

# 5 ZKOUŠENÍ ZTVRDLÉHO BETONU A CIHLÁŘSKÝCH VÝROBKŮ

## BETON

**Beton** je materiál ze směsi cementu, hrubého a drobného kameniva a vody, s přísadami nebo příměsemi nebo bez nich, který získává své vlastnosti hydratací cementu. Beton je – jako jeden ze základních stavebních materiálů (mnoho pramenů uvádí, že se celosvětově jedná o nejpoužívanější materiál ve stavebnictví vůbec, některé prameny jej řadí na druhé místo za vodu) – pochopitelně nutné kontrolovat. Kvalitu betonu, přesněji řečeno skutečnost, zda jeho vlastnosti odpovídají deklarovaným hodnotám a požadavkům na něj kladeným, je možné kontrolovat ve stavu čerstvém nebo ve stavu ztvrdlém.

**Čerstvý beton** je beton, který je zcela zamíchán a je ještě v takovém stavu, který umožňuje jeho zhutnění zvoleným způsobem. **Ztvrdlý beton** je beton, který je v pevném stavu a má již určitou pevnost.

Vlastnosti ztvrdlého betonu lze zjednodušeně rozdělit do těchto skupin:

- mechanicko fyzikální (pevnostní, pružnostní),
- trvanlivostní,
- ostatní.

Beton se reálně zkouší z různých důvodů a v různých časech (různém stáří). U čerstvého betonu lze stanovit pomocí různých metod jeho konzistenci, a dále jeho objemovou hmotnost a obsah vzduchu (míru provzdušnění). U ztvrdlého betonu lze dle požadavků stanovit pevnost, modul pružnosti, odolnost betonu proti chemickému, biologickému či mechanickému působení apod.

Zkoušky lze rozdělit dle způsobu provádění na:

- destruktivní (přímé),
- nedestruktivní (nepřímé).

### 5.1 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI RŮZNÝCH DRUHŮ BETONU

Objemová hmotnost spolu s nasákavostí patří mezi základní fyzikální vlastnosti betonu. **Objemová hmotnost betonu** je definována jako poměr hmotnosti tělesa k jeho celkovému objemu, a to včetně pórů, mezer a dutin.

Podle objemové hmotnosti ve vysušeném stavu lze beton rozdělit na:

- **lehký beton** – jeho objemová hmotnost je větší než  $800 \text{ kg/m}^3$  a menší než  $2000 \text{ kg/m}^3$  (je vyráběn zcela nebo jen zčásti z pórovitého kameniva),
- **obyčejný beton** – jeho objemová hmotnost je větší než  $2000 \text{ kg/m}^3$ , ale nepřevyšuje hodnotu  $2600 \text{ kg/m}^3$ ,
- **těžký beton** – jeho objemová hmotnost je větší než  $2600 \text{ kg/m}^3$ .

#### 5.1.1 Podstata zkoušky

Norma ČSN EN 12390-7 rozlišuje tři stavy, při kterých může být stanovena objemová hmotnost betonu na zkušebním tělese:

- jak bylo dodáno (většinou se jedná o stav přirozeně vlhký, ale nemusí tomu tak být),
- nasyceném vodou,
- vysušeném v sušárně.

Norma ČSN EN 12390-7 současně rozlišuje tři metody stanovení objemu zkušebního tělesa:

- ponořením do vody (referenční metoda) – jedná se o hydrostatické vážení,
- výpočtem ze změřených skutečných rozměrů,
- při použití krychlí, výpočtem z kontrolovaných jmenovitých rozměrů.

### 5.1.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Váha s přesností alespoň 0,1 g.

### 5.1.3 Měření a stanovené veličiny

b, h, l šířka, výška a délka zkušebního tělesa v m s přesností na alespoň 0,1 mm.

m hmotnost tělesa s přirozenou vlhkostí v kg s přesností na alespoň 0,1 g.

V =  $b \times h \times l$ , objem zkoušeného tělesa v  $m^3$ .

### 5.1.4 Zkušební postup

Ve cvičení se objemová hmotnost betonu určí ve stavu vysušeném. Zkušebními tělesy jsou krychle, jejich objem bude určen výpočtem z kontrolovaných jmenovitých rozměrů (v tomto případě 100 mm). Platí tedy, že objem zkušebních krychlí je 1 litr.

Objemovou hmotnost  $D$  v  $kg/m^3$  vysušených vzorků betonu vypočtete ze vztahu:

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

### 5.1.5 Vyhodnocení

Výsledek objemové hmotnosti se zaokrouhlí na **3 platné číslice**. Beton poté lze na základě objemové hmotnosti rozřadit do skupin:

- lehký beton,
- obyčejný beton,
- těžký beton,
- materiál zkušebních těles, jejichž objemová hmotnost je nižší než  $800 kg/m^3$ , lze charakterizovat jako **pórobeton**.

## 5.2 STANOVENÍ NASÁKAVOSTI BETONU

### 5.2.1 Podstata zkoušky

Nasákavost je důležitá fyzikální vlastnost betonu, která úzce souvisí s trvanlivostními vlastnostmi, jako je např. mrazuvzdornost či odolnost proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek. Se stanovením nasákavosti betonu je v současné době drobný problém, neboť jediná norma, která stanovení této vlastnosti betonu řeší (tzn. ČSN 73 1316), je již řadu let zrušená.

Nasákavost betonu se stanoví jako procentuální podíl hmotnosti vody obsažené v nasyceném zkušebním tělese k hmotnosti téhož tělesa ve stavu vysušeném.

Nasákavost se zkouší na zkušebních vzorcích pravidelného tvaru nebo na úlomcích betonu nepravidelného tvaru. Stáří betonu v době zahájení zkoušky by mělo být nejméně 28 dní.

## 5.2.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Váha s přesností alespoň 0,1 g.
- Nádoba s vodou vhodných rozměrů.
- Sušárna s nucenou cirkulací vzduchu.

## 5.2.3 Měření a stanovené veličiny

$m_N$  hmotnost nasyceného zkušební tělesa v g s přesností na 0,1 g.

$m_S$  hmotnost vysušeného zkušební tělesa v g s přesností na 0,1 g.

$v$  nasákavost v %.

## 5.2.4 Zkušební postup

Zkušební tělesa se před zahájením zkoušky zváží (kontrolní hmotnost). Poté se uloží do nádoby tak, aby měla co nejmenší výšku. Do nádoby se naleje tolik vody, aby byla tělesa ponořena 30 mm. Poté se každou hodinu doleje tolik vody, aby po 6 hodinách byla vodní hladina asi 10 mm nad horní hranou zkušebních těles. Tento stav se udržuje po celou dobu zkoušky. Nasakování vodou se kontroluje vážením každých 24 hodin. Zkušební vzorky se před vážením opatrně otřou, aby jejich povrch nebyl mokrá, ale rovnoměrně vlhký. Nasakování je ukončeno, jestliže změna hmotnosti je od posledního vážení menší než předepsaná přesnost vážení. Tento údaj není v normě explicitně uveden – norma pouze uvádí, že hmotnost se stanovuje s přesností nejméně 0,25 % hmotnosti zkušební vzorku.

Většinou se uvádí, že ustálená hmotnost je ve chvíli, kdy se mezi dvěma měřeními nezmění o 0,2 % nebo 0,1 %.

Po skončení nasakování a určení hmotnosti ve stavu nasyceném ( $m_S$ ) se vzorky vysouší při teplotě  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , a to opět do ustálené hmotnosti – hmotnost ve stavu vysušeném ( $m_d$ ).

## 5.2.5 Vyhodnocení

Nasákavost betonu v % hmotnosti zkušebních těles se vypočítá ze vztahu:

$$v = \frac{m_N - m_S}{m_S} \cdot 100$$

Výsledky se vyjádří v procentech na nejbližší 0,1 %.

## 5.3 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Ze specifikace typového betonu vyplývá, že pokud je požadováno, provádějí se nejrůznější kontrolní zkoušky čerstvého i ztvrdlého betonu. Jediná vlastnost ztvrdlého betonu, která se **zkouší vždy**, je vlastnost betonu základní a současně nejdůležitější – **pevnost v tlaku**.

Pevnost v tlaku betonu lze zkoušet na:

- **krychlích** o hraně 150 mm – tzv. krychelná pevnost v tlaku  $f_{c,cube}$ ,
- **válcích** o průměru 150 mm a výšce 300 mm – tzv. válcová pevnost v tlaku  $f_{c,cyl}$ ,
- **hranolech** – tzv. hranolová pevnost v tlaku  $f_{c,prism}$ ,
- **válcových tělesech** z jádrových vývrtů,
- **zlomcích hranolů** po zkoušce pevnosti v tahu ohybem.

### 5.3.1 Podstata zkoušky

Zkušební tělesa jsou zatěžována až do porušení v lisu. Pevnost v tlaku se vypočte z maximálního zatížení při rozdrčení tělesa.

### 5.3.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Kalibrovaný zkušební lis.
- Posuvné měřítko.

### 5.3.3 Měřené a stanovené veličiny

F maximální zatížení při porušení v N.

A =  $a \times b$ , průřezová plocha zkušební tělesa vypočtená z rozměrů tělesa v mm<sup>2</sup>.

### 5.3.4 Zkušební postup

Zkouška bude provedena na krychli s jmenovitým rozměrem 150 mm. Krychle se osadí tak, aby směr zatěžování byl kolmý na směr ukládání betonu. Zatížení na zkušební těleso se vyvíjí plynule do porušení a zaznamená se maximální zatížení na zkušební těleso F.

Pevnost v tlaku  $f_c$  v N/mm<sup>2</sup> je dána následujícím vztahem:

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

### 5.3.5 Vyhodnocení

Výsledek zkoušky se zaokrouhlí na nejbližších **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

## 5.4 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TAHU OHYBEM

Pevnost v tahu ohybem je nejběžnější zkouškou tahových vlastností betonu. Zkouška probíhá dle normy ČSN EN 12390-5 na hranolech jmenovitých rozměrů 100x100x400 mm (rozměry tělesa ale mohou být i 150x150x600 nebo 150x150x700 mm). Zkouška může být koncipována jako ohyb tříbodový, ovšem referenční variantou je **ohyb čtyřbodový**.

### 5.4.1 Podstata zkoušky

Hranolová zkušební tělesa jsou vystavena ohybovému momentu od zatížení přenášeného prostřednictvím horních zatěžovacích válečků a spodních podpěrných válečků. Největší dosažené zatížení se zaznamená a vypočte se pevnost v tahu ohybem.

### 5.4.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Kalibrovaný zkušební lis.
- Přípravek se dvěma zatěžovacími válečky.
- Posuvné měřítko.

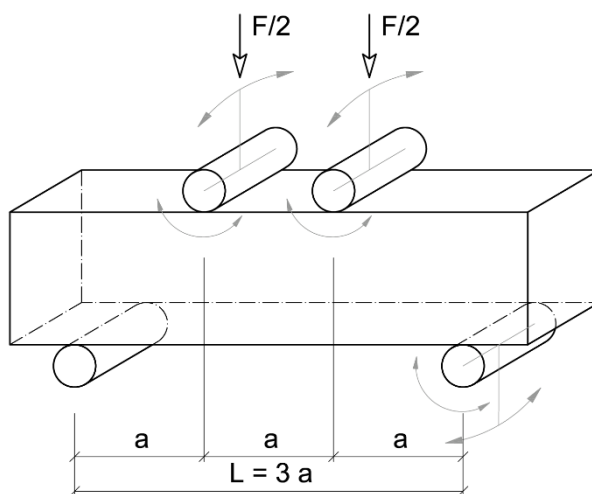
### 5.4.3 Měřené a stanovené veličiny

F maximální zatížení v N.

$l = 300$  vzdálenost mezi podpěrnými válečky v mm.  
 $b, h$  rozměry příčného řezu tělesa v mm (šířka, výška).

#### 5.4.4 Zkušební postup

Zkouška se provádí na hranolovém tělese, jehož příčné rozměry  $b$  a  $h$  se změří s přesností minimálně na 0,1 mm. Těleso se vloží centricky do lisu, směr zatěžování musí být kolmý k ploše uhlazené hladítkem (tzn. směr zatěžování je kolmý ke směru ukládání betonu). Horní zatěžovací válečky jsou kloubově připojeny k příčnému závěsu, který rozděljuje zatížení z lisu stejnoměrně mezi oba válečky. Všechny válečky musí být vyrobené z oceli s kruhovým průřezem o průměru 20 mm až 40 mm a musí být minimálně o 10 mm delší, než je šířka zkušebního tělesa. Tři z válečků (oba horní a jeden spodní) se musí volně otáčet kolem svých os a být výkyvné v rovině kolmé k podélné ose tělesa, viz Obr. 1. Zatížení se vyvíjí plynule, konstantní rychlostí  $(0,05 \pm 0,01)$  MPa/s až do porušení. Následně se zaznamená maximální zatížení na zkušební těleso  $F$ .



Obr. 1. Průběh stanovení pevnosti betonu v tahu ohybem dle ČSN EN 12390-5

Pevnost v tahu ohybem  $f_{cf}$  v  $N/mm^2$  je dána následujícím vztahem:

$$f_{cf} = \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}$$

#### 5.4.5 Vyhodnocení

Pevnost v tahu ohybem se zaokrouhlí na nejbližších **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

### KERAMIKA A CIHLÁŘSKÉ VÝROBKY

K tradičně nejstarším oborům lidské činnosti patří průmysl keramiky. Keramikou se v širším slova smyslu rozumí průmyslové zhotovování výrobků pálením keramických surovin, k nimž patří zejména hlíny, jíly, kaolíny, spraše, jílovité břidlice, lupky atd., tedy využívání anorganických nerudných surovin. Pro keramický průmysl je typické, že výrobky jsou tvarovány za studena a potom zpevňovány pálením, případně odléváním taveniny.

Keramika je soudržná polykrystalická látka, získaná převážně z přírodních anorganických nekovových surovin s určitým podílem skelné fáze, získaná zpracováním do tvaru a vypálením v žáru, při kterém dojde slinováním ke zpevnění a dosažení požadovaných fyzikálně mechanických vlastností.

Vzorky se zpravidla zkouší v příslušném definovaném stavu vlhkosti buď vysušené do ustálené hmotnosti, anebo ve stavu nasyceném vodou, eventuálně za přirozené vlhkosti 6 %.

## 5.5 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI CIHLÁŘSKÉHO VÝROBKU

Mezi prvky pro svislé konstrukce patří různé cihly a tvarovky pro zdění i pro keramickou prefabrikaci, konkrétně cihly plné, děrované, keramické dílce a speciální výrobky pro zdění.

### *Cihly plné*

Dnes se vyrábějí ve dvou formátech: velký (**290×140×65 mm**, průměrná hmotnost 4,2 až 5,0 kg) a malý (250×120×65 mm, průměrná hmotnost 3,1 až 3,7 kg).

Modifikací CP je cihla lícová plná nebo děrovaná vhodná pro neomítané zdivo, stejných rozměrů a podobných vlastností jako CP. Má jednu nebo dvě lícové strany upravované. Musí mít přesné rozměry, pěkný vzhled a stejnoměrné zbarvení, musí být mrazuvzdorné a musí vyhovovat zkoušce na civráry a na výkvěty.

### *Cihly děrované*

Děrované cihly se vyrábějí v různých druzích, které svými rozměry většinou odpovídají násobku normálního formátu cihel. Patří sem příčně děrované cihly, tvarovky a kvádry. Děrované cihly mají nízkou objemovou hmotnost výrobku v rozmezí od 900 do 1450 kg/m<sup>3</sup> a velmi dobré tepelně izolační vlastnosti, jsou tenkostěnné s velmi kvalitním střepem, mrazuvzdorné i nemrazuvzdorné. Jsou určeny jak pro obvodové, tak i pro vnitřní nosné i výplňové zdivo. Lze z nich vytvářet jednovrstvé, dvouvrstvé i vícevrstvé zdivo. U vnějšího zdiva se obvykle povrchově upravují omítkou nebo obkladem.

### 5.5.1 Podstata zkoušky

Objemová hmotnost zdícího prvku (výrobku) je hmotnost jednotkového objemu vzorku **včetně pórů a dutin** v něm obsažených. Hmotnost vzorku se určuje v suchém stavu. Jde o zásadní veličinu, z hlediska plánování využití výrobků v konstrukci (zatížení konstrukce, statické výpočty), a stejně tak z hlediska zatížení vozidel a zvedací techniky při přepravě a skladování výrobků.

### 5.5.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Váhy potřebné váživosti s přesností 0,1 g.
- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí (105 ± 5) °C.
- Posuvné měřítko.

### 5.5.3 Měřené a stanovené veličiny

m	hmotnost výrobku ve stavu vysušeném v kg.
$l_u, b_u, h_u$	průměrné rozměry výrobku v m.
V	= $l_u \times b_u \times h_u$ , průměrný objem výrobku v m <sup>3</sup> .
$\rho_v$	objemová hmotnost výrobku v kg/m <sup>3</sup> .

### 5.5.4 Zkušební postup

U vzorků pravidelného geometrického tvaru je možno objem vypočítat z průměrných hodnot vnějších rozměrů určených ze sady 10 kusů vzorků.

Vzorek se vysuší při teplotě 105 °C do ustálení hmotnosti. Vysušený vzorek se poté zváží a z naměřených rozměrů se vypočte průměrný objem  $V$  v  $m^3$ .

Objemová hmotnost výrobku  $\rho_v$  v  $kg/m^3$  se vypočítá ze vzorce:

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

### 5.5.5 Vyhodnocení

Objemová hmotnost výrobku se zaokrouhlí na **3 platné číslice**. Zjištěné hodnoty objemové hmotnosti cihlářských výrobků porovnejte s deklarovanými hodnotami, které uvádí výrobce. Pokud tyto hodnoty nejsou k dispozici, použijte hodnoty z Tab. 1.

Tab. 1: Deklarované objemové hmotnosti použitých vzorků.

$\rho_v$ deklarovaná [ $kg/m^3$ ]	Cihla plná	Dělivka	Příčkovka	Cihla příčně děrovaná
	1600	1500	900	1200

## 5.6 STANOVENÍ NASÁKAVOSTI KERAMIKY

Nasákavost udává množství vody pohlcené vzorkem za stanovených podmínek v % hmotnosti vysušeného vzorku (poměr hmotnosti vody a hmotnosti vysušeného vzorku v %). Pro jednotlivé keramické výrobky v závislosti na jejich použití jsou předepsané rozptyly hodnot nasákavosti.

### 5.6.1 Podstata zkoušky

Pro stanovení nasákavosti vzorku je třeba stanovit hmotnost téhož vzorku ve stavu nasyceném a ve stavu vysušeném. Nasycení vzorku může probíhat různými způsoby dle různých norem. Sušení vzorku se provádí v sušičce při předepsané teplotě do ustálení hmotnosti.

### 5.6.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí 105–110 °C.
- Váhy potřebné váživosti s přesností minimálně 0,1 g.
- Převařená pitná voda o teplotě  $20 \pm 2$  °C.
- Nádoba na vodu potřebné velikosti.
- Nasákavá tkanina.

### 5.6.3 Měření a stanovené veličiny

$m_s$  je hmotnost vysušeného vzorku v g.

$m_n$  je hmotnost vodou nasyceného vzorku v g.

$W_s$  nasákavost zkušebního vzorku v %.

### 5.6.4 Zkušební postup

Nasákavost se v praxi zjišťuje na celých vzorcích (výrobcích) vysušených při  $105 \pm 5$  °C; ve cvičení bude nasákavost zjištěna pouze na 1 vzorku keramiky (v podobě nepravidelného cihelného střepu). Vzorky vysušené do ustálení hmotnosti se zváží, poté ponoří do vody, voda se uvede do varu a ten

se udržuje po dobu 4 hodin. Potom se vzorky z vody vyjmou, otřou a zvaží. Vypočte se přírůstek hmotnosti vzorku nasyceného vodou k hmotnosti vysušeného vzorku.

Nasákavost vzorku  $W_s$  v % se vypočítá podle vzorce:

$$W_s = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100$$

### 5.6.5 Vyhodnocení

Vypočtená hodnota nasákavosti se zaokrouhluje na **0,1 %**.

## 5.7 STANOVENÍ PEVNOSTI V TAHU ZA OHYBU

### 5.7.1 Podstata zkoušky

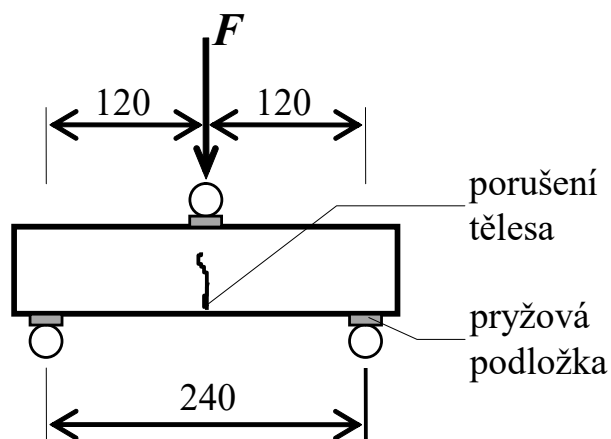
Cílem zkoušky je zjistit tahové napětí vyvolané ohybovým momentem při porušení vzorku. Cihly se zatěžují jedním břemenem v polovině rozpětí, tedy tzv. **tříbodovým ohybem**.

### 5.7.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Pomůcky pro úpravu zkušebního vzorku.
- Hydraulický lis potřebného rozsahu se zatěžovacím přípravkem.
- Pryžové podložky.
- Posuvné měřítko.

### 5.7.3 Měřené a stanovené veličiny

- $F$  síla potřebná k porušení vzorku v N.  
 $l$  = 240 mm; osová vzdálenost podpěr.  
 $b_u$  šířka vzorku v mm.  
 $h_u$  výška vzorku v místě zlomu v mm.  
 $\sigma_{po}$  pevnost v tahu za ohybu v N/mm<sup>2</sup>.



### 5.7.4 Zkušební postup

Jestliže se zjišťuje na vzorku cihly pevnost v tahu za ohybu a má se určit i pevnost v tlaku, může se pro obě zkoušky použít týž vzorek v případě, že předešlou zkouškou vznikla pravidelná a přibližně kolmá lomová

Obr. 2: Zkouška pevnosti v tahu za ohybu cihel o rozměrech 290×140×65 mm.

plocha a obě části vzorku nejsou jinak poškozené. Před každou zkouškou se změří potřebné rozměry s přesností  $\pm 1$  mm. Dále je nutno upravit tlačené plochy vzorků, které musí být rovinné a vzájemně rovnoběžné. Provede se to obroušením na brusce, anebo vytvořením tenké, maximálně 10 mm silné vyrovnávací vrstvy z cementové malty. U vzorků podrobených ohybovým zkouškám se obdobně vyrovnají jen stykové plochy s měřicím přípravkem vytvořením pásků 15 až 25 mm širokých a 10 mm silných. Zkušební vzorek se umístí upravenými stykovými plochami na dvě výkyvné válečkové podpěry. Jejich délka je nejméně rovna šířce vzorku a jejich průměr je 10 mm. Zatížení se přenáší na horní stykovou plochu vzorku uprostřed rozpětí tlačným válečkem. K dokonalému přilehnutí podpěr i tlačného válečku se vkládá mezi vzorek a podpěry 5 mm tlustá pryžová podložka (Obr. 2). Takto opatřený vzorek se poté zatěžuje plynule až do jeho zlomení. Zaznamená se dosažené maximální

zatížení  $F$  v N, v místě lomu se změří šířka  $b_u$  a výška  $h_u$  v mm s přesností  $\pm 1$  mm. Pevnost v tahu za ohybu  $\sigma_{po}$  v  $\text{N/mm}^2$  se vypočte podle vzorce:

$$\sigma_{po} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{F \cdot l}{4}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}$$

### 5.7.5 Vyhodnocení

Vypočtená hodnota pevnosti v tahu za ohybu se zaokrouhluje na **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

## 5.8 STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU

### 5.8.1 Podstata zkoušky

Zkouší se buď celý výrobek, anebo 2 zlomky po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Zkoušené vzorky cihel připravené podle potřeby se uloží dostředně na tlačnou desku zkušebního lisu. Rovnoměrně rozdělené zatížení, které působí na celou plochu vzorku, se zvyšuje plynule až do jeho porušení.

### 5.8.2 Přístroje a zařízení

- Posuvné měřítko.
- Hydraulický lis potřebného rozsahu.

### 5.8.3 Měřené a stanovené veličiny

$F$  nejvyšší zatížení při porušení celého vzorku v N.

$F_1, F_2$  nejvyšší zatížení při porušení každého ze zlomků v N.

$l_u$  délka původního vzorku v mm.

$b_u$  šířka původního vzorku v mm.

$A = b_u \times l_u$ , tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů původního vzorku v  $\text{mm}^2$ .

### 5.8.4 Zkušební postup

Postupně se oba zlomky cihly plné pálené ze zkoušky „Stanovení pevnosti v tahu za ohybu“ vloží dostředně na tlačnou plochu zkušebního lisu a plynule se zvyšuje zatížení až do porušení vzorku. Zaznamenají se obě dosažené nejvyšší zatěžovací síly  $F_1$  a  $F_2$  v N.

Pevnost v tlaku  $\sigma_{pd}$  v  $\text{N/mm}^2$  vypočítáme podle vzorce:

$$\sigma_{pd} = \frac{F}{A} = \frac{F_1 + F_2}{A}$$

### 5.8.5 Vyhodnocení

Pevnost v tlaku  $\sigma_{pd}$  se zaokrouhluje na nejbližších **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

## 5.9 PROTOKOL

### 5.9.1 Objemová hmotnost betonu

Proveďte stanovení objemové hmotnosti na všech připravených vzorcích betonu. Uvažujte, že všechny vzorky mají tvar krychle o hraně 100 mm. Výsledek zaokrouhlete na **3 platné číslice** a vzorky se rozřídíte na pórobeton (do 800 kg/m<sup>3</sup>), lehký beton (800–2000 kg/m<sup>3</sup>), obyčejný beton (2000–2600 kg/m<sup>3</sup>) a těžký beton (od 2600 kg/m<sup>3</sup>).

Popis vzorku	m [ ]	D [kg/m <sup>3</sup> ]	Roztřídění
popílkový pórobeton (technologie CALSILOX)			
autoklávovaný beton (technologie YTONG)			
beton s kamenivem AGLOPORIT			
beton s kamenivem LIAPOR			
beton s recyklovaným cihelným kamenivem			
obyčejný beton hutný			
drátkobeton			
beton s kamenivem z magnetitu			
beton s kamenivem z barytu			
beton s kamenivem z barytu a s litinou			

### 5.9.2 Nasákavost různých druhů betonu

Výslednou nasákavost jednotlivých druhů betonu uveďte na **0,1 %**.

Typ betonu	m <sub>N</sub> [ ]	m <sub>S</sub> [ ]	Výpočet	v [%]
Pórobeton				
Lehký beton				
Obyčejný beton				

### 5.9.3 Objemová hmotnost cihlářského výrobku

Provedte stanovení objemové hmotnosti dvou keramických výrobků. Určete rozdíl mezi objemovou hmotností reálnou a deklarovanou výrobcem (viz Tab. 1) v % – jako 100 % uvažujte deklarovanou hodnotu. Objemovou hmotnost výrobku zaokrouhlete na **3 platné číslice**, rozdíl na **0,1 %**.

Zkušební vzorek	Cihla plná pálená (CPP)	Cihla příčně děrovaná (příčkovka)
$l_u$ [ ]		
$b_u$ [ ]		
$h_u$ [ ]		
$m$ [ ]		
Výpočet:		
$\rho_v$ [kg/m <sup>3</sup> ]		
$\rho_{v,deklarovaná}$ [kg/m <sup>3</sup> ]		
Rozdíl [%]		

### 5.9.4 Nasákavost keramiky

Výslednou nasákavost vzorku keramiky uveďte na **0,1 %**.

Vzorek	$m_n$ [ ]	$m_s$ [ ]	Výpočet	$W_s$ [%]
Cihelný střep				

### 5.9.5 Pevnost v tlaku betonu

Provedte stanovení pevnosti betonu v tlaku na připraveném zkušebním tělese tvaru krychle. Pevnost v tlaku zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

Zkušební vzorek:	Beton obyčejný	
Rozměry [ ]:	a =	b =
$F$ [ ]		
Výpočet:		
$f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]		

### 5.9.6 Pevnost v tahu ohybem betonu

Proveďte stanovení pevnosti betonu v tahu ohybem na připraveném zkušebním tělese. Pevnost v tahu ohybem zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

Zkušební vzorek	Beton obvyčejný
F [ ]	
šířka b [ ]	
výška h [ ]	
rozpětí podpor l [ ]	
Výpočet:	
$f_{cf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	

### 5.9.7 Pevnost v tahu za ohybu cihly

Proveďte stanovení pevnosti v tahu za ohybu na vzorku cihly plně pálené. Výsledek zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

Zkušební vzorek	Cihla plná pálená
F [ ]	
$b_u$ [ ]	
$h_u$ [ ]	
l [ ]	
Výpočet:	
$\sigma_{po}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	

### 5.9.8 Pevnost v tlaku cihly

Proveďte stanovení pevnosti v tlaku na vzorku z předchozí úlohy. Výsledek zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm<sup>2</sup>**.

Zkušební vzorek	Cihla plná pálená
$F_1$ [ ]	
$F_2$ [ ]	
$b_u$ [ ]	
$l_u$ [ ]	
Výpočet:	
$\sigma_{pd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	

### 5.9.9 Celkový závěr

---

---

---

---

---

---

---

---