Odborný posudek

Ochranná konstrukce z důlních výztuží

Javoříčské jeskyně



Projekt.: Správa jeskyní České republiky – kontrolní prohlídky ocelových konstrukcí

Zpráva č.: IOK 25-38-01 Javoříčské jeskyně – ochranná konstrukce z důlních výztuží

Stupeň: Odborné posudky

Objednatel: Správa jeskyní České republiky

SPRÁVA JESKYNÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Květnové náměstí 3

252 43 Průhonice

Zpracovatel: Institut ocelových konstrukcí, spol. s r. o.

IOK

Beskydská 235

738 01 Frýdek-Místek

Vypracovali:

Autorizoval:

doc. Ing. VÍT KŘIVÝ, Ph.D. Autorizovaný inženýr pro stavby a dopravní stavby ČKAIT - 1104146

Digitálně podepsal doc. Ing. Vít Křivý Ph.D.
DN: c=CZ, 2.5.4.97=NTRCZ-45770743, o=Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ou=Elektronické autorizační razítko, ou=1104146, cn=doc. Ing. Vít Křivý Ph.D., sn=Křivý, givenName=Vít, serialNumber=P841925, title=IS00
Datum: 2025.12.15 09:36:41 +01'00'

Datum: 12/2025

Počet stran: 21 stran

Obsah

1. Úvod ..... - 3 -
2. Technická dokumentace a podklady ..... - 4 -
3. Kontrolovaná konstrukce ..... - 5 -
4. Výsledky stavebně technického průzkumu ..... - 7 -
4.1 Profil důlních výztuh ..... - 7 -
4.2 Korozní oslabení oblouků ..... - 10 -
4.3 Degradace desek PZD ..... - 16 -
5. Závěr ..... - 21 -

1. Úvod

Ve zprávě jsou uvedeny a zhodnoceny výsledky stavebně technického průzkumu konstrukce vytvořené z důlních výztuží, která je součástí prohlídkové trasy Javoříčských jeskyní. Stavebně technický průzkum byl proveden na žádost objednatele kvůli komplexnímu vyhodnocení technického stavu posuzované konstrukce.



pohled na konstrukci z vnitřního prostoru návštěvnické trasy



pohled na konstrukci z vnějšího prostoru jeskyně

Stavebně technický průzkum konstrukce se uskutečnil dne 10. 12. 2025.

Práce na kompletaci zprávy probíhaly na pracovišti Institutu ocelových konstrukcí spol. s r. o. ve Frýdku-Místku.

Prohlídku ocelových konstrukcí provedli za Institut ocelových konstrukcí, spol. s r. o.:

2. Technická dokumentace a podklady

Normy a odborná literatura

[1] ČSN 73 2604 Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb.

[2] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

[3] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplňující ustanovení.

[4] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

[5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

[6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků.

[7] ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce.

[8] normy skupiny ČSN EN ISO 12944 Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy.

[9] normy skupiny ČSN EN ISO 8501 Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu.

[10] ČSN EN ISO 9223 Koroze kovů a slitin - Korozní agresivita atmosfér - Klasifikace, stanovení a odhad.

[11] DIN 21530-2 Výztuže pro hornictví.

[12] Nová huť a.s. – Katalog důlních výztuží.

[13] Fuchs, J. et al. Statické hodnoty kovových válcovaných průřezů.

[14] ČSN EN 14630 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Zkušební metody – Stanovení hloubky zasažení karbonatací v zatvrdlém betonu pomocí fenolftaleinové metody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.

Dokumentace k posuzovanému objektu

K posuzované konstrukci nebyly k dispozici žádné relevantní dokumenty.

3. Kontrolovaná konstrukce

Hodnocená konstrukce slouží jako ochrana části prohlídkové trasy Javoříčských jeskyní před pádem uvolněných částí skalního masivu. Jediným účelem konstrukce je preventivní ochrana bezpečnosti návštěvníků jeskyní. Konstrukce není určena k přenosu zatížení z okolního horninového prostředí.

Posuzovanou konstrukci tvoří celkem 10 oblouků vytvořených z profilů důlních výztuží (pravděpodobně průřez K17 – viz kapitola 4.1). Na oblouky jsou naskládány desky PZD o rozměrech 1200x150x55 mm. Pomocí desek PZD je vytvořeno opláštění chránící prostor prohlídkové trasy. Na vnějším povrchu desek PZD je částečně provedena betonová mazanina.

Ke konstrukci se nepodařilo dohledat původní dokumentaci (ta pravděpodobně ani nebyla vypracována). Podle informací zaměstnanců zajišťujících správu jeskyně byla konstrukce vybudována pravděpodobně v průběhu 60. let minulého století. Konstrukce je tedy přibližně šedesát let stará.







Pohled na konstrukci z vnějšího prostoru jeskyně

desky PZD



oblouky z profilů důlních výztuží

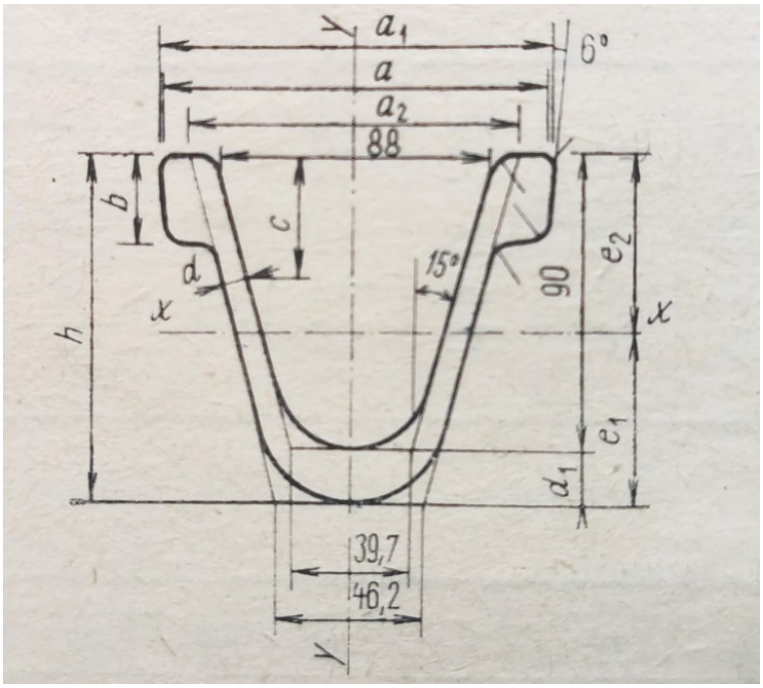


betonová mazanina

4. Výsledky stavebně technického průzkumu

4.1 Profil důlních výztuh

Prvotním úkolem stavebně technického průzkumu bylo stanovení použitého profilu důlní výztuže. Zatřízení bylo provedeno na základě změření charakteristických rozměrů profilu. Vnější rozměry (h, a_1, b) byly stanoveny pomocí posuvného měřidla, tloušťky (d, d_1) byly určeny pomocí ultrazvukového tloušťkoměru PosiTector UTG se sondou Standard. Značení geometrických rozměrů průřezu je převzato z dokumentu [13], viz obrázek 4.1.1. Měření probíhalo na oblouku č. 5 ve vnějším prostoru konstrukce, a to na části prvku, která měla vnější povrch průřezu s malým korozním poškozením (vnitřní povrchy průřezu jsou pokryty tlustou vrstvou korozních produktů u všech oblouků).



Obr. 4.1.1 Značení rozměrů důlní výztuže typu K [13]



Obr. 4.1.2 Měření výšky profilu (h = 101,5 mm)



tvar koncové zesílené části profilu odpovídá profilu důlní výztuže typu „K“

Obr. 4.1.3 Měření výšky koncové zesílené části (b = 20,4 mm)



Obr. 4.1.4 Měření vnější šířky profilu (a_1 = 125,9 mm)



Obr. 4.1.5 Měření vnitřní šířky profilu (87,5 mm)

tloušťka stěny (oblouk č. 5, měřeno ve vnějším prostoru jeskyně): $d = 6{,}0\ mm$

tloušťka v dolním ohybu (oblouk č. 5, měřeno ve vnějším prostoru jeskyně): $d_1 = 10{,}5\ mm$

Na základě změřených geometrických veličin průřezu lze konstatovat, že pro oblouky posuzované konstrukce byl pravděpodobně použit **profil důlní výztuže s označením K17**.

Jmenovité rozměry profilu K17 jsou patrné z tabulky 4.1.1 převzaté z [13].

Tab. 4.1.1: Jmenovité rozměry profilů důlní výztuže typu K [13]

b) Výztuhy K

Průřez	Jmenovité rozměry (mm)								
	h	a	a_1	a_2	b	d	d_1	e_1	e_2
K 17	101	123	123	100	21	5,9	11	50,4	50,7
K 21	104	123	124	102	24	6,7	14	51,9	52,1
K 24	107	124	125	104	27	7,5	17	53,2	53,8

4.2 Korozní oslabení oblouků

Na površích všech oblouků se vyvinula silná kompaktní vrstva korozních produktů. Situace je horší u částí oblouků, které jsou vymezeny obvodovými kamennými zdmi, tj. v prostoru návštěvnické trasy. V tomto prostoru je konstrukce vystavena vyšší vlhkosti v porovnání s vnějším prostorem jeskyně.







Obr. 4.2.1a Vybrané typické ukázky korozního poškození v prostoru návštěvnické trasy



Obr. 4.2.1b Vybrané typické ukázky korozního poškození v prostoru návštěvnické trasy



Obr. 4.2.2 Vybrané typické ukázky korozního poškození ve vnějším prostoru jeskyně

Systematické měření zbytkových tlouštěk profilů oblouků bylo provedeno z vnitřního prostoru návštěvnické trasy. Oblouky byly očíslovány (1 až 10) v pořadí směrem od jeskyně ke vstupu návštěvnické trasy.

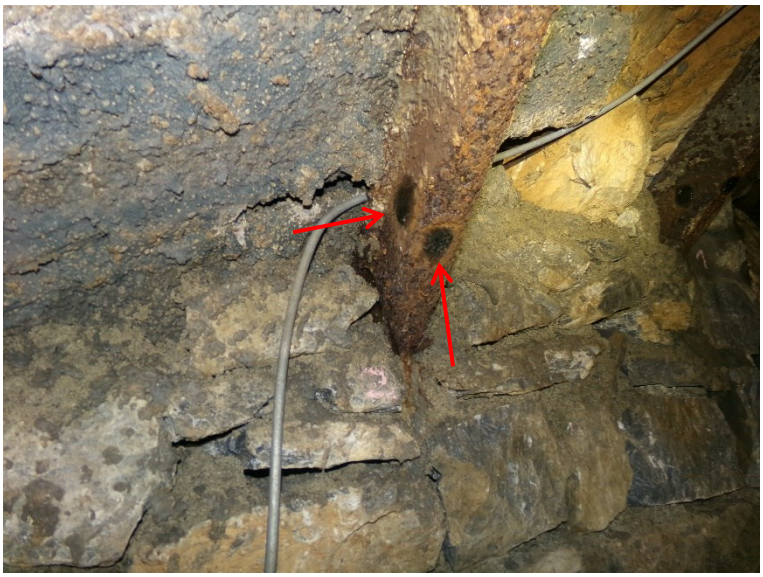


Obr. 4.2.3 Zvolený systém číslování oblouků

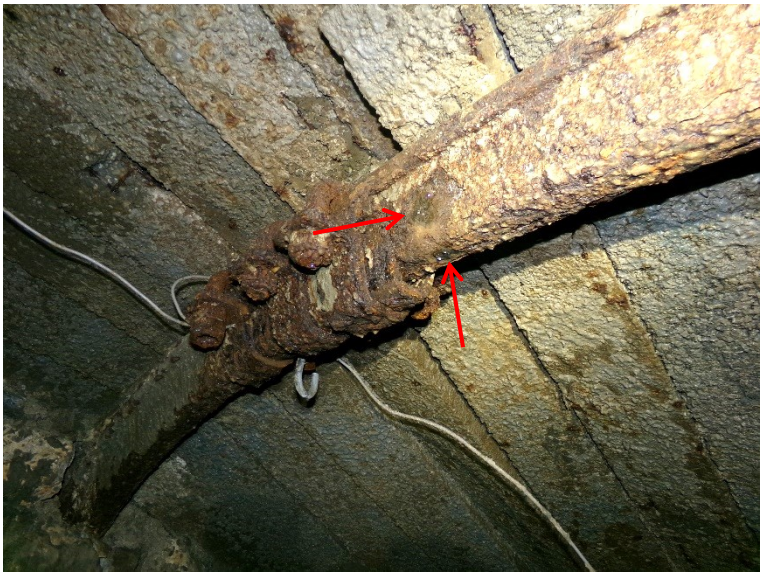
Na každém oblouku byla realizovaná celkem 4 měření zbytkových tlouštěk. V oblasti přechodu oblouku do kamenné stěny byla změřena tloušťka stěny d a tloušťka v dolním ohybu profilu d_1. Stejné geometrické veličiny byly změřeny rovněž v oblasti vrcholu oblouku.

Měření bylo prováděno po odbroušení vrstvy korozních produktů s využitím ultrazvukového tloušťkoměru PosiTector UTG se sondou Standard.

Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce 4.2.1.



ukázka míst měření v oblasti přechodu oblouku do kamenné stěny
(oblouk č. 2)



ukázka míst měření v oblasti vrcholu oblouku
(oblouk č. 6)

Obr. 4.2.4 Vybrané typické ukázky míst měření zbytkových tlouštěk na obloucích

Tab. 4.2.1: Naměřené hodnoty tlouštěk profilů

Číslo oblouku	Měření u zdi		Měření ve vrcholu	
	Tloušťka stěny d (mm)	Tloušťka v dolním ohybu d_1 (mm)	Tloušťka stěny d (mm)	Tloušťka v dolním ohybu d_1 (mm)
1	6,2	10,0	6,5	10,9
2	6,1	10,6	6,0	9,3
3	5,8	10,3	6,2	10,5
4	5,0	10,6	5,0	9,4
5	5,3	10,0	5,6	10,4
6	6,0	10,8	5,5	9,5
7	5,6	10,9	5,8	9,4
8	5,6	10,2	5,4	9,9
9	5,2	9,5	5,3	9,7
10	5,9	9,6	5,4	9,5

Z naměřených hodnot zbytkových tlouštěk vyplývá, že hodnota korozního oslabení profilů se pohybuje v rozmezí 0,5 až 2,0 mm.

Únosnost profilů je korozním oslabením snížena na přibližně 80 až 90 % únosnosti stanovené pro jmenovité rozměry průřezu.

Vzhledem ke skutečnosti, že ocelové oblouky přenáší pouze zatížení od tíhy desek PZD a betonové mazaniny (a v případě havarijní situace zatížení od uvolněné části horninového masivu) a nejsou tedy vystaveny zatížení z okolního horninového prostředí, je možno konstatovat, že korozní oslabení oblouků z důlních výztuží nemá v současné době významný vliv na spolehlivé fungování konstrukce a bezpečnost návštěvníků prohlídkové trasy jeskyní.

Dlouhodobé ponechání ocelových konstrukčních prvků v současném stavu není vhodné. Do pěti let od vydání zprávy se doporučuje oblouky opatřit vhodným systémem protikorozní ochrany (optimálně v rámci náhrady stávajících desek PZD, viz kapitola 4.3, kdy budou oblouky po celé délce přístupné.). Všechny plánované opravy či obnovy nátěrových systémů je potřeba navrhnout a provést v souladu s normou ČSN EN ISO 12944. Před nanášením základního nátěru je potřeba kontrolovat čistotu povrchu. S ohledem na specifické prostředí jeskyně se doporučuje konzultovat obnovu protikorozního systému se specializovaným pracovištěm zabývajícím se protikorozní ochranou (například SVÚOM s.r.o., Ing. Kateřina Kreislová, Ing. Hana Geiplová). Vzhledem k velké tloušťce a přilnavosti korozních produktů bude potřeba zvolit vhodný způsob odstranění rzi (tryskání, případně laserové čištění).

4.3 Degradace desek PZD

Ochrana prostoru určeného pro pohyb návštěvníků jeskyní je realizována pomocí desek PZD, které jsou uloženy na obloucích z důlní výztuže. Při průzkumu byly zjištěny následující rozměry desek PZD: 1200x150x55 mm. Na části konstrukce jsou desky PZD chráněny betonovou mazaninou.

Na povrchu konstrukce byly pozorovány menší úlomky skalního masivu. Lze se tedy domnívat, že dochází k občasnému uvolňování menších kusů skalního masivu (o velkosti kamenů) a posuzovaná konstrukce tedy poskytuje preventivní ochranu návštěvníkům jeskyní. Autoři zprávy proto doporučují i nadále preventivně chránit předmětný prostor návštěvnické trasy.

Pozn.: *Navržená konstrukce poskytuje ochranu před pádem menších hmotných předmětů. Konstrukce není určena pro ochranu prostoru před pády větších kusů masivu.*



kamení na vnějším povrchu konstrukce

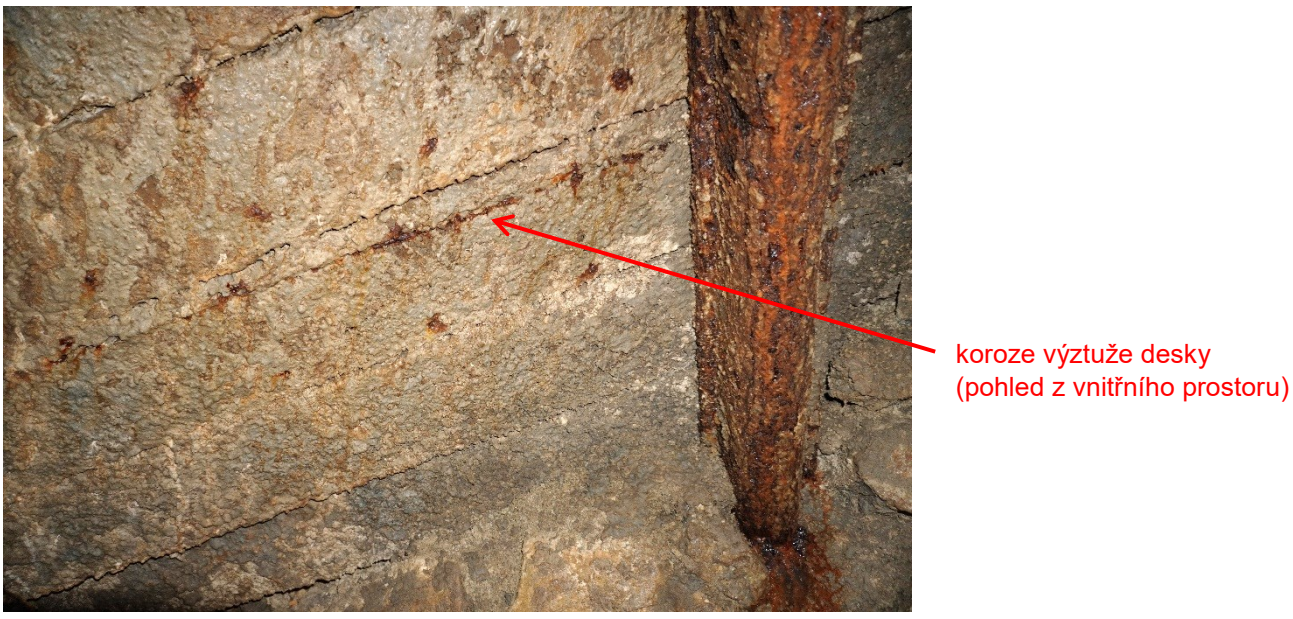
Obr. 4.3.1 Kamení a nánosy spadlých hornin na vnějším povrchu konstrukce

Zásadním zjištěním provedeného stavebně technického průzkumu je rozsah poškození karbonatací betonu kontrolovaných desek PZD. Hloubka karbonatace, zjištěna pomocí acidobazického indikátoru, dosahovala hodnot 20 až 30 mm. Karbonatace betonu tak prostoupila krycí vrstvou výztuže a beton již není schopen plnit svou ochrannou pasivační funkci, což vede ke korozi výztuže desek. Z chemického hlediska se jedná o snížení pH ochranné betonové vrstvy pod hodnotu 9,5. V takovémto prostředí již dochází ke korozi betonářské výztuže, kdy vznikající korozní produkty působí expanzivními silami na krycí betonovou vrstvu a dochází k charakteristickým odpryskům povrchové vrstvy betonu. Koroze se rozšiřuje dále do konstrukce a snižuje účinnou plochu jednotlivých prutů betonářské výztuže, kdy místy dochází zcela k přerušení celistvosti. Současně také pokračuje degradace krycí vrstvy a narůstá obnažování dalších částí betonářské výztuže.

Hloubka zkarbonatované vrstvy betonu byla indikována pomocí jednoduché chemické zkoušky acidobazickým indikátorem [14]. Na vybraném povrchu betonového prvku byla sekáčem odseknuta vrstva betonu. V místě čerstvého lomu byl nanesen 1% roztok fenolftaleinu v etanolu a podle míry a pozice zbarvení byla určena hloubka vrstvy betonu zasažené karbonatací.

Souhrnně je tedy možné konstatovat, že únosnost desek PZD je vlivem karbonatace a následné koroze výztuže desek výrazně negativně ovlivněna. Samovolné prolomení desek bez vnějšího impulzu (například pádu těžkého předmětu) je nepravděpodobné (i s ohledem na ochranu povrchu většiny desek betonovou mazaninou). Není tedy nezbytně nutné realizovat okamžitá nápravná opatření.

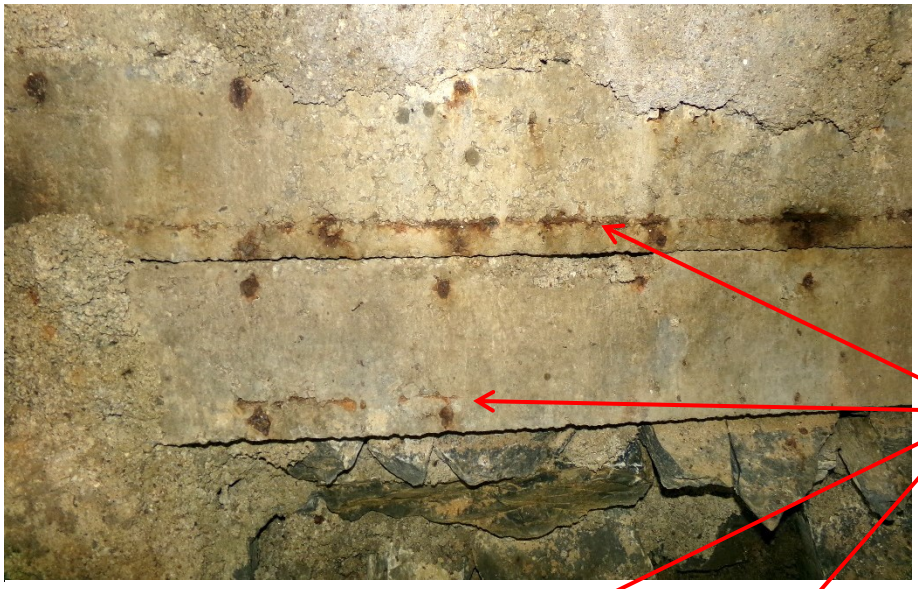
Pro zachování dlouhodobé funkčnosti navržené konstrukce, tj. zajištění ochrany vnitřního prostoru před pádem menších kusů uvolněných hornin, se však doporučuje provést výměnu stávajícího opláštění ocelových oblouků za nové. Navržené opatření doporučujeme realizovat do 5 let od vydání zprávy.



Obr. 4.3.2a Vybrané typické ukázky korozního poškození výztuže desek PZD



koroze výztuže desky
(pohled z vnitřního prostoru)



koroze výztuže desky
(pohled z vnějšího prostoru)



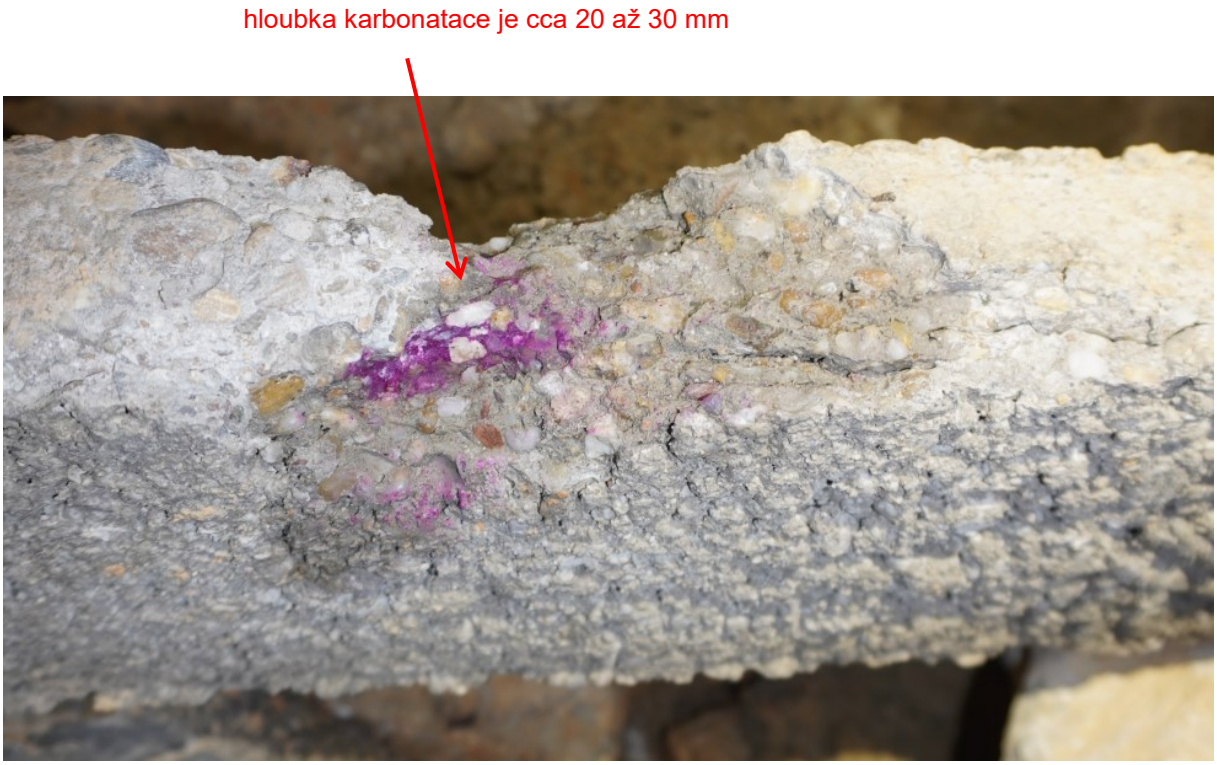
Obr. 4.3.2b Vybrané typické ukázky korozního poškození výztuže desek PZD



Obr. 4.3.3 Systém vyztužení desek PZD



Obr. 4.3.4 Detail korozního poškození výztuže a struktury betonu



Obr. 4.3.5 Zkouška acidobazickým indikátorem

5. Závěr

Z provedeného stavebně technického průzkumu ochranné konstrukce z důlních výztuží vyplývají následující skutečnosti:

a) Konstrukce slouží pro preventivní ochranu návštěvníků Javoříčských jeskyní před pádem úlomků uvolněných z přilehlého skalního masivu. Posuzovaná konstrukce není navržena pro stabilizaci přilehlého horninového prostředí.

   Na povrchu konstrukce byly pozorovány menší úlomky skalního masivu. Lze se tedy domnívat, že dochází k občasnému uvolňování menších kusů skalního masivu (o velkosti kamenů) a jejich pádu do prostoru návštěvnické trasy. Autoři zprávy proto doporučují i nadále preventivně chránit předmětný prostor návštěvnické trasy.

b) Na základě změřených geometrických charakteristik použitých průřezů důlní výztuže lze konstatovat, že pro oblouky posuzované konstrukce byl pravděpodobně použit profil důlní výztuže s označením K17.

   Detailní informace jsou uvedeny v části 4.1.

c) U všech oblouků bylo identifikováno poškození korozí. Na povrchu ocelových prvků se vytvořila silná kompaktní vrstva korozních produktů. Hodnota korozního oslabení profilů se pohybuje v rozmezí 0,5 až 2,0 mm. Únosnost profilů je korozním oslabením snížena na přibližně 80 až 90 % únosnosti stanovené pro jmenovité rozměry průřezu.

   Vzhledem ke skutečnosti, že ocelové oblouky přenáší pouze zatížení od tíhy desek PZD a betonové mazaniny (a v případě havarijní situace zatížení od uvolněné části horninového masivu) a nejsou tedy vystaveny zatížení z okolního horninového prostředí, je možno konstatovat, že korozní oslabení oblouků z důlních výztuží nemá v současné době významný vliv na spolehlivé fungování konstrukce a bezpečnost návštěvníků prohlídkové trasy jeskyní.

   Dlouhodobé ponechání ocelových konstrukčních prvků v současném stavu není vhodné. Do pěti let od vydání zprávy se doporučuje oblouky opatřit vhodným systémem protikorozní ochrany (optimálně v rámci náhrady stávajících desek PZD za nový systém opláštění).

   Detailní informace jsou uvedeny v části 4.2.

d) Ochranu prostoru zajišťují desky PZD uložené na jednotlivých obloucích. Technický stav desek, po přibližně 60 letech provozu, není dobrý. Únosnost desek je významně negativně ovlivněna rozsáhlou karbonatací betonu, korozí výztuže a poškozením povrchové struktury betonu.

   Samovolné prolomení desek bez vnějšího impulzu (například pádu těžkého předmětu) je nepravděpodobné (i s ohledem na ochranu povrchu většiny desek betonovou mazaninou). Není tedy nezbytně nutné realizovat okamžitá nápravná opatření.

   Pro zachování dlouhodobé funkčnosti navržené konstrukce, tj. zajištění ochrany vnitřního prostoru před pádem menších kusů uvolněných hornin, se však doporučuje provést výměnu stávajícího opláštění ocelových oblouků za nové. Navržené opatření doporučujeme realizovat do 5 let od vydání zprávy.

   Detailní informace jsou uvedeny v části 4.3.