

Betonové konstrukce II/10

Rekonstrukce betonových staveb

Obsah přednášky

- Průzkumy železobetonových konstrukcí
- Karbonatace a koroze betonu
- Sanace zkorodovaného betonu
- Oprava trhlin v betonu
- Posuzování existujících konstrukcí
- Zesilování železobetonových konstrukcí přibetonováním
- Zesilování uhlíkovými lamelami
- Rekonstrukce panelových budov

Průzkumy betonových konstrukcí

- Zajistit dostupnou dokumentaci –
 - archiv vlastníka stavby, archiv stavebního úřadu
- Provést zaměření stávajícího stavu
- **Předběžný průzkum**
 - Provádí zpravidla projektant
 - Pro stupeň DUR (DSP)
 - Stanoví podklady (zadání) pro podrobný průzkum
- **Podrobný průzkum**
 - Provádí specializovaná firma
 - Pro stupeň DSP (DPS)
- **Doplňující průzkum**
 - Podle potřeby, často až po zahájení stavby

Předběžný stavebně-technický průzkum

- Zpracovává projektant (HIP, statik)
- Prohlídka konstrukce
- Shromáždění dostupné dokumentace
- Ověření tvaru a statického působení
- Předběžné zhodnocení technického stavu
- Vyhodnocení statických poruch konstrukce
- Orientační zjištění pevnosti nedestruktivně (Schmidtovo kladívko)
- Stanovení požadavků na podrobný průzkum (zadání průzkumu)

Podrobný průzkum

- Zpracovává specializovaná (diagnostická) firma
- Zaměření přesných rozměrů a skladby konstrukce (jádrové vrty skrz stropy)
- Zjištění polohy, profilů a kvality výztuže
- Zjištění pevnosti betonu v tlaku na odebraných vzorcích
- Stanovení přídržnosti odtrhovou zkouškou (pevnost v tahu)
- Zjištění hloubky karbonatace betonu
- Stanovení vlhkosti betonu

Pevnost betonu existující konstrukce

- Někdy lze získat z původní dokumentace
- Zatřídění betonu označeného dle starších norem lze provést podle ČSN 73 0038
- Nutno ověřit zkouškami na vzorcích, odebraných ze skutečné konstrukce

Beton				
druh	značka	třída	třída	pevnostní třída
ČSN 1090:1931 ČSN 1230:1937	ČSN 73 2001:1956 ČSN 73 6206: 1971	ČSN 73 1201:1967	ČSN 73 1201:1986	ČSN EN 206 ČSN EN 1992-1-1
a	60	1		(C3/3,5)
b	80		B 5	(C4/5)
c	105	0	B 7,5	(C6/7,5)
d	135	I	B 10	C 8/10
			B 12,5	(C9/12,5)
e	170	II		(C10/13,5)
			B 15	C 12/15
f	250	III	B 20	C16/20
			B 25	C 20/25
g	330	IV		(C23/28)
			B 30	C 25/30
	400		B 35	(C28/35)
				C 30/37
		V	B40	(C30/40)
	500		B 45	C 35/45
		VI	B 50	C 40/50
	600		B 55	C 45/55
			B 60	C 50/60

POZNÁMKA Pevnostní třídy uvedené v závorkách nejsou v příslušné normě zavedeny.

Nedestruktivní měření pevnosti betonu v tlaku

Schmidtovo kladívko

- Měří povrchovou tvrdost betonu
- Lze rychle provést větší množství zkoušek
- Na stupnici čteme odpovídající krychlenou pevnost
- **Nelze použít na zkarbonatované betony**



Odběr vzorku jádrovým vrtáním

- Lze použít vývrty různých rozměrů
- Výsledky je nutno přepočítat na standardní rozměr válce 150/300 mm



Destruktivní zkouška válcové pevnosti betonu v tlaku



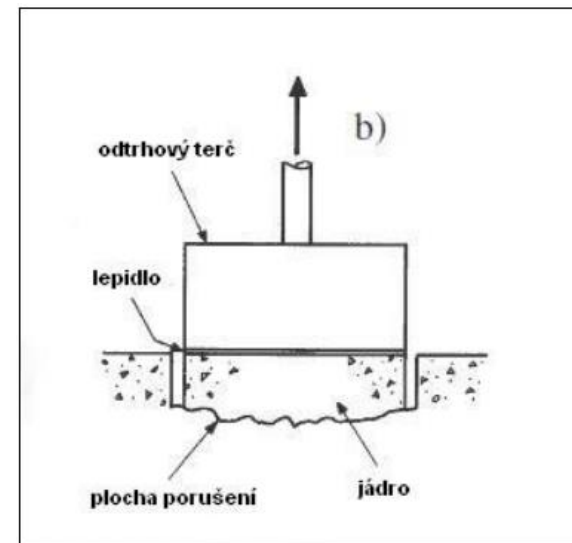
Příklad rozdílů ve stanovení pevnosti zkarbonatovaného betonu z roku 1927 při měření nedestruktivně Schmidovým kladivem a destruktivně na odebraných vzorcích je v následujících tabulkách

Diagnostikované konstrukční prvky		Pevnost betonu v tlaku (MPa)		Variační koeficient v^*
		průměr ze zkoušek	charakteristická	
Sloupy 2.PP až 5.NP	nedestruktivně	36,8	32,7	6,0
	destruktivně	23,9	18,9	20,1

Diagnostikované konstrukční prvky		Třída betonu, resp. / pevnostní třída betonu	
		ČSN EN 1992	<u>Doporučená třída betonu na základě provedených zkoušek a zjištěných skutečností</u>
Sloupy 2.PP až 5.NP	nedestruktivně	C 25/30	C 16/20
	destruktivně	C 16 /20	

Zkouška pevnosti povrchu betonu v tahu

- Je potřeba v případech, kdy chceme zesilovat prvek přilepenou výztuží
- Minimální odtrhová pevnost při zesilování prvku lepením uhlíkové lamely je 1,50 MPa

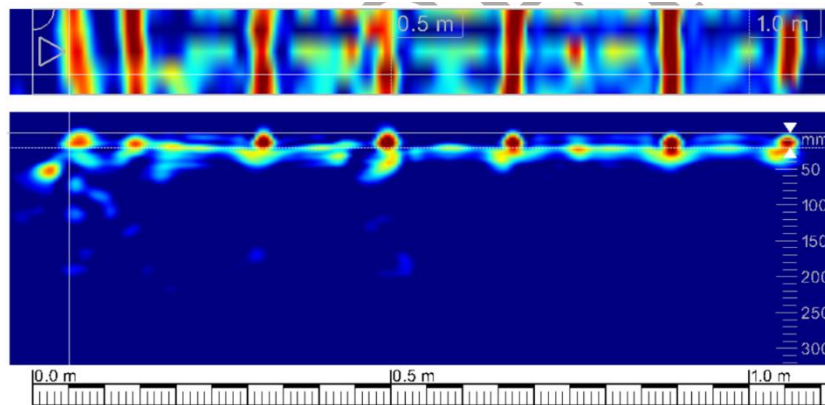


Přístroj pro odtrhovou zkoušku tahové pevnosti betonu

- Měří se síla, potřebná k odtrhu ocelové destičky, přilepené na povrch betonu

Zjištění polohy, průměru a druhu výztuže

- Polohu výztuže blízko pod povrchem lze zhruba určit **magnetickým hledačem**
 - Hluběji uloženou výztuž lze určit **profometrem** – magnetická indukční metoda
 - Přesněji lze polohu výztuže určit **radarem** – lze odhadnout i profil výztuže
- následující obrázek ukazuje výstup z měření výztuže desky



- Nejpřesněji lze výztuž ověřit po odsekání výztuže v sondě – podle profilace žebírek lze stanovit i druh výztuže



Sonda k výztuži sloupu



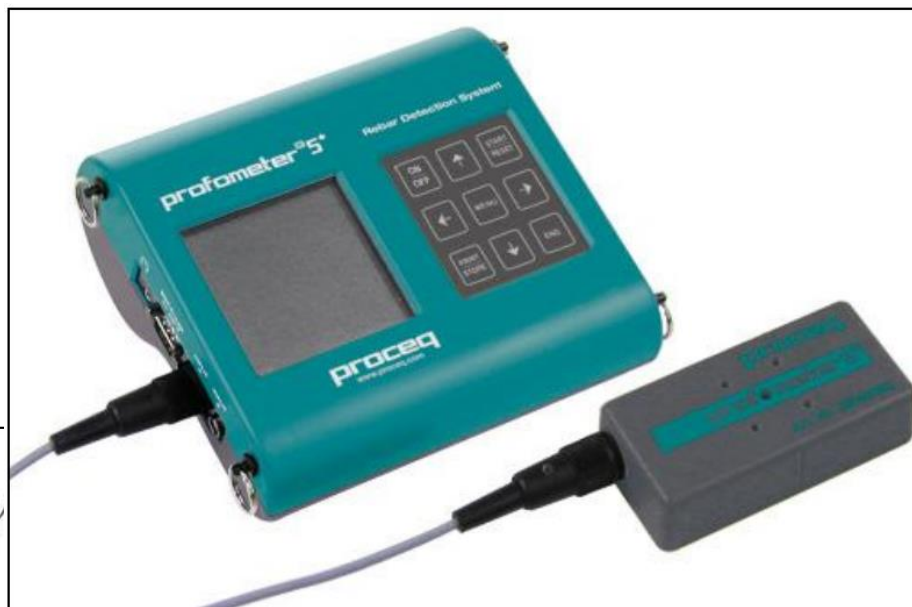
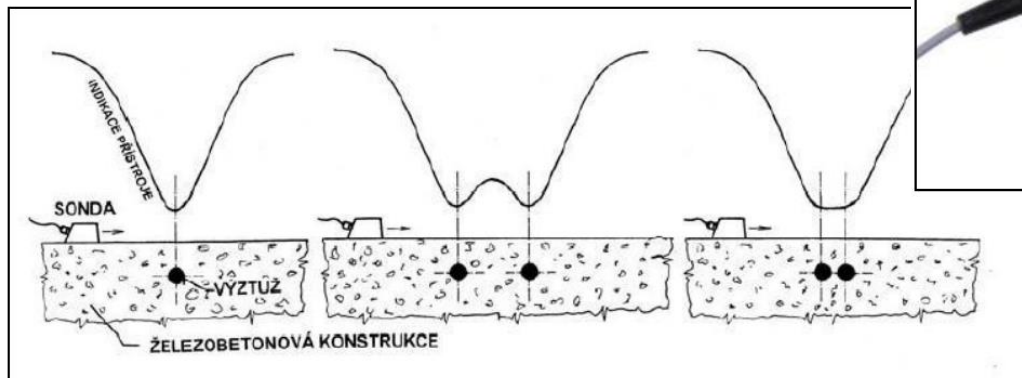
Sonda ke spodní výztuži průvlaku





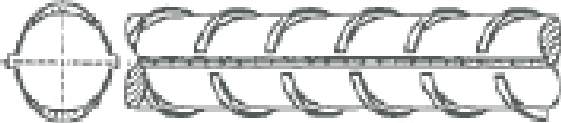
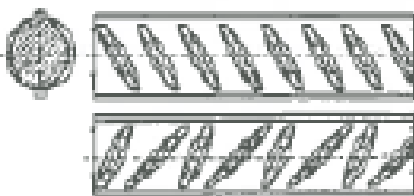
Sonda ke spodní výztuži stropní desky










Magnetická indukční metoda

- Příklad **profometr** využívá feromagnetického jevu
- Detekuje přítomnost feromagnetického materiálu (výztuž, dráty, rozvody TZB)
- Odhalí pruty výztuže do hloubky asi 150 mm od povrchu
- Při známém krytí lze odhadnout profil výztuže
- Při známém profilu lze odhadnout tloušťku krytí výztuže



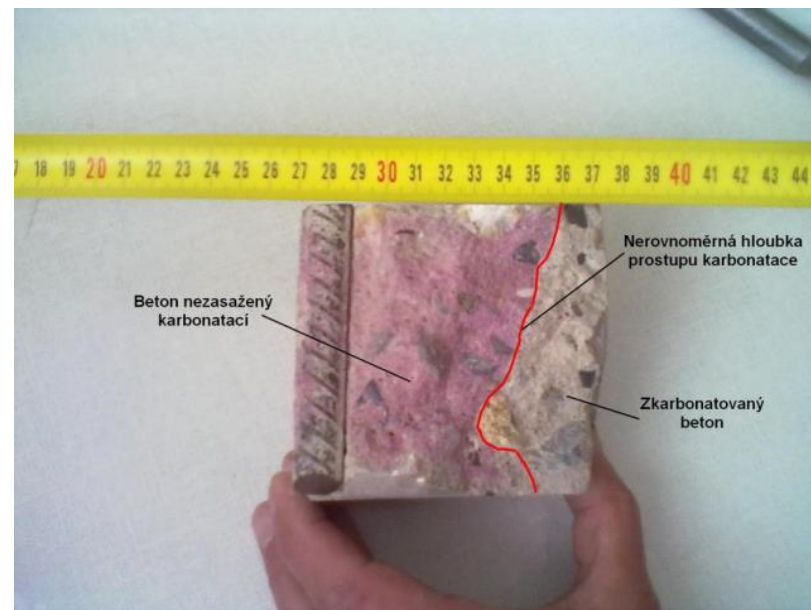
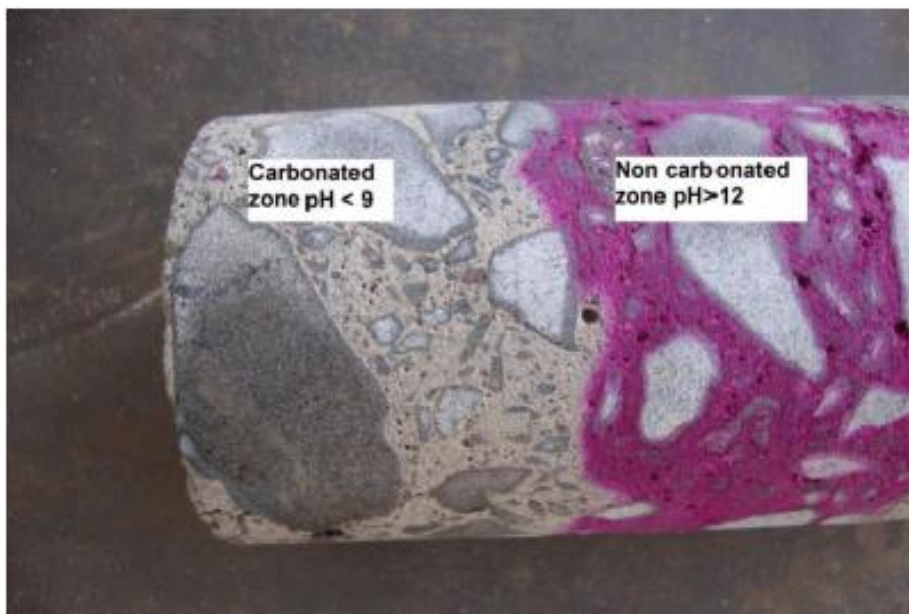
ČSN 73 0038 – zatřídění betonářské výztuže podle profilace povrchu (tvaru žebírek)

Druh	Označení	Tvar	Dokument
10 335	J		ČSN 41 0335 ČSN 42 5533
10 338	T A – II ³⁾		ČSN 41 0338 ČSN 42 5534
10 302	B II Tor 30		ČSN 41 0302 ČSN 42 6560
10 425	V A – III ³⁾		ČSN 41 0425 ČSN 42 5535
10 426	W A – III ³⁾		ČSN 42 5535 ¹⁾
10 505	R		ČSN 41 0505 ČSN 42 5538

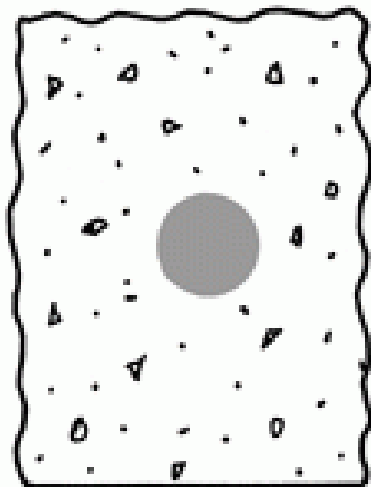
10 452	C		ČSN 41 0452 ČSN 42 5513
10 453	C _S		
10 472 (ISTEG)	I		
10 492 (TOROS)	T, Tor 30		ČSN 41 0492 ČSN 42 6560 ²¹
10 512 (ROXOR)	R		ČSN 42 5537 ²¹
10 513 (ROXOR)	R _S		
10 512 (LAROS)	L		
10 513 (LAROS)	L _S		
10 300	A – II ⁴⁾ R 30		ČSN 41 0300 ČSN 42 5538
10 400 10 400 A	R _S 40 A _S – III ⁴⁾		ČSN 41 0401 ČSN 42 5539
10 401 10 400 B	R 40 A – III ⁴⁾		
10 402	Tor 40 RK 40		ČSN 41 0402
11 373	EZ ²⁾		ČSN 41 1373 ČSN 42 5510
10 245	K		ČSN 41 0245 ČSN 42 5529

Karbonatace a koroze betonu

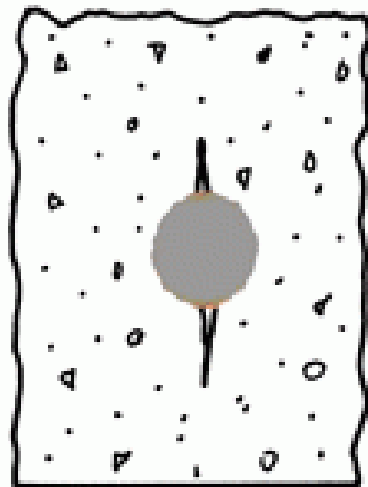
- Vliv CO_2 + vlhkosti
- Pokles pH pod 9,6 způsobuje ztrátu pasivace výztuže
- Běžná hloubka karbonatace je 5 – 20 mm
- Způsobuje zvýšení povrchové tvrdosti – nelze zkoušet Schmidtem
- Zkouší se fenoftaleinem – zkarbonatovaná oblast nezfialoví
- **Karbonatace neohrožuje beton, ale výztuž**



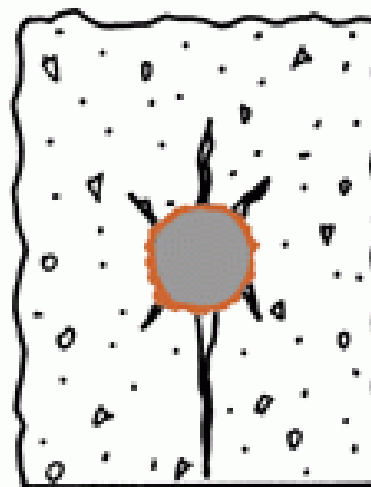
Rozvoj poškození železobetonu v důsledku karbonatace



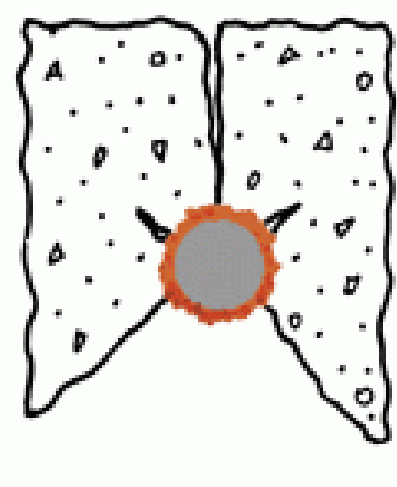
**Before
Corrosion**



**Build-up of
Corrosion Products**



**Further Corrosion:
Surface Cracks,
Stains**



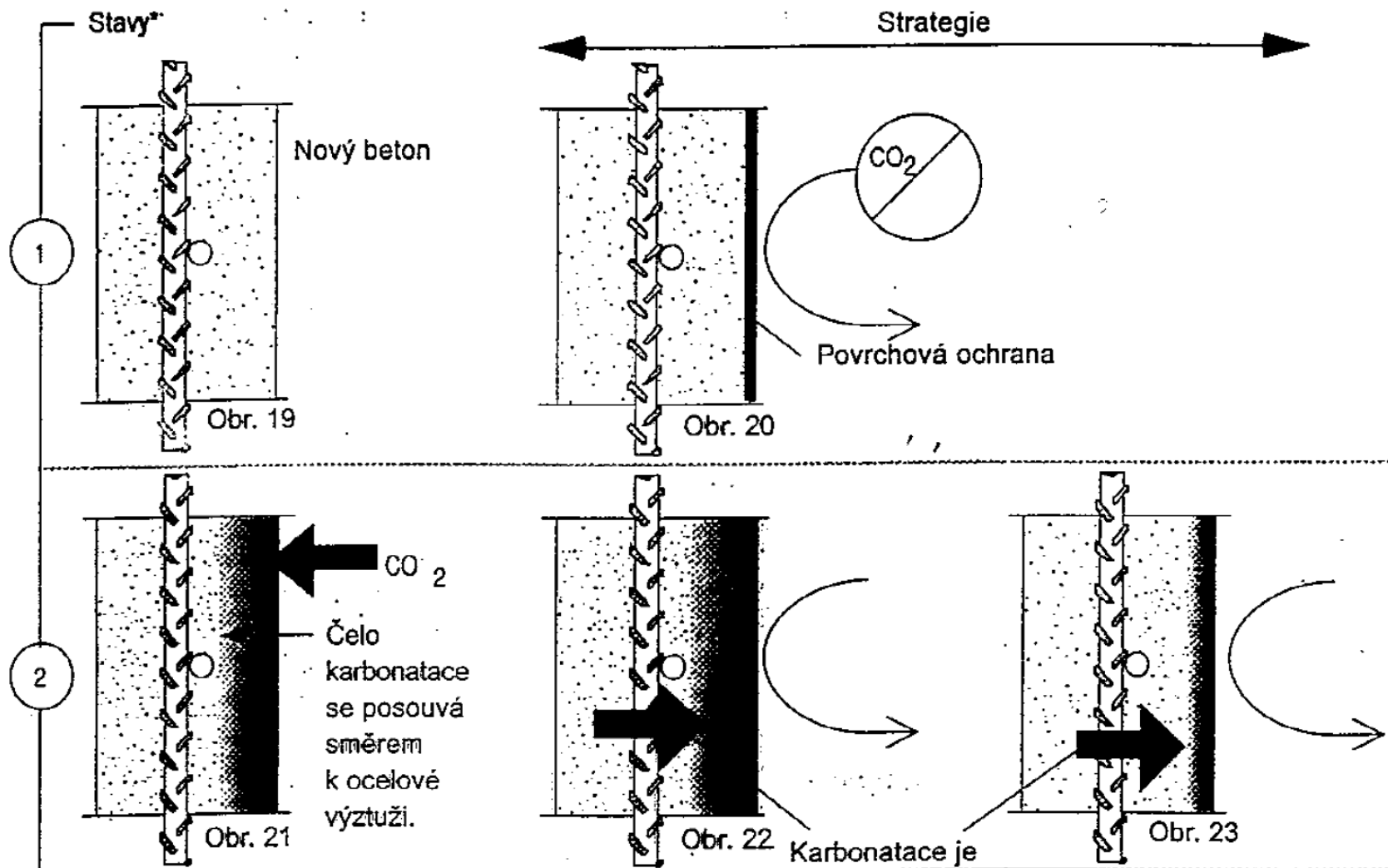
**Eventual Spalling,
Corroded Bar
Exposed**

Koroze výztuže
stropní desky
a mostního pilíře
v důsledku
karbonatace betonu



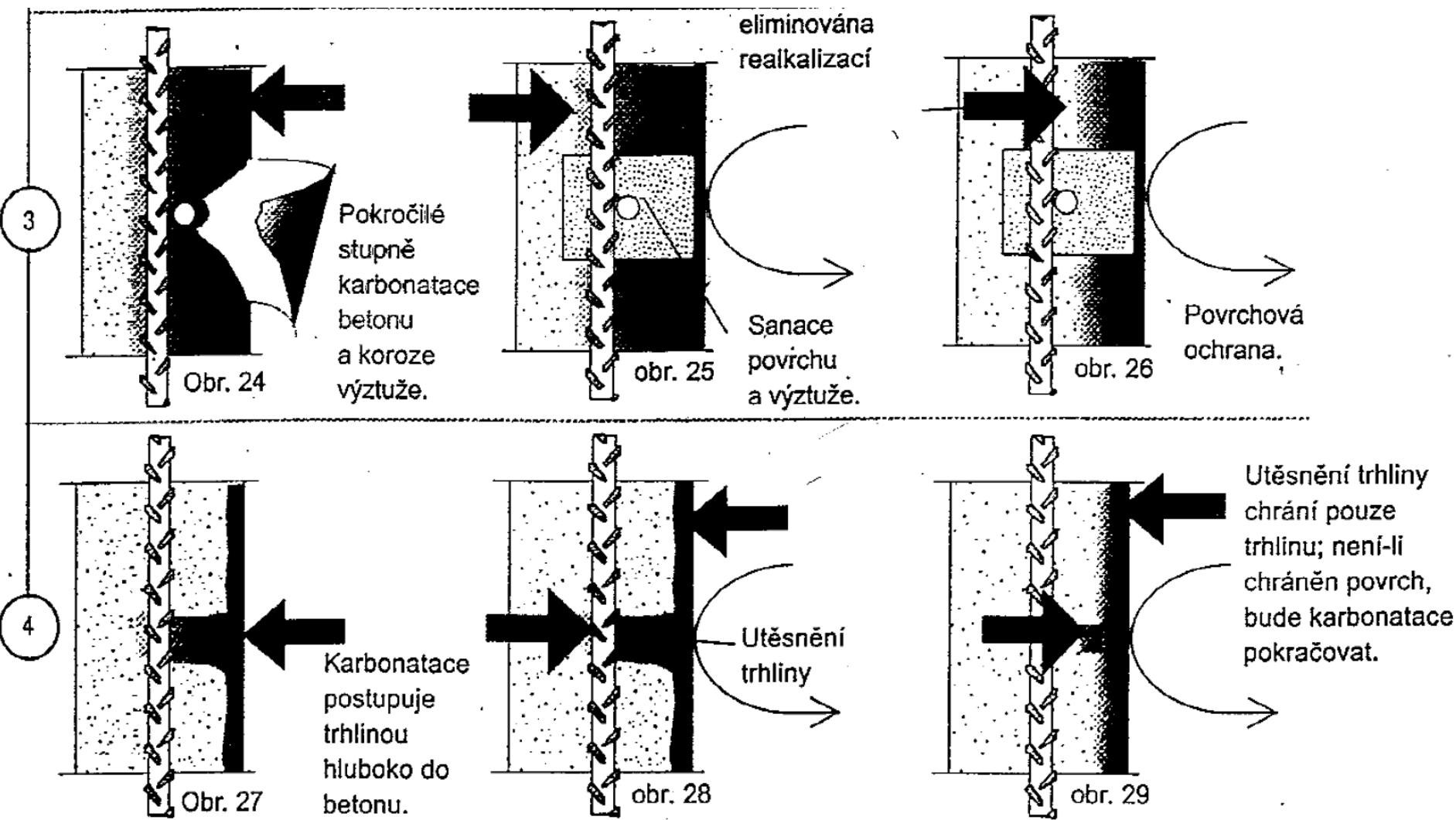
Strategie opravy betonu poškozeného karbonatací

1. Stádium – nový beton
2. Stádium – karbonátace nedosahuje k výztuži – realkalizace betonu – inhibitory koroze

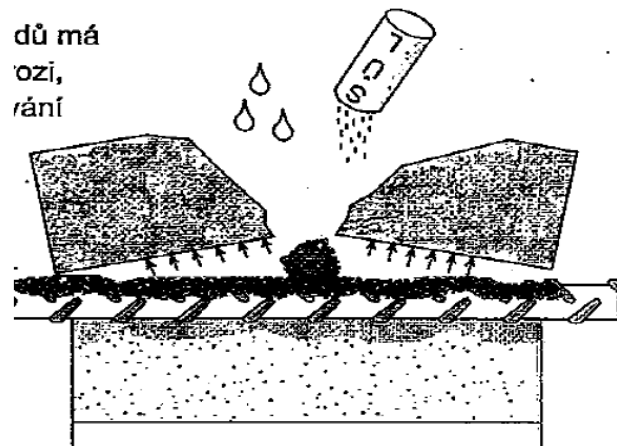
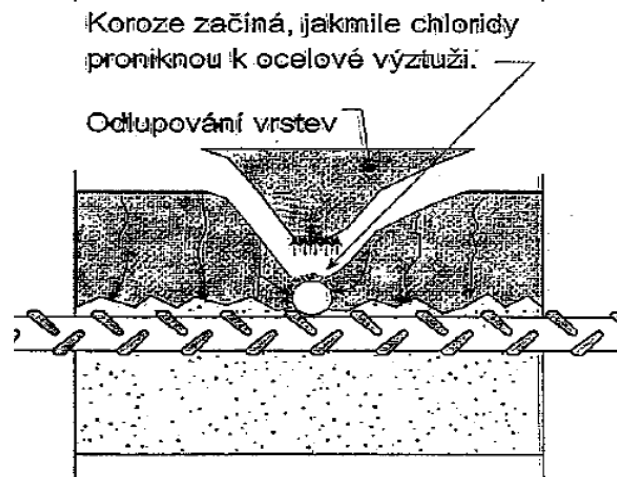
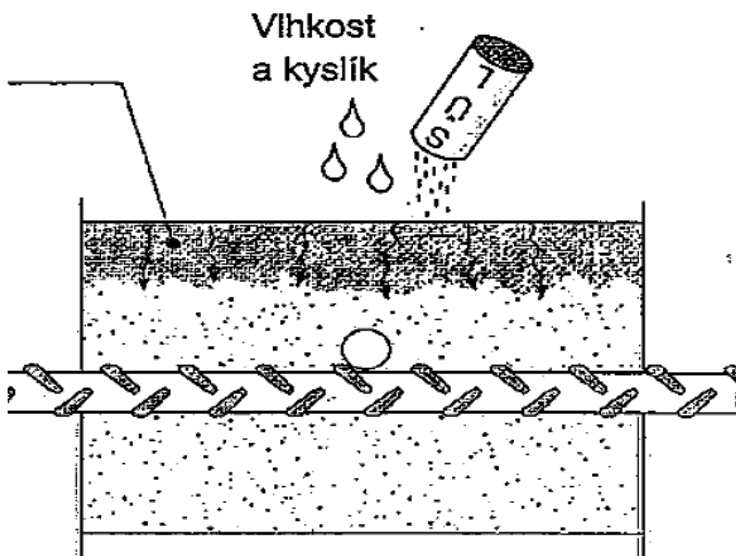
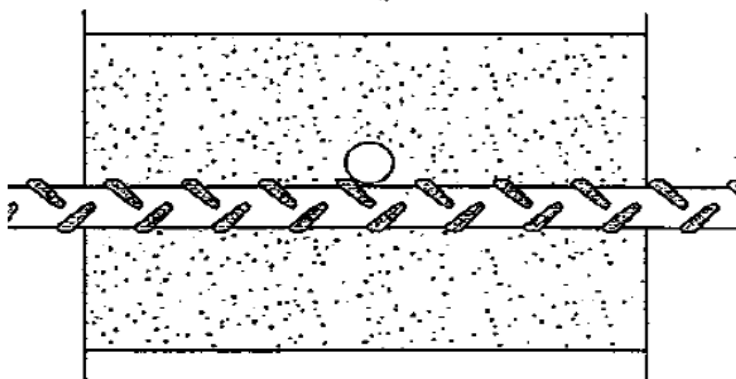


3. Stádium – koroze výztuže, opadávání krycí vrstvy

4. Stádium – lokální koroze výztuže v trhlině



Koroze betonu chloridy (rozmrazovací sůl)

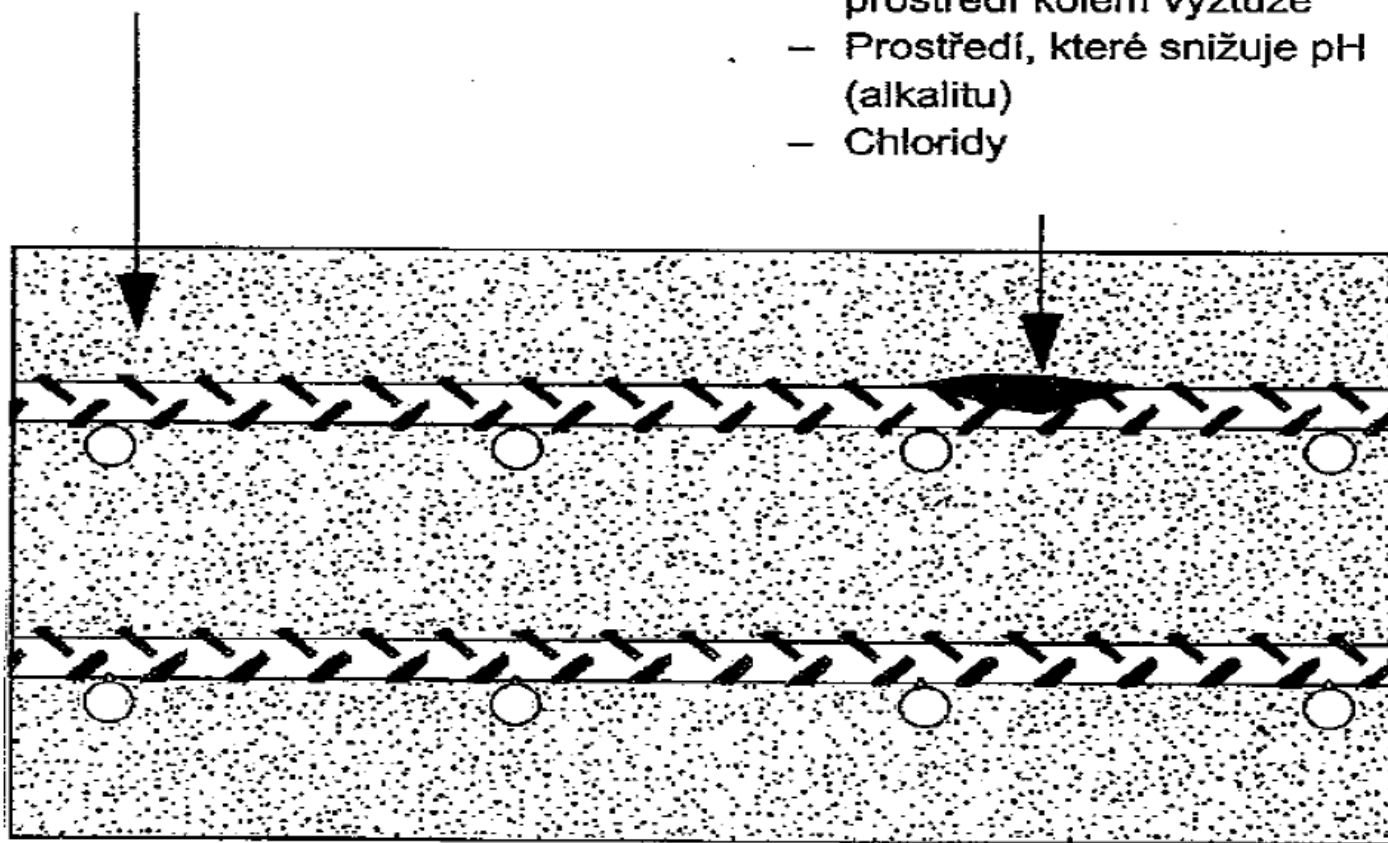


Inhibitory koroze

Vysoce kvalitní beton
Betón s vysokým pH
chrání ocelové
povrchy proti korozi

Korozi podporují

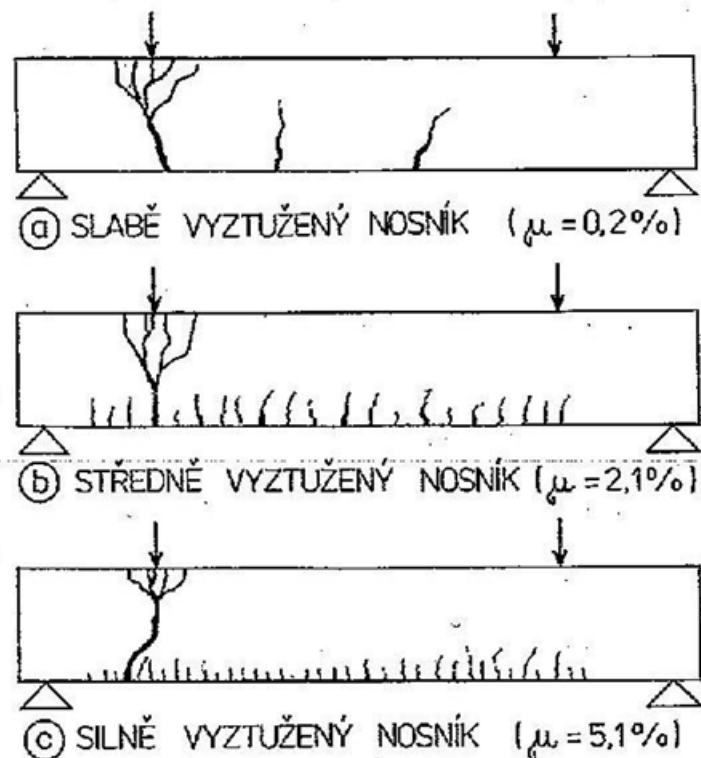
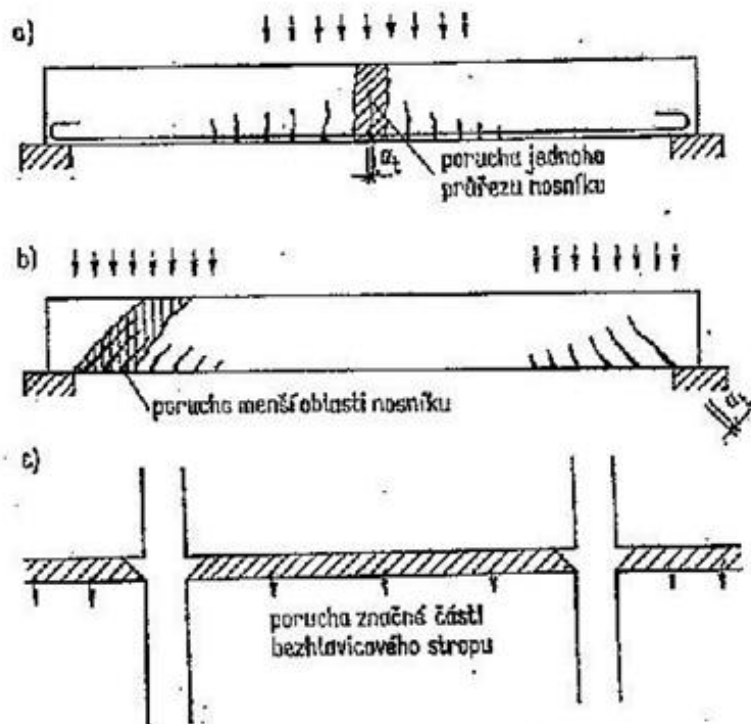
- Kyslík
- Voda
- Bludné proudy
- Nerovnoměrné chemické prostředí kolem výztuže
- Prostředí, které snižuje pH (alkalitu)
- Chloridy



Poruchy železobetonových konstrukcí

- Drobná porucha (estetická, staticky nevýznamná)
- Hlavní porucha (staticky významná)
- Kritická poruchy (ohrožuje bezpečnost konstrukce)

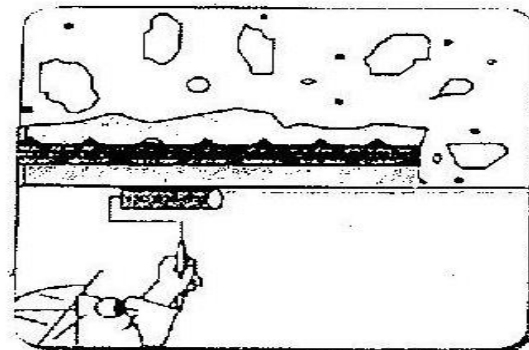
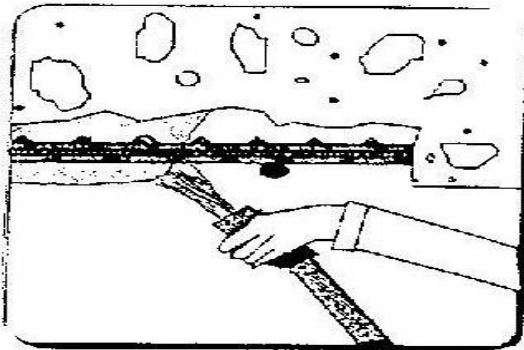
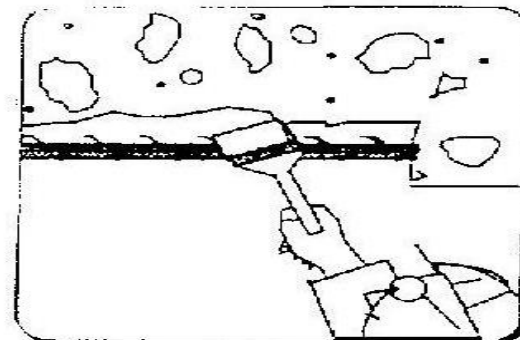
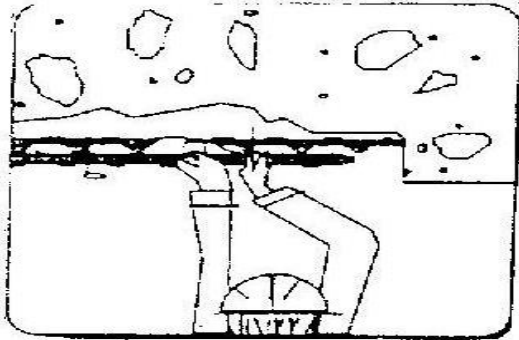
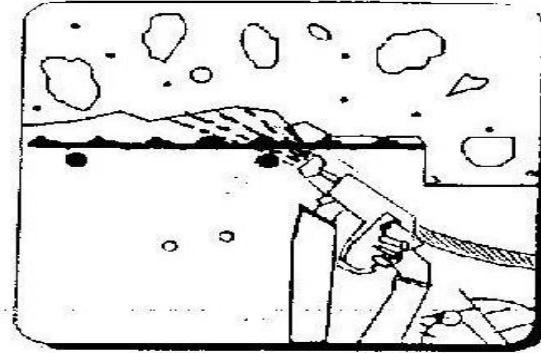
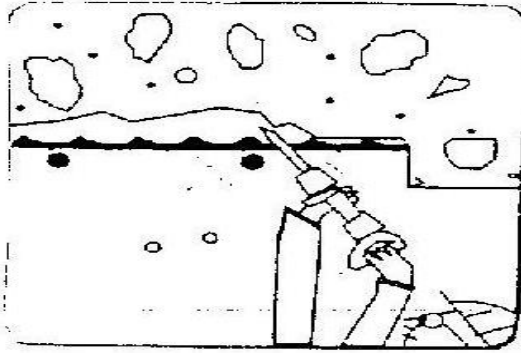
- Koroze betonu a výztuže, odlupování krycí vrstvy
- Trhliny v betonu
- Nadměrné průhyby
- Drcení betonu, ztráta stability štíhlého tláčeného prvku



Sanace - oprava poškozeného betonu

- Mechanické odstranění uvolněného betonu
(ideálně vysokotlaký vodní paprsek)
- Mechanické očištění zkorodované výztuže
(ideálně pískování na čistý kov)
- Pasivace výztuže ochranným nátěrem
- Adhézní můstek
- Reprofilace povrchu speciální sanační hmotou
(klasicky zednickým způsobem, nebo torkretováním)
- Ochrana povrchu proti další karbonataci nátěrem

Schéma postupu při sanaci



Torkretování – stříkání betonu



Sloup s obnaženou zkorodovanou výztuží před opravou a po opravě



Měření šířka trhliny příložným měřítkem



Sádrový terč



Měření indikátorovými hodinkami



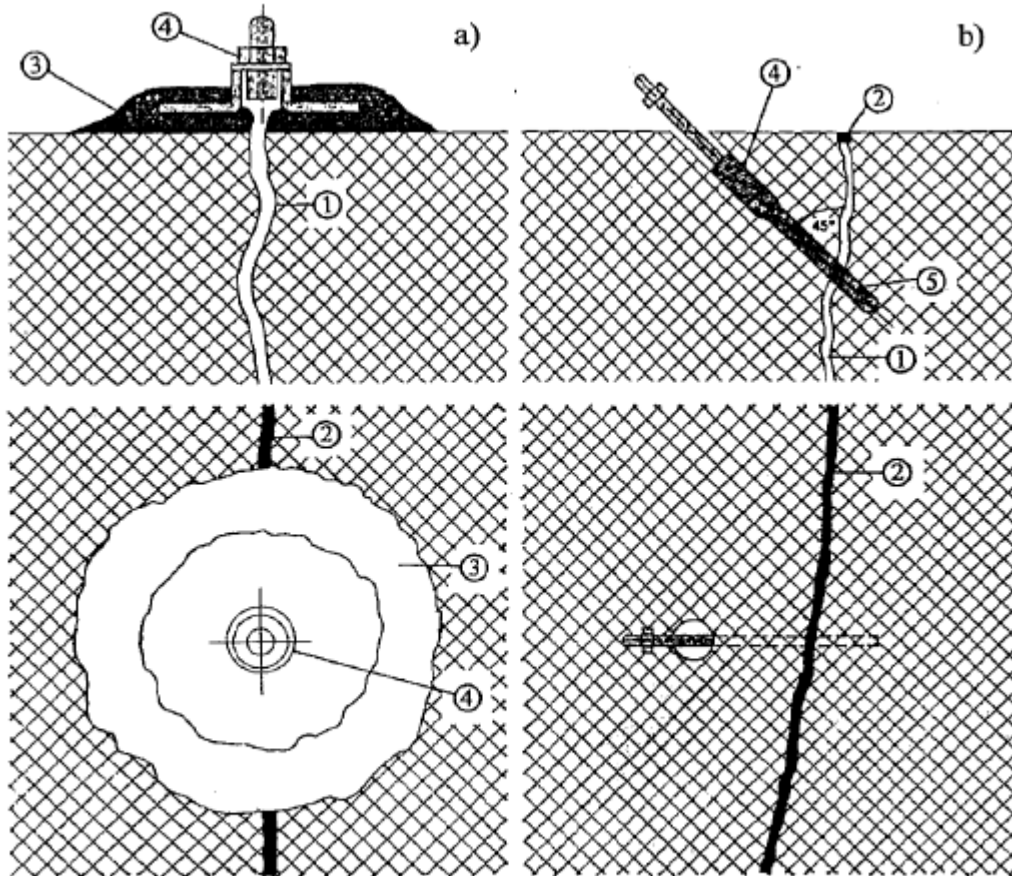
Uzavření stabilizované trhliny krystalizačním nátěrem (Xypex, Krystol Mix...)

- Krystalizační hmoty obsahují jemně mletý cement a další přísady
- Pro trhliny do šířky 0,30 mm
- Lze použít pouze pro vlhký beton



Oprava trhlin injektováním

- Silové uzavření trhliny („slepení“ materiálu) – epoxydové pryskyřice
- Utěsnění trhliny pro průsakům – polyuretanové pryskyřice



Obr. 6 Způsoby injektáže trhlin a spár

a) od povrchu, b) z vrtu 1 - trhlina či spára, 2 - utěsnění ústí, 3 - lepidlo, 4 - obturátor, 5 - injektážní vrt

Posuzování existujících konstrukcí

- ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – hodnocení existujících konstrukcí
- ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení
- Veškeré statické výpočty se provádějí podle aktuálně platných norem
- Hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti – statickým výpočtem není nutno ověřovat konstrukce za předpokladu, že:
 - Prohlídka neodhalí známky přetížení, degradace ani statických poruch
 - Konstrukce vykazuje uspokojivé chování v průběhu dostatečně dlouhé doby
 - Žádným způsobem do ní nezasahujeme (neoslabujeme je otvory atp.)
 - Žádným způsobem konstrukci nepřitěžujeme

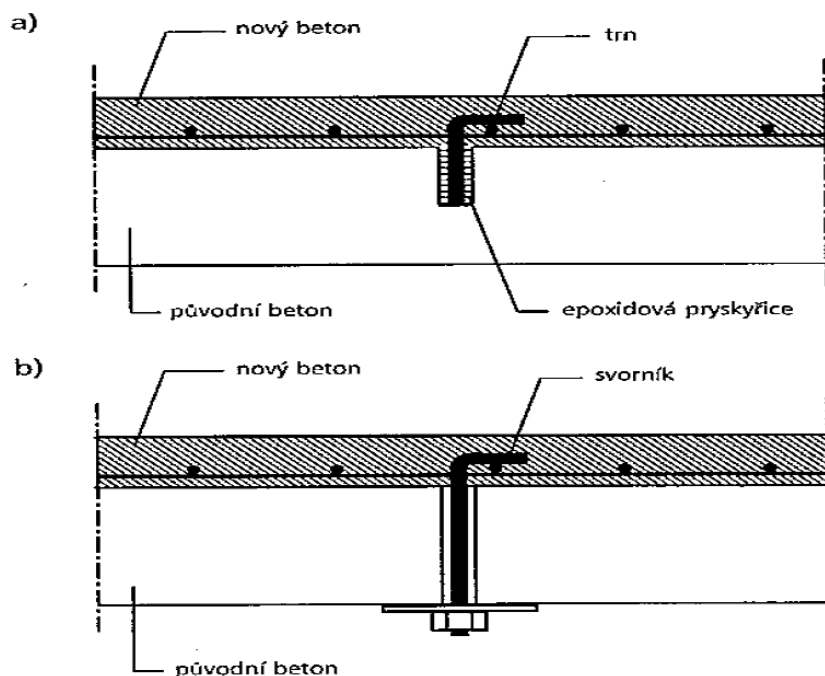
Zvýšení využitelného zatížení

- Najít v konstrukci rezervy podrobným statickým výpočtem dle dnešních norem
- Snížit stálé zatížení (například nahrazením těžké podlahy lehčím materiálem)
- Zesílit stávající konstrukci (výpočet dle aktuálně platných norem)

Zesilování konstrukcí

- Konstrukce má nedostatečnou únosnost
- Potřebujeme zvýšit zatížení konstrukce

Zesílení přibetonováním



- Nabetonováním desky se zvýší tloušťka a tím i únosnost desky
- Ve spáře mezi starým a novým betonem vznikne smyková síla
- Spřažení desek smykovými trny

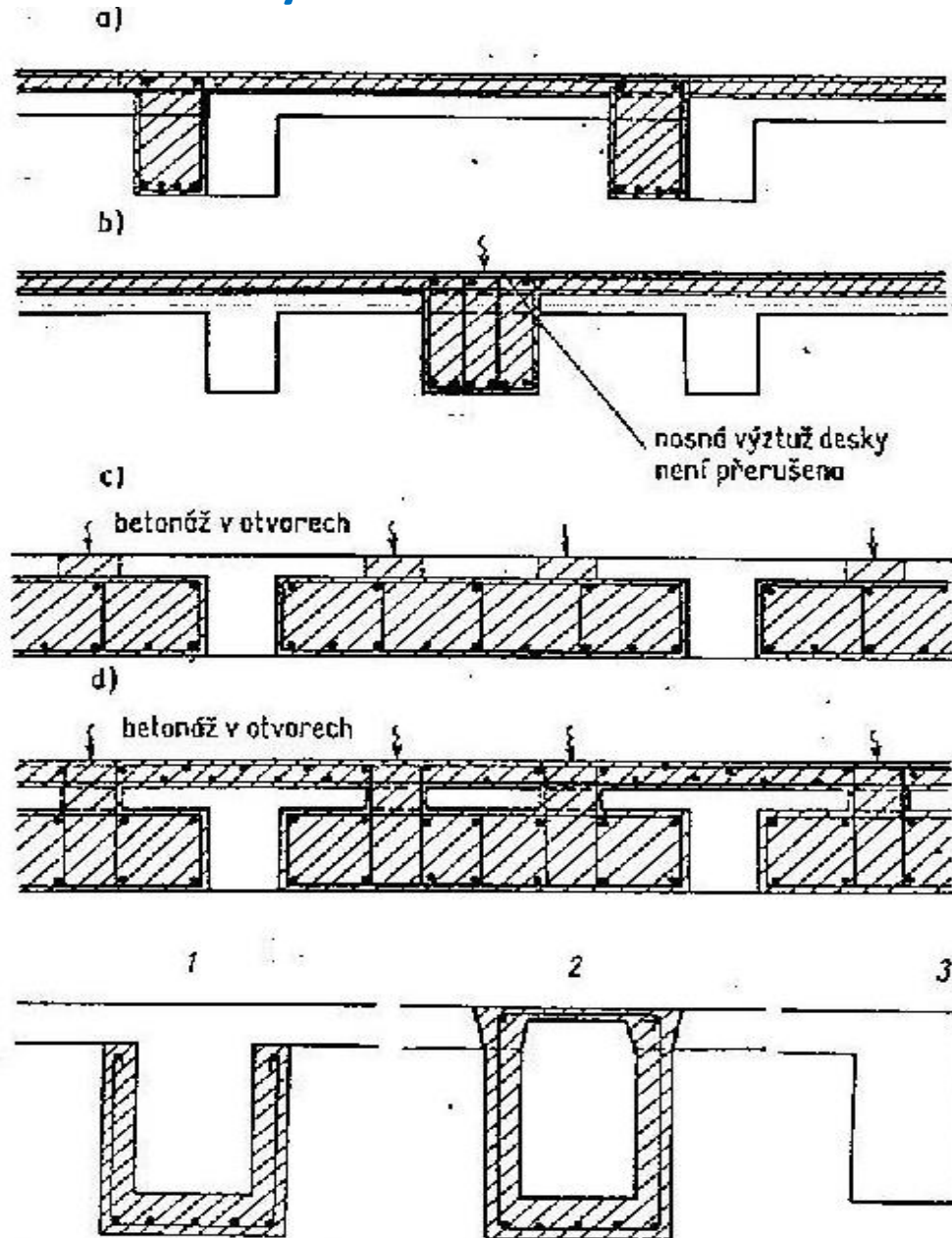
Obr. 8.1 Spolupůsobení původní a nové betonové desky je zabezpečeno a) ocelovými trny, b) ocelovými svorníky

Vlepování výztuže do betonu



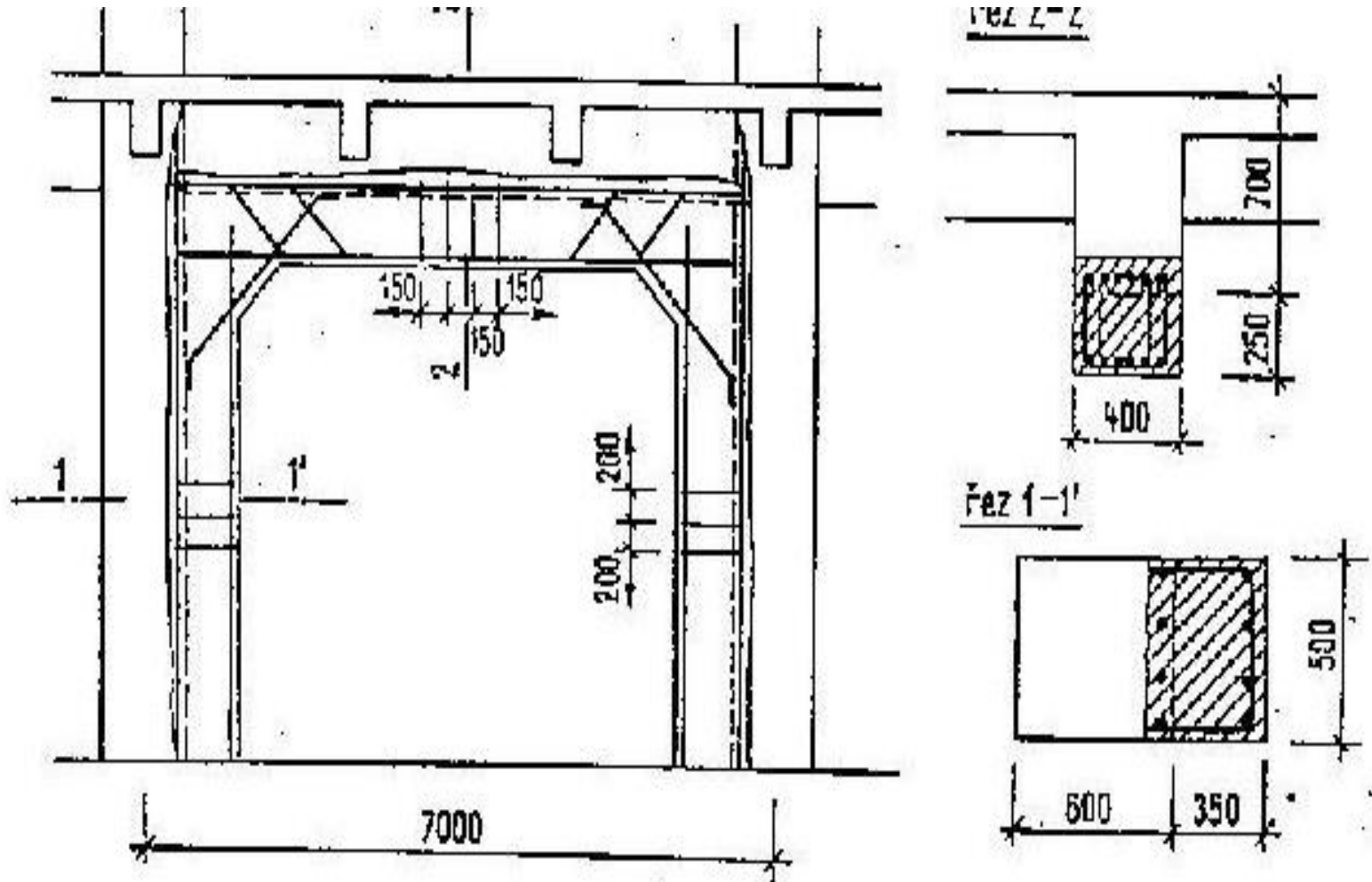
Příklady zesilování železobetonového stropu

Obr. 4.20. Zesílení žebrového stropu zesílením trámů i desky
a) zesílení každého trámu i s nabetonováním desky
b) vložení přídatného trámu mezi původní trámy,
c) zabetonování celého prostoru mezi trámy,
d) zabetonování celého prostoru mezi trámy i s nabetonováním desky (velmi účinné)



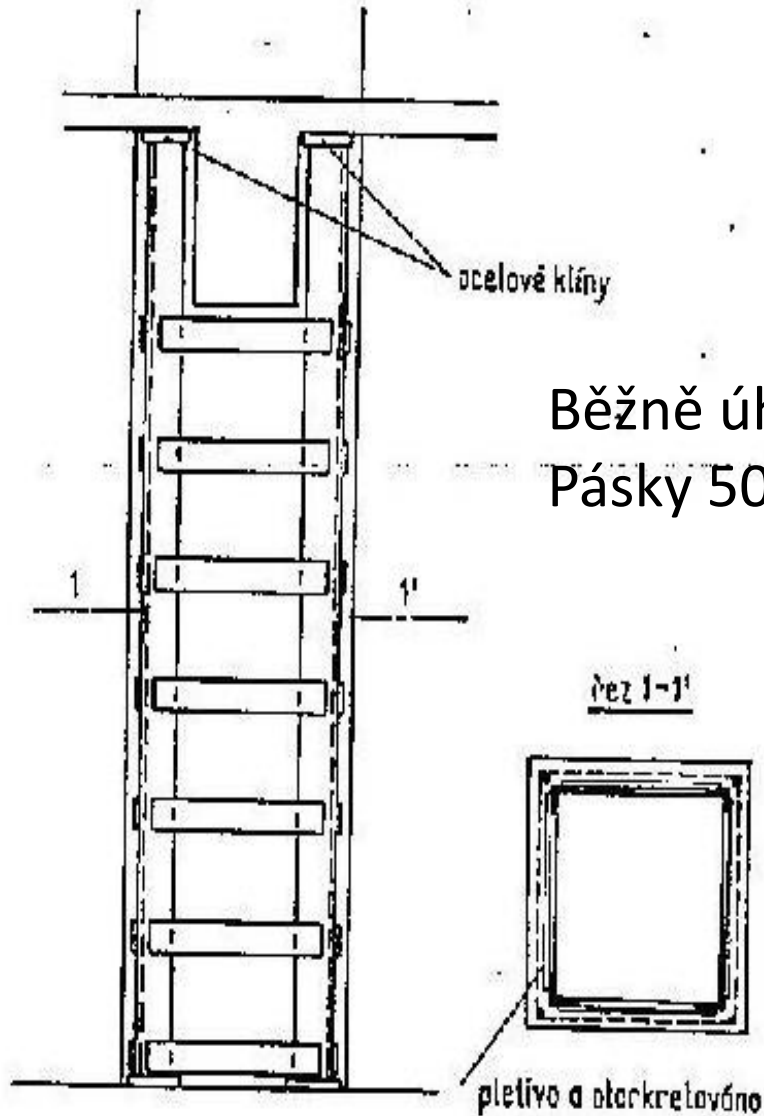
Obr. 4.21. Zesílení trámů žebrového stropu. Desku není nutno zesilovat

Příklad zesílení průvlaku a sloupů přibetonováním



Zesílení sloupu ocelovou objímkou

(ocelové úhelníky + přivařené ocelové pásy)

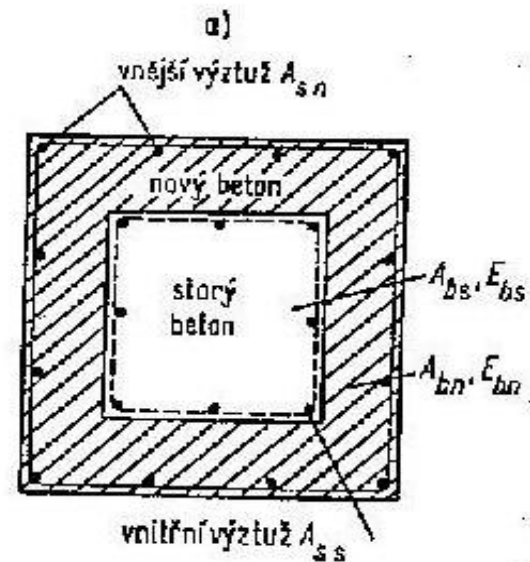
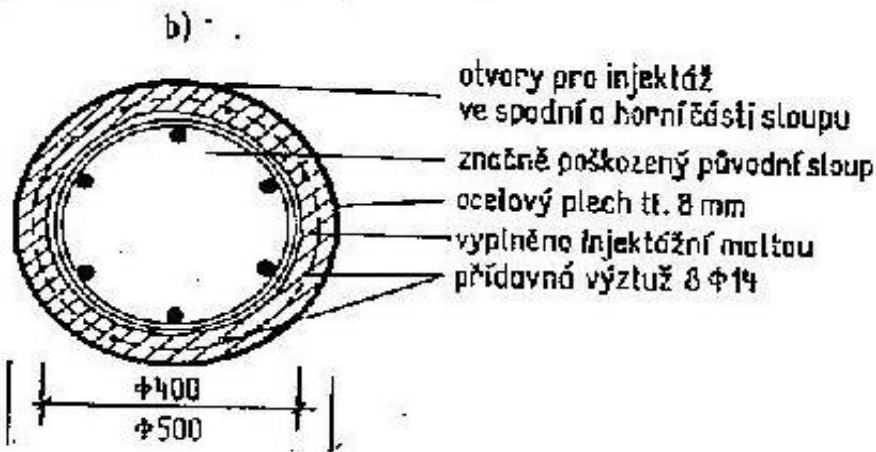
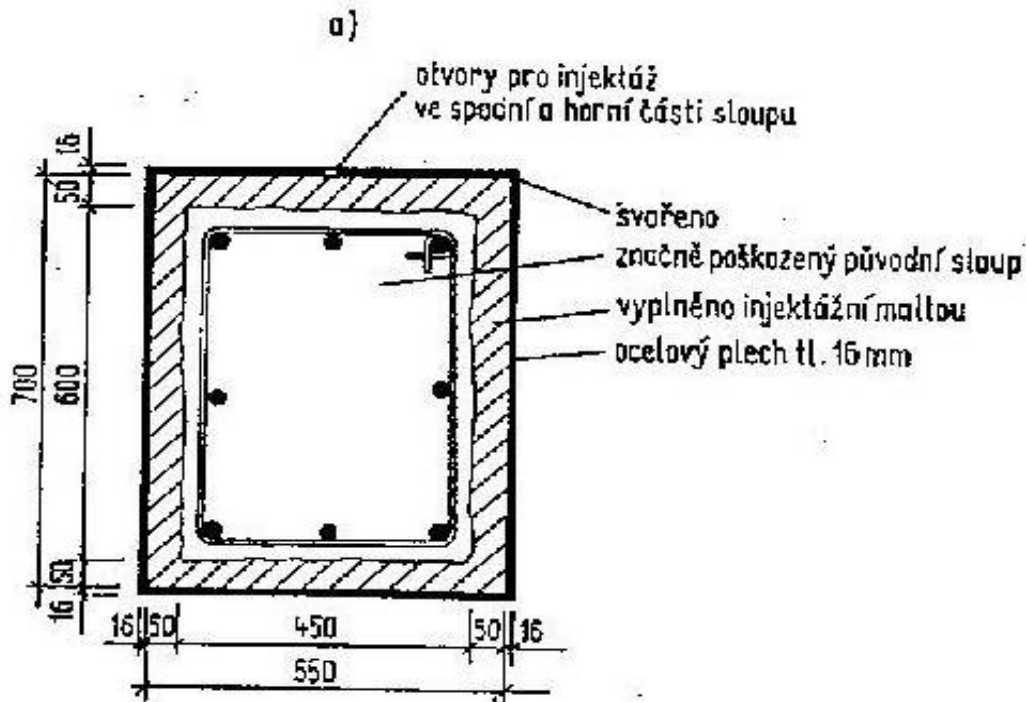


Běžně úhelníky L60/60/8 až 80/80/10

Pásy 50/5 mm, max. vzdálenost 500 mm

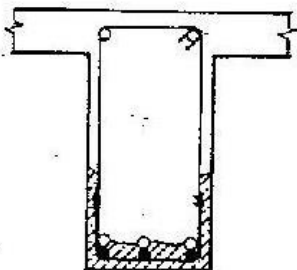
Obr. 4.37. Zesílení sloupu ocelovou objímkou na hranách

Zesílení sloupu obetonováním

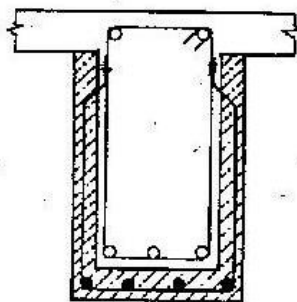


Obr. 4.38. Zesílení sloupu ocelovou objímkou

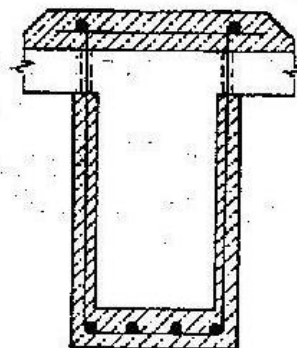
Různé způsoby zesílení stropního trámu



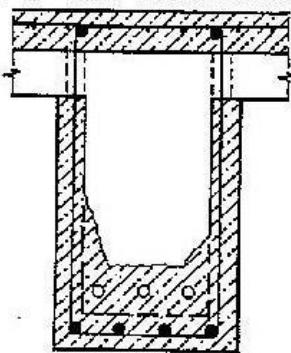
(a) přivaření přídavné výztuže na stávající římeny



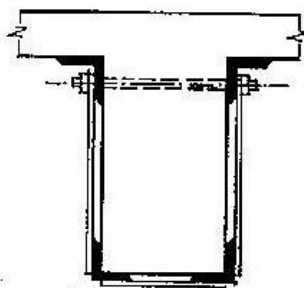
(b) zvětšení průřezu a jednostranné přidání výztuže -
- otryskaný povrch



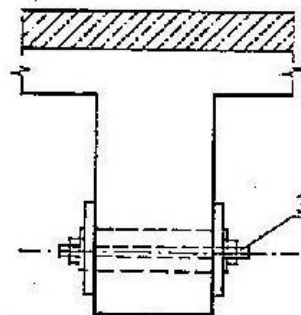
(c) zvětšení průřezu a oboustranné přidání výztuže -
- otryskaný povrch



(d) nahrazení naruš. části průvlaku novou výztuží a přibetonování (torkret, nanášení)



(e) zesílení ocelovými úhelníky a páskovými diagonálami



(f) zesílení trámu přídavnou lepenou plochou výztuží

Zesílení stropu přilepenými uhlíkovými lamelami

- Tloušťka lamely 1,2 až 1,4 mm, šířka 50 až 100 mm
- Pevnost lamely více než 1000 MPa
- Modul pružnosti 150 GPa
- Nutno chránit lamelu před požárem (nemá požární odolnost)
- Uhlíkové lamely nelze lepit na beton s odtrhovou pevností pod 1,5 MPa (min. pevnost betonu C20/25)



Zesílení žeber stropu přilepenými uhlíkovými lamelami



Zesílení sloupu
ovnutím
uhlíkovou tkaninou
(funguje na principu
ovnutého betonu)



Rekonstrukce prefabrikovaných průmyslových hal

- Průmyslové, zemědělské a skladovací haly
- Realizované především mezi roky 1961 až 1965, dnes se nepoužívají
- Dodatečně předpjatý dolní pas a krajní tažené diagonály
- Rozpětí vazníku 18 m (ze tří dílců) nebo 24 m (ze čtyř dílců)
- Vazníky lze identifikovat podle zdvojených svislic
- V důsledku nekvalitní (nebo chybějící) injektáže kanálků hrozí koroze předpínací výztuže
- V posledních letech došlo k několika haváriím vazníků
- Po identifikaci dodatečně předpjatých vazníků je nutno provést odborný diagnostický průzkum stavu předpínací výztuže
- Řada konstrukcí je dnes v havarijním stavu
- V případě zkorodované výztuže provést zajištění (zesílení) vazníku

Příklady hal s dodatečně předpjatými vazníky na rozpětí 18 m

Endoskopická sonda k nezainjektované předpínací výztuži



1	No corrosion (Mass loss = 0.0%) 	Bez koroze.
2	Light corrosion (Mass loss = 0.19%) 	Mírná povrchová koroze, lokální s projevy rozvoje koroze ve štěrbinách mezi patentovými dráty. Korozně oslabeno až 0,19% průřezové plochy.
3	Pitting (Mass loss = 1.26%) 	Středně rozvinutá koroze plošného charakteru. Korozně oslabeno až 1,26% průřezové plochy.
4	Heavy Pitting (Mass loss = 2.72%) 	Intenzivnější koroze s přechodem k důlkové formě. Korozně oslabeno až 2,72% průřezové plochy.
5	Cross section loss (Mass loss = 8.38%) 	Intenzivní koroze s tvorbou odlupujících se šupin. Korozně oslabeno až 8,38% průřezové plochy.
6	Fracture (Mass loss = 21.34%) 	Výrazné oslabení s přerušením patentovaných drátů. Korozně oslabeno až 21,34% průřezové plochy.

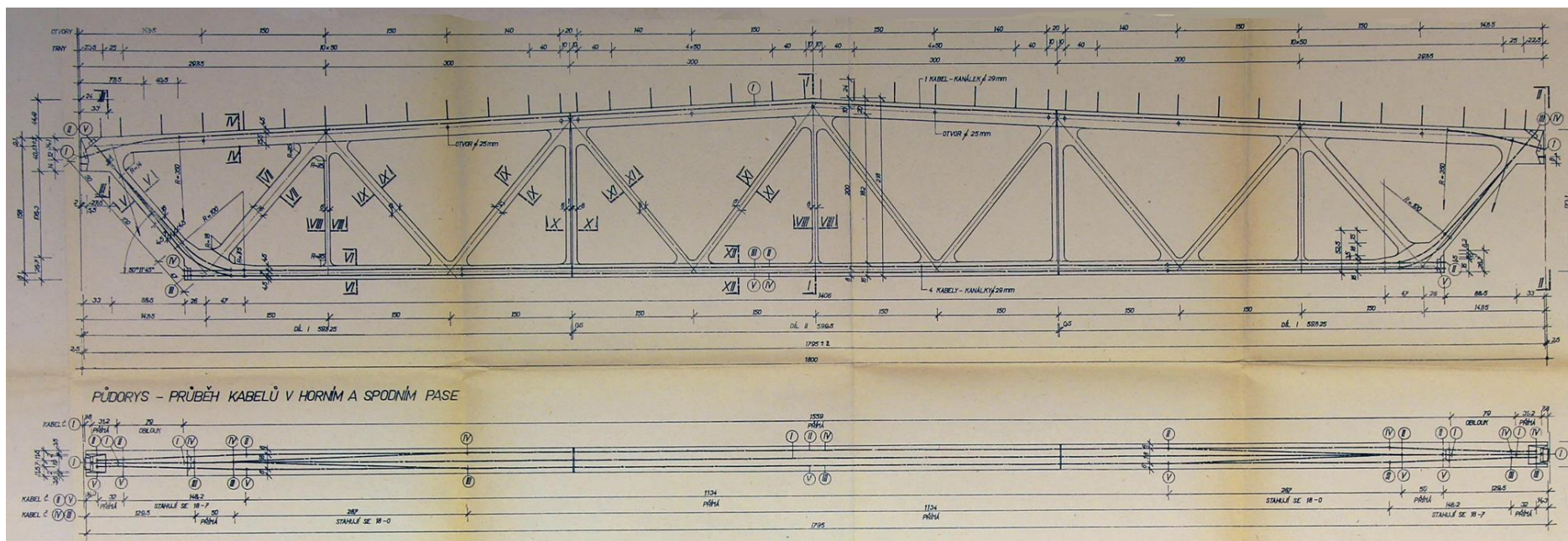
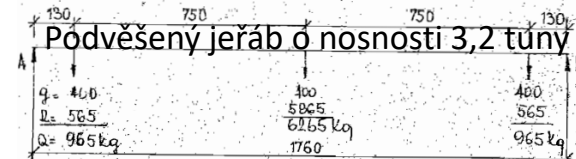
Tabulka hodnocení koroze výztuže

Předem předpjaté spínané vazníky na rozpětí 18 a 24 m

Vazník SPP 6-18/6 navrženo v roce 1961

Beton	B400 C28/35
Výztuž dolního pasu	4 x 12 ϕ P4,5
Vnesené předpětí	995 MPa
Předpětí na konci životnosti – 50 let	750 MPa
Předpínací síla na konci životnosti – 50 let	4 x 143 = 572 kN
Charakteristická pevnost výztuže – ČSN 73 0038	1650 MPa
Návrhová pevnost výztuže – ČSN 73 0038	1120 MPa

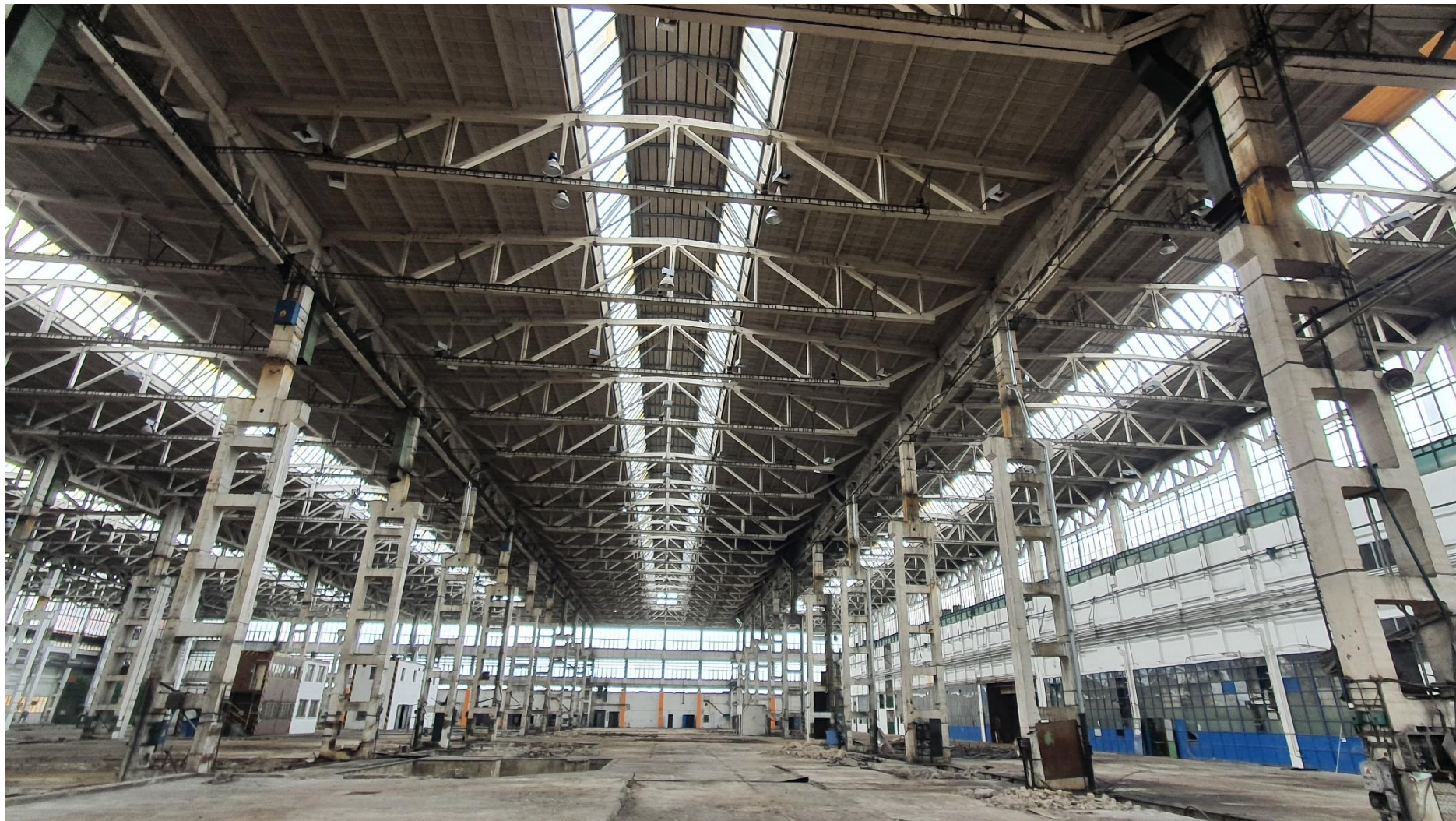
Zatížení střešním pláštěm	2,10 kN/m ²
Zatížení vazníku podvěšenými topnými panely	0,50 kN/bm
Zatížení sněhem	0,75 kN/m ²
Zatížení podvěsnými jeřáby – styčníky dolního pasu	



- Předpjaté spínané vazníky se používaly především v letech 1960-1965
- Vazníky lze identifikovat podle zdvojených svislic ve třetinách rozpětí
- V důsledku nekvalitní injektáže kanálků s předpínací výztuží hrozí koroze výztuže
- Řada konstrukcí je dnes v havarijním stavu

Pětilodní průmyslová hala s wierendeelovými sloupy a dodatečně předpjatými vazníky na rozpětí 18 a 24 m

Konstrukce ze 70 let minulého století – dnes se příhradové vazníky nevyrábějí



Havárie dodatečně předpjatého vazníku průmyslové haly v prosinci 2023 v důsledku koroze předpínací výztuže



Zesílení taženého pásu a první tažené diagonály

- Nově přidané táhlo 2 \varnothing 42, ocel S355
- Táhlo vnáší sílu do těžiště průřezu dolního pasu vazníku
- Návrhová síla na mezi kluzu $N_{Rd} = 464 \text{ kN}$



Rekonstrukce panelových budov

- Oprava styků panelů
- Oprava poškozených povrchů a hran panelů
- Výměna bytových jader
- Zřizování nových dveřních otvorů v panelech
- Zateplování obvodového pláště budovy
- Střešní nástavby
- Dodatečná dostavba lodžii

Zřizování nových dveřních otvorů

- Nutno předem prověřit situaci v okolních podlažích (starší otvory)
- Vždy konzultovat se statikem
- Otvor se řeže diamantovým lanem nebo diamantovým kotoučem
- Obvykle se předem zhotoví nové nadpraží z přilepených uhlíkových lamel
- **Doporučuje se respektovat následující pravidla:**
 - Otvor nemá zasahovat do styku panelů (min. 200 mm od spáry)
 - Okraj otvoru min 400 mm od konce stěny
 - Horní okraj otvoru min 550 mm od podhledu stropu
 - V jednom panelu pouze jeden otvor
 - V podlažích nad sebou otvory přibližně stejné šířky a v jedné svislé ose



Výměna bytového jádra

- Často se nahrazují původní jádra z plastů
- Nové jádro z dutých cihel nebo příčkovek z pórobetonu v tloušťce max. 100 mm včetně omítky
- Nutno konzultovat se statikem, obvykle vyhoví



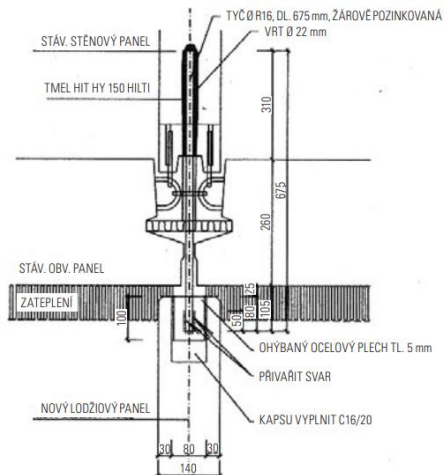
Střešní nástavba na panelový dům

- Zlepší architekturu domu
- Odstraní problémy se zatékáním do ploché střechy
- Lehká nosná konstrukce (dřevo, tenkostěnné ocelové profily)
- Konstrukce se zakládá nad stěnami posledního podlaží
- Nutno posoudit na přetížení stěn a základů (obvykle vyhoví)

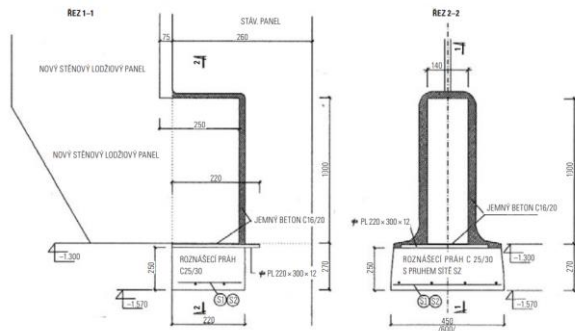


Dodatečně vybudované lodžie nesené vykonzolovanou panelovou lodžiovou stěnou

- Stěnové lodžiové panely jsou vyneseny konzolou stěny zapuštěnou do obvodové zdi domu
- Stěnové lodžiové panely jsou kotveny do stávající příčné zdi domu nebo uloženy na základ domu
- Svislý styk musí umožnit teplotní dilataci lodžiového panelu ve svislém směru



Půdorysný řez



Krátká konzola uložení stěny

