ve vývoji jsou tloušťky 1-3 μm . [51]

Z vláken se dělají rovingy, filamenty (45 – 68 tex), sekaná vlákna. [51]



Obr. 45: Tkanina z čedičového vlákna [52]

2.4.3 Typ betonu

Směsi, určené pro beton vyztužený kompozity, mají určitá specifika. Při použití kompozitů můžeme dosahovat velmi tenkých konstrukčních prvků, tedy je potřeba, aby v betonu byly vynechány hrubé frakce kameniva. Kompozitní výztuže také nepotřebují takové krytí a je třeba, aby i tyto distance mezi bedněním a výztužnou vložkou byly probetonovány. Používané kamenivo se pohybuje do frakce 4 mm. Pokud docílíme směsi takové hrubosti a konzistence, aby beton vyplnil všechna místa mezi sítěmi, je možné použít jakýkoliv beton. [39, p. 27]

Už víme, že můžeme vyrobit subtilní prvky, cesta zužování je téměř u konce a její vrchol už je za námi. Je na čase přemýšlet o jiné neobjevené cestě. Ano, jedna z možností je zaobírat se hmotností, při jejím snížení můžeme dosáhnout větší efektivity prvku i veškerých manipulačních prací. Uspoření hmotnosti je možné za předpokladu použití lehčené nejrozsáhlejší složky tj. kameniva.

Liapor

Umělé granulovité kamenivo kulového tvaru vyráběné z jílu v kontinuálních válcových pecích o délce několik desítek metrů za teplot 1100 C°. Jejich neustálé otáčení zaručuje kulatost zrn. Kamenivo je nazýváno keramzit a Liapor je pouze obchodní značka. Liapor se vyznačuje dobrými tepelně izolačními vlastnostmi, vysokou požární odolností, malou objemovou hmotností ($\rho = 500 - 1000 \text{ kg/m}^3$). Porovitá struktura je uzavřena na povrchu „slupkou“, ta zvyšuje pevnostní a mrazuvzdorné vlastnosti. [53]



Obr. 46: Liapor [53]

Do jílu nejsou přidávány žádné chemické přísady. Liapor je 100 % přírodní materiál, který lze recyklovat. Liapor se používá vždy tam, kde je třeba odlehčit konstrukci. [53]

2.4.4 Použití textilbetonu kolem nás

V dnešní době se textilbeton používá v omezené míře, z důvodů neznalosti a neozkoušených postupů, přináší také velkou finanční náročnost. Velké užití mají textilní vlákna při sanacích nosných prvků. Vysoké pevnosti a malé tloušťky pomáhají vylepšit stávající konstrukce. Textilie je ve formě lamel, které se přikládají na místa s největšími tahy. [39, pp. 48-45]



Obr. 47: Sanace v různých místech [54]

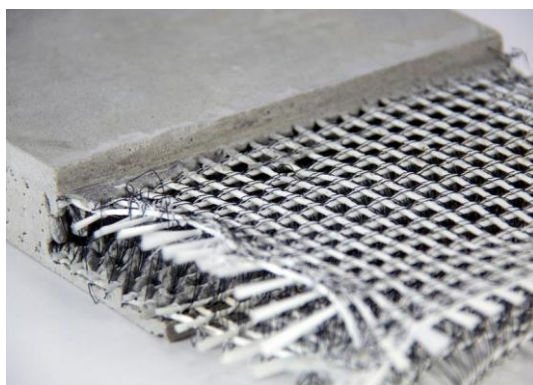


Textilbetony se využívají pro nenosné části konstrukce, například jako obvodové zavěšené pláště. Nesmírná výhoda je v zavěšení betonových dílců s minimálními rozměry. Panely nekladou náročné podmínky pro kotvení kvůli své nízké hmotnosti. [39, pp. 45-48]



Obr. 48: Panely z textilbetonu [55]

Na obr. 48 jsou zavěšené panely o rozměrech 2,4 x 1,2 m, které pokrývají Technickou univerzitu v Drážďanech. Tyto panely mají tloušťku pouhých 30 mm. Pokud by byl použit ŽB, mocnost desky by se pohybovala okolo 140 mm. To je téměř 5 násobný rozdíl tlouštěk a velká změna statického působení pláště na nosný systém. Je to také velká změna nároků na kotevní systém. [56]



Obr. 49: Detail obvodového panelu [56]

Textilbetony se uplatňují i v nosných konstrukcích, za zmínku stojí uvést most pro cyklisty a pěší v německém městečku Lautlingen. Most se pyšní délkou téměř 100 m a



je tvořen 7 poli. Každé pole působí jako prostý nosník délky 17,2 m a v příčném řezu je tvořeno 7 nosníky. [57]



Obr. 50: Most v Lautlingen [57]

Výztužná síť byla 2D ze skelných vláken s oky 15mm. To vedlo k použití jemnozrnné betonové směsi o maximální frakci kameniva 4 mm. Pevnosti vláken dosahují 1000 MPa a krycí vrstva dosahuje tloušťky pouze 15 mm. [57]

Celá konstrukce není vyztužena pouze textilií, jednotlivá pole jsou předpjata. [57]



Obr. 51: Výztužné síť v průřezu nosníku [57]

Další využití textilbetonu je ve výrobě kanalizačních trub a jiného potrubí, které je odolné vůči agresivnímu prostředí. [39, pp. 45-48]

V neposlední řadě se s kompozitními materiály z betonu dělají dekorativní předměty, jako jsou šperky, vázy, svítidla, dlaždice a také nábytek, který začíná pronikat do širšího povědomí. Jedná se zejména o městský mobiliář, který zaujímá betonovou strukturou a především životností. Subtilní a praktické prvky se těší pozornosti také v interiéru, kde to výrobkům z textilbetonu sluší. Tímto segmentem se zabývá například firma Gravelli. [58]



Obr. 52: Křeslo od Gravelli [58]



Obr. 53: Mísa od Gravelli [58]

Nedá se říci, že se jedná o čistý textilbeton, ale spíše o vláknobeton. Firma přidává nasekaná skelná vlákna do betonu a formu vystříkává speciálními pistolemi. Také firma Concereto se zabývá výrobou nábytku za použití vysokopevnostních betonů s vlákny. Tuto technologii používá velké množství firem. [59] [60]



Lze najít i lidi, kteří používají pro tvorbu nábytku i textilbeton obr. 56, 57, 58. Avšak všechny tyto komunity mají společný základ a to hutný beton, u kterého se snaží vytěsnit póry a maximalizovat pevnost.



Obr. 54: Výroba křesla [61]



Obr. 55: Křeslo [61]



Obr. 56: Židlička [61]



3 Vlastní experimentální práce

Hlavní myšlenka práce je zaměřena na použití betonu pro tvorbu nábytku. Tvorba betonových předmětů, šperky, vázy, lampy a zejména nábytek není ve světě novým objevem. Tímto odvětvím se zabývá mnoho firem a lidí.

Prací bych se chtěl lehce oddělit od zavedených metod a poukázat na možné použití lehčeného betonu vyztuženého sítěmi. Sítě nejsou tolik populární u výrobců jako vlákna a stejně tak lehčený beton, který má obrovský potenciál. Zejména snížení hmotnosti předmětu a s tím plynoucí snadnější manipulace.

Náplň práce spočívá od návrhu směsi až po zrealizování funkčního kusu nábytku (konferenčního stolku). Stolek bude do tvaru U složen z 3 desek (tl. 18 mm) zvlášť vybetonovaných. Desky jsou z nepřímo lehčeného betonu vyztuženého skelnou 3D sítí. Společně s deskami byly vytvořeny další zkušební vzorky - desky, trámečky, krychle, které budou vystaveny destruktivním zkouškám a výsledky budou vyhodnoceny a srovnány s matematickým modelem. To vše bude také srovnáno i s jinými zkouškami z jiných zdrojů.

Cílem práce je dokázat, že použití lehkého betonu je možné i přes nižší pevnosti, které vykazují oproti hutným betonům.

Veškeré experimentální ověřování bylo prováděno v Experimentálním centru ČVUT či v laboratoři Katedry betonových a zděných konstrukcí na Fakultě stavební ČVUT za odborného dozoru.

Pro zjištění pevnostních charakteristik bylo vytvořeno několik vzorků

- 1x deska textilbeton 400 x 700 mm, tl. 18 mm vertikální betonáž (oka sítě 23 mm)
- 1x deska textilbeton 400 x 700 mm, tl. 18 mm vodorovná betonáž (oka sítě 13 mm)
- 1x trámec 100 x 100 x 400 mm
- 9x trámeček 40 x 40 x 160 mm
- 3x trámeček 40 x 40 x 160 mm s drátky 100kg/m³
- 3x krychle 100 x 100 x 100 mm

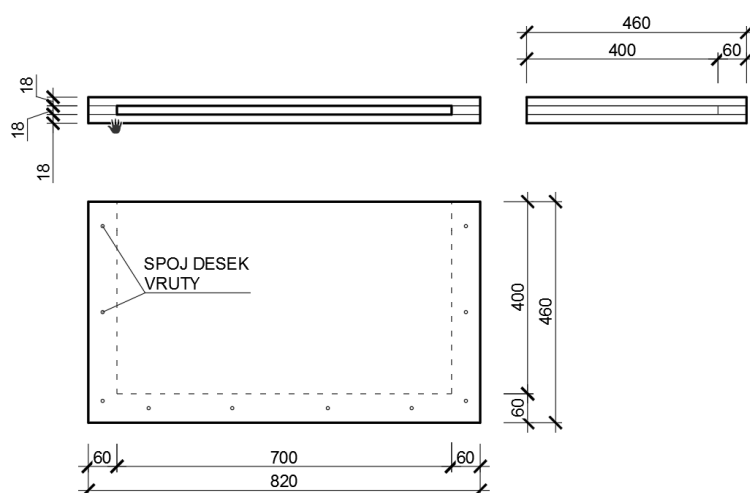


3.1 Příprava

Bednění

Desky - bednění desek bylo vyrobeno v truhlárně ČVUT za pomoci pana Vladimíra Myslivce. Tvorba bednění vycházela z předešlých zkušeností podobných betonáží. K bednění byl zhotoven násypník pro snazší ukládání betonové směsi do formy.

Desky jsou z dřevotřísky potažené hladkým laminátem bez vzoru. Laminát nám zajišťuje nesavý povrch.

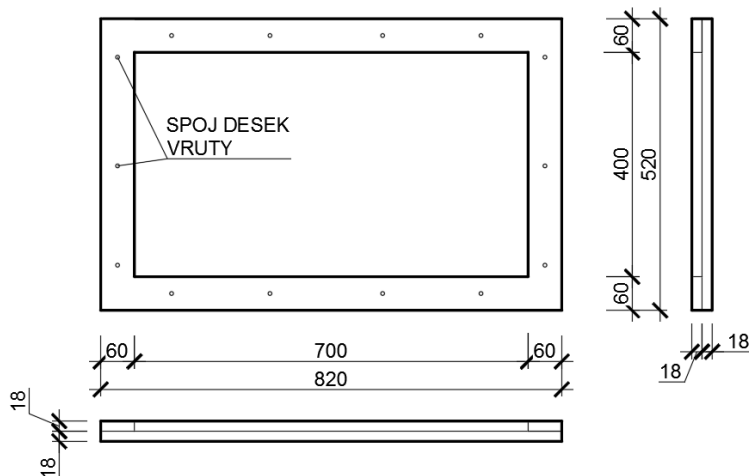


Obr. 57: Vertikální bednění desky [29]



Obr. 58: Vertikální bednění s nástavcem [29]

Z obavy před nekvalitním probetonováním jsme zhotovili bednění pro vodorovnou betonáž i přes dřívější poznatky, že tato metoda není vhodná. Výztuž má tendenci vyplouvat z betonové směsi.



Obr. 59: Vodorovné bednění desky [29]

Trámce a krychle – formy pro prvky určené k destrukci byly použity celokovové.



Obr. 60: Forma trámečků 40 x 40 x 150 mm [29]

Beton

Směs na beton byla přivezena panem Ing. Martinem Krocem z firmy Liapor, která nám poskytla vhodnou recepturu.



Složení 20 l (0,02 m³) betonové směsi:

- písek 0 – 110 kg
- Liapor 0 – 2/575 14 l
- CEM I 52,5 7 kg
- microsílka 0,3 kg
- popílek 4,4 kg
- plastifikátor 0,08 kg
- voda dle potřeby l

Liapor o objemové hmotnosti 575 kg/m³.

Microsílka stachesil S od firmy Stachema.

Super plastifikátor stachement 2095 od firmy Stachema .

Výztuž

Jako výztuž je použita 3D síť ze skelných vláken. Pevnost svazku vláken 1100 MPa, plocha svazku vláken 3,7 mm². Vzdálenost sítí s oky 13 mm a 23 mm je 11mm. Síť bylo třeba nejprve upravit na požadované rozměry. K tomu nám postačily obyčejné nůžky, které bez obtíží skelná vlákna přestříhnou.

Důležitým kritériem pro výztuž bylo zajistit její polohu v bednění. Jedná se o pohledový beton, tedy je snaha o co nejčistší betonový povrch bez viditelných známek distančních prvků. Tedy je požadavek o co nejméně viditelné distančníky. Běžné distančníky, které se používají při betonáži nelze použít. Důvod je prostý, minimální tloušťky distančníků se pohybují od 15 mm směrem výše a náš požadavek byl 3 mm.

Tento problém mohla vyřešit 3D tiskárna, na které jsme vytiskli zkušební distančníky. Tento distančník už zajišťoval požadované krytí, ale jeho plocha, která se opírá o bednění je příliš velká a tudíž by byla viditelná. V neposlední řadě tato metoda nebyla vhodná z důvodu velké časové náročnosti na dobu tisku všech potřebných distančníků.

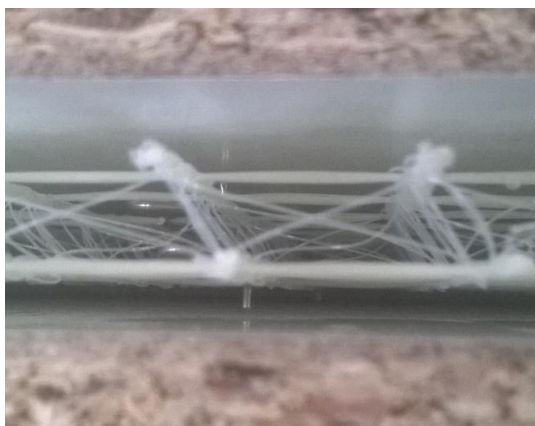


*Obr. 61: Distančníky z 3D tiskárny - Levý 3 mm, pravý 2 mm a kancelářská sponka 3mm
[29]*

Vítězným řešením se stává kancelářská sponka, jejíž koncová předem ohnutá část tvoří distanci. Sponka je velmi dostupné zboží a funkčně splňuje vše, co bylo od distančníku očekáváno. Sponka je mechanicky osazena (zapřením mezi svazky vláken) ve směru betonování, aby nebránila betonové směsi při jejím uložení.



Obr. 62: Osazení distančníků v rastru [29]



Obr. 63: Pohled do bednění [29]

3.2 Betonáž

Betonáž probíhala v laboratoři Katedry betonových a zděných konstrukcí na Fakultě stavební ČVUT. Za odborného dozoru doc. Ing. Jana Vodičky CSc. a za pomoci Ing. Ondřeje Slabého. Také za přítomnosti pana Ing. Martina Kroce z Liaporu, který nám dovezl potřebnou směs. Tímto bych mu chtěl poděkovat za ochotu.

Jako první krok bylo třeba navážít všechny potřebné vstupní suroviny. Poté byly, v následném pořadí vkládány do míchačky. Nejprve se přidal čistý liapor a postupně se zvlhčoval vodou do fáze, kdy byl na dotek lepkavý. Tento proces byl technologicky nutný. Pokud by se tento krok zanedbal, hrozilo by, že keramzit odebere potřebnou vodu cementu pro plnou hydrataci.



Obr. 64: Navážené vstupní složky [29]



Dále následovaly složky: písek, cement, popílek, mikrosilika. Všechny tyto složky byly důkladně promíchány.

Po přidání všech pevných složek se za stálého míchání postupně přilévala voda společně s dávkou plastifikátoru. Plastifikátor je nutný nejprve rozmíchat ve vodě zhruba 1:2, aby došlo k maximálnímu rozmísení ve směsi.

Při vizuální kontrole nastaly obavy o dostatečnou tekutost betonu. Z tohoto důvodu byla použita další dávka plastifikátoru rozmíchaného ve vodě. Celkem jsme navýšili dávku plastifikátoru 4x. To vedlo k neúmyslnému navýšení vody v betonu.



Obr. 65: Přidávání plastifikátoru do míchačky [29]

Skutečné složení 20 l (0,02m³) betonu:

- písek 0 – 110 kg
- Liapor 0 – 2/575 14 l
- CEM I 52,5 7 kg
- mikrosilika 0,3 kg
- popílek 4,4 kg
- plastifikátor 0,32 kg
- voda 5,6 l

ρ – 1550 kg/m³ (hodnota ztvrdlého betonu)

Tekutost betonové směsi jsme ověřili zkouškou sednutí kužele. Zkouška vykázala přijatelný výsledek, který nám dal signál pro další etapu.



Pro plnění vertikálních desek byl použit nastavec trychtýřovitého tvaru. Plnění probíhalo na vibračních stolech za stálého vibrování. Při ukládání směsi se vyskytl problém. Hydrostatický tlak betonu nám rozevíral bednění a docházelo k vyboulení desek. Bylo třeba desky podélně ztuhit kusy dřevotřískových desek a následně stáhnout truhlářskými svěrkami.

Betonáž vodorovné desky probíhala bez vibrování, abychom v co nejvyšší míře zabránili vyplutí sítě na povrch. Nejprve byla vylita tenká vrstva ve formě krytí, kam byla uložena síť. Síť jsme poté záléváli a zednickou lžící hutnili tak, aby beton vyplnil veškeré vnitřní prostory 3D sítě. Na závěr jsme povrch uhladili.

Betonáž trámců probíhala standardně. Po vyplnění formy jsme zvibrovali. 3 vzorky byly obohaceny drátky z vysokopevnostní ocele. Dávka drátku 100kg/m^3 .

Po vybetonování všech forem byly prvky zakryty potravinářskou fólií, abychom zamezili nadměrnému vysychání vody z povrchu.



Obr. 66: Zkouška rozlití – sejmutí kužele [29]



Obr. 67: Zkouška rozlití – rozlití během pár vteřin [29]



Obr. 68: Tvoření krycí vrstvy - vodorovná betonáž [29]



Obr. 69: Vložení sítě – vodorovná betonáž [29]



Obr. 70: Uhlazení povrchu – vodorovná betonáž [29]



Obr. 71: Desky vertikálně betonované, zajištěny svěrkami [29]

3.3 Odbednění (vizuální hodnocení)

Odbednění bylo provedeno týden po betonáži. Jednotlivé formy byly rozebrány a vzorky vyňaty z forem. Aby nedocházelo k nadměrnému vysušování vzorků, byly zabaleny do potravinářské folie na další 3 týdny, než dojde k jejich odzkoušení.

Při odbednění proběhla první analýza prvků. Pokud se podíváme na desky betonované vertikálně, můžeme říci, že betonáž proběhla v pořádku. Pohledově beton vypadá dobře a distančníky jsou s těžší nalezitelné. Tedy nenarušují strukturu betonu. Z povrchu však lze vyčíst, že beton byl ukládán ve vrstvách. Pro příští betonáž bych doporučil lití betonu plně kontinuálně. První betonovaná deska, která nás upozornila na vyboulení bednění, nebyla celá dobetonována. Z důvodu neustálého vyboulování formy, při neustálém ukládání směsi.



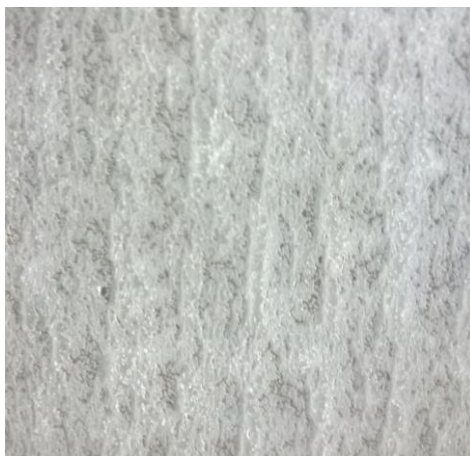
Obr. 72: Odbednění vybouleného bednění [29]



Obr. 73: Odbedněná deska [29]



Obr. 74: Povrch desky [29]



Obr. 75: Detail textury betonu [29]



Obr. 76: Detail textury betonu [29]



U desky betonované horizontálně nedošlo k vyplutí sítě a povrch spodního líce působí jednolitým povrchem. Tato metoda betonáže nám však ukázala, že není vhodná pro tento typ betonu. K vyplutí sítě sice nedošlo, ale lehké kamenivo liapor v tekuté směsi vyplulo na povrch. To zapříčinilo nerovnoměrné rozmístění jednotlivých složek v betonu a nedostatečně pevný horní povrch, který lze mechanicky s ocelovým předmětem rozrušit. Také rohy jsou náchylné k ulamování. Tento efekt lze sledovat i u trámce, u kterého došlo ke stejnému efektu. Pórovitá struktura, jež se vytvořila na vrchním líci, však graficky působí velmi zajímavě.



Obr. 77: Vyplutí lehkého kameniva [29]



Obr. 78: Vrchní líc desky tvořen liaporem [29]



Obr. 79: Detail vrchního líce desky [29]



3.4 Destruktivní zkoušky

Po 28 dnech byly provedeny destruktivní zkoušky v laboratořích ČVUT. Za odborného dozoru.

Použité vzorce pro výpočty pevnostních charakteristik:

$$M_{max} = \frac{1}{4} Fl$$

Výpočet maximálního momentu [29]

$$W = \frac{1}{6} bh^2$$

Průřezový modul [29]

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{W}$$

Tah za ohybu, napětí [29]

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Objemová hmotnost [29]

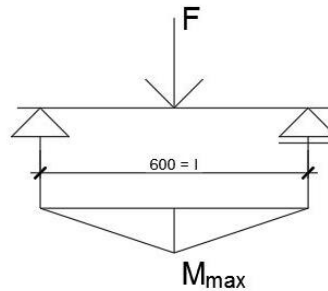
$$\sigma_p = \frac{F}{A}$$

Napětí v tlaku [29]



Zkouška vyztužených desek tříbodový ohyb

Zkoušené desky 700x400x18 mm vyztužené sítěmi. Deska betonována vertikálně (D1) vyztužena sítí s rozměry ok 23 mm. Deska betonována horizontálně (D2) vyztužena sítí s rozměry ok 13 mm (sít' je hustější než sít' u desky D1).

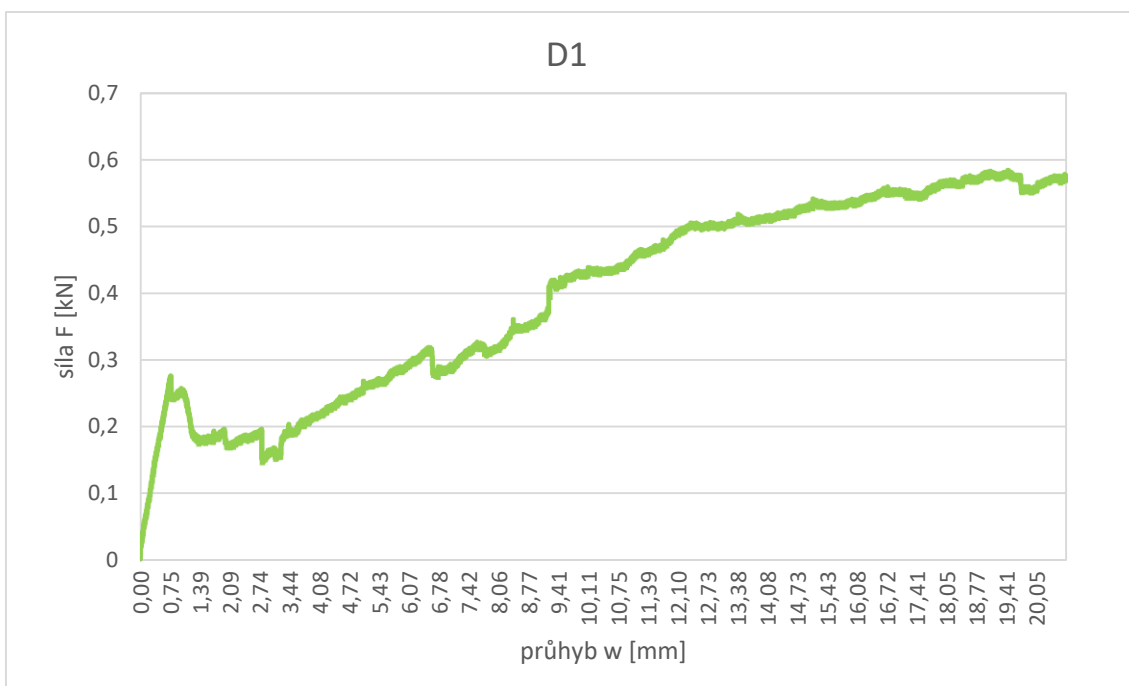


Obr. 80: Tříbodový ohyb desky [29]

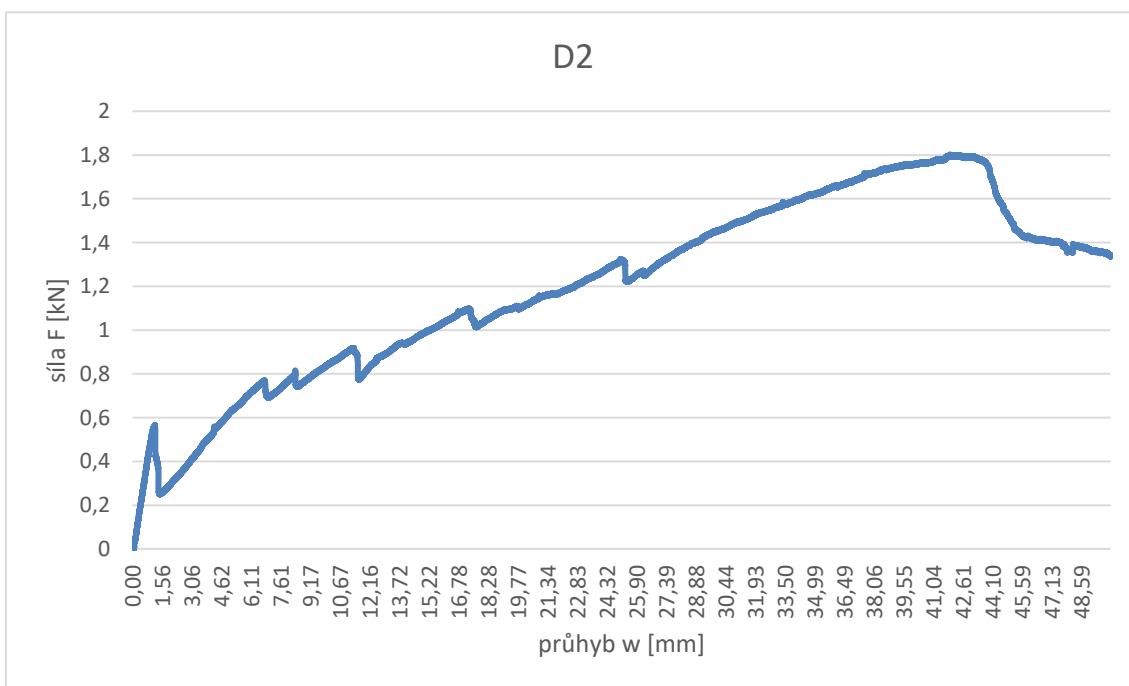
Nejprve byla zkoušena deska, která byla betonována vertikálně (D1). Z 3 desek tato vypadala z vizuálního hlediska nejhůře. Zatěžovací rychlost 0,2 mm/min. Pro zkoušku druhé desky betonované horizontálně (D2) jsme zrychlili zatěžovací rychlost na hodnotu 0,5 mm/min z důvodu časové náročnosti zkoušek.

Tab. 1: Výsledky zkoušek tříbodového ohybu [29]

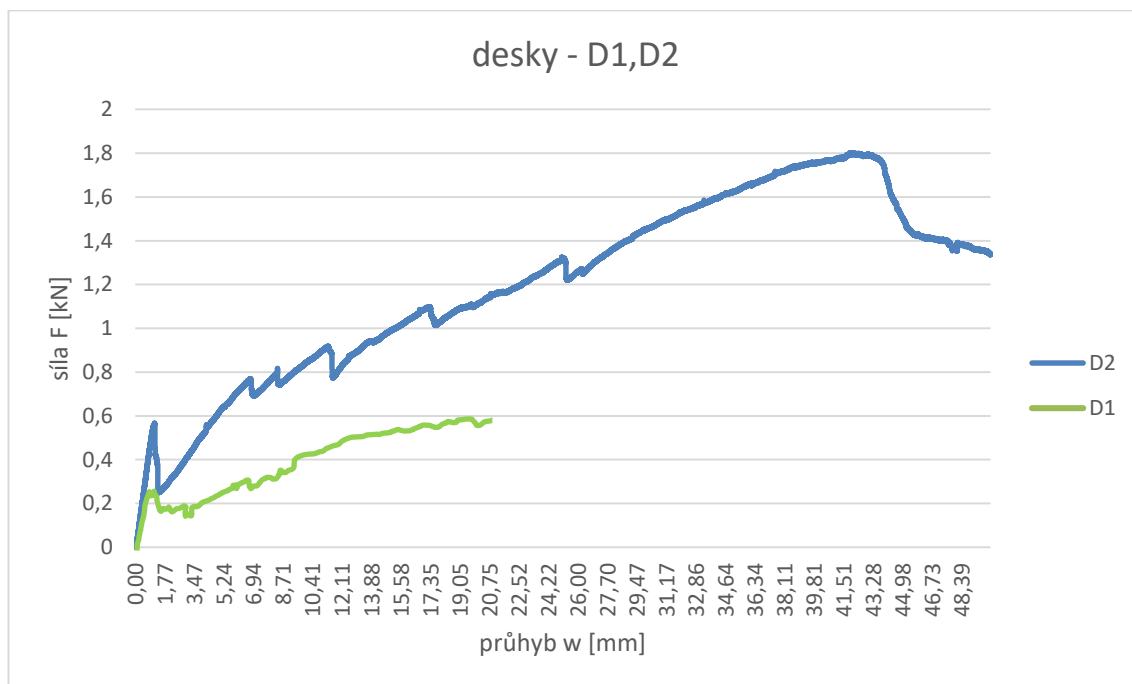
deska	rozměry [mm]			hmotnost m [kg]	objem. Hmot. ρ [kg/m ³]	síla F [kN]		moment M _{max} [kNm]	tah za ohybu bez trhlin σ _b [MPa]	průhyb w [mm]		
	a	b	h			porušení betonu	max síla			první trhlina	max síla	po odtížení
D1 horizontálně	700	400	18	8,02	1591,27	0,23	0,58	0,087	4,03	1,12	18,62	2,6
D2 vertikálně	700	400	18	6,91	1371,03	0,56	1,8	0,27	12,50	1,19	41,97	4,3



Obr. 81: Deska betonovaná horizontálně, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]



Obr. 82: Deska betonovaná vertikálně, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]



Obr. 83: Porovnání desek, závislost síly na průhybu, třibodový ohyb [29]

Tab. 2: Porovnání únosnosti a průhybu s jinými betony a vyztužnými tkaninami [62] [39]

[29]

tl.desky [mm]	F [kN]	beton	vlákna	průhyb w [mm]
18	1,1	C40/50	bez vláken	0,7
18	1,25	C40/50	čedičová	0,8
18	1,7	UHPC	bez vláken	1,2
18	2,3	HSC	čedičová	0,9
18	1,1	HSC	čedičová	0,8
20	4,72	LC	uhlíková	19,4
20	5,03	LC	uhlíková	14,5
18	0,58	LC	skelná	18,62
18	1,8	LC	skelná	41,97

Z tabulky č. 2 vidíme vysokou schopnost betonu vyztuženého skelnými vlákny přenášet síly za velkého průhybu.



Deska D1 horizontální betonáž



Obr. 84: Třibodový ohyb [29]



Obr. 85: Porušení betonu v tahu deska D1 [29]

Obr. 86 - maximální rozevření trhlin před ukončením zkoušky z časového důvodu. Nedochází k drcení betonu. Lze tedy očekávat i z grafu, který představuje rostoucí trend, větší pevnost desky.



Deska D2 vertikální betonáž



Obr. 86: Porušení betonu desky D2 [29]



Obr. 87: Drcení betonu deska D2 [29]

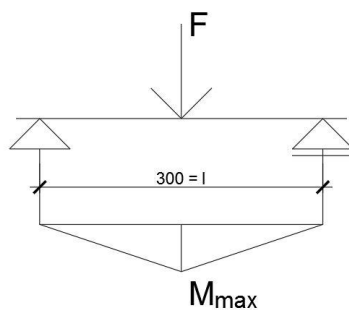


Obr. 88: Po odtížení desky D2, spodní líc [29]

U desky D2 se nám povedlo docílit drcení betonu, oproti desce D1. Bylo zajímavé sledovat chování desek při odtížení. Napnutá skelná vlákna vrátila odtíženou desku o necelých 90% nazpět do její původní polohy.

Zkouška trámce tříbodovým ohybem

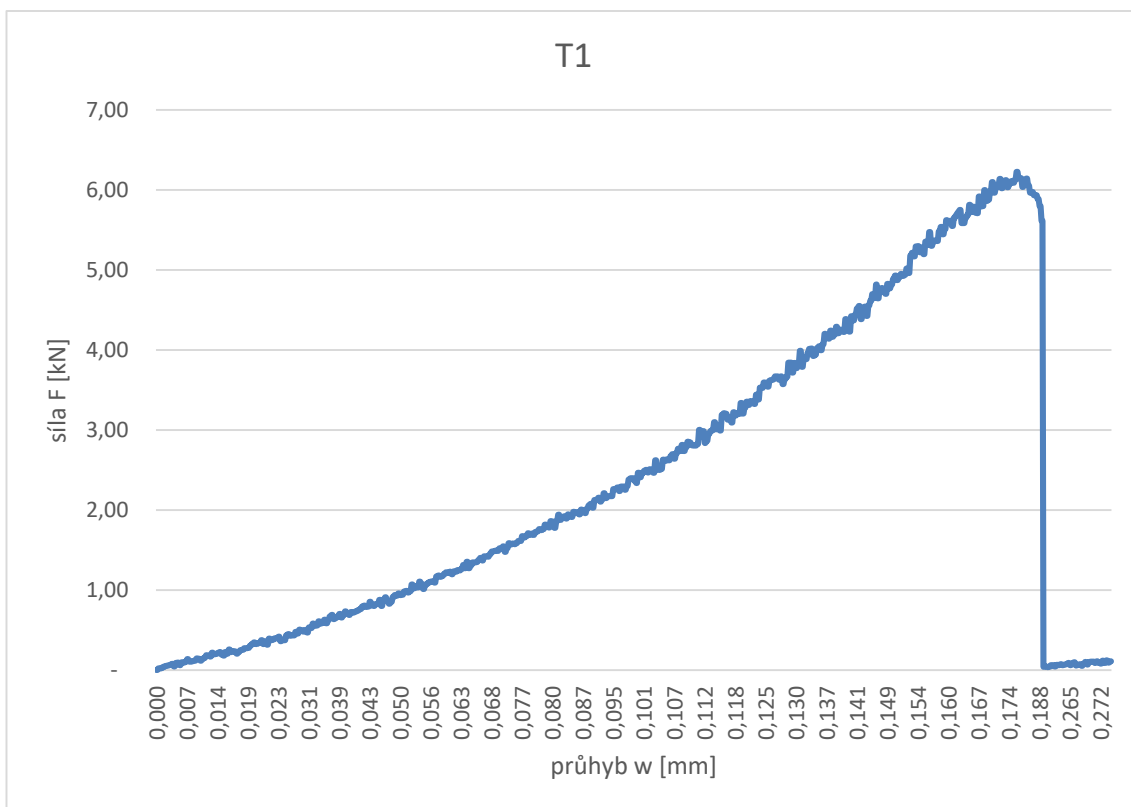
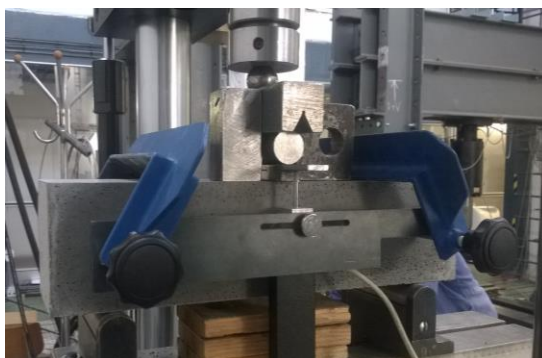
Trámec (T1) 100x100x400 mm bez vyztužení z nepřímo lehčeného betonu.

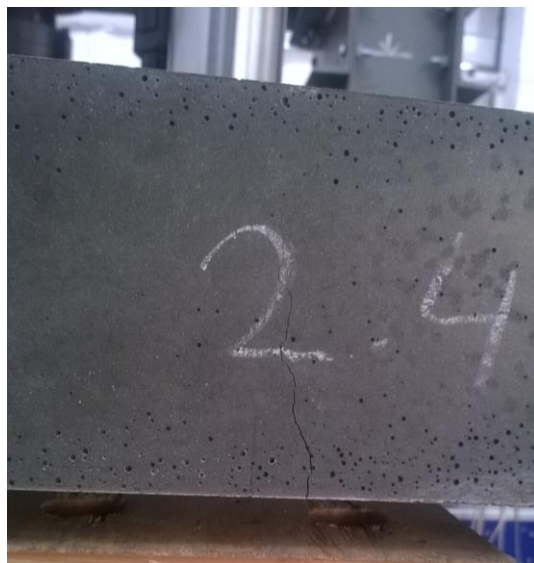


Obr. 89: Tříbodový ohyb trámce [29]

Tab. 3: Výsledek tříbodového ohybu [29]

trámec	rozměry [mm]			hmotnost m [kg]	objem. Hmot. ρ [kg/m ³]	síla F [kN]	moment M_{\max} [kNm]	průhyb w [mm]	napětí tah za ohybu σ_b [MPa]
	a	b	h						
T1	400	102	96,9	6,14	1553,05	6,23	0,23	0,17	1,46


Obr. 90: Trámec, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]

Obr. 91: Tříbodový ohyb [29]



Obr. 92: Porušení trámce T1 ve třibodovém ohybu [29]



Obr. 93: Rozlomený trámec T1, spodní povrch bez lehkého kameniva [29]

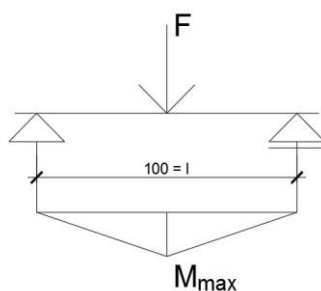
Z obr. 93 vidíme nevhodně rozmísené kamenivo. Lehký liapor má tendenci vyplavávat na povrch. Stejný efekt jsme mohli sledovat u desky betonované horizontálně.

Zkouška trámečků a krychlí

Zkouška v ohybu

Provedeno 8 vzorků 40x40x160 mm, z toho 3 vzorky obohaceny drátky (D1-3).
Drátky v množství 100kg/m³.

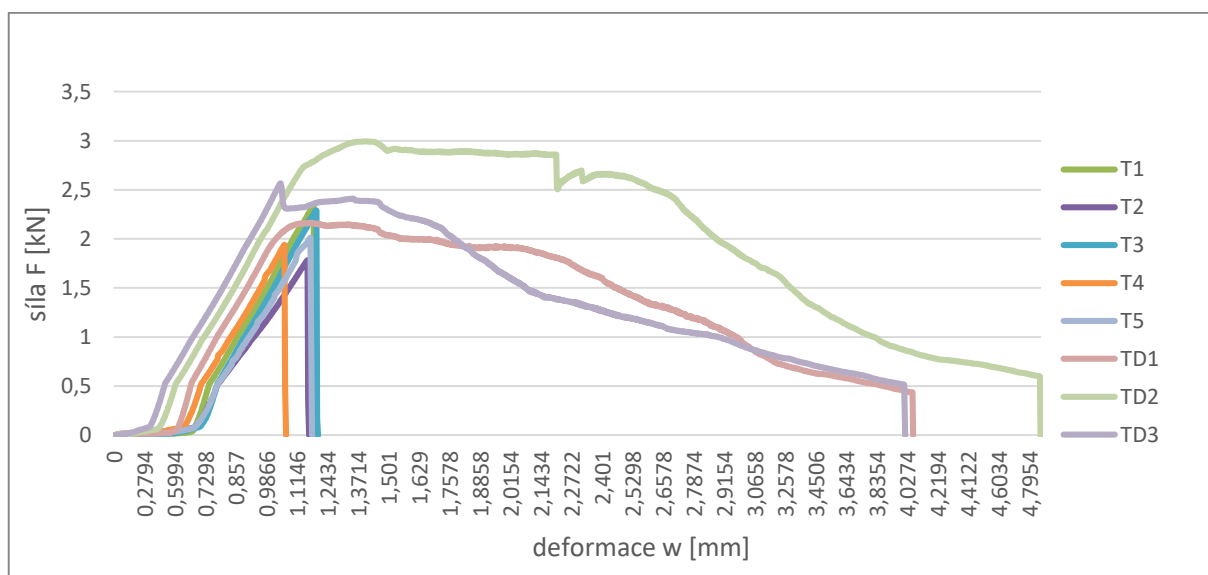
Drátky z vysokopevnostní ocele. Pevnost v tahu 2100 MPa a délky 10 mm.



Obr. 94: Třibodový ohyb trámečku [29]

Tab. 4: Výsledek třibodového ohybu [29]

Číslo vzorku	Rozměry tělesa			Hmot. tělesa m g	Objem. hmot. ρ kg/m ³	Tah za ohybu	
	Šířka mm	Výška mm	Délka mm			síla F kN	pevnost σ _b MPa
T1	39,6	40,3	160,0	408,0	1598	2,35	5,48
T2	39,7	40,6	160,0	393,0	1524	1,78	4,09
T3	40,6	40,2	160,0	417,0	1597	2,29	5,24
T4	39,8	40,3	160,0	410,0	1598	1,94	4,50
T5	40,3	40,4	160,0	405,0	1555	2,01	4,59
D1	40,8	40,3	160,0	427,0	1623	3,01	6,82
D2	41,2	40,3	160,0	422,0	1589	2,99	6,71
D3	40,8	40,0	160,0	421,0	1612	2,57	5,90



Obr. 95: Porovnání pevností trámečků, závislost síly na průhybu, třibodový ohyb [29]



Z grafu (obr. 95) lze vidět zpevnění betonu do vzniku první trhliny a také vývoj přenášení sil po vzniku trhlin. V okamžiku, když prostý beton po první trhlíně kolabuje, v drátkobetonu působí drátky, které zamezují náhlému kolapsu a přenášejí zatížení i po vzniku trhlin. Drátky také zamezily vyplutí lehkého kameniva na povrch, čímž zajistily homogenní směs.



Obr. 96: Porušený prvek třibodovým ohybem [29]

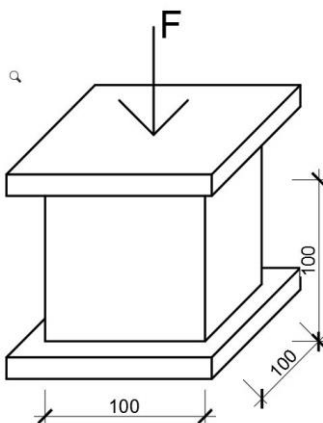


Obr. 97: Rovnoměrné rozptýlení lehkého kameniva v směsi [29]



Zkouška v tlaku

Zkoušce byly podrobeny 3 vzorky z nepřímo lehčeného betonu.



Obr. 98: Pevnost v tlaku krychle [29]

Tab. 5: Výsledek pevnosti v tlaku [29]

Číslo vzorku	Rozměry tělesa			Hmot. m g	Objem. Hmot. ρ kg/m ³	Tlak	
	Délka mm	Šířka mm	Výška mm			síla F kN	pevnost σ_p MPa
K1	100,3	96,5	100,6	1569,0	1611,4	326,39	33,72
K2	99,9	95,3	100,0	1568,0	1647,0	318,32	33,44
K3	100,6	95,0	100,8	1567,0	1626,6	276,09	28,89



Obr. 99: Tlakové porušení vzorku [29]

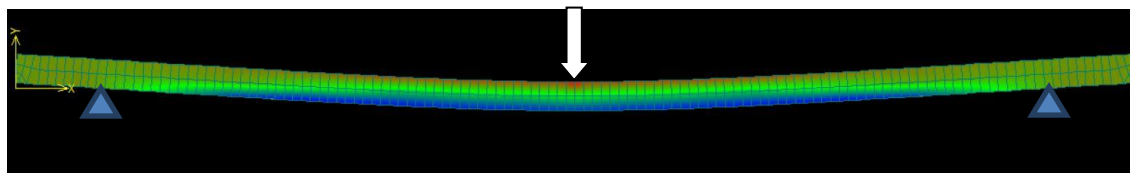
3.5 Porovnání s počítačovým modelem

Zkouška třibodového ohybu desky byla nasimulována v počítačovém softwaru ATENA 2D.

Vstupní parametry nezjištěné experimentálními zkouškami byly nahrazeny přiměřenými hodnotami v softwaru.

zadané hodnoty

pevnost v tahu skelných vláken	- 1100 MPa
modul pružnosti skelných vláken	- 6500 MPa
pevnost betonu v tahu	- 2,6 Mpa
pevnost betonu v tlaku	- 33 MPa
plocha jednoho svazku vláken	- 1,85 mm ²
počet svazků u povrchu	- 19(D1) - 36(D2)

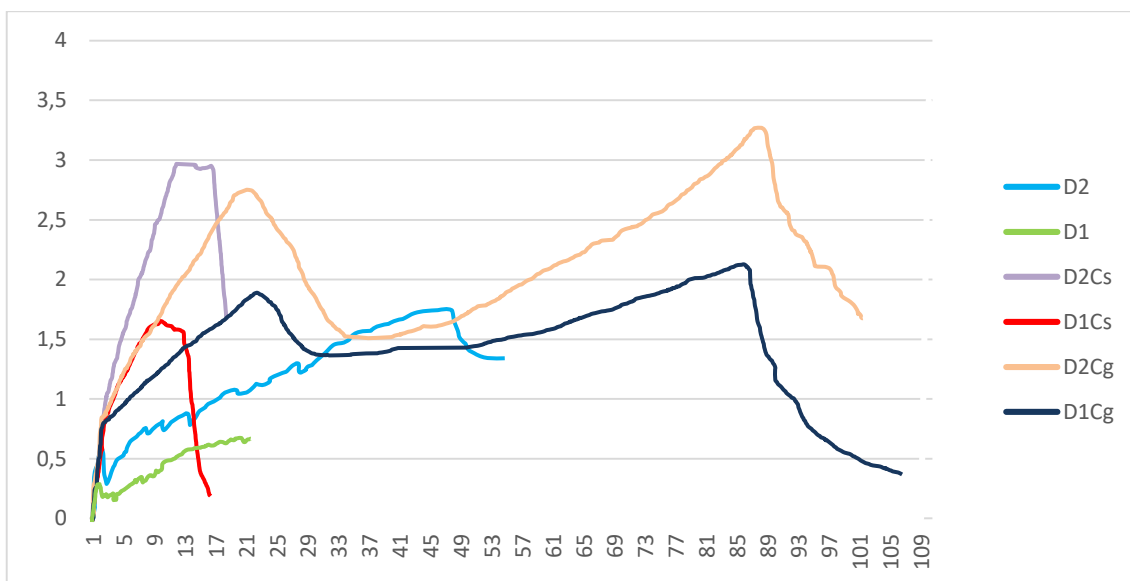


Obr. 100: Ohybové napětí

V programu bylo nasimulováno několik situací, které jsme porovnali s experimentálními zkouškami.

Deska D1 a D2 experimentálně zkoušena. Deska D1Cs a D2Cs, počítačová simulace, u které byla výztuž nahrazena (čistě teoreticky) kovovou, s pevností 500 MPa. Deska D1Cg a D2Cg, počítačové simulace, které jsou stejně vyztužené jako vzorky zkoušené. Plocha výztuže je zachována.

Z grafu vidíme výrazně vyšší pevnosti modelovaných vzorků. Příčina takové nerovnosti může být v nulovém prokluzu vláken a plně homogenní betonové směsi. Teoretické vyztužení ocelovými vlákny ukazuje, že ocelové vlákno není schopné odolávat vysokým deformacím oproti skelným vláknům.



Obr. 101: Porovnání pevností desek s počítačovým modelem, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]

3.6 Sestavení konferenčního stolku

Po 4 týdnech od betonáže proběhly zatěžovací zkoušky. Před zahájením zkoušek byly vybrány 2 desky (700x400x18 mm) vizuálně nejlépe probetonované. Tyto desky jsme následně použili k sestavení stolku. Koncept spočívá v podepření dvou stran desky deskou přepůlenou, do výsledného tvaru U. Desky jsou spojeny lepidlem.

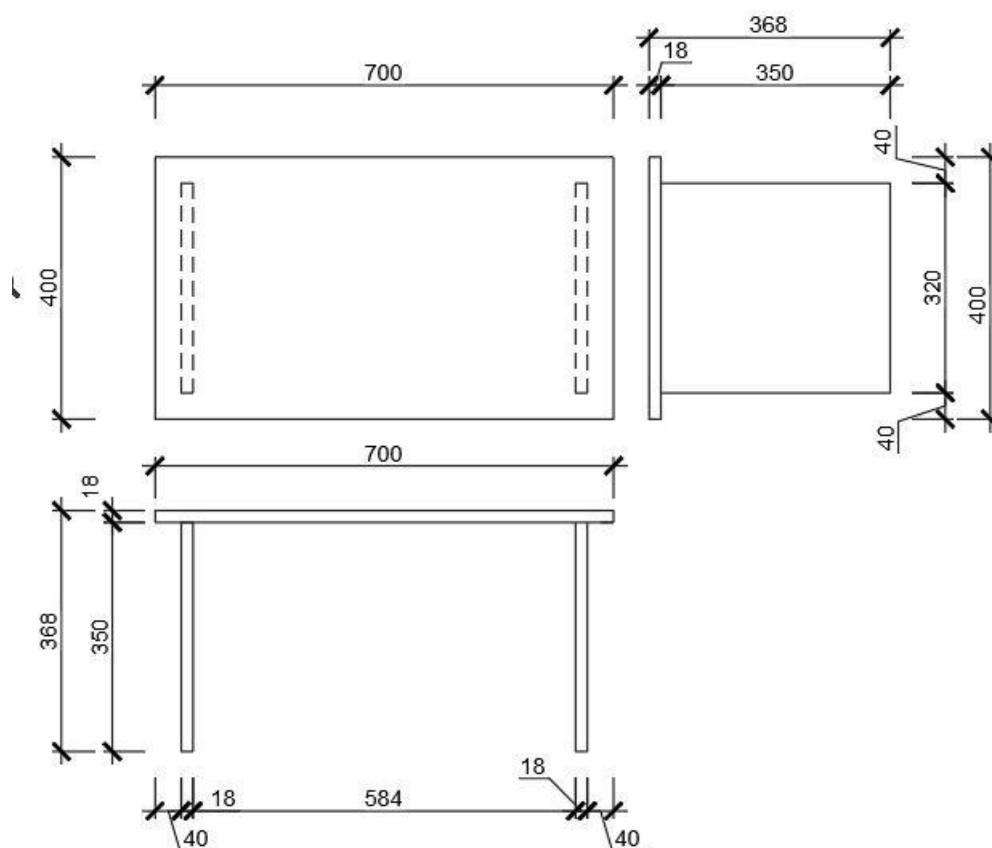
Nejprve bylo třeba přerýznout desku na půl, abychom dostali 2 podpory. Deska byla také seříznuta podélně (odřez nedobetonované části), což vedlo k zúžení desky.



Obr. 102: Přepůlení desky [29]

Po přípravě desek bylo možné sestavit stůl. Po řádném rozměření byly lepené plochy lehce zdrsňeny a očištěny smirkovým plátnem. Použité lepidlo pro spojení prvků na polymerní bázi: Mamut glue (high tack) v tubě. Tlačnou pistolí bylo nadávkováno lepidlo na lepené plochy a po přiložení lepených ploch silně přitisknuto. Po 24 hodinách bylo lepidlo plně vytvrdlé a stůl byl připraven k použití.

Kompletní stůl váží 14 kg ($\rho=1550\text{kg/m}^3$). Pokud by tentýž stůl byl vyroben z UHPC betonu, váha stolu by se pohybovala kolem hodnoty 24 kg. To je o 70 % větší hmotnost. Tedy výroba nábytku z lehkého betonu má smysl.



Obr. 103: Schéma konferenčního stolku [29]



Obr. 104: Konferenční stolek [29]



Obr. 105: Konferenční stolek - pohled zepředu [29]



Obr. 106: Konferenční stolek pohled z boku [29]



Obr. 107: Detail spoje [29]



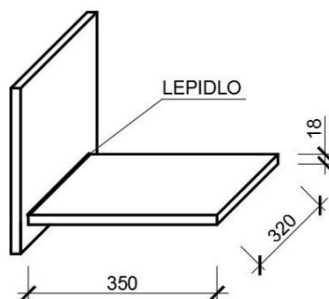
Orientační posouzení lepidla Mamut glue (high tack)

Vzhledem k časovým možnostem nebylo možné odzkoušet pevnost spojů spojených lepidlem. Proto bylo provedeno několik základních výpočtů, ze kterých vyplynulo možné použití lepidla.

posouzení spoje na únosnost vlastní vahou

lepidlo Mamut přídržnost k betonu $\sigma_r - 1,4 \text{ MPa}$

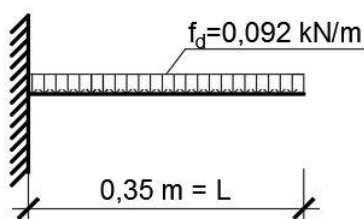
lepená deska 350x320x18 mm



Obr. 108: Schéma lepeného prvku [29]

vlastní tíha f_d

$$f_d = b c \rho = 0,32 * 0,018 * 16 = 0,092 \text{ kN/m}$$



Obr. 109: Statické schéma [29]

POSOUZENÍ NA OHYB

$$m_{max} = \frac{1}{2} f_d l^2 = \frac{1}{2} * 0,092 * 0,35^2 = 0,0056 \text{ kNm}$$

$$\sigma_t > \frac{m_{max}}{W}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} 0,32 * 0,018^2 = 1,73 * 10^{-5} \text{ m}^3$$



$$1,4 > \frac{0,0056}{1,73 * 10^{-5}} \Rightarrow 1,4MPa > 0,33MPa \Rightarrow \text{VYHOVÍ (využití na 25\%)}$$

POSOUZENÍ NA SMYK

$$V_{max} = f_d l = 0,092 * 0,35 = 0,032kN$$

$$V_{max} < \sigma_t * A$$

$$0,032 < 1400 * 0,32 * 0,018 \Rightarrow 0,032kN < 8,06kN =$$

$$> \text{VYHOVÍ (využití na 0,4\%)}$$

Výsledky výpočtu ukazují, že není třeba lepit ke konstrukci pomocné L profily.

Plocha lepených spojů je dostatečná pro přenesení sil působících na spoj.



4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navržení a sestavení konferenčního stolku z lehkého betonu vyztuženého 3D skelnými sítěmi a následné zjištění únosnosti, dle matematického modelu.

Zhodnocení technologie

Pro krytí výztuže byly použity upravené kancelářské sponky, které se ukázaly jako plně funkční distančníky. Správně vytvořily krycí vrstvu a také po odbednění nenarušily povrchovou strukturu.

Vhodnou technologií ukládání betonové směsi se ukázalo ukládání směsi do vertikálního bednění. Tento typ betonáže zamezuje vyplutí lehkých zrn kameniva. Po přidání drátků do záměsi zabráníme vyplutí lehkých zrn. Pro příští betonáž lze doporučit velmi tekutou záměs s vysokým podílem jemných částic, aby docházelo k plnému vyplnění prostoru v 3D síti. Také dostatečné ztužení bočních stěn bednění, aby nedocházelo k rozevírání bednění od hydrostatického tlaku směsi. Zároveň doporučuji kontinuální ukládání záměsi za stálého vibrování.

Zhodnocení experimentálních zkoušek

Desky vyztužené skelnými vlákny se ukázaly jako velmi zajímavý typ vyztužování. Jejich vysoká pevnost a pružnost umožní konstrukcím vysoké deformace, které se po odtížení vracejí do téměř původní polohy. Použití skelných vláken v nábytku není zcela vhodné kvůli nízkému modulu pružnosti vláken (zajímavé řešení by bylo nahrazení skelných vláken vlákny uhlíkovými). Prvek je dostatečně únosný, ale vznik prvních trhlin je už při malém zatížení. A trhliny na nábytku nejsou žádoucí. Avšak využití tohoto typu vyztužování vidím ve stavebních konstrukcích (stropní desky, průvlaky). Jejich velký průhyb a viditelné trhliny lze vizuálně identifikovat, daný prvek je přetížený, nehrozí však jeho zřícení.

Srovnání s matematickým modelem

Matematický model nám ukazuje podobný průběh napětí jako ve skutečném prvku. Matematický model však vykazuje schopnost odolávat větším silám. Důvod takového jevu je, že model nepočítá s inperfekcemi vzniklými při výrobě prvku, např. vzduchové



póry, nepravidelné rozmístění výztuže. Dále také nebylo vytvořeno více zkušebních vzorků, se kterými by se daly vzorky srovnat.



Použité zdroje

- [1] J. JANČÁŘ, ÚVOD DO MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ POLYMÉRNÁCH KOMPOZITŮ, Brno: VUT fakulta Chemická, 2003.
- [2] „WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie,“ 12 Listopad 2015. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Roving](https://cs.wikipedia.org/wiki/Roving). [Přístup získán 7 Květen 2017].
- [3] „WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie,“ 27 Duben 2017. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Filament](https://cs.wikipedia.org/wiki/Filament). [Přístup získán 7 Květen 2017].
- [4] M. PAVLÍKOVÁ, Z. PAVLÍK a J. HOŠEK, Materiálové inženýrství I, Praha: ČVUT, 08, pp. 133-134.
- [5] A. KŘÍŽ, „Oddělení povrchového inženýrství,“ zapadočeská univerzita v Plzni, [Online]. Available: <https://www.opi.zcu.cz/download/beton.pdf>. [Přístup získán 13 Duben 2017].
- [6] G. WIEMERS, Jerusalem History, Archaeology and Apologetic Proof of Scripture, aukee: Tim Vaniman, 2010, p. 177.
- [7] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/encyklopedie/vznik-betonu](http://www.ebeton.cz/encyklopedie/vznik-betonu). [Přístup získán 12 Duben 2017].
- [8] „SCS.ABZ.CZ slovník cizích slov,“ [Online]. Available: <http://slovník-cizich-v.abz.cz/web.php/slovo/pucolan>. [Přístup získán 16 Duben 2017].
- [9] L. SVOBODA, „O mísení frakcí kameniva,“ ČVUT, [Online]. Available: [p://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/gransy/aggweb.htm](http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/gransy/aggweb.htm). [Přístup získán 14 Duben 2017].
- [10] Hornicko geologická fakulta, „Vodohospodářské zařízení I,“ Vysoká škola Báňská, [Online]. Available: <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ1/vyuka/hmoty/kamenivo.html>. [Přístup získán 16 Duben 2017].
- [11] V. STRAŇÁK, „Bydlení Idnes.cz,“ časopis Domov, [Online]. Available: [p://bydleni.idnes.cz/typy-betonu-ch6-/stavba.aspx?c=A140103_204950_stavba_rez](http://bydleni.idnes.cz/typy-betonu-ch6-/stavba.aspx?c=A140103_204950_stavba_rez). [Přístup získán 12 Duben 2017].
- [12] „AKV GROUP,“ [Online]. Available: <http://cz.akwchina.com/portland-cement>. [Přístup



kán 12 Duben 2017].

- [13] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/cement-normalizovane-oznaceni](http://www.ebeton.cz/pojmy/cement-normalizovane-oznaceni). [Přístup získán 13 Duben 17].
- [14] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/druhy-cementu](http://www.ebeton.cz/pojmy/druhy-cementu). [Přístup získán 13 Duben 2017].
- [15] stavební komunita, „stavební komunita,“ 12 Říjen 2012. [Online]. Available: [p://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/druhy-cementu-do-betonu](http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/druhy-cementu-do-betonu). [Přístup získán 16 ben 2017].
- [16] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/specialni-cementy](http://www.ebeton.cz/pojmy/specialni-cementy). [Přístup získán 13 Duben 2017].
- [17] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/latentne-hydraulicke-primesi](http://www.ebeton.cz/pojmy/latentne-hydraulicke-primesi). [Přístup získán 13 Duben 2017].
- [18] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/primesi](http://www.ebeton.cz/pojmy/primesi). [Přístup získán 13 Duben 2017].
- [19] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/inertni-primesi](http://www.ebeton.cz/pojmy/inertni-primesi). [Přístup získán 14 Duben 2017].
- [20] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/prisady](http://www.ebeton.cz/pojmy/prisady). [Přístup získán 15 Duben 2017].
- [21] L. SVOBODA a kolektiv, STAVEBNÍ HMOTY, 3 editor, Praha: ČVUT, 2013.
- [22] M. FOGLEAR a kolektiv, BETONOVÉ KONSTRUKCE 3, Praha: ČVUT, 2011.
- [23] Svaz výrobců betonů ČR, „Ebeton,“ [Online]. Available: [p://www.ebeton.cz/pojmy/vlaknobeton](http://www.ebeton.cz/pojmy/vlaknobeton). [Přístup získán 20 duben 2017].
- [24] L. SVOBODA a kolektiv, STAVEBNÍ HMOTY, sv. II, Bratislava: JAGA GROUP, o., 2007.
- [25] TRIANGOLO spol. s.r.o., „TRIANGOLO kovárna Hulín,“ [Online]. Available: [p://www.triangolo.cz/galerie.html](http://www.triangolo.cz/galerie.html). [Přístup získán 5 Květen 2017].
- [26] VUT Fakulta stavební, TABULKY do cvičení betonových konstrukcí.
- [27] „WIKIPEDIA COMMONS,“ 2 Zář 2015. [Online]. Available: [ps://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pracovn%C3%AD_diagram_oceli.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pracovn%C3%AD_diagram_oceli.svg). [Přístup



- ps://cs.wikipedia.org/wiki/Synergie. [Přístup získán 28 Duben 2017].
- [42] „Glass Sphere s.r.o.“ [Online]. Available: <http://www.glass-sphere.com/eshop/sklenene-e.html>. [Přístup získán 6 Květen 2017].
- [43] „Aldebran materiali compositi,“ [Online]. Available: [p://www.materialicompositi.com/it/fiberglass-roving-and-yarn.html](http://www.materialicompositi.com/it/fiberglass-roving-and-yarn.html). [Přístup získán 6 ěten 2017].
- [44] H. ACHIM, „WIKIPEDIA Otevřená encyklopedie,“ 13 Prosinec 2007. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C4%9Bn%C3%A1_textiln%C3%AD_vl%C3%A1kna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C4%9Bn%C3%A1_textiln%C3%AD_vl%C3%A1kna). [Přístup získán 27 Duben 2017].
- [45] NoiseD, „WIKIPEDIA Otevřená encyklopedie,“ 22 Srpen 2005. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C4%9Bn%C3%A1_textiln%C3%AD_vl%C3%A1kna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C4%9Bn%C3%A1_textiln%C3%AD_vl%C3%A1kna). [Přístup získán 26 Duben 2017].
- [46] „WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie,“ 26 Duben 2017. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno](https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno). [Přístup získán Duben 2017].
- [47] „WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie,“ 1 Říjen 2005. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno](https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno). [Přístup získán Duben 2017].
- [48] „TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI Fakulta textilní,“ 16 Zář 2004. [Online]. Available: <https://skripta.ft.tul.cz/akreditace/data/2004-12-16/09-21-02.ppt>. [Přístup získán Duben 2017].
- [49] „WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie,“ 26 Březen 2017. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Aramidová_vlákna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Aramidová_vlákna). [Přístup získán 27 Duben 2017].
- [50] Cjp24, „WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie,“ 31 Březen 2009. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Aramidová_vlákna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Aramidová_vlákna). [Přístup získán 27 Duben 2017].
- [51] „WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie,“ 23 Červen 2015. [Online]. Available: [ps://cs.wikipedia.org/wiki/Čedičová_vlákna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Čedičová_vlákna). [Přístup získán 27 Duben 2017].
- [52] „svitap,“ [Online]. Available: <http://www.svitap.cz/kompozitni-tkaniny/>. [Přístup získán Duben 2017].



- [53] „keramzit,“ [Online]. Available: <http://www.keramzit.cz/co-je-keramzit/>. [Přístup získán Duben 2017].
- [54] Stado cz, „STADO CZ,“ [Online]. Available: [p://www.stado.cz/index.php/aplikace/carbo-system](http://www.stado.cz/index.php/aplikace/carbo-system). [Přístup získán 29 Duben 2017].
- [55] Fakulta stavební, „Fakulta stavební Vysoká škola báňská - Technická univerzita traava,“ 6 Zář 2012. [Online]. Available: [ps://www.fast.vsb.cz/228/cs/fotogalerie/navsteva-tu-dresden/](http://www.fast.vsb.cz/228/cs/fotogalerie/navsteva-tu-dresden/). [Přístup získán 29 Duben 17].
- [56] A. OEBBEKE, „Bbaulinks,“ [Online]. Available: [p://www.baulinks.de/webplugin/2011/1504.php4](http://www.baulinks.de/webplugin/2011/1504.php4). [Přístup získán 29 Duben 2017].
- [57] B. HUNTER, „Innovation In Textiles,“ [Online]. Available: [p://www.innovationintextiles.com/textile-concrete-bridge-in-albstadt-lautlingen/](http://www.innovationintextiles.com/textile-concrete-bridge-in-albstadt-lautlingen/). [Přístup získán 29 Duben 2014].
- [58] „Gravelli,“ [Online]. Available: <https://shop.gravelli.com/>. [Přístup získán 30 Duben 17].
- [59] „concereto,“ 2012. [Online]. Available: <http://www.concereto.cz/#matctg>. [Přístup získán 13 Duben 2017].
- [60] „Gravelli,“ [Online]. Available: <https://www.gravelli.com/cz/technologie#hmotnost>. [Přístup získán 30 Duben 2017].
- [61] J. GIRARD, „concreto DECOR,“ 2017. [Online]. Available: [p://www.concretedecor.net/decorativeconcretearticles/vol-13-no-7-october-2013/casting-n-concrete-furniture-with-gfr/#prettyPhoto](http://www.concretedecor.net/decorativeconcretearticles/vol-13-no-7-october-2013/casting-n-concrete-furniture-with-gfr/#prettyPhoto). [Přístup získán 30 Duben 2017].
- [62] K. LIŠKOVÁ, DIPLOMAVÁ PRÁCE - Chování tenkostěnných betonových desek ztužených textilií, Praha, 2013.
- [63] „KRAPE HAREX,“ [Online]. Available: [ps://www.krampeharex.com/en/fibres/products/wire-fibres/](http://www.krampeharex.com/en/fibres/products/wire-fibres/). [Přístup získán 20 Květen 17].
- [64] Liapor, „liapor,“ [Online]. Available: <http://www.liapor.cz/produkty/kamenivo/pro-vebni-ucely/>. [Přístup získán 20 Květen 2017].
- [65] „solidia,“ [Online]. Available: <http://www.solidian.com/produkte/ebene-bewehrung/>. [Přístup získán 20 Květen 2017].



- [66] „Den Braven,“ [Online]. Available: <http://www.mamutglue.cz/mamut-glue-high-tack/>. [Přístup získán 20 Květen 2017].
- [67] „stachema,“ [Online]. Available: [p://prisadydobetonu.stachema.cz/produkty/superplastifikatory-ztekucovac-e-c163/stachement-2095:p290.htm](http://prisadydobetonu.stachema.cz/produkty/superplastifikatory-ztekucovac-e-c163/stachement-2095:p290.htm). [Přístup získán 20 Květen 2017].
- [68] „stachema,“ [Online]. Available: <http://prisadydobetonu.stachema.cz/produkty/primesi-betonu:c165/stachesil-s:p250.htm>. [Přístup získán 20 Květen 2017].
- [69] A. KIEFER, „Bbaulinks,“ [Online]. Available: [p://www.baulinks.de/webplugin/2011/1504.php4](http://www.baulinks.de/webplugin/2011/1504.php4). [Přístup získán 29 Duben 2017].



Použitý software

AutoCAD 2017

ATENA 2D v5 CZ

Microsoft Word 2016

Microsoft Exel 2016



Seznam obrázků

Obr. 1: Vodní Nádrž v Jeruzalémě [6]	19
Obr. 2: Řez Pantheonem [7]	20
Obr. 3: Hmotnostní zastoupení jednotlivých složek [7]	21
Obr. 4: Množství jednotlivých frakcí [9]	21
Obr. 5: Ideální křivka zrnitosti [10]	22
Obr. 6: Drcení slínku ocelovými koulemi [11]	23
Obr. 7: Cement [12]	23
Obr. 8: Normalizované značení cementu [13]	23
Obr. 9: Zastoupení jednotlivých složek v cementu [14]	24
Obr. 10: Příklad značení betonu dle normy ČSN EN 206-1 [21, p. 432]	26
Obr. 11: Pevnosti betonů [21, p. 487]	27
Obr. 12: Vodní součinitel [4, p. 448]	28
Obr. 13: Zatížení trámce čtyřbodovým ohybem [22, p. 8]	29
Obr. 14: Zatížení trámce čtyřbodovým ohybem před kolapsem [22, p. 8]	30
Obr. 15: Vnesení tlakové síly předpínacím lanem [22, p. 49]	30
Obr. 16: Typy vláken [23]	31
Obr. 17: Surové železo ingot [25]	32
Obr. 18: Pracovní diagram oceli válcované za tepla (f_y - mez kluzu, f_u - mez pevnosti) [27]	33
Obr. 19: Pevnosti jednotlivých ocelí v tahu [21]	33
Obr. 20: Drátky do drátkobetonu [21]	34
Obr. 21: Mezerovitý beton [29]	34
Obr. 22: Pěnobeton [30]	35
Obr. 23: Plynobeton [31]	35
Obr. 24: Nepřímo lehčený beton [32]	36
Obr. 25: Lehčený beton [32]	36
Obr. 26: Příklad složení 1m^3 RPC betonu pro chladicí věž v Cattenom [21] [4, p. 185]	37
Obr. 27: Malá stavební míchačka $V = 125\text{ l}$ [33]	38
Obr. 28: Autodomíchávač $V = 4,5\text{ m}^3$ [34]	38



Obr. 29: Bádíe na beton $V = 1 \text{ m}^3$ [35]	39
Obr. 30: Dřevěné bednění stropní kce [36].....	39
Obr. 31: Ponorný vibrátor [37]	40
Obr. 32: Zakrytí betonu fólií [38]	40
Obr. 33: Textilbeton s obnaženou výztuží [40].....	41
Obr. 34: Skleněná tyčovina [42]	42
Obr. 35: Skleněné vlákno [43]	43
Obr. 36: Vlastnosti výztužných vláken [1, p. 63]	43
Obr. 37: Rozdělení vláken dle délky a uspořádání [1, p. 15].....	44
Obr. 38: Dělení nejčastěji využívaných vláken [1, p. 62].....	45
Obr. 39: Jemnost	45
Obr. 40: Hmotnostní podíl	46
Obr. 41: Tkanina v plátňové vazbě [44].....	47
Obr. 42: Svazek skleněných filamentů (UD-Roving,) [45]	47
Obr. 43: Uhlíkové vlákno o průměru $6 \mu\text{m}$ v porovnání s lidským vlasem [47]	48
Obr. 44: Aramidová (kevlarová) stříž [50]	49
Obr. 45: Tkanina z čedičového vlákna [52].....	50
Obr. 46: Liapor [53]	51
Obr. 47: Sanace v různých místech [54]	51
Obr. 48: Panely z textilbetonu [55]	52
Obr. 49: Detail obvodového panelu [56].....	52
Obr. 50: Most v Lautlingen [57]	53
Obr. 51: Výztužné sítě v průřezu nosníku [57]	53
Obr. 52: Křeslo od Gravelli [58]	54
Obr. 53: Mísa od Gravelli [58].....	54
Obr. 54: Výroba křesla [61]	55
Obr. 55: Křeslo [61]	55
Obr. 56: Židlička [61]	55
Obr. 57: Vertikální bednění desky [29].....	57
Obr. 58: Vertikální bednění s nástavcem [29]	57
Obr. 59: Vodorovné bednění desky [29].....	58
Obr. 60: Forma trámečků $40 \times 40 \times 150 \text{ mm}$ [29]	58



Obr. 61: Distančníky z 3D tiskárny - Levý 3 mm, pravý 2 mm a kancelářská sponka 3mm [29].....	60
Obr. 62: Osazení distančníků v rastru [29].....	60
Obr. 63: Pohled do bednění [29]	61
Obr. 64: Navážené vstupní složky [29]	61
Obr. 65: Přidávání plastifikátoru do míchačky [29].....	62
Obr. 66: Zkouška rozlití – sejmutí kužele [29].....	63
Obr. 67: Zkouška rozlití – rozlití během pár vteřin [29]	64
Obr. 68: Tvoření krycí vrstvy - vodorovná betonáž [29]	64
Obr. 69: Vložení sítě – vodorovná betonáž [29]	64
Obr. 70: Uhlazení povrchu – vodorovná betonáž [29]	65
Obr. 71: Desky vertikálně betonované, zajištěny svěrkami [29].....	65
Obr. 72: Odbednění vybouleného bednění [29]	66
Obr. 73: Odbedněná deska [29].....	66
Obr. 74: Povrch desky [29].....	67
Obr. 75: Detail textury betonu [29]	67
Obr. 76: Detail textury betonu [29]	67
Obr. 77: Vyplutí lehkého kameniva [29].....	68
Obr. 78: Vrchní líc desky tvořen liaporem [29]	69
Obr. 79: Detail vrchního líce desky [29]	69
Obr. 80: Tříbodový ohyb desky [29].....	71
Obr. 81: Deska betonovaná horizontálně, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]	72
Obr. 82: Deska betonovaná vertikálně, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]	72
Obr. 83: Porovnání desek, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]	73
Obr. 84: Tříbodový ohyb [29]	74
Obr. 85: Porušení betonu v tahu deska D1 [29]	74
Obr. 86: Porušení betonu desky D2 [29]	75
Obr. 87: Drcení betonu deska D2 [29]	75
Obr. 88: Po odtížení desky D2, spodní líc [29]	76
Obr. 89: Tříbodový ohyb trámce [29]	76
Obr. 90: Trámec, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]	77
Obr. 91: Tříbodový ohyb [29]	77



Obr. 92: Porušení trámce T1 ve tříbodovém ohybu [29]	78
Obr. 93: Rozlomený trámec T1, spodní povrch bez lehkého kameniva [29]	78
Obr. 94: Tříbodový ohyb trámečku [29]	79
Obr. 95: Porovnání pevností trámečků, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]	79
Obr. 96: Porušený prvek tříbodovým ohybem [29]	80
Obr. 97: Rovnoměrné rozptýlení lehkého kameniva v směsi [29]	80
Obr. 98: Pevnost v tlaku krychle [29]	81
Obr. 99: Tlakové porušení vzorku [29]	81
Obr. 100: Ohybové napětí	82
Obr. 101: Porovnání pevností desek s počítačovým modelem, závislost síly na průhybu, tříbodový ohyb [29]	83
Obr. 102: Přepůlení desky [29]	84
Obr. 103: Schéma konferenčního stolku [29]	85
Obr. 104: Konferenční stůl [29]	85
Obr. 105: Konferenční stůl - pohled zepředu [29]	86
Obr. 106: Konferenční stůl pohled z boku [29]	86
Obr. 107: Detail spoje [29]	86
Obr. 108: Schéma lepeného prvku [29]	87
Obr. 109: Statické schéma [29]	87



Seznam tabulek

Tab. 1: Výsledky zkoušek tříbodového ohybu [29]	71
Tab. 2: Porovnání únosnosti a průhybu s jinými betony a vyztužnými tkaninami [62] [39] [29].....	73
Tab. 3: Výsledek tříbodového ohybu [29].....	77
Tab. 4: Výsledek tříbodového ohybu [29].....	79
Tab. 5: Výsledek pevnosti v tlaku [29].....	81



Seznam příloh

Vysokopevnostní drátky Krampe Harex [63]

Liapor [64]

Skelná síť [65]

Mamut glue higt tack [66]

Plastifikátor Stachement 2095 [67]

Microsilika Stachesil S [68]



Vysokopevnostní drátky Krampe Harex [63]



Data Sheet | Fibres

WIRE FIBRE MICROFIBRE



GEOMETRY

① Type of fibre	wire fibre
② Shape of fibre	Microfibre
③ Length (L)	10 mm ± 15%
④ Diameter (d)	0,175 mm 0,15-0,22 mm
Cross section	round
Ratio (L/d)	57

FIBRE NETWORK

Quantity of fibres	529.620 fibres/kg
Minimum dosage	-

MATERIAL PROPERTIES

Material specifications	High tensile strength
Material	Steel
Material number	1.0620
Tensile strength	≥ 2.100 N/mm ²
Modulus of elasticity	210.000 N/mm ²

CERTIFICATIONS & SYSTEM APPROVALS

Standards	DIN EN 14889-1
Certifications	DIN EN ISO 9001:2008, DIN EN ISO 9001



Subject to change without notice. All specifications are only a general description of our products. For detailed information please ask for our product leaflets.

INFO

Krampe Harex® Fibres are a cost effective solution to conventional reinforcement methods:

- > Industrial floors
- > Tunneling applications
- > Precast concrete elements
- > Applications in residential buildings

In relation to our Service+ offer, we determine the suitable type of fibre, the optimal dosage and the necessary concrete strength. Further information can be found on our website krampeharex.com.

PACKAGING



* Fibres are magnetically linearized.

STORAGE



Keep Dry



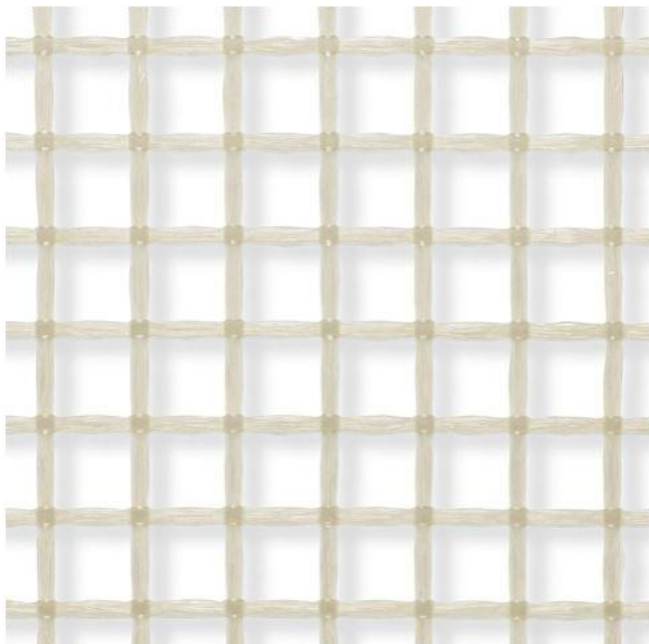
Liapor [64]

CE 1020																
výrobce: LIAS VINTÍŘOV, LEHKÝ STAVEBNÍ MATERIÁL K.S., CZ 357 44 VINTÍŘOV, DIČ: CZ46882324																
07																
1020-CPD-030028236																
ČSN EN 13055-1																
Liapor																
lehké kamenivo z expandovaného jílu pro použití jako kamenivo a filer do betonu, malty a injektážní malty																
Druh	Liapor 8-16/275	Liapor 4-8/350	Liapor 4-8/450	Liapor 4-8/600	Liapor 1-4/500	Liapor 1-4/625	Liapor 0-4/20/475	Liapor 0-4/33/500	Liapor 0-4/50/525	Liapor 0-4/67/550	Liapor 0-4/80/575	Liapor 2-4/450	Liapor 0-2/575	Liapor 0-40/500	Liapor 0-4M/310	Liapor 0-1D/650
Tvar zrn	Oválná až kulovitá, uzavřená zrna												Drcená zrna			
Frakce	8/16	4/8	4/8	4/8	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	2/4	0/2	0/4	0/4	0/1
Sypná hmotnost (kg/m ³)	275	350	450	600	500	625	475	500	525	550	575	450	575	500	310	650
Tolerance sypné hmotnosti (%)	±15															
Objemová hmotnost zrna	575	700	850	1150	925	1050	875	925	975	1000	1025	850	1050	1250	900	1900
Tolerance objemové hmotnosti (%)	±15															
Nasákavost w ₂ (% hm., max)	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5
Nasákavost w ₃₀ (% hm., max)	6	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	5	5	5
Nasákavost w ₆₀ (% hm., max)	7	7	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5
Nasákavost w ₁₂₀ (% hm., max)	9	8	6	6	6	6	6	6	5	5	5	6	5	5	5	5
Odolnost proti drcení (setřesený materiál) (MPa, min)	0,6	1,2	1,7	4,2	3,0	4,2	2,3	3,0	3,4	3,7	3,8	2,1	4	-	-	-
Odolnost vůči zmrazování a rozmrazování (% ztráty hm., max)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Odolnost vůči alkalicko-křemičité reakci, dle ČSN 721179	dilatometrická zkouška, rozpínání po 3 měsících < 0,05%, po 6 měsících < 0,1%															
Chloridy (% hm.)	< 0,02															
Strany rozpustné v kyselině (% hm.)	< 0,8															
Celková síra (% hm.)	< 1,0															
Chemické složení (% hm.)	SiO ₂ 55 ± 5, Al ₂ O ₃ 24 ± 5, Fe ₂ O ₃ 14 ± 5, CaO 5 ± 5, stopové prvky 2 ± 2															
Součinitel tepelné vodivosti (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	0,09	0,10	0,11	0,14	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,10	0,15
Třída hořlavosti	A1 (DIN 4102)															
Radioaktivita	Index hmotnostní aktivity <1															
Procentní podíl drcených zrn (% hm)	< 5												> 95			
Jemné částice (< 0,063 mm)	< 1,0												10	1	20	
													0,30	0,2	0,45	
Zrnitost	Propad (%hm.)															
	Sřed min,max															
Síta (mm) 0,25	-	-	-	-	2	5	2	2	3	4	5	-	2	30	2	55
					0,10	0,25	0,7	0,10	0,12	0,14	0,15		0,10	10,50	0,5	35,85
0,5	-	-	-	-	3	15	3	3	5	7	10	1	3	40	6	80
					0,15	0,35	0,10	0,12	0,15	0,17	0,20	0,3	0,23	20,60	0,15	60,100
1	-	-	-	-	10	25	5	10	20	25	30	1	25	50	10	99
					0,30	5,45	0,15	0,20	10,30	15,35	20,40	0,5	5,45	30,70	0,30	90,100
2	-	1	1	1	33	50	20	33	50	67	80	7	95	75	50	100
		0,3	0,3	0,3	23,53	30,70	10,30	23,43	40,60	57,77	70,80	0,15	90,100	55,95	30,70	100
3	-	3	3	3	70	70	60	70	77	85	90	50	100	90	91	-
		0,5	0,5	0,20	50,90	50,90	50,70	50,80	50,27	75,95	80,100	30,70	55,100	70,100	81,100	-
4	-	8	8	8	95	95	95	95	95	95	96	97	100	95	99	-
		0,15	0,15	0,25	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100	90,100
5,6	5	50	40	55	95	95	95	95	99	99	99	100	100	97	100	-
	0,7	30,70	20,60	25,75	95,100	90,100	90,100	90,100	95,100	95,100	95,100	95,100	-	90,100	92,100	-
8	8	95	95	95	100	100	100	100	100	100	100	100	-	100	100	-
	0,10	90,100	90,100	90,100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	100	100	-
11,2	60	99	99	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40,30	95,100	90,100	90,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	95	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	90,100	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	95,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Skelná síť [65]

solidian GRID Q87/87-AAE-21



Fasermaterial	AR-Glas	
Tränkungsmaterial	Epoxidharz	
Achsabstand Strang	Längs [mm]	21
	Quer [mm]	21
Faserquerschnittsfläche (Strang)	Längs [mm ²]	1,85
	Quer [mm ²]	1,85
Faserquerschnittsfläche (Bewehrung)	Längs [mm ² /m]	87
	Quer [mm ² /m]	87
Bruchspannung (Mittelwert)	Längs [N/mm ²]	1500
	min [N/mm ²]	1300
	max [N/mm ²]	1750
	Quer [N/mm ²]	1580
	min [N/mm ²]	1400
	max [N/mm ²]	1850
Bruchspannung (Charakteristischer Wert)	Längs [N/mm ²]	1100
	Quer [N/mm ²]	1200



Mamut glue higt tack [66]



Den Braven Czech and Slovak a.s.

Technický list 04.40 MAMUT GLUE (High Tack)

- Výrobek** Moderní jednosložkové lepidlo, na bázi MS polymeru s okamžitou fixací a mimořádně vysokou počáteční přidržeností až 500 kg/m². Speciálně vyvinuté pro lepení bez nutné fixace spojů – drží okamžitě. Vytvrzuje vulkanizací vzdušné vlhkosti, vytváří vysokopevnostní, elastický spoj.
- Vlastnosti**
- Okamžitá přidrženost až 500 kg/m²
 - Vysoká konečná pevnost 22 kg/cm² (220 000 kg/m²)
 - Vysokomodulový, fungistatické;
 - Rychle vytvrzující, bez zápachu;
 - Vysoká přilnavost k podkladu – i na matně vlhké podklady;
 - Trvale pružné, odolné vlhku a vodě (vodotěsný spoj), povětrnostním vlivům;
 - Odolné plísni, slané vodě (moře), chlóru, čistícím prostředkům;
 - Bez obsahu izokyanátů, rozpouštědel, ftalátů a silikonu;
 - Po vytvrzení přetíratelný vhodnými disperzními barvami (mimo alkydových prysk.).
 - Lepené předměty není třeba fixovat. Spoje „drží“ bez použití svěrek a podepření.
- Použití**
- Lepení konstrukčních vodotěsných spojů ve stavebním a strojním průmyslu;
 - Lepení v interiérech i exteriérech budov;
 - Lepení konstrukčních dílů automobilů, autobusů, karavanů, osobních vagónů;
 - Lepení dílů karoserií – kov na kov (pohlcuje vibrace);
 - Lepení nerezové oceli, hliníku, mědi, olova, skla, polykarbonátů, PS, PUR, PVC a některých druhů plastů, betonu, keramických dlaždic, smaltu, zrcadel, dřeva, zdiva, sádkartonu apod.
 - Lepení schodnic, parapetů, podlahových lišt, obkladových prvků apod.

Balení Kartuše po 290 ml, tuba 25 ml
Barva Bílá, černá

Technické údaje			
Základ	-	MS polymer	
Konzistence	-	tixotropní pasta	
Hustota	g/ml	1,57	
Tepelná odolnost	°C	-40 / +95	(po vytvrzení)
Tepelná odolnost	°C	-15	(při přepravě)
Aplikační teplota	°C	+5 / +40	
Rychlost nanášení	g/min	10	(při síle 3mm a tlaku 6,3Bar)
Doba vytvoření povrch. slupky	min	≈ 10 - 15	
Rychlost vytvrzení	mm	2 - 3	(za 24h / při 23°C / 55% rel. vlhk.)
Stékanost	mm	< 2	(dle ISO 7390)
Dilatační schopnost	%	± 25	
Tažnost	%	350	
	%	250 ± 50	ČSN EN ISO 527
Modul 100%	MPa	1,39 (N/mm ²)	
Pevnosti v tahu	MPa	2,18 (N/mm ²)	DIN 53 504
Pevnost ve smyku	MPa	1,41 (N/mm ²)	ČSN EN 1465 k hliníku, laminu
	MPa	≈ 1,95	ČSN EN 1465 odmaštěný pozink.plech
	MPa	≈ 1,75	ČSN EN 1465 neodmaštěný pozink.plech
Přidrženost k podkladu	MPa	1,22 k hliníku, laminu	ČSN 73 2577

Údaje o zápisu do OR: Zapsáno KS Ostrava, oddíl B, vložka 2951

Den Braven Czech and Slovak a.s.

Adresa: 793 91 Úvalno 353, tel.: 554 648 200, fax: 554 648 205, Česká republika
 Bankovní spojení: KB Krnov, č. ú. 19 - 0848810297 / 0100

info@denbraven.cz

IČO: 26872072, DIČ: CZ26872072

www.denbraven.cz



Den Braven Czech and Slovak a.s.

Technický list 04.40 MAMUT GLUE (High Tack)

	MPa	0,25 ± 0,04 k omítce	STN 73 2577 – porušení v podkladu
	MPa	1,40 ± 0,05 beton	ČSN 73 2577
	MPa	1,30 ± 0,05 dřevo	ČSN 73 2577
	MPa	0,92 ± 0,05 sklo	ČSN 73 2577
	MPa	0,95 ± 0,05 lak.dřevo	ČSN 73 2577
Počáteční smyková přídržnost	MPa	1,48	ČSN EN 1324, čl. 7.2 požad. ≥ 1,0 MPa
Smyková přídržnost po ponoření do vody	MPa	1,02	ČSN EN 1324, čl. 7.3 požad. ≥ 0,5 MPa
Smyková přídržnost po tepelném stárnutí	MPa	1,12	ČSN EN 1324, čl. 7.4 požad. ≥ 1,0 MPa
Smyková přídržnost při zvýšené teplotě	MPa	1,04	ČSN EN 1324, čl. 7.5 požad. ≥ 1,0 MPa
Skuz	mm	0,0	ČSN EN 1308 požadavek ≤ 0,5 mm
Reakce na oheň	-	E	obsah org. látek < 40% hmotnosti
Tvrдость dle Shore A(3s)	°	60 ± 3	dle DIN 53 505
Skladovatelnost	měsíce	12	(při teplotách od +5°C < +25°C)

Specifikace Zlepšené dimerní lepidlo se sníženým skluzem – D2T dle EN 12004:2007 + A1:2012

Vyhoví zatížení podle ČSN 73 0035 čl. – Po průkazní zkoušce (třikrát opakované zatížení) nedošlo k porušení výplně balkónového zábradlí, k poškození jejího uchycení v rámu, ztrátě použitelnosti.

Omezení Podklad Pokyny Mimo jiné není vhodné pro použití na PE, PP, teflon, asphalt a živичné podklady. Podklad musí být čistý, pevný, bez volných částic prachu, mastnot a oleje. Nasadte aplikační špičku a lepidlo nanášejte pomocí aplikační pistole jednostranně. Aplikujte přiměřené množství vzhledem k hmotnosti a velikosti lepeného předmětu. Lepené plochy k sobě přiložte a silně přitlačte s mírným posunutím do 10 minut.

Pozn.: Při aplikaci přes speciální špičku, která je k výrobku standardně dodávána je možné z jednoho balení vytlačit okolo 4 bm.

Upozornění Před vytvrzením (2-3mm / 24hodin při 23°C) nezatěžujte lepený spoj vnějšími silami.

Čištění Materiál: ihned technickým benzínem.
Ruce: voda a mýdlo, reparační krém na ruce.

Bezpečnost Viz «Bezpečnostní list 04.40».

Skladovatelnost V originálním neotevřeném obalu při teplotách +5°C až +25°C, datum spotřeby je uveden na obalu.

Aktualizace Aktualizováno dne: 16.09.2014 Vyhotoveno dne: 31.08.2004

Výrobek je v záruční době konformní se specifikací. Uvedené informace a poskytnuté údaje spočívají na našich vlastních zkušenostech, výzkumu a objektivním testování a předpokládáme, že jsou spolehlivé a přesné. Přesto firma nemůže znát nejrůznější použití, kde a za jakých podmínek bude výrobek aplikován, ani použité metody aplikace, proto neposkytuje za žádných okolností záruku nad rámec uvedených informací, co se týče vhodnosti výrobků pro určitá použití ani na postupy použití. Výše uvedené údaje jsou všeobecné povahy. Každý uživatel je povinen se přesvědčit o vhodnosti použití vlastními zkouškami. Pro další informace prosím kontaktujte naše technické oddělení.

Údaje o zápisu do OR: Zapsáno KS Ostrava, oddíl B, vložka 2951

Den Braven Czech and Slovak a.s.

Adresa: 793 91 Úvalno 353, tel.: 554 648 200, fax: 554 648 205, Česká republika
Bankovní spojení: KB Krnov, č. ú. 19 - 0848810297 / 0100

info@denbraven.cz

IČO: 26872072, DIČ: CZ26872072

www.denbraven.cz



Technický list

STACHEMENT 2095

Superplastifikační přísada



Skladování

V uzavřených plastových obalech je skladovatelnost 1 rok. Skladovat v teplotním rozmezí +5 až + 30°C. Chránit před silným zahřáním a před mrazem. Skladování pod 0°C může způsobit snížení účinnosti přísady, zmrznutí způsobuje trvalé znehodnocení. Výrobek je nehořlavý. Při skladování dodržujte platné právní předpisy BOZP a ochrany ŽP. Výrobek je vhodné pravidelně homogenizovat.

Balení a dodávání

- volně ložený v cisterně
- v návratných a zálohovaných 1000 litrových kontejnerech
- v nevratných 200 litrových PE sudech
- v nevratných malých PE obalech po 20, 50 litrech

Bezpečnost práce a ochrana zdraví

(podrobněji viz Bezpečnostní list výrobku)

Výrobek patří mezi mírně nebezpečné látky pro zdraví. Přítomné složky přísady mají mírně dráždivý účinek na pokožku a sliznici. Nebezpečné je požití přísady. Při práci s přísadou je třeba používat osobní ochranné pracovní pomůcky zabráňující přímému styku pokožky a očí, zejména ochranné rukavice a obličejový štít nebo ochranné brýle. Při vzniku aerosolů nebo prachu používat respirátor. Při práci nejíst, nepít, nekouřit. Před každou přestávkou a po skončení práce je třeba ruce důkladně umýt vodou a mýdlem, ošetřit regeneračním krémem.

První pomoc

(podrobněji viz Bezpečnostní list výrobku)

- při inhalaci par nebo dýmu vzniklém při požáru vynést postiženého na čerstvý vzduch, zajistit dýchání a zajistit lékařské ošetření
- při vniknutí do očí tyto důkladně vymýt velkým množstvím tekoucí vody po dobu 10 min. a vyhledat lékaře
- potřísněnou pokožku umýt vodou a mýdlem a ošetřit regeneračním krémem, např. Indulonou, v případě přetrvávajícího podráždění vyhledat lékaře
- při požití vypláchnout ústa vodou, vypít 0,2 - 0,5 litru chladné vody a vyhledat lékaře. Zvracení nevyvolávat, při spontánním zvracení zajistit, aby nedošlo k zadušení zvratky.

Ve všech vážnějších případech léčbu postiženého konzultovat:

Klinika nemocí z povolání, Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2, tel. 224 91 92 93.

Upozornění

Technický list má pouze informativní charakter. Používání výrobku vyžaduje odzkoušení podle platných technických norem např. ČSN EN 206-1 apod.

Pro další dokumenty jako Certifikát, Prohlášení o vlastnostech/shodě, Bezpečnostní list, Podmínky pro skladování přísad apod. se obraťte na výrobce popř. dodavatele tohoto produktu.

Výrobce přísady je STACHEMA CZ s.r.o., Hasičská 1, 280 02, Kolín-Zibohlavý, IČ: 46353747.

STACHEMA CZ s.r.o. nepřebírá odpovědnost za případné škody způsobené neodborným používáním výrobku a neručí za kvalitu výrobku plněného do obalů odběratele.

Datum revize: 22. 1. 2013

CE ISO 9001

Stránka 2 z 2

dáváme betonu charakter

STACHEMA CZ s.r.o.
Divize Stavební chemie
Hasičská 1, Zibohlavý, 280 02 Kolín
tel.: +420 321 722 335
stachema@stachema.cz
www.stachema.cz



Microsilika Stachesil S [68]

Technický list

STACHESIL S

Prášková příměs do betonových směsí



Popis výrobku

STACHESIL S je prášková bezchloridová příměs do betonových směsí výrazně zlepšující vlastnosti čerstvých i zatvrdlých betonů.

Použití

STACHESIL S se používá jako příměs do betonových směsí se všemi druhy cementu, především při výrobě vysokopevnostních betonů. Má vliv na:

- zlepšení reologických vlastností čerstvé směsi;
- snížení množství záměsové vody - má zásadní vliv na zvýšení pevností a umožňuje snížit obsah cementu;
- zvýšení vodotěsnosti a trvanlivosti betonu;
- zvýšení odolnosti betonu vůči agresivnímu prostředí - síranové vody, ropné produkty, posypové soli atd.;
- potlačení alkalicko-křemičité reakce a jejích důsledků při vyšším obsahu alkálií v betonu
- zlepšení adheze pojiva a kameniva, starého a čerstvého betonu;
- zlepšení koheze čerstvé směsi - snížení segregace kameniva (důležité například při betonáži, kdy hrozí odplavování betonu vodou).

Používání přísady v kombinaci s jinými výrobky

STACHESIL S lze používat v kombinaci s ostatními výrobky společnosti STACHEMA CZ s.r.o. např. plastifikátory, superplastifikátory, provzdušňovacími přísadami, zpomalovacími přísadami, stabilizátory betonových směsí, urychlovači tvrdnutí, odbedňovacími prostředky, ochranným nátěrem na beton apod. Pro konkrétní aplikaci se prosím obraťte na naše odborníky.

Vlastnosti výrobku

druh výrobku	Prášková příměs do betonových směsí
č. certifikátu	060-030747 TZÚS
řízení výroby	Dle ČSN ISO 9001
vzhled	Šedý prášek
sušina	98 ± 2 hm. %
Objemová sypná hmotnost:	200 - 250 kg.m ⁻³

Dávkování

Doporučená dávka je od 5 – 10 % z hmotnosti cementu. STACHESIL S se dávkuje s cementem. Optimální dávkování konzultujte s našimi odborníky.

Skladování

Skladovat v uzavřených originálních obalech 6 měsíců od data výroby. Skladovat na suchém a větraném místě. Materiál není hořlavý. Při skladování dodržujte platné právní předpisy BOZP a ochrany ŽP. Výrobek je vhodně pravidelně homogenizovat.

Balení a dodávání

velké vaky (big-bag) po 250 kg
PE pytle dle přání zákazníka v množství jednoho pytle max. 10 kg

Stránka 1 z 2

dáváme betonu charakter

STACHEMA CZ s.r.o.
Divize Stavební chemie
Hasičská 1, Zbohlavý, 280 02 Kolín
tel.: +420 321 722 335
stachema@stachema.cz
www.stachema.cz



Technický list

STACHESIL S

Prášková příměs do betonových směsí



Bezpečnost práce a ochrana zdraví

(podrobněji viz *Bezpečnostní list výrobku*)

Výrobek patří mírně nebezpečné látce pro zdraví. Přítomné složky přísady mají mírně dráždivý účinek na pokožku a sliznici. Nebezpečné je požití přísady. Při práci s přísadou je třeba používat osobní ochranné pracovní pomůcky zabraňující přímému styku pokožky a očí, zejména ochranné pracovní rukavice a obličejový štít nebo ochranné brýle. Při práci je třeba použít protiprachový respirátor. Při práci nejíst, nepít, nekouřit. Před každou přestávkou a po skončení práce je třeba ruce důkladně umýt vodou a mýdlem, ošetřit regeneračním krémem.

První pomoc

(podrobněji viz *Bezpečnostní list výrobku*)

- při inhalaci prachu nebo dýmu vzniklém při požáru vynést postiženého na čerstvý vzduch, zajistit dýchání a zajistit lékařské ošetření
- při vniknutí do očí tyto důkladně vymýt velkým množstvím tekoucí vody po dobu 10 min. a vyhledat lékaře
- potřísněnou pokožku umýt vodou a mýdlem a ošetřit regeneračním krémem, např. Indulonou, v případě přetrvávajícího podráždění vyhledat lékaře
- při požití vypláchnout ústa vodou, vypít 0,5 litru chladné vody a vyhledat lékaře. Zvracení nevyvolávat, při spontánním zvracení zajistit, aby nedošlo k zadušení zvratky.

Ve všech vážnějších případech léčbu postiženého konzultovat:

Klinika nemocí z povolání, Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2, tel. 224 91 92 93.

Upozornění

Technický list má pouze informativní charakter. Používání výrobku vyžaduje odzkoušení podle platných technických norem např. ČSN EN 206-1 apod.

Pro další dokumenty jako Certifikát, Prohlášení o vlastnostech/shodě, Bezpečnostní list, Podmínky pro skladování přísad apod. se obraťte na výrobce popř. dodavatele tohoto produktu.

Výrobce přísady je STACHEMA CZ s.r.o., Hasičská 1, 280 02, Kolín-Zibohlavý, IČ: 46353747.

STACHEMA CZ s.r.o. nepřebírá odpovědnost za případné škody způsobené neodborným používáním výrobku a neručí za kvalitu výrobku plněného do obalů odběratele.

Datum revize: 22.1.2013

ISO 9001

Stránka 2 z 2

dáváme betonu charakter

STACHEMA CZ s.r.o.
Divize Stavební chemie
Hasičská 1, Zibohlavý, 280 02 Kolín
tel: +420 321 722 335
stachema@stachema.cz
www.stachema.cz