

KOROZE BETONU A BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Ing. Zdeněk Vávra
www.betosan.cz, vavra.z@betosan.cz
+420 602 145 570

Skladba betonu

Cement
Kamenivo
Voda
Příspěvky a příměsi

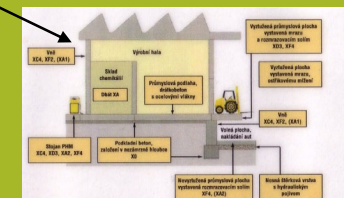
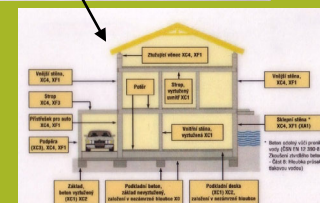
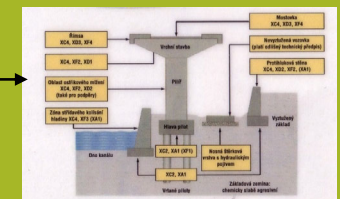
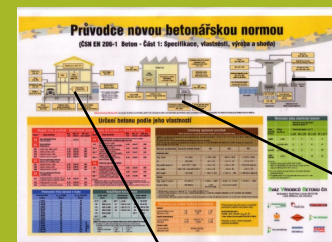
Cementový kámen (tmel)
Kamenivo
vzduch

Návrhové parametry betonu

Pevnost v tlaku
Modul pružnosti
Vlastnosti betonu dle SVP
Konzistence
Maximální zrno kameniva
(maximální průsak, nárůst pevnosti, zpracovatelnost,...)

C 30/37, XC3, Dmax 22, S3
maximální hloubka průsaku vody 30 mm
pomalý nárůst pevnosti
zpracovatelnost 90 min.

ČSN EN 206



Druhy koroze betonu

chemické vlivy

- působení plynů
- roztoky kyselin a jejich solí
- působení ropných látek a olejů
- pevné látky

fyzikální vlivy

- mechanické
- nízké a vysoké teploty
- hygrometrické vlivy

biologické vlivy

- chemické
- fyzikální / mechanické

Chemické korozní vlivy ohrožující beton

plyny – kapaliny – pevné látky

- chemické složení betonu i agresivní látky
- koncentrace agresivní látky
- teplota
- vlhkost**
- rychlost proudění
- změny intenzity působení
- mechanické namáhání konstrukce

Chemické a mineralogické složení cementů

Základní slínkové minerály

- C_3S – trikalciumpilikát (alit) – 45 – 80 %
- C_2S – dikalciumpilikát (belit) – 5 – 32 %
- C_3A – trikalciumaluminát – 4 – 16 %
- $C_2(AF)$ / $C_4(AF)$ – kalciumaluminátferit (brownmillerit) 3 – 12 %
- CaO – volné 0,1 – 3 %
- MgO – volné 0,5 – 4,5 %
- (směsné cementy)

Chemické a mineralogické složení cementů

Složení portlandského slínku

- CaO – 61 – 68 %
- SiO₂ – 20 – 24 %
- Al₂O₃ – 4 – 8 %
- Fe₂O₃ – 2 – 4 %
- MgO – 0,5 – 6 %

Chemické a mineralogické složení cementů

portlandský – CEM I
 portlandský směsný – CEM II
 vysokopecní – CEM III
 pucolánový – CEM IV
 směsný – CEM V

speciální – bílý; **rozpínavý**; síranuvzdorný; **“silniční”**; s nízkým hydratačním teplem; **hlinitanový**; s nízkým obsahem alkálií; **barnatý** ...

Chemické korozní procesy betonu

pH čerstvého betonu cca 12,5

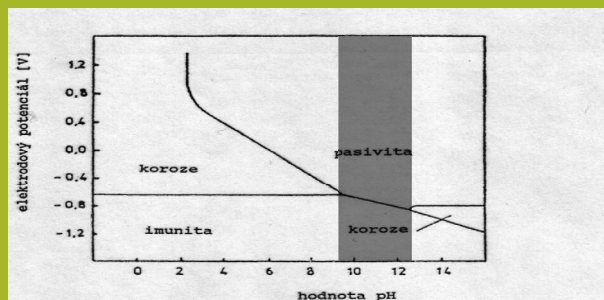
rozpuštění a vyluhování složek cementového kamene - CaO [Ca(OH)₂] – při vyplavení 1/3 obsahu celkový rozpad tmelu

působení kyselin (nízké pH)

tvorba ve vodě rozpustných minerálů vlivem agresivních látek – jejich vyplavení

agresivní látky tvoří novotvary většího objemu, které jsou navíc hygroskopické – větší vlhkost – degradace tmelu

Princip elektrochemické koroze železobetonu



1 Pourbaixův diagram: Závislost korozního stavu oceli na hodnotě pH a elektroodového potenciálu. [2]

Vliv vody na korozi betonu

přírodní x odpadní

přírodní
 atmosférické
 povrchové
 podzemní

odpadní
 splaškové
 průmyslové

Vliv vody na korozi betonu

- přírodní podzemní
- významný vliv horninového prostředí
- sírany a chloridy
- silikátové prostředí = větší množství CO_2
- kyselost prostředí
- ve vodě rozpustné sírany – vznik kyselin H_2SO_4
- odpadní splaškové a průmyslové kontaminace různými látkami
- vliv cukrů
- vliv chloridů
- vliv síranů
- vliv kyselin

Vliv vody na korozi betonu



Vliv vody na korozi betonu

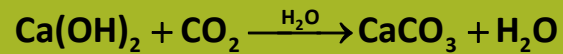
- přírodní atmosférické
- dešťová voda
- průmyslové oblasti
- přímořské oblasti
- aerosol s obsahem solí – stovky mg / liter – pH 5,5
- přírodní povrchové
- vodní toky
- solí 20 – 100 mg / liter ($^-$ Cl) (pitná voda do 20 mg)
- stojaté kyselé vody
- nízké pH 3 – 5
- mořská voda
- 3,5 % O solí (35 000 mg / liter) z toho cca 18 800 mg / liter $^-$ Cl



Vliv plynů na korozi betonu

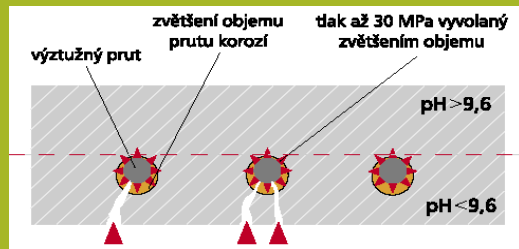
- pro korozi plynů je nezbytná přítomnost vody resp. vzdušné vlhkosti – maximální vliv RH 75 %
- korodující plyny - SO_2 ; SO_3 ; CO_2 ; NH_3 ; H_2S ; NO_x – většinou vznik kyselin za přítomnosti vody
- $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ – oblasti s topením tuhými palivy = vysoký obsah síry
- vznik H_2SO_3 a H_2SO_4 – tvorba výkvětů
- přímé působení SO_2 a CaCO_3 – výkvěty ve zdivu i betonu
- CO_2
- koncentrace 0,03 – 0,1 %
- postupná neutralizace – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – přeměna CaCO_3 – utěsnění pórového systému
- postupný pokles pH
- překrystalizace uhličitanů – vnitřní tlaky – změna struktury

Negativní vliv vzdušného CO₂ na železobeton

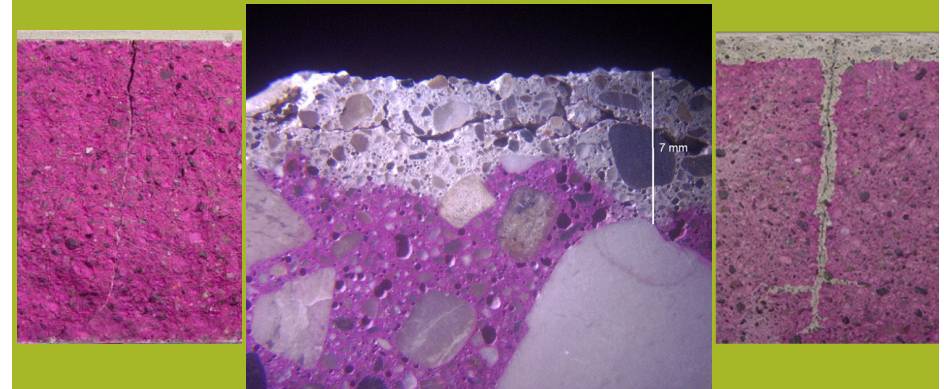


postupná přeměna alkalické cementové matrice obsahující Ca (OH)₂ na pH neutrální CaCO₃

korozí výztuže - zvětšení objemu výztužného prutu - poruchy cementového tmelu vlivem tlaku vyvolaného korozí výztuže



Karbonatace betonu



Elektrochemická korozí vlivem Cl⁻

obdobný princip jako karbonatace

železobeton - 0,2 % - 0,4 % z hm. cementu

předpjatý beton - 0,1 % - 0,2 % z hm. cementu

omezení obsahu i v cementu



Sondy k předpínací výztuži



Sondy k předpínací výztuži



	Bez koroze.
	Mírná povrchová koroze, lokálně s projevy rozvoje koroze ve štěrbinách mezi patentovými dráty. Korozně oslabeno až 0,19 % průřezové plochy.
	Středně rozvinutá koroze plošného charakteru. Korozně oslabeno až 1,26 % průřezové plochy.
	Intenzivnější koroze s přechodem k důlkové formě. Korozně oslabeno až 2,72 % průřezové plochy.
	Intenzivní koroze s tvorbou odlupujících se šupin. Korozně oslabeno až 8,38 % průřezové plochy.
	Výrazné oslabení s přerušením patentovaných drátů. Korozně oslabeno až 21,34 % průřezové plochy.

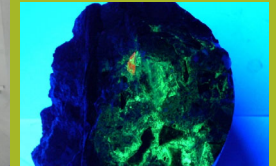
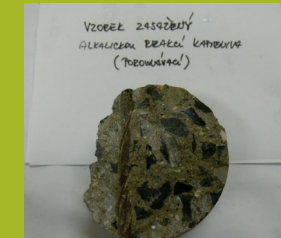
- úbytek průřezové plochy > 5% => havarijný stav (VII)
- úbytek průřezové plochy < 5% => stavební stav (VI)
- úbytek průřezové plochy < 1% => stavební stav (V)

U lana 15,5 mm – rovnoměrný úbytek 0,013 mm = 1%!!!

Alkalická reakce kameniva ASR



vlivem reakce alkálií v cementu s reaktivním kamenivem (křemičité břidlice, rhyolity, andezity, opál, chalcedon, christobalit, flint) – vznik reaktivních gelů v okolí kameniva – zvětšení objemu až 20 mm/m – vznik trhlin – rozpad betonu



Uhličitá a síranová koroze betonu



uhličitá – druh kyselé koroze

síranová

- sulfoaluminátová – voda < 1000 mg SO₄ / litr
- sulfoaluminát sádrovcová – voda > 1000 mg SO₄ / litr
- hořečnatá – bez obsahu síranů ve vodě
- hořečnatosádrovcová Mg + SO₄



Uhličitá a síranová koroze betonu



uhličitá – druh kyselé koroze

síranová

- sulfoaluminátová – voda < 1000 mg SO₄ / litr
- sulfoaluminát sádrovcová – voda > 1000 mg SO₄ / litr
- hořečnatá – bez obsahu síranů ve vodě
- hořečnatosádrovcová Mg + SO₄



Síranová koroze

Sulfoaluminátová koroze **x**

Reakce $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a SO_4^{2-}

Tvorba sádrovce

Dále reakce s hydroalumináty

Vznik hydrosulfoaluminátu a ettringitu

Zvětšování objemu až 7,5 x

Porušení mikrostruktury a vznik trhlin

Sádrovcová koroze

Při koncentracích > 1000 mg/l

Hromadění sádrovce

Porušení mikrostruktury a vznik trhlin

Síranová koroze



Síranová koroze



Vápenaté rozpínání

volné CaO v cementu

za přítomnosti vody

zvětšování objemu

porušení mikrostruktury

Hořečnaté rozpínání

volné MgO v cementu

za přítomnosti vody

zvětšování objemu

porušení mikrostruktury

Degradace betonu z hlinitanového cementu

na rozdíl od portlandského cementu

Al_2O_3 – 35 – 52 % (PC = 4 – 8 %)

CaO – 35 – 45 % (PC = 61 – 68 %)

směs bauxitu a vápence [1:1]

V Československu používán jako konstrukční v letech 1930 – 1960

použití v konstrukcích s požadavkem na rychlý nárůst pevností (zimní betonáž)

vliv na degradaci – teplota, vlhkost, CO_2 , nízká hutnost, ...

přeměna hydrogenaluminátů za vzniku $\text{Al}(\text{OH})_3$ – zmenšení objemu (na cca 47 %) – větší pórový systém – pokles pevnosti betonu

v průběhu degradace se objevuje hydrát železa – hnědé zbarvení



Fyzikální vlivy

Mechanické poškození betonu



Obrus povrchu

Přetížení konstrukcí

Poškození nárazem

Poškození výbuchem



Mechanické poškození betonu

Obrus povrchu

Přetížení konstrukcí

Poškození nárazem

Poškození výbuchem



Mechanické poškození betonu

BETOSAN®



Mechanické poškození betonu

BETOSAN®

Obrus povrchu

Přetížení konstrukcí

Poškození nárazem

Poškození výbuchem



Mechanické poškození betonu

BETOSAN®



Obrus povrchu

Přetížení konstrukcí

Poškození nárazem

Poškození výbuchem



Poškození mrazem

BETOSAN®



- působení vody / CHRL
- zvětšení objemu o 9 % - vnitřní krystalizační tlak
- pevnost v tlaku v okamžiku zmrznutí směsi (R_z)
- provzdušnění betonu 3 – 6 % - uzavřené póry



Poškození mrazem



Poškození betonu v důsledku požáru

Při teplotě nad 150°C dochází ke změnám vlivem teplotní roztažnosti

Při teplotě 350°C – 600°C – uvolňování chemicky vázané vody

575°C – rozpínání křemene

při 500°C po 8 h – pokles pevnosti na 85 %

Při 800°C – pokles pevnosti na 10 - 20 %

Poškození betonu v důsledku požáru



Biokorozní vlivy

- bakterie
- řasy
- houby
- lišejníky
- mechy
- vyšší rostliny
- živočichové



Biokorozní vlivy

Biokoroze = přímé i nepřímé působení rostlin a organismů na stavební materiály, které je příčinou jejich degradace a následné ztráty jejich původní funkce.

Biodeteriogeny

Podmínkou - vhodné prostředí pro život
Kombinace s ostatními vlivy
Působení chemické x fyzikální x kombinace

Bakterie

chemotrofní x autotrofní

anaerobní – základy, podzemní konstrukce

redukční reakce – soli a kyseliny – síra, dusík

aerobní – konstrukce s přístupem kyslíku

oxidační reakce – soli a kyseliny – síra, dusík

Povrchové poškození materiálů – vznik pórů, snížení pevnosti, ztráta soudržnosti

Produkty bakterií vytvářejí podmínky pro život vyšších rostlin

Řasy

Podmínkou přítomnost souvislého vodního filmu

Působení mechanické i chemické

Vnitřní tlaky v pórech v jednotkách MPa

Vysoká produkce CO_2 – přeměna $-\text{CO}_3$ na $-\text{HCO}_3$

Vyplavování materiálu i vazných součástí

Produkce organických kyselin – „rozpuštění“ materiálu

Tvorba prostředí umožňujícího zadržování vody



Houby

Žijí na organickém podkladu

Poškozuji anorganické povrchy v blízkosti organických

Působení mechanické i chemické

Specifickou skupinou jsou plísně

Podkladem jsou organické částičky vyskytující se ve vzduchu

Nepotřebují k životu ani světlo ani kyslík

Vedle poškozování konstrukcí mají uvolňované spory vliv na lidské zdraví

Lišejníky

- Poškození zejména chemické – organické kyseliny
- Růst i degradační působení je dlouhodobý proces

Mechy

- Negativní působení spočívá zejména v zadržování vody a tím i ve vytváření prostředí pro „běžné“ fyzikální a chemické působení



Vyšší rostliny

Trávy, keře, stromy

Zejména mechanické působení

Přímé

vnikání kořenového systému do pórů, trhlin a dutin

Působení kořenového systému na podzákladí - tlaky

Nepřímé

Změna pohybu a množství vody v okolí konstrukce

Krycí funkce proti působení větru a dalších povětrnostních vlivů

Chemické působení

Znečištění povrchu konstrukcí mizou – poklad pro další druhy biokoroze

Vytváření podmínek pro poškozující vlivy (fyzikální)



BETOSAN®



BETOSAN®

Živočichové

- Působení mechanické
- Vytváření hnízd, shánění potravy a jejich doplňků
- Působení chemické
- vliv zejména výkalů
- Prostředí pro další druhy koroze



Živočichové

BETOSAN®



Živočichové

BETOSAN®



Prevence a sanace

Brát korozi v úvahu

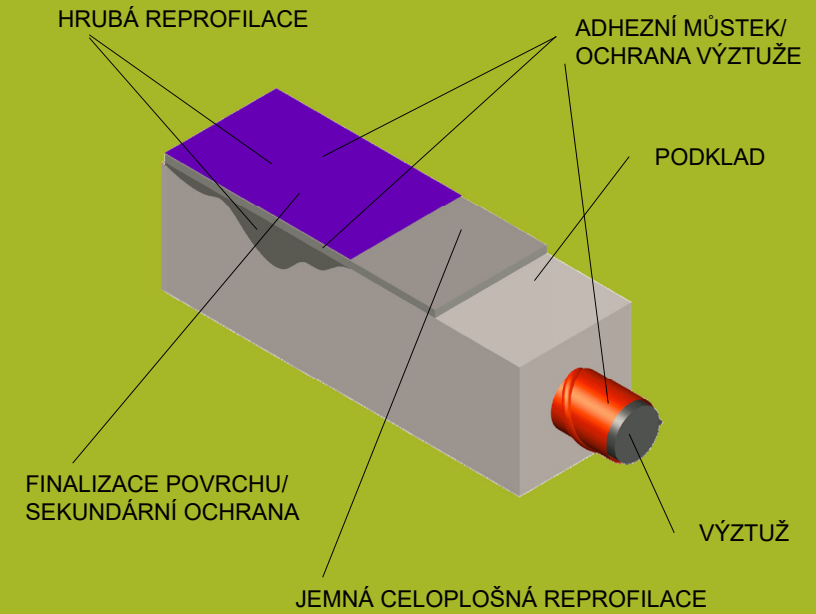
Komplexní pohled na stavbu

Prostředí, původ a působení = volba materiálu (skladby)

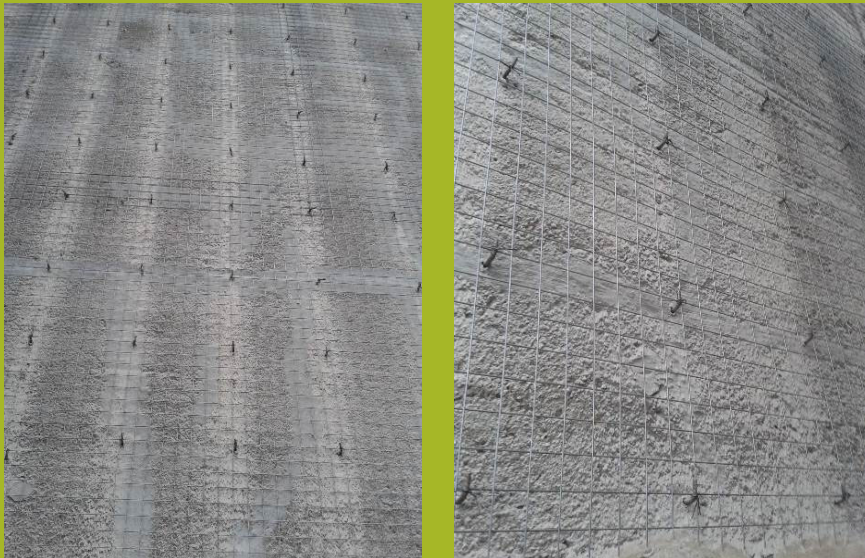
Údržba

- Materiály s biocidními přísadami (jisté nevýhody)
- Minimalizace styku vody s konstrukcí
- Materiály odolné chemické korozi

Schéma postupu sanace železobetonu BETOSAN®



Mechanické kotvení



Mechanické kotvení



DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

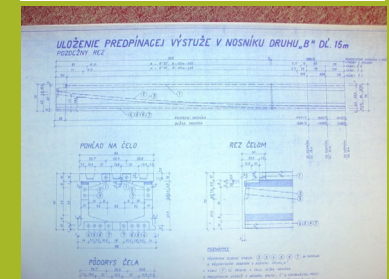
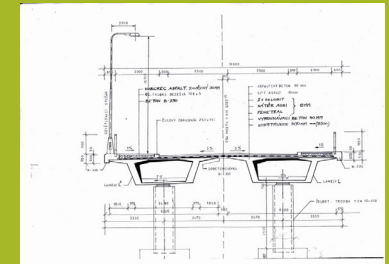
Ing. Zdeněk Vávra
www.betosan.cz, vavra.z@betosan.cz
 +420 602 145 570

Diagnostika železobetonových konstrukcí

Studium podkladů

- Diagnostika – „in situ“
 - Vizuální prohlídka
 - Fyzikálně mechanické vlastnosti
 - Poloha výztuže
 - Chemické ohrožení konstrukce
 - Odběr vzorků

- Laboratorní zkoušky
 - Fyzikálně mechanické vlastnosti
 - Obsahy rozpustných solí
 - Další parametry



Diagnostika železobetonových konstrukcí



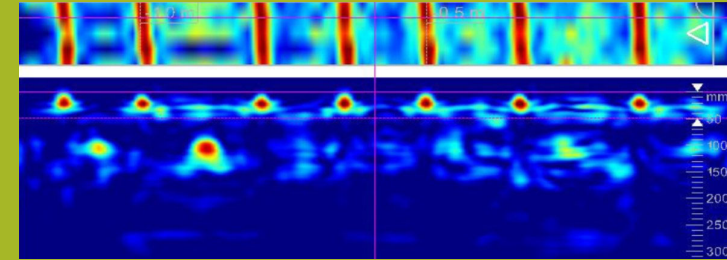
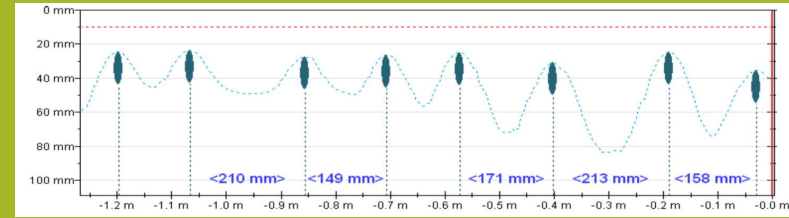
Diagnostika železobetonových konstrukcí



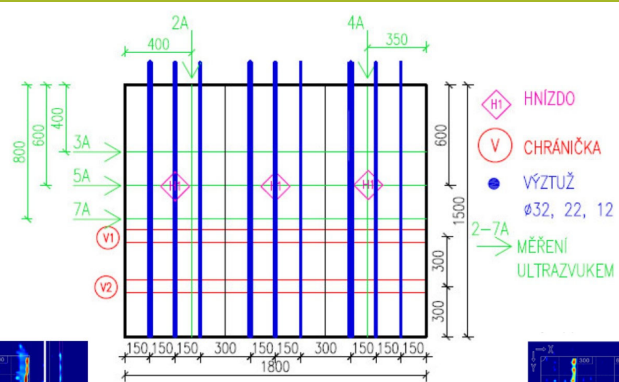
Stanovení tloušťky krycí vrstvy



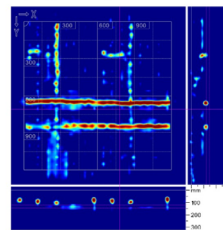
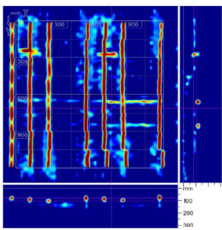
Stanovení tloušťky krycí vrstvy



Stanovení tloušťky krycí vrstvy



- ◆ HNIZDO
- V CHRÁNIČKA
- VÝZTUŽ Ø32, 22, 12
- 2-7A → MĚŘENÍ ULTRAZVUKEM



Stanovení tloušťky krycí vrstvy



Sondy k předpínací výztuži

BETOSAN®



Sondy k předpínací výztuži

BETOSAN®

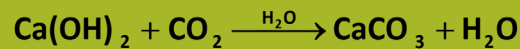
	Bez koroze.
	Mírná povrchová koroze, lokálně s projevy rozvoje koroze ve štěrbinách mezi patentovými dráty. Korozně oslabeno až 0,19 % průřezové plochy.
	Středně rozvinutá koroze plošného charakteru. Korozně oslabeno až 1,26 % průřezové plochy.
	Intenzivnější koroze s přechodem k důlkové formě. Korozně oslabeno až 2,72 % průřezové plochy.
	Intenzivní koroze s tvorbou odlupujících se šupin. Korozně oslabeno až 8,38 % průřezové plochy.
	Výrazné oslabení s přerušením patentovaných drátů. Korozně oslabeno až 21,34 % průřezové plochy.

- úbytek průřezové plochy > 5% => havarijný stav (VII)
- úbytek průřezové plochy < 5% => stavební stav (VI)
- úbytek průřezové plochy < 1% => stavební stav (V)

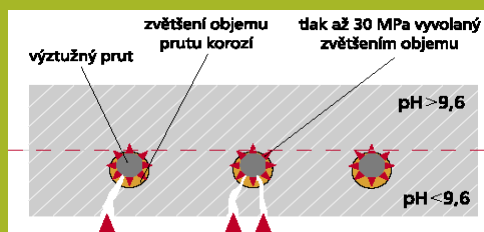
U lana 15,5 mm – rovnoměrný úbytek 0,013 mm = 1%!!!

Negativní vliv vzdušného CO₂ na železobeton

BETOSAN®

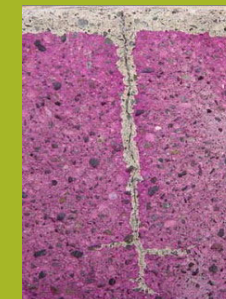
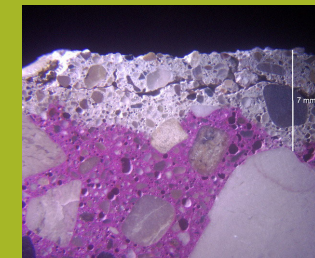


- postupná přeměna alkalické cementové matrice obsahující Ca (OH)₂ na pH neutrální CaCO₃
- koroze výztuže - zvětšení objemu výztužného prutu - poruchy cementového tmelu vlivem tlaku vyvolaného korozí výztuže



Karbonatace betonu

BETOSAN®



Odběr jádrových vývrtů



Hodnocení jádrových vývrtů



Další prováděné zkoušky



Alkalická reakce kameniva ASR

vlivem reakce alkálií v cementu s reaktivním kamenivem (křemičité břidlice, rhyolity, andezity, opál, chalcedon, christobalit, flint) – vznik reaktivních gelů v okolí kameniva – zvětšení objemu až 20 mm/m – vznik trhlin – rozpad betonu

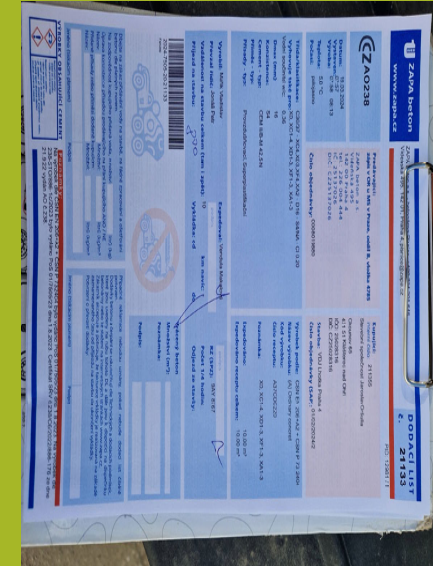


BETOSAN® Endoskop s pohyblivou hlavou



17

Kontrola kvality



Kontrola kvality



Zkoušení čerstvé směsi



Zásady kontrolního a zkušebního plánu



- název činnosti
 - dodavatel
 - předmět kontroly
 - kdo kontrolu provádí
 - způsob kontroly – metoda, přístrojové vybavení
 - dokumenty o kontrole
 - norma, podle které je kontrola prováděna
 - popis
 - četnost kontrol
 - termíny kontroly
 - výsledky kontroly
 - podpis a datum, případně protokol
- Kontrolní a zkušební plán je součástí DPS, případně smlouvy s dodavatelem!!!

Četnost zkoušek



Dle TP SSBK III

ČSN EN 1504 - Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody

Tab.11.4.: Kontrola předúpravy

Kontrola	Zkouška	Minimální četnosti	
		Zkouška dodavatele	Zkouška investora
Předúprava betonu	Vizuální kontrola	Celoplošně	Celoplošně
	Akustické trasování	Celoplošně	Celoplošně
	Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev	Min. 3 stanovení, na každých 100 m ² povrchu další 3 zkoušky	Na každých 100 m ² povrchu 3 zkoušky
	Zkouška pevnosti v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem	Min. 9 stanovení, na každých 100 m ² povrchu další 16 zkoušek	--

Tab.11.6.: Kontrola adhezního můstku

Kontrola	Zkouška	Minimální četnosti	
		Zkouška dodavatele	Zkouška investora
Adhezní můstek	Vizuální kontrola	Celoplošně	Celoplošně
	Kontrola hloubky penetrace odběrem vzorků	Běžně se neprovádí. V případě pochybnosti o kvalitě prací individuálně dohodnout četnost dle požadavku investora, obvykle min. 3 zkoušky	--

Kontrolní a zkušební plán



Nanášení malty nebo betonu - postup 3.1 a 3.3 podle ČSN EN 1504-10

Stav podkladu před a/nebo po předúpravě						
96	Narušení povrchu, delaminace	1	Akustické trasování	- před nanesením - 100% plochy	bez dutin	SD
97	Očištění bet. podkladu	2	Vizuální kontrola	- po předúpravě, bezprostředně před nanesením - 100% plochy	bez prachu	SD
101	Drsnost bet. podkladu	4	Vizuální kontrola	- 100% plochy	vizuálně vyhovuje	SD
103	Pevnost v tahu povrch. vrstev	5	Odrhová zkouška	- 1x na 100 m ² - *ale min. 5x na objekt	min. ϕ 1,5 MPa	SD, protokol o zkoušce
109	Vlhkost podkladu	9	Vizuální hodnocení	- před a během nanášení - 100% plochy	hodnota dle TEP, vizuálně vlhký povrch	SD
110	Teplota podkladu	10	Měření teploměrem	- během nanášení - *min. 1x denně	od +2°C do +35°C	SD

Schválení výrobků a systémů						
117	Shoda všech použitých výrobků	20	Kontrola dokumentace a dodávky (certifikát, prohlášení o shodě, dodací listy, *průkazní zk.)	- nejpozději před použitím / při dodávce - chemická kontrola záměsové vody, pokud není písemně potvrzení, že jde o vodu pitnou	shoda	ZoJ
Podmínky a požadavky před a/nebo během aplikace						
118	Teplota okolí	21	Měření teploměrem	- během nanášení - *kontinuální	od +2°C do +35°C	SD
130	Pevnost v tlaku malt pro opravy	-	Zkouška pevnosti sada 3 těles - 40x40x160 (frakce do 4 mm)	- 1x na objekt u každého druhu hmoty při dávkování na stavbě	hodnota dle techn.listu výrobku	SD, protokol o zkoušce
Konečný ztvrdlý stav						
134	Delaminace	1	Akustické trasování	- 1x pro každý typ pro posouzení účinnosti - *min. 5% plochy	plocha delaminace < než přípustná ploche dle PD	SD
140	Soudržnost správkového mat. (*hmot pro ochranu a opravy)	35	Odrhová zkouška	- 1x na 100 m ² - *ale min. 5x na objekt	min. 1,5MPa	SD, protokol o zkoušce

Sanace betonu a železobetonu

BETOSAN[®]

Ing. Zdeněk Vávra
+ 420 602 145 570
vavra.z@betosan.cz

1

Předmět výroby

- **Sanace železobetonu**
- Příspěvky do betonu a náhrada betonu
- Hydroizolace
- Sanace vlhkého zdiva dle WTA
- Podlahové systémy
- Materiály na bázi syntetických pryskyřic
- Speciální materiály
- Tmelení, těsnění, injektáže
- Kompozitní materiály pro zesilování konstrukcí

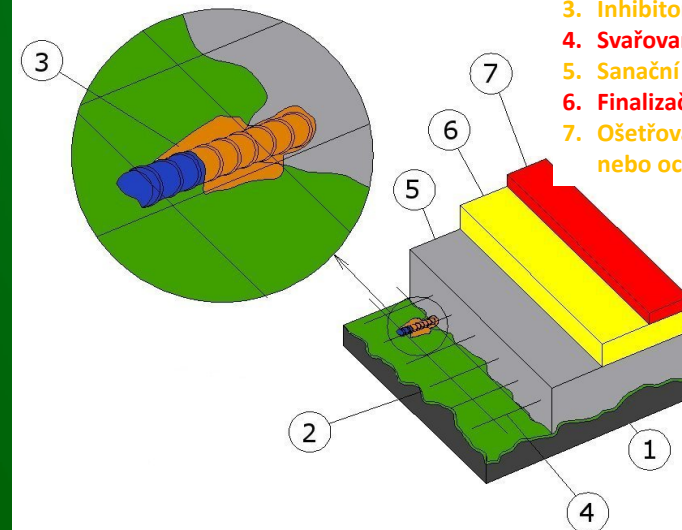
2

Důvody, proč sanovat

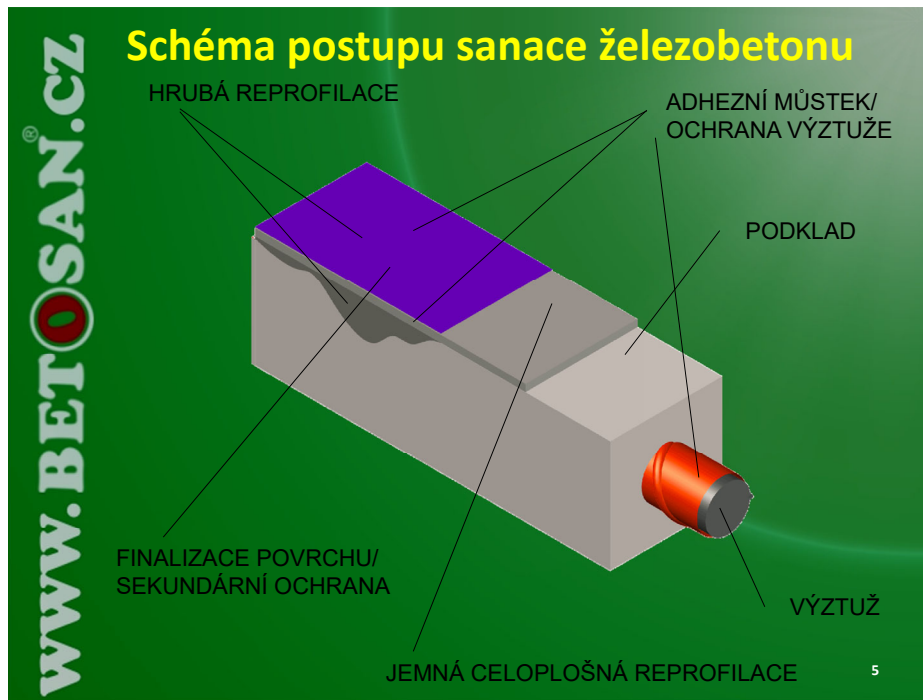
- Prodloužení životnosti – bez poškození
- **Poškození, které není přímo identifikovatelné**
- Změna okrajových podmínek
- **Zjevné poškození**

3

Schéma postupu sanace železobetonu



1. Podkladní beton
2. Adhezní můstek
3. Inhibitor koroze
4. Svařovaná síť
5. Sanační malta
6. Finalizační stěrka
7. Ošetřovací postřik nebo ochranný nátěr



Předpříprava podkladu

- Dokonalé očištění podkladu
- Odstranění poškozených vrstev
 - V případě karbonatce, poškození povrchových vrstev apod.
 - V případě **kontaminace** masy prvku chloridy, sírany ...
 - **Není dostatečné**
- Reprofilace vhodným materiálem –
 - Krystalizace; materiály se speciálními druhy cementů; ...
 - **Nelze ponechat na adhezi – mechanické kotvení**
 - Kontaminovaný, málo soudržný, nemrazuvzdorný podklad

6

Čištění podkladu

7

Obnovení krycí vrstvy nad výztuží

- Očištění podkladu
- **Provlhčení podkladu x adhezní můstek x mechanické kotvení**
- Reprofilace
- **Ochranný nátěr**
- **Použití speciálních materiálů**
- **Zkoušky ověřující kvalitu materiálů**

8

Materiály pro sanaci železobetonu

- Mechanické kotvení – ARMOBET 40/40/2, ARMOBET 40/40/2 EC, ARMOBET BW
- Adhezní můstek – DENSOCRETE 111, 222; ep.adh.můstek – BETOLIT EP 0-1 DC + BETOFIL FH
- Antikorozní ochrana výztuže – ARMOGUARD N (P)
- Reprofilační malty – MONOCRETE
 - PPE x ARG x MONOMIX
 - TH
 - XP
 - rapid
- Finalizační omítka – štuk – DENSOFIX – SF x XP

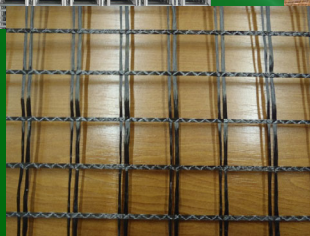
9

Materiály pro sanaci železobetonu



10

Mechanické kotvení reprofilace k podkladu



11

Postup sanace železobetonu



12

WWW.BETOSAN.CZ

Příklad opravy

13

WWW.BETOSAN.CZ

Příklad opravy

14

WWW.BETOSAN.CZ

Příklad opravy

15

WWW.BETOSAN.CZ

Sanace mostu

24

WWW.BETOSAN.CZ

Sanace mostu



17

WWW.BETOSAN.CZ

Sanace kašny



18

WWW.BETOSAN.CZ

Sanace stěn nádrží v ÚV



19

WWW.BETOSAN.CZ

Sanace VD (jezu)



25

Sanace opěrné zdi



21

Prostředky sekundární ochrany

- Ochrana povrchu
 - Vzhled povrchu, ošetřování při zrání, zlepšení vytvrzení povrchu, odolnost vůči agresivním médiím
 - DENSOCURE W, DENSOCURE R (forte, color)
- Ochrana povrchu proti karbonataci
 - Sjednocení povrchu, dostatečná ekvivalentní difúzní tloušťka $S_{D,CO_2} > 50 \text{ m}$
 - BETOKRYL W, BETOSIL W, FLEXICOAT

22

Prostředky sekundární ochrany

- Hydrofobizace povrchu
 - snižuje nasákavost, zvyšuje odolnost vůči atmosférické korozi, zvyšuje mrazuvzdornost, chemickou odolnost; minimální ekvivalentní difúzní tloušťka pro vodní páru $S_{D,H_2O} < 2 \text{ m}$
 - FOBISIL extra R (W), FOBISIL forte (W)
 - FOBISIL FX W – prostředek pro odstranění řas, plísní, lišejníků, hub apod

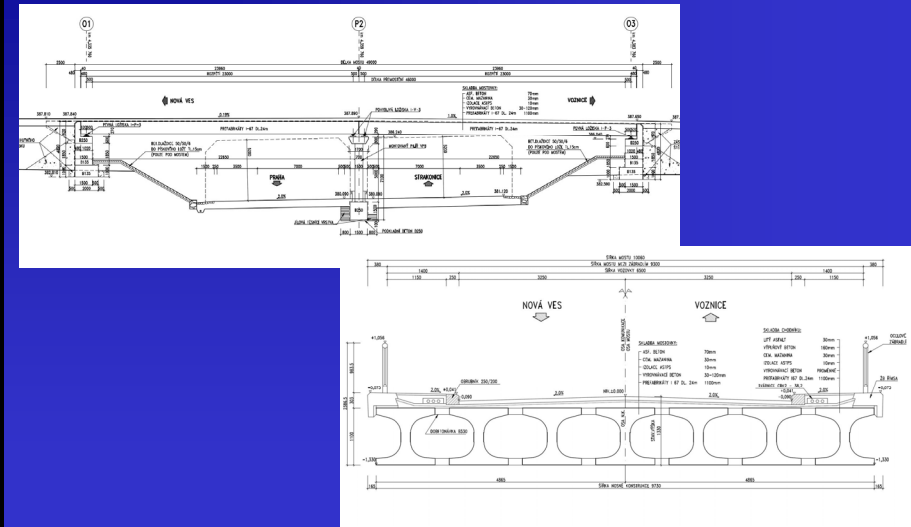


23

Diagnostika mostu přes R4 a porovnání degradace konstrukcí s odstupem 6 let

Ing. Zdeněk Vávra
Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
Miroslav Pumpr

Popis konstrukce



Konstrukce 11/2005

- Nefunkční izolace
- Nefunkční mostní závěry
- Odvodnění podélným a příčným sklonem
= **Zatékání vody do konstrukce**
- Ocelová ložiska na úložném prahu
- Úložný práh bez spádu (prohlubeň)
- Umožněno zatékání na střední podpěře
- Ostřík vody z vozovky na sloupy střední podpěře
- Koroze zábradlí a říms
- Poruchy vozovky

3

Konstrukce 11/2005



4

Konstrukce 11/2005



5

Stavebně technický průzkum

- Pevnosti betonu v tlaku nosníků a podpěr
 - Destruktivně x nedestruktivně (+římša)
- Riziko elektrochemické koroze výztuže
 - Tloušťka krycí vrstvy betonu
 - Hloubka karbonatace
 - Hloubka a koncentrace chloridů
- Riziko koroze předpínací výztuže
- Pevnost betonu v tlaku nosníků – **C30/37**
- Pevnost betonu v tlaku podpěr – **C20/25**
- Pevnost betonu v tlaku římša – **C25/30**
- Riziko elektrochemické koroze výztuže
 - I67 – **14,3/6,4/0,24%**
 - Úložné prahy – **20,6/6,5/0,28%**
 - Sloupy střední podpěry – **33,8/12,70/0,38%**
- Riziko koroze předpínací výztuže - **NE**

6

Stavebně technický průzkum

Rozsah a výsledky stavebně technického průzkumu - 2005			
Porucha hydroizolace	Ano		
Porucha mostních závěrů a přechodové oblasti	Ano		
Koroze ložisek	Ano		
Úložný práh - pevnost			C20/25
Úložný práh – mrazuvzdornost	ne		
Statívo - pevnost			C20/25
Statívo – mrazuvzdornost	ne		
Nosná konstrukce (NK) – pevnost			C30/37
NK – chloridy			0,24 %
NK - hloubka karbonatace			6,42
Sloupy – pevnost			C20/25
Sloup - mrazuvzdornost	ne		
Sloupy - chloridy			0,38 %
Sloupy - hloubka karbonatace			12,70

7

Konstrukce 12/2011

- Nefunkční izolace
- Nefunkční mostní závěry
- Odvodnění podélným a příčným sklonem
= **Zatékání vody do konstrukce**
- Ocelová ložiska na úložném prahu – **vysoký stupeň koroze**
– **Bez pohybu**
- Úložný práh bez spádu (prohlubeň) – **významné mrazové porušení**
- Umožněno zatékání na střední podpěru
– **Významné poškození konstrukce, trhliny**
- Ostřík vody z vozovky na sloupy střední podpěry – **koroze výztuže**
- Koroze zábradlí a římša
- Poruchy vozovky

8

Konstrukce 12/2011



Konstrukce 12/2011



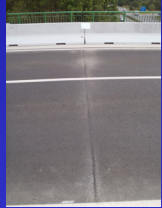
Stavebně technický průzkum

Rozsah a výsledky stavebně technického průzkumu - 2011			
Porucha hydroizolace	Ano		
Porucha mostních závěrů a přechodové oblasti	Ano		
Koroze ložisek	Ano		
Úložný práh - pevnost			C30/37
Úložný práh - mrazuvzdornost	Ne		< 60 cyklů
Úložný práh - ASR	ano		začínající
Úložný práh - chloridy			1,92 %
Stativo - pevnost			C30/37
Stativo - mrazuvzdornost			< 25 cyklů
Stativo - ASR	ano		
Stativo - chloridy			1,92 %
Nosná konstrukce (NK) - pevnost			C30/37
NK - ASR	ne		
NK - chloridy			0,32 %
NK - hloubka karbonatace			8,00
NK - stav kabelových kanálků		pasivovány	
NK - stav kotev		pasivovány	
Sloupy - pevnost			C20/25
Sloupy - mrazuvzdornost	Ne		< 75 cyklů
Sloupy - chloridy			1,92 %
Sloupy - ASR	ano		začínající
Sloupy - hloubka karbonatace			17,20

Konstrukce 03/2012



Konstrukce 09/2012



13

Konstrukce 09/2012



14