

Cvičení č. 1 – Příměsí II druhu v cementových kompozitech

a) Cíl zkoušky

Záměrem prováděných experimentů je příprava cementových kompozitů, v jejichž matici je provedena částečná náhrada pojivové složky s předpokládanou pucolánovou či latentně hydraulickou příměsí, sledování chování směsi při výrobě zkušebních těles a následné stanovení základních charakteristik v normovém stáří. Primární pozornost je zaměřena na popílky (z klasického i fluidního způsobu spalování), elektrárenskou i vysokopecní strusku.

b) Princip experimentů

Stanovení a posouzení parametrů je definováno v příslušných normativních dokumentech. Výsledkem je pak stanovení indexu účinnosti, což je poměr (v procentech) pevnosti v tlaku normalizovaných trámečků z malty připravené se 75 % hmotnostními srovnávacího cementu a 25 % hmotnostními příměsí, k pevnosti v tlaku normalizovaných trámečků z malty připravené pouze se samotným srovnávacím cementem, zkoušených ve stejném stáří (28 a 90 dní).

c) Postup zkoušky

- V závislosti na granulometrii příměsí je třeba provést úpravu mletím (bude sděleno vyučujícím ve cvičení).
- Každá pracovní skupina si odebere vzorek příměsí pro stanovení velikosti částic (postačí cca 10 g), což bude součástí náplně následujícího cvičení.
- Pro každou pracovní skupinu budou připraveny 4 ks ocelových trojforem pro výrobu normalizovaných trámečků o rozměrech 40×40×160 mm, ty je třeba před plněním maltové směsi natřít separačním přípravkem.
- Připraví se pojivová složka, tj. cement s popílkem, je třeba provést homogenizaci (pro účely cvičení postačí ruční).
- Naváže se ostatní složky zkušebních malt.
- Míchání surovin bude provedeno v míchačce s možností provedení míchacích cyklů pro přípravu normových malt.
- Po dobu přípravy a plnění do forem je třeba sledovat zpracovatelnost směsi.
- Plnění do forem je třeba provést dle ČSN EN 196-1, tedy ve dvou vrstvách a každou zhutnit 60 rázy.
- Následujících 24 hodin, před vyjmutím trámečků z forem je třeba tyto zakrýt fólií.
- Po vyjmutí těles z forem budou zkušební tělesa umístěna do vodního uložení po dobu 28, resp. 90 dní (s ohledem na časový harmonogram výuky bude 90 denní uložení zkráceno na cca 70 dní).
- Zkušební tělesa budou vyjmuta z vodního uložení cca 15 minut před zkoušením.

d) Stanovení parametrů

Výstupem provedených zkoušek bude stanovení pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu a objemové hmotnosti.

Objemová hmotnost, ρ kg.m⁻³ se vypočte ze vztahu:

$$\rho = \frac{m}{b \times h \times l}$$

kde ρ je objemová hmotnost v kg.m⁻³;
 b strana čtvercového průřezu (šířka) trámečku v mm;
 h strana čtvercového průřezu (výška) trámečku v mm;
 l délka trámečku v mm.

Pevnost v tahu za ohybu, R_f v MPa se vypočte ze vztahu:

$$R_f = \frac{1,5 \times F_f \times l}{b^3}$$

kde R_f je pevnost v tahu za ohybu v MPa;
 b strana čtvercového průřezu trámečku v mm;
 F_f zatížení vynaložené na střed trámečku při zlomení v N;
 l vzdálenost mezi podporami v mm.

Pevnost v tlaku, R_c v MPa se vypočte ze vztahu:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

kde R_c je pevnost v tlaku v MPa;
 F_c zatížení vynaložené při porušení v N;
1600 plocha destiček nebo pomocných destiček (40 mm×40 mm) v mm².

Index účinnosti, I_a v % se vypočte ze vztahu:

$$I_{a,28} = \frac{R_{c,28,p}}{R_{c,28,r}} \quad I_{a,90} = \frac{R_{c,90,p}}{R_{c,90,r}}$$

kde $I_{a,28}; I_{a,90}$ je index účinnosti po 28 resp. 90 dnech v %;

$R_{c,28,p}; R_{c,90,p}$ pevnost v tlaku zjištěná na zkušebních tělesech vyrobených s přídavkem příměsí po 28 resp. 90 dnech v MPa;

$R_{c,28,r}; R_{c,90,r}$ pevnost v tlaku zjištěná na zkušebních tělesech vyrobených bez přídavku příměsí po 28 resp. 90 dnech v MPa.

e) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (pevnosti zaokrouhlené na 0,1 MPa, objemová hmotnost na 10 kg.m^{-3} a indexy účinnosti na 0,1 %) a provedena jejich komparace s ohledem na danou příměs a časové hledisko včetně poznatků při přípravě malt.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 2 – Zrnité materiály pro výrobu stavebních hmot

a) Cíl zkoušek

Záměrem prováděných experimentů je stanovení a posouzení základních parametrů zrnitých materiálů běžné využívaných pro výrobu stavebních hmot a dílců. Pozornost je soustředěna jak na primární, tak druhotné suroviny resp. vedlejší energetické produkty, tj. popílky (z klasického i fluidního způsobu spalování), elektrárenskou i vysokopeční strusku, kamenivo, recyklované střeby atd.

b) Princip experimentů

Stanovení a posouzení parametrů je definováno v příslušných normativních dokumentech. Principiálně se jedná o mechanické třídění a vážení s následným zjištěním distribuce jednotlivých frakcí, dále sypné, objemové a měrné hmotnosti. Velikost částic menších než 2 mm bude stanovena v přístroji na principu laserové difrakce.

c) Postup zkoušky – síťový rozbor

- Vzorek připravený vyučujícím bude prosíván na sadě sít s čtvercovými průřezy ok o velikostech: 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm.
- Pro prosévání bude využito automatizovaného střásacího stolku – pro účely cvičení a s ohledem na navážku postačí doba prosévání cca 5 minut.
- Po té bude stanovena hmotnost zbytku na každém sítu.
- Frakce 0 až 1 mm bude dále podrobena stanovení velikosti částic v přístroji pracujícím na principu laserové difrakce. Tomuto stanovení budou podrobeny také příměsi z minulého cvičení.

d) Postup zkoušky – stanovení měrné hmotnosti (příměsi)

- Ke zkoušce je třeba vzorek pravený mletím (na velikost maximálního zrna 63 μm), množství cca 1/3 objemu pyknometru.
- Zváží se prázdný pyknometr – zaznamená se hmotnost m_0 .
- Dále se vsype vzorek do pyknometru – zaznamená se hmotnost m_1 .
- Následně se doplní pyknometr obsahující vzorek kapalinou (v našem případě vodou) – zaznamená se hmotnost m_2 .
- Je třeba zaznamenat objem pyknometru V .
- Je třeba znát hustotu kapaliny při teplotě 25 °C – $\rho_l = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (pro účely cvičení postačující).
- Budou provedena tři stanovení.

e) Postup zkoušky – stanovení objemové hmotnosti (kamenivo a recykláty)

- Ve cvičení bude provedena zkouška pro zrna kameniva od 4 mm do 31,5 mm.

- Nejprve se zaznamená hmotnost vysušeného vzorku – M_4 (ve cvičení bude stanovena hmotnost kameniva o přirozené vlhkosti).
- Následně bude vzorek umístěn do pyknometru (cca 1/3 objemu pyknometru), jehož zbývající objem bude vyplněn vodou (pyknometr je třeba povrchově vysušit) a zaznamená se hmotnost – M_2 .
- Po vyjmutí vzorku z pyknometru a vyčištění pyknometru se pyknometr naplní pouze vodou a zaznamená se hmotnost – M_3 .
- Budou provedena tři stanovení.

f) Postup zkoušky – stanovení sypané hmotnosti a mezerovitosti

- Zváží se prázdná nádoba a zaznamená se hmotnost – m_1 .
- Následuje stanovení hmotnosti nádoby naplněné vzorkem – m_2 .
- Dále je nutné stanovit objem nádoby V .
- Budou provedena tři stanovení.

g) Postup zkoušky – stanovení vlhkosti

- Nejprve bude stanovena hmotnost daného vzorku – M_1 .
- Dále bude vzorek umístěn do sušárny o teplotě $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ a v následujícím cvičení bude zaznamenána hmotnost vysušeného vzorku – M_3 .

h) Stanovení parametrů

Analýza distribuce velikosti částic – síťový rozbor:

Budou stanoveny souhrnné propady v % o tomto pořadí (pro danou velikost síta) – 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm a 1 mm, ze kterých bude sestavena křivka zrnitosti (propad v % na ose y, velikost síta v mm na ose x, osa x bude zobrazena v logaritmickém měřítku).

Jako výstup analyzování velikosti částic menších než 1 mm bude využit graf distribuce velikosti částic přímo ze softwaru přístroje MALVERN MASTERSIZER.

Měrná hmotnost příměsí, ρ_f v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ se vypočte ze vztahu:

$$\rho_f = \frac{m_1 - m_0}{V - \frac{m_2 - m_1}{\rho_l}}$$

kde ρ_f je měrná hmotnost v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
ostatní veličiny – viz. bod d).

Objemová hmotnost (kamenivo, recykláty atd.), ρ_a v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ se vypočte ze vztahu:

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$$

kde ρ_a je objemová hmotnost kameniva v kg.m^{-3} ;
 ρ_w je objemová hmotnost vody při příslušné teplotě v kg.m^{-3} ;
ostatní veličiny – viz. bod e).

Sypná hmotnost, ρ_b v kg.m^{-3} se vypočte ze vztahu:

$$\rho_b = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

kde ρ_b je sypná hmotnost volně sypaného kameniva v kg.m^{-3} ;
ostatní veličiny – viz. bod f).

Mezerovitost, v v % se vypočte ze vztahu:

$$v = \frac{\rho_a - \rho_b}{\rho_a} \times 100$$

kde v je mezerovitost v %;
 ρ_b sypná hmotnost volně sypaného kameniva v kg.m^{-3} ;
 ρ_a objemová hmotnost kameniva o přirozené vlhkosti v kg.m^{-3} .

Vlhkost, w v % se vypočte ze vztahu:

$$w = \frac{M_1 - M_3}{M_3} \times 100$$

kde w je vlhkost v %;
ostatní veličiny – viz. bod g).

e) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (objemová hmotnost, měrná a sypná hmotnost zaokrouhlené na 10 kg.m^{-3} , vlhkost na 0,1 % a mezerovitost na 1 %), křivka zrnitosti vč. dílčího protokolu měření velikosti částic vzorku do velikosti zrna 1 mm a provedena jejich komparace a zhodnocení s ohledem na použití v konkrétním stavebním materiálu.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 3 – Cementové kompozity s obsahem vláken

a) Cíl zkoušky

Záměrem prováděných experimentů je příprava cementových kompozitů s obsahem různých typů rozptýlené výztuže, které budou následně podrobeny teplotnímu namáhání v oblasti vyšších teplot. Pozornost bude soustředěna na vizuální posouzení zkušebních těles po provedení zatížení vyššími teplotami jednotlivých typů receptur, dále pak stanovení základních charakteristik v normovém stáří.

b) Princip experimentů

Stanovení a posouzení parametrů je definováno v příslušných normativních dokumentech. Výsledkem je pak stanovení pevnostních charakteristik a objemové hmotnosti pro jednotlivé receptury a jejich chování za zvýšených teplot. Principiálně se jedná o stanovení fyzikálně mechanických charakteristik (v případě pevností destruktivním způsobem).

c) Postup zkoušek

- Nejprve budou studentům ve cvičení sdělena složení receptur a teplotní podmínky, kterými budou následně zkušební tělesa podrobena.
- Pro teplotní namáhání budou vyrobeny krychle o hraně 100 mm. Trámce o rozměrech 100×100×400 mm budou vyrobeny pouze z důvodu porovnání vlivu příslušného typu rozptýlené výztuže.
- Připraví (naváže) se jednotlivé složky, tj. cement, kamenivo, vlákna, voda a případně přísady.
- Míchání surovin bude provedeno v automatické míchačce. Suroviny je třeba dávkovat v pořadí – kamenivo, cement (příp. příměsi), voda (příp. přísady) a nakonec vlákna po částečném promíchání směsi.
- Po dobu přípravy a plnění do forem je třeba sledovat zpracovatelnost směsi. Hutnění bude provedeno na vibračním stole.
- Po teplotním namáhání a normové době zrání těles, budou tato podrobena stanovení objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku (na krychlích a zlomcích trámců) a v tahu za ohybu (na trácích).

d) Stanovení parametrů

Výstupem provedených zkoušek bude stanovení pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu a objemové hmotnosti.

Objemová hmotnost, D kg.m⁻³ se vypočte ze vztahu:

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

kde D je objemová hmotnost v kg.m⁻³;

V objem zkušební tělesa zjištěný ze stanovených rozměrů v mm.

Pevnost v tahu ohybem, f_{cf} v MPa se vypočte ze vztahu:

$$f_{cf} = \frac{3 \times F \times l}{2 \times d_1 \times d_2^2}$$

kde f_{cf} je pevnost v tahu ohybem v MPa ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$);

d_1 a d_2 rozměry příčného řezu trámce v mm;

F maximální zatížení vyvozené na střed trámce při zlomení v N;

l vzdálenost mezi podpěrnými válečky v mm.

Pevnost v tlaku, f_c v MPa se vypočte ze vztahu:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

kde f_c je pevnost v tlaku v MPa ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$);

F maximální zatížení při porušení v N;

A_c tlačná plocha (krychle – rozměry průřezu, trámce – přítlačné ocelové destičky o rozměru 100×100 mm.

e) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (pevnosti zaokrouhlené na 0,1 MPa, objemová hmotnost na $10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) a provedena jejich komparace s ohledem na daný typ vláken a teplotu, které byla tělesa vystavena včetně poznatků při přípravě směsí (zpracovatelnost atd.).

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 4 – Silikátové pálené výrobky

a) Cíl zkoušek

Záměrem prováděných experimentů je stanovení a posouzení základních parametrů silikátových pálených výrobků s obsahem lehčiva. Konkrétně se jedná o cihlářský stěp s přídatkem lehčiva z alternativních surovinových zdrojů – cenosfér. Zkouškami základních parametrů (pevnost v ohybu, objemová hmotnost atd.) je pak posuzována vhodnost tohoto typu lehčiva.

b) Princip experimentů

Režimová teplotní křivka i složení receptur včetně přípravy směsí a výroby vzorků bude upřesněno každé skupině vyučujícím ve cvičení. Na vyrobených vzorcích budou provedena stanovení a posouzení parametrů, jež jsou definovány v příslušných normativních dokumentech, případně odvozeny pomocí základních fyzikálních pravidel. Konkrétně se jedná o stanovení pevnosti v ohybu (destruktivním způsobem), dále objemovou hmotnost, zdánlivou, uzavřenou a skutečnou pórovitost, nasákavost (vakuovou zkouškou), délkové změny (sušením, pálením a celková), ztráta žíháním a vlhkost.

c) Postup zkoušky – délkové změny, objemová hmotnost, ztráta žíháním, vlhkost

- Pro stanovení délkové změny sušením bude nutné nejprve změřit délku po vyrobení zkušebních těles – l_z v mm.
- Dále bude stanovena délka po vysušení těles – l_s v mm.
- Z důvodu stanovení délkové změny po výpalu bude změřena délka – l_p v mm.
- Také bude třeba změřit ostatní rozměry, tj. šířka – b v mm, tloušťka – h v mm.
- Ze stanovených hmotností bude pak stanovena vlhkost w a ztráta žíháním $ZŽ$. Pro experimentální určení $ZŽ$ a w bude třeba určit hmotnost před vysušením – m_z , hmotnost po vysušení – m_s a hmotnost po výpalu – m_p vše v g.
- S využitím rozměrů bude možné vyčíslit objemovou hmotnost OH .

d) Postup zkoušky – pevnost v ohybu

- Pevnost v ohybu bude stanovena pomocí Michaelisově přístroji.
- Rozměry budou použity z předchozích stanovení.
- Dále bude třeba zaznamenat vzdálenost podpěrných břitů – L v mm.
- Zkušební tělesa budou podrobena zatěžování tříbodovým ohybem až do jejich porušení.
- Následně bude zaznamenána maximální síla, při níž došlo k porušení – F v N (síla bude spočtena dle hmotnosti závaží pomocí přepočtové konstanty uvedené na přístroji).

e) Postup zkoušky – stanovení objemové hmotnosti, nasákavosti, zdánlivé pórovitosti a zdánlivé hustoty

- Ve cvičení bude provedena vakuová metoda.

- Nejprve se zkušební vzorky vysuší a zaznamená hmotnost vysušeného vzorku – m_1 .
- Následně budou vzorky umístěny do vakuové komory, tak aby se navzájem nedotýkaly. Dosáhne se tlaku (10 ± 1) kPa a tyto podmínky se udržují 30 minut (ve cvičení bude provedena zkrácená metoda 80 kPa po dobu 5 minut). Dále se při udržování tohoto vakua napustí do vakuové komory voda tak, aby byly vzorky ponořeny alespoň 5 cm pod hladinou. Po té se vyrovná tlak a vzorky se ponechají 15 minut pod vodou (ve cvičení 10 minut), následně se vzorky povrchově vysuší utěrkou.
- Po vyjmutí vzorku z vody a povrchovém osušení se zaznamená hmotnost – m_{2v} (vodou nasycený vzorek vakuovým způsobem) a m_3 (vodou nasycený prvek vakuovým způsobem ponořený ve vodě – hydrostatické vážení).
- Z naměřených veličin budou stanoveny příslušné parametry.

f) Stanovení parametrů

Délková změna sušením, DS v % se vypočte ze vztahu:

$$DS = \frac{l_s - l_z}{l_z} \times 100$$

kde DS je délková změna sušením v %;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Délková změna pálením, DP v % se vypočte ze vztahu:

$$DP = \frac{l_p - l_s}{l_s} \times 100$$

kde DP je délková změna pálením v %;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Celková délková změna (tj. sušením a pálením), DC v % se vypočte ze vztahu:

$$DC = \frac{l_p - l_z}{l_z} \times 100 \quad DC = DP + DS$$

kde DC je délková změna celková, tj. sušením a pálením v %;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Objemová hmotnost před pálením, OH v g.cm^{-3} se vypočte ze vztahu:

$$OH = \frac{m_s}{l_s \times b_s \times h_s}$$

kde OH je objemová hmotnost před vypálením v $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Ztráta žiháním, $Z\check{Z}$ v % se vypočte ze vztahu:

$$Z\check{Z} = \frac{m_s - m_p}{m_p} \times 100$$

kde $Z\check{Z}$ je ztráta žiháním v %;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Vlhkost, w v % se vypočte ze vztahu:

$$w = \frac{m_z - m_s}{m_s} \times 100$$

kde w je ztráta žiháním v %;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Pevnost v ohybu, R v $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$ (MPa) se vypočte ze vztahu:

$$R = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times h^2}$$

kde R je pevnost v ohybu v $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$;
ostatní veličiny – viz. bod d).

Objemová hmotnost, B v $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ se vypočte ze vztahu:

$$B = \frac{m_1}{V}$$

kde V je vnější objem vč. pórů v cm^{-3} ;
ostatní veličiny – viz. bod e).

Nasákavost, E_v v % se vypočte ze vztahu:

$$E_v = \frac{m_{2,v} - m_1}{m_1} \times 100$$

kde E_v je nasákavost stanovená vakuovým způsobem v %;
ostatní veličiny – viz. bod e).

Zdánlivá pórovitost, P v % se vypočte ze vztahu:

$$P = \frac{m_{2,v} - m_1}{m_{2,v} - m_3} \times 100$$

kde P je zdánlivá pórovitost v %;
ostatní veličiny – viz. bod e).

g) Postup zkoušky – stanovení objemové hmotnosti, nasákavosti, zdánlivé pórovitosti a zdánlivé hustoty

Ve cvičení bude také provedeno zkoumání struktury pomocí mikroskopu.

h) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty a provedena jejich komparace a zhodnocení jednak s ohledem na dávku a použitý typ lehčiva a dále také teplotu v oblasti maximální izotermní výdrže. Vizuelní hodnocení snímků pořízených z mikroskopu.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 5 – Cementové kompozity s organickými výplněmi

a) Cíl zkoušky

Záměrem prováděných experimentů je příprava cementových kompozitů s obsahem organické výplně z alternativních surovinových zdrojů (technické konopí atd.). Sledován bude vliv této výplně na základní parametry výsledných kompozitů a dále i předúpravy organické výplně. Pozornost bude také soustředěna na škodlivost výluhů organických látek do cementové matrice.

b) Princip experimentů

Stanovení a posouzení parametrů je definováno v příslušných normativních dokumentech. Výsledkem je pak stanovení pevnostních charakteristik a objemové hmotnosti pro jednotlivé receptury. Principiálně se jedná o stanovení fyzikálně mechanických charakteristik (v případě pevností destruktivním způsobem).

c) Postup zkoušek

- Nejprve budou studentům ve cvičení sdělena složení receptur, případný způsob předúpravy organické výplně a výroba zkušebních těles.
- Pro zkoušky parametrů budou vyrobeny krychle o hraně 100 mm. Pro stanovení součinitele tepelné vodivosti pak desky o rozměrech 300×300×50 mm.
- Připraví (naváže) se jednotlivé složky, tj. cement, plnivo, voda a případně příměsi a přísady.
- Míchání surovin bude provedeno ručně.
- Po dobu přípravy a plnění do forem je třeba sledovat zpracovatelnost směsi. Hutnění bude provedeno na vibračním stole s použitím ocelového razníku (simulace vibrolisování).
- Po normové době zrání těles, budou tato podrobena stanovení objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku, v tahu za ohybu (na krychlích) a součinitele tepelné vodivosti (na deskách).
- Z krychlí budou rovněž odebrány vzorky matrice pro stanovení pH.

d) Stanovení parametrů

Výstupem provedených zkoušek bude stanovení pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu, objemové hmotnosti, součinitele tepelné vodivosti a pH.

Objemová hmotnost, ρ kg.m⁻³ se vypočte ze vztahu:

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

kde ρ je objemová hmotnost v kg.m⁻³;

m	hmotnost zkušební tělesa v g.
V	objem zkušební tělesa zjištěný ze stanovených rozměrů v mm.

Pevnost v tahu ohybem, f_{cf} v MPa se vypočte ze vztahu:

$$f_{cf} = \frac{3 \times F \times l}{2 \times d_1 \times d_2^2}$$

kde	f_{cf}	je	pevnost v tahu ohybem v MPa (N.mm ⁻²);
	d_1 a d_2		rozměry příčného řezu zkušební tělesa v mm;
	F		max. zatížení vyvozené na střed zkušební tělesa při zlomení v N;
	l		vzdálenost mezi podpěrnými válečky v mm.

Pevnost v tlaku, f_c v MPa se vypočte ze vztahu:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

kde	f_c	je	pevnost v tlaku v MPa (N.mm ⁻²);
	F		maximální zatížení při porušení v N;
	A_c		tlačná plocha (krychle – rozměry průřezu, trámce – přítlačné ocelové destičky o rozměru 100×100 mm.

Součinitel tepelné vodivosti λ bude odečten přímo z přístroje bez použití výpočtu.

Hodnota pH bude odečtena přímo z přístroje bez použití výpočtu.

e) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (pevnosti zaokrouhlené na 0,1 MPa, objemová hmotnost na 10 kg.m⁻³ atd.) a provedena jejich komparace s ohledem na běžně komerčně vyráběné cementotřískové desky a také dané složení receptur, včetně poznatků při přípravě směsi (zpracovatelnost atd.), dále pak vliv organické výplně a její případné mineralizace na výsledné hodnoty pH (výluh organických látek do cementové matrice) jakož i tepelnou vodivost vyrobených vzorků.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 6 – Sintrované sklo

a) Cíl zkoušek

Záměrem prováděných experimentů je stanovení a posouzení základních parametrů sintrovaného skla vyrobeného s využitím primárních i druhotných surovin. Je posuzována vhodnost recyklovaného skla z různých zdrojů (demontované obrazovky, zářivky, vytríděné obalové sklo a střepy pocházející z recyklace čelních lepených skel automobilů).

b) Princip experimentů

Režimová teplotní křivka i složení vsázky bude upřesněno každé skupině vyučujícím ve cvičení. Na vyrobených vzorcích budou provedena stanovení a posouzení parametrů, jež jsou definovány v příslušných normativních dokumentech. Konkrétně se jedná o stanovení pevnosti v ohybu (destruktivním způsobem), dále objemovou hmotnost, zdánlivou, uzavřenou a skutečnou pórovitost, nasákavost (vakuovou zkouškou).

c) Postup zkoušky – pevnost v ohybu

- Nejprve budou změřeny rozměry zkušebních těles – b šířka v mm, h nejmenší tloušťka podél lomové čáry v mm, a dále zaznamenána vzdálenost podpěrných břitů – L v mm.
- Zkušební tělesa budou podrobena zatěžování třibodovým ohybem až do jejich porušení.
- Následně bude zaznamenána maximální síla, při níž došlo k porušení – F v N.
- Z naměřených dat bude stanovena pevnost v ohybu.
- Celkem budou provedena tři stanovení.

d) Postup zkoušky – stanovení měrné hmotnosti

- Jako měrná hmotnost bude uvažována objemová hmotnost střepů, zjištěná ve 2. cvičení, neboť pro sklo lze v tomto případě zanedbat rozdíl mezi měrnou a objemovou hmotností. Bude třeba provést pouze převod jednotek z $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ na $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

e) Postup zkoušky – stanovení objemové hmotnosti, nasákavosti a zdánlivé pórovitosti

- Ve cvičení bude provedena vakuová metoda.
- Nejprve se zkušební vzorky vysuší a zaznamená hmotnost vysušeného vzorku – m_1 .
- Následně budou vzorky umístěny do vakuové komory, tak aby se navzájem nedotýkaly. Dosáhne se tlaku (10 ± 1) kPa a tyto podmínky se udržují 30 minut (ve cvičení bude provedena zkrácená metoda 80 kPa po dobu 5 minut). Dále se při udržování tohoto vakua napustí do vakuové komory voda tak, aby byly vzorky ponořeny alespoň 5 cm pod hladinou. Po té se vyrovná tlak a vzorky se ponechají 15 minut pod vodou, následně se vzorky povrchově vysuší utěrkou.
- Po vyjmutí vzorku z vody a povrchovém osušení se zaznamená hmotnost – m_{2v} (vodou nasycený vzorek vakuovým způsobem) a m_3 (vodou nasycený prvek vakuovým způsobem ponořený ve vodě – hydrostatické vážení).

- Z naměřených veličin budou stanoveny příslušné parametry.
- Budou testovány tři vzorky.

f) Postup zkoušky – stanovení skutečné a uzavřené pórovitosti

- Skutečná a uzavřená pórovitost bude stanovena s využitím předchozích parametrů pouze výpočtově.

g) Stanovení parametrů

Pevnost v ohybu, R v $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$ (MPa) se vypočte ze vztahu:

$$R = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times h^2}$$

kde R je pevnost v ohybu v $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Objemová hmotnost, B v $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ se vypočte ze vztahu:

$$B = \frac{m_1}{V}$$

kde V je vnější objem vč. pórů v cm^3 ;
ostatní veličiny – viz. bod e).

Nasákavost, E_v v % se vypočte ze vztahu:

$$E_v = \frac{m_{2,v} - m_1}{m_1} \times 100$$

kde E_v je nasákavost stanovená vakuovým způsobem v %;
ostatní veličiny – viz. bod e).

Zdánlivá pórovitost, P v % se vypočte ze vztahu:

$$P = \frac{m_{2,v} - m_1}{m_{2,v} - m_3} \times 100$$

kde P je zdánlivá pórovitost v %;
ostatní veličiny – viz. bod e).

Skutečná pórovitost, PS v % se vypočte ze vztahu:

$$PS = \left(1 - \frac{B}{C}\right) \cdot 100$$

kde PS je skutečná pórovitost v %;
 B objemová hmotnost v g.cm^{-3} ;
 C měrná hmotnost v g.cm^{-3} .

Uzavřená pórovitost, PU v % se vypočte ze vztahu:

$$PU = PS - P$$

kde PU je uzavřená pórovitost v %;
 PS skutečná pórovitost v %;
 P zdánlivá pórovitost v %.

h) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (pevnost zaokrouhlená na $0,1 \text{ N.mm}^{-2}$, objemová hmotnost a měrná hmotnost zaokrouhlené na $0,01 \text{ g.cm}^{-3}$, nasákavost a pórovitosti na $0,01 \%$) a provedena jejich komparace a zhodnocení s ohledem na běžně komerčně vyráběné sintrované obklady na bázi skla a rovněž i vybraných keramických obkladových prvků.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 7 – Pěnové sklo

a) Cíl zkoušek

Záměrem prováděných experimentů je stanovení a posouzení základních parametrů pěnového skla vyrobeného s využitím primárních i druhotných surovin. Je posuzována vhodnost recyklovaného skla z různých zdrojů (demontované obrazovky, zářivky, vytríděné obalové sklo a střepy pocházející z recyklace čelních lepených skel automobilů) pro tvorbu skleněného skeletu a dále různých druhů popílků jako expanzních přísad.

b) Princip experimentů

Režimová teplotní křivka i složení vsázky bude upřesněno každé skupině vyučujícím ve cvičení. Na vyrobených vzorcích budou provedena stanovení a posouzení parametrů, jež jsou definovány v příslušných normativních dokumentech. Konkrétně se jedná o stanovení pevnosti v ohybu a tlaku (destruktivním způsobem), dále objemovou hmotnost, krátkodobou nasákavost a součinitel tepelné vodivosti.

c) Postup zkoušky – pevnost v ohybu

- Nejprve budou změřeny rozměry zkušebních těles – b šířka v mm, d tloušťka v mm a dále zaznamenána vzdálenost břitů podpor – L v mm.
- Zkušební tělesa budou podrobena zatěžování třibodovým ohybem až do jejich porušení.
- Následně bude zaznamenána maximální síla, při níž došlo k porušení – F_m v N.
- Z naměřených dat bude stanovena pevnost v ohybu.
- Celkem budou provedena tři stanovení.

d) Postup zkoušky – pevnost v tlaku a objemové hmotnosti

- Nejprve budou změřeny půdorysné rozměry zkušebních těles – b šířka v mm, l délka v mm; a dále tloušťka d v mm.
- Vzorky se dále zváží a zaznamená hmotnost m v kg.
- Zkušební tělesa budou podrobena zatěžování axiálním tlakem až do jejich porušení nebo docílení poměrného stlačení 10 %.
- Následně bude zaznamenána maximální síla, při níž došlo k porušení – F_m v N, případně síla při 10% deformaci F_{10} v N.
- Z naměřených dat bude stanovena pevnost v tlaku.
- Celkem budou provedena tři stanovení.

e) Postup zkoušky – stanovení krátkodobé nasákavosti

- Tělesa musí být před zkouškou uložena nejméně po dobu 6 h při (23 ± 5) °C.
- Stanoví se půdorysné rozměry spodního povrchu vzorku v mm.
- Zaznamená se hmotnost těles – m_0 v kg.

- Zkušební tělesa se vloží do nádoby s vodou tak, aby jejich spodní část byla ponořena (10 ± 2) mm pod hladinou vody, je třeba zajistit, aby byla hladina po dobu zkoušky stálá.
- Zkušební tělesa se v nádobě ponechají po dobu 24 hod.
- Po 24 hodinách se vzorek vyjme z vody a nechá po dobu ($10 \pm 0,5$) min odkapat.
- Po té se stanoví hmotnost – m_{24} v kg.
- Budou provedena minimálně 3 stanovení.

f) Postup zkoušky – stanovení součinitele tepelné vodivosti

- Součinitel tepelné vodivosti bude stanoven přímo na přístroji bez výpočtu, ve cvičení bude demonstrována ukázka postupu měření kvalifikovaným pracovníkem a následně studenty proveden pouze odečet výsledných hodnot.

g) Stanovení parametrů

Pevnost v ohybu, σ_b v kPa se vypočte ze vztahu:

$$\sigma_b = 3 \times 10^3 \times \frac{F_m \times L}{2 \times b \times d^2}$$

kde σ_b je pevnost v ohybu v kPa;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Pevnost v tlaku, σ_m v kPa se vypočte ze vztahu:

$$\sigma_m = 3 \times 10^3 \times \frac{F_m}{A_0}$$

kde σ_m je pevnost v tlaku v kPa;
 A_0 počáteční průřez zkušební vzorku v mm^2 (zjištěný z počátečních rozměrů);
ostatní veličiny – viz. bod d).

Napětí při 10% deformaci, σ_{10} v kPa se vypočte ze vztahu:

$$\sigma_m = 3 \times 10^3 \times \frac{F_{10}}{A_0}$$

kde σ_{10} je napětí při 10% deformaci v kPa;
 A_0 počáteční průřez zkušební vzorku v mm^2 (zjištěný z počátečních rozměrů);
ostatní veličiny – viz. bod d).

Objemová hmotnost, ρ v g.cm^{-3} se vypočte ze vztahu:

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

kde ρ je objemová hmotnost v kg.m^{-3} ;
 V je objem m^{-3} (stanovený z rozměrů – b , d a l);
ostatní veličiny – viz. bod d).

Krátkodobá nasákavost, W_p v kg.m^{-2} se vypočte ze vztahu:

$$W_p = \frac{m_{24} - m_0}{A_p}$$

kde W_p je krátkodobá nasákavost v kg.m^{-2} ;
 A_p plocha spodního povrchu zkušební vzorku v m^2 (stanovená z půdorysných rozměrů);
ostatní veličiny – viz. bod e).

h) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (pevnost v tlaku resp. napětí při 10% deformaci, pevnost v ohybu a objemová hmotnost zaokrouhlené na tři platné číslice, krátkodobá nasákavost na $0,01 \text{ kg.m}^{-2}$, součinitel tepelné vodivosti na $0,01 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$) a provedena jejich komparace a zhodnocení s ohledem na běžně komerčně vyráběné pěnové sklo a rovněž i jiných typů izolačních materiálů používaných ve stavebnictví.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 8 – Lehké kamenivo vyráběné samovýpalem

a) Cíl zkoušek

Záměrem prováděných experimentů je stanovení a posouzení základních parametrů lehkého kameniva vyráběného samovýpalem s využitím zejména druhotných surovin, resp. vedlejších energetických produktů aktuálně se vyskytujících na území ČR a případně i jiných sousedících států. Předmětem zájmu jsou konkrétně popílký z různých zdrojů.

b) Princip experimentů

Režimová teplotní křivka i složení vsázky bude upřesněno každé skupině vyučujícím ve cvičení. Na vyrobených vzorcích budou provedena stanovení a posouzení parametrů, jež jsou definovány v příslušných normativních dokumentech. Konkrétně se jedná o stanovení pevnosti v tlaku (destruktivním způsobem), dále objemovou hmotnost, nasákavost, pórovitost, (vakuovou zkouškou).

Receptury a teplotní režimy pro výrobu zkušebních vzorků budou upřesněny v daném cvičení vyučujícím.

c) Postup zkoušky – pevnost v tlaku

- Pro zkoušku budou použita tělesa – trámečky o rozměrech 20×20×100 mm.
- Zkouška pevnosti v tlaku je prováděna pomocí přitlačných ocelových destiček o tlačné ploše $A=20\times 20$ mm.
- Zkušební tělesa budou podrobena zatěžování až do jejich porušení.
- Následně bude zaznamenána maximální síla, při níž došlo k porušení – F v N.
- Z naměřených dat bude stanovena pevnost v tlaku.
- Pevnost v tlaku bude stanovena na tělesech vysušených i nasycených vodou.
- Celkem bude provedeno šest stanovení.

d) Postup zkoušky – stanovení objemové hmotnosti, nasákavosti a zdánlivé pórovitosti

- Ve cvičení bude provedena vakuová metoda.
- Nejprve se zkušební vzorky vysuší a zaznamená hmotnost vysušeného vzorku – m_1 .
- Následně budou vzorky umístěny do vakuové komory, tak aby se navzájem nedotýkaly. Dosáhne se tlaku (10 ± 1) kPa a tyto podmínky se udržují 30 minut (ve cvičení bude provedena zkrácená metoda 80 kPa po dobu 5 minut). Dále se při udržování tohoto vakua napustí do vakuové komory voda tak, aby byly vzorky ponořeny alespoň 5 cm pod hladinou. Po té se vyrovná tlak a vzorky se ponechají 15 minut pod vodou, následně se vzorky povrchově vysuší utěrkou.
- Po vyjmutí vzorku z vody a povrchovém osušení se zaznamená hmotnost – m_{2v} (vodou nasycený vzorek vakuovým způsobem) a m_3 (vodou nasycený vzorek vakuovým způsobem ponořený ve vodě – hydrostatické vážení).
- Z naměřených veličin budou stanoveny příslušné parametry.

- Budou testovány tři vzorky.

e) Stanovení parametrů

Pevnost v tlaku, R_c v $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$ (MPa) se vypočte ze vztahu:

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

kde R_c je pevnost v tlaku v $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$;
ostatní veličiny – viz. bod c).

Objemová hmotnost, B v $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ se vypočte ze vztahu:

$$B = \frac{m_1}{V}$$

kde V je vnější objem vč. pórů v cm^{-3} ;
ostatní veličiny – viz. bod d).

Nasákavost, E_v v % se vypočte ze vztahu:

$$E_v = \frac{m_{2,v} - m_1}{m_1} \times 100$$

kde E_v je nasákavost stanovená vakuovým způsobem v %;
ostatní veličiny – viz. bod d).

Zdánlivá pórovitost, P v % se vypočte ze vztahu:

$$P = \frac{m_{2,v} - m_1}{m_{2,v} - m_3} \times 100$$

kde P je zdánlivá pórovitost v %;
ostatní veličiny – viz. bod d).

f) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (pevnost zaokrouhlená na $0,1 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$, objemová hmotnost a měrná hmotnost zaokrouhlené na $0,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, nasákavost a pórovitost na $0,1 \%$) a provedena jejich komparace a zhodnocení

s ohledem na běžně (samovýpalem) produkované pórovité kamenivo (tj. agloporit), tedy vliv vedlejších energetických produktů na základní parametry tohoto kameniva.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.

Cvičení č. 9 – Těžké a lehké kamenivo v cementových kompozitech

a) Cíl zkoušky

Záměrem prováděných experimentů je příprava cementových kompozitů, pro jejichž výrobu je použito těžké a lehké kamenivo, které je primárně využíváno k produkci cementových kompozitů se specifickými vlastnostmi (schopnost stínění různých druhů záření, tepelné izolace atd.). Je provedena částečná i plná náhrada plnivové složky, sledování chování směsi při výrobě zkušebních těles a následné stanovení základních charakteristik v normovém stáří. Primární pozornost je zaměřena na baryt a lehké kamenivo vyráběné samovypalem (z 8. cvičení).

b) Princip experimentů

Stanovení a posouzení parametrů je definováno v příslušných normativních dokumentech. Výsledkem je pak stanovení pevnostních parametrů destruktivním způsobem, objemové hmotnosti a pH cementové matrice ve výluhu zkoušených v normovém stáří. Receptury a způsob přípravy zkušebních těles budou studentům upřesněny vyučujícím ve cvičení.

c) Postup zkoušek

- Pro každou pracovní skupinu budou připraveny 4 ks ocelových trojforem pro výrobu normalizovaných trámečků o rozměrech 40×40×160 mm, ty je třeba před plněním maltové směsi natřít separačním přípravkem.
- Připraví se a naváží jednotlivé složky zkušebních malt. Míchání surovin bude provedeno v míchačce s možností provedení míchacích cyklů pro přípravu normových malt.
- Po dobu přípravy a plnění do forem je třeba sledovat zpracovatelnost směsi.
- Plnění do forem je třeba provést dle ČSN EN 196-1, tedy ve dvou vrstvách a každou zhutnit 60 rázy.
- Následujících 24 hodin, před vyjmutím trámečků z forem je třeba tyto zakrýt fólií.
- Po vyjmutí těles z forem budou zkušební tělesa umístěna do vodního uložení po dobu 28.
- Zkušební tělesa budou vyjmuta z vodního uložení cca 15 minut před zkoušením.
- Po provedení zkoušení pevnosti bude odebrán a zdrobněn vzorek matrice jednotlivých zkušebních těles pro posouzení pH ve vodném výluhu.

d) Stanovení parametrů

Výstupem provedených zkoušek bude stanovení pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu a objemové hmotnosti.

Objemová hmotnost, ρ kg.m⁻³ se vypočte ze vztahu:

$$\rho = \frac{m}{b \times h \times l}$$

kde ρ je objemová hmotnost v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
 b strana čtvercového průřezu (šířka) trámečku v mm;
 h strana čtvercového průřezu (výška) trámečku v mm;
 l délka trámečku v mm.

Pevnost v tahu za ohybu, R_f v MPa se vypočte ze vztahu:

$$R_f = \frac{1,5 \times F_f \times l}{b^3}$$

kde R_f je pevnost v tahu za ohybu v MPa;
 b strana čtvercového průřezu trámečku v mm;
 F_f zatížení vynaložené na střed trámečku při zlomení v N;
 l vzdálenost mezi podporami v mm.

Pevnost v tlaku, R_c v MPa se vypočte ze vztahu:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

kde R_c je pevnost v tlaku v MPa;
 F_c zatížení vynaložené při porušení v N;
1600 plocha destiček nebo pomocných destiček (40 mm×40 mm) v mm^2 .

Hodnota pH cementové matrice ve vodném výluhu bude stanovena na přístroji a ve cvičení budou odečteny pouze výsledné hodnoty z displeje tohoto přístroje.

e) Vyhodnocení výsledků

V závěru protokolu budou uvedeny všechny průměrné výsledné hodnoty (pevnosti zaokrouhlené na 0,1 MPa, objemová hmotnost na $10 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a hodnota pH na 0,01) a provedena jejich komparace s ohledem na použité plnivo (kamenivo) a navrženy možnosti užití vyrobených cementových kompozitů ve stavebnictví. Dále bude třeba posoudit hodnotu pH vzhledem k možnému vyztužení malt.

Inovace praktické části předmětu BJ56 byla realizována za finanční podpory Fondu rozvoje vysokých škol v rámci řešení projektu FRVŠ 2727/2011/F1/a „Inovace výuky studijního předmětu BJ56 – Vybrané statě z technologie stavebních hmot“, tematický okruh F1.