

STANDARDNÍ OPERAČNÍ POSTUP – 01/09 ⁽¹⁾

**STANDARDNÍ OPERAČNÍ POSTUP PRO STANOVENÍ SMRŠŤOVÁNÍ A
NABÝVÁNÍ BETONU**

Vypracoval: Ing. Barbara Kucharczyková, Ph.D. – odborný asistent
Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D. – odborný asistent
Ing. Petr Daněk, Ph.D. – odborný asistent
Ing. Petr Misák – technik
Ing. Ondřej Pospíchal – technik

Vydání č.: 01

Výtisk č.: 01

⁽¹⁾ Vývoj metodiky měření je přímým výsledkem výzkumu realizovaného v rámci výzkumného záměru **MSM0021630511** „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“. Ověření a některé konstrukční detaily použitého zařízení byly provedeny v rámci řešení projektu grantové agentury **GP103/09/P057** „Analýza mechanismu přetváření lehkých konstrukčních betonů“.

Tento předpis platí pro stanovení smršťování a nabývání hutného obyčejného a hutného lehkého betonu z pórovitého kameniva. Jedná se o určení hodnoty smrštění či nabývání betonu v ranném stádiu tuhnutí a tvrdnutí betonu s možností pokračování v měření smrštění od vysychání u ztvrdlého betonu. Tento předpis navazuje v oblasti měření smrštění ztvrdlého betonu na ČSN 73 1320.

Měřicí metoda byla vyvíjena a ověřována v rámci výzkumných záměrů MŠMT a projektů Grantové agentury ČR od roku 2005, v současné době je využívána pro stanovení objemových změn betonů v rámci výzkumných záměrů, projektů GAČR a MPO řešených na VUT FAST, Ústavu stavebního zkušebnictví.

1 VŠEOBECNĚ

1.1 Předpis popisuje způsob stanovení podélné deformace betonu způsobené autogenním smrštěním, nabýváním a smrštěním vlivem vysychání. Nejedná se o deformace způsobené vlivem mechanického zatížení.

Tyto změny se určují ve dvou na sebe navazujících etapách, v nichž je vždy určeno poměrné přetvoření vyrobeného tělesa uloženého v předepsaných podmínkách po předepsanou dobu v souladu s ČSN EN 12 390 – 2 nebo technologickým předpisem. Výsledky se vynášejí do grafů v závislosti na čase. Současně je nutno zaznamenávat aktuální teplotu a vlhkost vnějšího prostředí.

Zjištěné hodnoty slouží jako podklad ke stanovení skutečných objemových změn pro účely navrhování a posuzování betonových konstrukcí, například dle ČSN 73 1201 a ČSN EN 1992.

1.2 Základním zkušebním tělesem pro stanovení smrštění (nabývání) v ranném stádiu tuhnutí a tvrdnutí betonu je čerstvý beton uložený ve zkušebním žlabu s příčným průřezem 100 x 60 mm nebo 100 x 100 mm a délkou 1000 mm. Vnitřní stěny žlabu jsou opatřeny nenasákavou, hladkou, měkkou neoprénovou fólií (tl. cca 2 mm) za účelem minimalizování tření betonu o stěny formy. Po vyjmutí ztvrdlého betonu ze žlabu se získá zkušební těleso pro měření dlouhodobého smrštění ztvrdlého betonu vlivem vysychání.

S ohledem na příčný rozměr zkušebního žlabu je tento zkušební postup doporučen pro měření smrštění betonů s maximálním zrnem kameniva 16mm.

2 PODSTATA ZKOUŠKY

2.1 Čerstvý beton se ukládá do měřicího žlabu a hutní se v souladu s ČSN EN 12 390 – 2.

Způsob ošetřování horního povrchu tělesa se zvolí dle konkrétních požadavků stanovených technologickým předpisem. Nelze zajistit vodní uložení betonu umístěného v měřicím žlabu.

2.2 K měření délkových změn v počátečním stádiu tuhnutí a tvrdnutí betonu (0 – 20 hodin) se použije snímač s možností napojení k měřicí ústředně pro umožnění kontinuálního záznamu hodnoty na $1 \cdot 10^{-3}$ mm.

Pro dlouhodobé (20 hodin a více) měření smrštění ztvrdlého betonu se použije měřicí zařízení s možností záznamu hodnoty nejméně na $1 \cdot 10^{-3}$ mm. Měřicí základny jsou umístěny vždy na horním (hutněném) povrchu zkušebního tělesa, jejich rozměr má být nejméně 200 mm v souladu s ČSN 73 1320.

U jednotlivých měření je nutno kompenzovat vliv působení změn teploty a vlhkosti prostředí na měřicí zařízení.

2.3 Způsob uložení těles by měl umožnit volné přetvoření betonu. Pro přesnější interpretaci výsledků je nutno zahájit měření smrštění na horním povrchu betonu co možná nejdříve s tím, že se ztvrdlý beton vyjme ze žlabu ihned po dosažení manipulační pevnosti.

2.4 Časové intervaly záznamu přetvoření betonu v ranném stádiu tuhnutí a tvrdnutí se volí dle účelu zkoušky a nastaví se dle možnosti příslušné datové ústředny. Přetvoření ztvrdlého betonu měřené na povrchu těles se měří v časových intervalech přizpůsobených zejména okolním podmínkám prostředí tak, aby celý průběh měření byl zachycen co možná nejpřesněji. Po celou dobu měření se

zaznamenává teplota a vlhkost okolního prostředí. Shodně s normou ČSN 73 1320 se doporučuje měření ve stáří betonu 1, 2, 3, 7, 14, 21, 28, 56, 90, popř. 180 a 360 dní. V případě možnosti a potřeby se měří také v mezilehlých stářích.

Při měření delším než 28 dní se zkouška zpravidla ukončí, jestliže přírůstek přetvoření v posledním časovém intervalu je menší než 5 % přírůstku přetvoření v předchozím intervalu nebo než je přesnost měření jak je uvedeno v ČSN 73 1320.

3 PŘÍSTROJE A POMŮCKY

3.1 Ke zkoušce se použijí tyto přístroje a pomůcky:

- a) měřicí žlab, jehož jedno čelo je pevně spojeno s rámem a druhé je volně posuvné (viz obr. 1); jedná se o upravený žlab firmy Schleibinger,
- b) vazelína k utěsnění mezer mezi posuvným čelem a rámem,
- c) indukčnostní snímač,
- d) datová ústředna pro kontinuální záznam měření,
- e) separační neoprénová fólie,
- f) měřicí terče pro nalepení na povrch betonu (viz obr. 2); nebo měřicí terče s možností zabetonování do horního povrchu vyrobeného tělesa (viz obr. 3),
- g) lepidlo (pokud jsou použity terče k nalepení),
- h) pomocný rám pro zajištění polohy měřicího terče (pokud jsou použity terče k zabetonování, viz obr. 4),
- i) příložný deformetr,
- j) hodinky, teploměr, vlhkoměr.

3.2 Obrazová část zkušebních přístrojů a zařízení je uvedena v příloze P1 tohoto dokumentu.

4 ODBĚR VZORKU

4.1 Odběr vzorku čerstvého betonu se provede postupem uvedeným v ČSN EN 12 350 – 1. Vzorek se musí před prováděním zkoušky řádně promíchat zednickou lžící či lopatkou.

5 ZKUŠEBNÍ POSTUP

5.1 Měřicí žlab se umístí na vodorovnou plochu či přímo na vibrační stůl, vnitřek žlabu se vyloží separační fólií tak, aby mezi posuvným čelem a fólií zůstala mezera přibližně 10 mm.

Pokud se pro měření smrštění na povrchu betonu použijí terče k zabetonování, pak je nutno tyto terče zafixovat přibližně v polovině délky prostřednictvím pomocných rámečků ještě před betonáží. Doporučuje se osadit alespoň 3 ks terčů v ose žlabu tak, aby se vytvořily dvě měřicí základny každá o délce nejméně 200 mm.

Posuvné čelo měřicího žlabu se utěsní vazelínou tak, aby bylo znemožněno protečení cementového tmele kolem čela během betonáže. Poloha čela se zajistí kolíkem.

Mezera mezi posuvným čelem a separační fólií se taktéž opatří vrstvou vazelíny, tak aby se minimalizoval vliv přilnutí čerstvého betonu k rámu zkušebního žlabu na měřené hodnoty.

5.2 Čerstvý beton se ukládá do měřicího žlabu vždy ve dvou vrstvách, přičemž doba a způsob hutnění je zvolen dle konzistence čerstvého betonu stanovenou v souladu s ČSN EN 12 350 – 2, 3, 5. Množství betonu pro poslední vrstvu musí být takové, aby se měřicí žlab naplnil bez odstraňování přebytečného betonu. Beton je možno přidávat po malých množstvích, pokud je potřeba, a dále zhutňovat. Vždy je nutno se vyvarovat odstraňování přebytku materiálu z povrchu tělesa. Během plnění nesmí dojít k protečení cementového tmele kolem posuvného čela, ani k zatečení betonu za separační fólii.

5.3 Měřicí žlab naplněný čerstvým betonem se umístí na vodorovný povrch v místnosti se stabilní teplotou a vlhkostí prostředí. Měřicí stůl musí být stabilní tak, aby nepodléhal okolním otřesům a

vibracím. Zaznamená se čas ukončení plnění žlabu. Počátek měření je určen technologickým předpisem. Je nutno zajistit stejný způsob ošetřování horního povrchu betonu uloženého ve žlabu jaký se předpokládá v reálných podmínkách stavby (např. zakrytí parotěsnou fólií, aplikace nástřiku proti odpařování vody, ponechání volnému vysychání bez ošetřování, atd.). Je nutno zabránit oslunění zkušební vzorku během plnění a po celou dobu měření jak na tuhoucím tak i na ztvrdlém betonu.

5.4 Pokud jsou k měření smrštění na povrchu tělesa použity terče k zabetonování, pak je nutno před zahájením samotného měření opatrně odstranit pomocné rámy, v nichž jsou terče zařazeny.

5.5 Pře zahájením měření je třeba změřit teplotu čerstvého betonu. Počátek měření smrštění/nabývání v počátečním stádiu tuhnutí je určen technologickým předpisem. Samotné měření začíná v okamžiku odstranění kolíku zajišťujícího posuvné čelo. Na jeho místo se osadí indukční snímač zapojený do datové ústředny. Časové intervaly záznamu přetvoření betonu se volí dle účelu zkoušky a nastaví se dle možnosti příslušné datové ústředny. Zaznamená se čas počátku měření. Souběžně se zahájením měření smrštění/nabývání se zaznamenává aktuální teplota a vlhkost prostředí.

5.6 Počátek měření smrštění na horním povrchu tělesa umístěného v měřicím žlabu je určen technologickým předpisem.

Pokud jsou k měření použity terče zabetonované do horního povrchu tělesa, pak v okamžiku zahájení měření musí být měřicí terče pevně spojeny s betonem, přičemž nesmí dojít k jejich posunu či zatlačení vlivem měření.

Pokud jsou k měření použity terče k nalepení, pak v okamžiku lepení musí být beton v místech lepení povrchově suchý, v opačném případě může vlhkost negativně ovlivnit lepený spoj, což vede k odpadávání měřicích terčů.

Pro přesnější propojení a interpretaci naměřených výsledků je nutno zahájit měření smrštění na horním povrchu betonu co možná nejdříve s tím, že se ztvrdlý beton vyjme ze žlabu ihned po dosažení manipulační pevnosti. Po vyjmutí tělesa ze žlabu se vyjmou koncové kotevní dílce například odříznutím krajních 100 milimetrů tělesa a odstraní se separační fólie.

Přetvoření ztvrdlého betonu měřené na povrchu těles vyjmutých z měřicího žlabu se měří v časových intervalech přizpůsobených zejména okolním podmínkám prostředí tak, aby celý průběh měření byl zachycen co možná nejpřesněji. Po celou dobu měření se zaznamenává teplota a vlhkost okolního prostředí.

5.7 Pro každou zkoušku se použije sada nejméně tří zkušebních těles, respektive tří měřicích žlabů naplněných čerstvým betonem. Pokud dojde k výkyvu teplot či vlhkosti, je třeba výpočtem a grafickým vyjádřením výsledků zjistit vliv tohoto výkyvu na výsledky měření. O použitelnosti těchto výsledků rozhodne zkušební laboratoř.

6 VÝPOČET A VYJÁDŘENÍ VÝSLEDKŮ

6.1 Z každého provedeného měření se stanoví hodnota smrštění, popř. nabývání jako poměrné přetvoření $\varepsilon_{s,n}$ v mm/m respektive v ‰

$$\varepsilon_{s,n} = \frac{\Delta z_n}{z_0} \cdot 1000,$$

kde Δz_n délková změna měrné základny oproti výchozímu stavu,
 $\Delta z_n = z_n - z$ v mm

z změřená délka měrné základny při zahájení měření v mm,
 z_n změřená délka měrné základny v n-tý den tvrdnutí betonu v mm,
 z_0 původní délka základny.

Pro přehlednost bylo označení měřených a určovaných veličin zachováno v souladu s ČSN 73 1320.

6.2 Při měření na dvou a více základnách umístěných na povrchu tělesa se vyhodnotí aritmetický průměr zjištěných přetvoření. Naměřené hodnoty by se neměly lišit od aritmetického průměru o více než 20%.

6.3 V případě, že během měření dojde u zkušebních těles ke změně podmínek uložení, je zapotřebí zohlednit tento vliv při vyhodnocování poměrných přetvoření a tuto skutečnost zaznamenat.

Hodnoty smršťování respektive nabývání betonu jedné zkoušky se stanoví jako aritmetický průměr poměrných přetvoření stanovených na jednotlivých tělesech zkušební sady.

7 VALIDACE

7.1 Přesnost výsledků zkoušek při třech stanoveních se ověřuje ve stáří 10 hodin a 28 dní od uložení čerstvého betonu do měřicího žlabu.

7.2 Pokud se poměrné přetvoření po 10 hod od uložení do žlabu liší od aritmetického průměru získaného ze tří měření o více než 50 %, pak se hodnoty stanovené na tomto zkušebním tělese vyřadí. Pokud se zbývající dvě hodnoty poměrného přetvoření liší i nadále od jejich aritmetického průměru více než o 50%, je nutné zkoušku opakovat.

7.3 Při měření na dvou a více základnách, umístěných na povrchu tří zkušebních těles, se po 28 dnech od uložení betonu do žlabu vyhodnotí aritmetický průměr zjištěných přetvoření. Naměřené hodnoty by se neměly lišit od aritmetického průměru o více než 20%.

8 ZÁZNAM A PROTOKOL O ZKOUŠCE

8.1 Vzorový formulář pro záznam měření

SMRŠTĚNÍ ZTVRDLÉHO BETONU	OZNAČENÍ VZORKŮ VE ZKUŠEBNÍ SADĚ									Datum/čas teplota/vlhkost
	V1			V2			V3			
	Základna 1	Základna 2	hmotnost	Základna 1	Základna 2	hmotnost	Základna 1	Základna 2	hmotnost	
	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[g]	[mm]	[mm]	[g]	
Z₀										
Z										
Z₁										
ε_{s,1}										
Z₂										
ε_{s,2}										
Z_n										
ε_{s,n}										
Způsob ošetřování	Např.: Vzorky nebyly ošetřovány, po celou dobu měření byly všechny povrchy vzorku vystaveny volnému vysychání									
Odchylky v průběhu měření	Např.: Dne 09. 09. 2009 v 09:30 byl zaznamenán výkyv teploty a vlhkosti vlivem závady klimatizační jednotky									
Měření provedl a zpracoval:										

8.2 Protokol o zkoušce musí obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresa ZL a místo provedení zkoušek,
- b) jednoznačné označení protokolu, každé strany a údaj o celkovém počtu stran,
- c) jméno a adresa zákazníka (příhlašovatele, objednavatele zkoušky),
- d) označení předmětu zkoušky, jeho technický popis, laboratorní číslo vzorku,
- e) datum odběru zkušebních vzorků, datum přijetí do laboratoře a datum provedení zkoušek,
- f) údaje o odběru vzorků, jméno pracovníka, který odběr prováděl
- g) údaje o odchylkách, doplňcích nebo výjimkách ze zkušebních předpisů a další informace, které mají vztah k provedeným zkouškám,
- h) prohlášení o odhadu nejistot měření vztahující se k výsledku zkoušky tam, kde je to vhodné,
- i) tam, kde je to vhodné a potřebné, názory a interpretace,
- j) doplňkové informace požadované specifickými metodami nebo zákazníky,
- k) způsob ošetřování zkušebních těles
- l) teplota a vlhkost prostředí
- m) hodnoty přetvoření v mm, nebo μm
- n) hmotnosti zkušebních těles (pokud jsou sledovány úbytky vlivem vysychání) s minimální přesností na 1 g
- o) grafické zpracování dat, je-li to vhodné
- p) prohlášení o tom, že se výsledky zkoušek dotýkají jen předmětu zkoušek, a že protokol nenahrazuje jiné právní dokumenty (např. správního charakteru), který jsou po objednateli zkoušek orgány státní správy požadovány,
- q) prohlášení, že bez písemného souhlasu vedoucího laboratoře, se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý,
- r) funkce, podpis a plné jméno osoby odpovědné za schválení zkušebního protokolu, datum vyhotovení protokolu.

9 ZÁVĚREČNÁ USTANOVENÍ

9.1 Tento operační postup je vhodný pro využití zejména ve zkušebních laboratořích zaměřených na vlastnosti čerstvého a ztvrdlého betonu. Předpis je závazný při použití měřicího zařízení uvedeného v příloze P1.

10 SOUVÍSEJÍCÍ NORMY

Citované normy:

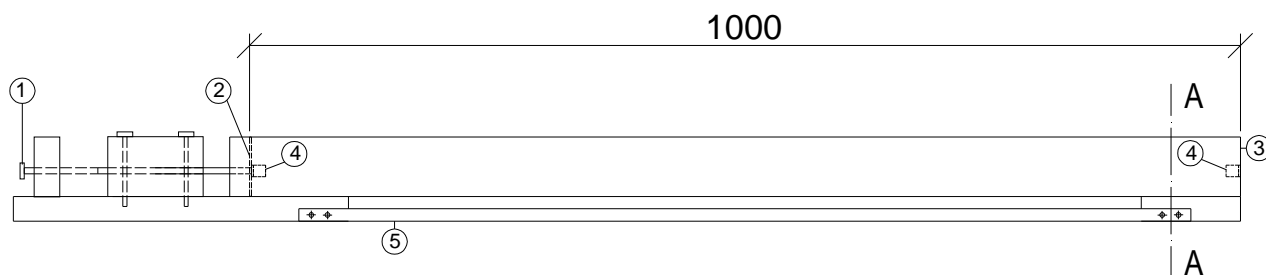
ČSN 73 1320	Stanovení objemových změn betonu, ČNI Praha, 1988
ČSN EN 12 350 – 1	Zkoušení čerstvého betonu – Část 1: Odběr vzorků, ČNI Praha, 2009
ČSN EN 12 350 – 2	Zkoušení čerstvého betonu – Část 2: Zkouška sednutím, ČNI Praha, 2009
ČSN EN 12 350 – 3	Zkoušení čerstvého betonu – Část 2: Zkouška Vebe, ČNI Praha, 2009
ČSN EN 12 350 – 5	Zkoušení čerstvého betonu – Část 2: Zkouška rozlitím, ČNI Praha, 2009
ČSN EN 12 390 – 2	Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti, ČNI Praha, 2009
ČSN 73 1201	Navrhování betonových konstrukcí, ČNI Praha, 1988
ČSN EN 1992	Navrhování betonových konstrukcí, ČNI Praha, 2006

Související normy:

ČSN 73 1320 – Z1	Stanovení objemových změn betonu, ČNI Praha, 2003
------------------	---

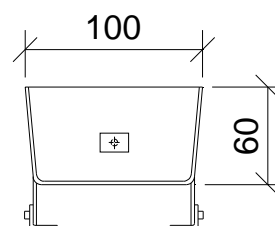
11 PŘÍLOHY

P1

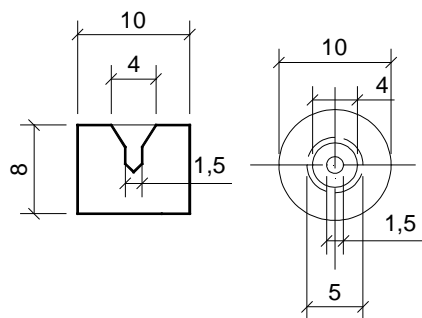


- 1 – kolík pro zajištění polohy posuvného čela
- 2 – posuvné čelo
- 3 – pevné čelo
- 4 – odnímatelné kotvy na obou čelech
- 5 – kovové lišty pro připevnění žlabu k hutnickému stolu

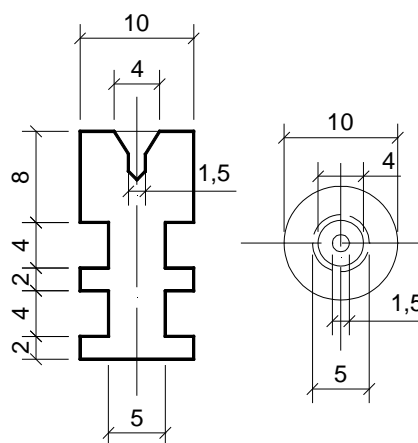
ŘEZ: A - A



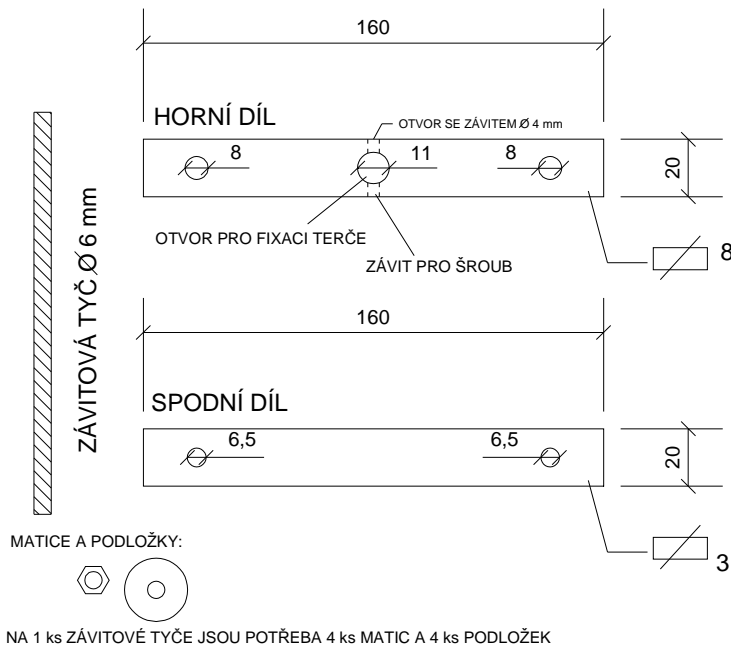
Obr. 1 Upravený měřicí žlab firmy Schleibinger



Obr. 2 Měřicí terč pro nalepení na povrch betonu



Obr. 3 Měřicí terč s možností zabetonování do horního povrchu vyrobeného tělesa



- spodní díl se protáhne v příčném mezi spodními kovovými lištami a dnem měřicího žlabu
- horní díl se přiloží v příčném směru na horní hrany měřicího žlabu
- na jedné závitové tyči jsou vždy dvě podložky v horní části a dvě ve spodní, přičemž mezi sebou svírají horní a spodní díl rámu, celek je pak pevně přitažen ke žlabu pomocí matek
- na jeden měřicí žlab je nutno připevnit alespoň tři rámy pro vytvoření nejméně dvou měrných základů

Obr. 4 Pomocný rám pro zajištění polohy měřících terčů během betonáže