

**TP 187**

**Ministerstvo dopravy České republiky**

**Odbor infrastruktury**

# **Samozhutnitelný beton pro mostní objekty pozemních komunikací**

**Technické podmínky**

Schváleno: MD-OI čj. 1082/07-910-IPK/1 ze dne 5.12.2007 s účinností od  
1.ledna 2008

Česká betonářská společnost ČSSI

Praha, prosinec 2007

## **Obsah:**

1. Úvod
  - 1.1. Možnosti použití
  - 1.2. Terminologie, definice
2. Technologie výroby a vlastnosti betonu
  - 2.1. Složky samozhutnitelného betonu
    - 2.1.1. Kamenivo
    - 2.1.2. Cement
    - 2.1.3. Voda a vodní součinitel
    - 2.1.4. Přísady
    - 2.1.5. Příměsi
  - 2.2. Výroba samozhutnitelného betonu
    - 2.2.1. Výroba a její řízení
    - 2.2.2. Míchání
    - 2.2.3. Doprava
    - 2.2.4. Přejímka na staveništi
    - 2.2.5. Ukládání a zpracování
    - 2.2.6. Ošetřování
  - 2.3. Vlastnosti čerstvého betonu
    - 2.3.1. Zkoušky čerstvého betonu
  - 2.4. Vlastnosti zatvrdlého betonu
    - 2.4.1. Zkoušky zatvrdlého betonu
  - 2.5. Průkazní zkoušky
  - 2.6. Kontrolní zkoušky
3. Technologie výroby prefabrikovaných konstrukcí
  - 3.1. Návrh bednění (formy)
  - 3.2. Zásady aplikace SCC ve výrobě
4. Technologie výroby monolitických konstrukcí
  - 4.1. Návrh bednění
  - 4.2. Zásady aplikace SCC pro monolitické konstrukce
5. Poznámky k navrhování konstrukcí ze samozhutnitelného betonu
  - 5.1. Klasifikace konzistence
    - 5.1.1. Rozlití
    - 5.1.2. Viskozita
    - 5.1.3. prostupnost
    - 5.1.4. Odolnost proti rozměšování
6. Citované a související normy a předpisy

### **Přílohy:**

Příloha 1: Zkoušení čerstvého betonu - Rozlití kužele a čas T500 pro samozhutnitelný beton

Příloha 2: Zkoušení čerstvého betonu: Zkouška V-trychtýřem (V-funnel test)

Příloha 3: Zkoušení čerstvého betonu – Zkouška L-boxem

Příloha 4: Zkoušení čerstvého betonu – Zkouška odolnosti proti segregaci (rozměšování) přes síto

Příloha 5: Zlepšení kvality povrchu samozhutnitelného betonu

Příloha 6: Příklad - Kontrolní a zkušební plán pro výrobu nosníků VSTi2000 ze samozhutnitelného betonu

## 1. Úvod

Samozhutnitelný beton (SCC) byl vyvinut v Japonsku v 90. letech 20. stol. Cílem bylo zejména omezení lidského faktoru ovlivňujícího kvalitu betonu při hutnění. Tím, že hutnění u samozhutnitelného betonu odpadá, zvyšuje se kvalita povrchu a též dojde k lepšímu probetonování oblastí s hustou výztuží a oblastí, které jsou pro vibrování nepřístupné. U nás se SCC začal používat kolem roku 1999 nejprve pro prefabrikované dílce, ale posléze se rychle začal uplatňovat i v monolitických konstrukcích. Zpočátku, šlo o velkoobjemové betonáže s hustým vyztužením, nebo základové bloky, kde se využívalo výhody rychlé betonáže, avšak později se prosadil i v konstrukcích staticky exponovaných a tenkostěnných. Stal se kvalitním materiálem, který je vhodné používat i pro konstrukce mostů na pozemních komunikacích, kde lze v odůvodněných případech využít jeho zvláštních vlastností.

Složení SCC je velmi podobné složení běžného betonu a zejména vysokopevnostních betonů. Tekutosti při zpracování se dosahuje jednak použitím účinných superplastifikátorů (na bázi polykarbonátů) a dále použitím jemné složky, která jako příměs ke kamenivu zajistí snížení viskozity čerstvého betonu. Obvykle se používá buď jemně mletý vápenec, elektrárenský popílek nebo vysokopecní struska. V podmínkách ČR byly aplikovány již všechny tři příměsi a zkušenosti ukazují, že každá z nich má v určitých případech opodstatnění.

Samozhutnitelný beton má tedy složení velmi blízké složení běžného vibrovaného betonu, kde se dnes podobné příměsi běžně využívají. Rozdíl spočívá pouze ve způsobu ukládání a jeho zpracování. Proto je nutné specifikovat podmínky pro jeho složení a zpracování v čerstvém stavu. V zatvrdlém stavu platí pro jeho aplikaci zcela totožná pravidla a podmínky jako pro každý jiný beton. Prokazování kvality a zkoušení zatvrdlého betonu je zcela totožné jako u vibrovaného betonu a platí proto všeobecná pravidla zejména TKP MDČR kap. Č. 18.

### 1.1. Možnosti použití

Vzhledem k tomu, že SCC plní funkci běžného betonu, který se liší pouze způsobem zpracování, je dán obor jeho použití též pouze technologií výroby jednotlivých konstrukcí. Cena SCC je v současné době jen nepatrně vyšší než cena běžného betonu, je proto jeho aplikace ovlivněna zejména technologickými možnostmi a jen omezeně ekonomickými parametry. Výhod u použití SCC je hned několik. i) Dokonalé probetonování konstrukce a vysoká kvalita povrchu, ii) omezení hlučnosti při výrobě vyloučením vibrace (zejména u prefabrikovaných konstrukcí) a tím zlepšení podmínek životního prostředí a iii) urychlení procesu betonáže (vhodné u velkoobjemových konstrukcí). Mezi další výhody lze též počítat možnost betonáže hustě vyztužených konstrukcí, kde by vibrace nebyla ani možná. Mezi nevýhody, které ovlivňují použití SCC patří to, že prvek který se betonuje musí mít téměř horizontální horní plochu, jinak by došlo k vytékání betonu z bednění (lze betonovat do sklonu cca 3%, s nutností úpravy konzistence poslední vrstvy) a dále možnost vyšších tlaků na bednění při betonáži konstrukcí velkou rychlostí. Dosavadní měření, která jsou však jen omezená, ukázala navýšení tlaku o cca 15 – 20% při běžné rychlosti betonáže. Při rychlém plnění bednění je nutné dimenzovat bednění na hydrostatický tlak vyvolaný čerstvým betonem.

U prefabrikovaných konstrukcí, kde lze zajistit horizontální polohu horní plochy prvku, lze používat SCC téměř pro všechny typy konstrukcí, výhody se projevují zejména u konstrukcí nepřístupných pro vibraci jako např. nosníky VSTi v oblasti dolního pásu. Vždy se projevuje výhoda omezení hlučnosti ve výrobě, která je důležitá pro zdraví pracovníků. Další výhodou je, že beton se obvykle nedopravuje na větší vzdálenost a tedy jeho kvalita lze lépe garantovat proti případům, kdy od výroby do zpravování betonu uběhne delší doba.

Aplikace SCC u monolitických konstrukcí je omezena především možností betonáže s téměř horizontální hladinou. Dalším omezením u vysokých konstrukcí může být únosnost bednění. Pro monolitické konstrukce je proto výhodné používat SCC v případech, kdy výztuž je neúměrně hustá, tvar konstrukce neumožňuje přístupnost vibrace, nebo se vyžaduje rychlá betonáž velkých objemů.

Ve všech případech použití SCC je nutné zajistit těsnost bednění, neboť SCC je náchylný na vytékání i malými otvory a štěrbinami, což může mít za následek znehodnocení povrchu nebo i části konstrukce.

## **1.2. Terminologie a definice (část vztahující se speciálně k SCC)**

### **Příměsí**

Jemně tříděný anorganický materiál použitý do betonu za účelem zlepšení určitých vlastností. Podle ČSN EN 206-1 lze použít 2 typy příměsí a) Typ I inertní příměs, b) typ II – pucolánové nebo latentně hydraulické příměsí.

### **Přísada**

Materiál přidávaný do betonu za účelem úpravy vlastností čerstvého nebo zatvrdlého betonu ( např. plastifikátor, provzdušňovací přísada nebo stabilizátor). Vzhledem k množství cementu jde o malá množství.

### **Pojivo**

Cement v kombinaci s příměsí typu II

### **Schopnost vyplňování**

Schopnost čerstvého betonu vyplnit veškerý prostor v bednění bez vnějších zásahů pouze vlastním tečením.

### **Pohyblivost**

Schopnost tečení čerstvého betonu v prostoru neomezovaného bedněním nebo výztuží

### **Tekutost**

Schopnost tečení čerstvého betonu

### **Malta**

Část betonu obsahující pouze cementový tmel a zrna kameniva menší než 4 mm.

### **Tmel**

Část betonu obsahující pouze pojivo, vodu vzduch, popř. příměsi.

### **Prostupnost**

Schopnost čerstvého betonu protéci těsnými otvory (např. mezerami mezi výztuží) aniž by se rozmísil nebo zablokoval otvory.

### **Jemné podíly**

Materiál s velikostí částic menších než 0.125 mm. (Částice cementu, přísad, kameniva, popř. příměsí)

### **Robustnost**

Schopnost betonu si udržet svoje vlastnosti v čerstvém stavu, i když dojde k mírným změnám ve vlastnostech složek nebo jejich množství.

### **Samozhutnitelný beton (SCC)**

Beton, který je schopen téci a ztuhnout se působením vlastní tíhy, dokonale vyplnit bednění i v místech hustého vyztužení, aniž by ztratil svou homogenitu a aniž by byl dodatečně hutněn.

### **Odolnost proti rozměšování**

Schopnost betonu udržet si svou homogenitu, je-li v čerstvém pohyblivém stavu

### **Rozlití kužele**

Střední hodnota průměru rozlití čerstvého betonu při použití běžného (Abramsova) kužele pro měření metodou sednutí kužele.

### **Segregace**

Klesání zrn hrubého kameniva v cementové maltě a tím vznik nehomogenního materiálu.

### **Tixotropie**

Tendence materiálu (např. SCC) ztrácet svou tekutost když je v klidu, a naopak získat zpět svou tekutost, působí-li na něj vnější energie

### **Viskozita**

Vlastnost popisující tečení materiálu (např. SCC). Viskozita vzniká z vnitřního tření a závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi. Větší viskozita znamená větší odpor pohybu kapaliny nebo těles v kapalině.

### **Přísady modifikující viskozitu**

Přísady přidávané do betonu pro zvýšení vnitřní koheze a odolnosti proti rozměšování.

## **2. Technologie výroby a vlastnosti samozhutnitelného betonu**

### **2.1. Složky samozhutnitelného betonu**

#### 2.1.1. Kamenivo

Pro kamenivo používané do samozhutnitelného betonu platí obecné podmínky specifikované ČSN EN 206-1 a TKP kap. 18 další zvláštní požadavky mohou být definovány v projektové dokumentaci nebo v ZTKP.

Běžné kamenivo musí dále vyhovovat ČSN EN 12 620, lehké kamenivo musí odpovídat ČSN EN 13 055-1.

Zrna kameniva menší než 0.125 mm se započítávají do obsahu jemných podílů samozhutnitelného betonu.

Vlhkost, nasákavost, zrnitost a odchylky povolených množství jemných podílů veškerého kameniva je třeba stále pečlivě sledovat a je třeba je vzít v úvahu, pokud je třeba dodržet stálost kvality výroby SCC. Vyprané kamenivo je vhodnější pro svoji menší variabilitu složení. Případná změna dodavatele kameniva může přímo ovlivnit kvalitu SCC a proto musí být pečlivě zvážena a vyhodnocena.

Tvar a čára zrnitosti kameniva jsou velmi důležité pro vlastnosti SCC. Při návrhu složení SCC je třeba tvar i čáru zrnitosti pečlivě sledovat a zajistit její dodržování i při následné hromadné výrobě SCC.

Kamenivo do betonu nesmí být reaktivní s alkáliemi (ČSN EN 206-1, TP 137).

#### *Hrubé kamenivo*

Hrubé kamenivo je vhodné pro výrobu SCC. U lehkého kameniva je třeba navrhovat čerstvý beton s ohledem na možnost vyplavování zrn lehkého kameniva na povrch, čímž by došlo k rozmíšení směsi.

Velikost zrn hrubého kameniva je dána zejména množstvím a polohou výztuže. Obecně se doporučuje aby max. zrno hrubého kameniva nepřesahovalo 16 až 22 mm.

Čára zrnitosti se doporučuje plynulá, neboť ovlivňuje schopnost tečení, prostupnost SCC a dále množství cementového tmelu. Tvar zrn by měl být kulovitý, čímž se snižuje riziko blokace zrn u prostupu mezerami mezi výztuží. Lze použít jak těžené tak i drcené kamenivo.

#### *Drobné kamenivo*

Vliv drobného kameniva na vlastnosti čerstvého SCC je větší než u hrubého kameniva. Velký objem tmelu snižuje vnitřní tření mezi částicemi drobného kameniva. Doporučuje se opět plynulá křivka zrnitosti, kdy je spotřeba cementového tmelu menší.

### 2.1.2. Cement

Pro výrobu SCC lze použít různé cementy vyhovující ČSN EN 197-1. Správná volba cementu je obvykle spíše dána konkrétními požadavky na použití SCC nebo aktuální nabídkou výrobce, než požadavky na samozhutnitelný beton.

Při volbě druhu cementu je třeba respektovat zejména druh konstrukce a prostředí ve kterém se nachází. Je třeba respektovat požadavky TP 137 MD s ohledem na použití v betonech s potenciálně reaktivním kamenivem.

### 2.1.3. Záměsová voda a vodní součinitel

Pro záměsovou vodu platí ČSN EN 1008 a její použití ČSN EN 206-1. Pro výrobu samozhutnitelného betonu se nesmí použít recyklovaná záměsová voda.

Vodní součinitel musí odpovídat ČSN EN 206-1 a je závislý na stupni vlivu prostředí. V případě SCC se stanovuje s ohledem na množství jemných složek v betonu s využitím koncepce k-hodnoty.

### 2.1.4. Přísady

Pro správnou funkci SCC jsou nedílnou součástí složení superplastifikátory a obsah vody snižující přísady vyhovující ČSN EN 934-2. Přísady upravující viskozitu mohou být rovněž použity pro snížení segregace a citlivosti směsi na kolísání poměru ostatních složek, zejména vlhkosti kameniva. Přísady provzdušňující, urychlující a zpomalující tuhnutí mohou být použity podobně jako u běžných betonů. Vždy je třeba vyzkoušet optimální okamžik dávkování. Všechny přísady musí vyhovovat ČSN EN 934-2.

Přísady pro optimalizaci vlastností SCC a jejich dávkování může být závislé na kvalitě ostatních složek (zejména na druhu cementu), proto při jakékoli změně složení SCC je nutné znovu ověřit jejich funkci.

#### *Ztekucující přísady*

Funkce ztekucujících přísad musí být ověřena pro používaný druh cementu. Jejich dávkování může být najednou při míchání betonu nebo po částech, kdy se část přidává v betonárně a další část v autodomíchači bezprostředně před ukládáním betonu do bednění.

#### *Přísady upravující viskozitu*

Přísady upravují viskozitu aniž by výrazně měnily tekutost SCC. Používají se někdy pro zvýšení robustnosti směsi s cílem omezit vliv kolísání vlhkosti kameniva, množství vody v betonu nebo změn v granulometrii kameniva. Nejsou uvedeny v ČSN EN 934-2, měly by však ustanovení této normy vyhovovat. Dodavatel by měl uvést důkaz o jejich vlastnostech.

### *Provozdušňující přísady*

Mohou se použít i u SCC s ohledem na jeho trvanlivost. Jejich použití může být problematické s ohledem na únik vzduchu při ukládání betonu. Je třeba u každé nové směsi ověřit jejich vliv na konzistenci, dobu zpracovatelnosti a na segregaci SCC.

### *Pigmenty*

Použití pigmentů se řídí stejnými pravidly jako u běžných betonů. Protože mohou ovlivnit vlastnosti čerstvého SCC je nutné vlastnosti betonu ověřit průkaznými zkouškami.

### *Vlákna*

V SCC lze používat vlákna podobně jako v běžném betonu. Zejména dlouhá vlákna (např. ocelová pro zachycení tahových sil) mohou ovlivnit průchodnost SCC výztuží, proto je třeba působení vláken ověřit pro každý návrh složení betonu zkouškami.

## 2.1.5. Příměsi

Příměsi se používají zejména pro zlepšení vlastností SCC v čerstvém stavu – zajištění schopnosti samohutnění. Příměsi typu II (hydraulické/pucolánové) navíc umožňují redukcí množství cementu za účelem snížení hydratačního tepla a smršťování.

Příměsi typu I (inertní) jsou obvykle minerální mikroplniva (jemně mletý vápenec nebo dolomit), jako příměsi typu II (hydraulické/pucolánové) se používají elektrárenský popílek, křemičitý úlet nebo jemně mletá granulovaná struska.

U příměsí je nutné pravidelně kontrolovat jejich složení a granulometrii, protože může ovlivňovat zejména kvalitu povrchu SCC.

### *Minerální mikroplnivo*

Ovlivňuje spotřebu záměsové vody a případně citlivost na množství záměsové vody. Vhodné je kamenivo na bázi uhličitanu vápenatého. Vhodná frakce vzniká, pokud většina zrn je menších než 0,063 mm. Pak lze dosahovat vysoké kvality povrchu betonu. Požadavky na mleté vápence jsou uvedeny v ČSN 72 1220.

### *Popílek*

Popílek se používá velmi často pro jemnost mletí a příznivou cenu. Jeho vlastnosti musí vyhovovat ČSN EN 450-1. Pro aplikace na mostech PK musí být splněny požadavky TKP kap. 18 čl. 18.2.2.5.

### *Křemičitý úlet*

Křemičitý úlet (vyhovující ČSN EN 13 263) působí velmi příznivě na vývoj pevnosti betonu, umožňuje snížení množství cementu a má velmi příznivé účinky na kvalitu a odolnost povrchu, omezuje krvácení betonu. Může působit problémy při nepravidelných dodávkách betonu vznikem nechtěné pracovní spáry.

### *Jemně mletá granulovaná vysokopepční struska*

Je součástí cementů CEM II a CEM III, ale někdy se dodává jako zvláštní příměs. Může způsobit rychlejší nárůst pevnosti, zvýšení odolnosti betonu proti mrazu a agresivním vlivům, avšak ve větším množství může ovlivnit nepříznivě stabilitu SCC, což může vést



k problémům s rovnoměrností konzistence. Vlastnosti vysokopecní strusky musí odpovídat ČSN EN 12620.

#### *Ostatní příměsi*

Metakaolin, přírodní pucolán, přírodní sklo a další jemná plniva se mohou použít jen pokud budou jejich vlastnosti doloženy s ohledem na jejich působení v betonu a to z hlediska krátkodobého i dlouhodobého.

## **2.2. Výroba samozhutnitelného betonu**

Samozhutnitelný beton je citlivý na přesnost dávkování jednotlivých složek. Musí být proto veškeré operace spojené se skladováním a dávkováním složek pečlivě sledovány. SCC se smí vyrábět jen v betonárnách se systémem kontroly jakosti (TKP kap. 18, čl. 18.1.3). Personál musí být vyškolen speciálně pro výrobu samozhutnitelného betonu.

### **2.2.1. Výroba a její řízení**

Pro řízení výroby SCC platí ustanovení ČSN EN 206-1 kap. 9 a TKP kap. 18, čl. 18.3.5. Skladování složek je shodné se skladováním složek pro běžný beton, avšak vzhledem k citlivosti na dávkování se doporučuje skladování věnovat větší pozornost zejména s ohledem na zajištění rovnoměrnosti a stálosti vlastností všech složek. Zejména kamenivo je třeba skladovat tak, aby bylo vyloučeno míchání různých frakcí nebo druhů. Dále je třeba minimalizovat kolísání vlhkosti a jemných podílů v kamenivu na skládce. U venkovních skládek by měl být zajištěn odvod dešťové vody.

Cementy a příměsi a přísady lze skladovat obvyklým způsobem. Doporučuje se, aby veškerý potřebný materiál byl k dispozici ve skladu, aby se předešlo odchýlkám ve vlastnostech jednotlivých složek.

### **2.2.2. Míchání samozhutnitelného betonu**

Pro SCC lze použít jakákoli běžná míchačka, avšak míchačky s nuceným oběhem jsou vhodnější. Míchačka musí být v dobrém stavu a zajišťovat rovnoměrné a účinné míchání tak, aby došlo k dokonalému rozptýlení a aktivaci superplastifikátoru. Dávkovací zařízení jako pro běžné konstrukční betony má postačující přesnost dávkování i pro SCC. Je vhodné, aby míchací zařízení bylo vybaveno konzistoměrem.

Doba míchání může být delší než u běžného betonu, je nutné ověřit dobu míchání zkouškami. Též pořadí vkládání složek do míchačky je třeba ověřit pro každý druh SCC. Ověřovací zkoušky mají objemově odpovídat min. polovině objemu míchačky.

Před zahájením výroby SCC se doporučuje provést zkoušky, aby se ověřily vlastnosti čerstvého i zatvrdlého betonu (TKP 18, Příl. 1).

Větší množství tmelu a tekutost SCC komplikují proces míchání. Mohou vznikat „koule“ z nepromíchaných částí složek. Proto se doporučuje nejprve promíchat směs tužší a pak ji teprve upravit do konečné konzistence, tzn. část vody a superplastifikátor se doplní až v konečné fázi míchání.

Okamžik dávkování přísad je významný pro jejich účinnost. Přísady ovlivňující viskozitu se dávkuje spíše později. Přísady se dávkuje přímo do míchačky (malá množství je nutno dávkovat do vody, eventuálně části vody) nebo se dávkuje společně s vodou. Pro vzdušňovací přísady se obvykle dávkuje před plastifikátorem, kdy je beton ještě tužší.

Odladěný postup dávkování a množství přísad a mezičasy míchání se uvedou v technologickém postupu výroby SCC a pak se musí striktně dodržovat.

Dávkovací zařízení se kvůli vysoké účinnosti zejména plastifikátorů musí pravidelně kalibrovat.

Během výroby může docházet k odchýlkám ve vlastnostech složek, nejčastěji ve vlhkosti kameniva. Proto je nutné neustále výrobu kontrolovat, zejména konzistenci (např. podle konzistoměru) a upravit podle doporučení zkušeného technologa dávkování.

### 2.2.3. Doprava

Doprava betonu v závodech pro výrobu prefabrikovaných dílců může využívat prostředků bez nuceného míchání, protože jde obvykle o krátké vzdálenosti a doba od míchání do ukládky obvykle nepřesahuje cca 15 min. Přitom je třeba v maximální míře omezit vliv nerovností na otřesy při dopravě, aby nedošlo k segregaci hrubého kameniva. Pro dopravu na větší vzdálenosti (většinou monolitické konstrukce, nebo výroba prefabrikátů, kde betonárna není přímo v místě výroby) se používají autodomíchávače. Čas dopravy musí odpovídat vlastnostem SCC a musí být zajištěna požadovaná konzistence v místě ukládky betonu do bednění. Jednotlivé dodávky betonu musí být stanoveny časovým plánem, aby nedocházelo k dlouhodobějšímu přerušování dodávek a vzniku neplánovaných pracovních spár. Tečení betonu do bednění by mělo být pokud možno kontinuální. To je zejména nutné v případě betonáže plnicím otvorem na spodní straně bednění.

Vzhledem k citlivosti SCC na dobu zpracovatelnosti se někdy doporučuje dávkovat plastifikátor částečně až po příjezdu autodomíchávače na staveniště. Pak obsluha doplní superplastifikátor a po dalším promíchání teprve dojde k převážce a dále k dopravě betonu do bednění. Takový postup musí být předem odzkoušen a zdokumentován v technologickém postupu na konkrétní betonáž. Úprava konzistence betonu je prováděna výhradně vyškoleným technologem.

Doprava po staveništi se zpravidla provádí čerpáním.

### 2.2.4. Přejímka na staveništi

V případě transportbetonu je nutné kontrolovat kvalitu betonu před jeho ukládkou do bednění. Zdokumentovaný a standardizovaný postup musí být dohodnut mezi výrobcem a odběratelem. Kromě vizuální kontroly betonu z každého autodomíchávače se doporučuje provést zkoušku rozlitím za účasti zkušeného pracovníka. Při této zkoušce lze zjistit též sklony SCC k segregaci, což může být důvodem odmítnutí dodávaného betonu.

### 2.2.5. Ukládání betonu

Beton je do bednění napouštěn pomocí čerpadla nebo je bednění plněno rukávem bádie. Beton nelze nechat padat přes výztuž volným pádem. Ve výztuži je třeba ponechat otvory pro potrubí čerpadla nebo pro rukáv bádie, které mají dosahovat až k hladině betonu. Beton

se v bednění nechá volně roztékat až dosáhne vodorovné hladiny. Použití vibrátoru se nepřipouští, neboť vede spíše k rozměšování směsi než ke zvýšení hutnosti. Podobně nepříznivě se může projevovat i jiný zdroj otřesů v blízkosti betonované konstrukce. Při ukládání betonu se kontroluje průběžně, zda nedochází k segregaci, blokování betonu při průchodu vyztužením a zda nedochází k nadměrnému úniku vzduchových bublin. Neustále je nutné kontrolovat těsnost bednění.

Ukládání betonu se provádí až po provedení kontroly vlastností čerstvého betonu. Beton se do bednění ukládá tak, aby vzdálenost kam má dotéci nepřesahovala cca 10 m. Rychlost ukládání je závislá na množství výztuže, na únosnosti bednění a na schopnosti úniku vzduchu z čerstvého betonu. Nejvhodnější je kontinuální ukládka relativně menší rychlostí. Při plnění bednění přímo z autodomíchače nebo z bádie se užívá plechových skluzů, čímž se dosahuje pomalého plnění na větší ploše a omezuje se nebezpečí rozmišení betonu.

Čerpání betonu do bednění lze provádět dvěma způsoby. Čerpání otvorem v bednění od spodu má výhodu vyšší kvality betonu. Čerstvý beton vyplňuje bednění od spodu a vytlačuje dříve dodaný beton nahoru. V tomto případě je zejména důležitá kontinuální dodávka betonu. při vyšších stěnách lze část stěny čerpat od spodu a pak přesunout čerpání do dalšího otvoru ve vyšší úrovni a dočerpat opět od spodu další vrstvu.

Při čerpání betonu do bednění shora není třeba mít speciální otvor v bednění opatřený ventilem, ale hadice se vsune do bednění shora. Nejvhodnější je, když je hadice mírně ponořena pod hladinu betonu, omezuje se tak vnikání vzduchu do betonu.

Betonáž desek nevyžaduje takovou tekutost betonu jako betonáž stěn a sloupů. Úprava povrchu se provádí buď stahováním vibrační latí – jen v případě betonu s malým rozlitím, nebo ručně ocelovým příčným hladítkem. Samozhutnitelný beton má vlivem „medové“ konzistence sklon k lepení ke hladítku, je třeba postupovat velmi opatrně. U desek lze dosáhnout sklonu až cca 3%. Při větším sklonu je použití SCC nevhodné.

Betonování pod vodou lze provádět podobně jako u běžného betonu. Potrubí od čerpadla betonu musí být ponořeno do betonu. Nejvhodnější je betonovat od spodu nahoru podobně jako se betonují piloty.

#### 2.2.6. Ošetřování samozhutnitelného betonu

Protože SCC má obvykle nízký vodní součinitel a více cementového tmelu, je jeho povrch náchylnější k rychlému vysychání. Proto je nutné s ošetřováním začít co nejdříve po uložení betonu. Nejvhodnější je udržovat vlhkost povrchu na úrovni rel. vlhkosti vzduchu 98% (vodní mlha). Ihned po zavedení povrchu jej lze opatřit nástřikem proti odpařování vody a pak po získání minimální pevnosti povrch zakrýt vlhkou geotextilií a PE fólií. Povrch, který je v bednění se ošetřuje až po odbednění, a to tak, aby nedošlo k rychlému vysychání povrchu, tj. ihned po odbednění se povrch vystaví mlžení, či kropení a zakryje se podobně jako povrch, který nebyl v bednění. Další postupy ošetřování jsou shodné s postupy u běžného betonu. Minimální doba a způsob ošetřování se stanoví na základě průkazných zkoušek (v závislosti na rychlosti nárůstu pevnosti a vývoje hydratačního tepla). Minimální doba ošetřování se řídí ČSN EN 206-1 a ČSN P ENV 13670-1 vč. Příl. E. Je třeba respektovat požadavky TKP kap. č. 18 s ohledem na podmínky okolního prostředí. Doporučuje se však s ohledem na vznik trhlin ošetřovat SCC alespoň 4 dny.

### 2.3. Vlastnosti čerstvého betonu

Samozhutnitelný beton je pouze zvláštní druh betonu s ohledem na zpracování bez vibrace. Z toho plynou požadavky na některé vlastnosti, které se u běžného betonu nesledují. Jde především o tekutost, viskozitu, prostupnost a odolnost proti segregaci. Podle Evropské směrnice pro samozhutnitelný beton [2], lze stanovit různé třídy pro výše uvedené vlastnosti. Některé parametry jsou uvedeny též v návrhu Z3 ČSN EN 206-1.

Rozlití se stanovuje ve 3 třídách dle Tab. 1. Zkouška rozlití (Abramsova) kužele se provádí podle popisu uvedeného v příloze P1. Pro informaci je uveden stupeň rozlití dle Z3 EN 206-1.

Tab. 1 Třídy rozlití kužele

Třída	Rozlití [mm]	Stupeň rozlití dle Z3 ČSN EN 206-1
SF1	550 – 650	F5
SF2	660 – 750	F6
SF3	760 – 850	F7

Prostupnost přes výztuž betonových konstrukcí se stanovuje ve dvou třídách podle Tab. 2. Zkouška se provádí metodou L- Box, která je popsána v příloze P3.

Tab. 2 Třídy prostupnosti

Třída	Prostupnost
PA1	$\geq 0.8$ přes 2 výztužné pruty
PA2	$\geq 0.8$ přes 3 výztužné pruty

Viskozita se stanovuje ve dvou třídách. Zkouška se provádí pomocí V – trychtýře (Příloha P2), kde se měří čas protečení obsahu trychtýře v sekundách. Kritéria pro jednotlivé třídy jsou uvedena v Tab. 3.

Tab. 3. Třídy viskozity

Třída	$T_{500}$ [s]	Čas zkoušky V – trychtýřem [s]
VS1/VF1	$\leq 2$	$\leq 8$
VS2/VF2	$\geq 2$	9 – 25

Odolnost proti segregaci se zkouší na sítích a kategorizuje se ve dvou třídách (Tab. 4) Popis zkoušky je uveden v Příloze P4.

Tab. 4 Třídy odolnosti proti segregaci

Třída	Odolnost proti segregaci [%]
SR1	$\leq 20$
SR2	$\leq 15$

Požadavky na beton pro jednotlivé konstrukce se stanoví s ohledem na jejich charakter a postupy betonáže.

Další požadavky na čerstvý beton jsou již shodné s požadavky na běžný beton.

### 2.3.1. Zkoušky čerstvého betonu

U čerstvého betonu se provádějí zkoušky zaměřené především na výše uvedená kritéria. Jako nejjednodušší a přitom velmi účinná zkouška se používá metoda rozlití kužele. Abramsův kužel lze použít v poloze jako je běžné u zkoušky sednutí kužele pro běžný beton (popis v příloze P1) nebo lze plnit kužel v obrácené poloze, tzn. užší podstavou směrem dolů. V této druhé variantě se dá ještě posoudit schopnost průniku betonu zúženým profilem, tedy schopnost prostupnosti.

Prostupnost a odolnost proti blokaci se zjišťuje zkouškou L-box. Podrobný popis je uveden v příloze P3.

Viskozitu lze zjišťovat buď z rozlití (měření času, kdy rozlití dosáhne průměru 500 mm, nebo pomocí V – trychtýře (Příloha P2).

Pro průkazní zkoušky při vývoji složení čerstvého betonu lze používat všechny uvedené zkoušky. Pro kontrolní zkoušky při standardní výrobě se doporučuje používat zejména zkoušku rozlitím. Ta je z praktického hlediska nejjednodušší, ale zároveň poskytuje poměrně hodně informací o kvalitě čerstvého betonu. Vyžaduje však vyhodnocení zkušeným pracovníkem. Pro zkoušku prostupnosti lze doporučit zkoušku L-boxem. Při kontrolních zkouškách však není nutné provádět tyto zkoušky tak často jako zkoušku rozlitím, ale spíše jen v případech, kdy při zkoušce rozlitím dojde k pochybnostem o předepsané kvalitě čerstvého betonu.

Kritéria shody pro čerstvý samozhutnitelný beton dle [2]:

Tab. 5 Kritéria shody pro samozhutnitelný beton

Vlastnost	Kritéria
Třída rozlití kužele (Slump flow ) SF1	$\geq 520$ mm, $\leq 700$ mm
Třída rozlití kužele (Slump flow ) SF2	$\geq 640$ mm, $\leq 800$ mm
Třída rozlití kužele (Slump flow ) SF3	$\geq 740$ mm, $\leq 900$ mm
Třída rozlití specifikovaná určenou hodnotou	$\pm 80$ mm od určené hodnoty
Třída ze zkoušky V trychtýřem (V-Funnel test) VF1	$\leq 10$ s
Třída ze zkoušky V trychtýřem (V-Funnel test) VF2	$\geq 7$ s, $\leq 27$ s
Třída ze zkoušky V trychtýřem specifikovaná urč. hodnotou	$\pm 3$ s
Třída ze zkoušky L-boxem PA1	$\geq 0,75$
Třída ze zkoušky L-boxem PA2	$\geq 0,75$
Třída ze zkoušky L-boxem specifikovaná urč. hodnotou	Ne více než 0,05 pod urč. hodn.
Třída ze zkoušky odolnosti proti segregaci přes síta SR1	$\leq 23$
Třída ze zkoušky odolnosti proti segregaci přes síta SR1	$\leq 18$

## **2.4. Vlastnosti zatvrdlého samozhutnitelného betonu**

Samozhutnitelný beton, jak již bylo zmíněno v úvodu se liší od běžného betonu pouze způsobem zpracování výsledné požadované vlastnosti jsou proto velmi podobné jakou vibrovaného betonu. Během zkoušek za dobu co se samozhutnitelný beton u nás vyrábí bylo zjištěno, že skutečně většina vlastností je téměř shodná s vlastnostmi běžného betonu, tj. případné odchylky jsou v mezích běžného statistického rozptylu.

Při návrhu složení samozhutnitelného betonu pro určitou pevnostní třídu se obvykle u samozhutnitelného betonu dosahuje vyšších pevností. Tzn., že samozhutnitelný beton s přibližně stejným složením jako běžný beton má cca o jednu třídu vyšší pevnost v tlaku.

Pevnost SCC v tahu bývá podobná pevnosti v tahu u běžného betonu neboť objem tmelu neovlivňuje výrazně pevnost v tahu.

Naopak samozhutnitelný beton mívá o něco menší modul pružnosti než běžný vibrovaný beton. Vysvětlení lze patrně nalézt v tom, že samozhutnitelný beton obsahuje větší množství tmelu, zrna hrubého kameniva nebývají v kontaktu. Při zatěžování nedochází k hranovým napětím na povrchu zrn kameniva a pevnost je tedy vyšší. Na druhé straně větší množství tmelu se trochu více dotlačuje a klesá tak modul pružnosti. Tyto poznatky lze brát jako orientační, závisí na konkrétním složení samozhutnitelného betonu, jaké pevnosti a moduly budou dosaženy.

Objemové změny na pozorovaných vzorcích byly v řádu objemových změn běžných betonů. Odchylky jsou opět v mezích statistického rozptylu.

Pro navrhování nosných konstrukcí ze samozhutnitelného betonu lze proto používat všechna normová ustanovení, která se používají pro běžný beton. Pro podrobné statické výpočty zejména u složitějších konstrukcí lze doporučit (to platí i pro běžné betony) vycházet z materiálových hodnot určených měřeními na vzorcích konkrétního betonu spíše než z hodnot stanovených v návrhových normách.

Mrazuvzdornost, nasákavost, odolnost proti CHRL a další vlastnosti jsou závislé na konkrétním složení samozhutnitelného betonu a musejí se prokázat příslušnými zkouškami stejně jako u běžného betonu.

### **2.4.1. Zkoušky zatvrdlého betonu**

Pro zkoušení zatvrdlého samozhutnitelného betonu platí shodná pravidla jako pro běžný beton. Sledují se mechanické vlastnosti: pevnost v tlaku, pevnost v tahu, pevnost v příčném tahu, modul pružnosti, objemová hmotnost, případně smršťování a dotvarování. Z dalších vlastností lze podle potřeby sledovat mrazuvzdornost, odolnost proti účinkům CHRL, vodotěsnost, a popř. další vlastnosti, pokud jsou rozhodující pro správnou funkci posuzované konstrukce. Zkoušky jsou shodné jako pro běžné betony, neboť se předpokládá, že samozhutnitelný beton se odlišuje od běžných betonů pouze způsobem ukládání do bednění. Pro zkoušení proto platí příslušné normy, dále ČSN EN 206 – 1 a TKP kap. 18, odst. 18.2.4, 18.2.5.

## **2.5. Průkazní zkoušky samozhutnitelného betonu**

Průkazní zkoušky u zatvrdlého samozhutnitelného betonu se provádějí shodně s průkazními zkouškami pro běžný konstrukční beton. Podrobný popis je uveden v TKP kap. 18, příloha P1. Pro provzdušněné betony platí TKP kap. 18, příloha P2.

U stanovení vlastností čerstvého betonu je třeba doplnit výsledky zkoušek zpracovatelnosti a prostupnosti. Zpracovatelnost se doporučuje zkoušet metodou rozlití a prostupnost metodou L-box (Příloha P1, P3).

## **2.6. Kontrolní zkoušky samozhutnitelného betonu**

Kontrolní zkoušky betonu se provádějí podle zásad uvedených v TKP kap. 18 odst. 18.5.1 a 18.5.2. U samozhutnitelného betonu je třeba klást větší důraz na kontrolu čerstvého betonu (ve srovnání s běžným betonem) neboť konzistence a viskozita přímo ovlivňují zpracovatelnost samozhutnitelného betonu. Kontrolní zkoušky čerstvého betonu (zvláště zkouška rozlitím) se proto provádějí ihned po vyrobení betonu ve výrobně a pak též na staveništi bezprostředně před uložením betonu do bednění.

Zkouška na betonárně se provádí v rozsahu definovaném ČSN EN 206 – 1 popř. častěji pokud to vyžaduje kontrolní a zkušební plán.

Zkoušky na staveništi před ukládkou betonu do bednění (zkouška rozlitím) se provádí min. jednou z každého autodomíchávače. Zkouška rozlitím lze doplnit v případě pochybností o zkoušku L-boxem. Avšak běžně se považuje úspěšná zkouška rozlitím za dostatečný průkaz kvality SCC.

Zkoušky na staveništi je zejména nutné provádět v případě, že dochází k dávkování části přísad až po příjezdu na staveniště.

Četnosti kontrolních zkoušek musejí být v souladu s TKP kap.18 tab.18-5.

### **3. Technologie výroby prefabrikovaných dílců**

Prefabrikované dílce jsou konstrukce velmi vhodné pro aplikaci samozhutnitelného betonu, protože se tam jeho výhody mohou mnohokrát zúročit. Výhodou je obvykle malá vzdálenost mezi míchacím centrem a místem ukládání betonu a tedy požadovaná krátká doba zpracovatelnosti betonu. Výrobní formy mohou být velmi zjednodušené, neboť odpadá vibrace. Jejich životnost se prodlužuje, resp. jejich konstrukce nemusí být tak masivní jako pokud se používá vibrace. Snížené náklady na formy vedou k možnosti větší variability prefabrikovaných dílců. Odpadnutí vibrace je velmi významné v prostoru výroby. Výrazně se snižuje hlučnost a vibrace ve výrobní hale.

Pracovní postupy lze upravit tak, že formy se postaví do polohy, aby horní strana bednění byla vodorovná a beton se do forem pouze nalévá. Pozornost je nutné věnovat způsobu plnění forem. Beton nesmí padat z výšky, zejména je-li vypouštěn z hadice. Nejlépe se osvědčují plechové skluzy, kde se beton rozlije na širší plochu a přes hranu skluzu postupně spadá do bednění. Postupné plnění nižší rychlostí po vrstvách umožňuje odvedení přebytečného vzduchu a postupné zhutnění betonu. Nedohází k vlnění hladiny betonu a výsledný povrch konstrukce dosahuje vysoké kvality.

#### **3.1. Návrh bednění (formy)**

Formy pro prvky z SCC se navrhují s ohledem na geometrii dílce (půdorysné rozměry a výška) a s ohledem na předpokládaný počet opakování betonáže. Pro SCC vyhovují existující ocelové formy užívané pro vibrovaný beton. Pokud se navrhují nové formy, v řadě případů vyhovují formy dřevěné nebo vyrobené z vodovzdorné překližky. U prefabrikovaných dílců, kde se předpokládá více opakování betonáže se doporučuje navrhovat formu na hydrostatický tlak betonu na bednění.

Povrch formy se opatří vhodným odbedňovacím nátěrem s ohledem na použité složení betonu. Druh nátěru se musí odzkoušet pro konkrétní složení betonu a konkrétní povrch formy.

#### **3.2. Zásady aplikace SCC ve výrobě**

Aplikace SCC ve výrobě vyžaduje splnění běžných předpisů a doporučení zmíněných výše. Jejich požadavky lze shrnout stručně do následujících bodů

- a) Návrh složení SCC s ohledem na charakter vyráběných dílců
- b) Odzkoušení SCC v čerstvém a zatvrdlém stavu
- c) Případné úpravy složení
- d) Provedení průkazných zkoušek
- e) Betonáž zkušební dílce
- f) Případné úpravy technologického postupu výroby, resp. drobné úpravy složení betonu (např. množství a dávkování přísady, úprava množství vody, apod.)
- g) Zkušební provoz
- h) Dokumentace technologického postupu a kontrolní a zkušební plán
- i) Sériová výroba dílců



## **4. Technologie výroby monolitických konstrukcí**

Samozhutnitelný beton lze s výhodou využít i pro některé monolitické konstrukce. Při návrhu tohoto řešení je třeba uvážit okolnosti, které rozhodnou o výhodnosti aplikace SCC. Použití SCC může urychlit betonáž, zvýšit kvalitu povrchu betonové konstrukce, zajistí probetonování i těžko přístupných míst, kde se vibruje obtížně, nebo vibrovat ani nelze. Na druhé straně lze pomocí SCC betonovat pouze ty části konstrukce, které mají vodorovný povrch nebo povrch s malým sklonem. To je významné omezení pro řadu konstrukcí na pozemních komunikacích. Bednění musí být masivnější a zejména jeho utěsnění musí být téměř dokonalé, aby nedocházelo k vytékání betonu.

Betonáž pomocí SCC je náročnější na dodržování všech technologických postupů. Betonárna musí být v přiměřené vzdálenosti, aby beton bylo možné včas dopravit na stavbu, betonárna musí splňovat přísnější požadavky na řízení kvality výroby a musí mít s výrobou SCC zkušenosti. Doprava pomocí autodomíchávačů musí být spolehlivá – je nutné vyloučit nebo výrazně omezit nebezpečí dopravních zácp, nebo jiných okolností, které by ohrožovaly pravidelnost dodávek betonu na stavbu.

U konstrukcí, které mají sklon povrchu malý (cca do 3%), lze navrhnout upravené složení SCC pro poslední vrstvu betonu, aby se beton ve sklonu udržel. Přitom je třeba vzít v úvahu fakt, že poslední vrstva se betonuje na hladině předchozí vrstvy a že tedy plave na minulé vrstvě SCC. Nelze stanovit přesná pravidla pro takovou betonáž. Nejlépe se osvědčuje postup betonáže ověřit na modelu konstrukce. Vrchní vrstva s vyšší viskozitou, která zajišťuje udržení sklonu, je obvykle „medovitého charakteru“ a obtížněji se hladí, doporučuje se používat ocelová hladítka. Konečná úprava povrchu má být součástí případného ověřovacího experimentu. Při betonáži konstrukcí se vyžaduje přítomnost technologa nebo zpracovatele receptury.

### **4.1. Návrh bednění**

Bednění pro SCC musí být staticky posouzeno na očekávaný tlak betonu, musí být dostatečně tuhé a velmi těsné. Všechny spáry musí být vyplněny pěnou nebo tmelem, aby beton nemohl vytékat.

Tlak SCC na bednění závisí na charakteru betonu (zejména konzistenci, viskozitě a tixotropii), na způsobu betonáže (od spodu, od shora) a na rychlosti betonáže. Při rychlé betonáži a betonáži od spodu se doporučuje dimenzovat bednění na hydrostatický tlak betonu. Ten je velmi nepříznivý a při větších výškách konstrukce (více než cca 4 m) již standardní bednění tlaku betonu nejsou obvykle schopny vyhovět, nebo se jejich konstrukce značně prodražuje.

Při betonáži plnicím otvorem od spodu se doporučuje vyšší konstrukce rozdělit na vrstvy (cca po 2 m) a po naplnění jedné vrstvy přesunout hadici do dalšího otvoru na spodní straně vyšší vrstvy. Při pomalejším kontinuálním plnění beton spodní vrstvy vlivem tixotropie a počátku tuhnutí netlačí na bednění plným hydrostatickým tlakem.

Při betonáži shora lze vhodným postupem plnění bednění tlak významně zredukovat. Podle některých zkušeností tlak nemusí být o více než cca 20% větší než u běžného betonu, nebo

v některých případech může být i nižší než u běžného betonu vzhledem k neexistenci vibrace, která bednění významně zatěžuje. Pro redukci tlaku na bednění se doporučuje použít beton s větší viskozitou, plnit bednění kontinuálně pomalu, tak aby při dosažení výšky cca 3 m již spodní vrstvy betonu začaly tuhnout. Takový postup lze odladit i nastavením rychlosti tuhnutí čerstvého betonu.

Návrh bednění pro SCC musí provádět zkušený pracovník ve spolupráci s technologem, který navrhuje vlastnosti čerstvého SCC.

Při betonáži speciálních konstrukcí, které jsou obtížněji kontrolovatelné (vrubové klouby, bloky pod ložisky, kotevní oblasti, apod.) se doporučuje ověřit skutečné vyplnění prostoru bednění na modelu. Obtížněji přístupné formy a bednění se musejí opatřit odvzdušňovacími trubičkami, aby se zajistil odvod vzduchu a dokonalé vyplnění celého prostoru formy resp. bednění.

#### **4.2. Zásady aplikace SCC pro monolitické konstrukce**

Pro aplikaci SCC platí výše uvedené předpisy zejména ČSN EN 206-1 a TKP kap. 18. Shrnutí pravidel pro aplikaci SCC pro mosty na PK:

- a) Specifikace požadavků na SCC a vyhodnocení vhodnosti jeho použití s ohledem na druh konstrukce
- b) Návrh složení SCC
- c) Odzkoušení SCC v čerstvém a zatvrdlém stavu
- d) Případné úpravy složení
- e) Provedení průkazných zkoušek
- f) Betonáž experimentálního modelu (je-li nutná)
- g) Případné úpravy technologického postupu betonáže, resp. drobné úpravy složení betonu (např. množství a dávkování přísady, úprava množství vody, apod.), (případně i ve větším rozsahu než umožňuje Z3 EN 206-1 (čl. 9.5.1)).
- h) Stanovení postupu a časového plánu betonáže včetně výroby, dopravy a způsobu ukládání SCC.
- i) Dopracování a dokumentace kompletního technologického postupu a kontrolní a zkušební plán
- j) Betonáž konstrukce a ošetřování betonu

## 5. Poznámky k navrhování konstrukcí z SCC

Jak již bylo vícekrát zmíněno, SCC se odlišuje od běžného betonu pouze způsobem výroby a jeho vlastnosti v zatvrdlém stavu se liší od vlastností běžného betonu přibližně v mezích jejich statistického rozptylu. Proto není nutné pro konstrukce betonované z SCC přijímat zvláštní předpisy pro jejich navrhování a statické posuzování.

Přesto je nutné, aby při používání SCC existovala úzká spolupráce mezi projektantem a dodavatelem konstrukce a dodavatelem betonu. Specifikace betonu v projektu musí zohledňovat postup výroby a možnosti dodavatele v místě stavby. Při specifikaci betonu pro konstrukci je nutné dát do souladu tvar konstrukce, vyztužení a její betonáž. Přitom je třeba respektovat všechny požadavky na vlastnosti zatvrdlého betonu.

Pro statické a dynamické výpočty se doporučuje využívat materiálové parametry (zejména pevnosti a moduly pružnosti) změřené na vzorcích betonu, který se bude používat. Moduly pružnosti SCC mohou být cca o 10% nižší než by odpovídalo **běžnému vibrovanému betonu** stejné pevnostní třídy.

Při konstrukčním návrhu složitějších detailů, je nutná úzká spolupráce konstruktéra a technologa, aby navržený beton byl schopen splnit podmínky betonáže (problémy, hydratačního tepla, trhlin, pracovních spár, vzdálenosti výztuže, umístění plnicích otvorů, apod.) a přitom splnil i požadavky v zatvrdlém stavu. Ve vzájemné spolupráci je třeba rozhodnout o nutnosti betonáže ověřovacích modelů.

### 5.1. Klasifikace konzistence (podle [2])

#### 5.1.1. Rozlití

Hodnota rozlití udává schopnost tečení čerstvého betonu bez toho, že by mu v tom něco bránilo. Je to citlivý test, který se normálně předepisuje pro všechny samozhutnitelné betony jako první kontrola konzistence čerstvého samozhutnitelného betonu – odpovídá-li specifikaci. Vizualní pozorování během zkoušky a měření hodnoty T500 může poskytnout další informace ohledně odolnosti proti rozměšování a stejnoměrnosti každé záměsi. Zde jsou uvedeny typické třídy rozlití pro řadu použití:

**SF1 (550 - 650 mm)** je vhodná pro:

- nevyztužené nebo slabě vyztužené betonové konstrukce, kde se beton ukládá shora a není bráněno jeho rozlévání od místa ukládání (např. základové desky)
- ukládání čerpáním pomocí čerpacího systému (např. ostění tunelů)
- úseky, které jsou natolik malé, že jejich rozměr nebrání vodorovnému roztékání (např. piloty a některé hluboké základy).

**SF2 (660 - 750 mm)** je vhodný pro mnohá běžná použití (např. stěny, sloupy).

**SF3 (760 – 850 mm)** je typicky vyráběn s malou velikostí zrna kameniva (max. 8-12 mm) a používá se pro betonáž svislých konstrukcí s hustou výztuží, konstrukcí složitého tvaru nebo pro vyplňování spodem bednění. SF3 bude většinou poskytovat kvalitnější povrch než SF2 při běžné betonáži svislých konstrukcí, ale hůře se zajišťuje odolnost proti

rozměšování. Určené hodnoty, které jsou větší než 850 mm, by měly být specifikovány v některých zvláštních případech, ale zároveň by se velmi mělo dbát na rozměšování betonu a maximální velikost zrna kameniva by měla být menší než 12 mm.

#### 5.1.2. Viskozita

Viskozitu lze vyjádřit jako čas T500 během zkoušky rozlití kužele nebo pomocí doby rozlití při zkoušce V-trychtýřem. Získaná hodnota neudává přímo viskozitu samozhutnitelného betonu, ale je s ní v relaci popisem rychlosti rozlití. Beton s nízkou viskozitou se bude z počátku velmi rychle rozlévat, a poté se rozlévání zastaví. Beton s vysokou viskozitou se může rozlévat dále po delší dobu. Viskozita (nízká nebo vysoká) by měla být předepsána jen ve zvláštních případech, jejichž příklady jsou uvedeny níže. Může být užitečné měřit a zaznamenávat hodnotu T500 během vývoje směsi při zkoušce rozlití kužele i jako způsob prokazování shody mezi jednotlivými záměsemi samozhutnitelného betonu.

**VS1/VF1** má dobrou schopnost vyplňování i v hustě vyztužených místech. Je schopen utvoření vodorovného povrchu a obecně má nejlepší (nejhladší) povrch. Nicméně má tendenci se rozměšovat a krvácet.

**VS2/VF2** nemá žádnou horní mez, ale se vzrůstající dobou rozlití má tendenci chovat se tixotropně, což může omezit tlak na bednění nebo vylepšit odolnost proti rozměšování. Negativní účinky mohou být patrné na povrchu (póry) a projevuje se větší citlivost na přestávky při betonáži nebo na prodlevy mezi po sobě jdoucími vrstvami.

#### 5.1.3. Prostupnost

Prostupnost popisuje schopnost čerstvého betonu protékat zúženými otvory a úzkými mezerami, jaké jsou v místech hustého vyztužení, bez rozměšování, ztráty jednodlosti nebo ucpávání. Při vymezení prostupnosti je třeba brát v úvahu tvar a hustotu vyztužení, schopnost tečení/schopnost vyplňování a maximální velikost zrna kameniva. Určujícím rozměrem je velikost nejmenší mezery, kterou má samozhutnitelný beton nepřetržitě protékat, aby vyplnil bednění. Tato mezera je většinou (ne však vždy) dána vzdáleností mezi výztuží. Pokud není vyztužení velmi husté, není potřeba brát v úvahu mezery mezi výztuží a bedněním, protože samozhutnitelný beton má schopnost obtéci výztuž, aniž by musel skrze tyto mezery téci nepřetržitě. Příklady specifikace prostupnosti jsou uvedeny zde:

**PA 1** konstrukce s mezerami od 80 mm do 100 mm, (např. budovy, svislé konstrukce)

**PA 2** konstrukce s mezerami od 60 mm do 80 mm, (např. inženýrské stavby)

V případě tenkých desek s mezerou větší než 80 mm a dalších konstrukcí s mezerou větší než 100 mm není potřeba prostupnost předepisovat. V případě složitých konstrukcí s mezerami menšími než 60 mm může být nutné provést zkoušky na modelech.

#### 5.1.4. Odolnost proti rozměšování

Odolnost proti rozměšování je zásadní pro kvalitu a homogenitu samozhutnitelného betonu na staveništi. Samozhutnitelný beton je náchylný k rozmíšení během ukládání až do počátku tuhnutí. Rozměšování, které se objeví po uložení betonu, má nejzhoubnější účinek

u vysokých prvků, ale také u tenkých desek, kde může způsobit vady povrchu projevující se jako trhliny nebo špatný vzhled. Protože dosud není dostatek potřebných zkušeností, jsou zde poskytnuta následující obecná pravidla týkající se tříd odolnosti proti rozměšování:

Odolnost proti rozměšování se stává důležitým parametrem pro třídy betonu s větším rozlítím, třídy betonu s nižší viskozitou, nebo v případech kdy podmínky ukládání napomáhají rozměšování. Pokud ani jedna z těchto podmínek není splněna, není obvykle nutné specifikovat třídu odolnosti proti rozměšování.

**SR1** je obecně použitelná pro tenké desky a pro betonáž svislých prvků, kde potřebná vzdálenost rozliti je menší než 5 metrů a s mezerami většími než 80 mm.

**SR2** je vhodná pro svislé prvky, kde je potřebná vzdálenost rozliti větší než 5 metrů a s mezerami většími než 80 mm. V těchto případech SR2 zabrání segregaci během rozlévání SCC při betonáži.

SR2 může být také použita pro betonáž vysokých svislých prvků s mezerami menšími než 80 mm, pokud je vzdálenost rozliti menší než 5 metrů. Je-li vzdálenost rozliti větší než 5 m, doporučuje se předepsat určenou hodnotu SR zmenšenou alespoň o 10%. Je-li pevnost a kvalita horního povrchu obzvlášť důležitá, je vhodné předepsat SR2 nebo určenou hodnotu.

Příklad specifikace vlastností čerstvého betonu pro části mostních staveb

Tab. 6: Vlastnosti čerstvého betonu

Vizkozita				Odolnost proti rozměšování
VS2 VF2	Šikmé povrchy desek			Urči prostupnost pro SF1 a SF2
VS1 nebo VS2 VF1 nebo VF2 nebo určená hodnota		Stěny, piloty	Vysoké stěny, sloupy, pilíře	Urči SR pro SF3
VS1 VF1	Desky mostovek a komorových průřezů			Urči SR pro SF2 a SF3
	SF1	SF2	SF3	
	Rozliti			

Kvalita povrchu konstrukcí a prvků ze samozhutnitelného betonu je jedním ze základních přínosů jeho použití. Proto některé vady, jejich příčiny a možnosti odstranění jsou uvedeny v příloze 5.

## **6. Citované a související normy a předpisy**

ČSN EN 197-1 Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití

ČSN EN 206-1 Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN EN 450-1 Popílek do betonu - Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody

ČSN EN 450-2 Popílek do betonu - Část 2: Hodnocení shody

ČSN EN 934-2 Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Část 2: Přísady do betonu - Definice, požadavky, shoda, označování a značení štítkem

ČSN EN 1008 Záměsová voda do betonu - Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu

ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-1-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru

ČSN EN 12350-1 Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků

ČSN EN 12350-2 Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím

ČSN EN 12620 Kamenivo do betonu

ČSN EN 12878 Pigmenty pro vybarvování stavebních materiálů na bázi cementu a/nebo vápna - Specifikace a zkušební postupy

ČSN EN 13055-1 Pórovité kamenivo - Část 1: Pórovité kamenivo do betonu, malty a injektážní malty

ČSN EN 13263-1 Křemičitý úlet do betonu - Část 1: Definice, požadavky a kritéria shody

ČSN EN 13263-2 Křemičitý úlet do betonu - Část 2: Hodnocení shody

ČSN EN 13369 Společná ustanovení pro betonové prefabrikáty

ČSN P ENV 13670-1 Provádění betonových konstrukcí - Část 1: Společná ustanovení  
EN 14889 Vlákná do betonu

EN 15167-1 Mletá granulovaná vysokopecní struska pro použití v betonu, maltě a injektážní maltě – Část 1: Definice, specifikace, kritéria shody

EN 15167-2 Mletá granulovaná vysokopecní struska pro použití v betonu, maltě a injektážní maltě – Část 2: Hodnocení shody

ČSN EN ISO 5725 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření

ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu jakosti - Požadavky

[1] TKP kap. 18 Beton pro konstrukce, MD-OPK, srpen 2005

[2] Evropská směrnice pro samozhutnitelný beton, Specifikace výroba, použití. SVC ČR, Květen 2005

## **Příloha P1**

### **Zkoušení čerstvého betonu - Rozlití kužele a čas T500 pro samozhutnitelný beton**

(převzato z Evropské směrnice pro SCC [2])

#### **P1.0 Úvod**

Zkouška rozlití a čas T500 slouží k vyhodnocení schopnosti téct a rychlosti tečení samozhutnitelného betonu bez přítomnosti překážek. Tato zkouška je založena na zkoušce sednutí Abramsova kužele, která je popsána v ČSN EN 12350-2. Výsledek rovněž vypovídá o schopnosti vyplňování samozhutnitelného betonu. Čas T500 je také mírou rychlosti tečení a tudíž viskozity samozhutnitelného betonu.

#### **P1.1 Rozsah**

Tento dokument specifikuje postup pro stanovení rozlití kužele a času T500 samozhutnitelného betonu. Tato zkouška není vhodná pro směsi, které obsahují zrna kameniva větší než 22 mm.

#### **P1.2 Citované normy**

Do této přílohy jsou včleněny odkazy na ustanovení uvedená v jiných publikacích. Tyto citace jsou uvedeny na příslušných místech v textu a v seznamu publikací na konci textu.

ČSN EN 12350-1 Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků

ČSN EN 12350-2 Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím

ČSN ISO 5725 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření

#### **P1.3 Princip**

Čerstvý beton se vlije do kuželu, který se podle ČSN EN 12350-2 používá pro zkoušku sednutí. Abramsův kužel se zvedne a měří se čas od chvíle, kdy se kužel začal zvedat až do chvíle, kdy se čerstvý beton rozteče do průměru 500 mm. To je čas T500. Po ukončení pohybu betonu je změřen největší průměr rozlití a průměr na něj kolmý. Jejich zprůměrováním získáme hodnotu rozlití kužele.

POZNÁMKA: Měření času T500 není třeba provádět není-li požadováno.

#### **P1.4 Vybavení**

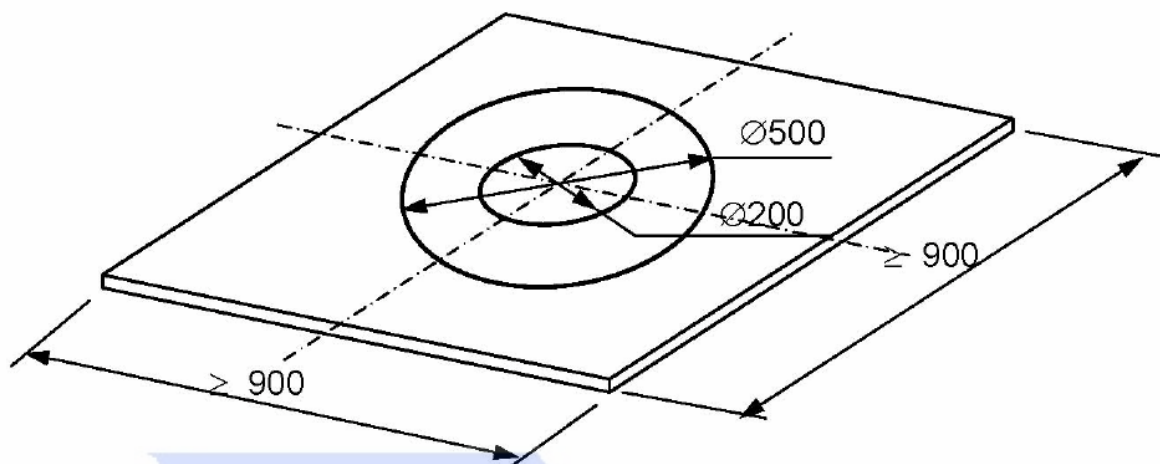
Zařízení musí odpovídat ČSN EN 12350-2 s následujícími výjimkami:

##### **P1.4.1 Podkladní deska**

Podkladní deska, vyrobená z ploché desky o velikosti alespoň 900 x 900 mm, na kterou se umístí

beton. Povrch desky má být plochý, hladký a nenasákavý. Minimální tloušťka 2 mm.

Povrch desky musí odolávat vlivu cementového tmelu a musí být nerezavějící. Konstrukce desky musí zabránit jejímu deformování. Odchylka od roviny nesmí být v žádném místě větší než 3 mm položí-li se pravítko na střed protějších stran. Ve středu desky má být vyznačen kříž, jehož čáry jsou rovnoběžné se stranami desky. Dále dvě vyznačené kružnice o průměru 200 a 500 mm. Jejich střed má být totožný se středem desky (Obrázek P1.1).



Obr. P1.1: Podkladní deska dle odstavce P1.4.1

#### P1.4.2 Pravítko

Pravítko, se stupnicí od 0 mm do 1000 mm se značením po 1 mm.

#### P1.4.3 Stopky

Stopky s měřením po 0,1 s.

#### P1.5 Zkušební vzorek

Vzorek má být získán podle ČSN EN 12350-1.

#### P1.6 Zkušební postup

Připraví se Abramsův kužel a podkladní deska podle ČSN EN 12350-2. Kužel se postaví na podkladní desku přesně na kruh o průměru 200 mm. Na desce jej přidrží spolupracovník, který se postaví na stupačky. Tím se zabrání úniku betonu zespod kuželu.

Kužel se vyplní betonem bez použití míchání nebo propichování. Z vrcholu kužele se odstraní přečnívající beton. Kužel nemá stát naplněný déle než 30 sekund. Během této doby se odstraní rozlitý beton z podkladní desky a zajistí navlhčení podkladní desky tak, aby na ní nezůstala přebytečná voda.

Kužel se jedním plynulým pohybem zvedne svisle vzhůru tak, aby nebránil rozlévání betonu.

Jakmile se kužel odlepí od podkladní desky, spustí se stopky (pokud byl požadován čas T500). Měří se čas - na nejbližší desetinu vteřiny (0,1 s) - až do chvíle, kdy beton dosáhne v nějakém místě kruhu o průměru 500 mm. Bez kontaktu s betonem či podkladní deskou se s přesností na 1 cm změří největší průměr rozlití a jako hodnota  $dm$  se zaznamená. Poté následuje měření průměru rozlití ve směru kolmém a zaznamená se jako  $dr$ , rovněž s



přesností na 1 cm.

Zkontroluje se, nedošlo-li k segregaci betonu: Cementový tmel nebo malta se může oddělit od

hrubého kameniva a vytvořit několikamilimetrový prstenec okolo hrubého kameniva na obvodu

rozlité. Rovněž je možné pozorovat oddělené hrubé kamenivo ve střední oblasti rozlité.

V takovém případě se oznámí, že došlo k segregaci a že výsledek zkoušky je nevyhovující.

### **P1.7 Výsledek zkoušky**

Rozlité je průměr hodnot  $d_m$  a  $d_r$  zaokrouhlený na nejbližších 10 mm.

Čas T500 se zapisuje na nejbližších 0,1 s.

### **P1.8 Závěrečná zpráva**

Závěrečná zpráva musí obsahovat:

- a) označení zkušební vzorku;
- b) místo, kde byla zkouška provedena;
- c) datum, kdy byla zkouška provedena;
- d) rozlité změřené na nejbližších 10 mm;
- e) záznam o jakémkoliv náznaku segregace betonu;
- f) dobu mezi ukončením míchání a provedením zkoušky;
- g) jakoukoliv odchylku od postupu uvedeného v tomto dokumentu.

Závěrečná zpráva může též obsahovat:

- h) čas T500 zaokrouhlený na nejbližších 0,1 s;
- i) teplotu betonu v okamžiku zkoušky;
- j) čas, kdy byla zkouška provedena.

## Příloha P2:

### Zkoušení čerstvého betonu: Zkouška V-trychtýřem (V-funnel test)

(převzato z Evropské směrnice pro SCC [2])

#### P2.0 Úvod

Zkouška V-trychtýřem (V-funnel test) se používá pro zjištění viskozity a schopnosti vyplňování samozhutnitelného betonu.

#### P2.1 Rozsah

Tento dokument popisuje postup pro stanovení času tečení samozhutnitelného betonu z V-trychtýře. Tato zkouška není vhodná pro betony obsahující kamenivo o zrnech větších než 22 mm.

#### P2.2 Citované normy

Do této přílohy jsou včleněny odkazy na ustanovení uvedená v jiných publikacích. Tyto normové

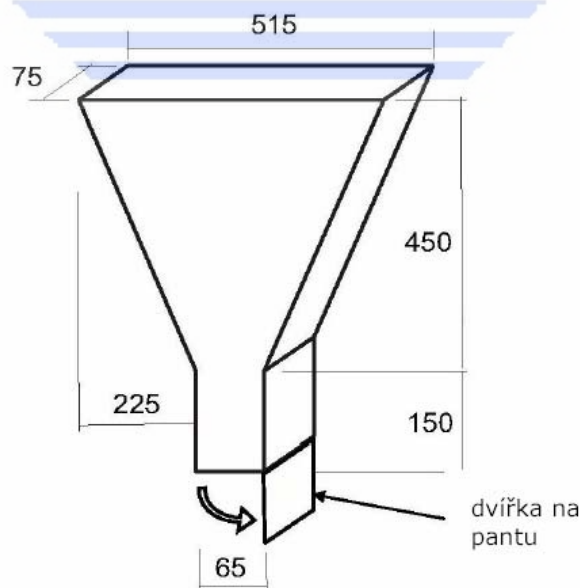
citace jsou uvedeny na příslušných místech v textu a v seznamu publikací na konci textu.

ČSN EN 12350-1 Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků

ČSN ISO 5725 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření

#### P2.3 Princip

Trychtýř tvaru V je naplněn čerstvým betonem. Měří se doba, během které beton vyteče z trychtýře. Tato se označuje jako doba výtoku z V-trychtýře.



Obr. P2.1: V-trychtýř

## **P2.4 Vybavení**

### **P2.4.1 V-trychtýř (V-funnel)**

V-trychtýř (Obr. P2.1), vyrobený s přesností  $\pm 1$  mm, je na své spodní straně vybaven rychle otevíratelnými utěsněnými dvířky a je uložen tak, že jeho vršek je vodorovný. V-trychtýř musí být vyroben z kovu, jeho povrch musí být hladký a nesmí rychle podléhat působení cementového tmelu a musí být nerezavějící.

### **P2.4.2 Nádoba**

Nádoba, do které se vejde zkušební vzorek betonu a jejíž objem je větší než objem trychtýře, avšak minimálně 12 l.

### **P2.4.3 Stopky**

Stopky s měřením po 0,1 s.

### **P2.4.4 Pravítko**

Pravítko nebo lať pro zarovnání betonu na vrcholu trychtýře.

## **P2.5 Zkušební vzorek**

Vzorek o objemu alespoň 12 l se získá podle ČSN EN 12350-1.

## **P2.6 Zkušební postup**

Trychtýř se včetně spodních dvířek očistí. Celý vnitřní povrch včetně dvířek se navlhčí.

Dvířka se

zavrou a do trychtýře se bez použití míchání nebo propichování nalije vzorek betonu.

Přebytečný

beton se odstraní z vrchu trychtýře tak, aby vzorek „zařezával“ s vrcholem trychtýře. Pod trychtýř

se umístí dostatečně velká nádoba k zachycení betonu. Po prodlevě  $10 \pm 2$  s od naplnění trychtýře

se dvířka otevrou a změří se čas  $t_v$  s přesností na 0,1 s.  $t_v$  je čas od otevření dvířek až do okamžiku, kdy je možné svisle skrz trychtýř vidět nádobu pod trychtýřem.  $t_v$  je doba výtoku z V-trychtýře.

## **P2.7 Závěrečná zpráva**

Závěrečná zpráva musí obsahovat:

- a) označení zkušební vzorku;
- b) místo, kde byla zkouška provedena;
- c) datum, kdy byla zkouška provedena;
- d) dobu výtoku z V-trychtýře ( $t_v$ ) zaokrouhlenou na nejbližší 0,1 s;
- e) dobu mezi ukončením míchání a provedením zkoušky;
- f) jakoukoliv odchylku od postupu uvedeného v tomto dokumentu.

Závěrečná zpráva může též obsahovat:

- g) teplotu betonu v okamžiku zkoušky;
- h) čas, kdy byla provedena zkouška.

## **Příloha P3**

### **Zkoušení čerstvého betonu - Zkouška L-boxem**

(převzato z Evropské směrnice pro SCC [2])

#### **P3.0 Úvod**

Zkouška L-boxem se používá pro posouzení schopnosti samozhutnitelného betonu protéci skrz

úzké otvory, jako například mezerami mezi výztuží a dalšími překážkami, aniž by došlo k segregaci kameniva nebo vzpříčení zrn a ucpání formy v úzkém místě. Tato zkouška má dvě varianty, kdy se používají dva nebo tři pruty výztuže. Varianta se třemi pruty napodobuje husté vyztužení.

#### **P3.1 Rozsah**

Tento dokument popisuje postup pro stanovení prostupnosti samozhutnitelného betonu za použití zkoušky L-boxem.

#### **P3.2 Citované normy**

Do této přílohy jsou včleněny odkazy na ustanovení uvedená v jiných publikacích. Tyto normové

citace jsou uvedeny na příslušných místech v textu a v seznamu publikací na konci textu.

ČSN EN 12350-1 Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků

ČSN ISO 5725 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření

#### **P3.3 Princip**

Předepsaný objem čerstvého betonu protéká vodorovně skrz mezery mezi svislou hladkou výztuží, přičemž se zjišťuje výška hladiny betonu, který protekl.

#### **P3.4 Vybavení**

##### **P3.4.1 L-box**

Tvar a rozměry L-boxu (s tolerancí  $\pm 1$  mm) ukazují obr. P3.1 a P3.2. L-box musí být tuhý, jeho povrch hladký a plochý, nesmí podléhat vlivu cementového tmelu a musí být nerezavějící. Vrchní část může být odnímatelná, což zjednoduší čištění. Při zavřených dvířkách a naplnění až po horní okraj musí být objem svislé části 12,6 až 12,8 litrů. Výztuž má následující uspořádání. V případě zkoušky se dvěma pruty obsahuje dva pruty o průměru 12 mm s mezerou 59 mm. V případě zkoušky se třemi pruty obsahuje tři pruty o průměru 12 mm s mezerami 41 mm. Tyto sestavy jsou vyměnitelné a mají zajistit rovnoměrné rozmístění svislých prutů po šířce boxu.

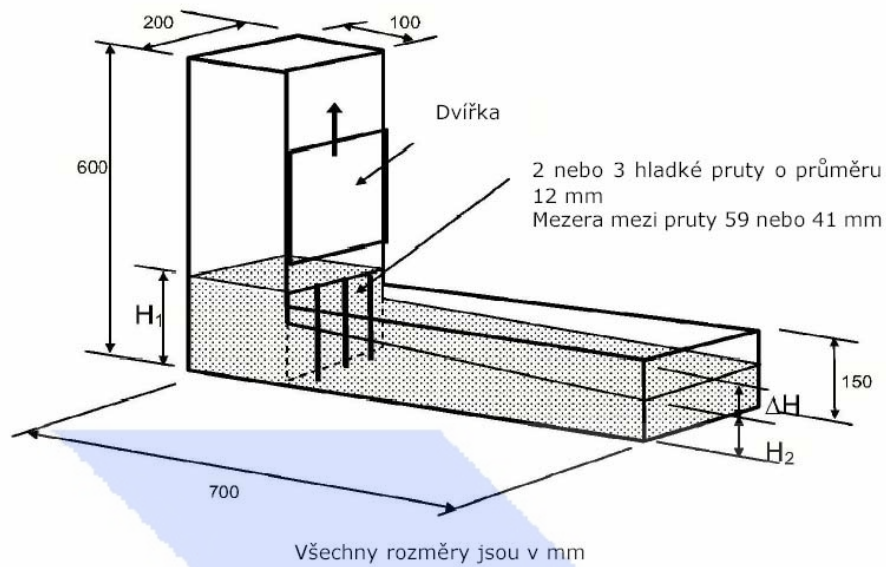
**POZNÁMKA:** Upřednostňuje se použití kovové formy, nicméně natřená forma z překližky s uzavřenou strukturou dřeva o tloušťce 12 mm je rovněž vhodná.

##### **P3.4.2 Pravítko**

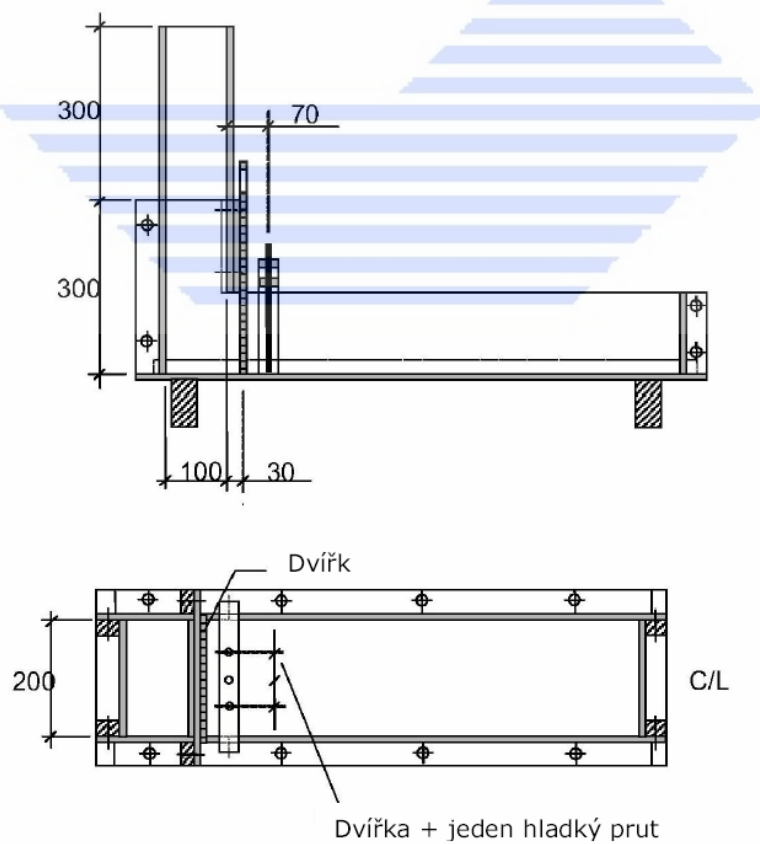
Pravítko, se stupnicí od 0 mm do 300 mm se stupnicí po 1 mm.

### P3.4.3 Nádoba

Nádoba, do které se vejde zkušební vzorek betonu a jejíž objem není menší než 14 l.



Obr. P3.1. L-box



Obr. P3.2: Rozměry a typické uspořádání L-boxu

### **P3.5 Zkušební vzorek**

Vzorek o objemu přibližně 17 l získaný podle ČSN EN 12350-1.

### **P3.6 Zkušební postup**

L-box se postaví na vodorovnou podstavu. Dvířka mezi svislou a vodorovnou částí se uzavřou.

Beton se nalije z nádoby do svislé části L-boxu. Nechá se stát po dobu 60 ( $\pm$  10) s.

Zaznamená se

jakákoliv známka rozmíšení. Poté se vysunou dvířka, aby beton mohl vytékat do vodorovné části

L-boxu. Když pohyb betonu ustane, změří se svislá vzdálenost od povrchu betonu k hornímu okraji vodorovné části L-boxu na konci jeho vodorovné části. Měření se provede na třech místech po celé šířce L-boxu shodně od sebe vzdálených. Po odečtení těchto hodnot od výšky vodorovné části L-boxu se vypočítá střední hloubka betonu v mm označená jako H2. Podle stejného postupu se v mm vypočte hloubka betonu těsně za dvířky a označí se H1.

### **P3.7 Výsledek zkoušky**

Prostupnost PA se vypočte z následující rovnice.

$$PA = H2/H1$$

### **P3.8 Závěrečná zpráva**

Závěrečná zpráva musí obsahovat:

- a) označení zkušebního vzorku;
- b) místo, kde byla zkouška provedena;
- c) datum, kdy byla zkouška provedena;
- d) záznam o jakémkoliv náznaku segregace betonu;
- e) záznam byly-li použity dva nebo tři pruty;
- f) poměr prostupu zaokrouhlený na 0,01;
- g) dobu mezi ukončením míchání a provedením zkoušky;
- h) jakoukoliv odchylku od postupu uvedeného v tomto dokumentu.

Závěrečná zpráva může též obsahovat:

- i) teplotu betonu v okamžiku zkoušky;
- j) čas, kdy byla zkouška provedena.

### **P3.9 Dodatek**

Existuje též návrh na vyjádření výsledku zkoušky L-boxem pomocí  $PA = H2/H_{max}$ , kde  $H_{max}$  je 91 mm a představuje teoretickou výšku H2, pokud by svislá část obsahovala přesně

12,7 l samozhutnitelného betonu a pokud by se při zkoušce zcela sám vyrovnal. Použití tohoto výpočtu usnadňuje měření a zlepšuje přesnost zkoušky. Pokud se má použít tato konstanta, musejí být rozměry formy a objem betonu obsaženého ve svislé části správné.

### **UPOZORNĚNÍ:**

**Hodnota PA získaná z  $H2/H_{max}$  se liší od hodnoty získané z  $H2/H1$ , a proto se nesmí použít při prokazování splnění požadavků uvedených v kap. 2.3. TP.**

## **Příloha P4**

### **Zkoušení čerstvého betonu – Zkouška odolnosti proti segregaci (rozměšování) přes síto**

(převzato z Evropské směrnice pro SCC [2])

#### **P4.0 Úvod**

Zkouška odolnosti proti segregaci přes síta se používá pro posouzení odolnosti samozhutnitelného betonu proti rozměšování.

#### **P4.1 Rozsah**

Tento dokument popisuje postup pro stanovení odolnosti samozhutnitelného betonu proti rozměšování přes síto.

#### **P4.2 Citované normy**

Do této přílohy jsou včleněny odkazy ustanovení uvedená v jiných publikacích. Tyto normové citace jsou uvedeny na příslušných místech v textu a v seznamu publikací na konci textu. ČSN EN 12350-1 Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků  
ČSN ISO 3310-2 Zkušební síta. Technické požadavky a zkoušení. Část 2: Zkušební síta z děrovaného plechu  
ČSN ISO 5725 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření

#### **P4.3 Princip**

Po získání vzorku se ponechá čerstvý beton stát po dobu 15 minut a sleduje se jakékoliv oddělení vykrvácené vody. Horní část vzorku je pak prolévána přes síta se čtvercovými otvory o velikosti 5 mm. Po dvou minutách se zaznamená hmotnost materiálu, který prošel skrz síto. Poměr segregace se pak spočítá jako poměrná část vzorku, která prošla skrz síto.

#### **P4.4 Vybavení**

##### **P4.4.1 Ploché síto**

Ploché síto, které má čtvercové otvory o velikosti 5 mm. Průměr rámu je podle ČSN ISO 3310-2 300 mm, výška 40 mm. Síto je doplněno o spodní nádobu, od které lze síto snadno oddělit svislým zvednutím.

##### **P4.4.2 Váha**

Váha, s plochou deskou, na kterou lze postavit spodní nádobu zpod síta a která zvaží alespoň 10 kg s kalibrovanou stupnicí se stupni menšími než 20 g.

##### **P4.4.3 Nádoba**

Nádoba na vzorek s víkem, vyrobená z umělé hmoty nebo z kovu s vnitřním průměrem  $300 \pm 10$  mm a objemem 11 až 12 l.

#### **P4.5 Zkušební vzorek**

Vzorek se získá podle ČSN EN 12350-1.

#### **P4.6 Zkušební postup**

Beton se vloží do nádoby na vzorek 10 ( $\pm 0,5$ ) l a přiklopí víkem. Vzorek se nechá stát ve vodorovné poloze v klidu po dobu 15 ( $\pm 0,5$ ) min. Váha musí být umístěna na rovině, aby jí neovlivňovaly vibrace. Spodní nádoba se položí na váhu a zaznamená se její hmotnost  $W_p$  (v gramech). Síto se nasadí na spodní nádoby a opět se zaznamená hmotnost.

Po vypršení doby, kdy byl beton v klidu, se z nádoby na vzorek odstraní víko. Objeví-li se na

povrchu betonu voda z krvácení, je nutné to zaznamenat. Ihned poté začne lití betonu ( $4,8 \pm 0,2$  kg) včetně vykrvácené vody na síto, které je i se spodní nádobou umístěno na váze, přičemž horní hrana nádoby na vzorek je ve výšce 500 ( $\pm 50$ ) mm nad sítím. Zaznamená se skutečná hmotnost betonu na sítu  $W_c$  (v gramech). Beton se na sítu ponechá po dobu 120 ( $\pm 5$ ) s. Potom se síto odstraní svislým zvednutím, aniž by došlo k potřásání betonem. Zaznamená se hmotnost spodní nádoby a betonu, který prošel skrz síto  $W_{ps}$  (v gramech).

#### **P4.7 Výsledek zkoušky**

Segregovaná poměrná část SR se vypočítá z následující rovnice a zaokrouhlí se na nejbližší 1 %.

$$SR = (W_{ps} - W_p) 100 / W_c [\%]$$

#### **P4.8 Závěrečná zpráva**

Závěrečná zpráva musí obsahovat

- a) označení zkušební vzorku;
- b) místo, kde byla zkouška provedena;
- c) datum, kdy byla zkouška provedena;
- d) přítomnost vykrvácené vody, pokud se objevila po 15 minutách klidu;
- e) segregovaná poměrná část zaokrouhlená na nejbližší jedno %;
- f) dobu mezi ukončením míchání a provedením zkoušky;
- g) jakoukoliv odchylku od postupu uvedeného v tomto dokumentu.

Závěrečná zpráva může též obsahovat:

- a) teplotu betonu v okamžiku zkoušky;
- b) čas, kdy byla provedena zkouška.



## Příloha P5

### Zlepšení kvality povrchu samozhutnitelného betonu

(převzato z Evropské směrnice pro SCC [2])

Tabulka dole ukazuje hlavní vady, které se mohou objevit během ukládání nebo po uložení samozhutnitelného betonu. Některé popsání vady se též vztahují k tradičnímu vibrovanému betonu. Některým vadám lze však snadněji zabránit při použití samozhutnitelného betonu díky jeho charakteru. Je však třeba vzít na vědomí, že vady povrchu jako např. povrchové dutiny a jiné vady mají vliv na vzhled betonu a že další problémy jako např. kavitační účinek, rozvrstvení a trhlinky mohou ovlivnit celistvost betonu.

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit	
Povrchové dutiny		<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš mnoho jemných podílů/ velký specifický povrch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ubrat jemné podíly</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš mnoho nebo nerovnoměrné použití odbedňovacího prostředku ve formě</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>minimální nutné množství a rovnoměrné nanesení</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>drsny povrch formy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zajistit čistý povrch formy</li> <li>použít geotextilie na povrchu formy pohlí vzduch</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš rychlé ukládání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zajistit plynulé ukládání do formy</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>nadměrné roztékání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>omezit délku roztékání na 5m</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš krátká délka roztékání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zvětšit délku roztékání na 1 m</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>zmenšit výšku volného pádu &lt; 1 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>použít rouru s měkkou stěnou pro větší hloubky ukládání</li> <li>pumpování odspodu pomůže vyhnat vzduch z betonu</li> </ul>
		zadrženy vzduch	<ul style="list-style-type: none"> <li>volný pád z velké výšky</li> </ul>	
		zadrženy voda	<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš vysoká teplota betonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>snížit teplotu betonu pod 25°C</li> </ul>
		zadrženy olej z formy	<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš pomalé ukládání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>naplánovat dodávky betonu a prostředky na staveništi tak, aby se zajistilo plynulé ukládání</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>sedání složek v superplastifikátoru, zvláště v odpěňovači</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>výrobce betonu zlepši skladování přísad, použít míchání během skladování</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš velká viskozita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>snížit dávky přísad upravujících viskozitu</li> <li>zkontrolovat recepturu</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>nevhodná zrnitost kameniva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>použít přísad upravujících viskozitu a provzdušňovače</li> <li>upravit velikost max. zrna kameniva a křivku zrnitosti</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš dlouhá doba míchání zvyšuje obsah vzduchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zkontrolovat dobu míchání</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>spolupůsobení přísad a cementu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>posoudit kompatibilitu přísad a přiměsí s cementem před zahájením výroby</li> </ul>	
<b>Fyzikální příčiny:</b> nedostatečná schopnost vyplňování nedostatečná prostupnost vysoká viskozita a vysoké napětí na mezi kluzu malé rozliti nebo dlouhý čas T <sub>500</sub> prudké snížení rozliti				

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit
Svislé pruhy nebo viditelné vymílání vodou na povrchu betonu	krvácení vody a jemných podílů	<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš vysoký poměr vody k jemným podílům</li> <li>příliš malá viskozita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>lze použít přísad upravujících viskozitu</li> <li>zvýšit viskozitu přidáním jemných podílů</li> <li>použít provzdušňovač, který sníží vliv špatné zrnitosti kameniva</li> </ul>
<b>Fyzikální příčina:</b> malá stabilita			

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit
Změny v barvě	na povrchu rozdíly v záměsích	<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš nízká teplota</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>udržovat teplotu betonu a uvnitř formy v zimním období</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš velké rozlití, příliš malá viskozita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zvýšit viskozitu přidáním jemných podílů a zvážit použití přísady upravující viskozitu</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>vliv přísad nebo odbedňovacího prostředku na zpoždění počátku tuhnutí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pečlivý výběr přísad podle požadavků okolního prostředí</li> <li>snížit obsah vody nebo množství plastifikačních přísad</li> <li>zvážit použití mírného urychlovače</li> <li>použít geotextílii na povrchu formy</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>změny v rychlosti ukládání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>plynulé ukládání</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>umělohmotná ošetřovací membrána se dotýká betonu nepravidelně</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zajistit rovnoměrný kontakt</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>dřevěné formy se suchým povrchem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rovnoměrně navlhčit formu před ukládáním</li> <li>dát přednost natřeným formám</li> </ul>
<b>Fyzikální příčiny:</b> vliv odbedňovacího prostředku, přísad, apod. na zpomalení tuhnutí a tvorbu skvrn příliš velká plastická viskozita a příliš vysoké napětí na mezi kluzu			

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit
Špatný a nerovný povrch	zdeformování formy či bednění „otisky“ formy na povrch betonu	<ul style="list-style-type: none"> <li>rychlé ukládání nebo měkká forma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>snížit rychlost ukládání, čímž se sníží hydrostatický tlak</li> <li>použít přísadu upravující viskozitu pro zvýšení viskozity</li> <li>předělat bednění</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>opotřebený povrch formy</li> <li>přilepený beton z minulé betonáže</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>nové bednění</li> <li>očistit plochy před ukládáním</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>nevhodný odbedňovací prostředek nebo nevhodný způsob jeho použití</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>experimentálně stanovit nejlepší odbedňovací prostředek</li> <li>nanést jej ve správném množství pomocí vhodného vybavení za správného tlaku a pomocí rozprašovací trysky</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>příliš vysoký poměr voda/ jemné podíly</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>použít více superplastifikátoru a přísadu upravující viskozitu</li> </ul>
<b>Fyzikální příčiny:</b> velký tlak na bednění příliš malá plastická viskozita			

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit
Kavitační účinek	nedostatečné množství cementového tmelu nebo jemných podílů	<ul style="list-style-type: none"> <li>malý obsah cementového tmelu/ jemných podílů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>přidat jemné podíly, použít alespoň 450 kg jemných podílů na 1 m<sup>3</sup></li> <li>přidat provzdušňující přísadu</li> </ul>
	beton se rozměšuje kvůli příliš malé plastické viskozitě	<ul style="list-style-type: none"> <li>nevhodná zrnitost</li> <li>zrna kameniva příliš velká v porovnání s volnými mezerami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>spojitá čára zrnitosti</li> <li>menší maximální velikost zrna kameniva</li> </ul>
	beton není schopen vyplnit všechny části formy	<ul style="list-style-type: none"> <li>netěsnost formy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zkontrolovat neporušenost formy, zvláště ve spojích</li> </ul>
<b>Fyzikální příčiny:</b> nedostatečná schopnost vyplňování nedostatečná prostupnost nedostatečná stabilita příliš malé rozlíti nebo čas T <sub>500</sub> segregace hrubého kameniva/ cementového tmelu			

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit
Rozvrstvení	povrchová vrstva obsahuje pouze jemné podíly a začala tuhnout příliš brzy	<ul style="list-style-type: none"> <li>neošetřováno nebo pouze omezeně</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zajistit vhodné ošetřování odpovídající okolním podmínkám</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>segregace anebo krvácení způsobené příliš nízkým obsahem jemných podílů</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>přidat jemné podíly</li> <li>použít přísadu upravující viskozitu</li> <li>použít provzdušňující přísadu</li> </ul>
<b>Fyzikální příčiny:</b> nedostatečná stabilita segregace anebo krvácení příliš rychlé vysychání			

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit
Viditelné spáry mezi různými záměsemi (běžně nazývanými „studené spoje“)	tvorba krusty na povrchu zabraňuje monolitickému spojení s další dávkou betonu	• přerušované dodávky betonu	• plynulé ukládání bez přestávek
		• beton rychle tuhne	• předem provést zkoušky, nedovolit příliš rychlé tunutí
		• vysoká teplota betonu nebo vzduchu	• teplota nižší než 25°C
		• segregace hrubého kameniva	• zkontrolovat recepturu • snížit hodnotu rozlévání
		• příliš velký specifický povrch jemných podílů	• ubrat jemné podíly
<b>Fyzikální příčiny:</b> nedostatečná schopnost vyplňování tixotropní tunutí příliš rychlá ztráta rozliti příliš vysoká viskozita spolupůsobení přísad a cementu			

Druh vady	Základní příčiny	Praktické příčiny	Jak jim předejít nebo je napravit
Plastické trhliny (smršťování v raném stadiu a plastické sedání)	příliš rychlé vysychání sedimentace umístění výztuže	• špatný režim ošetřování v raném stádiu	• začít ošetřovat ihned po ukončení ukládání a uhlazení povrchu • vhodné ošetřování odpovídající okolním podmínkám
		• segregace a krvácení	• uzavřít plastické trhliny dříve než začne beton tuhnout • přidat jemné podíly • použít přísadu upravující viskozitu • použít provzdušňující přísadu
		• extrémní okolní podmínky (teplota, relativní vlhkost, vítr, atd.)	• provádět uhlazení povrchu podle panujících podmínek
		• vysoké vrstvy s výztuží u povrchu	• předělat návrh armovacího koše
		<b>Fyzikální příčiny:</b> zvětšené plastické smršťování a smršťování od vysychání špatná stabilita	

## Příloha P6

### Příklad

# KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ PLÁN

- pro výrobu nosníků VSTI 2000 ze samozhutnitelného betonu

Vypracoval :

Organizace	Jméno	Funkce	Datum	Podpis
M - Silnice a.s. odštěpná závod Nový Bydžov	Miloslav Kloz	Technolog OZ	10.1.2007	

## 1. POSTUPY ŘÍZENÍ VÝROBY

Složky betonu, zařízení, výrobní postupy a beton musí být ověřovány s ohledem na jejich shodu se specifikacemi a s požadavky ČSN EN 260-1. Kontrola musí být taková, aby byly zjištěny významné změny, které ovlivňují vlastnosti a učiněna příslušná nápravná opatření.

### 1.1. Ověřování zařízení

Kontrola zařízení musí zabezpečit, že vybavení pro skladování, vážící a měřící zařízení, míchačka a kontrolní zařízení jsou v dobrém provozním stavu a vyhovují požadavkům ČSN EN 206-1. Potřebná četnost kontrol a zkoušek zařízení je uvedena v tabulce č.1.

### 1.2. Ověřování složek betonu a výrobků

Druh a četnost kontrol / zkoušek pro prověření jakosti dodávek složek betonu jsou uvedeny v tabulce č.2.

### 1.3. Ověřování výrobních postupů a vlastností betonu

Poměry míchání betonu předepsaného složení, jeho konzistence, teplota a jiné vlastnosti betonu předepsané v ČSN EN 206-1 se musí ověřovat podle specifikovaných požadavků uvedených v tabulce č. 3 / 1 a 3 / 2.

### 1.4. Mezioperační kontrola

Kontrola formy, uložení měkké a tvrdé výztuže, ukládání betonové směsi a ošetřování dílců je v tabulce č.4

## 2. KONTROLA VÝROBNÍCH POSTUPŮ

### 2.1. Všeobecně

Kontrola betonové směsi určené pro výrobu nosníků VSTI 2000 se provádí dle ČSN EN 206-1.

### 2.2. Četnost zkoušek

- **Stanovení pevnosti v tlaku po 28. dnech**
  - min 2 tělesa za týden
- **Stanovení konzistence čerstvého betonu**
  - vždy při výrobě zkušebních těles
- **Stanovení objemové hmotnosti čerstvého betonu**
  - vždy při výrobě zkušebních těles
- **Stanovení vodního součinitele**
  - min 1 stanovení z každého dne betonáže
- **Stanovení obsahu cementu**
  - min 1 stanovení z každého dne betonáže

## 3. VÝSTUPNÍ KONTROLA

Druh a četnost výstupní kontroly betonových výrobků je uvedena v tabulce č.5.

Druh a četnost výstupní kontroly armokošů je uvedena v tabulce č.6.

## Ověřování zařízení

Tab.č.1

Zařízení	Kontrola/zkouška	Účel, sledované parametry	Minimální četnost	Kdo provádí	Záznam uložen	Kdo bude informován	Opatření při neshodě
skládky a zásobníky	vizuální kontrola	k ověření shody s požadavky	jednou týdně	míchač		mistr výroby	oprava
váhy	vizuální kontrola při provozu	k ověření měřicího zařízení, že je čisté a správně funguje	denně	míchač		mistr výroby	odstranění nečistot
	zkouška přesnosti vah	k ověření přesnosti vážení	1x týdně	technolog mistr výroby	deník betonárky	vedoucí výroby	oprava a seřízení vah
	kalibrace	k ověření přesnosti vážení	dle dané platnosti v evidenčním listu váhy	registrovaná firma 1)	metrolog Prefy	vedoucí výroby	zákaz činnosti míchacího centra
dávkovač přísad	vizuální kontrola při provozu	k ověření měřicího zařízení, že je čisté a správně funguje	denně	míchač		mistr výroby	odstranění nečistot
	zkouška přesnosti	k zabránění nepřesnému vážení	1x týdně	technolog mistr výroby	deník betonárky	vedoucí výroby	oprava a seřízení vah
	kalibrace	k ověření přesnosti vážení	dle dané platnosti v evidenčním listu váhy	registrovaná firma 1)	metrolog Prefy	vedoucí výroby	zákaz činnosti míchacího centra
zařízení k průběžnému měření obsahu vody v drobném kamenivu	porovnání skutečného množství s údajem na měřidle	k ověření přesnosti	při instalaci při pochybnostech	technolog	provozní deník mikrovlonné trouby	vedoucí výroby	nové zkalibrování měřidla
míchačky	vizuální kontrola	kontrola opotřebování mísicího zařízení	1x týdně	mistr výroby	deník údržby mích.centra	vedoucí výroby	oprava a seřízení
	kontrola míchacích lopatek	k zabezpečení správného míchání	denně	míchač	deník údržby mích.centra	mistr dílen	seřízení lopatek
	kontrola chodu šnekových dopr.a transportních pásů	k zabezpečení správného míchání	denně	míchač	deník údržby mích.centra	mistr dílen	oprava a seřízení
	kontrola oleje v JVK,GEN	k zabezpečení správného chodu míchačky	týdně	odpovědný zámečník	deník údržby mích.centra	mistr dílen	doplnění oleje
	kontrola hladinoznaků v zásobnících	k zabezpečení proti přebunkrování	týdně	odpovědný elektrikář	deník údržby mích.centra	mistr dílen	oprava hladinoznaků
	kontrola vůle mikrovlonné sondy - lopatka	k zabezpečení správného snímání vlhkosti	denně	míchač	deník údržby mích.centra	mistr dílen	seřízení lopatek
	kontrola horního rozdělovače frakcí	k zabezpečení správného bunkrování jednotlivých frakcí	denně	míchač	deník údržby mích.centra	mistr dílen	oprava rozdělovače frakcí

1) GAPA - servis váhy s.r.o. Hradec Králové - registrační osvědčení č. 501 - RO - 0594 / 00

## Ověřování složek betonu a výrobků

Tab.č.2/1

Složka	Kontrola/zkouška	Účel, sledované parametry	Minimální četnost	Kdo provádí	Záznam uložen	Kdo bude informován	Opatření při neshodě
cement	kontrola dodacího listu před vyložením	ke zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka	skladník	sklad	mistr výroby	nepřijetí dodávky
	archivování cca 5kg vzorku	pro případ pochybností	1x měsíčně	technolog		vedoucí výroby	
kamenivo	kontrola dodacího listu před vyložením	ke zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka	skladník	sklad	mistr výroby	nepřijetí dodávky
	kontrola kameniva před vyložením	k vizuálnímu porovnání zmitosti, tvaru a znečištění	první dodávka z nového zdroje a v případě pochybností	technolog	evid. odjezdů a příj.-vrátnice	mistr výroby	deponování mimo skládku, odběr vzorků
přísady	kontrola dodacího listu a štítku na obalu před vyložením	ke zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je správně označena	každá dodávka	skladník	sklad	mistr výroby	nepřijetí dodávky
příměsi	kontrola dodacího listu a štítku na obalu před vyložením	ke zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je správně označena	každá dodávka	skladník	sklad	mistr výroby	nepřijetí dodávky
voda	zkouška dle ČSN EN 1008	ke zjištění, že voda, pokud není pitná, neobsahuje škodlivé látky	pokud se začne používat nový zdroj nepitné vody při pochybnostech	smluvní laboratoř 2)	vedoucí výroby	mistr výroby	zastavení výroby
předpínací lana	kontrola dodacího listu před vyložením	ke zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka	mistr výroby	MTZ	vedoucí výroby	nepřijetí dodávky reklamace
	vizuální kontrola	ke zjištění, zda není zrezivělé nebo poškozené	každá dodávka	mistr výroby		vedoucí výroby	nepřijetí dodávky reklamace
	zkouška tahem	ke zjištění předpínacích parametrů	9 zkoušek na každých 20 t	smluvní laboratoř 1)	technolog	vedoucí výroby	nepřijetí dodávky reklamace
betonářská ocel	kontrola dodacího listu před vyložením	ke zjištění, zda je dodávka podle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka	mistr armovny	MTZ	vedoucí výroby	nepřijetí dodávky reklamace
armokoše	kontrola armokošů	přeměření rozměrů kontrola svárů a povrchů	denně	mistr armovny	deník armovny	vedoucí výroby	oprava armokoše
	předání a převzetí	kontrola kvality	denně	mistr výroby a armovny	deník výroby	vedoucí výroby	nepřijetí, vrácení do armovny

Pozn . 1) ČVUT Klokneruv ústav, zkušební laboratoř č. 1061

2) ÚNS - Laboratorní služby s.r.o., zkušební laboratoř č. 1066



## Ověřování výrobních postupů a vlastností betonu

Tab.č.3 / 1

Druh zkoušky	Kontrola/zkouška	Účel, sledované parametry	Minimální četnost	Kdo provádí	Záznam uložen	Kdo bude informován	Opatření při neshodě
Vlastnosti typového betonu	průkazní zkouška	k získání důkazu, že lze požadované vlastnosti dosáhnout navrženým složením s přiměřenou jistotou	před použitím nového složení betonu	smluvní akreditovaná laboratoř 1)	technolog	vedoucí výroby	nepřijetí průkazní zkoušky
Vlhkost drobného kameniva	průběžný měřicí systém	stanovení hmotnosti suchého kameniva a dávkování vody	průběžně při výrobě	sonda	technolog	vedoucí výroby	nové zkalibrování sondy
Obsah vody v čerstvém betonu	kontrola množství dávkované vody	k získání údajů pro vodní součinitel	každá záměs	míchač	technolog	mistr výroby	nové zkalibrování sondy
Obsah chloridů v betonu	počáteční údaj výpočtem	k ověření zda není překročen maximální obsah chloridů	při průkazní zkoušce	smluvní akreditovaná laboratoř 1)	technolog	vedoucí výroby	nepřijetí průkazní zkoušky
Obsah alkálií v betonu	počáteční údaj výpočtem	k ověření zda není překročen maximální obsah alkálií	při průkazní zkoušce	smluvní akreditovaná laboratoř 1)	technolog	vedoucí výroby	nepřijetí průkazní zkoušky
Konzistence betonu	vizuální kontrola	porovnání s běžným vzhledem stupněm konzistence.	každá záměs	míchač		Mistr výroby.	provedení zkoušky dle EN 12350-1 - 5
	zkouška konzistence dle EN 12350-2,-3,-4,-5	k posouzení dosažení specifikované hodnoty	dle ČSN EN 206-1	technolog	Deník zkoušek	Mistr výroby.	Úprava konzistence na hodnotu PZ.
Obsah cementu	vizuální kontrola	ke kontrole obsahu cementu	každá záměs	míchač		technolog	oprava vah
	kontrola hmotnosti cementu	k posouzení shody s požadovanou hodnotou Pro výpočet vodního součinitele	denně	Technolog	Deník zkoušek	mistr výroby	oprava vah
Obsah přísady	vizuální kontrola	ke kontrole obsahu přísady	každá záměs	míchač		technolog	oprava vah
Vodní součinitel	zjištění hodnoty výpočtem	k posouzení dosažení požadovaného vodního součinitele	denně	Technolog	Deník zkoušek	Mistr výroby.	Úprava vodního součinitele na požadovanou hodnotu

## Ověřování výrobních postupů a vlastností betonu

Tab.č.3 / 2

Druh zkoušky	Kontrola/zkouška	Účel, sledované parametry	Minimální četnost	Kdo provádí	Záznam uložen	Kdo bude informován	Opatření při neshodě
Zkouška pevnosti v tlaku zkušebních těles- 28 dní	zkouška dle ČSN EN 12 390-3	k posouzení dosažení požadované pevnosti	dle ČSN EN 206-1	Smluvní laboratoř 2)	deník zkoušek	technolog	Rozbor příčin.
Zkouška vodotěsnosti	zjištění max průsaku	k posouzení dosažení požadované vodotěsnosti	dle dohody s odběratelem	Smluvní laboratoř 2)	technolog	vedoucí výroby	Rozbor příčin.
Zkouška odolnosti bet. proti působení CHRL	zjištění odolnosti betonu proti působení CHRL	k posouzení dosažení požadované odolnosti	dle dohody s odběratelem	Smluvní laboratoř 1),2)	technolog	vedoucí výroby	Rozbor příčin.
Stanovení objemové hmot. čerstvého bet.	kontrola objemové hmotnosti	k posouzení dosažení požadované objemové hmotnosti	při výrobě zkušebních těles	Smluvní laboratoř	technolog	vedoucí výroby	Rozbor příčin.
Teplota čerstvého betonu	měření teploty	k posouzení dosažení minimální teploty 5 °C, nebo specifikované meze	denně pokud je hodnota blízko mezní hodnoty	míchač	deník betonárky	technolog mistr výroby	-propařování kameniv -dávkování teplé vody
Teplota cementu	měření teploty	k posouzení dosažení maximální teploty 50 °C	denně pokud je hodnota blízko mezní hodnoty	míchač	deník betonárky	technolog mistr výroby	zastavení výroby
Teplota u přísad	měření teploty	k posouzení dosažení minimální teploty	denně	míchač	deník betonárky	technolog mistr výroby	zabezpečení proti zmrznutí přísad
Teplota venku	měření teploty	k posouzení dosažení minimální a maximální teploty pro výrobu a ukládání transportbetonu	denně	míchač	deník betonárky	technolog mistr výroby	Použití přísad pro betonáž při nízkých teplotách nebo za mra Zastavení výroby betonové směsi
homogenizace přísad		k zabezpečení stejné hustoty přísady	denně	míchač	deník betonárky	technolog mistr výroby	nepovolení výroby

1) Qualiform a.s. pracoviště Hradec Králové , zkušební laboratoř č. 1008

2) M.I.S.a.s., Centrální silniční laboratoř, zkušební laboratoř č.1197

## MEZIOPERAČNÍ KONTROLA PŘI VÝROBĚ

Tab.č.4

Kontrola, zkouška inspekce	Účel, sledované parametry	Minimální četnost	Kdo provádí	Záznam uložen	Kdo bude informován	Opatření při neshodě
Forma	kontrola rozměrů, čistoty, nanesení formovacího prostředku	před každou betonáží	mistr výroby			oprava, vyčištění formy, nanesení nového separ. prostředku
Měkká výztuž	shoda s PD	před každou betonáží	mistr výroby			oprava armokoše
Tvrdá výztuž	shoda s PD	před každou betonáží	mistr výroby			oprava uložení výztuže
Ukládání SCC	shoda s PD	při každé betonáží	mistr výroby technolog			nápravná opatření
Ošetřování dílců ve výrobně	shoda s TePř	každý prvek.	mistr výroby			nápravná opatření
Ošetřování dílců na venkovní skládce	shoda s TePř	každý prvek.	mistr výroby			nápravná opatření

## VÝSTUPNÍ KONTROLA DÍLCŮ VSTI 2000 - SCC

Tab.č.5

Kontrola, zkouška inspekce	Účel, sledované parametry	Minimální četnost	Kdo provádí	Záznam uložen	Kdo bude informován	Opatření při neshodě
Vzhled	kontrola kvality povrchů, hran , závěsů a vzhledu.	každý prvek denně.	technolog mistr výroby	při neshodě - záznam o neshodě.	vedoucí výroby.	Vrácení do výroby k opravě.
Kontrola rozměrů	shoda s PD	dle dohody s odběratelem	technolog.	při neshodě - záznam o neshodě.	vedoucí výroby.	Umístění výrobků mezi neshodné výrobky.
Kontrola krytí	shoda s PD	dle dohody s odběratelem.	Smluvní laboratoř 1)	technolog	vedoucí výroby.	umístění výrobků mezi neshodné výrobky.
Rozlišení neshodných výrobků	- určené k opravě(vrácení do výroby)	každý vadný prvek.	odpovědní pracovníci	technolog	vedoucí výroby.	oprava výrobku.
	- neopravitelné	každý vadný prvek.		technolog	ředitel divize.	vyskladnění mezi neshodné výrobky.
Značení výrobků	po kontrole-evidenční označení prvků (výrobce, výrobní číslo, označení, hmotnost, datum výroby).	každý prvek.	mistr výroby		vedoucí výroby	nové označení výrobku
Nedestruktivní zjištění	kontrola skutečné pevnosti betonu daného prvku.	při pochybnostech.	smluvní laboratoř.2)	technolog	vedoucí výroby	vyskladnění mezi neshodné výrobky.
Povolání expedice výrobků	po zjištění vyhovujících parametrů	každý prvek.	technolog, mistr výroby	karta dílce	mistr expedice	umístění mezi neshodné výrobky
Osvědčení o jakosti	Potvrzení shody s PD a TePř	dle dohody s odběratelem	technolog	technolog	vedoucí výroby	

1) Qualiform a.s. pracoviště Hradec Králové, zkušební laboratoř č. 1008

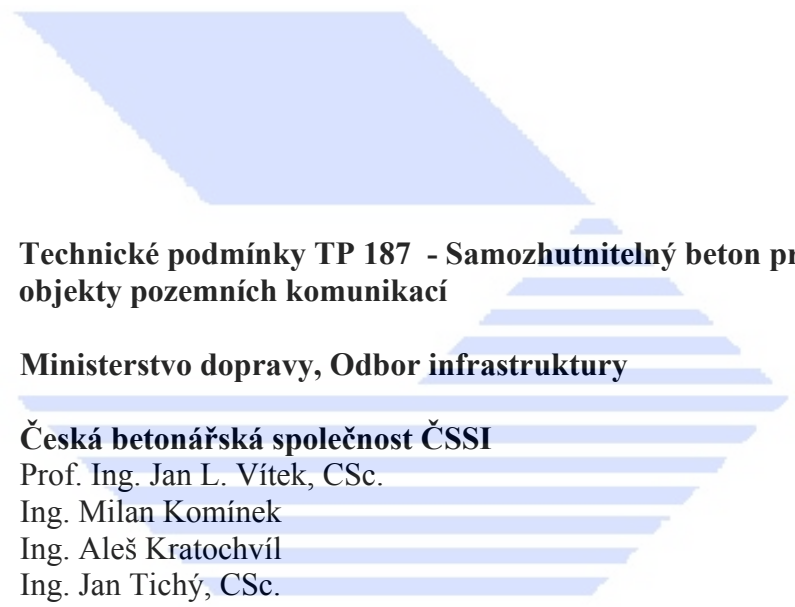
2) M.I.S. a.s., Centrální silniční laboratoř, zkušební laboratoř č.1197

## VÝSTUPNÍ KONTROLA - ARMOVNA

Tab.č.6

Kontrola, zkouška inspekce	Účel, sledované parametry	Minimální četnost	Kdo provádí	Záznam uložen	Kdo bude informován	Opatření při neshodě
Vizuální inspekce	kontrola povrchů, plochy jednotlivých vložek, svárů a vázací techniky.	každý výrobek	mistr armovny.	deník armovny	vedoucí výroby	vrácení do armovny k opravě.

Poznámka: při předání mezi armovnou a betonárnou - zápis do deníku výroby ( mistr armovny a mistr výroby ).



**Název:**           **Technické podmínky TP 187 - Samozhutnitelný beton pro mostní objekty pozemních komunikací**

**Vydal:**           **Ministerstvo dopravy, Odbor infrastruktury**

**Zpracoval:**      **Česká betonářská společnost ČSSI**  
Prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc.  
Ing. Milan Komínek  
Ing. Aleš Kratochvíl  
Ing. Jan Tichý, CSc.  
Ing. Zdeněk Michalec  
Jiří Kunc

Realizační výstup výzkumného projektu MDČR č. 1F45B/023/120 „Samozhutnitelný beton v mostních stavbách“

**Počet stran:** 46

**Formát:** A4

**Náklad:** 300 výtisků

**Tisk a distribuce:** Česká betonářská společnost ČSSI, Samcova 1, 110 00 Praha 1  
Tel: 222 316 195, 222 316 173, Fax: 222 311 261  
E-mail: [cbsbeton@cbsbeton.eu](mailto:cbsbeton@cbsbeton.eu),  
[www.cbsbeton.eu](http://www.cbsbeton.eu)