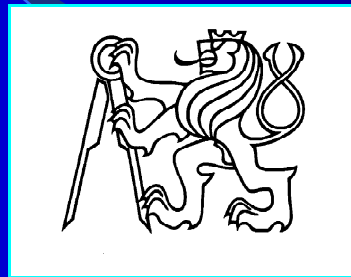


EXPERIMENTÁLNÍ METODY MECHANIKY



2. přednáška

Petr Konvalinka

Experimentální vyšetřování pevnostních vlastností betonu

Nedestruktivní metody – zkoušky pevnosti

- Schmidtovo kladívko
- odpor v otláčení
- pull-out testy
 - pevnost betonu v ranném stadiu – Lok-test
 - pevnost betonu ve stáří 28 dní – Capo-test
- pull-off testy
 - standardně se používá pro zjištění pevnosti betonu v tlaku
- ultrazvuk - impulsová průchodová metoda
- metoda rezonanční frekvence

Schmidtovo kladívko

vyvinuto v roce 1948 Ernstem Schmidtem

- v principu se jedná tester tvrdosti povrchu materiálu
- ocelový hrot (indent) se otiskne do povrchu materiálu a vyhodnotí v závislosti na kombinaci pevnosti a tuhosti materiálu
- je mnoho verzí a provedení - moderní přístroj je elektronická měřicí jednotka, propojená s počítačem
- je třeba jej kalibrovat, po kalibraci se měří stanoveným počtem úderů na různých místech testovaného povrchu - statistika

odpor v otláčení

- tzv. indentace – má různé formy nano, mikro, makro indentace, založené na Brinellově metodě (podobně jako Schmidtova kladívko)
- v zásadě jde o vztah mezi hloubkou a tvarem vnoření indentu do materiálu a tlakovou pevností
- také v tomto případě je nutná kalibrace

pull-out test

- používá se pro beton
- je založen na předpokladu, že pevnost v tlaku je přímo úměrná maximálnímu tahovému namáhání vloženého ocelového přípravku v okamžiku porušení betonu
- nutná kalibrace
- jsou dva typy pull-out testů :
 - lock test
 - capo test

pull-off test

- je založen na závislosti tlakové pevnosti a tahové síly nutné k odtržení kruhového ocelového disku s povrchovou vrstvou materiálu (odtrhová zkouška)
- dva různé způsoby provádění závislé na kvalitě povrchu
 - bez úpravy
 - s úpravou korunkovým vrtákem

ultrazvukové měřicí metody

- **průchodová – prozvučovací**
 - spojitě vysílání UZ vlnění – kontinuální kontrola vad
- **odrazová rezonanční**
 - spojitě vysílání UZ vlnění – s možností změny kmitočtu
 - měření tloušťky materiálů, zjišťování hloubky vad
- **impulsová odrazová**
 - opakované impulsy svazku UZ vln
 - dvojitá sonda, nebo zvláštní budič a snímač
- **impulsová průchodová metoda**
 - opakované impulsy svazku UZ vln
 - nejvíce UZ přístrojů určených pro stavební materiály
 - kmitočty 10 kHz – 6 MHz (beton max. 500 kHz)

ultrazvuková impulsová metoda

- nejvíce používaná UZ metoda ve zkušebnictví - kontrola stejnorodosti, pevnosti a defektoskopie stav. materiálů
- stanovení rychlosti šíření UZ impulsu při průchodu zkoušeným materiálem, případně zjištění jeho útlumu, ad.
- měří se doba průchodu čela ultrazvukového impulsu podélného vlnění mezi budičem a snímačem

$$v = l / (t - t_0),$$

$$v = f \cdot \lambda$$

kde v je rychlost UZ impulsu, l je spojnice mezi snímačem a budičem, t čas průchodu UZ impulsu, t_0 zpoždění UZ aparatury, tzv. mrtvý čas, λ vlnová délka

- zařízení zahrnuje pulsní generátor, budič, snímač, zesilovač, a vlastní měřicí zařízení – pro zkoušení betonu se většinou používá nízká frekvence 10 až 150 kHz

ultrazvuková impulsová metoda

- rychlost šíření UZ vlnění v

- vlastnost materiálu vztažená na obecný stav zkoušeného prostředí a pro odvození dalších vlastností materiálu

$$v^2 = E_d (1 - \mu) / \rho(1 + \mu)(1 - 2\mu),$$

kde v je rychlost vln, E_d je dynamický modul pružnosti, ρ je hmotnost a μ Poissonův součinitel

- stanovení dynamických modulů pružnosti E_d , G_d

$$E_d = \rho v_L^2, \quad G_d = \rho v_T^2 = E_d / 2(\mu_d + 1),$$

kde G_d je dynamický modul pružnosti ve smyku, ρ je objemová hmotnost, v_L podélná rychlost, v_T je příčná rychlost, μ_d je Poissonův součinitel.

Při měření rychlosti podélného i příčného vlnění lze stanovit dynamický Poissonův součinitel

$$\mu_d = \frac{1}{2}(E_d/G_d - 2)$$

ultrazvuková impulsová metoda


ultrazvukem lze kromě toho zjišťovat:

- odhad pevnosti v tlaku (empiricky, dle korelace s UZ rychlostí),
- odhad pevnosti v tahu za ohybu (empiricky),
- homogenitu materiálu,
- sledování hydratace cementu,
- trvanlivost materiálu a míry poškození,
- hloubku povrchové trhliny,
- hloubku rozhraní, degradace, nebo trhliny – měření po povrchu,
- a další vlastnosti v korelaci s rychlostí UZ impulsu.

**metody tvrdoměrného zkoušení (např. Schmidt)
v kombinaci s ultrazvukem**

- využívá se u betonových konstrukcí, u nichž nejsou k dispozici zkušební vzorky

metoda rezonanční frekvence

- zjišťování rezonančních frekvencí (podélných, příčných a krouticích) tvarově jednoduchých zkušebních vzorků ()
- kalkulace dynamického modulu pružnosti E_d , Poissonova čísla ad.

příklad výpočtu E_d z podélného kmitání $E_d = 4L^2 \rho f_L^2$ [Nm⁻²]

kde E_d je dynamický modul pružnosti, L délka vzorku, f_L rez.frekvence podélného kmitání a ρ objemová hmotnost

- zařízení zahrnuje budící okruh s oscilátorem a snímací okruh s měřičem a osciloskopem, zabudované v jednom celku, nebo sestavené z jednotlivých jednotek