

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

**Expertní zpráva č.
1700 J 090**

Datum vydání zprávy
4. dubna 2017

Oddělení KÚ
Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

Expertní zpráva:

STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM STROPNÍCH ŽB KONSTRUKCÍ
OBJEKTU VÝPRAVNÍ BUDOVY ŽST PRAHA – SMÍCHOV

Vypracoval:

Ing. David Čítek

Spolupráce:

Ing. Martin Kryštov

Odpovědný řešitel:

Ing. David Čítek

Vedoucí oddělení:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4

Rozdělovník:

Objednatel: 3x
Archiv KÚ: 1x

ANOTACE

Tato zpráva uvádí výsledky stavebně technického průzkumu vybraných stropních konstrukcí nad 1.NP objektu výpravní budovy ŽST Praha - Smíchov.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14.10.2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/2003–Zn.

1. ÚVOD

Na základě objednávky společnosti SUDOP PRAHA a.s. byl proveden stavebně technický průzkum stropních konstrukcí nad 1.NP objektu výpravní budovy ŽST Praha Smíchov.

V rámci zadání průzkumu a souvisejících prací bylo zjištěno a provedeno:

- stanovení vyztužení železobetonových trámů a desky destruktivními sondami
- nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku
- skladba podlahy a tloušťka stropní desky jádrovým vývrtem a destruktivní sondou

Průzkumné práce proběhly v březnu 2017.

2. PODKLADY

- [1] ČSN 13 822 (73 0038) – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, leden 2015;
- [2] ČSN EN 12504-2 (73 1303) – Zkoušení betonu v konstrukcích. Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem, březen 2002;
- [3] ČSN 73 1373 (73 1373) – Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení betonu, říjen 2011;
- [4] ČSN EN 13791 – Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích;

3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY

3.1. LOKALIZACE A IDENTIFIKACE VÝZTUŽE

Destruktivně: Za účelem lokalizace a identifikace výztuže a stanovení tloušťky krycí vrstvy byly provedeny destruktivní sondy elektrickým bouracím kladivem, v nichž byla odhalena výztuž. Průměr výztuže byl měřen posuvným měřítkem, druh použité výztuže a její korozní stav byl stanoven vizuální prohlídkou výztuže. Dále byla měřena tloušťka krycí vrstvy a vzdálenosti, ve kterých je výztuž uložena. Výpočtové charakteristiky výztužné oceli byly stanoveny dle ČSN 73 0038 [1] na základě tvaru povrchu výztuže a stáří stavby.

Nedestruktivně: Pro nedestruktivní stanovení polohy výztuže a tloušťky krycí vrstvy byl použit radar HILTI PS 1000. Přístroj pracuje na principu vysílání elektromagnetických pulzů do konstrukce. Výstupem registrace odrazů el. pulzů od nehomogenit materiálu je plošný scan s příčným řezem dané konstrukce. K orientačnímu stanovení polohy a tloušťky krycí vrstvy na vnějších površích jednotlivých konstrukcí bylo použito softwarového rozhraní Hilti PROFIS PS 1000. Přístroj HILTI PS 1000 pracuje s maximální detekční hloubkou 300 mm. Přesnost indikace hloubky menší než 100 mm je ± 10 mm. Při hloubce nad 100 mm je přesnost ± 15 %. Přesnost lokalizace je ± 10 mm. Měření je informativní a je vhodné jej doplnit semidestruktivním odhalením pro potvrzení průměru, charakteru povrchu a počtu prutů.

3.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Pro nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku byla použita tvrdoměrná metoda Schmidtova tvrdoměru (typ N-34). Zkoušky a jejich vyhodnocení byly provedeny v souladu s ČSN 73 1373 [3], ČSN EN 12 504-2 [2] a ČSN ISO 13 822 [1].

Metoda je založena na principu pružného rázu dvou těles. Při zkoušce krychelné pevnosti betonu v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem se zjišťuje velikost odrazu úderného ocelového beranu vyvolaného pružinou od ocelového razníku opřené o povrch betonu. Měřeným parametrem je tedy velikost odrazu a zachycená ukazatelem na stupnici umístěné na pouzdru tvrdoměru.

Velikost odrazu a je závislá na pružnosti a tvrdosti betonu. Naměřené hodnoty odrazu a se převedou dle obecného kalibračního vztahu uvedeného v ČSN 73 1373 [3] na krychelnou pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností f_{be} , která se vynásobí součiniteli α_t a α_w zohledňujícími stáří a vlhkost betonu.

Zpracování výsledků pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, cube}$, resp. pevnostní třídy betonu, bylo provedeno dle ČSN ISO 13 822 [1] a ČSN EN 13791 [4].

3.3. HLOUBKA KARBONATACE BETONU

Karbonatace betonu je dlouhodobý proces, ve kterém hraje rozhodující úlohu vzdušný CO_2 . Jeho intenzita je závislá na řadě vnějších podmínek (kvalita betonu, vlhkost, teplota apod.). Primární riziko karbonatace nespočívá ve snižování konečné pevnosti betonu, ale v tom, že zkarbonatovaný beton, resp. pórový roztok betonu*, ztrácí svoji alkalitu ($pH < 9,5$) a tím přestává pasivovat výztuž a chránit ji před korozi.

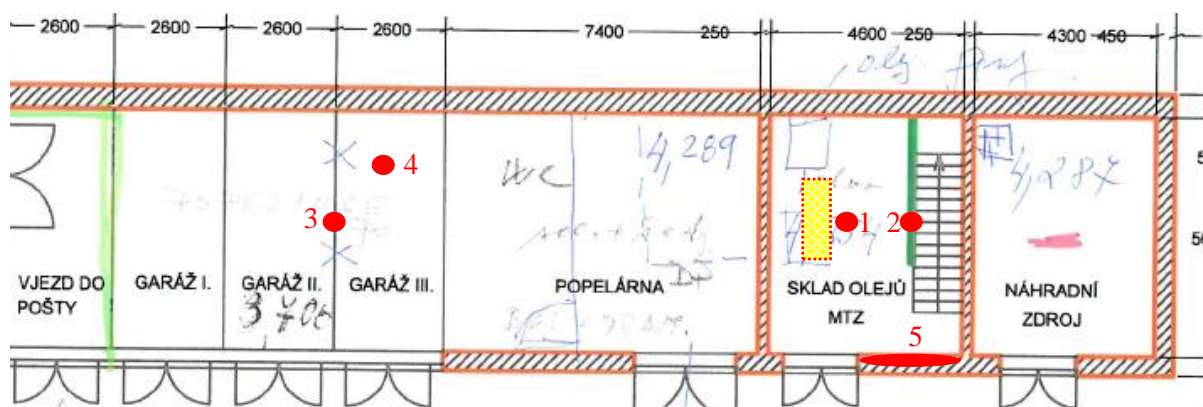
Hloubka karbonatace byla stanovována kolorimetrickým fenolftaleinovým testem, kdy se na míru karbonatace usuzuje ze zabarvení betonu smočeného roztokem fenolftaleinu v etanolu. Při vlastní zkoušce byl do betonu příklepovou vrtačkou vrtán otvor $\varnothing 8$ mm a zmíněný roztok byl aplikován na vynášený prach, popř. na čerstvou lomovou plochu betonu v místě destruktivních sond. Při výrazném fialovém zabarvení se zkouška ukončila a posuvným měřítkem s přesností na 1 mm byla změřena hloubka karbonatace betonu.

Porovnáním hloubky karbonatace betonu a tloušťky krycí vrstvy výztuže a s ohledem na vlhkostní podmínky, ve kterých se beton nachází, je možné zhodnotit pravděpodobnost vzniku korozního napadení výztuže v konstrukci. Zkarbonatovaný beton rovněž vykazuje vyšší tvrdost, což může vést k nadhodnocení výsledků tvrdoměrných zkoušek pevnosti betonu.

* Kapalina obsažená v pórové struktuře betonu, která obsahuje některé rozpuštěné složky cementového kamene.

4. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

Průzkumné práce byly provedeny v souladu se zadáním průzkumu objednatelem. Předmětem průzkumu bylo stanovení a vyznačení polohy výztuže na stropních konstrukcích 1.NP, dále určení skladby podlahy a tloušťky stropní desky 1.NP a stanovení pevnosti betonu v tlaku objektu výpravní budovy ŽST Praha Smíchov. Lokálními destruktivními sondami byl stanoven průměr a typ použité výztuže na železobetonových trámech a stropní desce. Na vybraných konstrukčních prvcích byla stanovena rozteč výztuží a krycí vrstva betonu. Tyto měření slouží pro orientační stanovení vyztužení pro následný statický výpočet konstrukce. Destruktivní sondy byly sanovány PCC maltou tak, aby nedocházelo k následné korozi odhalené výztuže. Poloha sond je patrná ze schématu a fotografií č. 1, 2 a 3. Polohy sond byly určeny na místě statikem.



Obr. 1: Lokalizace sond – vyznačení diagnostikovaných míst stropu nad 1.NP (žlutě vyznačena oblast scanu)

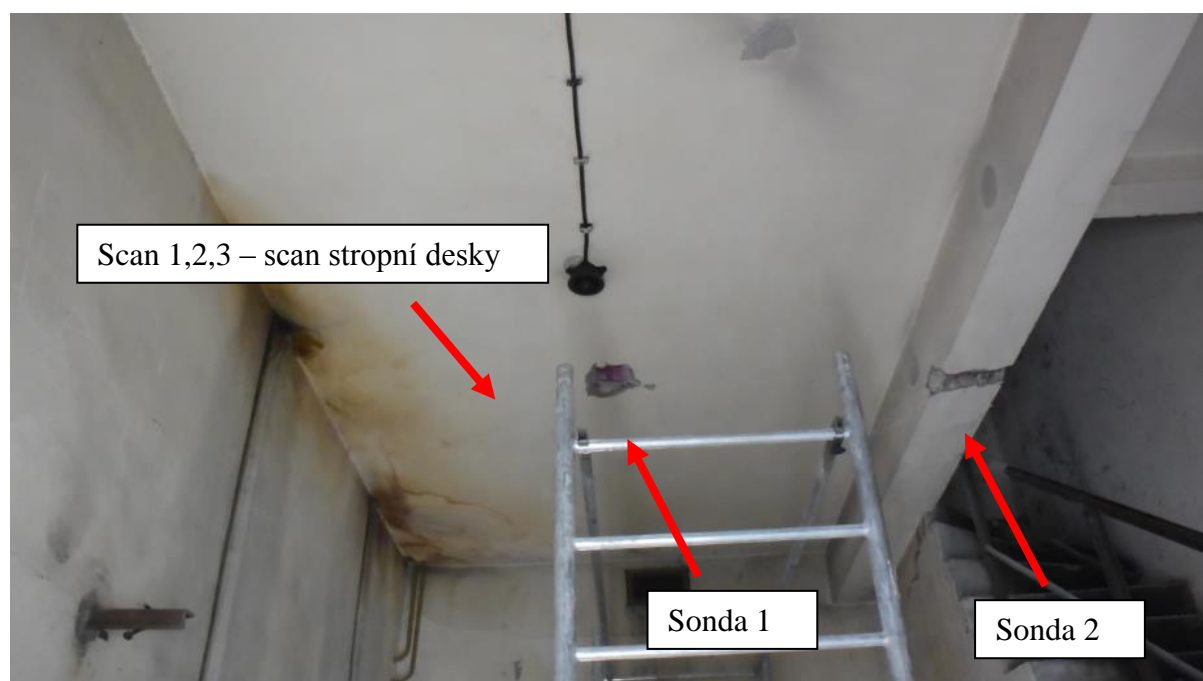


Foto 1: Pohled na stropní konstrukce 1.NP objektu ŽST Praha Smíchov, lokalizace sond



Foto 2: Pohled na stropní konstrukce 1.NP objektu ŽST Praha Smíchov, lokalizace sond



Foto 3: Pohled na podlahu 2.NP objektu ŽST Praha Smíchov, lokalizace sond



Foto 4: Pohled na stěnu 1.NP objektu ŽST Praha Smíchov, lokalizace sond

V místě předpokládané polohy ŽB sloupu ve stěně 1.Np byly provedeny lokální sondy pomocí vrtáku do hloubky cca 250 mm. Provedením jednotlivých vrtů po délce stěny bylo objeveno pouze cihelné zdivo. Ve zvoleném místě provedení sondy se jedná tedy o konstrukční systém s nosnou zděnou stěnou. Lokalizace provedené sondy je patrná ze schématu na obr.1.

4.1. VÝZTUŽ

4.1.1. Výpočtové charakteristiky výztuže

Destruktivní sondy byly provedeny na čtyřech místech (dvakrát trám a dvakrát stropní deska průvlak). Poloha sond je patrná z fotografií 1, 2 a 3. Identifikace výztuže byla provedena vizuálně dle charakteru povrchu výztuže a odhadnutého stáří stavby. Odvození charakteristik výztužné oceli bylo provedeno na základě údajů uvedených v ČSN 73 0038 [1].

Charakteristiky zjištěné výztužné oceli jsou uvedeny v tab. 1.

Tabulka 1: Zjištěná výztužná ocel a jejich charakteristiky dle ČSN ISO 73 0038 pro objekty navržené v období po roce 1920–1965

Druh výztuže	Vlastnosti výztužných ocelí [MPa]				Svařitelnost
	Návrhová hodnota pevnosti oceli pro betony pevnostní třídy C12/15 a vyšší		Charakteristická hodnota oceli		
	tah	tlak	mez kluzu 0,2	mez pevnosti	
C	180	180		min. 340	-
R (10 512)	340	340	400	min. 500	dobrá

Výztuž kruhového průřezu s hladkým povrchem byla používána v letech 1920 až 1965 a měla označení C s indexovým značením (např. C_b, C_c, C₃₄, C₃₈), které charakterizovalo její některé mechanické vlastnosti. Nejčastěji používanou výztuží v té době byla ocel C_b. Všechna výše uvedená výztuž s označením C má stejné návrhové hodnoty pevnosti v tahu i tlaku. Výztuž se čtyřlístkovým průřezem s příčnými žebry byla používána v letech 1920 až 1965 a měla označení R (10 512).

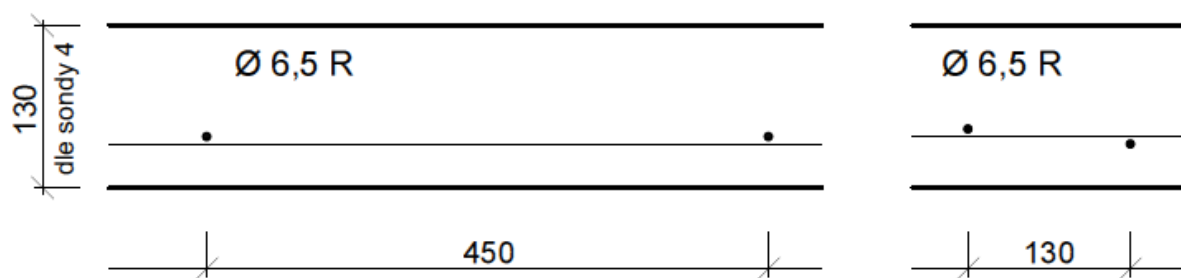
4.1.2. Vyztužení konstrukčních prvků

Pro zjištění způsobu vyztužení byly provedeny do ŽB prvků destruktivní sondy. Rozměry konstrukčních prvků jsou měřeny bez ochranných omítek či předsádkového betonu. V jednotlivých schématech jsou zobrazeny řezy s vyznačením železobetonového prvku a nalezených výztuží. Popis je uveden u jednotlivých schémat. V případě nedestruktivního stanovení výztuže jsou zobrazeny scany z přístroje Hilti PS 1000 a je uveden komentář s roztečí výztuže a tloušťkou krycí vrstvy.

SONDA 1 – ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ DESKA



Foto 5: Destruktivní sonda do ŽB stropní desky, viditelné 2 pruty hlavní výztuže



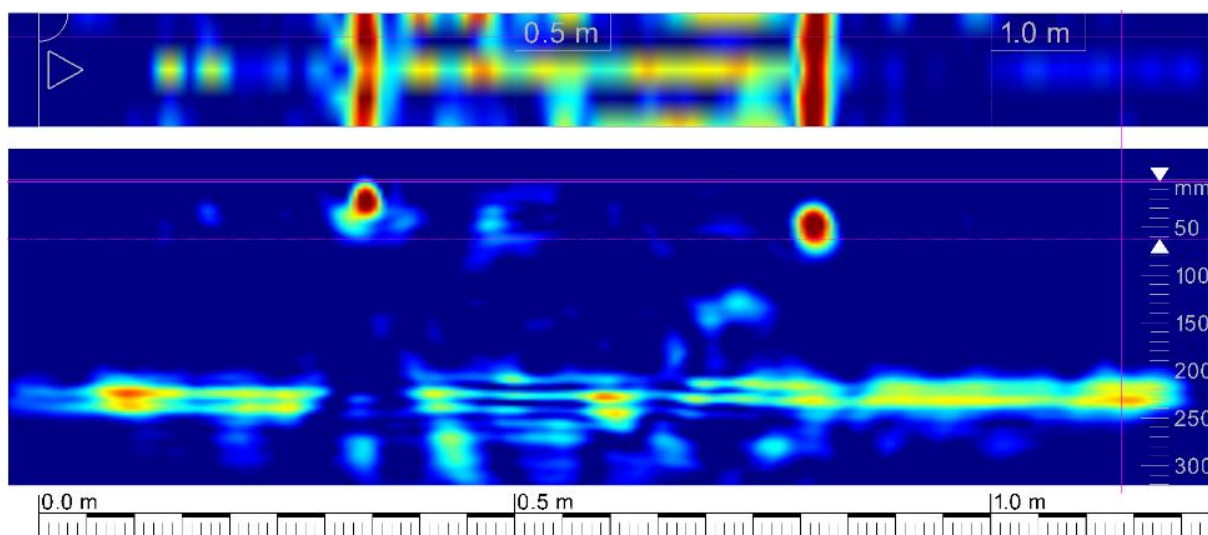
HLAVNÍ NOSNÁ VÝZTUŽ:

- krytí 35-40 mm
- rozteč 130 mm
- R (10 512) Ø 6,5 mm

KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ:

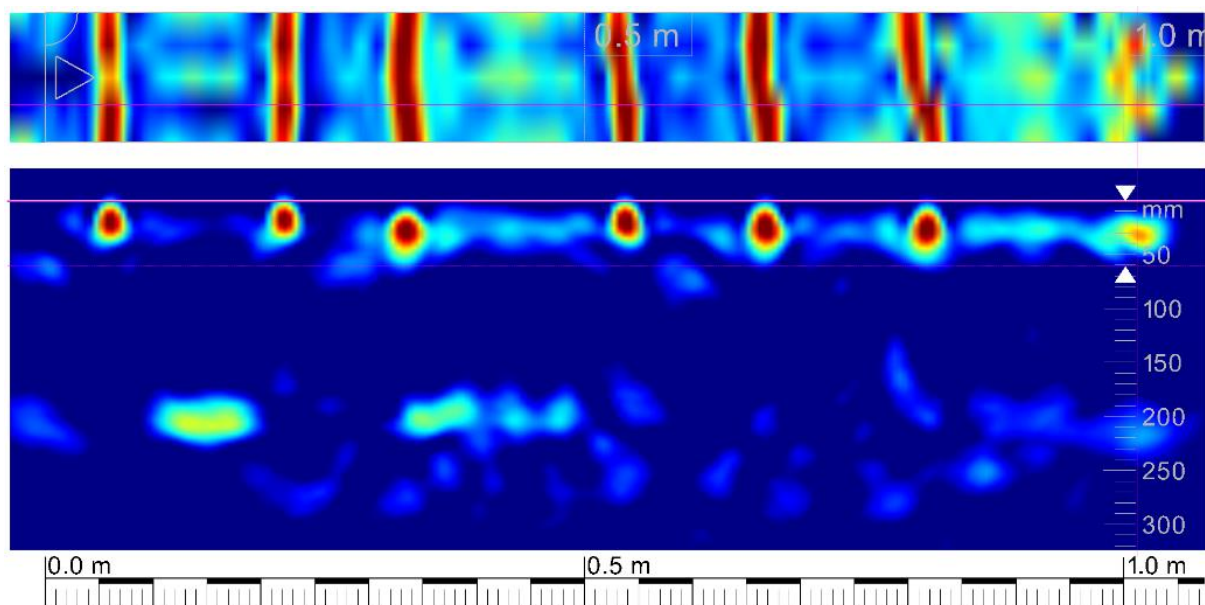
- krytí 38 mm
- R (10 512) Ø 6,5 mm

Obr. 2: Sonda 1 – Stropní deska, výztuž v poli



Obr. 3: Scan 1 – Stropní deska nad 1.NP, konstrukční výztuž

Z prvního scanu stropní desky 1.NP uprostřed rozpětí je patrná konstrukční výztuž v osových vzdálenostech 450 mm. Na základě destruktivní sondy byla určena tloušťka krycí vrstvy 38 mm a typ výztuže R (10 512), Ø 6,5 mm.



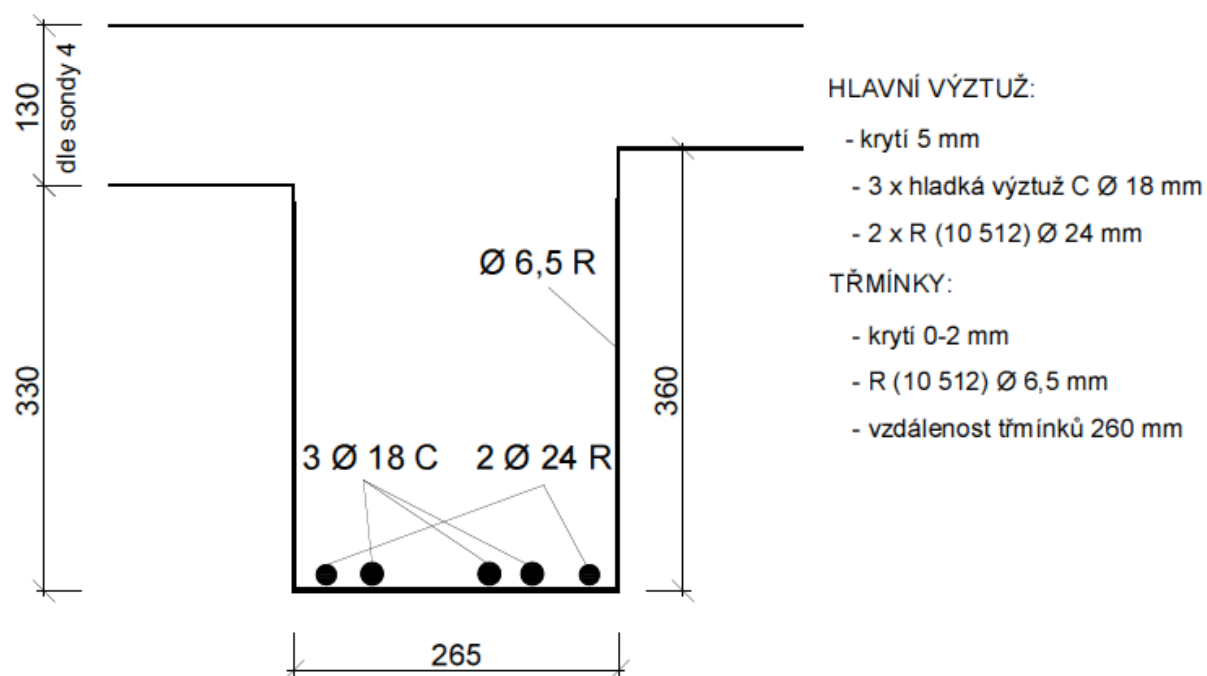
Obr. 4: Scan 2 – Stropní deska nad 1.NP, hlavní nosná výztuž

Z druhého scanu stropní desky 1.NP uprostřed rozpětí je patrná hlavní nosná výztuž pnutá mezi trámy v osových vzdálenostech 100–200 mm. Na základě destruktivní sondy byla určena tloušťka krycí vrstvy 35–40 mm a typ výztuže R (10 512), Ø 6,5 mm.

SONDA 2 – ŽELEZOBETONOVÝ TRÁM



Foto 6: Destruktivní sonda do ŽB trámu, viditelných 5 prutů hlavní výztuže, třmínek, patrná hloubka zkarbonatované vrstvy betonu cca 25-30 mm

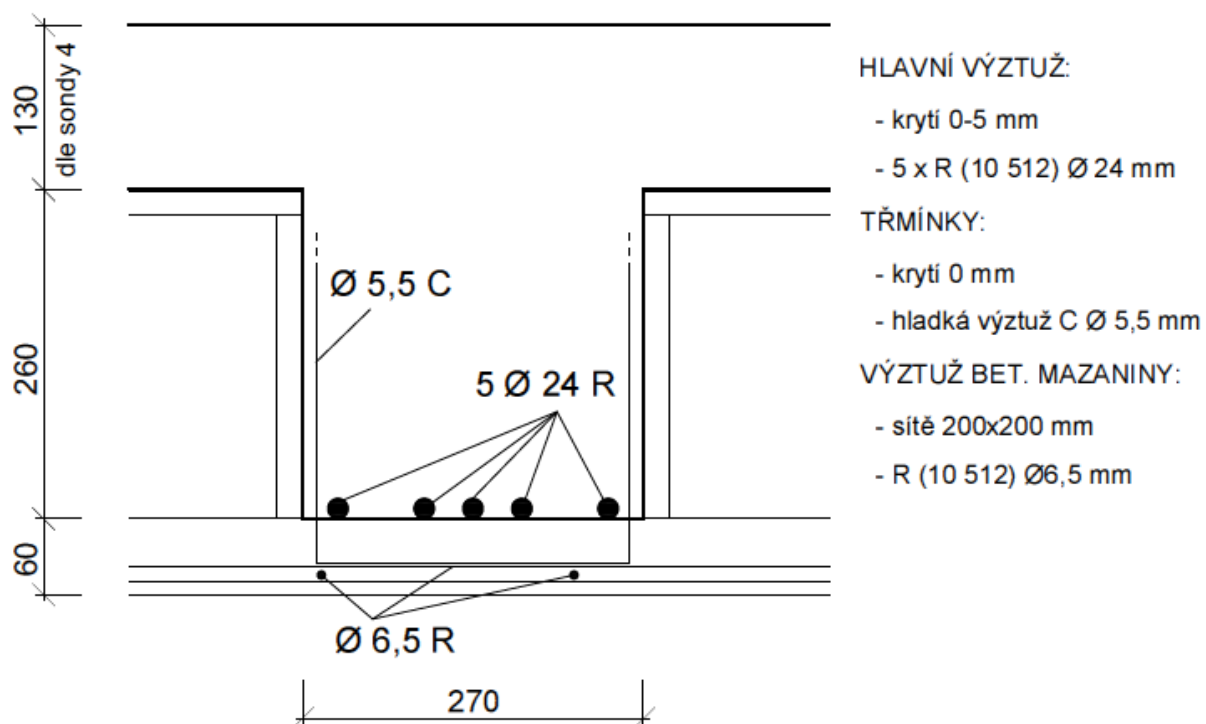


Obr. 5: Sonda 2 – Trám, výztuž uprostřed rozpětí

SONDA 3 – ŽELEZOBETONOVÝ TRÁM



Foto 7: Destrutivní sonda do ŽB trámu, viditelných 5 prutů hlavní výztuže, třmínek, výztužná síť betonové mazaniny, hloubka zkarbonatované vrstvy cca 10-15 mm (trám)

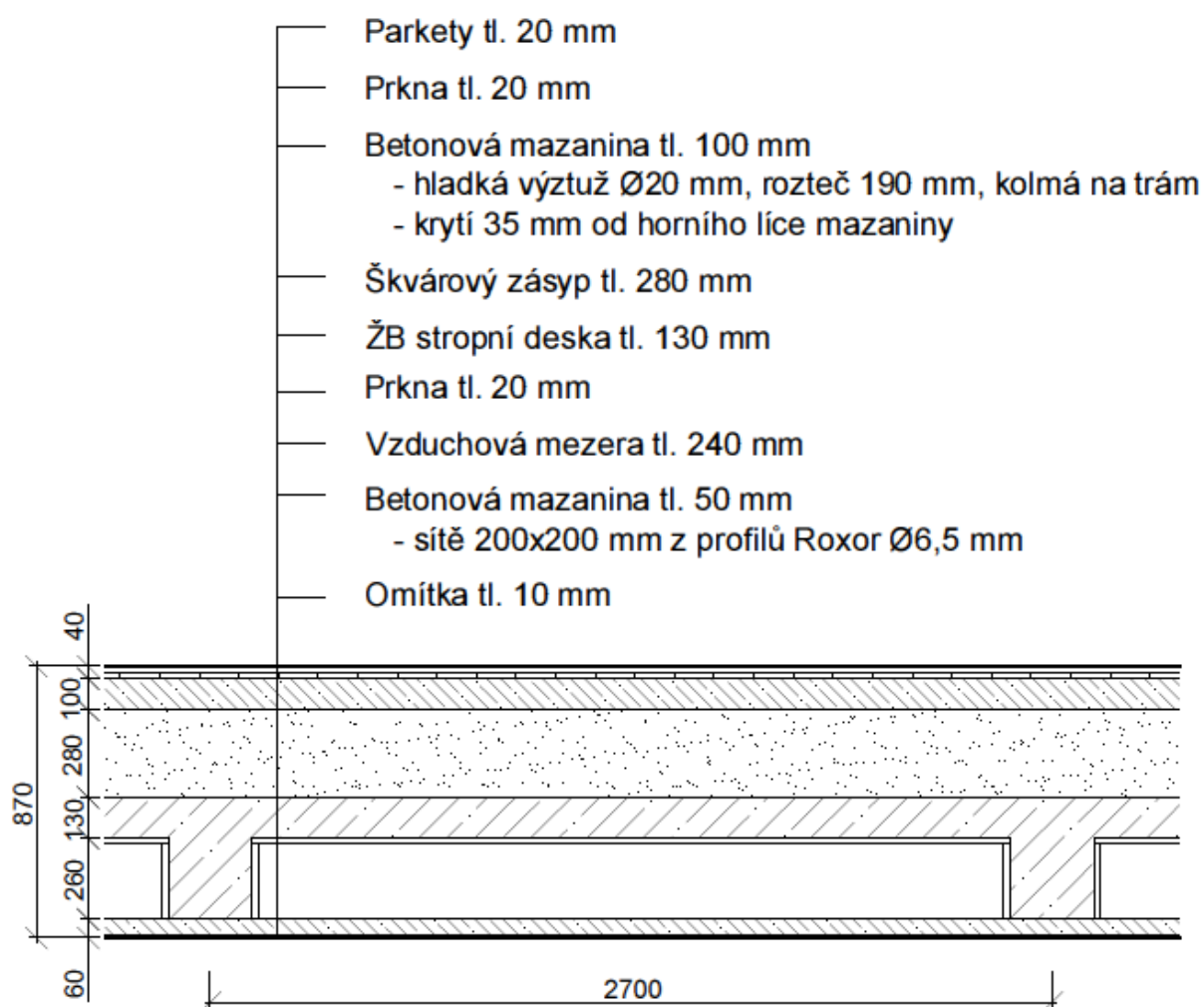


Obr. 6: Sonda 3 – Trám, výztuž uprostřed rozpětí

SONDA 4 – SKLADBA PODLAHY A STROPNÍ KONSTRUKCE



Foto 8: Pohled na skladbu podlahy 2.NP



Obr. 7: Sonda 4 – Skladba stropní konstrukce nad 1.NP

4.1. NEDESTRUKTIVNÍ STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Zk. místo	Konstrukce	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>										Průměr	<i>f</i> _{be} [MPa]	<i>f</i> _{be} α _t α _w [MPa]
BETON TRÁMU A DESKY															
S1	Trám 1.NP	→	46	35	40	33	40	43	34	36	36	38	37	31,6	
S2	Trám 1.NP	→	36	40	38	40	38	38	36	40	39	38	37	31,6	
S3	Trám 1.NP	→	34	33	35	36	39	40	36	36	40	37	35	29,9	
S4	Trám 1.NP	→	40	35	38	40	38	40	40	35	39	38	37	31,6	
S9	Trám 1.NP	→	40	39	40	35	37	38	42	40	38	39	39	33,3	
S10	Trám 1.NP	→	39	41	36	37	38	39	39	38	40	39	39	33,3	
S5	Strop 1.NP	↑	48	45	48	46	47	46	46	50	44	47	47	40,2	
S6	Strop 1.NP	↑	42	43	44	48	45	44	42	48	42	44	41	35,1	
S7	Strop 1.NP	↑	45	47	46	47	46	47	48	47	48	47	47	40,2	
S8	Strop 1.NP	↑	48	42	48	46	44	43	48	46	46	46	45	38,5	
Průměr														34,5	

Výpočet charakteristické pevnosti: $\alpha_w = 0,95$ $\alpha_t = 0,90$

$s_r = 3,59$ MPa $V_x = 0,104$

$m_x = 34,5$ MPa

$k_n = 1,77$

Charakteristická pevnost $f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = \mathbf{28,2}$ MPa

Kritérium shody dle tab. 1, ČSN EN 13791 pro beton pevnostní třídy C 25/30

$f_{ck, is, cube} = 28,2 > 26,0$ MPa = $f_{ck, is, cube}$ (min. ch. pevnost betonu, ČSN EN 13791)

Minimální charakteristická pevnost betonu C 25/30 $f_{ck, is, cube} = 26,0$ MPa.

Minimální charakteristická pevnost zkoušeného betonu $f_{ck, is, cube} = 28,2$ MPa.

Minimální charakteristická pevnost betonu C 30/37 $f_{ck, is, cube} = 31,0$ MPa.

Beton trámu a stropní desky v 1.NP splňuje požadavky pevnostní třídy C 25/30.

Zk. místo	Konstrukce	Směr úderu	Odkok tvrdoměru <i>a</i>									Průměr	f _{be} [MPa]	f _{be} α _t α _w [MPa]
BETON TRÁMU														
S11	Trám 2.NP	→	31	31	31	32	32	34	32	33	29	32	27	23,1
S12	Trám 2.NP	→	32	29	33	34	33	34	33	32	33	33	28	23,9
S13	Trám 2.NP	→	33	31	32	29	33	32	32	30	32	32	27	23,1
Průměr														23,4

Výpočet charakteristické pevnosti: $\alpha_w = 0,95$ $\alpha_t = 0,90$

$$s_r = 0,40 \text{ MPa} \quad V_x = 0,017$$

$$m_x = 23,4 \text{ MPa}$$

$$k_n = 1,89$$

Charakteristická pevnost $f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = \mathbf{22,6 \text{ MPa}}$

Kritérium shody dle tab. 1, ČSN EN 13791 pro beton pevnostní třídy C 20/25

$$f_{ck, is, cube} = 22,6 > 21,0 \text{ MPa} = f_{ck, is, cube} \text{ (min. ch. pevnost betonu, ČSN EN 13791)}$$

Minimální charakteristická pevnost betonu C 20/25 $f_{ck, is, cube} = 21,0 \text{ MPa}$.

Minimální charakteristická pevnost zkoušeného betonu $f_{ck, is, cube} = 22,6 \text{ MPa}$.

Minimální charakteristická pevnost betonu C 25/30 $f_{ck, is, cube} = 26,0 \text{ MPa}$.

Beton trámu v 2.NP splňuje požadavky pevnostní třídy C 20/25.

5. VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA – FOTODOKUMENTACE



Foto 8: Detail zatékání do stropní desky, lokální degradace a koroze materiálu



Foto 9: Detail trhlin ve stropní desce nad 1.NP, stopy po zatékání do konstrukce, lokální degradace a koroze materiálu



Foto 10: Šikmá trhlina ve stěně v 1.NP. Detail zatékání v rohu



Foto 11: Trhliny ve stropní konstrukci nad 2.NP. Patrné stopy po zatékání do konstrukce. Degradace a koroze materiálu.

5. SHRNU TÍ A ZÁVĚRY

Na základě objednávky společnosti SUDOP PRAHA a.s. byl proveden stavebně technický průzkum stropních konstrukcí nad 1.NP objektu výpravní budovy ŽST Praha Smíchov. Průzkumné práce proběhly v měsíci březnu 2017.

Výsledky stavebně technického průzkumu jsou podrobně uvedeny v jednotlivých kapitolách této zprávy takto:

- VÝZTUŽ (podrobně kap. 4.1.)
- VYZTUŽENÍ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ (podrobně kap. 4.1.2.)

Na základě provedených prací lze konstatovat:

- 1) V místě provedených destruktivních sond byla použita hladká výztuž typu C a výztuž se čtyřlístkovým průřezem s příčnými žebry typu R (10 512). Identifikace výztuže byla provedena vizuálně dle charakteru povrchu výztuže a stáří stavby. Výztuž se nachází ve zkarbonatované vrstvě betonu a došlo ke ztrátě betonu. Z provedených sond je patrná koroze hlavní výztuže nosných prvků. Charakteristiky použité oceli jsou uvedeny v následující tabulce:

Druh výztuže	Vlastnosti výztužných ocelí [MPa]				Svařitelnost
	Návrhová hodnota pevnosti oceli pro betony pevnostní třídy C12/15 a vyšší		Charakteristická hodnota oceli		
	tah	tlak	mez kluzu 0,2	mez pevnosti	
C	180	180		min. 340	-
R (10 512)	340	340	400	min. 500	dobrá

- 2) Vyztužení prvků je patrné z jednotlivých destruktivních a nedestruktivních sond
- 3) Beton diagnostikovaných stropních konstrukcí nad 1.NP lze dle výsledků nedestruktivních zkoušek zařadit do pevnostní třídy C 25/30, beton diagnostikovaných stropních konstrukcí v 2.NP lze dle výsledků nedestruktivních zkoušek zařadit do pevnostní třídy C 20/25. S ohledem na stanovení výsledků pouze na základě nedestruktivní metody a značnou tloušťku zkarbonatované vrstvy betonu doporučujeme uvažovat pro statické výpočty pevnostní třídu betonu C 20/25 pro trám a stropní desku nad 1.NP a C 16/20 pro trám nad 2.NP.

- 4) Z vizuální prohlídky jsou patrné lokální poruchy nosných konstrukcí (trhliny), zejména ve stropních deskách a stěnách v 1.NP. Vlivem zatékání do konstrukce dochází k lokální degradaci a korozi materiálu. K zatékání do konstrukce dochází i v 2.NP.
- 5) Z hlediska zjištěného korozního stavu výztuže a nalezených poruch lze konstatovat, že objekt je v poměrně špatném stavebně technickém stavu. Oproti předpokládanému skeletovému nosnému systému byl v části diagnostikované konstrukce identifikován zděný nosný systém s železobetonovými stropy. Špatný stavebně technický stav objektu je patrně způsoben špatnou údržbou.

Závěry uvedené v této zprávě vycházejí ze současného stavu poznání konstrukce a byly formulovány na základě výsledků průzkumných prací prováděných v určitých oblastech.

Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které byly nad rámec provedených prací nebo byly dodatečně zjištěny mimo místa provedených zkoušek.