

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

**DIGITALIZACE KONTROLY KVALITY VE
STAVEBNICTVÍ**

**PŘÍLOHA Č. 1
SEZNAM KONTROLNÍCH ZKOUŠEK**

2020

**BC. MILAN
ČERVENÝ**

**VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE:
ING. LINDA VESELÁ, PH.D.**

Obsah

Příloha č. 1	3
1 Geometrická přesnost – měření rovinnosti	3
1.1 Místní rovinnost	3
1.2 Celková rovinnosti.....	5
2 Zkouška sednutím	7
3 Hloubka průsaku tlakovou vodou.....	9
4 Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem	11
5 Pevnost betonu v tlaku	13

Příloha č. 1

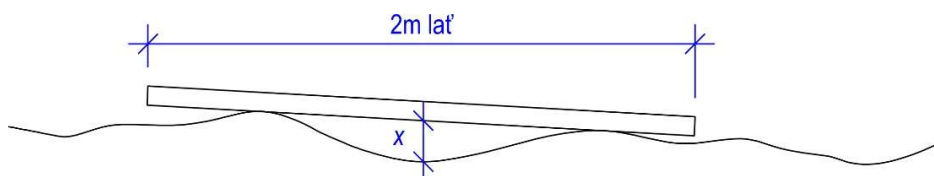
1 Geometrická přesnost – měření rovinnosti

1.1 Místní rovinnost

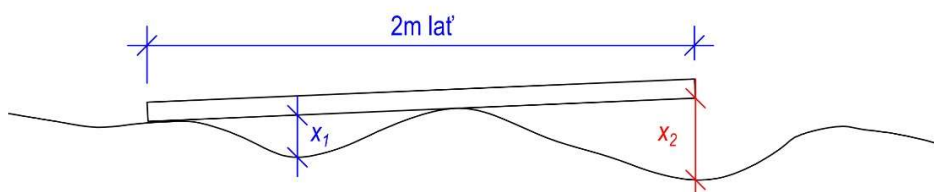
Místní rovinnost stěn se měří dvoumetrovou laťí, která může mít na obou koncích gumové podložky. Velikost podložek se dá měnit podle potřeby. Jednotlivé klady lať se rozmístí po kontrolované ploše, lať musí být min. 100 mm od hran kontrolované plochy a především tam, kde předpokládáme největší odchylky. Pro svislé konstrukce se na každých 25 m² kontrolované plochy se provede nejméně 5 měření, nejmenší počet kladů lať na ucelené ploše je 5. Pro vodorovné konstrukce se měření provede nejméně v pěti zkušebních místech na každých 100 m² podlahy. Nejmenší počet zkušebních míst v jedné místnosti je pět. Zkušební místa se rovnoměrně rozmístí po ploše podlahy. [1]

Měření odečítám pomocí měrného klínku vsunutého mezi lať a povrch nebo u vyšší výšky podložky se dá použít posuvné měřidlo. Vyhodnocení měření je provedeno podle toho, zda se jedná o toleranci nebo o mezní odchylku. Obecně se dají použít dva způsoby měření. [1]

1) Můžeme použít lať bez podložek. Lať musí být umístěna tak, aby se na obou koncích dotýkala povrchu, a měří se největší prohlubeň mezi body dotyku. Při tomto postupu se měří největší odchylka mezi spodním lícem lať a povrchem. Změříme absolutní hodnotu, takzvanou toleranci, používá se zejména pro SDK konstrukce, betonové konstrukce a omítky. Viz. Obrázek č. 1. [1]



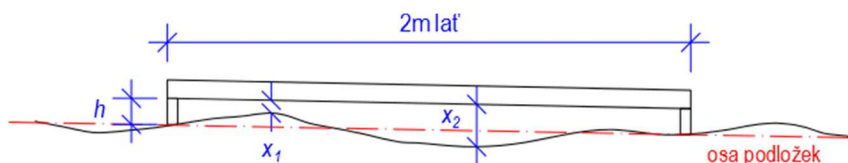
Lať je ve dvou bodech opřena o povrch. Změří se největší prohlubeň mezi povrchem a spodním lícem latě mezi dvěma dotoky povrchu a zjistí se odchylka x .



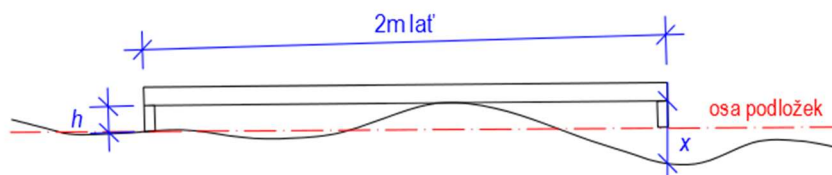
Lať je přiložena k povrchu tak, že uprostřed latě je vyboulení. Přitlačením jednoho konce latě k povrchu dojde k výraznému nadzdvížení druhého konce. Odchylka by měla být měřena v prostoru mezi dotoky latě (odchylka x_1). Pokud je měřena v místě největšího rozdílu mezi latí a povrchem (odchylka x_2), dochází ke zkreslení měření.

Obr. 1 Měření místní rovinnosti dvoumetrovou latí bez podložek

2) Druhý postup požaduje, aby měla lať, kterou se měří měla na povrchu umístěné podložky určité velikosti. Měrným klínkem se odečte největší a nejmenší odchylka mezi spodním lícem latě a měřeným povrchem. Následně vyhodnocení odchylek lze provést dvěma způsoby, které jsou popsány na obr. 2. Tento postup se používá u konstrukcí, jejich hodnoty mohou nabývat kladných i záporných hodnot, takzvané mezní odchylky. Týká se to především podlah, obkladů a zděných konstrukcí. [1]



Změříme nejmenší (x_1) a největší (x_2) odchylku mezi spodním lícem latě a povrchem. Od změřených hodnot x_1 a x_2 odečteme výšku podložek h a zjistíme největší respektive nejmenší odchylku od rovinnosti.



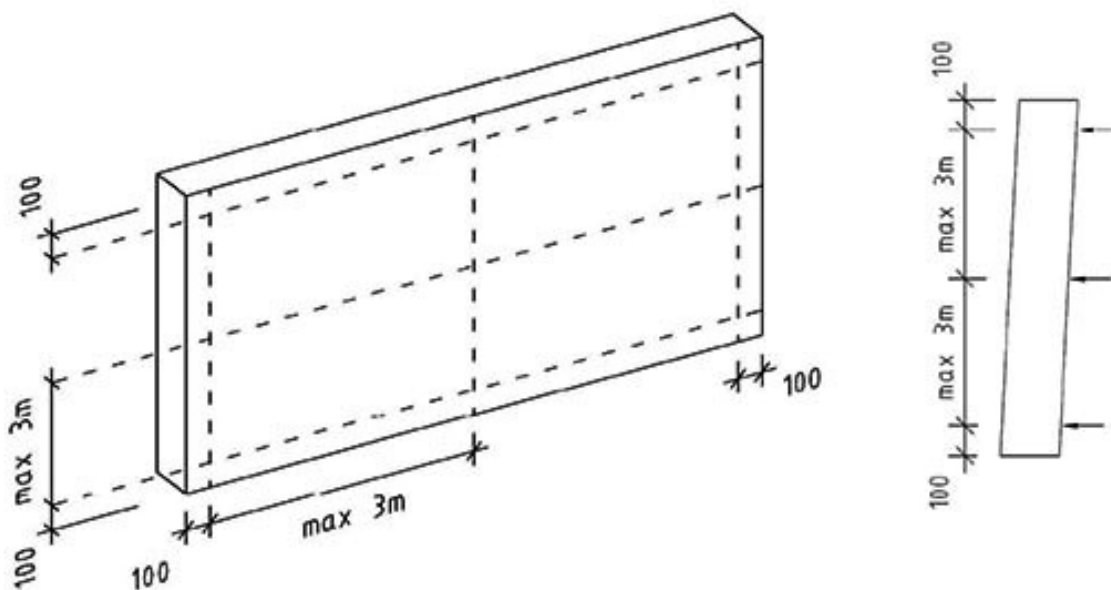
V případě, že lať na podložkách přitlačíme jedním koncem k povrchu a druhý konec na povrch nedosedá, není dodržena přípustná odchylka.

Obr. 2 Měření místní rovinnosti dvoumetrovou latí na podložkách

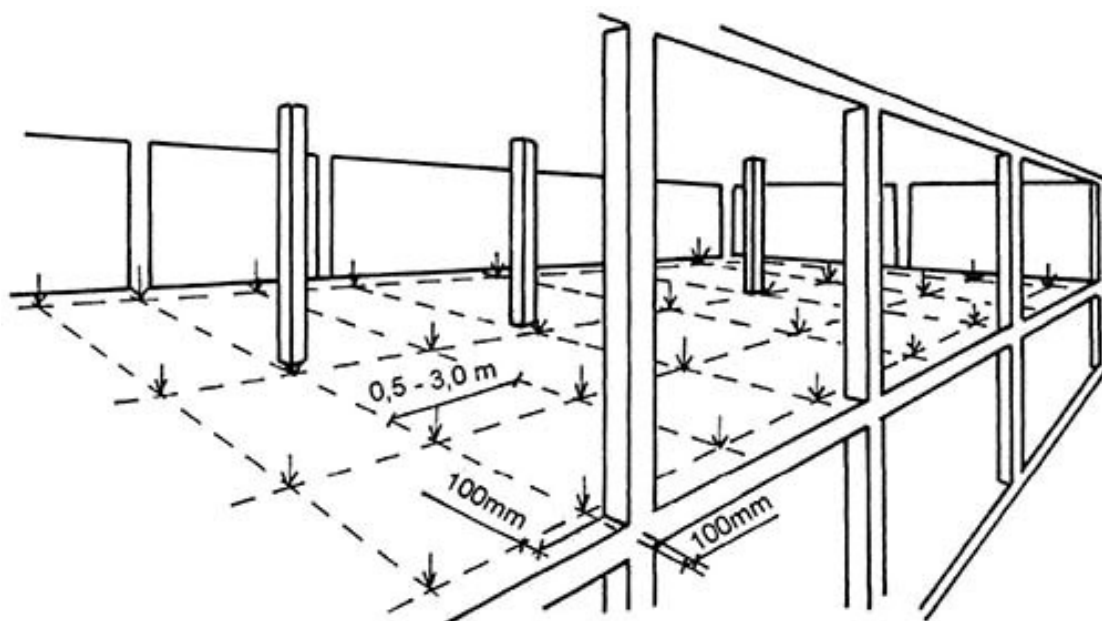
1.2 Celková rovinnost

V případě geodetického měření lze celkovou rovinnost vyhodnotit tak, že ze všech změřených odchylek od projektované hodnoty se vypočítá průměrná hodnota, která bude představovat srovnávací rovinu a ta se odečte od všech změřených odchylek, přičemž s požadovanou přípustnou odchylkou se porovnává největší zjištěná odchylka. Celkovou rovnost lze také měřit vůči srovnávací rovině, která se odsadí cca 10 až 15 cm od měřeného povrchu. [2]

Srovnávací rovinu u vodorovných konstrukcí lze vytvořit pomocí rotačního laseru, který vytvoří vodorovnou rovinu. U svislých konstrukcí lze použít rotační laser se svislou rotační rovinou nebo napnutý provázek či lanko, které se na koncích konstrukce odsadí cca o 10 cm. Koncové body, ve kterých se měří odsazení srovnávací roviny, by měly být odsazeny min. 100 mm od svislých hran měřené konstrukce a min. 100 mm od podlahy. Měření probíhá tak, že se změří vzdálenosti mezi povrchem konstrukce a srovnávací rovinou v jednotlivých bodech čtvercové sítě. Od těchto hodnot se odečte původně nastavená vzdálenost srovnávací roviny a zjistí se největší odchylka, která se porovná s požadovanou přípustnou odchylkou. [2]



Obr. 3 Měření celkové rovinnosti svislých konstrukcí



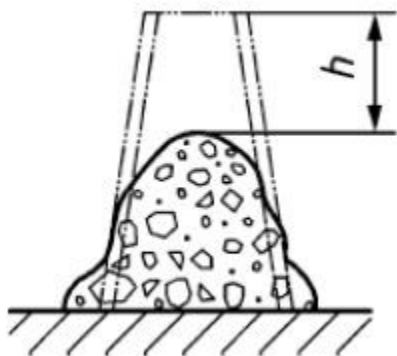
Obr. 4 Měření celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí

2 Zkouška sednutím

Na zkoušku sednutím se vzorek betonu získá postupem uvedeným v EN 12350-1. Vzorek se musí před prováděním zkoušky znovu promíchat s použitím nádoby na promíchání a lopaty. Kužel i podkladní deska se navlhčí, přebytečná vlhkost se otře vlhkým hadříkem a kužel se položí na vodorovnou podkladní desku nebo povrch. Během plnění kužele musí být kužel plně přichycen k podkladní desce nebo povrchu buď svěrkami nebo přišlápnutím dvou příložek. [3]

Kužel se plní ve třech vrstvách, každá přibližně jedné třetiny výšky kužele po zhutnění. Každá vrstva se zhutňuje 25 vpichy propichovací tyčí. Vpichy jsou rovnoměrně rozloženy po průřezu každé vrstvy. Pro zhutňování spodní vrstvy je nutno propichovací tyč mírně naklonit a asi poloviny vpichů rozložit spirálovitě ke středu. První vrstva se zhutňuje přes celou svou výšku, aniž by tyč narážela na dno. Druhá a vrchní vrstva se hutní přes celou svou výšku tak, aby vpichy jen mírně zasahovaly do předešlé vrstvy. Při plnění a zhutňování vrchní vrstvy se před zhutňováním přeplní beton nad horní okraj kužele. V případě, že po zhutnění vrchní vrstvy vznikl nedostatek betonu, je nutno přidat beton, aby vždy byl nad horním okrajem kužele přebytek betonu. Po zhutnění vrchní vrstvy se přebytečný beton odstraní zednickou lžící nebo pomocí příčného pohybu propichovací tyče za jejího současného otáčení. [3]

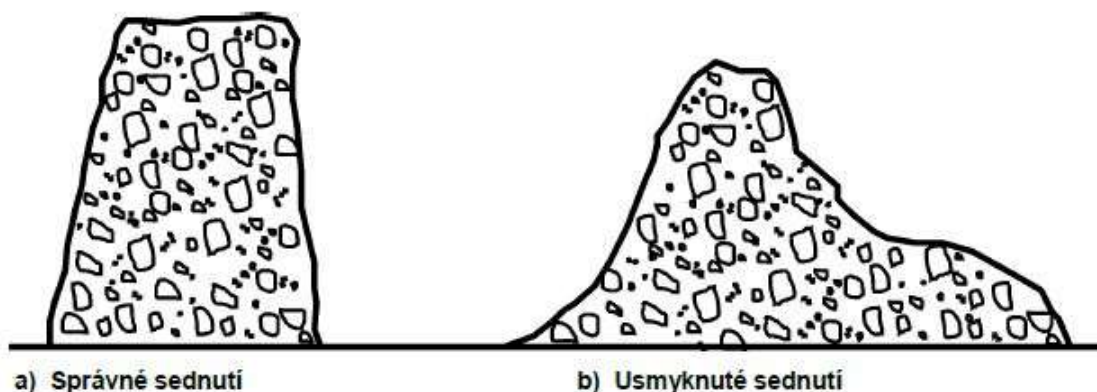
Z podkladní desky se odstraní spadlý beton. Kužel se opatrně odstraní svislým pohybem nahoru. Zvedání formy se musí provést během 2 až 5 sekund rovnoměrně bez otáčení, které by mohlo působit na beton. Celá zkouška od počátku plnění až po zvednutí formy musí probíhat plynule, bez přerušení a musí být ukončena během 150 sekund. Ihned po zvednutí formy se změří a zaznamená sednutí h zjištěním rozdílu mezi výškou formy a nejvyšším bodem sednutého zkušební vzorku podle obrázku 5. [3]



Obr. 5 Měření sednutí kužele

Konzistence betonu se mění v čase v důsledku hydratace cementu a možné ztráty vlhkosti. Pokud se mají docílit přesně srovnatelné výsledky zkoušek, musí být zkoušky prováděny na různých vzorcích ve stejném čase po zamíchání. [3]

Výsledek zkoušky je platný pouze tehdy, pokud dojde ke skutečnému sednutí, to znamená, že beton zůstal neporušen a kužel je symetrický, jak je vidět na obrázku. 6 a). Jestliže se těleso zborší, jak je vidět na obrázku 6 b), musí se odebrat jiný vzorek a postup se musí opakovat. Jestliže i u následné zkoušky dojde k usmyknutí betonu zkušebního tělesa, pak beton má nedostatečnou plasticitu a soudržnost a je nevhodný pro zkoušku sednutím. [3]



Obr. 6 Výsledné tvary zkoušky sednutí

3 Hloubka průsaku tlakovou vodou

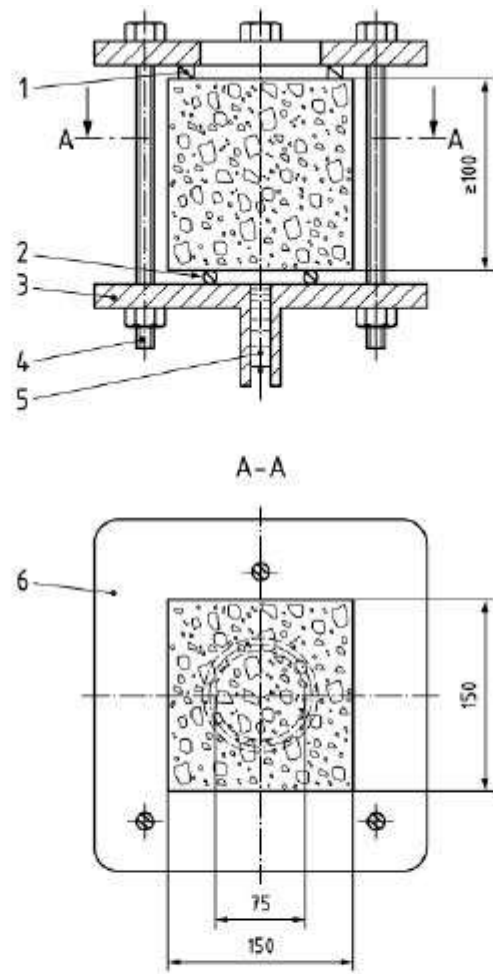
Podstatou zkoušky je zjištění největší hloubky průsaku vyjádřené v milimetrech. Tlaková voda se nechá působit na povrch ztvrdlého betonu. Zkušební těleso se pak rozlomí a změří se hloubka průsaku vody. [4]

Zkušební zařízení může být jakékoliv zařízení, ve kterém se dá zkušební těleso daných rozměrů upnout tak, aby tlaková voda mohla působit na zkoušenou plochu a působící tlak mohl být nepřetržitě vyvozován. Příklad uspořádání zkoušky je uveden na obrázku 7. Doporučuje se, aby zařízení umožňovalo sledování ostatních povrchů zkušebního tělesa. Vodní tlak může působit na povrch zkušebního tělesa buď ze spodu nebo shora. Nezbytné utěsnění se provádí pryží nebo podobným materiálem. Rozměry zkoušené plochy musí být rovné přibližně polovině hrany nebo polovině průměru zkoušeného povrchu. [4]

Zkušební těleso musí být krychle, válec nebo hranol o délce hrany nebo průměru nejméně 150 mm a žádný rozměr nesmí být menší než 100 mm. Je možno zkoušet menší tělesa. Je třeba uvést jejich rozměry a místo zkoušky. Vývrty musí mít v průměru minimálně 95 mm. [4]

Plocha zkušebního tělesa, které bude vystavena působení vodního tlaku, se ihned po odformování zdrsní ocelovým kartáčem a ošetřuje se ve vodě ve shodě s postupem uvedeným v EN 12390-2. [4]

Při zahájení zkoušky musí být stáří zkušebního tělesa nejméně 28 dnů. Vodní tlak nesmí být vyvozován na hladkou plochu tělesa. Zkušební těleso se upne do zařízení a nechá se působit vodní tlak (500 ± 50) kPa po dobu (72 ± 2) hodin. Během zkoušení se pravidelně pozoruje stav povrchů zkušebního tělesa, které nejsou vystaveny vodnímu tlaku, zda se neobjevuje voda. Jestliže se objeví průsak, je třeba uvážit platnost výsledku zkoušky a tuto skutečnost zaznamenat. [4]



Legenda

- 1 opěrný kroužek
- 2 těsnicí kroužek
- 3 upevňovací deska
- 4 stahovací šroub
- 5 tlaková voda
- 6 upevňovací deska

Obr. 7 Příklad uspořádání zkoušky průsaku tlakovou vodou

Po skončení předepsané doby působení vodního tlaku se vyjme zkušební těleso ze zařízení. Povrch tělesa, na který působil vodní tlak, se utře, aby se odstranila přebytečná voda. Zkušební těleso se rozlomí v polovině, kolmo k povrchu, na který působil vodní tlak. Při rozlamování zkušebního tělesa a během vyšetřování se položí těleso tak, aby plocha, na kterou působil vodní tlak, byla dole. Jakmile lomová plocha oschne natolik, že je zřetelně vidět průsak vody, označí se hranice průsaku na zkušebním tělese.

Změří se a zaznamená se největší hloubka průsaku od zkoušené plochy na nejbližší milimetr. [4]

4 Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem

Jedná se o nedestruktivní zkoušku, při kterém zjišťujeme tvrdost povrchu a na jeho základě se odvodí pevnost betonu v tlaku. [5]

Zkušební zařízení, které potřebujeme je odrazový tvrdoměr, kalibrační kovadlina a brusný kámen. Odrazový tvrdoměr, sestávající z ocelového berana s pružinou, která po uvolnění vymrštíje beran na ocelový razník proti povrchu betonu. Velikost odrazu ocelového berana od ocelového razníku se zjišťuje na přímkové stupnici, která je připojena k zařízení. Kalibrační kovadlina je ocelová kovadlina pro ověřování tvrdoměru, která má tvrdost nejméně 52 HRC při zkoušce podle EN ISO 6508-1 a hmotnost (16 ± 1) kg a průměr přibližně 150 mm. Jiné kovadliny se mohou použít, pokud se prokáže stejná přesnost a čtení není podstatně ovlivněno. [5]

Betonové prvky, které mají být zkoušeny, musí mít tloušťku nejméně 100 mm a musí být spojeny s konstrukcí. Menší zkušební tělesa mohou být zkoušena za předpokladu, že jsou pevně podepřena. Je nutno se vyhnout místům se šterkovými hnízdy, s odlupováním, s hrubou texturou povrchu nebo místům vysoce porézním.

Brusným kamenem se obrousí hrubé nebo měkké povrchy nebo povrchy s uvolněnou maltou tak, až jsou hladké bez uvolněného materiálu. Musí se odstranit jakákoliv voda, která je na povrchu betonu. [5]

Před sérií zkoušek na povrchu betonu se očistí úderná plocha na kalibrační kovadlině a razník. Provede se nejméně pět úderů na referenční kovadlině a zaznamená se čtení pěti úderů. Pokud čtení z posledních pěti úderů jsou větší než ± 3 od hodnoty uvedené výrobcem, vyčistí se a nastaví se razník podle pokynů výrobce a zkouška se opakuje. [5]

Tvrdoměr se přiloží na zkušební plochu tak, aby se razník opřel kolmo na zkoušený povrch betonu. Plynule se zvyšuje tlak na razník, dokud ocelový beran nevyvodí ráz. Po každém úderu se zaznamená velikost odrazu úderného beranu a vynaložená energie nebo rychlosti před a po nárazu berana. Vyšetří se každý vtisk na povrchu po úderu, a jestliže je povrch porušen nebo poškozen v důsledku póru v blízkosti povrchu, vyloučí se čtení. K získání spolehlivého odhadu tvrdosti se na každé zkušební ploše

provede nejméně devět platných čtení. Zaznamená se poloha a směr působení tvrdoměru pro každou sadu čtení. Každý zkušební bod musí být vzdálen od sousedního nejméně 25 mm a nejméně 25 mm od hrany konstrukce. [5]

Po zkoušení se ověří tvrdoměr opět na kalibrační kovadině, zaznamenává se pět čtení. Jestliže jsou čtení rozdílná více než ± 3 od hodnoty uvedené výrobcem, je nutno tvrdoměr vyčistit, seřídít a zkoušku opakovat. [5]

Výsledkem zkoušky je střední hodnota ze všech čtení, při jejichž případné úpravě se bere v úvahu směr působení tvrdoměru podle pokynů výrobce, a vyjádří se jako celé číslo. Jestliže více než 20 % všech čtení se liší od střední hodnoty o více než 30 %, pak celá sada čtení musí být zamítnuta. [5]

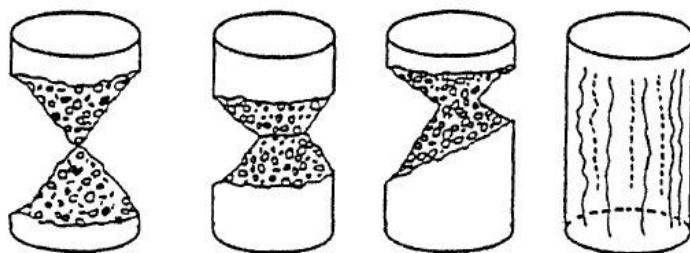
5 Pevnost betonu v tlaku

Jedná se oproti zkoušce stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem o destruktivní zkoušku. Zkušební tělesa jsou zatěžována až do porušení ve zkušebním lisu, který vyhovuje EN 12390-4. Maximální zatížení při rozdrčení tělesa se zaznamená a vypočítá se pevnost betonu v tlaku. [6]

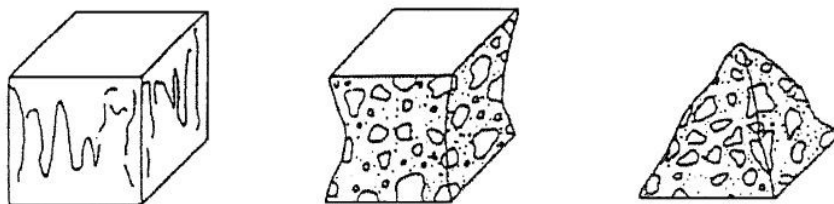
Zkušební těleso musí být krychle, válec nebo vývrt, vyhovující požadavkům EN 12350-1, EN 12390-1, EN 12390-2 nebo EN 12504-1. Jestliže rozměry zkušebního tělesa nevyhovují dovoleným odchylkám pro jmenovitý rozměr nebo průměr uvedený v EN 12390-1, je třeba těleso odmítnout, upravit nebo zkoušet podle jiného postupu. [6]

Po vyjmutí tělesa z uložení je třeba zkoušet jejich pevnost v tlaku co nejdříve je to možné, maximálně do 10 hodin. Zkušební zařízení by mělo mít teplotu $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ nebo $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ v horkém klimatu. Pokud se budou tělesa před zkouškou skladovat déle než 4 hodiny, musí být chráněna před ztrátou vlhkosti. Otřou se dotykové plochy tlačných desek lisu a odstraní se všechny zbytky písku nebo jiného uvolněného materiálu z povrchu zkušebního tělesa na plochách, které budou v dotyku s tlačnými deskami. Mezi těleso a tlačné desky lisu se nesmí použít žádná podložka, kromě přídatných desek nebo středících bloků. Z povrchu ploch těles se otře voda před jejich vložením do zkušebního lisu. Krychle se osadí tak, aby směr zatěžování byl kolmý na směr ukládání betonu. Těleso se umístí na střed spodní tlačné desky s přesností 1 % jmenovitého rozměru krychle nebo jmenovitého průměru zkušebních válců. [6]

Nastaví se konstantní rychlost zatěžování od $0,6 \pm 0,2$ MPa/s. Po aplikaci počátečního zatížení, které nemá být vyšší než přibližně 30 % zatížení při porušení, se vzorek zatěhuje plynule, bez rázů, stanovenou konstantní rychlostí s přípustnou odchylkou ± 10 % až do porušení. Po porušení se zaznamená dosažené maximální zatížení v kN. V případě, že dojde k vyhovujícímu způsobu porušení, je zkouška platná. Pevnost v tlaku se vypočítá dle základního vztahu jako maximální zatížení vydělené průřezovou plochou. [6]



Obr. 8 Vyhovující způsoby porušení zkušebních válců



Obr. 9 Vyhovující způsoby porušení zkušebních krychlí

Použité obrázky

- obr. 1** Měření místní rovinnosti povrchů pro pozemní stavby [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2015 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy-pricky-povrchy/15021-mereni-mistni-rovinnosti-povrchu-pro-pozemni-stavby>
- obr. 2** Měření místní rovinnosti povrchů pro pozemní stavby [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2015 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy-pricky-povrchy/15021-mereni-mistni-rovinnosti-povrchu-pro-pozemni-stavby>
- obr. 3** Geometrická přesnost ve stavebnictví [online]. Praha: DEK, 2015 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: obr. 3 <https://atelier-dek.cz/geometrick%C3%A1-p%C5%99esnost-ve-stavebnictv%C3%AD-653>
- obr. 4** Geometrická přesnost ve stavebnictví [online]. Praha: DEK, 2015 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: obr. 3 <https://atelier-dek.cz/geometrick%C3%A1-p%C5%99esnost-ve-stavebnictv%C3%AD-653>
- obr. 5** ČSN EN 12 350-2. Zkoušení čerstvého betonu – část 2: Zkouška sednutím. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- obr. 6** ČSN EN 12 350-2. Zkoušení čerstvého betonu – část 2: Zkouška sednutím. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- obr. 7** ČSN EN 12 390-8. Hloubka průsaku tlakovou vodou. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2019.
- obr. 8** ČSN EN 12504-2. Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2013.
- obr. 9** ČSN EN 12504-2. Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2013.

Použitá literatura

- [1] *Měření místní rovinnosti povrchů pro pozemní stavby [online]. Praha: Topinfo s.r.o, 2015 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy-pricky-povrchy/15021-mereni-mistni-rovinnosti-povrchu-pro-pozemni-stavby>*
- [2] *Geometrická přesnost ve stavebnictví [online]. Praha: DEK, 2015 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: obr. 3 <https://atelier-dek.cz/geometrick%C3%A1-p%C5%99esnost-ve-stavebnictv%C3%AD-653>*
- [3] *ČSN EN 12 350-2. Zkoušení čerstvého betonu – část 2: Zkouška sednutím. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2020.*
- [4] *ČSN EN 12 390-8. Hloubka průsaku tlakovou vodou. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2019.*
- [5] *ČSN EN 12 504-2. Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2013.*
- [6] *ČSN EN 12504-2. Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Česká agentura pro standardizaci, 2013.*

Seznam obrázků

Obr. 1 Měření místní rovinnosti dvoumetrovou latí bez podložek	4
Obr. 2 Měření místní rovinnosti dvoumetrovou latí na podložkách	4
Obr. 3 Měření celkové rovinnosti svislých konstrukcí	5
Obr. 4 Měření celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí.....	6
Obr. 5 Měření sednutí kužele.....	8
Obr. 6 Výsledné tvary zkoušky sednutí	8
Obr. 7 Příklad uspořádání zkoušky průsaku tlakovou vodou	10
Obr. 8 Vyhovující způsoby porušení zkušebních válců	14
Obr. 9 Vyhovující způsoby porušení zkušebních krychlí.....	14