



ZPRÁVA O PROVEDENÍ STAVEBNĚ TECHNICKÉHO PRŮZKUMU OBJEKTU PRÁVNICKÉ FAKULTY MU NA ULICI VEVEŘÍ 70 V BRNĚ



Brno, květen 2018

Vstupní údaje:

Zhotovitel : Průzkumy staveb, s.r.o.
Lískey 1000/44
624 00 BRNO

Řešitelé : Ing. Dušan Šponer, autorizovaný inženýr
Ing. Bronislav Šlapanský
Ing. Lukáš Ravčuk
Ing. Michaela Stuchlíková
Antonín Vebr

Kooperace : Ing. Jiří Habarta, CSc.
Pellicova 5d
602 00 Brno

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební, ÚTHD
Veveří 95
602 00 BRNO

Objednatel : Projekční architektonická kancelář spol. s r.o.
ing. arch. V. Steinhauserová
Gorkého 61/11
602 00 BRNO

Obsah:

strana

1.0	Úvod	4
2.0	Podklady	4
3.0	Stručný popis objektu	4
4.0	Pevnost betonu	5
5.0	Zjištění tvaru a výztuže ŽB prvků	6
6.0	Chemický rozbor betonu	12
7.0	Zjištěné skutečnosti, vady a poruchy stavebních konstrukcí	13
8.0	Závěr	14
	Příloha č.1 - Fotodokumentace	15
	Příloha č.2 - Vyhodnocení zkoušek pevnosti betonu	21
	Příloha č.3 - Zkoušky vlastností vývrtů z betonu	
	Příloha č.4 - Chemický rozbor betonu	
	Příloha č.5 - Usnesení vlády z roku 1985	

Výkresová dokumentace

1.0 Úvod

Na základě požadavku objednatele byl proveden stavebně technický průzkum části budovy Právnické fakulty Masarykovy univerzity v Brně, konkrétně její východní části, z důvodu zjištění kvality a stavu vybraných konstrukcí před uvažovanou rekonstrukcí budovy.

V rámci STP bylo provedeno zjištění konstrukčního systému budovy, pevnosti betonu v tlaku ŽB stropních konstrukcí, tvaru a vyztužení typických nosných ŽB prvků, byl proveden chemický rozbor betonu se zaměřením na přítomnost hlinitanových cementů. Dále byla provedena fotodokumentace zkoumaných konstrukcí a popis zjištěných vad a poruch.

2.0 Podklady

- [1] nabídky prací ze dne 15.04.2018 a 17.05.2018
- [2] ústní objednávka prací ze dne 17.04.2018 a 07.05.2018
- [3] zaměření stávajícího stavu, poskytl objednatel
- [4] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- [5] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- [6] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích
- [7] Zpráva č.2018*0505, Zkoušky vlastností vývrtu z betonu, Právnická fakulta MU, Veveří 70, Brno, zpracovatel Ing. Jiří Habarta, CSc., Pellicova 5d, 602 00 Brno, květen 2018
- [8] Protokol č. 18/05/2554, Stanovení druhu cementu v dodaném vzorku betonu, zpracovatel VUT FAST Brno, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, květen 2018
- [9] místní šetření konaná v květnu 2018

3.0 Stručný popis objektu

Samostatně stojící budova Právnické fakulty byla navržena architektem Aloisem Dryákem a byla postavena v letech 1928 - 1933, viz foto č.0 na titulním listě. V roce 1958 byl objekt vyhlášen kulturní nemovitou památkou. V průběhu své existence budova prošla řadou výrazných rekonstrukcí, pravděpodobně ale s minimem zásahů do nosných konstrukcí.

Jedná se o pěti až šestipodlažní objekt obdélníkového půdorysného tvaru s vnitřním uzavřeným nádvořím, kde je provedena vestavba podsklepené auly.

Ze statického hlediska se jedná o zděnou stavbu s ŽB monolitickými stropními konstrukcemi. Jednotlivá křídla mají většinou podélný nosný systém (výjimečně doplněný i o ztužující či schodišťové příčné trakty), většinou se jedná o dvojtrakt nebo trojtrakt.

Svislé nosné konstrukce jsou většinou z cihelného zdiva (cihly plně pálené).

Vodorovné nosné konstrukce jsou většinou provedeny z monolitických železobetonových žebrových stropů.

Žebrové stropy nad 1.PP jsou v částech výškově „odskákané“ a vytváří tak stupně posluchárný v 1.NP. Podhledy jsou z prken a rákosové omítky, pod kterými byly ještě novodoběji provedeny podhledy z lehkých čtvercových šablon.

Žebrové stropy jsou nad 1.NP zkoumaného křídla většinou bez původních podhledů, novodoběji zde byly provedeny zavěšené podhledy z kazetových hliníkových perforovaných čtverců. Strop je zde v části zdvojený, jeho horní část (mezistrop) je stupňovitá a vynáší šikmou část posluchárný.

Nad posluchárnami v 2.NP jsou za podhledy ze čtvercových plechových šablon skryty světlíky, jejichž nosná konstrukce je provedena z ŽB monolitických příhradových vazníků. Jejich horní příruba vynáší střešní plášť a ocelovou konstrukci horní části světlíku, dolní příruba pak vynáší prosklení či ŽB podhledové desky s dodatečně provedeným zateplením z horního líce. Všechny ŽB konstrukce jsou zde monolitické, takže v podstatě vytváří mohutnou prostorovou konstrukci. Blíže viz foto č.25, 26, 33 - 35.

Ostatní konstrukce ve zkoumané východní části objektu nebyly předmětem tohoto průzkumu, a proto nejsou popisovány.

4.0 Pevnost betonu

V rámci tohoto STP byla u ŽB monolitických stropů zjišťována pevnost betonu v tlaku. Byly provedeny nedestruktivní zkoušky pevností betonu ŽB žeber (dále značeno Z), desek (D), střešních vazníků (V) a ztužidel (ZT) Schmidtovým tvrdoměrem typu NR na celkem 54 zkušebních místech, jejich rozmístění viz výkresová dokumentace. Záznamy o zkouškách provedených v rámci tohoto průzkumu byly vyhodnoceny podle obecného kalibračního vztahu z ČSN 73 1373. Vyhodnocení zkoušek Schmidtovým tvrdoměrem je uloženo u zpracovatele této zprávy. Výsledkem jsou hodnoty pevností f_R , souhrnně uvedené v příloze č.2, tabulka č.3.

Na prvcích byla vybrána celkem 4 místa pro odběr vzorků, jádrových vývrtů jmenovitého průměru 75 mm označených N1 - N4, které sloužily jako zkušební tělesa pro destruktivní zkoušky. Výsledky destruktivních zkoušek byly využity ke stanovení součinitele upřesnění nedestruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku zkoumaných nosných ŽB konstrukcí.

Vývrtly byly předány Ing. Jiřímu Habartovi, CSc., který zjistil jejich rozměry, hmotnost, stanovil objemovou hmotnost, provedl pevnostní zkoušku v lise, ultrazvukové měření, vyhodnotil dynamický modul pružnosti, sledoval karbonataci betonu vzorků atd., blíže viz příloha č.3 této zprávy.

Hodnoty pevností f_R byly upraveny součiniteli $\alpha_t = 0,90$ (stáří betonu) a $\alpha_w = 1,00$ (beton přirozeně vlhký a vlhký) se započtením součinitele upřesnění $\alpha = 0,561$; blíže viz tabulka č.2 v příloze č.2 a bylo provedeno vyhodnocení upřesněných hodnot nedestruktivních zkoušek pevností betonu. V části stropní konstrukce nad 1.NP byly zjištěny betony s obsahem hlinitanového cementu. Zde byl z důvodu odlišného složení betonové směsi a podstatně nižší pevnosti betonu v tlaku použit součinitel upřesnění $\alpha = 0,400$, který byl stanoven odborným odhadem na základě našich dlouhodobých zkušeností. Vývrtly z této konstrukce nebyly prováděny z důvodu komplikovaného přístupu k těmto stropům.

Z vyhodnocení byla vyloučena některé zkušební místa, která se výrazně odlišovala od většiny zjištěných pevností v daném souboru hodnot. Jedná se o místa 40ZT a 47ZT (ztužidla ve střeše), blíže viz příloha č.2, tab. č.3, zde jsou tato místa podbarvena modrou barvou.

Jednotlivá zkušební místa byla rozdělena do tří skupin. První skupina jsou vodorovné nosné konstrukce nad 1.PP (1Z - 8Z) a železobetonová žebra a desky pod šikmou částí poslucháren v 2.NP (13Z - 36Z). Druhá skupina jsou stropní konstrukce nad 1.NP, zde byla provedena pouze 4 zkušební místa (9Z - 12Z) z důvodu obtížné přístupnosti, ale na dalších dvou místech byla zjištěna podobná kvalita betonu při odběru vzorků na zjištění přítomnosti hlinitanového cementu v konstrukci. Třetí skupinou jsou střešní monolitické příhradové vazníky a ztužidla v rovině střechy (37V - 54ZT).

Hodnoty pevností zkoumaného betonu v tlaku f_c byly statisticky vyhodnoceny podle ČSN ISO 13822 zvlášť pro stropy nad 1.PP a pod stupni posluchárny, zvlášť pak pro strop nad 1.NP a nad 2.NP (střecha), přičemž metodika vyhodnocení je následující:

$$f_{ck} = f_{m,(n)} - S_f * k_n$$

n - počet hodnot pevností

$f_{m,(n)}$ - průměrná hodnota pevnosti

- s_f - výběrová směrodatná odchylka
 k_n - koeficient podle počtu měření
 f_{ck} - charakteristická krychelná pevnost betonu v tlaku

Tabulka č.1 - Statistické vyhodnocení zkoušek pevností betonu v tlaku

Právnická fakulta Masarykovy univerzity	Stropní konstrukce (mimo 9Z - 12Z)	Stropní konstrukce nad 1.NP	Střešní vazníky (mimo 40ZT,47ZT)
n	32	4	16
$f_{m,(n)}$ [N/mm ²]	22,73	9,33	26,42
s_f [N/mm ²]	4,35	1,10	4,73
k_n	1,72	2,63	1,82
f_{ck} [N/mm ²]	15,25	6,43	17,80
pevnostní třída dle ČSN EN 13791	C 12/15	-	C 16/20

Na základě zjištěné hodnoty charakteristické krychelné pevnosti betonu v tlaku $f_{ck} = 15,25$ N/mm² a tabulky 1 ČSN EN 13791, lze betonu zkoumaných ŽB stropních konstrukcí hodnocených jako jeden celek přiřadit pevnostní třídu **C 12/15**, blíže viz tabulka č.1, první sloupec.

Na základě zjištěné hodnoty charakteristické krychelné pevnosti betonu v tlaku $f_{ck} = 6,43$ N/mm² a tabulky 1 ČSN EN 13791, **nelze betonu zkoumaných ŽB stropních konstrukcí nad 1.NP provedených ze směsi s použitím hlinitanových cementů přiřadit ani nejnižší uvedenou pevnostní třídu**, blíže viz tabulka č.1, druhý sloupec !!!

Na základě zjištěné hodnoty charakteristické krychelné pevnosti betonu v tlaku $f_{ck} = 17,80$ N/mm² a tabulky 1 ČSN EN 13791, lze betonu zkoumaných ŽB příhradových vazníků a ztužidel hodnocených jako jeden celek přiřadit pevnostní třídu **C 16/20**, blíže viz tabulka č.1, třetí sloupec. Z vyhodnocení byla vyloučena dvě zkušební místa provedená na střešních ztužidlech (40ZT a 47ZT), která se výrazně lišila od většiny zjištěných výsledků.

Zjištěné objemové hmotnosti jednotlivých vzorků betonu byly v rozmezí 2059 - 2174 kg/m³, průměrná hodnota je 2118 kg/m³, blíže viz příloha č.3.

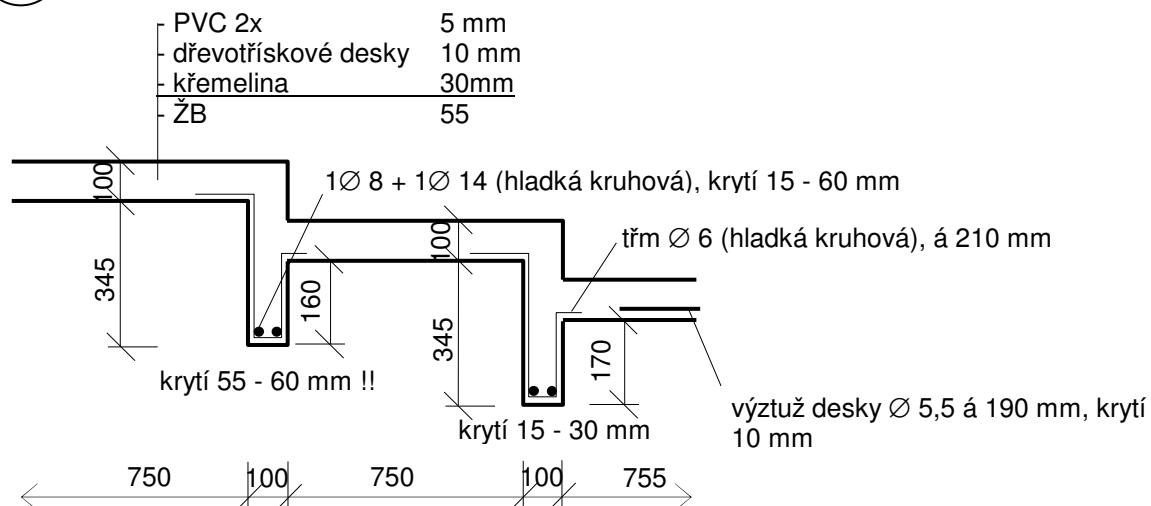
Na vzorcích bylo dále provedeno ultrazvukové měření - z objemových hmotností a rychlostí ultrazvuku byly vyhodnoceny dynamické moduly pružnosti betonu vzorků, které mají hodnoty 16000 - 24700 N/mm², průměrný modul pružnosti je 20800 N/mm², blíže viz příloha č.3.

Karbonatace betonu vývrtů byla sledována informativním fenoltaleinovým testem na betonu vzorků po rozdrcení. Bylo zjištěno, že beton vývrtů byl u vývrtu N1 zkarbonatovaný do hloubky 10 mm, u vzorku N2 byl zkarbonatovaný v celém objemu u zbývajících vzorků N3 a N4 byla karbonatace již jen do hloubky 0 - 5 mm, blíže viz příloha č.3.

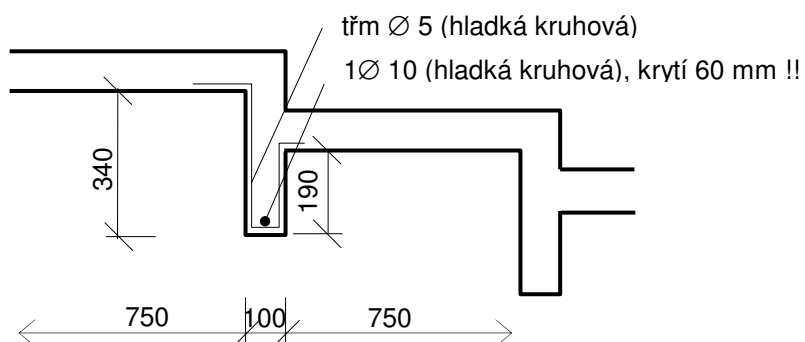
5.0 Zjištění tvaru a výztuže ŽB prvků

Na vybraných místech byl zjišťován tvar svislých a vodorovných nosných ŽB prvků (stropních žeber, desek, jednotlivých prvků příhradových vazníků a střešních ztužidel), druh a množství použité výztuže magnetickým hledačem Profometr a Hilti a následným osekáním krycí vrstvy betonu, foto č.1- 36. Umístění sond viz výkresová dokumentace.

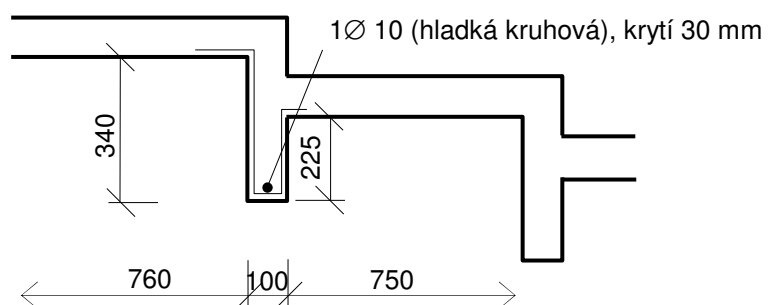
A1 Strop nad 1.PP, foto č.1 - 6



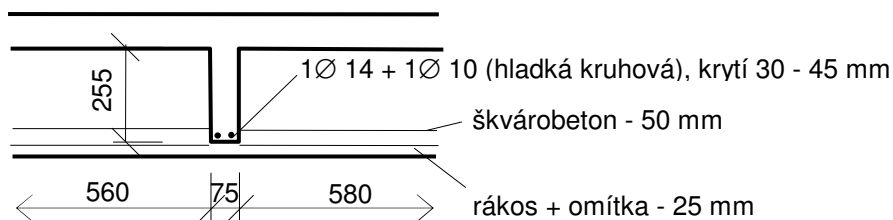
A2 Strop nad 1.PP, foto č.7 - 11



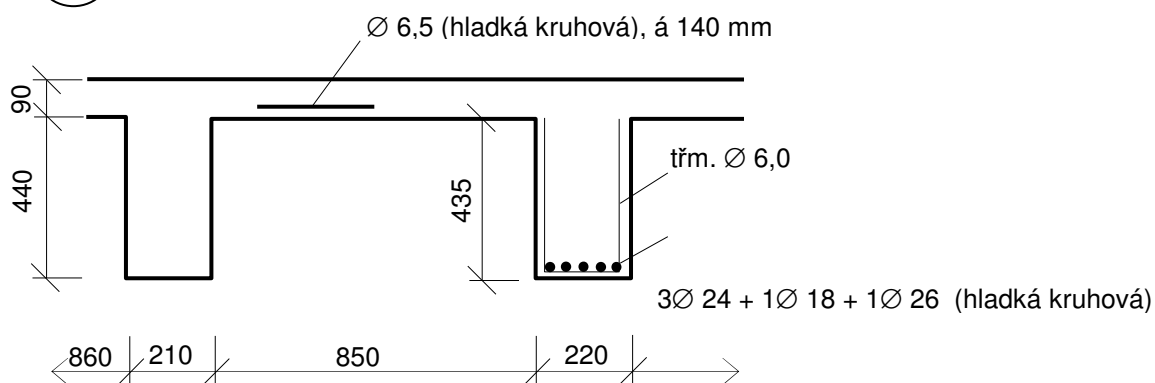
A3 Strop nad 1.PP, foto č.7 - 11



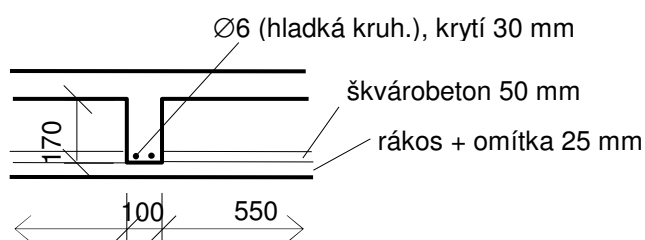
A4 Strop nad 1.PP, foto č.12 - 15



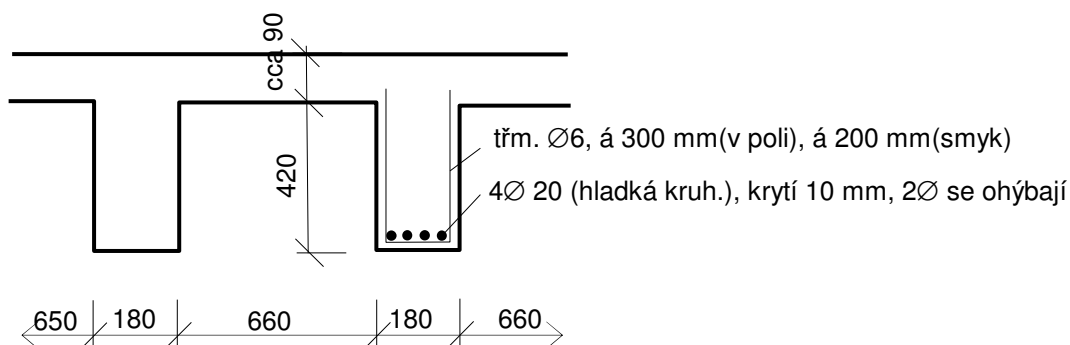
A5 Deska mezi žebry, foto č. 16 - 21



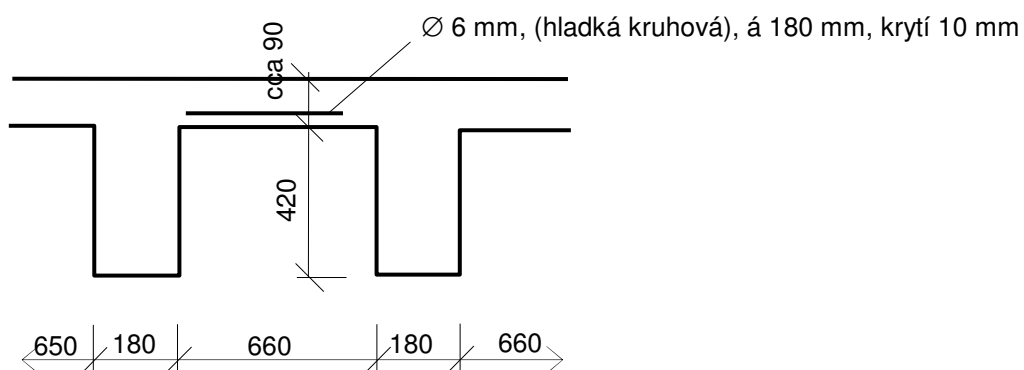
A6 Žebra



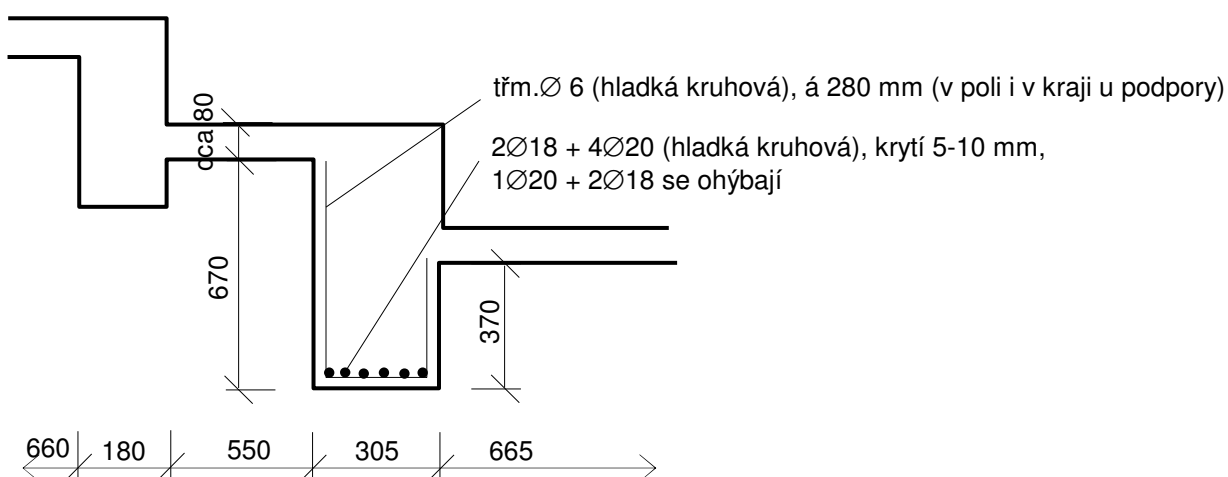
A7 Žebra, foto č. 22 - 24



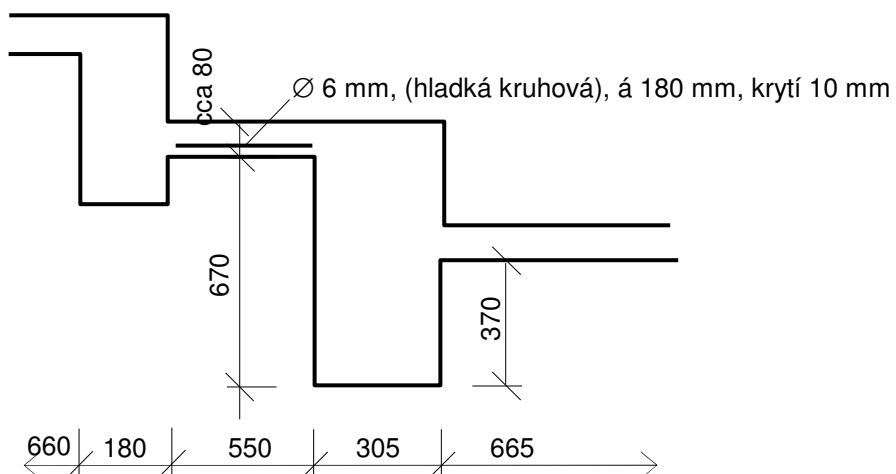
A8) Deska mezi žebry, foto č. 22 - 24



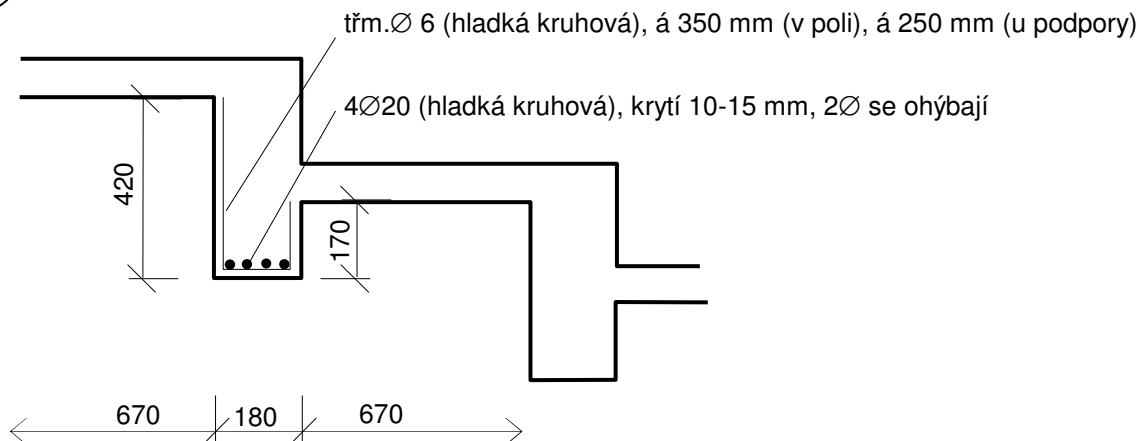
A9) Žebra. foto č. 22 - 24



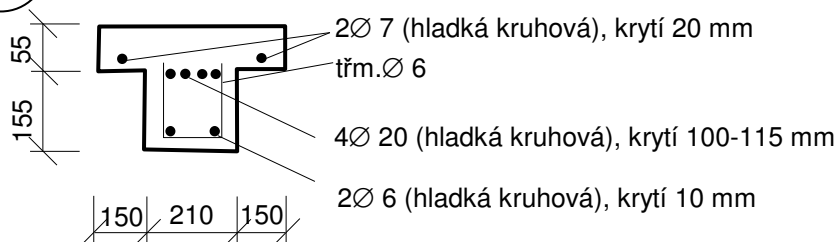
(A10) Deska mezi žebry, foto č. 22 - 24



A11 Žebra, foto č. 22 - 24

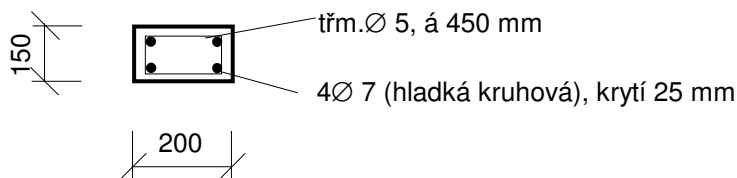


A12 Dolní pásnice, foto č. 25 - 28

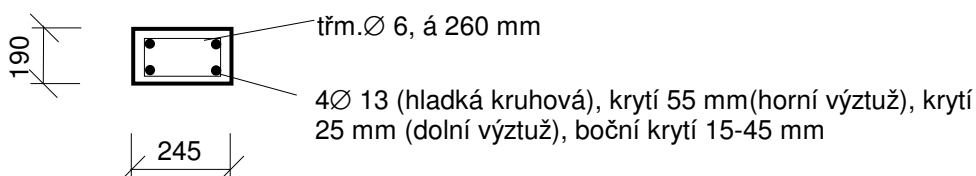


POZNÁMKA: ztužidlo podélné dolní – tvar zespodu DTTO

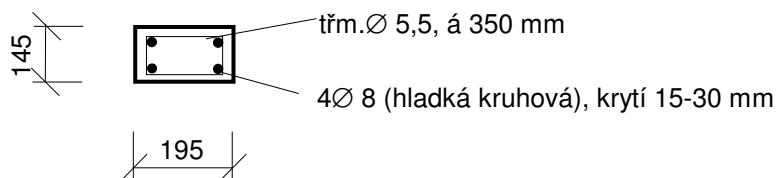
A13 Středový sloupek, foto č. 25, 29



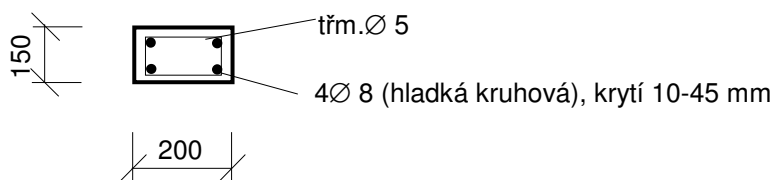
A14 Horní pás střední foto č. 25, 30



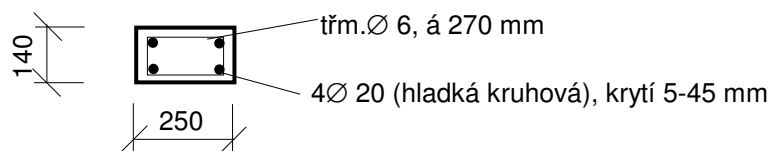
A15 Diagonála vnitřní foto č. 25-36



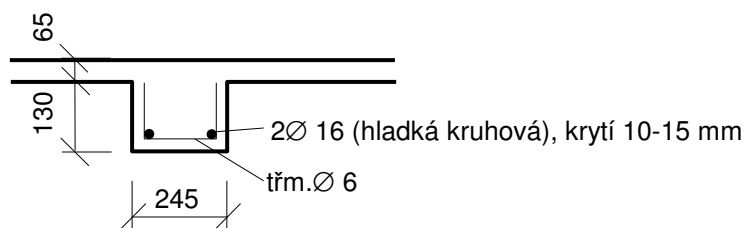
A16 Sloup krajní, foto č. 25, 34



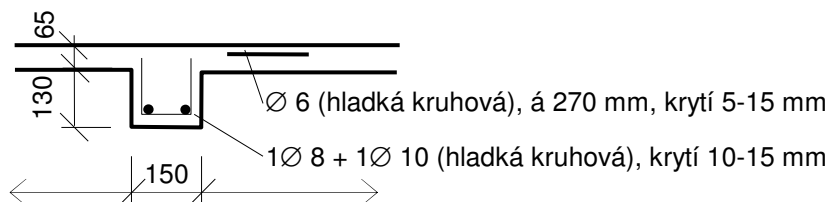
A17 Diagonála krajní, foto č. 25-36



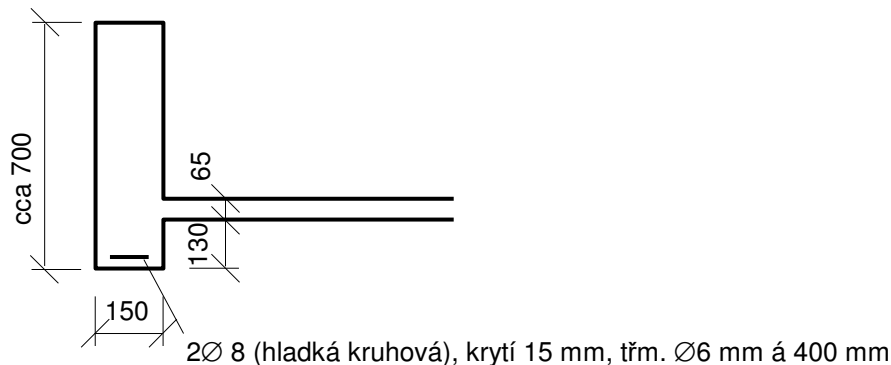
A18 Horní pás krajní, foto č. 35



A19 Trámový strop, foto č. 33 - 36



A20 Ztužidlo vynášející světlík, foto č. 25



6.0 Chemický rozbor betonu

Vzhledem ke zjištěným velice nízkým pevnostem betonu i jeho nezvyklému zabarvení u stropní konstrukce nad oběma posluchárnami v 1.NP byl u jednoho vzorku odebraného z této konstrukce proveden chemický rozbor betonové směsi se zaměřením na to, zda nebyl při výrobě betonu použit hlinitanový cement [8].

Vzorky byly u těchto stropů odebrány ještě na více místech odlomením betonové krycí vrstvy výztuže, ale u nich bylo provedeno jen vizuální zhodnocení, s konstatováním, že se jedná o totožnou betonovou směs (dle typického zbarvení, struktury, použitého kameniva atd.). Umístění sond viz výkresová dokumentace. Při odběru vzorků bylo zjištěno, že použité říční kamenivo nemá dobrou soudržnost s cementovým tmelem, snadno se z betonu odlupuje. Totéž platí i o výztuži, kdy se betonová krycí vrstva velice snadno odděluje od výztužných tyčí a vzájemně nespolutupůsobí, viz foto č.20, 21.

Rozborem bylo skutečně potvrzeno, že betonová směs zkoumaných stropů nad 1.NP byla vyrobena s použitím hlinitanového cementu, blíže viz příloha č.4 této zprávy !!!

Zjištěný rozsah použití betonů s hlinitanovým cementem ve stropních konstrukcích je vyznačen ve výkresové dokumentaci.

Objekt by postaven v letech 1928 - 1933, kdy byly všeobecně známy kladné vlastnosti hlinitanového cementu, jeho negativní vlastnosti však nikoliv. Od roku 1985 je v odborné literatuře uváděna nestabilita betonů provedených z hlinitanového cementu. V témže roce vyšlo i nařízení vlády k příčinám havárie části haly v Uherském Hradišti, ve kterém se mimo jiné píše i o tom, jaká opatření je nutno učinit, aby bylo zabráněno škodám na objektech a životech, blíže viz příloha č.5. Používání hlinitanového cementu bylo technickou normou ČSN 73 2400 - Provádění a kontrola betonových konstrukcí výslovně zakázáno až v roce 1986 (čl.4.2.1).

Dnes se hlinitanový cement nesmí používat pro nosné konstrukce, protože se zjistilo, že konstrukce z hlinitanového cementu vlivem vlhkosti nebo různých teplot ztrácejí pevnost a rozpadají se. Hlinitanový cement tedy způsobuje postupnou masivní degradaci betonu, a tím ztrátu její spolehlivosti až k úplné ztrátě stability a následně havárii konstrukcí !

7.0 Zjištěné skutečnosti, vady a poruchy stavebních konstrukcí

V objektu byla v rámci STP provedena i vizuální prohlídka viditelných dostupných ŽB konstrukcí, která měla za cíl popsat viditelné vady a poruchy stavebních konstrukcí a skutečnosti podstatné pro projekční práce plánované rekonstrukce a statický přepočet. Prohlídkou bylo zjištěno následující:

- V sondě A1 je u ŽB žebrových stropů nad 1.PP poměrně velký průhyb, tento však mohl vzniknout již při výstavbě objektu, foto č.1 - 3. U ŽB žeber nebyla nad vnitřními podporami zjištěna při horním líci žádná výztuž, případně byla značně „utopená“, pravděpodobně se tak jedná o prosté nosníky uložené na cihelné zdivo, nebyl zjištěn ani betonový věnec, foto č.4, V žebrech nebyly zjištěny žádné výrazné staticky závažné trhliny.
- V sondách A2 a A3 jsou u ŽB žeber nad chodbou 1.PP tzv. „utopené“ výztuže, jejich spodní krytí je až 60 mm, čímž se výrazně snižuje únosnost žeber, foto č.10, 11. U ŽB žeber nebyla, stejně jako u sondy A1, nad vnitřními podporami zjištěna při horním líci žádná výztuž, případně byla značně „utopená“, pravděpodobně se tak jedná o prosté nosníky uložené na cihelné zdivo, nebyl zjištěn ani betonový věnec, foto č.9. V žebrech nebyly zjištěny žádné výrazné staticky závažné trhliny.
- U sondy A4 je situace obdobná jako u sondy A1. Je zde však povrchově zkorodovaná výztuž, foto č.15. Krycí betonové vrstvy však zatím neodpadávají. V žebrech nebyly zjištěny žádné výrazné staticky závažné trhliny.
- **V sondě A5 provedené do stropu nad 1.NP byly zjištěny betony provedené z hlinitanových cementů (typická světle hnědá barva a příloha č.4) !!! Beton vykazuje velice nízké pevnosti ($f_{ck} = 6,43 \text{ N/mm}^2$), je porézní, cementový tmel nemá soudržnost ani s kamenivem ani s výztuží, na ŽB deskách mezi žebry jsou podélné trhliny svědčící o přetížení konstrukce, foto č.16 - 21 !!! Tyto betony byly zjištěny nad oběma posluchárnami v 1.NP ! Stupně posluchárny v 2.NP, které jsou nad těmito stropy, jsou sice již z betonu normálního, pravděpodobně s použitím portlandského cementu, ale je velice pravděpodobné, že tyto dvě konstrukce mohou vzájemně spolupůsobit !!! Stav těchto stropních konstrukcí je nutno označit jako HAVARIJNÍ STAV !!!**
- **Z tohoto betonu jsou provedeny i meziokenní vodorovné římsy v posluchárně 2.NP !**
- U stupňových stropních konstrukcí v místě sond A7 - A11 nebyla u ŽB žeber nad vnitřními podporami zjištěna při horním líci žádná výztuž, případně byla značně „utopená“ a nefunkční nebo jen částečně funkční. To se projevuje výraznějšími trhlínami v okolí uložení této konstrukce na vnitřní zdivo, a to jak u desek, tak i u žeber, foto č.22 - 24.
- U stropů nad 2.NP nebyly zjištěny žádné závažné statické vady ani poruchy. Pouze místy jsou ŽB stropní konstrukce zatečené, ale výraznější koroze výztuže zjištěna nebyla, foto č.35. Po opravě střešního pláště a světlíků již do objektu nezatéká.

8.0 Závěr

Poznatky zjištěné tímto STP budou sloužit jako jeden z podkladů pro statické posouzení stávajícího stavu stropních konstrukcí a také pro případný návrh zesílení nosných konstrukcí pro jejich budoucí využití.

Stropní konstrukce nad 1.NP provedené z betonu s obsahem hlinitanových cementů bude nutno odstranit a provést nově, případně je celoplošně podchytit !!!

Vzhledem k tomu, že v minulosti již došlo k vážným haváriím stavebních konstrukcí s použitím hlinitanového cementu v betonových směsích (blíže viz příloha č.5), bude nutné okamžitě uzavřít všechny 4 zkoumané posluchárny v 1.NP a 2.NP, protože se nedá přesně určit postup degradace betonu (masivní pokles pevnostních charakteristik) a vznik havárie !!! Pokud by k havárii došlo, padající stropy z poměrně velké výšky by mohly prorazit či „strhnout“ i stropy nad 1.PP, kde je zázemí a kuchyně provozu menzy !!! Proto i tyto prostory 1.PP bude nutno uzavřít a nadále nepoužívat !!!

Odstraněny musí být také meziokenní vodorovné římsy v posluchárnách 2.NP.

Bude nutné provedení kontroly všech vodorovných i svislých nosných konstrukcí v celém objektu se zaměřením na zjištění přítomnosti hlinitanového cementu v ŽB konstrukcích ! Při kontrole bychom doporučovali postupovat tak, že se u všech monolitických ŽB konstrukcí provedou orientační nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu (Schmidtovým tvrdoměrem či odběrem vzorků a zkouškou v lise) a vizuálně se zkontroluje barva a struktura betonu. V místech podezření na použití hlinitanového cementu bude provedena laboratorní analýza, která jeho přítomnost potvrdí či vyvrátí.

V Brně dne 28.05.2018



Příloha č.1 - Fotodokumentace

1.



2.



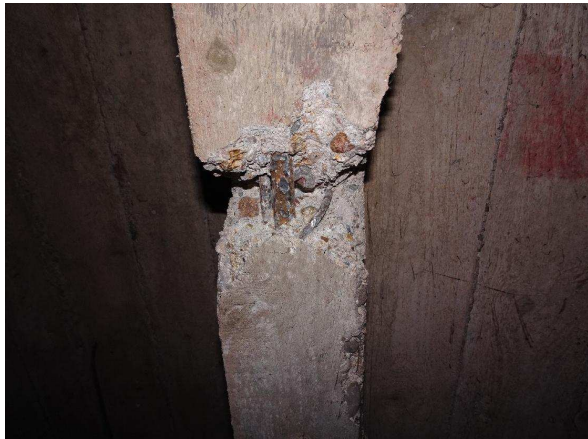
3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.



14.



15.



16.



17.



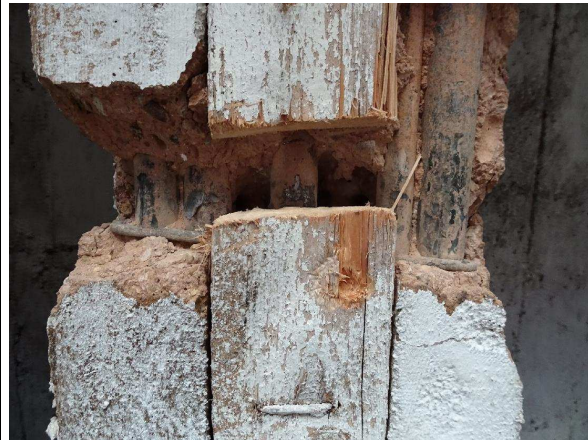
18.



19.



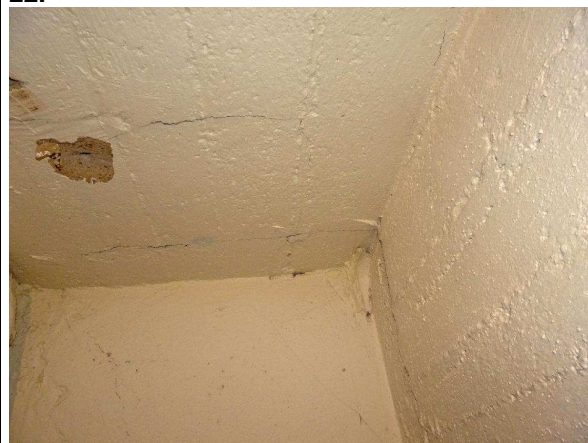
20.



21.



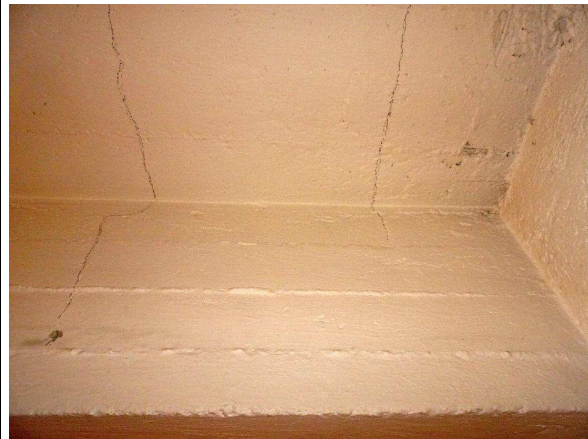
22.



23.



24.



25.



26.



27.



28.



29.



30.



31.



32.



33.



34.



35.



36.



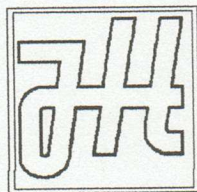
Příloha č.2 - Vyhodnocení zkoušek pevnosti betonu

Tabulka č.2 - Stanovení součinitele upřesnění pevností betonu stropních konstrukcí

Podlaží	Zkušební místo	Označení vývrtu	Pevnost f_R [N/mm ²]	Pevnost $f_R \cdot \alpha_t \cdot \alpha_w$ [N/mm ²]	Pevnost f_c [N/mm ²]	Součinitel upřesnění α	
						jednotlivě	celkově
1.NP mezipatro	13Z	N1	38,7	34,8	10,7	0,307	0,561
	26Z	N2	33,0	29,7	17,4	0,586	
	29Z	N3	28,2	25,4	22,1	0,870	
	33Z	N4	47,4	42,6	24,1	0,565	

Tabulka č.3 - Upřesněné hodnoty pevností betonu v tlaku (modře podbarvené byly vyřazeny)

Zkušební místo			Pevnost betonu		
			f_R	$f_R \cdot \alpha_t \cdot \alpha_{wv}$	f_c
			[N/mm ²]		
1.PP	stropní konstrukce	1Z	44,9	40,4	22,6
		2Z	54,3	48,9	27,4
		3Z	60,4	54,4	30,5
		4Z	52,1	46,9	26,3
		5Z	57,3	51,6	28,9
		6Z	49,3	44,3	24,8
		7Z	55,6	50,1	28,1
		8Z	51,4	46,3	25,9
1.NP	strop. kce.	9Z	24,7	22,2	8,9
		10Z	26,2	23,6	9,4
		11Z	30,0	27,0	10,8
		12Z	22,8	20,5	8,2
1.NP - mezípatro - stupně posluchárny	stropní konstrukce nad mezípatrem	13Z	38,7	34,8	19,5
		14Z	48,9	44,0	24,7
		15Z	43,9	39,5	22,1
		16Z	50,4	45,4	25,4
		17Z	51,6	46,4	26,0
		18Z	42,9	38,6	21,6
		19Z	48,8	43,9	24,6
		20Z	40,3	36,2	20,3
		21Z	33,3	30,0	16,8
		22Z	48,0	43,2	24,2
		23Z	60,5	54,5	30,5
		24D	47,3	42,6	23,9
		25Z	36,4	32,8	18,4
		26Z	33,0	29,7	16,6
		27Z	33,0	29,7	16,6
		28D	48,2	43,4	24,3
		29Z	28,2	25,4	14,2
		30Z	46,6	42,0	23,5
		31Z	32,3	29,1	16,3
		32Z	36,5	32,9	18,4
		33Z	47,4	42,6	23,9
		34Z	45,0	40,5	22,7
		35Z	41,6	37,4	21,0
		36Z	33,4	30,1	16,9
2.NP - střešní vazníky a ztužidla	nosné prvky ve střeše	37V	46,1	41,5	23,3
		38V	38,8	34,9	19,6
		39V	58,9	53,0	29,7
		40ZT	25,5	23,0	12,9
		41V	43,6	39,2	22,0
		42V	58,1	52,3	29,3
		43V	51,1	46,0	25,8
		44ZT	47,5	42,8	24,0
		45V	61,1	55,0	30,8
		46V	34,6	31,1	17,4
		47ZT	24,5	22,1	12,4
		48V	45,4	40,9	22,9
		49V	51,3	46,2	25,9
		50V	61,6	55,4	31,1
		51ZT	64,8	58,3	32,7
		52V	62,0	55,8	31,3
		53V	49,3	44,3	24,8
		54ZT	63,8	57,4	32,2



Ing. Jiří Habarta, CSc.

Autorizovaný inženýr v oboru Zkoušení a diagnostika staveb

Pellicova 5d, 602 00 Brno

Zkoušky vlastností vývrtů z betonu
Právnická fakulta MU, Veveří 70, Brno

Objednatel: Průzkumy staveb s.r.o., Brno

Zpráva č. 2018*0505

Brno, květen 2018



Informace o zadání a zpracovateli

<u>Objednatel:</u>	Průzkumy staveb s.r.o. Lísky 1000/44 624 00 Brno IČO 29268125 DIČ CZ29268125
<u>Zhotovitel:</u>	Ing. Jiří Habarta, CSc. Zkoušení a diagnostika staveb Pellicova 5d, 602 00 Brno IČO 680 99 576 DIČ CZ411128428
<u>Předmět řešení:</u>	Zkoušky fyzikálně mechanických vlastností betonu z vývrtů, odebraných z objektu Právnické fakulty MU Veveří 70, Brno.

Informace o zadání, použité podklady:

Na základě požadavku firmy Průzkumy staveb Brno byly provedeny materiálové zkoušky betonu vývrtů, odebraných z objektu Právnické fakulty MU Veveří 70, Brno.

Bylo požadováno stanovení základních fyzikálně mechanických vlastností, zejména pevnosti v tlaku podle platných technických norem.

Pro zkoušky byly dodány čtyři vývrty. Byly provedeny vodorovně z železobetonových trámů.

Jmenovitý průměr vývrtů byl 75 mm.

Označení vývrtů ze stavby bylo doplněno označením z evidence laboratoře: písmenem X a pořadovým číslem:

N1 ... X 137 ... 1
N2 ... X 138 ... 14
N3 ... X 139 ... 17
N4 ... X 140 ... 23

Popis vývrtů:

Vývrty byly pro materiálové zkoušky dodány tak, jak byly odebrány jádrovou vrtačkou s diamantovým jádrovým vrtákem, bez dalších úprav.



Obr. 1.: Vývrty z betonu železobetonových trámů po dodání do laboratoře

Vývrt X 137 (N1): délka 120 - 130 mm. Lícová plocha byla částečně obroušena pro zkoušku Schmidtem. Na další části plochy byla malba.

Vývrt X 138 (N2): délka 120 - 125 mm. Lícová plocha byla bez úprav, s malbou.

Vývrt X 139 (N3): délka 135 - 145 mm. Lícová plocha byla obroušena pro zkoušku Schmidtem.

Vývrt X 140 (N4): délka 125 - 130 mm. Lícová plocha byla obroušena pro zkoušku Schmidtem.

Jmenovitý průměr vývrtů byl 75 mm.

Konce vývrtů byly obroušeny pro zkoušku Schmidtem.

V betonu bylo prakticky jen jemné kamenivo s několika většími zrny.

Úprava vývrtů na zkušební tělesa

Z vývrtů byla zkušební tělesa pro zkoušku pevnosti vyrobena řezáním na speciální pile Vymyslicky SP 40 P s diamantovým pilovým listem a s vodním výplachem.

Byly odřezány nerovné začátky a konce vývrtů tak, aby délka zkušebního tělesa byla pokud možno srovnatelná s jeho průměrem.

Měření zkušebních těles

Stanovení rozměrů zkušebních těles bylo provedeno posuvným měřítkem s digitální indikací.

Hmotnost zkušebních těles byla zjištěna vážením na vahách s digitální indikací na 1 g přesně.

Ultrazvukové měření bylo na zkušebních tělesech provedeno ultrazvukovou metodou podle ČSN 73 1371. Měření bylo provedeno ultrazvukovým přístrojem TICO se sondami s jmenovitým kmitočtem 54 kHz. Metrologicky bylo měření ošetřeno paralelním měřením na etalonu času a opravami podle tohoto měření. Měření doby průchodu ultrazvuku bylo provedeno na měřicích základnách ve směru rovnoběžném s podélnou osou zkušebního tělesa. Na každém zkušebním tělese byly stanoveny dvě doby průchodu ultrazvuku.

Zkouška vzorků pro stanovení pevnosti v tlaku byly provedeny na zkušebním lisu WPM DrMB 60 při nastavení rozsahu působící síly do 150 kN.

Objemová hmotnost a pevnost v tlaku betonu vývrtů - vyhodnocení

Vyhodnocení bylo provedeno podle platných českých technických norem.

Vzhledem k tomu, že zkušební tělesa z betonu neměla základní rozměr, byly použity převodní součinitele podle ČSN EN 12390-3/Z1.

Válcová pevnost betonu $f_{c,cyl}$ byla vypočtena ze zjištěné maximální síly při rozdrčení zkušebních těles a ze skutečné plochy. Opravný součinitel $k_{c,cyl}$ byl odvozen z tabulky NA.2 podle poměru délky válce k jeho průměru.

Pro převod válcové pevnosti $f_{c,cyl}$ na krychelnou pevnost $f_{c,cube}$ byl použit opravný součinitel $k_{cyl/cube}$ odvozený z tabulky NA.3 .

Pro převod krychelné pevnosti vyhodnocené na zkušebním tělese se jmenovitým průměrem 100 mm na pevnost zkušebního tělesa základního rozměru byl použit převodní součinitel $k_{c,cube} = 0,93$.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Ultrazvukové měření

Na zkušebním tělese z betonu bylo provedeno měření doby průchodu ultrazvuku na základnách ve směru, který byl při pozdější pevnostní zkoušce označen jako výška. Z těchto hodnot byly vypočteny rychlosti šíření ultrazvuku. Z objemové hmotnosti a rychlosti ultrazvuku byl dále vyhodnocen dynamický modul pružnosti betonu zkušebních těles. Výsledky měření i vyhodnocené vlastnosti jsou sestaveny do tabulky 2.

Tab.1.: Vyhodnocení objemových hmotností a pevností betonu vývrtu

označení zkušebního tělesa		N1	N2	N3	N4
		X 137	X 138	X 139	X 140
tvar zkušebního tělesa		válec	válec	válec	válec
průměr válce	mm	73,2	73,1	73,0	73,2
výška	mm	71,8	73,6	73,2	72,8
hmotnost	g	622	644	666	660
hmotnost oceli	g	0,0	0,0	0,0	0,0
objemová hmotnost	kg/m ³	2059	2085	2174	2154
Rozsah lisu		150	150	150	150
Indikace síly	promile	306	489	623	684
síla	kN	45,9	73,4	93,5	102,6
plocha vzorku	mm ²	4208	4197	4185	4208
poměr délky k průměru	1	0,981	1,007	1,003	0,995
koeficient $k_{c/cy}$	1	0,842	0,853	0,851	0,848
válcová pevnost	N/mm ²	9,2	14,9	19,0	20,7
koeficient $k_{cy/cube}$	1	1,252	1,252	1,251	1,251
koeficient k_c , cube	1	0,93	0,93	0,93	0,93
krychelná pevnost f_c	N/mm ²	10,7	17,4	22,1	24,1

Tab. 2.: Ultrazvukové měření zkušebních těles

označení zkušebního tělesa		N1	N2	N3	N4
		X 137	X 138	X 139	X 140
měřicí základna	mm	71,8	73,6	73,2	72,8
objemová hmotnost	kg/m ³	2059	2085	2174	2154
doba průchodu UZ T1	us	25,9	25,0	22,1	21,9
doba průchodu UZ T2	us	25,6	25,0	22,1	21,6
mrtvý čas T0	us	1,35	1,35	1,35	1,35
rychlost UZ v_1	m/s	2925	3112	3528	3543
rychlost UZ v_2	m/s	2961	3112	3528	3595
rychlost UZ v_L	m/s	2943	3112	3528	3569
modul E _{bu}	N/mm ²	16000	18200	24300	24700

Karbonatace betonu byla zjišťována informativním barevným testem s pomocí lihového roztoku fenolftaleinu. Pokud je pH betonu menší než 9,5, je beton nebezpečně zkarbonatovaný a beton se po nástřiku roztoku nezbarví. V tom případě ale pasivně nechrání výztuž proti korozi vlivem působení agresivního okolí. Je-li pH větší než 9,5 a beton tak výztuž chrání, zbarví se růžovofialově.

Hodnocení hloubky karbonatace betonu bylo provedeno po rozdrčení zkušebních těles. Pro spolehlivé stanovení hloubky karbonatace bylo posouzení provedeno i na rozlomených odřezaných začátcích a koncích vývrtů. :

Beton vývrtu X 137 (N1) byl zkarbonatovaný do hloubky 10 mm.

Beton vývrtu X 138 (N2) byl zkarbonatovaný v celém objemu vývrtu, ve střední části byla část betonu zkarbonatovaná slabě.

Beton vývrtu X 139 (N3) byl zkarbonatovaný do hloubky 0 - 5 mm.

Beton vývrtu X 140 (N4) byl zkarbonatovaný do hloubky 0 - 5 mm.

Na betonu který je označen jako nezkarbonatovaný byla indikace nejasná, slabá.

Zkoušky betonu vývrtů z objektu Právnické fakulty MU na Veveří 70 v Brně provedl a vyhodnotil Ing. Jiří Habarta, CSc., autorizovaný inženýr v oboru Zkoušení a diagnostika staveb – číslo autorizace 1000407, držitel Průkazu o certifikaci způsobilosti pro specifickou činnost NDT zkoušení ve stavebnictví č. 201-0031/NZS.

Brno, 14. 5. 2018



Ing. Jiří Habarta, CSc.



Protokol č. 18/05/2554

STANOVENÍ DRUHU CEMENTU V DODANÉM VZORKU BETONU

Objednatel:

Průzkumy staveb s.r.o.
Lísky 1000/44
624 00 Brno

Vypracoval:

Ing. Amos Dufka, Ph.D.

V Brně dne 25. 5. 2018



Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
vedoucí ústavu THD

1. Úvod

Na základě objednávky společnosti Průzkumy staveb s.r.o. byly provedeny analýzy, jejichž cílem bylo stanovit, zda pojivo v dodaném vzorku je na bázi portlandského, či hlinitanového cementu.

Vzorek betonu byl dle sdělení objednavatele odebrán v ze stropní konstrukce v budově Právnické fakulty Masarykovy university na ulici Veveří 158/70 v Brně. V dalším textu je dodaný vzorek označován symbolem V1.

2. Beton na bázi portlandského či hlinitanového cementu

V obecné rovině lze konstatovat, že ve stavební praxi se lze setkat s betonovými resp. železobetonovými konstrukcemi, ve kterých bylo použito pojivo na bázi portlandských cementů, eventuálně s betonem, ve kterém byl jako pojivo použit hlinitanový cement.

Výrazně častěji se vyskytují betony na bázi portlandských cementů. Ve 30. až 60. letech minulého století byly ovšem v některých případech (a to především tam, kde byl požadován rychlý nárůst počátečních pevností) používány betony s cementy hlinitanovými.

U betonu, jehož matrice je tvořena hydratačními produkty hlinitanového cementu, může při exploataci v běžných podmínkách docházet k masivnímu poklesu pevnostních charakteristik, čímž v extrémních případech může být ohrožena stabilita celé konstrukce.

Dominantní příčinou poklesu pevnosti betonu na bázi hlinitanového cementu je pozvolná přeměna (konverze) kalciumhydroaluminátů vzniklých hydratací cementu, přičemž tato přeměna může být urychlována některými dalšími činiteli, např. propustností betonu, vlhkostí a teplotou prostředí atd.

Podstatou reakcí probíhajících v hlinitanovém cementovém tmele je skutečnost, že většina prvotně vznikajících hydratačních produktů hlinitanového cementu je v běžných podmínkách málo stálá a dochází k jejich konverzi (přeměně) na sloučeniny, které jsou stabilnější. V systému hydratačních produktů hlinitanového cementu resp. fází vznikajících jejich přeměnami jsou prakticky jedinými stabilními aluminátovými sloučeninami kubický trikalciumalumináthexahydrát (C_3AH_6) a hydroxid hlinitý ve formě gibbsitu (AH_3).

Fáze vznikající konverzí hlinitanového cementového tmele (C_3AH_6) zaujímá pouze přibližně 47% výchozího objemu. Tato okolnost, stejně jako odloučení vody, způsobuje zvětšení pórovitosti tmele příp. vznik trhlinek, čehož pochopitelným důsledkem je pokles pevnosti betonu.

Produktem hydratace portlandských cementů jsou především kalciumhydrosilikátové, příp. kalciumhydroaluminátové fáze, které se ve struktuře betonu mohou vyskytovat jak ve formě krystalické, tak amorfni. Mezi minerály, které tvoří dominantní podíl cementové matrice, patří například kalciumhydrosilikáty, portlandit, ettringit, monosulfát apod. Působením plynného CO_2 (karbonatace) vznikají ve struktuře modifikace uhličitany (kalcit, vaterit, aragonit), apod. Tyto minerály jsou za běžných podmínek stabilní, tzn. v cementové matici nedochází ke změnám, které by snižovaly mechanické vlastnosti betonu.

Z uvedeného je zřejmé, že jedním ze stěžejních podkladů pro posouzení, zda je matrice betonu na bázi portlandského či hlinitanového cementu je stanovení jejího mineralogického složení. V případě, že byl při výrobě betonu použit portlandský

cement lze v mikrostruktuře betonu identifikovat zejména jeho hydratační produkty (portlandit, vaterit, aragonit, karbonatů vznikající uhličitán vápenatý atd.). V případě, že analyzovaný vzorek obsahuje hlinitanový cement pak lze v mikrostruktuře matrice XRD analýzou prokázat především přítomnost minerálů vznikajících konverzí hydratačních produktů hlinitanového cementu (např. gibbsit, C_3AH_6 atd.).

Dalším velmi důležitým podkladem pro stanovení druhu cementu je určení chemického složení betonu. Především se jedná o stanovení poměru mezi oxidem vápenatým CaO a oxidem hlinitým Al_2O_3 . Je-li v betonu použit portlandský cement, jsou prakticky jediným zdrojem, který může beton dotovat oxidem hlinitým některé fáze kameniva, a to především jílové minerály (chlorit, kaolinit atd.), případně slídy apod.

Naopak, u betonů na bázi hlinitanových cementů (v hlinitanových cementech se obsah CaO pohybuje mezi 35-40%, obsah Al_2O_3 pak činí 38 až 50%) souvisí zvýšený obsah Al_2O_3 právě s použitím hlinitanového cementu.

3. Metodika zkoušek

Postup stanovení druhu cementu ve vzorku betonu byl proveden podle dle metodiky Matoušek, Drochytka: Atmosférická koroze betonů, IKAS Praha, 1998, která podává přehled o mikrostruktuře daného materiálu. Vzorek betonu byl podroben těmto fyzikálně chemickým stanovením:

- Chemické analýze
- Rentgenové difrakční analýze

Na základě výsledků uvedených analýz je možno korektně stanovit, zda pojivo v betonu je na bázi hlinitanového, či portlandského cementu.

3.1. Chemická analýza

V souladu s ustanovením ČSN 72 0100 "Základní postup rozboru silikátů, Všeobecná ustanovení" a souvisejících ČSN resp. ČSN EN byl chemickou analýzou ve vzorku betonu zjišťován podíl těchto složek:

- Nerozložitelný podíl
- Oxid vápenatý
- Oxid hlinitý
- Oxid železitý
- Oxid manganatý

3.2. Rentgenová difrakční analýza

Difrakční metody strukturální analýzy jsou založeny na interferenci rentgenového záření a vycházejí z toho, že se v pevné, krystalické, látce nacházejí vzájemně rovnoběžné roviny, které jsou od sebe vzdáleny o tzv. mezimřížkovou vzdálenost (d). Na těchto rovinách za určitých podmínek dochází k interferenci (zesílení) rentgenova záření. Interference záření krystalovou mřížkou se projeví nárůstem jeho intenzity.

Každá krystalická látka obsahuje mnoho různých rovin o mezimřížkových vzdálenostech d , na kterých vzrostou hodnoty intenzit záření. Tyto hodnoty jsou charakteristické pro každou krystalickou látku. Identifikace přítomných krystalických fází se provádí porovnáním hodnot d a I , odečtených z difraktogramu s hodnotami v uvedených v knihovnách (databázích) jednotlivých minerálů.

Při identifikaci jednotlivých minerálů se jedná například o minerály vznikající hydratací cementu (např. portlandit, ettringit, dále fáze vznikají jejich následnou karbonatací /kalcit, aragonit/ atd.).

V případě, že analyzovaný vzorek obsahuje hlinitanový cement pak lze RTG analýzou prokázat především přítomnost minerálů vznikajících konverzí hydratačních produktů hlinitanového cementu (např. gibbsit, C_3AH_6 atd.).

4. Výsledky zkoušek

4.1. Chemická analýza

Výsledky chemické analýzy betonu jsou uvedeny v tabulce číslo 1.

Tabulka 1: Chemická analýza

Označení vzorku	Nerozpustný zbytek [%]	CaO [%]	Al ₂ O ₃ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]
V1	73,74	6,16	6,93	4,05

^{*)} Pozn: Chemický rozbor byl proveden akreditovanou zkušební laboratoří Labtech s.r.o.

4.2. Rentgenová difrakční analýza

Výsledky rentgenové difrakční analýzy vzorků betonu jsou uvedeny v tabulce číslo 2.

Tabulka 2: XRD analýza

Označení vzorku	Identifikovaný minerál
V1	Gibbsit, trikalciumalumináthexahydrát, β křemen, živce

5. Závěr

Na základě poznatků získaných provedenými analýzami lze konstatovat, že pojivo v dodaném vzorku betonu **je na bázi hlinitanového cementu.**

V Brně dne 25. 5. 2018


Ing. Amos Dufka, Ph.D.
zodpovědný zpracovatel

NÁMĚSTKyně
ČESKÉ SOCIALISTICKÉ REPUBLIKY

Číslo	1778	dne	23. zář.	1985
Vyřizuje	A. J. 10. 11. 1985			
Termín	19. 12. 1986			
Založeno	X			

19. září 1985
č.j. 200/3118/85

Doslo:	23. 9. 85
Číslo:	1670

Kap

Vážený soudruhu,

usnesení vlády ČSR č. 163/1985 k příčinám havárie části haly M1 v n.p. Mesít Uherské Hradiště stanovilo opatření k zabránění vzniku havárií u objektů realizovaných s použitím hlinitanových cementů.

Ke splnění stanovených opatření zajistěte postup podle příloh 1 až 3 k tomuto dopisu, tedy

- provedení soupisu staveb ve správě nebo vlastnictví Vámi řízených organizací, které byly vybudovány v letech 1930 - 1960 a při jejich stavbě bylo použito nebo nelze vyloučit použití hlinitanových cementů v nosných konstrukcích,
- provedení orientačního průzkumu a případně podrobného šetření,
- vyhodnocení výsledku šetření a přijetí opatření k zajištění bezpečnosti dotčených staveb.

Pro řízení prací využijte odborných komisí ke zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti provozu/vybraných zařízení /opatření ministra průmyslu ČSR č. 21/1982/.

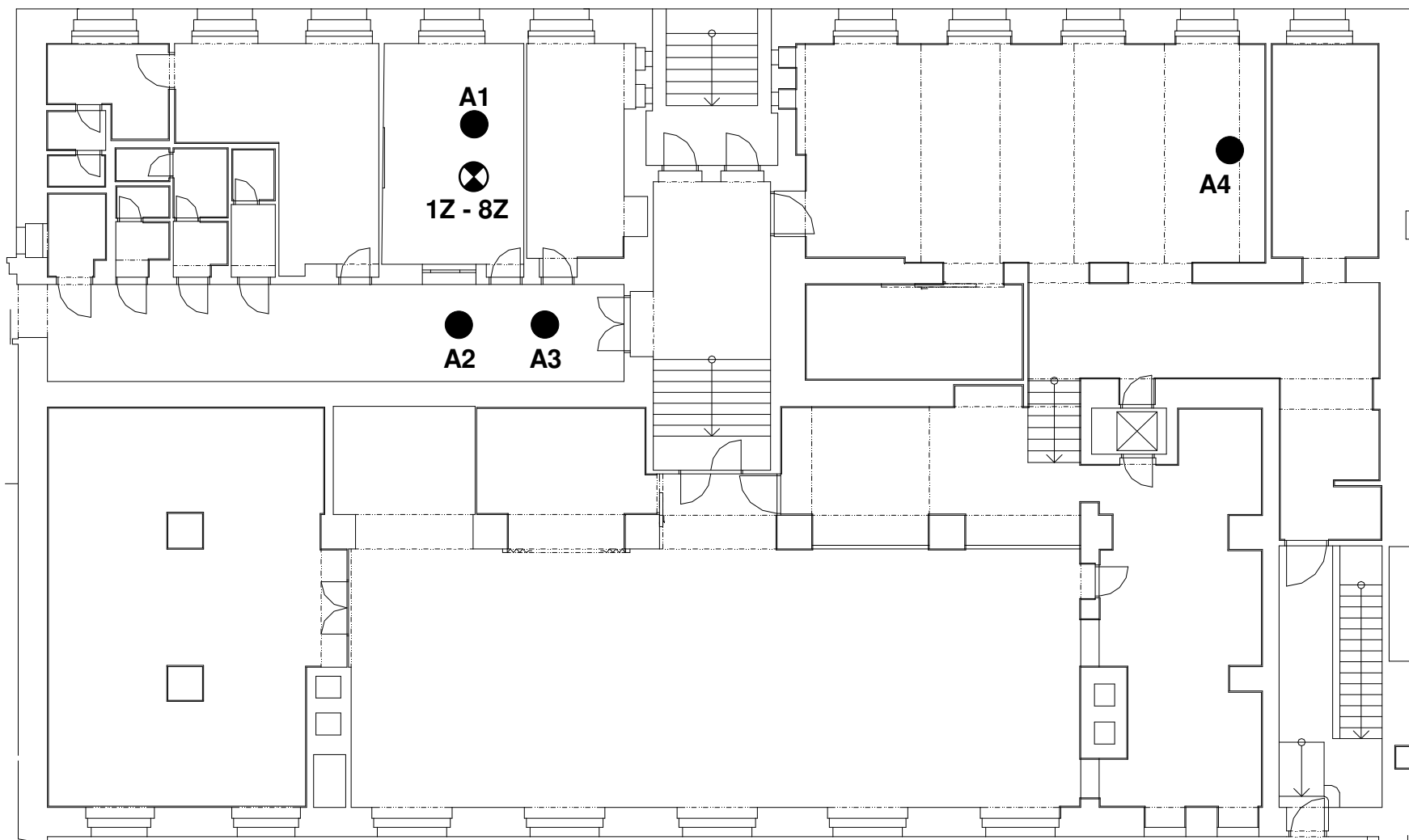
Projektové organizace resortu MP ČSR s okamžitou platností musí vyžadovat informaci o použití hlinitanových cementů při rekonstrukcích stavebních objektů s nosnou betonovou konstrukcí vybudovaných v letech 1930 - 1960.

1632
17. 10. 1985
1670
1985






Konstatant p.j. Procházka

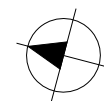
17. 10. 1985
1670
1985

2579/85



LEGENDA:

-  Sondy do nosných ŽB nosných konstrukcí - zjištění pevnosti Schmidtovým tvrdoměrem N (Z - žebro, D - deska), zkušební místa 1Z - 54V.
-  Sondy do ŽB nosných konstrukcí - zjištění pevnosti betonu v tlaku zkouškou v lise, zkušební místa N1 - N4.
-  Odběr vzorků betonu na zjištění hlinitanového cementu ve stropě nad 1.NP.
-  Zjištění tvaru a způsobu vyztužení ŽB prvků, zkušební místa A1 - A20.
-  Fotodokumentace (foto č.0 viz titulní list).

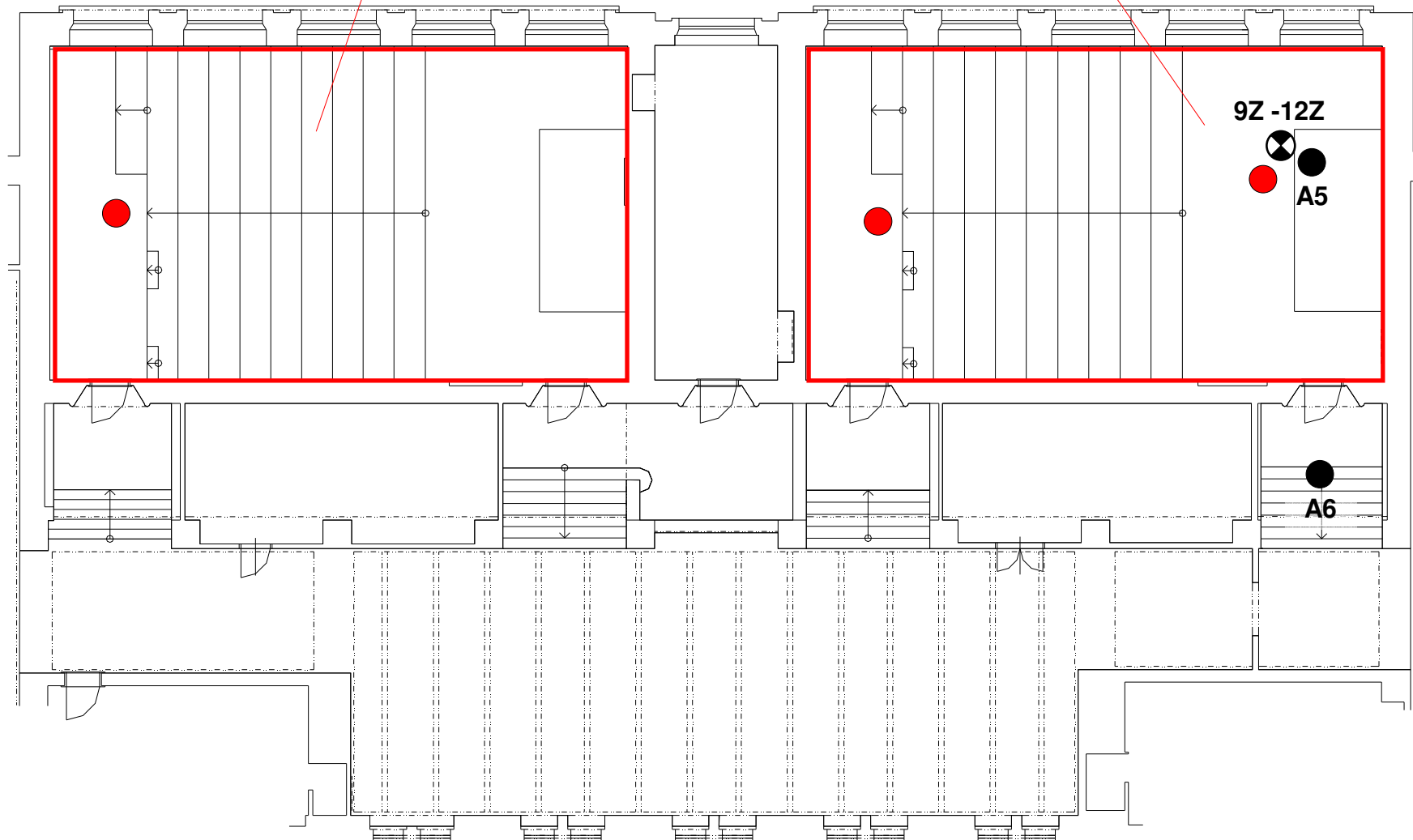


**Právnická fakulta MU, Brno –
část východního křídla**

Půdorys 1.PP

Výkres č. 1

**Rovná dolní část stropních konstrukcí nad 1.NP je
provedena z betonu s použitím hlinitanových cementů !!!**

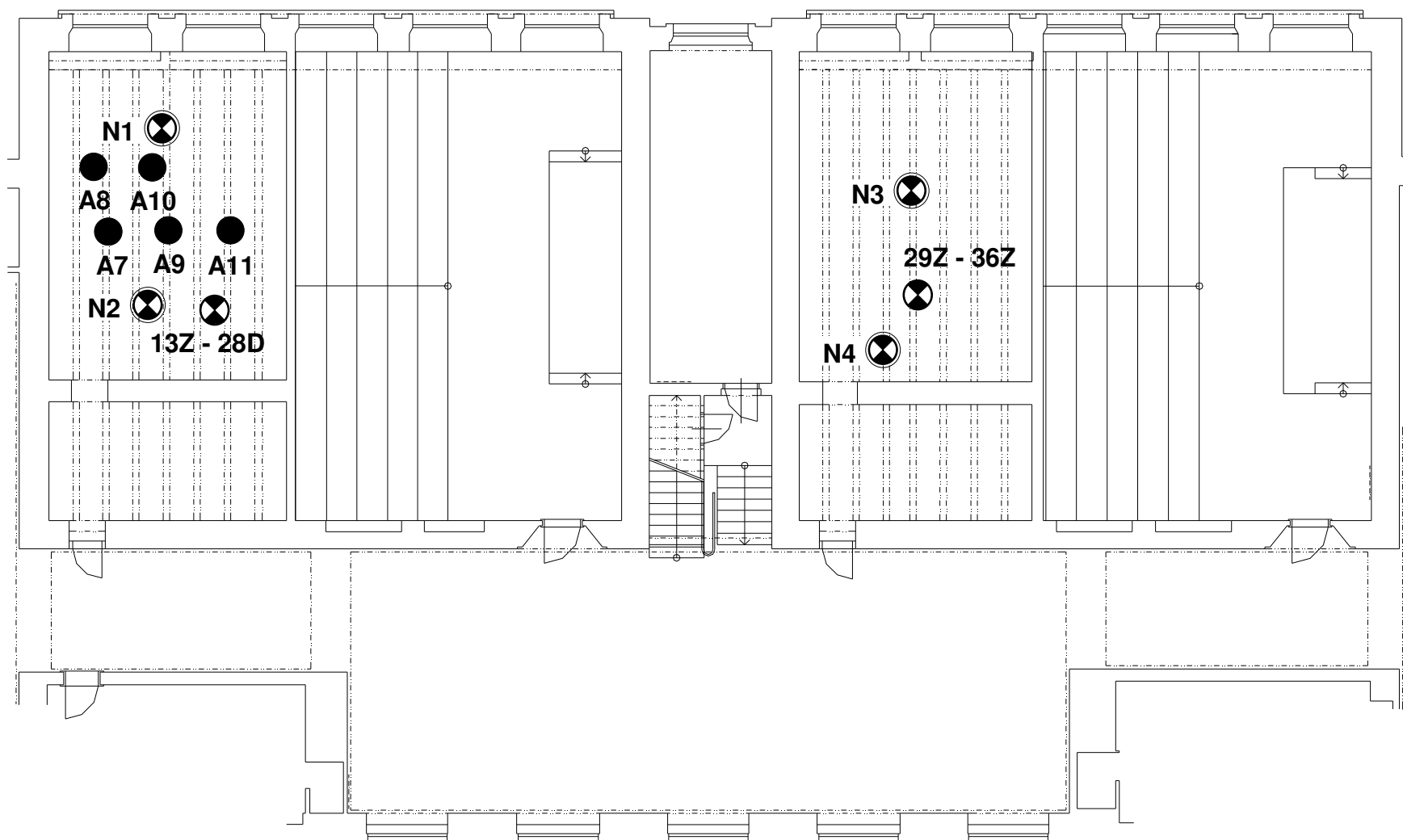


LEGENDA: Je na výkrese č. 1.

**Právnická fakulta MU, Brno –
část východního křídla**

Půdorys 1.NP

Výkres č. 2



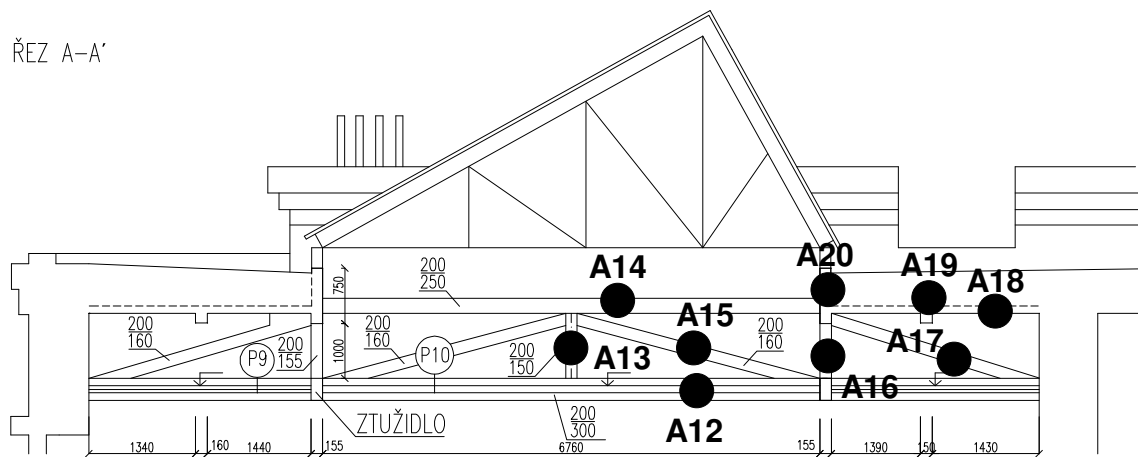
LEGENDA: Je na výkrese č. 1.

**Právnická fakulta MU, Brno –
část východního křídla**

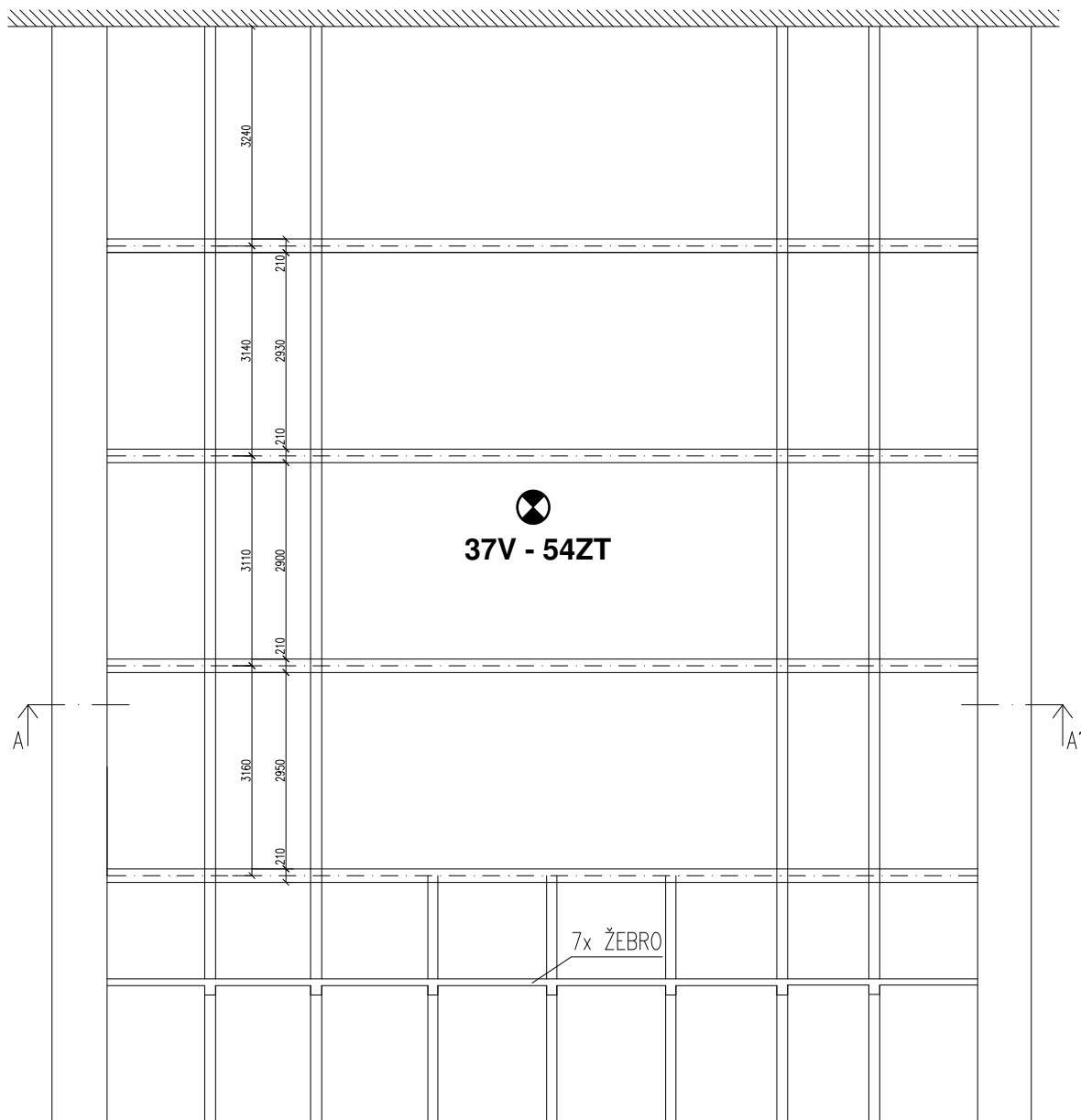
Půdorys 2.NP

Výkres č. 3

ŘEZ A-A'



PŮDORYS SCHÉMA



LEGENDA: Je na výkrese č. 1.

**Právnická fakulta MU, Brno –
část východního křídla**

Světlík

Výkres č. 4