



Nízký poměr voda/cement je klíčem k trvanlivému betonu

Poměr voda/cement (v/c) v betonu určuje pevnost, hustotu a tím dlouhodobou trvanlivost betonu. Snížením tohoto poměru se vytvoří hustší a odolnější povrch betonu, zpomalující pronikání např. minerálních látek a solí, oxidů, vlhkosti,

oxidu uhličitého, čímž se výrazně prodlužuje životnost betonové konstrukce.

Pokud tyto agresivní prvky proniknou betonovým krytím, způsobí korozi betonové výztuže a poškodí betonovou konstrukci.

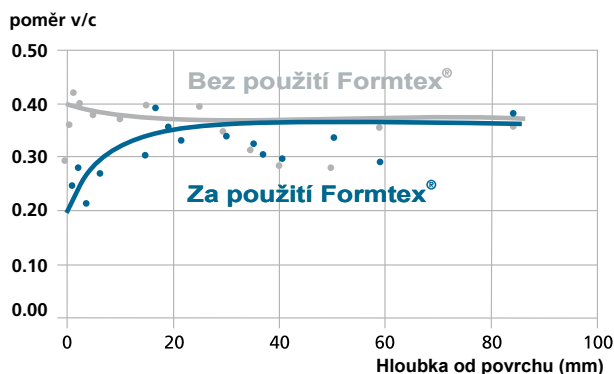
Formtex[®]

Při betonování za použití Formtex[®] jsou přebytečná voda a vzduch odváděny z povrchu čerstvě vylitého betonu a tím se snižuje poměr v/c. Viz Obrázek 1

Difuze chloridu

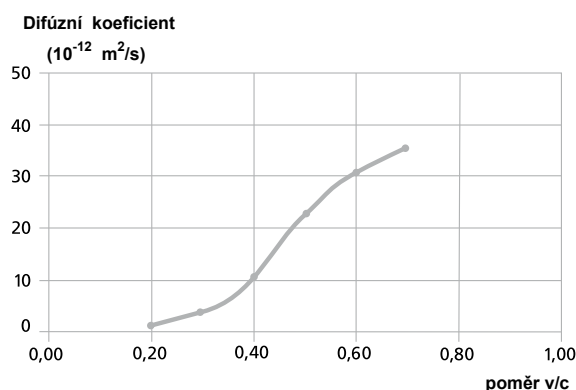
Koeficient difuze chloridu udává rychlost pronikání chloridových iontů do betonu. Zkouška zveřejněna v Cement & Concrete Research [3] ukazuje závislost koeficientu difuze chloridu na poměru v/c. Viz Obrázek 2.

Obrázek 1. Poměr V/C, různá hloubka [1], [2]



Hodnota v/c poměru 0,20 byla dosažena v Aalborg University, Dánsko při betonování za použití Formtex[®] - porovnání s betonováním bez použití Formtex[®]. Vynikající výsledek, který lze získat pouze odváděním přebytečné vody z povrchu betonu.

Obrázek 2. Koeficient difuze chloridu ve vztahu k poměru v/c [3]



Koeficient difuze chloridu se snižuje současně s poměrem v/c - nižší v/c poměr představuje silnější a odolnější betonovou konstrukci.

- [1] Morten Gantriis Sørensen, Effekt af anvendelse af CPF ved betonstøbning (The effect of using CPF when casting concrete), Final thesis, Aalborg University, Denmark, January 2001
 [2] Magazine of concrete research, vol. 43, num 155, June 1991, page 93-104
 [3] Cement & Concrete Research, vol. 29 (1999) page 1497-1504

Funkce

Formtex[®]

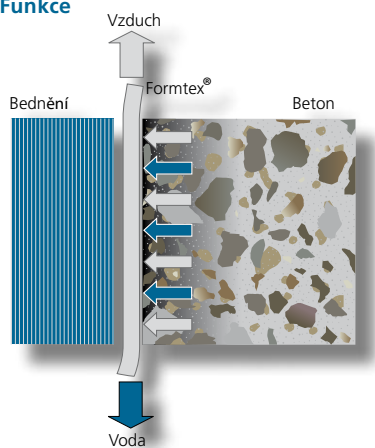
Formtex[®] Drenážní potah bednění s kontrolovanou propustností (CPF)

Liner je netkaná textilie vyrobená z jemného polypropylenového vlákna.

Textilie je na jedné straně tepelně upravena a plní funkci filtru, zatímco druhá bez tepelné úpravy funguje jako drenážní vrstva.

Velikost pórů filtru je navržena tak, aby udržela cementové částice, ale nebránila průniku vody.

Obrázek 3. Funkce



Při betonování s použitím potahu Formtex[®] je v závislosti na složení betonové směsi a na výšce betonu odvedeno 0,5-3.0 l/m² vody. Viz obrázky 4 and 5.

Betonové směsi

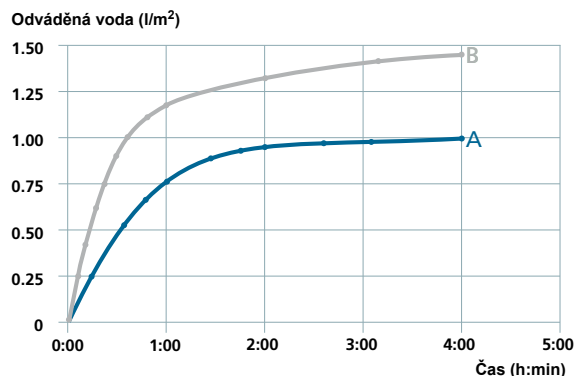
Formtex[®] odvádí značné množství vody ze standardního betonu. Byly provedeny testy se dvěma zcela odlišnými typy betonu.

Jeden s množstvím puzzolanu (mikrosilika a popílek), s nízkým poměrem voda/cement a druhý bez obsahu puzzolanu a vysokým poměrem voda/cement. Směsi jsou specifikovány v Tabulce 1 a výsledek na Obrázku 4.

Tabulka 1. Druhy betonu používající:

	A	B
Cement	340 kg/m ³	340 kg/m ³
Popílek	40 kg/m ³	
Mikrosilika	20 kg/m ³	
Plastifikátor	2,8 kg/m ³	1,0 kg/m ³
Kamenivo	1720 kg/m ³	1850 kg/m ³
Voda/prášek	0,37	0,49

Obrázek 4. Odváděná voda ve výšce 0,75 m pro oba typy betonu uvedené v tabulce 1



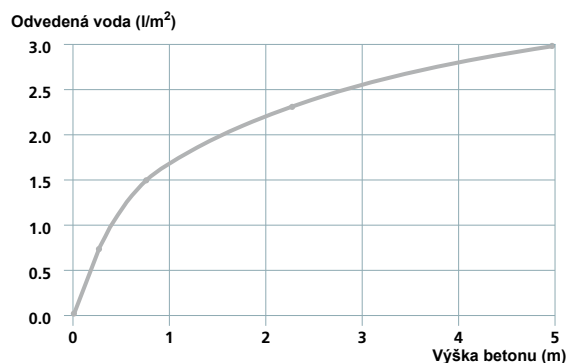
Výška betonu

Formtex[®] vodu z betonu neodsává, ale voda je vytlačována hydrostatickým tlakem betonu.

S rostoucí výškou betonu se zvyšuje hydrostatický tlak a zvyšuje se množství odvedené vody.

Obrázek 5 ukazuje výsledek testu, který znázorňuje vliv výšky betonu na množství odvedené vody.

Obrázek 5. Odvedená voda jako funkce výšky betonu.



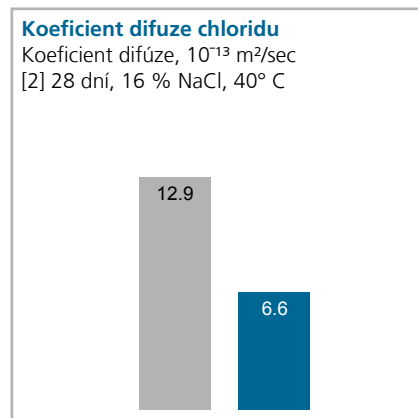
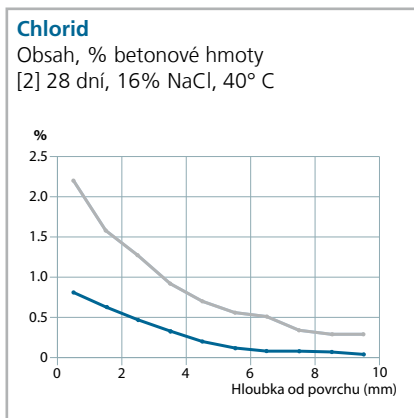
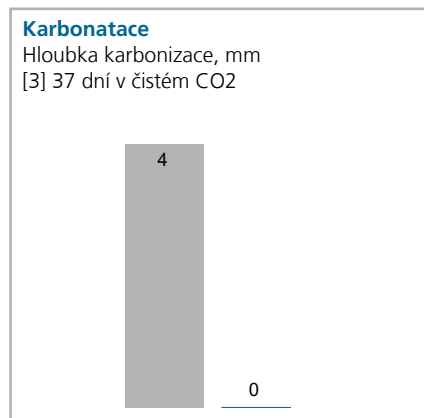
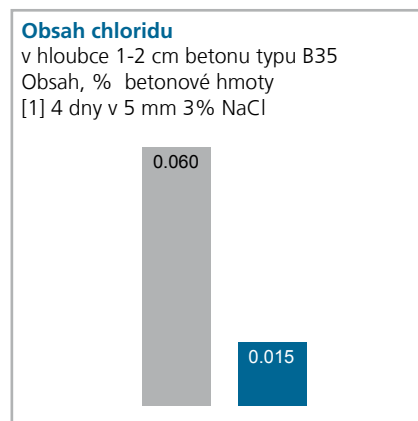
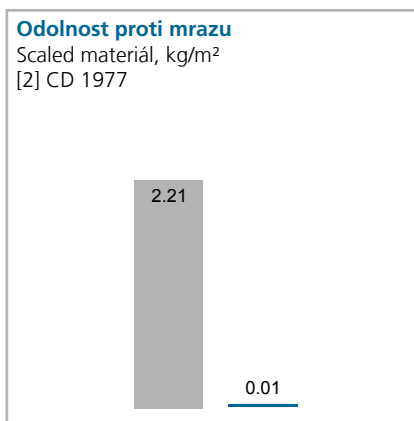
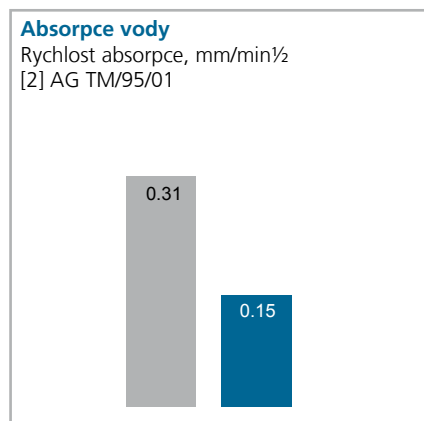
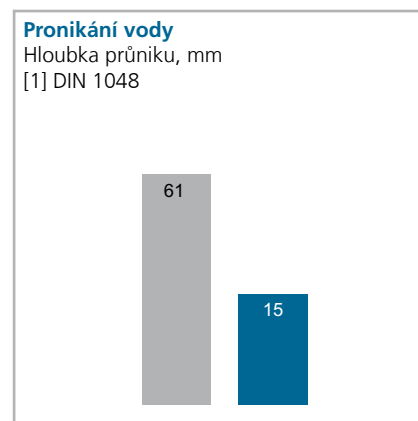
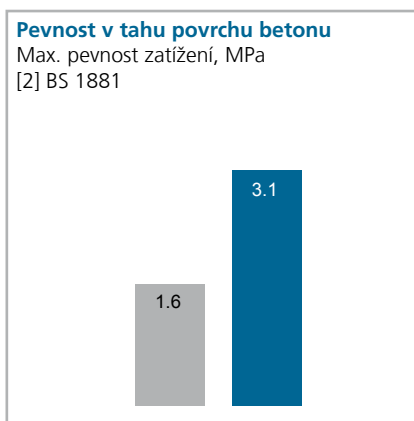
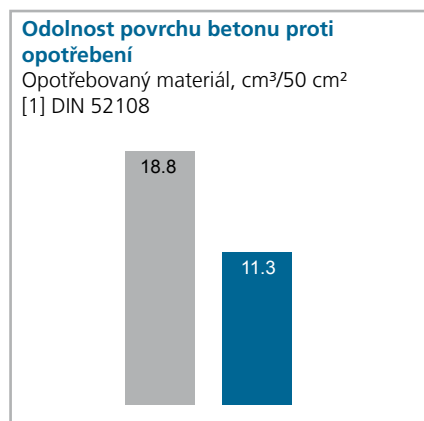


Kvalita betonu

Formtex® odvádí vodu z povrchu betonu a snižuje poměr v/c ve vnější vrstvě betonu. Snižování poměru v/c způsobí zahuštění betonu s menším množstvím a velikostí pórů. Testy provedené nezávislými laboratořemi také prokázaly zlepšení kvality betonu při použití Formtex®.

Níže uvedené tabulky ukazují příklady těchto testů.

- Bez použití Formtex®
- S použitím Formtex®



- [1] Saugende Schalungsbahnen (Absorbent formwork liners) Reinhard Barnewold, Stuttgart 2000
- [2] Evaluation on the effect of Formtex CPF on the surface properties of concrete, Taywood Engineering, Southall 1998
- [3] Einfluss der Schalungsbahnen auf die Qualität von Betonrandoznen (The influence of formwork liners on the surface quality of concrete) Prof. Günter Schelling, Stuttgart



Betonová směs

[1]

Třída	B25	B35	B45	B35
Type cementu	Type1 32,5R	Type1 42,5R	Type1 42,5R	Type3*B32,5NWHS
Voda/prášek	0,53	0,51	0,47	0,50
Cement (kg/m ³)	270	280	350	340
Popílek (kg/m ³)	60	60	30	
Plastifikátor (kg/m ³)	0,5	0,5	0,6	0,3
Voda (kg/m ³)	175	175	180	170
Kamenivo (kg/m ³)- max 22 mm	1850	1845	1805	1870
Tok (DIN1048)	460 mm	480 mm	510 mm	420 mm
Pevnost v tlaku po 28 dnech, 200 mm kostka DIN1048	38,9 MPa	40,4 MPa	47,7 MPa	40,7 MPa

[2]

Třída	C35
Typ cementu	BCI Northfleet
Voda/prášek	0.53
Cement (kg/m ³)	340
Voda (kg/m ³)	180
Kamenivo (kg/m ³)- max 22 mm	1835
Propad (BS 1881 del 102)	75 mm
Pevnost v tlaku po 28 dnech, 100 mm kostka DIN1048	45,5 MPa

[3]

Třída	B35
Typ cementu	PZ35 L NW HS
Voda/prášek	0,49
Cement (kg/m ³)	340
Plastifikátor (kg/m ³)	2,7
Voda (kg/m ³)	168
Kamenivo (kg/m ³)- max 32 mm	1881
Tok (DIN1048)	1,07
Pevnost v tlaku po 28 dnech, 200 mm kostka DIN1048	39 MPa

Kalkulace požadavků na materiál - metoda napínání

Při výpočtu spotřeby materiálu, se musí k ploše betonu připočítat přesahy textilie podél krajů bednění.

Proto rozměr textilie Formtex[®] musí přesáhnout plochu určenou k betonování, aby se zajistila správná instalace.

Níže je model výpočtu (pro metodu napínání) stanovující velikosti role k danému počtu dílů bednění.

Rozměry standardních rolí Formtex[®]

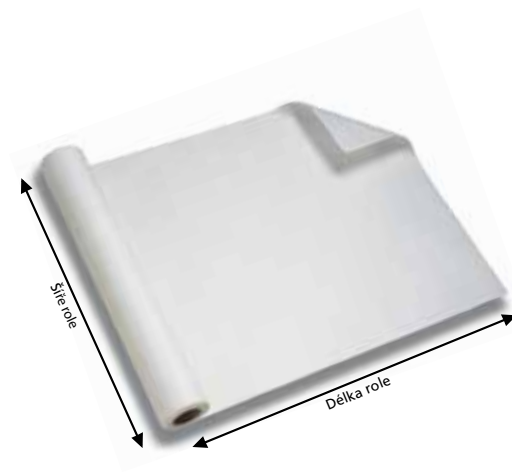
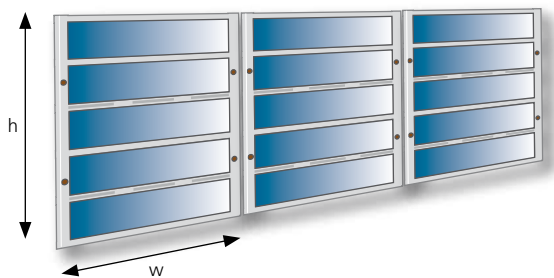
Šířka	Délka
2,75 m	50 m
2,75 m	100 m
3,20 m	50 m
3,20 m	100 m
4,00 m	50 m
4,00 m	100 m

Výpočet velikosti role Formtex[®]

Minimální délka role (uváděno v m):
 $(h+0,5 \text{ m}) \times \text{počet bednicích panelů}$

Minimální šířka role (uváděno v m):
 $w+0,4 \text{ m}$

h a **w** představují výšku a šířku bednicího panelu, jak je níže na obrázku.



Příklad výpočtu

Zed' k betonování s Formtex[®] na jedné straně.
Rozměr zdi 4 x 20 m.

Celkem 10 bednicích desek, rozměr každé z nich je 4 x 2 m.

Minimální rozměr role

Délka role: $(4 \text{ m} + 0,5 \text{ m}) \times 10 \text{ panelů} = 45 \text{ m}$

Šířka role: $2 + 0,4 = 2,4 \text{ m}$

Správný rozměr role k objednání:
2,75 x 50 m

Specifikace CPF potahu

Jaké parametry jsou důležité a proč?

Při specifikování CPF potahu, je třeba vzít v úvahu:

- Charakteristiku vložky
- Zvýšení kvality betonu
- Instalace a opakované použití

Konstrukce a hydraulické vlastnosti, obě tyto základní vlastnosti charakterizující vložku jsou důležité pro zajištění uspokojivého výkonu CPF vložky.

Teoreticky se zvýšení kvality betonu docílí správnou specifikací vlastností potahu. V praxi musí být také specifikována kvalita betonového krytí. Zvýšení kvality betonu bude vždy měřeno ve srovnání

s "konkrétním" betonem.

Protože neexistují žádné normy definující postup měření CPF betonu, může výrobce zvolit pro porovnání kvality jakýkoliv beton.

Pokud se pro porovnání zvolí beton nízké kvality, může být procentuálně dosaženo výborného zlepšení parametrů, aniž bude zajištěna požadovaná kvalita betonu.

Nicméně vlastnosti těchto 2 bodů v kombinaci se správnou instalací zajistí, aby CPF potah vykonával funkce dle vašich potřeb.

Charakteristiky potahu

Potah musí obsahovat jak filtrační tak drenážní vrstvu

Potah obsahující pouze filtr se rychle nasatí vodou, protože nemá drenážní vrstvu pro odvádění vody. Pokud je filtr nasáklý nebude schopen odvádět přebytečnou vodu z betonu a výsledkem bude sice povrch bez defektů po vzduchových bublinách, ale bez významného vylepšení trvanlivosti betonu.

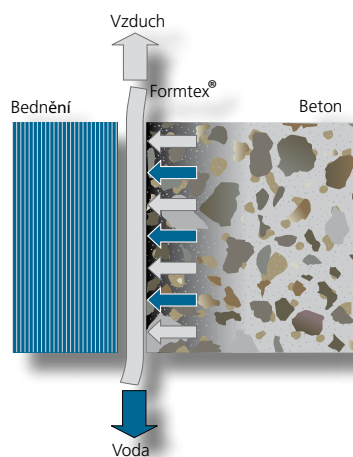


Střední velikosti pórů filtru musí být menší než 35 mikronů

Tato velikost pórů zajistí zadržení jemných cementových částic.

Potah musí být schopen propustit až 3 l/m² vody.

Filtr nesmí být příliš hustý, aby voda mohla volně odtékat.



Potah musí mít schopnost zadržovat vodu nejméně 0,45 l/m² [1].

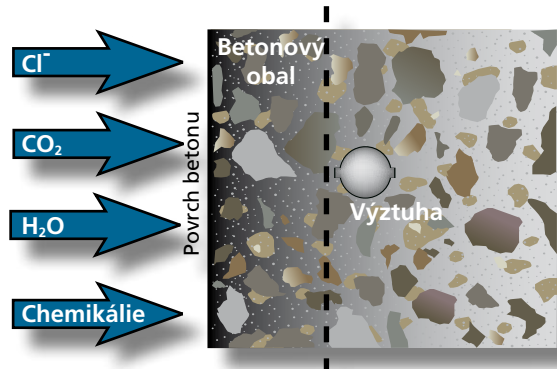
Jestli je potah schopen udržet minimálně 0,45 l/m² vody ve své struktuře, bude zajištěna řádná hydratace betonového krytí. Vlhké prostředí sníží tvorbu mikrotrhlin, protože beton nebude vysychat.

[1] These values should be certified by a EOTA member (The European Organisation for Technical Approvals) or equivalent. For more information: <http://www.eota.be>

Zvýšení kvality betonu

Minimální průměrné 70% snížení karbonatační hloubky [1]

Zrychlený test



Minimální průměrné 60% snížení koeficientu difuze chloridu [1]

Podle NT Build 443.

Minimální průměrný 90% nárůst povrchové pevnosti v tahu [1]

Podle BS 1881 Part 207: 1992 (Test v tahu)

Instalace a opakové použití

Rozložte CPF potah přes vyčištěné bednění a upevněte ji dle pokynů od vašeho dodavatele. Očistěte bednění před instalací potahu. Nepoužívejte separační olej nebo jiné separační prostředky na CPF ani na bednění.

CPF vložku použijte maximálně dvakrát, aby se zajistilo nejen vizuální zlepšení betonu. Pokud je potah poškozen nebo viditelně zanešen částicemi cementu po prvním užití, potah odstraňte nebo opravte. Jinak mezi prvním a druhým užitím CPF potah neodstraňujte nebo neочиšťujte.



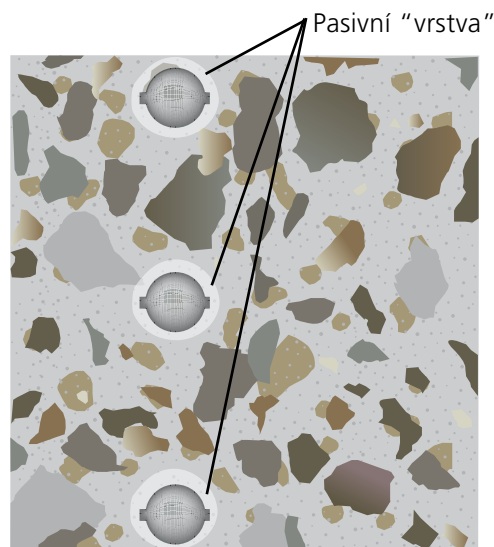
[1] These values should be certified by a EOTA member (The European Organisation for Technical Approvals) or equivalent. For more information: <http://www.eota.be>

Koroze výztuží v betonu

Betonové konstrukce jsou navrhovány tak, aby vydržely daná zatížení, které se časem nemění, ale materiál ztrácí stárnutím svoje původní vlastnosti. Včasnými preventivními opatřeními lze velmi efektivně zabránit poškození betonových konstrukcí. Všechna preventivní opatření zpomalují průnik agresivních elementů do betonu.

Vysoce alkalické prostředí čerstvého betonu vytváří okolo ocelové výztuže ochrannou vrstvu chemicky pasivních oxidů. Tato vrstva je udržována alkalickým prostředím a chrání ocelovou výztuž před korozi. Nicméně, pasivní "vrstvu" může zničit:

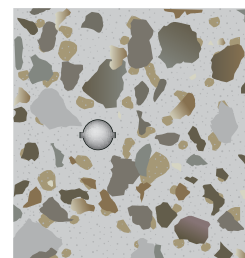
1. Kontakt chloridových iontů (Cl-) s pasivním "povlakem"
2. Snížení pH hodnoty v pasivní oblasti



Kontaminace chloridy

Ke kontaminaci chloridy z posypových solí a / nebo z mořské vody dochází především difúzí, ale může ji způsobit i voda vnikající do betonu. Záporné ionty jsou schopné poničit pasivní vrstvu a tím zahájit proces koroze. Rychlost vnikání chloridů závisí na pórovitosti a propustnosti betonu. Hlavní pohybové mechanismy jsou podrobněji popsány v letáku "Pohyb chloridu v betonu".

1. Pasivní vrstva je narušena pronikáním agresivních prvků.



Karbonatace

Ke karbonataci dochází v důsledku průniku oxidu uhličitého z venkovního vzduchu. Karbonatace začne na povrchu a rozšiřuje se do betonu. Rychlost průniku závisí na pórovitosti a propustnosti betonu. Karbonatace snižuje koncentraci hydroxidových iontů (OH-), pH-hodnota klesne pod 9 a tím se poškodí pasivní "povlak". Více informací o karbonizaci je popsáno v letáku "Karbonatace betonu".

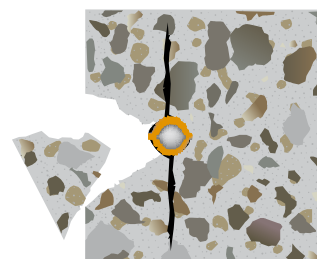
2. Koroze výztuže způsobuje rozpínání a tak dochází k okamžitému praskání betonu.



Koroze

Jakmile dojde k narušení pasivního povlaku, přítomnost kyslíku a vody způsobí korozi oceli. Výsledek koroze (rez), má větší objem než původní ocel, čímž dojde k oddolení betonového krytí a zmenšený průměr drátu (prutu) sníží nosnost železobetonových prvků.

3. Koroze pokračuje a výsledkem narůstání objemu je odštěpující se beton.



Pohyb chloridu v betonu

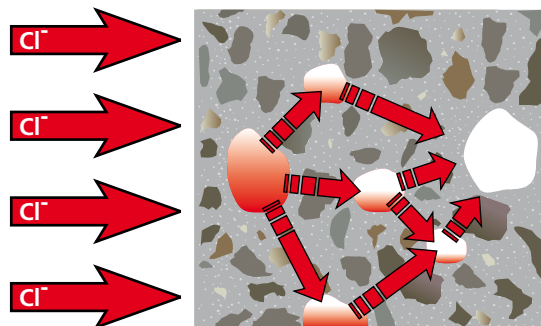
Kontaminace chloridy může pocházet z několika zdrojů. Ze slané vody v přímořském prostředí, posypových solí, kontaminovaného kameniva, kontaminované vody, vzdušné soli, soli obsažené v chemických látkách, které přijdou do kontaktu s betonovým povrchem, soli obsažené v podzemních vodách, atd.

Hlavní pohybové mechanismy jsou:

- Difuze (způsobená rozdílem koncentrace)
- Prostupnost (způsobená rozdílem tlaku)
- Kapilární vzestup (způsoben kapilárním sáním)
- Migrace (způsobená rozdílem el. napětí)

Difuze

Difuze chloridu bude probíhat vždy, jakmile je povrch betonu ve styku s chloridy. Děje se tak proto, že hnací silou je koncentrační rozdíl mezi kontaminovaným povrchem a nekontaminovaným betonem.

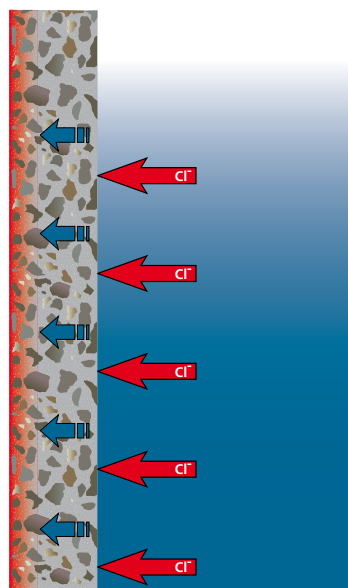


Míra proniknutí závisí na koncentraci chloridů na povrchu a na difuzním koeficientu betonu. Difuzní koeficient je fyzická vlastnost popisující rychlost difuze v betonu. Velikost difuzního koeficientu je silně závislá na struktuře pórů a hustotě betonu, a proto závisí především na poměru obsahu v/c, obsahu pozzolanu, vzniku mikro-trhlin a zpracovatelských podmínkách.

Prostupování a kapilární vzestup

Prostupování chloridu nastane, jakmile beton podléhá z jedné strany tlaku vody obsahující chloridy. V tomto případě voda kontaminovaná chloridem prostoupí přes beton na stranu, která není vystavena tlaku. Chloridy se budou pomocí vody

pohybovat skrz beton a jak se voda vypařuje budou se hromadit na plochách, které nejsou vystaveny tlaku. Největší koncentrace chloridů se vytvoří na povrchu, kde nepůsobí tlak.



Kapilární vzestup je pohybovým mechanismem ve všech poréznych materiálech. Pro lepší představu: Jakmile se pouze spodní hrana kostky cukru ponoří do kapaliny, bude kapalina stoupat skrz kostku do té doby, dokud ji neprosákne. Rychlost prostupování a kapilární vzestup závisí na hustotě betonu.

Migrace

K pohybu pomocí elektrické migrace dojde, jakmile začala koroze výztuhy. Rezavějící oblasti výztuží vytvářejí elektrický proud a budou přitahovat záporně nabitě ionty chloridu (Cl⁻). Tím se značně zhorší situace v korodovaných oblastech.

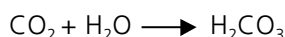
Stejně tak jako v případě difuze a prostupování je rychlost elektrické migrace silně závislá na struktuře pórů a hustotě betonu.

Karbonatace betonu

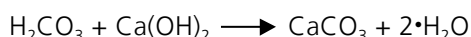
Co je karbonatace

Karbonatace je vznik uhličitanu vápenatého (CaCO_3) chemickou reakcí v betonu.

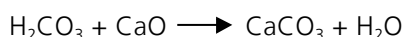
Vytvoření uhličitanu vápenatého vyžaduje přítomnost tří stejně důležitých látek: oxid uhličitý (CO_2), vápník (Ca) a voda (H_2O). Oxid uhličitý (CO_2) se vyskytuje v okolním vzduchu, skupenství vápníku (hlavně $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a CSH) jsou přítomna v betonu, a voda (H_2O) se vyskytuje v pórech betonu. K první reakci dojde v pórech, kde dioxid uhlíku (CO_2) reaguje s vodou (H_2O) a vzniká kyselina uhličitá (H_2CO_3):



Kyselina uhličitá pak reaguje se skupenstvím vápníku:



Jakmile dojde ke změně skupiny $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a není přítomna v cementovém tmelu, hydratovaný CSH (Vápenokřemičitý hydrát - $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) uvolní CaO , který pak bude také karbonatovat:



Při těchto reakcích dochází k poklesu hodnoty pH. Běžná hodnota pH betonu je vyšší než 13, zatímco hodnota pH plně karbonatovaného betonu je nižší než 9. Jakmile proces karbonatace zasáhne výztuž v betonu a hodnota pH je nižší než 13, pasivní "vrstva" na výztužích se začne narušovat a začne proces koroze, jak je popsáno v letáku "Koroze výztuží v betonu".

Rychlost karbonatace

Rychlost karbonatačního procesu v betonu závisí na dvou parametrech:

- pórovitosti betonu
- vlhkosti betonu

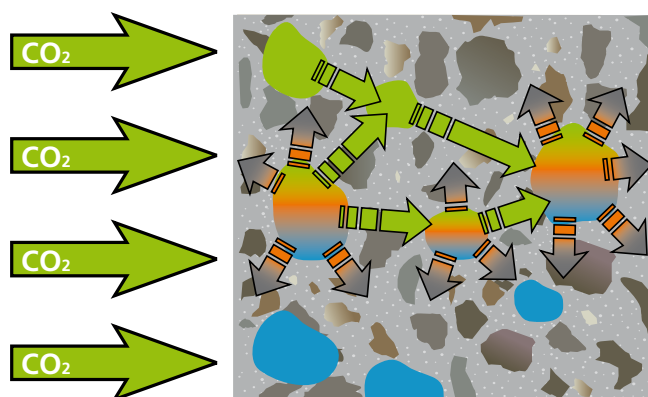
Pórovitost betonu





Proces karbonatace má neustálou potřebu přítomnosti oxidu uhličitého (CO_2) z atmosféry. Aby se karbonatace mohla šířit, musí být zajištěn nepřetržitý přísun čerstvého oxidu uhličitého z povrchu do vnitra betonu.

Nízká pórovitost a propustnost snižuje rychlost průniku oxidu uhličitého (CO_2) z atmosféry, čímž zpomalí postupování karbonatace.

Obsah vlhkosti v betonu

Obsah vlhkosti betonu je také velmi důležitý faktor. Karbonatace v pórech betonu nastane pouze při relativní vlhkosti (RH) mezi 40% a 90%. Jakmile je relativní vlhkost v pórech vyšší než 90%, oxid uhličitý není schopen proniknout do porů a je-li relativní vlhkost nižší než 40%, oxid uhličitý nemůže reagovat s vodou.



 Voda H_2O	 Oxid uhličitý CO_2
 Kyselina uhličitá H_2CO_3	 Uhličitan vápenatý (výsledek karbonatace CaCO_3)