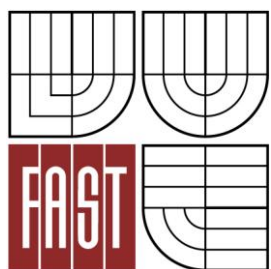




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA KONSTRUKCE

SURVEY AND DIAGNOSTICS OF BUILDING CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MICHAELA VAŇKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Michaela Vaňková
Název	Stavební průzkum a diagnostika konstrukce
Vedoucí diplomové práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015
V Brně dne 31. 3. 2014	

.....
prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Cikrle, P. a kol. NDT zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu CŽV, VUT v Brně, 2010.
Adámek, J., Hobst, L., Cikrle, P., Schmid, P. Diagnostika stavebních konstrukcí. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2005.
Schmidt, P. s kol. Základy zkušebnictví. Brno, CERM, 2001.
Tomica, V., Sokolík, A., Zemko, Š. Údržba a rekonštrukcia mostov. 1. vydání Bratislava: Svornosť, 1993.
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. Příslušné technické normy.
Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu.
Projektová dokumentace, mostní listy apod.

Zásady pro vypracování

Teoretická část: Rešerše literatury. Zpracování metodiky průzkumu a hodnocení železobetonových konstrukcí dle platných norem.

Praktická část: Prvotní prohlídka hodnocené železobetonové konstrukce. Předběžné hodnocení stavu, sestavení plánu stavebně technického průzkumu. Provedení a vyhodnocení průzkumu konstrukce. Statický výpočet vybraných částí nosné konstrukce. Závěrečné zhodnocení stavu konstrukce.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá stavebním průzkumem a diagnostikou bytového domu v Brně, který již od své výstavby vykazoval rozsáhlé poruchy. Teoretická část uvádí do obecné problematiky stavebně technického průzkumu, diagnostiky železobetonové konstrukce a popisuje metody pro diagnostiku železobetonových konstrukcí. Praktická část se zabývá stavebním průzkumem a diagnostikou daného objektu včetně statického posouzení. Celkové vyhodnocení je interpretováno v závěru práce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stavební průzkum, diagnostika, železobeton, trhliny, statika

ABSTRACT

This thesis deals with building survey and diagnostics of residential house in Brno, which since its construction showed extensive faults. The theoretical presents to the general issue of building technical surveys, diagnostics reinforced concrete structures and describes methods for diagnosis of reinforced concrete structures. Practical part deals with building survey and diagnostics of the object including static assessment. Overall assessment is given in the conclusion.

KEYWORDS

Building survey, diagnostic, reinforced concrete, cracks, statics

VAŇKOVÁ, M. *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, 2015. 80 s., 7 s. příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma Stavební průzkum a diagnostika konstrukce vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2015

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Ondřejovi Antonovi, Ph.D. za vstřícný přístup a poskytnutí cenných rad během zpracování této práce a doc. Ing. Zdeňku Bažantovi, CSc. za ochotnou pomoc při řešení statického výpočtu. Mé poděkování patří také mým blízkým, kteří při mně stáli po celou dobu studia.

OBSAH

A. TEORETICKÁ ČÁST	12
1 Úvod	12
2 Stavebně technický průzkum konstrukce	13
3 Diagnostika železobetonové konstrukce	16
3.1 Hlavní problémy železobetonových konstrukcí	16
3.2 Požadavky na beton a ocelovou výztuž	17
3.2.1 Vlastnosti betonu	17
3.2.2 Vlastnosti ocelové výztuže	19
4 Metody diagnostiky železobetonových konstrukcí	20
4.1 Pro beton	20
4.1.1 Pevnost v tlaku.....	20
4.1.2 Karbonatace betonu	23
4.1.3 Chemický rozbor.....	23
4.1.4 Objemová hmotnost betonu	24
4.1.5 Stejnorodost betonu	24
4.1.6 Další zkoušky pro zjištění vlastností betonu.....	25
4.2 Pro ocel	25
4.2.1 Odsekání krycí vrstvy betonu	25
4.2.2 Georadar.....	26
4.2.3 Elektromagnetický indikátor polohy výztuže	28
4.2.4 Radiografická metoda	29
4.2.5 Porovnání metod pro určení polohy výztuže	31
4.2.6 Koroze výztuže	31
B. PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 Stavební průzkum a diagnostika	33
5.1 Úvod.....	33
5.1.1 Popis objektu.....	33
5.1.2 Poruchy	38
5.2 Návrh průzkumu	38
5.3 Průzkum	43
5.3.1 Průhyby stropních desek, podlahy a průvlaků v 1.PP.....	43

5.3.2	Pasport poruch v 1.PP	49
5.3.3	Výztuž ve stropních deskách v 1.PP	52
5.3.4	Beton ve stropních deskách v 1.PP	61
6	Statický výpočet	67
6.1	Volba statického modelu	67
6.2	Zatížení	67
6.2.1	Vlastní tíha	67
6.2.2	Ostatní stálé zatížení	67
6.2.3	Zatížení sněhem	68
6.2.4	Zatížení větrem	68
6.2.5	Proměnné zatížení	68
6.3	Zatěžovací stavy	69
6.3.1	ZS1 – Zatížení stálé	69
6.3.2	ZS2 – Proměnné zatížení	69
6.4	Kombinace	69
6.5	Stanovení vnitřních sil od zatížení	69
6.6	Materiálové charakteristiky	71
6.7	Výpočet únosnosti	72
6.8	II. mezní stav (stanovení průhybu)	75
7	Závěr	76
	Literatura	78
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	79
	Seznam příloh	81

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 4.1: Otvor vzniklý po jádrovém vývrtu	21
Obr. 4.2: Zkušební válcové těleso z jádrového vývrtu drcené v lisu	21
Obr. 4.3: Schmidtovo kladívko Proceq typ N (převzato z [10])	22
Obr. 4.4: Přístroj TICO měří dobu a rychlost průchodu ultrazvukových impulzů (převzato z [11])	22
Obr. 4.5: Zkouška karbonatace betonu (převzato z [12])	23
Obr. 4.6: Obnažená výztuž po provedeném odsekání krycí vrstvy betonu	26
Obr. 4.7: Měřicí přístroj Hilti PS 1000 X-Scan (převzato z [7])	26
Obr. 4.8: Měření pomocí přístroje Hilti PS 1000 X-Scan	27
Obr. 4.9: Vyhodnocení měření georadarem: porovnání rozložení výztuže zjištěné georadarem (červeně) s radiografickou metodou (černě)	28
Obr. 4.10: Určení polohy výztuže pomocí přístroje Profometer PM-630 (převzato z [7])	29
Obr. 4.11: Zaznamenání polohy výztuže pomocí radiografických snímků (převzato z [13])	30
Obr. 4.12: Postup při vyhodnocování radiogramů (převzato z [2])	30
Obr. 5.1: Lokalizace objektu na mapě (převzato z [9])	33
Obr. 5.2: Situace objektu (převzato z [9])	34
Obr. 5.3: Jihovýchodní pohled na objekt	35
Obr. 5.4: Severozápadní pohled na objekt	35
Obr. 5.5: Půdorys 1.PP	37
Obr. 5.6: Schematické znázornění polohy míst osazených měřicích základů N1, N2, N3 v 1.NP	39
Obr. 5.7: Schematické znázornění polohy míst osazených měřicích základů P1, P2, P3, P4 v 1.PP	39
Obr. 5.8: Měřicí základna N1 v 1.NP byla osazena ve svislém směru	40
Obr. 5.9: Měřicí základna N2 v 1.NP byla osazena ve svislém i ve vodorovném směru	40

Obr. 5.10: Měřicí základna N3 v 1.NP byla osazena ve svislém směru	41
Obr. 5.11: Měřicí základna P1 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu	41
Obr. 5.12: Měřicí základna P2 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu	42
Obr. 5.13: Měřicí základna P3 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu	42
Obr. 5.14: Měřicí základna P4 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu	43
Obr. 5.15: Půdorys 1.PP s okótovanou bodovou sítí pro laserové měření nivelace	45
Obr. 5.16: Grafické znázornění průhybů stropních desek v 1.PP	47
Obr. 5.17: Grafické znázornění průhybů podlahy v 1.PP	48
Obr. 5.18: Grafické znázornění průhybů průvlaků v 1.PP	49
Obr. 5.19: Schematické znázornění polohy trhliny na stropních deskách v 1.PP	50
Obr. 5.20: Detail prostupu potrubím TZB skrz stropní desku a průvlak v 1.PP	51
Obr. 5.21: Schematické znázornění polohy měřených oblastí pro zjištění výztuže ve stropních deskách	52
Obr. 5.22: Radarový scan D1 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP (rozměr scanu 600 x 600 mm)	53
Obr. 5.23: Radarový scan D2 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP (rozměr scanu 600 x 600 mm)	54
Obr. 5.24: Radarový scan D3 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP (rozměr scanu 600 x 600 mm)	55
Obr. 5.25: Radarový scan DP1 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP (rozměr scanu 600 x 600 mm)	56
Obr. 5.26: Radarový scan DP2 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP (rozměr scanu 600 x 600 mm)	57
Obr. 5.27: Radarový scan DP3 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP (rozměr scanu 600 x 600 mm)	58
Obr. 5.28: Sekaná sonda S1 na spodním líci železobetonové desky nad 1.PP	59
Obr. 5.29: Sekaná sonda S2 na spodním líci železobetonové desky nad 1.PP	59
Obr. 5.30: Sekaná sonda S3 na spodním líci železobetonové desky nad 1.PP	60
Obr. 5.31: Půdorys 1.NP se schematickým vyznačením míst pro odebrání jádrových vývrtů	61

Obr. 5.32: Těleso jádrového vývrtu č. 1 ze stropní desky nad 1.PP a skladba podlahy 1.NP složená z keramické dlažby, cementové malty, betonové mazaniny a polystyrenu	62
Obr. 5.33: Těleso jádrového vývrtu č. 2 ze stropní desky nad 1.PP a skladba podlahy 1.NP složená z keramické dlažby, cementové malty, betonové mazaniny a polystyrenu	62
Obr. 5.34: Nařezaná zkušební tělesa 1 – 1 a 1 – 2 z jádrového vývrtu č. 1	63
Obr. 5.35: Nařezané zkušební těleso 2 z jádrového vývrtu č. 2	64
Obr. 5.36: Zkouška měření statického modulu pružnosti betonu na lisu FORM-TEST prováděná na zkušebním vzorku 2	65
Obr. 5.37: Grafické znázornění průběhu měření modulu pružnosti na zkušebním vzorku 2	65
Obr. 5.38: Drcení zkušebního vzorku 1 – 1 v lisu pro zjištění maximální síly F	66
Obr. 6.1: Statické schéma prostě podepřené desky včetně rozložení zatížení a vykreslení vnitřních sil V_{Ed} a M_{Ed} od účinků zatížení	70
Obr. 6.2: Statické schéma spojitě desky včetně rozložení zatížení	70
Obr. 6.3: Vykreslení vnitřních sil V_{Ed} a M_{Ed} na spojitě desce od účinků zatížení	71

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Druhy, značky, třídy betonů a převod značení (převzato z [2])	18
Tab. 2: Porovnání metod na výztuž	31
Tab. 3: Parametry výztuže ve stropních deskách v daných oblastech	60
Tab. 4: Ostatní stálé zatížení	68

A. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD

Stejně jako v minulosti, dochází i v současné době při výstavbě objektů k nedodržování technologických postupů. Tento problém je často spojen s ušetřením nákladů za výstavbu či s nedbalostí, popřípadě neznalostí. Bohužel v těchto případech dochází téměř vždy k poruchám konstrukce, které si v pozdější době žádají o rekonstrukci.

Před plánovanou rekonstrukcí je vždy třeba řádně provedeného stavebního průzkumu a diagnostiky dané konstrukce, na jejichž základě se provede výpočet ověřující reálnou únosnost jednotlivých prvků. Poté dochází k plánování samotné rekonstrukce. Ta může směřovat buď k úplnému odstranění nevyhovujících prvků a nahrazení těchto prvků novými, nebo k opatření nevyhovujících částí statickým zajištěním.

2 STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM KONSTRUKCE

Stavebně technický průzkum konstrukce (STP) se provádí za účelem odzkoušet a zhodnotit stav stavebních konstrukce především ze statického hlediska. Průzkum se může týkat jak celé konstrukce, tak její části, ze které je konstrukce zhotovena. [2]

STP se nejčastěji vyžaduje v následujících případech:

- Nástavba nebo přístavba objektu
- Rekonstrukce
- Změna vlastníka objektu
- Zjištění příčin, závažnosti poruch objektu
- Nová výstavba v těsném sousedství [1]

Jednotlivé STP prováděné na různých objektech se od sebe liší. Důvodem je fakt, že se diagnostické práce musí přizpůsobit stavu a povaze zkoumaného objektu, druhu plánovaných stavebních úprav atd. Výsledkem STP je závěrečná zpráva, která popisuje a hodnotí stav konstrukce a může být zpracována ve třech následujících stupních:

- Předběžný STP pro potřeby zadávací studie rekonstrukce, modernizace apod.
- Podrobný STP pro zpracování statických výpočtů a projektové dokumentace
- Doplnující a speciální STP pro potřeby doplnění podrobného STP

Přesné postupy pro provádění STP uvádí norma platná od srpna 2005 ČSN ISO 13 822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí (nahrazuje ČSN 730038).

Postup hodnocení existujících konstrukcí obsahuje následující kroky, které umožňují provádět hodnocení s ohledem na současný stav konstrukce:

- a) Stanovení účelu hodnocení
- b) Scénáře
- c) Předběžné hodnocení
 - i. Studium dokumentace a dalších údajů
 - ii. Předběžná prohlídka
 - iii. Předběžné ověření
 - iv. Rozhodnutí o okamžitých opatřeních
 - v. Doporučení pro podrobné hodnocení
- d) Podrobné hodnocení
 - i. Podrobné vyhledání a prověření dokumentace
 - ii. Podrobná prohlídka a zkoušky materiálů
 - iii. Stanovení zatížení
 - iv. Stanovení vlastností konstrukce
 - v. Analýza konstrukce
 - vi. Ověření
- e) Výsledky hodnocení
 - i. Zpráva
 - ii. Koncepční návrh konstrukčních opatření
 - iii. Řízení rizik
- f) V případě potřeby se postup opakuje

Tento postup je možné použít jak pro hodnocení jedné určité konstrukce, tak pro hodnocení skupiny konstrukcí. [6]

Pro zpracování STP se využívají diagnostické metody, které lze dělit dle několika hledisek.

Dělení dle stupně poškození diagnostikované konstrukce:

- Nedestruktivní metody (např. tvrdoměrné, elektromagnetické, tenzometrické a radiační metody)
- Semidestruktivní metody (např. jádrové vývrty a odtrhové zkoušky)
- Destruktivní metody (např. zkouška tahem, zkouška ohybem, zkouška tvrdosti)

Dělení dle místa zkoušení:

- Zkoušky laboratorní
- Zkoušky in situ

Dělení dle způsobu zaměření zkoušky:

- Chemické analýzy
- Zkoušky fyzikálně mechanických parametrů
- Statické zkoušky
- Dynamické zkoušky [1]

3 DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE

3.1 Hlavní problémy železobetonových konstrukcí

Při diagnostice konstrukce hraje důležitou roli stáří objektu. Během posledních 120 let došlo ke změnám v oblasti navrhování, technologie, provádění a posuzování betonových konstrukcí.

Podle stáří se objekty rozdělují na:

- Staré objekty (20, 50 i více jak 100 let staré)
- Nové objekty, kde vyvstala pochybnost o kvalitě provedení konstrukce

Hlavní problémy zjišťované na objektech jsou podle časového období následující:

- **Konec 19. století** – nekvalitní cement a kamenivo, beton prokládaný kamenem, jež způsobuje výskyt kaveren.
- **Po 1. světové válce** – malé průřezy a klesající kvalita betonu v horních patrech budov, u masivních budov kvalitní pouze povrchová vrstva – tzv. předsádkový beton.
- **30. až 50. léta 20. století** – používání hlinitanového cementu.
- **Po 2. světové válce** – provizorní obnova objektů zasažených požárem či výbuchem, nedostatečná kontrola kvality a pracovní morálky, nahrazování projektovaného druhu oceli jiným druhem, malé krycí vrstvy betonu.
- **Po roce 1989** – zlepšování kvality železobetonových konstrukcí z hlediska technologie a kvality materiálu, občasné chyby způsobené lidským faktorem.

[2]

Jak již bylo zmíněno výše, může během výstavby konstrukce dojít k zanedbání správných technologických postupů, v důsledku kterých mohou v budoucnu na konstrukci vzniknout rozsáhlé poruchy mající vliv na správnou funkci celého objektu.

Mezi časté poruchy způsobené chybnými stavebními postupy patří:

- **Namíchání jiné betonové směsi, než která je uvedena v projektu** – často se z důvodu ušetřit použije na stavbu betonová směs nižší pevnosti, což může podstatně ovlivnit chování celé konstrukce.
- **Zvolení jiného průměru výztuže, než který je uveden v projektu** – důvodem je opět ekonomické hledisko a snížená odolnost vyztužených prvků vůči namáhání.
- **Nedostatečné krytí výztuže** – nedodržení minimálního krytí hrozí odpadnutí krycí vrstvy a následná koroze výztuže.
- **Špatné provedení detailů** – nedodržením vhodných technologických postupů při stavbě objektu hrozí narušení nosných prvků konstrukce (např. špatně provedená hydroizolace může způsobit prosáknutí vody do konstrukce a následnou karbonataci betonu).

3.2 Požadavky na beton a ocelovou výztuž

Při hodnocení konstrukcí se vychází z platných norem pro navrhování a zatížení. Jedná se o normu ČSN ISO 13822, která uvádí postup pro zjišťování materiálových vlastností betonu a ocelové a předpjaté výztuže.

3.2.1 Vlastnosti betonu

V rámci diagnostiky konstrukce je třeba stanovit pevnostní třídu betonu. Ta se stanoví na základě dokumentace skutečného provedení objektu nebo vyhodnocením zkoušek betonu v konstrukci. Při stanovování pevnostní třídy na základě dokumentace je třeba si uvědomit, že se skutečné vlastnosti betonu v konstrukci mohou od vlastností

uváděných v dokumentaci podstatně lišit. Proto se doporučuje provést zkoušky a jejich vyhodnocením si aktuální vlastnost betonu v konstrukci ověřit.

Vlastnosti betonu (v charakteristických hodnotách) jsou uvedeny v platných normách pro navrhování. Aktuální značení pevnostních tříd betonu je dle aktuální normy ČSN EN 206-1 jiné než u starších norem. Pro převod pevnostních tříd betonu platí tabulka 1. [2]

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 206-1
a	60	0I	-	(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	C(9/12,5)
e	170	II	-	C(10/13,5)
			B 15	C 12/15
f	250	III	B 20	C 16/20
			B 25	C 20/25
g	330	IV	-	(C23/28)
			B 30	C 25/30
	400		B 35	(C28/35)
			-	C 30/37
		V	B 40	(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				

Tab. 1: Druhy, značky, třídy betonů a převod značení (převzato z [2])

3.2.2 Vlastnosti ocelové výztuže

Stanovení druhu ocelové výztuže se provádí na základě dokumentace skutečného provedení nebo průzkumu. Vlastnostmi ocelové výztuže se zabývá norma ČSN ISO 13822. Pokud se jedná o ocel, jež není v normě ČSN ISO 13822 uvedena, je nutné ověřit její vlastnosti zkouškami nebo uvažovat stejné hodnoty jako pro výztuž 10 216 (E). Pro zkoušky lze z konstrukce odebrat vzorky výztuže, avšak odběr nesmí ohrozit nosnou funkci konstrukce.

U ocelové výztuže se zjišťuje hodnota návrhové pevnosti (odvozena z charakteristické meze kluzu nebo meze 0,2) a druh výztuže (podle tvaru žeber). [2]

4 METODY DIAGNOSTIKY ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

4.1 Pro beton

- Pevnost betonu v tlaku (na vzorcích z jádrových vývrtů, z tvrdoměrných zkoušek, z rychlosti šíření ultrazvukového impulsu)
- Karbonatace betonu
- Chemický rozbor betonu
- Objemová hmotnost betonu
- Stejnorodost betonu
- Další zkoušky pro zjištění vlastností betonu (rovnoměrnost betonu, modul pružnosti betonu, hutnost betonu, vlhkost betonu)

4.1.1 Pevnost v tlaku

Pevnost betonu v tlaku se zjišťuje nejčastěji:

- Jádrovým vývrtem
- Schmidtovým tvrdoměrem
- Ultrazvukovou impulzovou metodou

Jádrový vývrt

Jedná se o semidestruktivní zkoušku, kdy je konstrukce narušena vyvrtáním otvoru za pomoci jádrové korunky s diamantovými segmenty chlazenými vodou. Po odebrání jádrového vývrtu vznikne v konstrukci otvor (obr. 4.1), který se zapraví betonem. Rozměr vrtáku se volí podle maximální velikosti zrna kameniva použitého v konstrukci. Poměr největšího zrna kameniva a vrtáku nesmí být menší než 1:3. Z jádrového vývrtu se odebírají zkušební válcová tělesa, která následně v laboratoři rozdrtíme v lisu (obr. 4.2) a ověřujeme jejich válcovou pevnost v tlaku. Výška a průměr zkušebního tělesa by měly být v poměru 1:1 až 2:1.



Obr. 4.1: Otvor vzniklý po jádrovém vývrtu



Obr. 4.2: Zkušební válcové těleso z jádrového vývrtu drcené v lisu

Schmidtův tvrdoměr

Pevnost betonu v tlaku za pomoci odrazového tvrdoměru je zkouška nedestruktivní a nijak tedy konstrukci nenarušuje. Pro betonové konstrukce se používá Schmidtův tvrdoměr typu N nebo L, který je uveden na obr. 4.3. Tvrdoměry se rozlišují podle vyvozené energie razníku. Při zkoušce pevnosti betonu v tlaku se měří odskok razníku od povrchu konstrukce.



Obr. 4.3: Schmidtovo kladívko Proceq typ N (převzato z [10])

Dle samotného Schmidtova tvrdoměru však nelze určit pevnost betonu v tlaku. Pro stanovení pevnosti betonu v tlaku je potřeba vytvořit kalibrační vztah, tj. přímý vztah mezi zjištěnými hodnotami odrazu tvrdoměru a pevností betonu v konstrukci zjištěné na jádrových vývrtech.

Ultrazvuková impulzová metoda

Ultrazvukovou impulzovou metodou lze identifikovat daný problém konstrukce uvnitř struktury, přestože se jedná o nedestruktivní zkoušku. Měření touto metodou je založeno na době průchodu ultrazvukových impulzů materiálem a stanovení rychlosti šíření těchto impulzů. Ultrazvuková impulzová metoda se využívá pro prvky přístupné z obou stran (trámy, sloupy), kde prozvučujeme danou konstrukci pomocí dvou sond. Měření lze provádět pomocí přístroje TICO (obr. 4.4).



Obr. 4.4: Přístroj TICO měří dobu a rychlost průchodu ultrazvukových impulzů (převzato z [11])

4.1.2 Karbonatace betonu

Nejčastěji využívanou metodou v terénu pro zjištění karbonatace betonu je použití 1% roztoku fenolftaleinu, který se aplikuje přímo na betonový povrch konstrukce. Beton, který má $\text{pH} \geq 9,5$ se zbarví do fialova (obr. 4.5). Beton, jehož povrch se nezabarví, ukazuje hloubku karbonatace. Výztuž v prostředí s $\text{pH} < 9,5$ podléhá korozi.



Obr. 4.5: Zkouška karbonatace betonu (převzato z [12])

Další možností je použití 1% roztoku kyseliny chlorovodíkové, díky níž se zjistí přítomnost sekundárních chloridů v betonu. Pokud je vrstva betonu zkarbonatovaná, vzniká silně bouřlivá reakce.

4.1.3 Chemický rozbor

Tato zkouška se provádí v laboratoři na odebraném vzorku z konstrukce. V souladu s ustanovením ČSN 72 0100 „Základní postup rozboru silikátů“ se zjistí na vzorcích betonu chemickou analýzou podíl těchto složek:

- Chloridy
- Sírany
- Oxid vápenatý
- Oxid manganatý

- Nerozložitelný podíl

Z tohoto rozboru lze zjistit množství cementu v betonu, jež má značný vliv na kvalitu betonu a určuje, do jaké míry konstrukce odolává agresivním vlivům prostředí. Na základě těchto poznatků lze odhadnout chování betonu v daném prostředí, rychlost degradace a koroze výztuže.

U konstrukcí z 30. až 50. let 20. století se kontroluje výskyt hlinitanového betonu. Jeho přítomnost v konstrukci se zjišťuje vizuálně. Hlavním znakem hlinitanového betonu je rezavě hnědá barva pojiva. Hlinitanový beton se vyznačuje rozkladem pojiva v betonovém prvku a následné ztrátě únosnosti celé konstrukce.

4.1.4 Objemová hmotnost betonu

Objemová hmotnost betonu se zjišťuje v laboratoři z odebraných jádrových vývrtů nebo pomocí nedestruktivních zkoušek radiometricky nebo ultrazvukem na rovnoměrně rozložených zkušebních místech, jejichž počet zkušebních míst udává v tabulce norma ČSN 73 2011. Objemová hmotnost betonu se stanoví jako aritmetický průměr všech zjištěných objemových hmotností na konstrukci. [4]

4.1.5 Stejnorodost betonu

Stejnorodost betonu je vlastnost betonu, při níž jsou sledované vlastnosti tak malé, že se dají vyjádřit jednou průměrnou hodnotou. Pro vyhodnocení stejnorodosti betonu je využívána některá z následujících vlastností:

- Pevnost betonu v tlaku
- Pevnost betonu v tahu
- Rychlost šíření impulzů ultrazvukového vlnění
- Objemová hmotnost

Na základě určení variačního součinitele V_x a rozdílu znaků zjištěných na sousedních místech Δ se podle tabulky uvedené v normě ČSN 73 2011 určí, zda je beton stejnorodý či nestejnorodý. Zkoušení stejnorodosti se smí pouze na povrchu konstrukce, kde nejsou patrné viditelné vady nebo poruchy. [2]

4.1.6 Další zkoušky pro zjištění vlastností betonu

U betonové konstrukce se zjišťují následující vlastnosti:

- **Rovnoměrnost betonu** – zkouší se na rovnoměrně rozložených zkušebních místech na povrchu konstrukce. Tato zkouška vyžaduje provést minimálně 16 zkoušek, z nichž se pak statisticky vyhodnotí rovnorodost betonu. Rovnoměrnost se zjišťuje z pevnosti betonu v tlaku, pevnosti betonu v tahu, rychlosti šíření impulzových ultrazvukových vln a objemové hmotnosti.
- **Modul pružnosti betonu** – zkouší se např. ultrazvukovou impulzovou metodou na rovnoměrně rozmístěných místech na povrchu betonu. Počet zkušebních míst udává v tabulce norma ČSN 73 2011.
- **Hutnost betonu** – zjišťuje se z impulzové rychlosti ultrazvukových vln. Počet zkušebních míst opět udává tabulka normy ČSN 73 2011. Hutnost betonu se stanoví jako aritmetický průměr všech hutností zjištěných na jednotlivých místech konstrukce.
- **Vlhkost betonu** – vyšetřuje se radiometrickou metodou. Počet a rozložení zkoušených míst stanoví organizace pověřená vykonáním zkoušky. [4]

4.2 Pro ocel

- Určení polohy, množství a průměrů výztuže, koroze výztuže

4.2.1 Odsekání krycí vrstvy betonu

Odsekání krycí vrstvy betonu je destruktivní zkouška. Pomocí této metody se dá zjistit množství, poloha, krytí, průměr a druh výztuže v konstrukci.

Při průzkumu neznámé konstrukce je vhodné před provedením sekaných sond ověřit polohu a množství výztuže pomocí vhodných přístrojů (např. georadarem nebo profometrem) a na základě tohoto měření vymezit oblast pro sekanou sondu. Sekacím kladivem se odstraní ohraničená část konstrukce tak, aby došlo k obnažení betonářské výztuže. Průměr výztuže a krytí se určí pomocí posuvného měřidla. Druh

a množství výztuže, případně stupeň koroze, se určí vizuálně. Na obr. 4.6 je zobrazena obnažená výztuž po provedeném odsekání krycí vrstvy betonu.



Obr. 4.6: Obnažená výztuž po provedeném odsekání krycí vrstvy betonu

4.2.2 Georadar

Georadar neboli GPR (Ground Penetrating Radar) je v České republice relativně nová, ne příliš rozšířená metoda pro zjišťování polohy výztuže železobetonového prvku. Přístroj je vyobrazen na obr. 4.7. Měření s georadarem je založeno na principu vysílání elektromagnetických pulzů do zkoumaného prostředí a na následné registraci jejich odrazů od překážek.



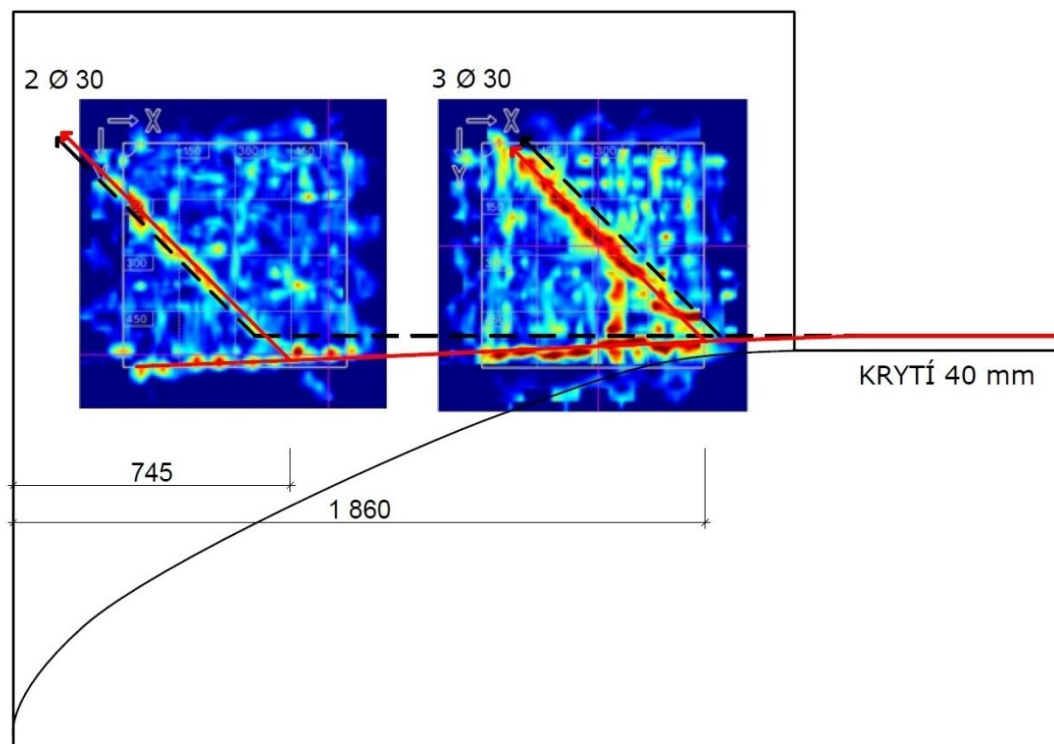
Obr. 4.7: Měřicí přístroj Hilti PS 1000 X-Scan (převzato z [7])

V dnešní době georadarové systémy disponují vysokofrekvenčními anténami (10^9 Hz) s vysokým rozlišením detekovatelných nehomogenit (10^{-2} až 10^{-3} m). S rostoucí frekvencí antény vzrůstá rozlišovací schopnost detekovaných nehomogenit. Díky kratší vlnové délce lze detekovat objekty menších rozměrů, zároveň však klesá hloubkový dosah. To je způsobeno tím, že vyšší frekvence jsou více tlumeny a nemají takovou schopnost průniku materiálem jako frekvence nízké. Proto je při měření georadarem výhodné použít více antén s různými frekvencemi a při zpracování naměřených dat tyto výsledky vzájemně porovnat. Dosah georadaru je do 300 mm s přesností lokalizace a určení hloubky ± 10 mm.

Georadarem lze za pracovní směnu změřit až několik kilometrů profilů. Rychlost sběru dat georadaru umožňuje měřit i při pochozí rychlosti nebo při pomalém pojezdu. Obr. 4.8 znázorňuje měření pomocí georadaru. Výhodné je, že díky georadaru lze naměřená data zpracovat a vyhodnocovat i dodatečně (obr. 4.9).



Obr. 4.8: Měření pomocí přístroje Hilti PS 1000 X-Scan



Obr. 4.9: Vyhodnocení měření georadarem: porovnání rozložení výztuže zjištěné georadarem (červeně) s radiografickou metodou (černě)

Při ručním měření s georadarem nedosahují výsledná data takové kvality, jako při použití automatického GPR skeneru. Automatický GPR skener je zařízení, které je pevně spojeno s konstrukcí a posunuje měřící GPR anténou v předem stanovené síti měřících bodů. Tím je zaručena dostatečná přesnost určení pozice měřených bodů i požadovaná hustota měřených dat. [3]

4.2.3 Elektromagnetický indikátor polohy výztuže

Elektromagnetický indikátor (tzv. profometr) se využívá k určení polohy a množství výztuže v železobetonové konstrukci. Pomocí profometru lze také zjistit průměry a krytí výztuže, případně lokalizaci výztuže pro bezpečné vrtání.

Tato metoda je založena na změně elektromagnetického pole v blízkosti kovového vodiče. Budící cívky vytváří v okolí sondy elektromagnetické pole. Vlivem vnějšího

pole vzniká ve výztuži vířivý proud, který je snímán cívkami. Čím blíže je výztuž u sondy, tím větší je odezva přístroje.

Vylepšené funkce nabízí Profometer PM-630 (obr. 4.10), který využívá dotykový displej a umožňuje tak okamžité zobrazení průběhu měření. Má integrovanou sondu se čtyřmi kolečky a kromě tradiční zvukové signalizace je na sondě i světelná signalizace umožňující lokalizaci výztuže i v nedostatečně osvětlených prostorech.



Obr. 4.10: Určení polohy výztuže pomocí přístroje Profometer PM-630 (převzato z [7])

Profometer PM-630 umožňuje stanovení množství a polohy výztuže u existujících železobetonových konstrukcí, kontrolu krycí vrstvy betonu u nově prováděných konstrukcí, odhad průměru výztuže (při hloubce měření do 50 mm a při vzdálenosti sousední výztuže od 50 mm) a lokalizaci výztuže v místech budoucích prostupů či vývrtů. Přístroj má dosah 80 mm ve standardním režimu a 150 až 200 mm v hloubkovém režimu. [7]

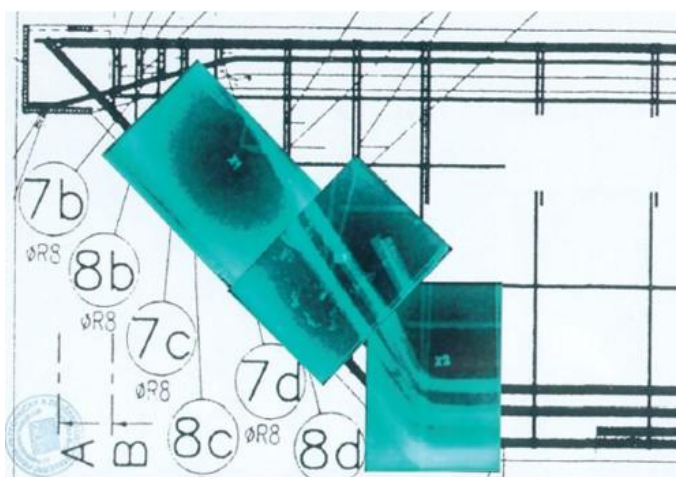
4.2.4 Radiografická metoda

Pomocí radiografické metody lze určit polohu výztuže uložené i ve více vrstvách, průměr, krytí a druh výztuže.

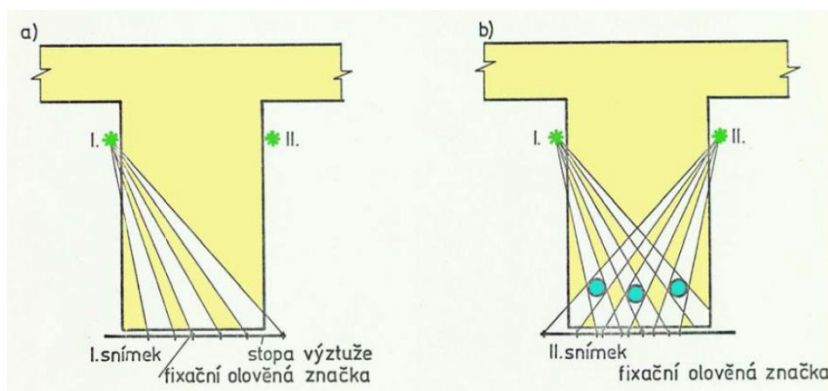
Radiografická metoda funguje na principu průchodu ionizujícího záření prostředím, ve kterém je toto záření zeslabováno. Míra zeslabení prošlého záření je závislá

na velikosti hustoty toku záření, energii záření, objemové hmotnosti, chemickém složení a tloušťce prozařovaného prvku. Jako zářič se nejčastěji využívá kobalt Co60 umístěný v defektoskopickém krytu. Měření probíhá tak, že se do konstrukce vyvrtají otvory, do nichž se umístí zářič a provede se snímkování v několika krocích zhruba po 200mm vzdálenostech kolmo k hlavní výztuži. Prošlé záření se zaznamená na radiografický film o rozměrech $0,3 \times 0,4 \text{ m}$.

U železobetonových konstrukcí se poloha výztuže na snímcích projeví světlejšími stopami zmenšeného zčernání způsobenými průmětem výztuže na rentgenový film. Zaznamenání výztuže na snímcích je zobrazeno na obr. 4.11. Nakonec se z průmětů jednotlivých prozařování vykreslí poloha a průměr výztuže. Princip postupu pro určení polohy výztuže s využitím radiografie je znázorněn na obr. 4.12. [2]



Obr. 4.11: Zaznamenání polohy výztuže pomocí radiografických snímků (převzato z [13])



Obr. 4.12: Postup při vyhodnocování radiogramů (převzato z [2])

4.2.5 Porovnání metod pro určení polohy výztuže

Parametry a omezení jednotlivých metod pro diagnostikování výztuže v železobetonových konstrukcích uvádí tabulka 2.

	Metody zkoušení	Parametry	Omezení
Destruktivní	Odsekání krycí vrstvy betonu	• Určení množství, polohy, krytí, průměru, druhu a míry koroze výztuže	• Poškozuje konstrukci
Nedestruktivní	Georadar	• Určení množství, polohy, krytí a průměru výztuže • Rychlé a pohodlné měření • Rychlé vyhodnocení naměřených dat • Lokalizace výztuže pro bezpečné vrtání • Lepší hloubkový dosah než profometr	• Nelze určit druh výztuže • Nelze stanovit míru koroze výztuže
	Elektromagnetický indikátor polohy výztuže	• Určení množství, polohy, krytí a průměru výztuže • Lokalizace výztuže pro bezpečné vrtání	• Nelze rozeznat pruty, které jsou blízko u sebe nebo ve více vrstvách • Nelze určit druh výztuže • Nelze stanovit míru koroze výztuže
	Radiografická metoda	• Určí průběh výztuže v silně vyztužených konstrukcích • Určení množství, polohy a druhu ocelové výztuže • Určení množství, polohy a kvality zainjektování předpjaté výztuže	• Značné rozměry zařízení + hmotnost • Bezpečnostní opatření při měření • Složité vyhodnocení zkoušek

Tab. 2: Porovnání metod na výztuž

4.2.6 Koroze výztuže

Koroze výztuže snižuje soudržnost výztuže s betonem, nepříznivě působí na okolní beton a oslabuje vlastní průřez výztuže. Obvykle se projevuje ve vlhkém prostředí, pokud má k výztuži přístup kyslík a chemický vliv.

Korozi podporují následující činitelé: náchylnost ocele ke korozi, obsah siřičitanů, siřičitanů a chloridů v betonu, nedostatečná alkalita betonu, malé krytí výztuže betonem, nedokonalé zhutnění krycího betonu, nedokonalé zainjektování kabelových kanálků, trhliny nebo vliv prostředí (např. vlhkost).

Vnější příčiny způsobují tzv. elektrochemickou korozi, ke které dochází, pokud vznikne korozní (galvanický) článek tak velké elektromotorické síly, že vyvolá korozi.

Při korozi ocelové výztuže v betonu probíhá elektromechanická reakce v elektrolytickém prostředí vlhkého betonu, které působí jako elektrolyt. Na anodě se z výztuže odlučují ionty železa a přecházejí do elektrolytu. Reakce probíhají na styku výztuže a elektrolytu. V elektrolytu se z iontů Fe^{2+} a OH^- vytváří rez, která se ukládá na povrch výztuže. Tento souvislý povlak zvyšuje polarizaci, brzdí průběh vzniku další koroze a zajišťuje pasivaci.

Hydratace složek cementu způsobuje v betonu vznik alkalického prostředí s $\text{pH} \approx 12,5$, které zajišťuje imunitu nebo pasivaci. V případě imunity nemůže ke korozi dojít. Pasivace je zajištěna tím, že je výztuž pokryta vrstvou oxidů, jež brání korozi výztuže. [1]

Pro stanovení stupně koroze výztuže bez porušení se v praxi používá přístroj CANIN firmy Proceq využívající poločláňkovou metodu.

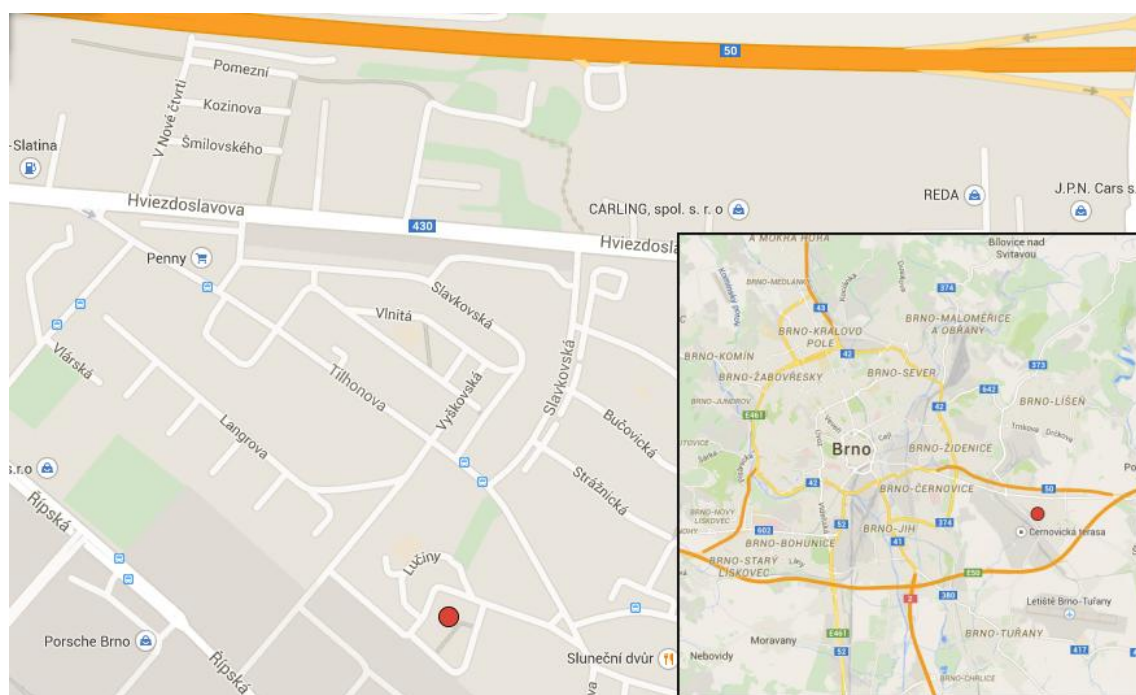
B. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA

5.1 Úvod

5.1.1 Popis objektu

V rámci této diplomové práce byl řešen stavební průzkum a diagnostika bytového domu. Objekt se nachází v katastrálním území Brno v městské části Brno - Slatina na ulici Lučiny. Poloha objektu je znázorněna na obr. 5.1.



Obr. 5.1: Lokalizace objektu na mapě (převzato z [9])

Půdorysný tvar objektu připomíná písmeno „L“ (obr. 5.2). Na obrázcích 5.3 a 5.4 je patrný způsob vyřešení dvou horních pater. Objekt je v mnoha ohledech nesymetrický, což má za následek nerovnoměrné rozložení zatížení.

Objekt slouží výhradně jako bytový dům. 1. až 7.NP je určeno pro byty. 1.PP je rozděleno na dvě části – zónu s garážovými stáními a zónu se sklepními kóji a technickým zázemím. V celém objektu jsou dvě schodiště s výtahovými šachtami.



Obr. 5.2: Situace objektu (převzato z [9])



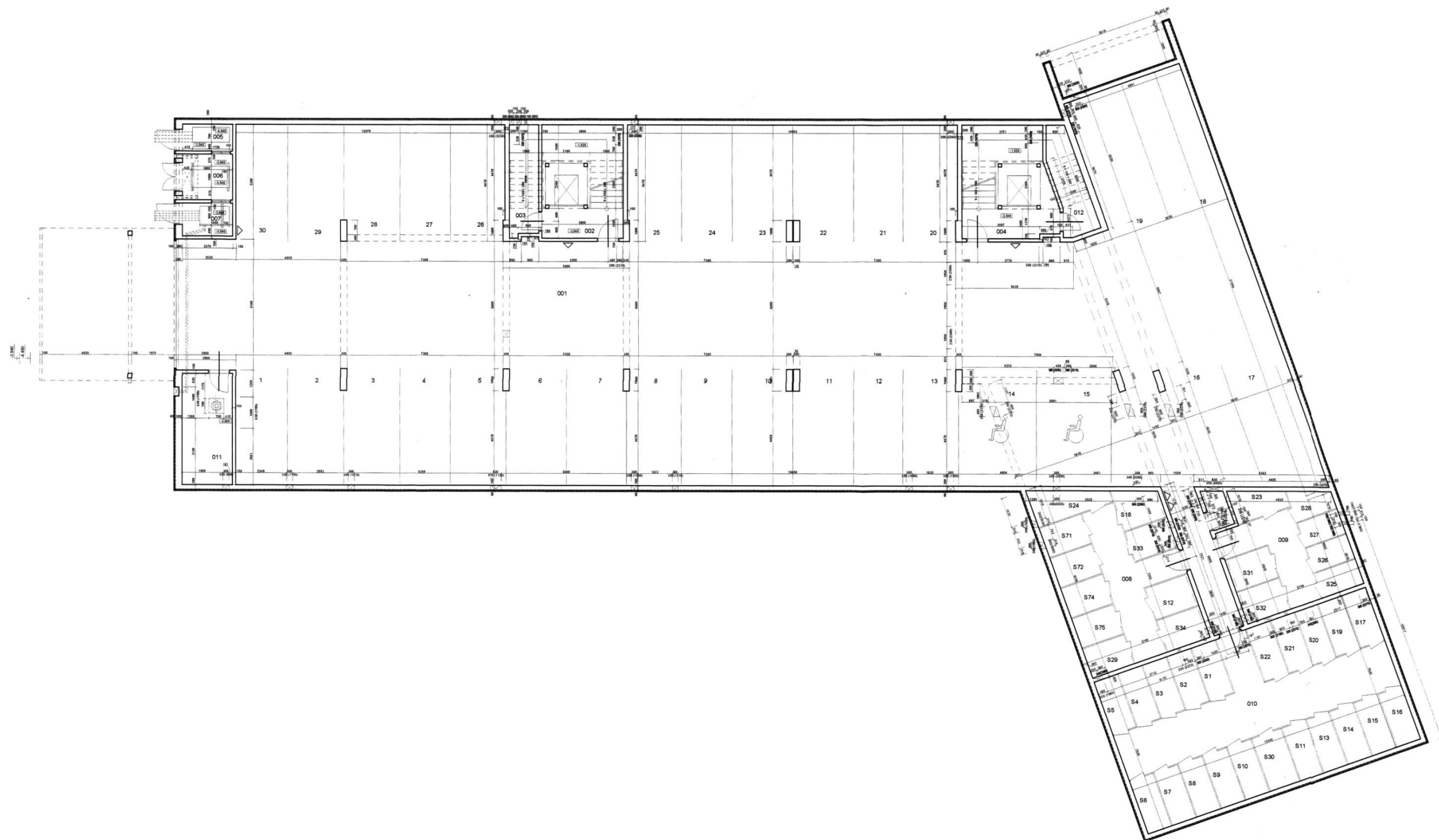
Obr. 5.3: Jihovýchodní pohled na objekt



Obr. 5.4: Severozápadní pohled na objekt

Z výkresu půdorysu 1.PP (obr. 5.5) je patrný konstrukční systém objektu. Jedná se o osmipodlažní železobetonový rámový skelet, avšak některé průvlaky jsou navrženy ze svařených ocelových I profilů. Hlavními nosnými prvky jsou železobetonové stěny tloušťky 200 mm po obvodu konstrukce, sloupy o rozměrech 1 000 x 300 mm, průvlaky o rozměrech 300 x 460 mm situované převážně v příčném směru a stropní deska tloušťky 280 mm. Objekt je rozdělen na dva dilatační celky, což je patrné ze zdvojených sloupů.

Technická zpráva udává, že objekt je založen na plovoucích pilotách o průměru 900 mm a 1 200 mm.



Obr. 5.5: Pūdorys 1.PP

5.1.2 Poruchy

Hlavním důvodem vznesení žádosti na provedení stavebně technického průzkumu byly značné poruchy v podobě trhlin, které objekt vykazoval již od své výstavby. Při prvotním vizuálním ohledání objektu byl zaznamenán značný výskyt trhlin nejčastěji v 1.NP. Dále byly zaznamenány okem viditelné průhyby stropních desek a podlahy v 1.PP, na nichž se vyskytovalo rozsáhlé množství trhlin.

5.2 Návrh průzkumu

Stavebně technický průzkum měl objasnit skutečný stav konstrukce, zejména ověřit geometrii, stav použitých materiálů a příčinu poruch.

Během předběžného STP bylo zjištěno rozsáhlé množství poruch, na jejichž základě bylo rozhodnuto o provedení podrobného STP se zaměřením na průhyby stropních desek, podlahy a průvlaků v 1.PP, pasport poruch v 1.PP, výztuž ve stropních deskách v 1.PP a beton ve stropních deskách v 1.PP.

Bylo navrženo osazení měřících základů N1, N2 a N3 na nosných stěnách v 1.NP (přesnou polohu míst měřících základů v 1.NP zobrazuje obrázek 5.6) a měřících základů P1, P2, P3 a P4 na stropních deskách v 1.PP (přesnou polohu míst měřících základů v 1.PP zobrazuje obrázek 5.7). Pomocí těchto měřících základů bude v následujícím jednom roce zaznamenáván pohyb sledovaných trhlin.

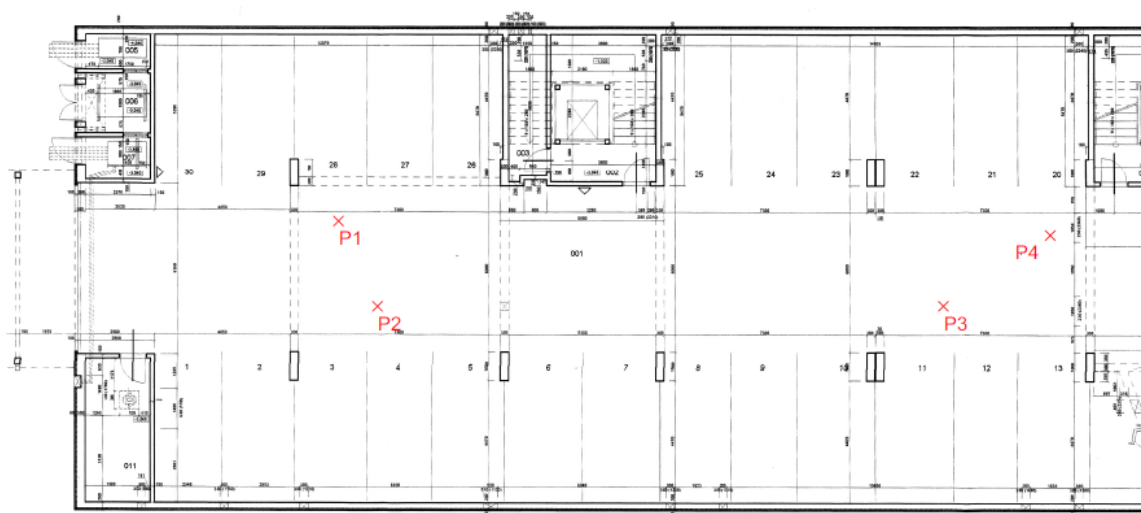
Volbu míst pro osazení měřících základů určila povaha jednotlivých trhlin. Měřící základny byly osazeny na místech s maximálním rozevřením trhlin a to tak, aby měření probíhalo vždy v kolmém směru k měřené trhlíně.

Měřící základna N1 v 1.NP byla osazena ve svislém směru (obr. 5.8). Měřící základna N2 v 1.NP byla osazena ve svislém i ve vodorovném směru (obr. 5.9). Měřící základna N3 v 1.NP byla osazena ve svislém směru (obr. 5.10).

Měřící základna P1 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlínu (obr. 5.11). Měřící základna P2 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlínu (obr. 5.12). Měřící základna P3 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlínu (obr. 5.13). Měřící základna P4 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlínu (obr. 5.14).



Obr. 5.6: Schematické znázornění polohy míst osazených měřicích základen
N1, N2, N3 v 1.NP



Obr. 5.7: Schematické znázornění polohy míst osazených měřicích základen
P1, P2, P3, P4 v 1.PP



Obr. 5.8: Měřicí základna N1 v 1.NP byla osazena ve svislém směru



Obr. 5.9: Měřicí základna N2 v 1.NP byla osazena ve svislém i ve vodorovném směru



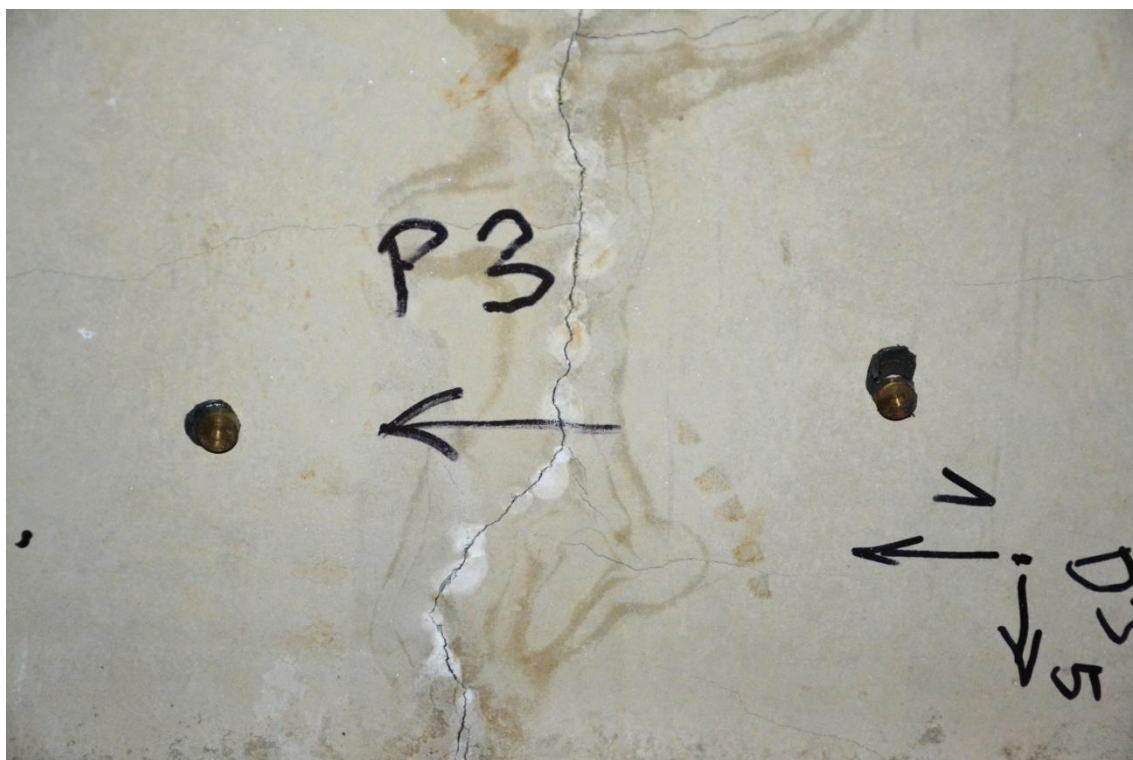
Obr. 5.10: Měřicí základna N3 v 1.NP byla osazena ve svislém směru



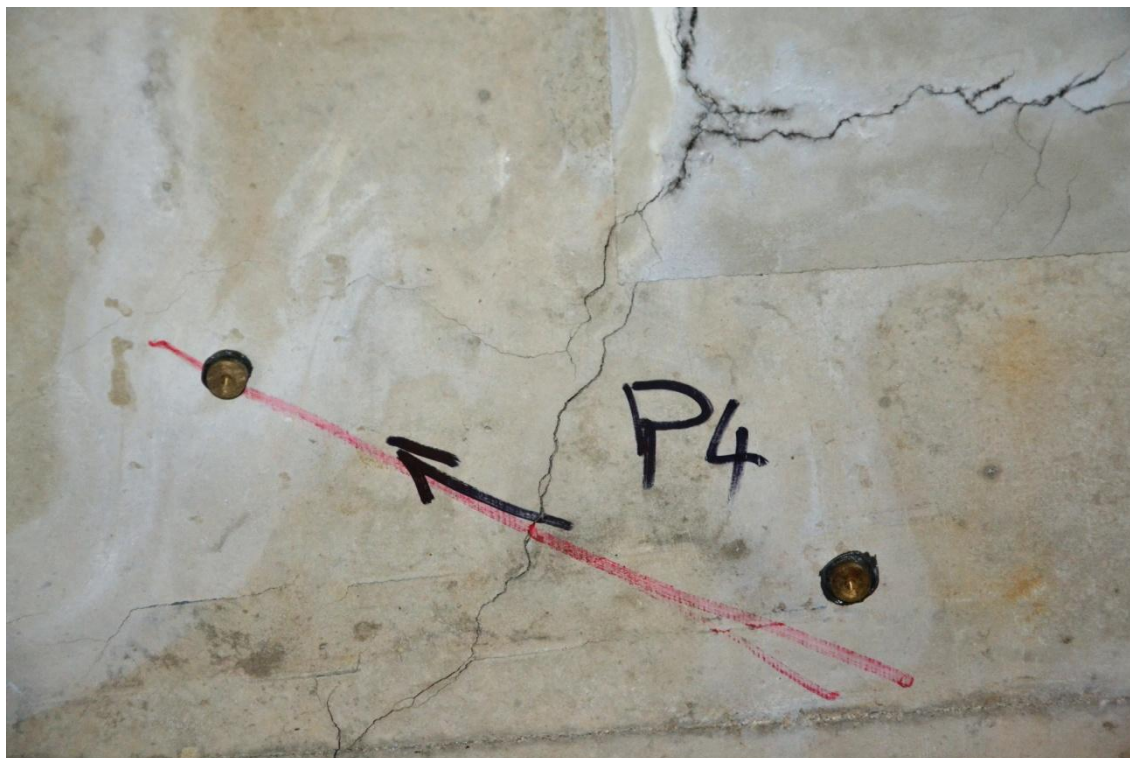
Obr. 5.11: Měřicí základna P1 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu



Obr. 5.12: Měřicí základna P2 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu



Obr. 5.13: Měřicí základna P3 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu



Obr. 5.14: Měřicí základna P4 v 1.PP byla osazena v jednom směru kolmo na trhlinu

5.3 Průzkum

Standardní stavebně technický průzkum sestával:

- Průhyby stropních desek, podlahy a průvlaků v 1.PP
- Pasport poruch v 1.PP
- Výztuž ve stropních deskách v 1.PP
- Beton ve stropních deskách v 1.PP

5.3.1 Průhyby stropních desek, podlahy a průvlaků v 1.PP

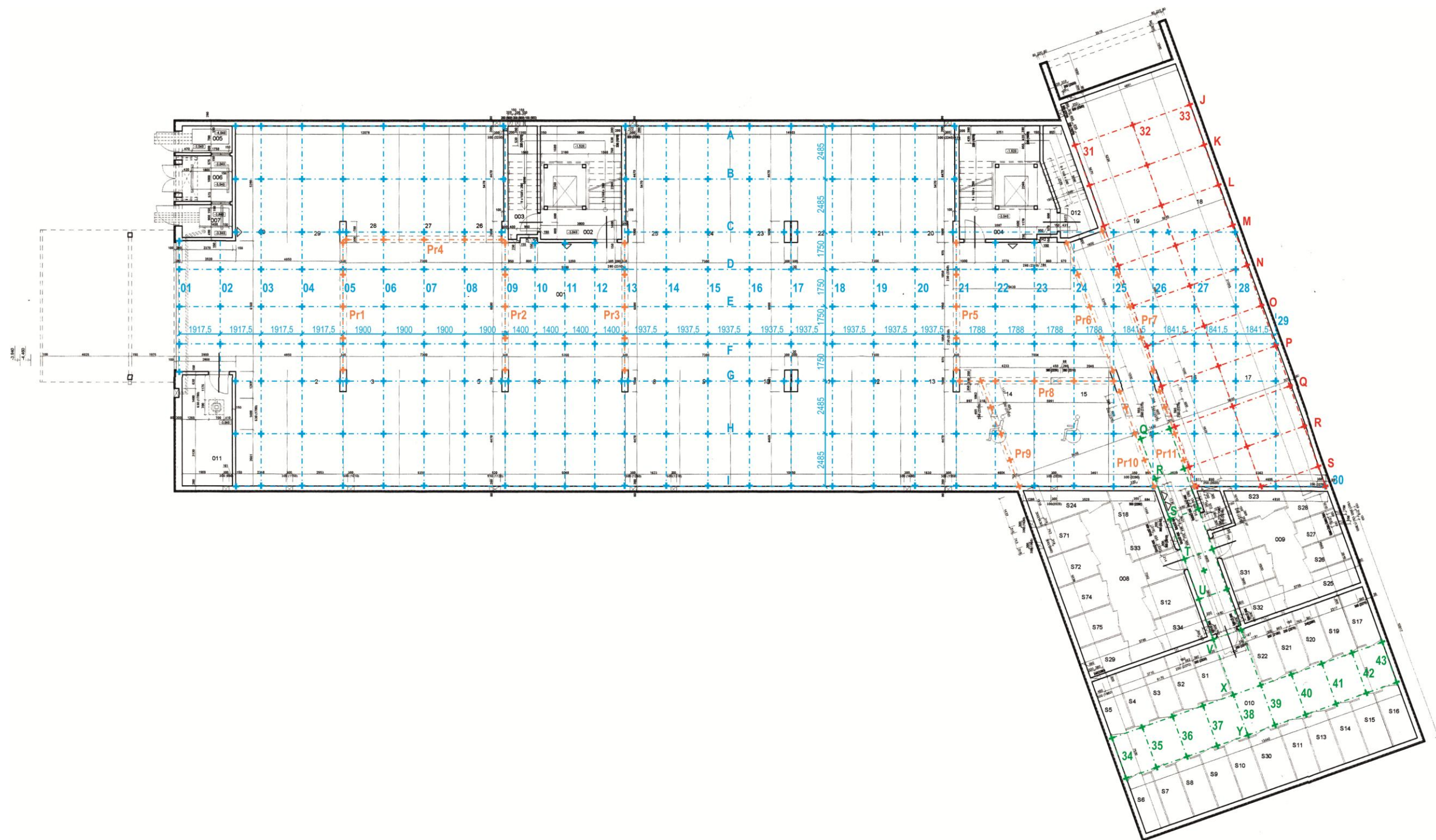
Ke zjištění průhybů stropních desek, podlahy a průvlaků v 1.PP byla použita metoda laserové nivelace. Nejprve byla do půdorysu stávajícího stavu navržena v programu AutoCAD síť bodů, které bylo třeba zaměřit. Rozmístění bodů je patrné z obrázku 5.15. Návrh sítě byl rozdělen do tří oblastí (modrá, červená a zelená). Některé body mezi těmito oblastmi byly zvoleny duplicitně, což mělo zajistit správnou návaznost

horizontální nivelační roviny mezi oblastmi.

Modrá síť je tvořena body značenými v příčném směru písmeny A až I a v podélném směru čísla od 01 do 30. Měření modré sítě bylo prováděno po jednotlivých polích a vždy tak, že byly zaměřovány body A až E z jednoho stanoviště a body E až I z druhého stanoviště. Bod E byl zaměřován dvakrát kvůli návaznosti horizontální nivelační roviny. Dvakrát byly také zaměřovány krajní body jednotlivých polí, tj. body 5, 9, 13, 17, 21, 25. Obdobně bylo provedeno zaměření červené (body značené J až S, od 31 do 33) a zelené sítě (body značené Q až Y, od 34 do 43). Průvlaky byly rozděleny na čtvrtiny a vzniklo tak 5 míst k zaměření: před uložením (pravá i levá strana), ve čtvrtině (pravá i levá strana) a uprostřed.

Síť byla vyměřována na podlahu a jednotlivé body byly zakreslovány pomocí fixu. Na každý bod (na podlaze i na pomyslný bod na stropní desce) byla ve svislé rovině přiložena měřicí tyč a podle laserového paprsku v horizontální rovině vysílaným laserovým nivelačním přístrojem byla na této tyči odměřena výška.

Takto byly postupně zaměřeny všechny body a naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulek.



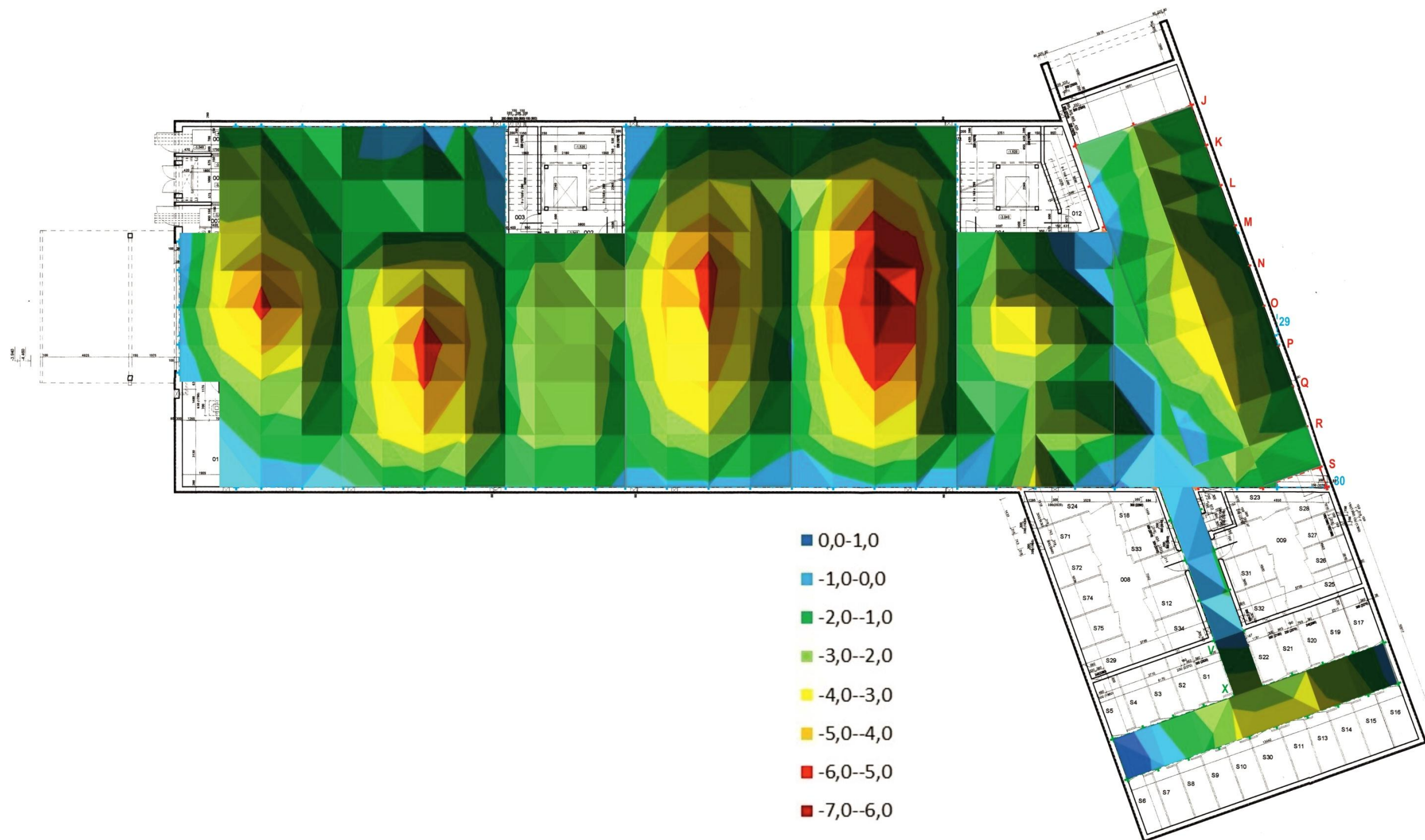
Obr. 5.15: Půdorys 1.PP s okótovanou bodovou sítí pro laserové měření nivelace

Pomocí programu Excel pak byly vypočítány hodnoty průhybů stropních desek, podlahy a průvlaků v jednotlivých polích a byly vytvořeny grafy, ze kterých lze odvodit průhyby jednotlivých konstrukcí. Pro stropní desky a podlahu byl použit povrchový obrysový graf, pro průvlak bodový s vyhlazenými spojnicemi a značkami. Pro lepší ilustraci návaznosti průhybů stropních desek a podlah v jednotlivých polích byly obrysové grafy vloženy do půdorysu. Výsledky průhybů stropních desek jsou patrné z obrázku 5.16 a podlahy z obrázku 5.17. Výsledky průhybů průvlaků znázorňuje obrázek 5.18.

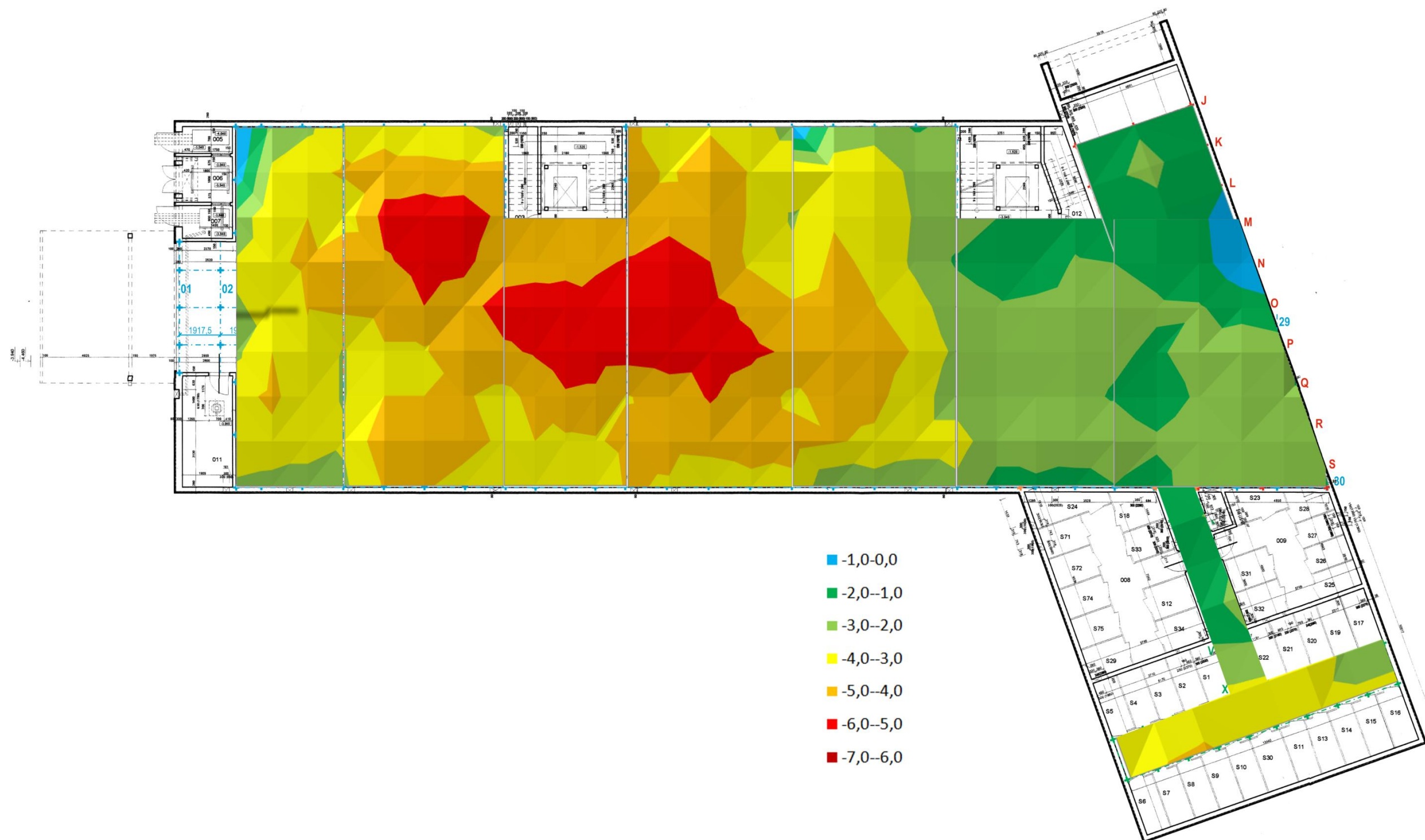
Největší průhyb stropní desky byl zaznamenán u desky v 5. poli od vjezdu do garáže. Maximální hodnota tohoto průhybu uprostřed desky činí 6,8 cm. U desky v 1., 2. a 4. poli se průhyby pohybují kolem 5,5 cm.

Největší průhyb podlahy byl zaznamenán ve 4. poli od vjezdu do garáže a jeho hodnota činí 5,8 cm. Další výrazné průhyby na podlaze vykazuje 2. pole s hodnotou 5,6 cm a hranice 3. a 4. pole s hodnotou 5,7 cm.

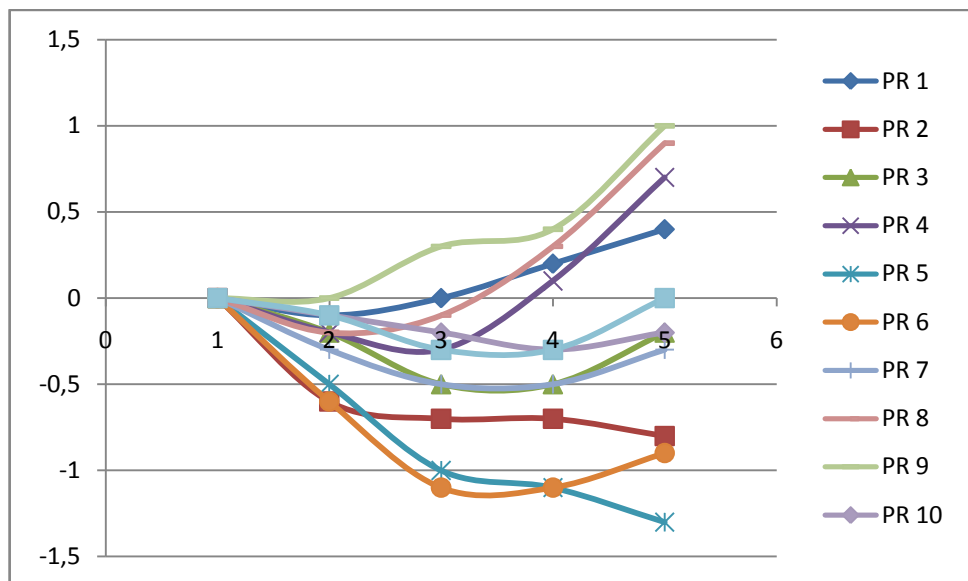
Přesné hodnoty průhybů v jednotlivých bodech jsou interpretovány v příloze.



Obr. 5.16: Grafické znázornění průhybů stropních desek v 1.PP



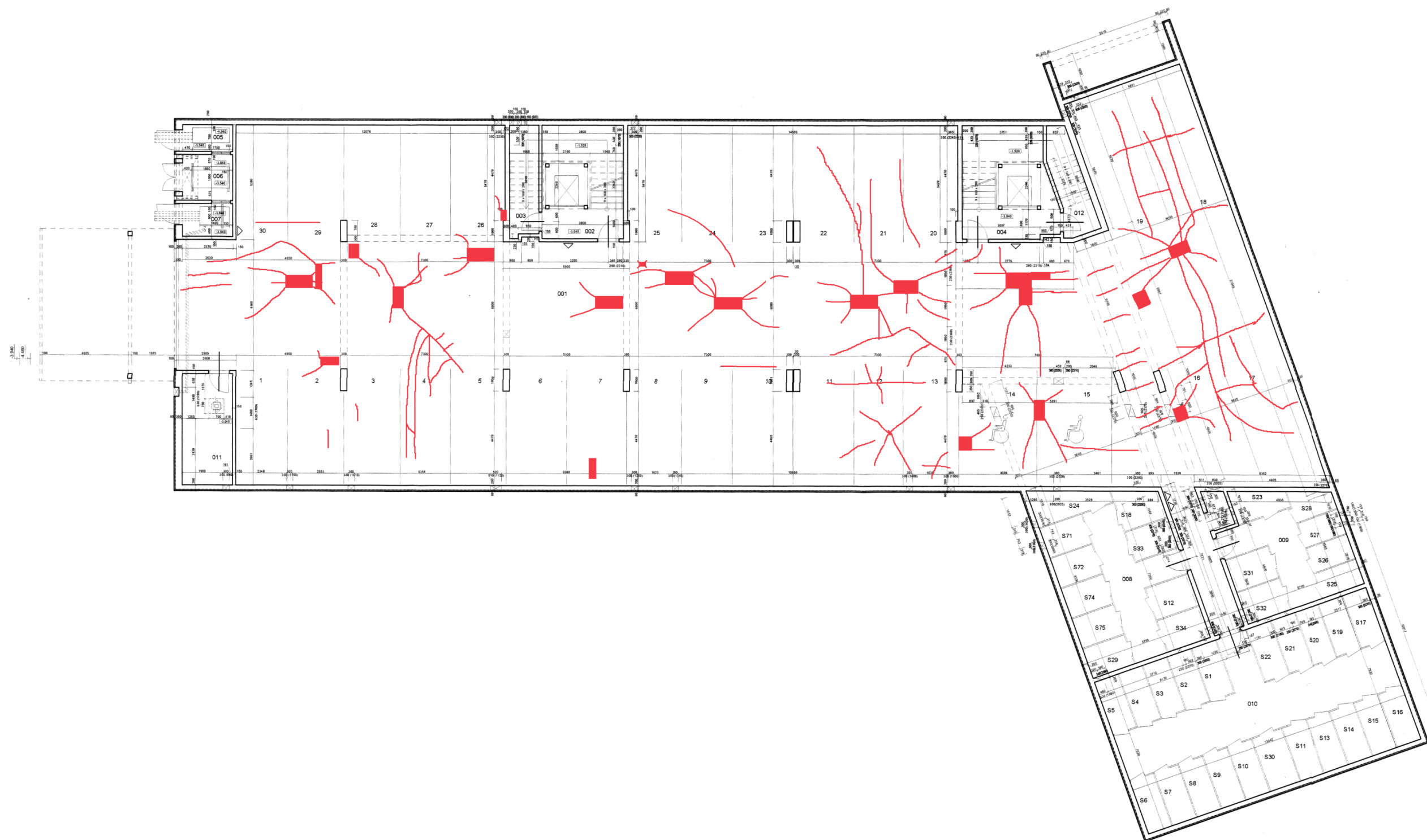
Obr. 5.17: Grafické znázornění průhybů podlahy v 1.PP



Obr. 5.18: Grafické znázornění průhybů průvlaků v 1.PP

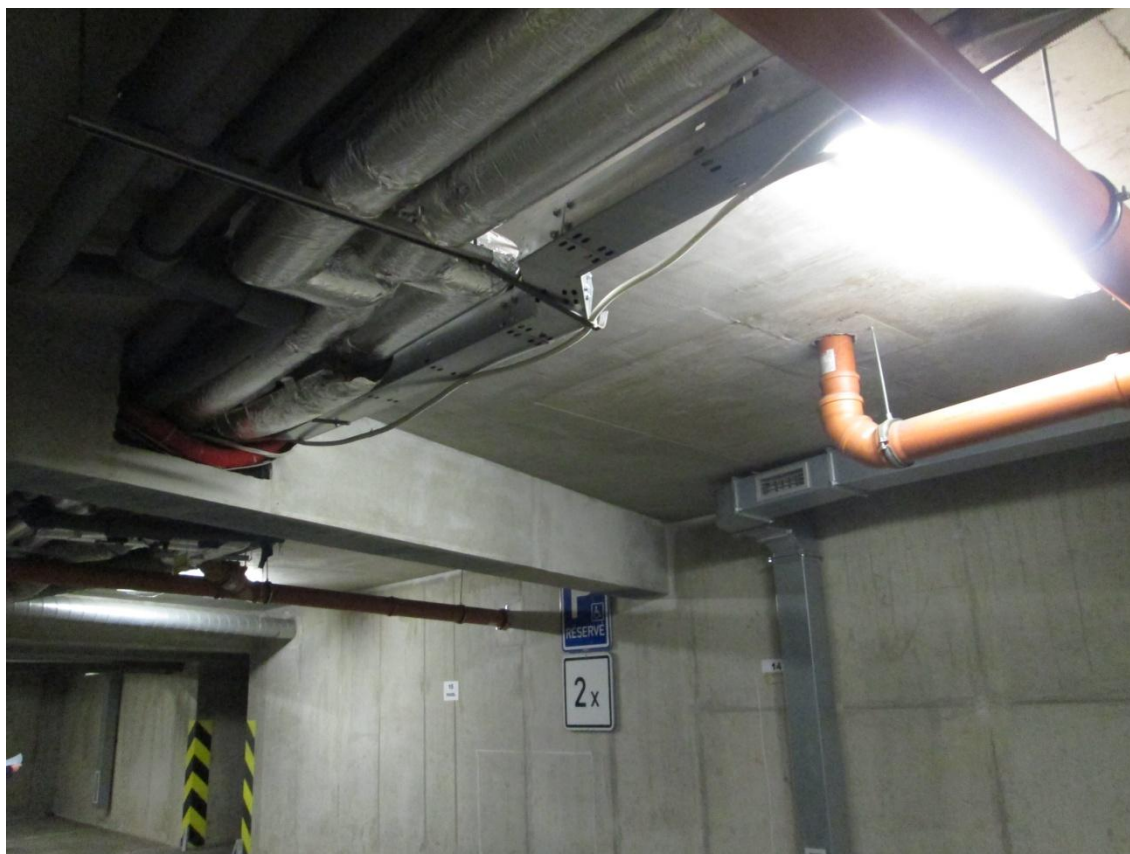
5.3.2 Pasport poruch v 1.PP

Během podrobného STP byl proveden pasport trhlin, kdy byly do výkresu zaznamenány veškeré viditelné trhliny na stropních deskách v 1.PP (obr. 5.19).



Obr. 5.19: Schematické znázornění polohy trhliny na stropních deskách v 1.PP

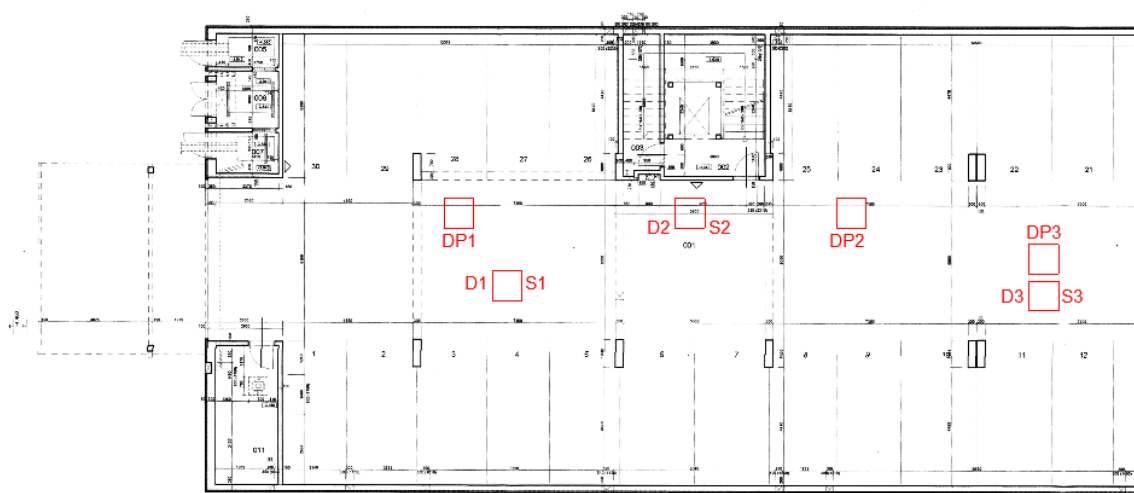
V rámci kontroly stavu objektu a projektové dokumentace bylo zjištěno, že původní projekt počítal s klasickým železobetonovým systémem, avšak před stavbou objektu došlo ke změně. V pozměněném projektu byly navrženy průvlaky ze svařených ocelových I profilů. Ve výkresech také chybělo zakreslení prostupů potrubí TZB vedenými skrz průvlaky a stropní desky. Bylo provedeno kontrolní měření pomocí georadaru kolem prostupů a bylo zjištěno, že okolí těchto prostupů není dostatečně vyztužené. V okolí prostupů bylo také zaznamenáno rozsáhlé množství trhlin, což může s nedostatečným vyztužením úzce souviset. Trhliny v okolí prostupů jsou patrné z obrázku 5.19. Detail stropní desky a průvlaku s prostupem potrubí TZB v 1.PP je znázorněn na obrázku 5.20.



Obr. 5.20: Detail prostupu potrubím TZB skrz stropní desku a průvlak v 1.PP

5.3.3 Výztuž ve stropních deskách v 1.PP

Za účelem zjištění parametrů vyztužení stropních desek bylo pomocí georadaru Hilti PS 1000 a profometru Profometer PM-630 provedeno zaměření výztuže. Celkem bylo změřeno 6 míst. Přesnou polohu měřených oblastí znázorňuje obrázek 5.21.

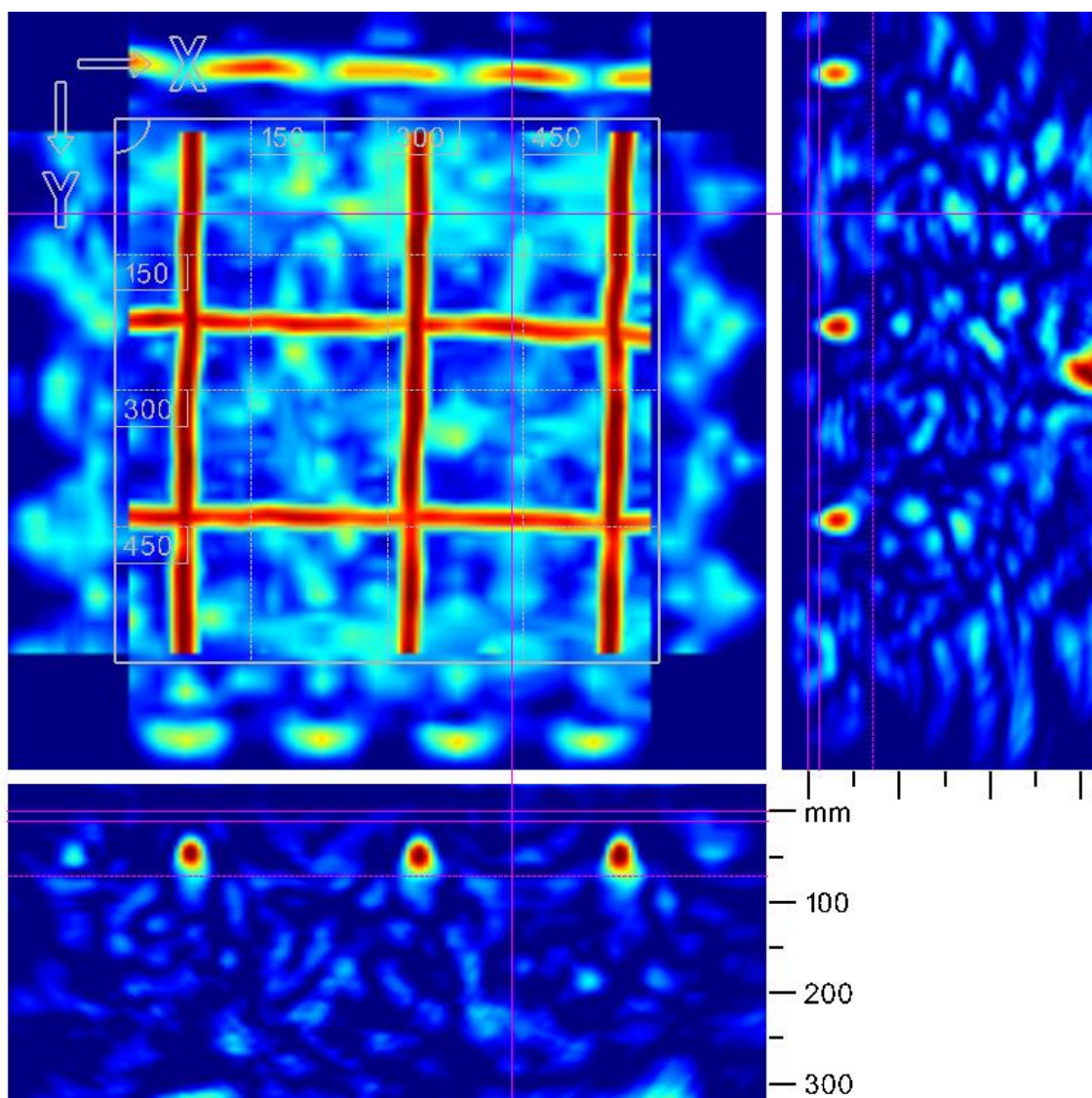


Obr. 5.21: Schematické znázornění polohy měřených oblastí pro zjištění výztuže ve stropních deskách

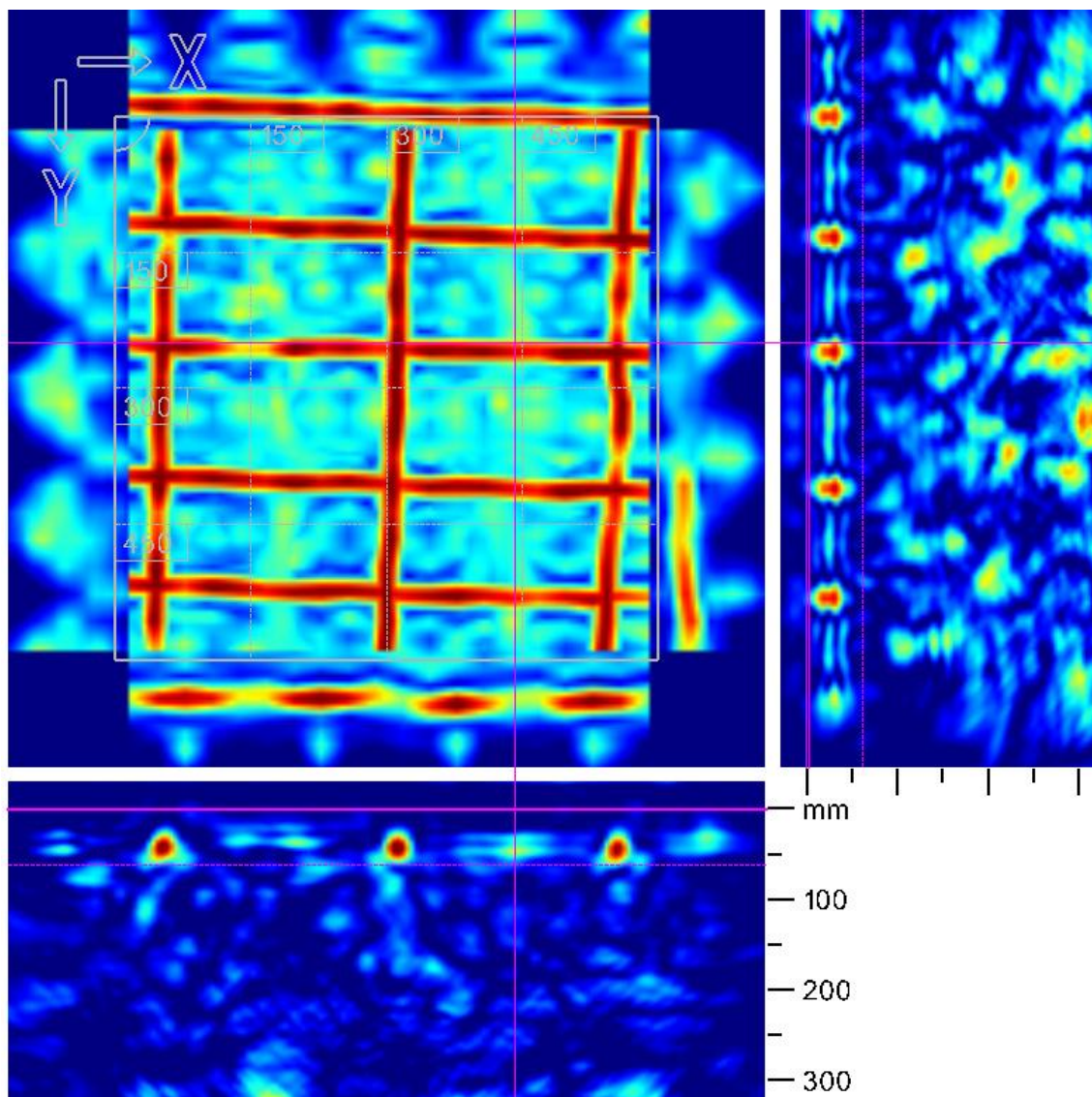
Měření georadarem bylo pro všechny měřené oblasti (jejich poloha je znázorněna na obr. 5.21) prováděno pomocí plošného scanu o rozměrech 600 x 600 mm. Místa pro scany byla volena přibližně uprostřed rozpětí spodního líce stropních desek. Výjimku tvoří scan D2, který byl zvolen v oblasti před schodištěm s výtahovou šachtou.

Grafické výstupy z georadaru na obrázcích 5.22 až 5.27 zobrazují polohu výztuže (půdorysně a ve dvou navzájem na sebe kolmých řezech) ve stropních deskách v oblastech D1, D2, D3 a DP1, DP2, DP3. Z půdorysu lze odvodit vzdálenosti jednotlivých výztuží, z řezu lze odhadnout krytí výztuže.

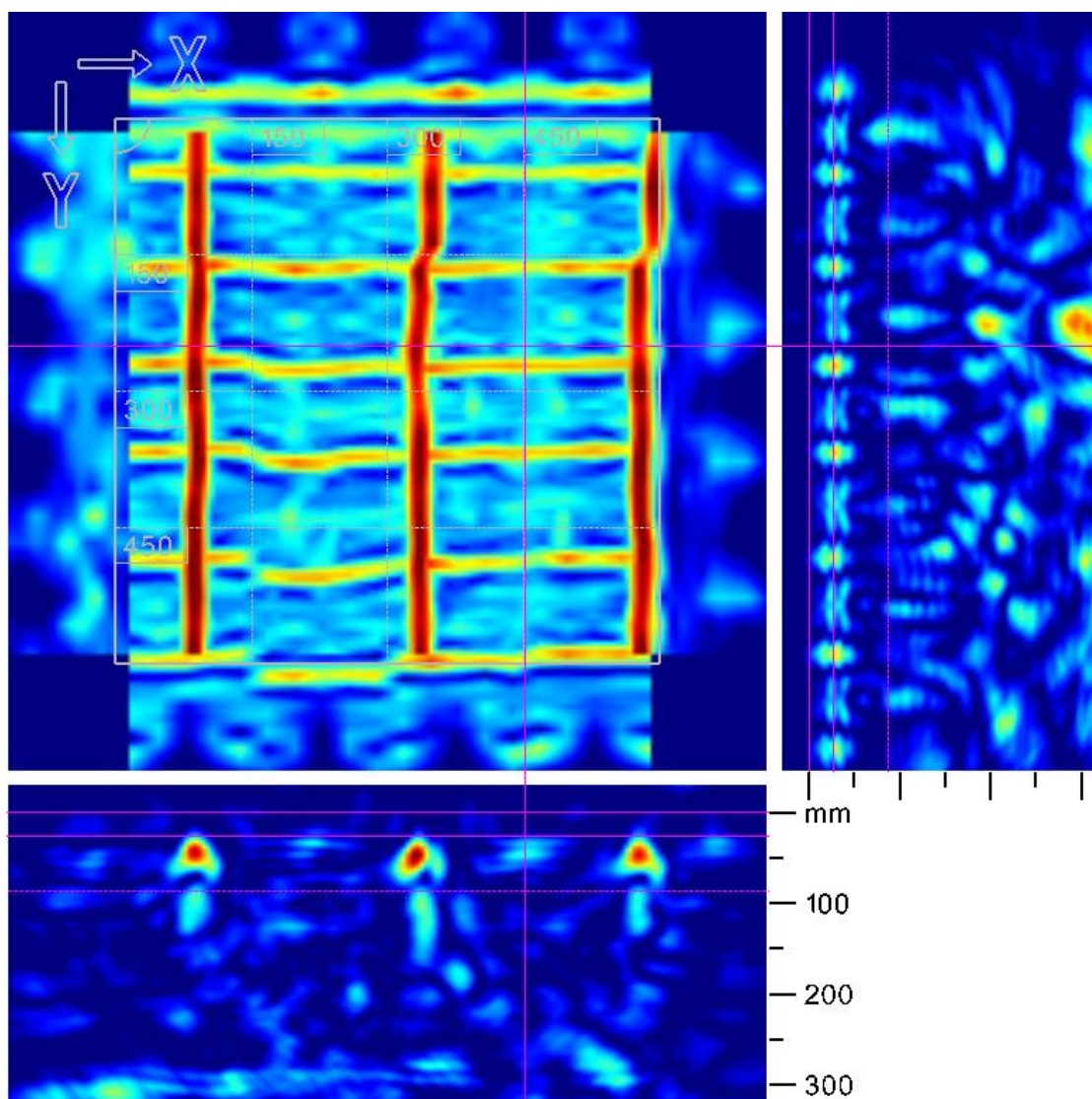
Pro přesný údaj o krytí a průměru výztuže byly použity sekané sondy S1 nacházející se v oblasti radarového scanu D1 (obr. 5.28), S2 nacházející se v oblasti radarového scanu D2 (obr. 5.29) a S3 nacházející se v oblasti radarového scanu D3 (obr. 5.30).



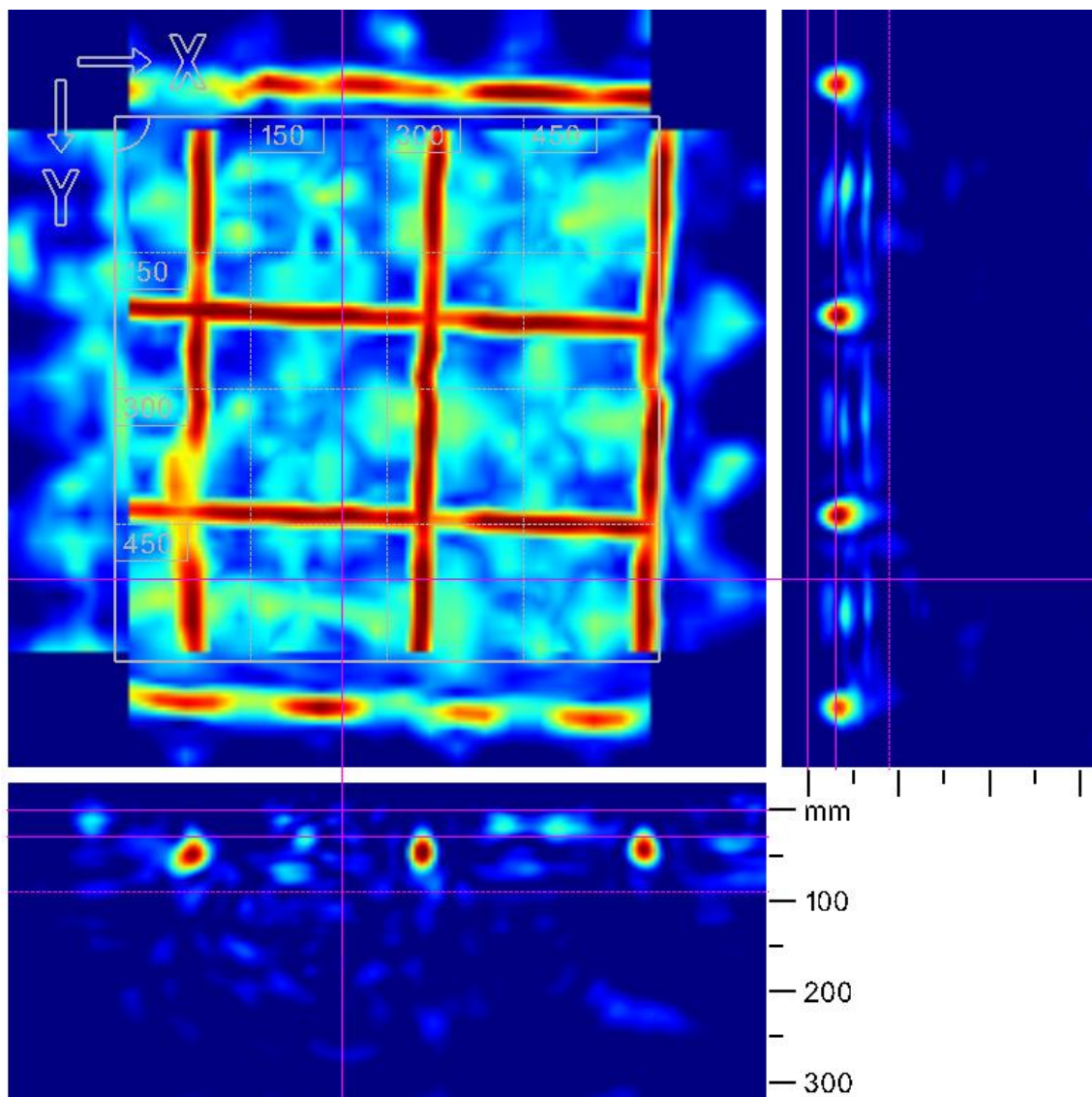
Obr. 5.22: Radarový scan D1 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP
(rozměr scanu 600 x 600 mm)



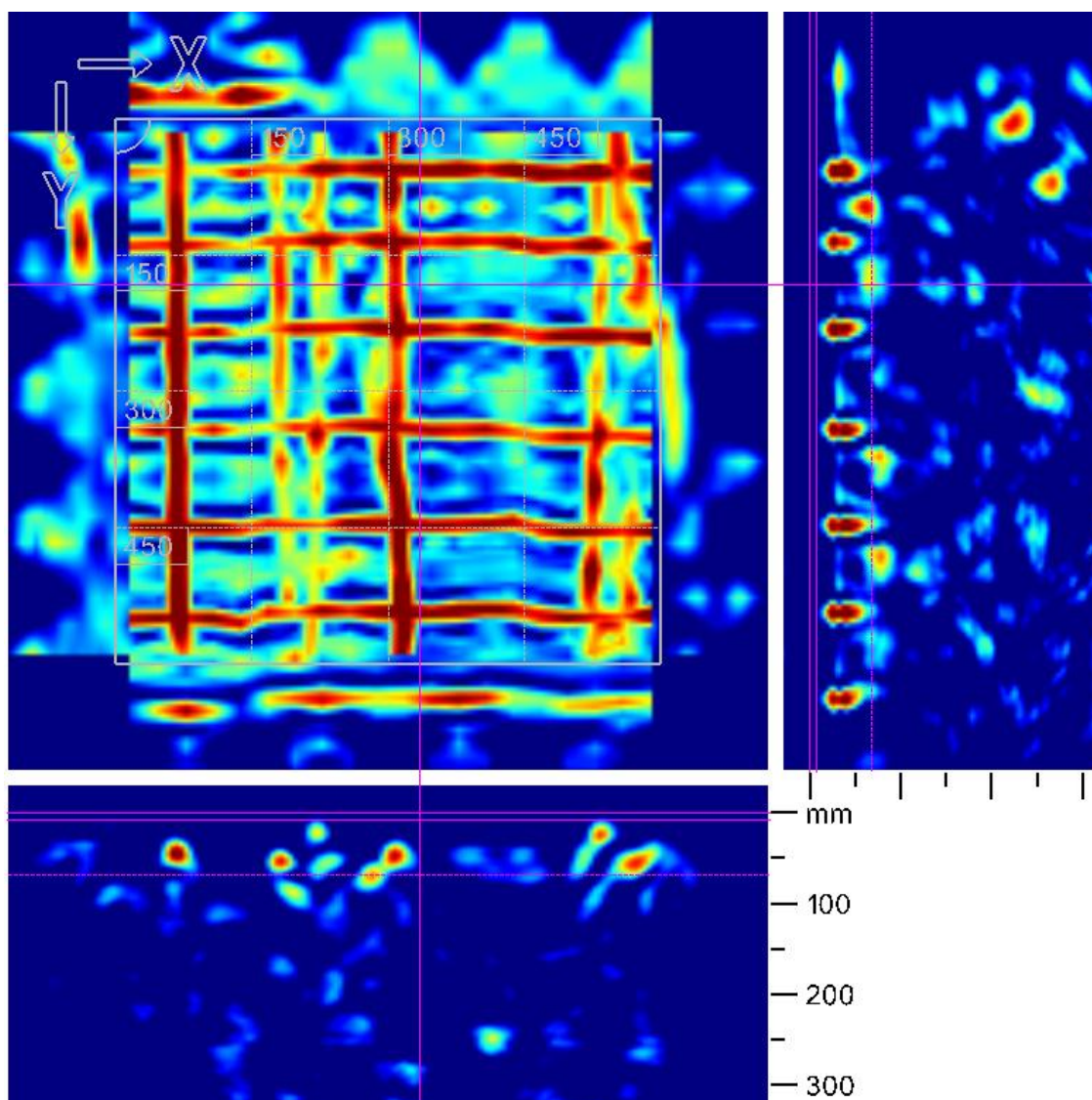
Obr. 5.23: Radarový scan D2 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP
(rozměr scanu 600 x 600 mm)



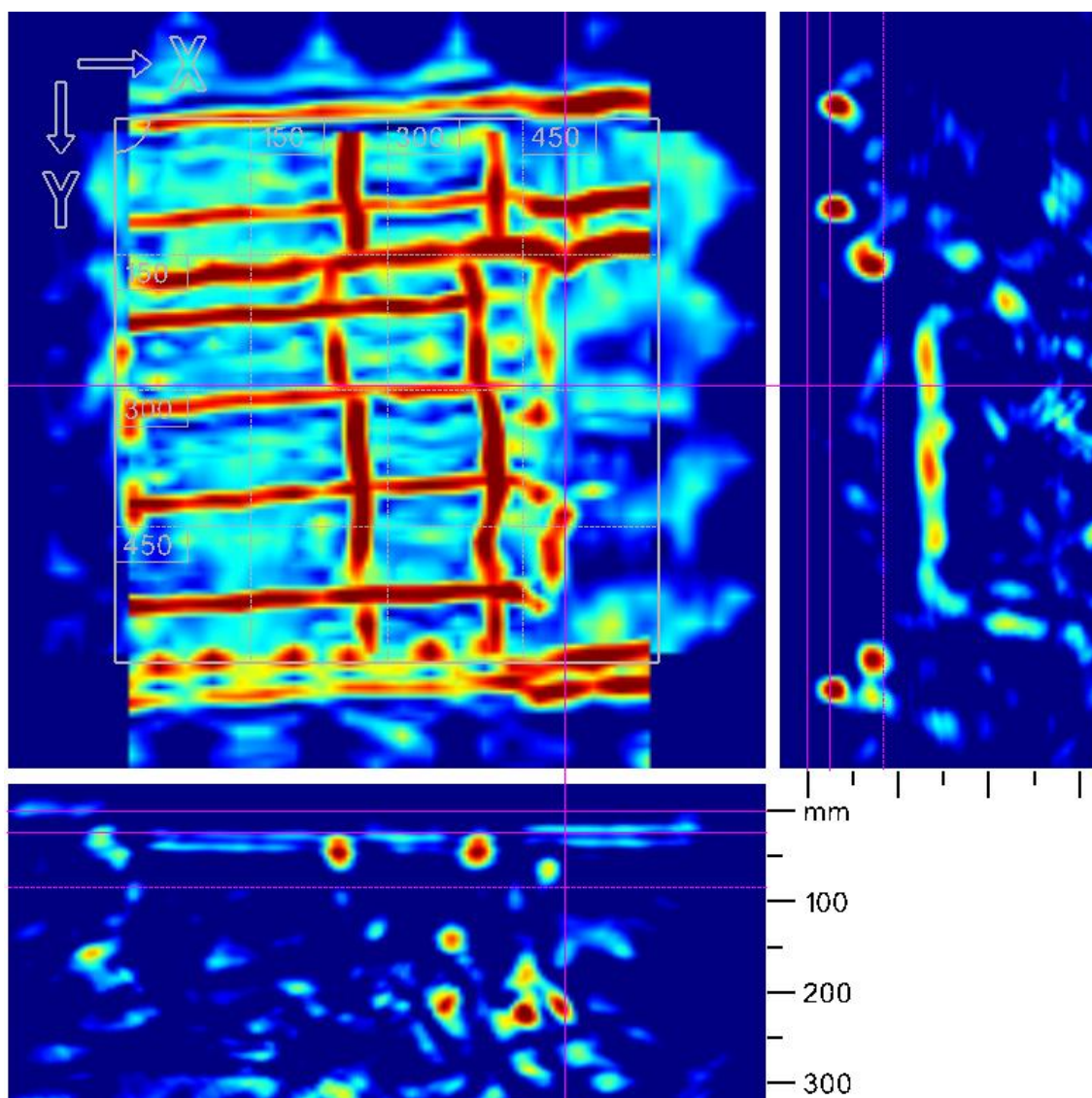
Obr. 5.24: Radarový scan D3 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP
(rozměr scanu 600 x 600 mm)



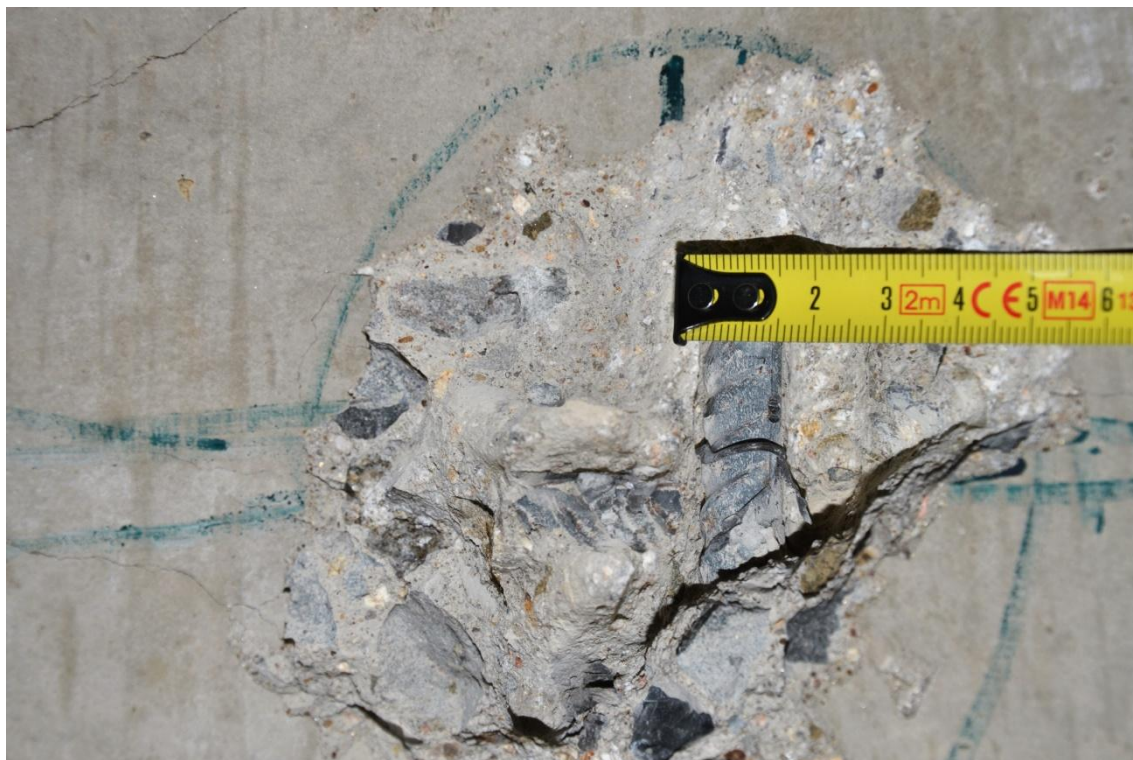
Obr. 5.25: Radarový scan DP1 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP
(rozměr scanu 600 x 600 mm)



Obr. 5.26: Radarový scan DP2 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP
(rozměr scanu 600 x 600 mm)



Obr. 5.27: Radarový scan DP3 výztuže spodního líce železobetonové desky nad 1.PP
(rozměr scanu 600 x 600 mm)



Obr. 5.28: Sekaná sonda S1 na spodním líci železobetonové desky nad 1.PP



Obr. 5.29: Sekaná sonda S2 na spodním líci železobetonové desky nad 1.PP



Obr. 5.30: Sekaná sonda S3 na spodním líci železobetonové desky nad 1.PP

V tabulce 3 jsou uvedeny vzdálenosti, krytí a průměry výztuže pro všechna měřená místa. Ke zjištění těchto parametrů byly použity grafické výstupy z georadaru a metrem odměřené údaje ze sekaných sond.

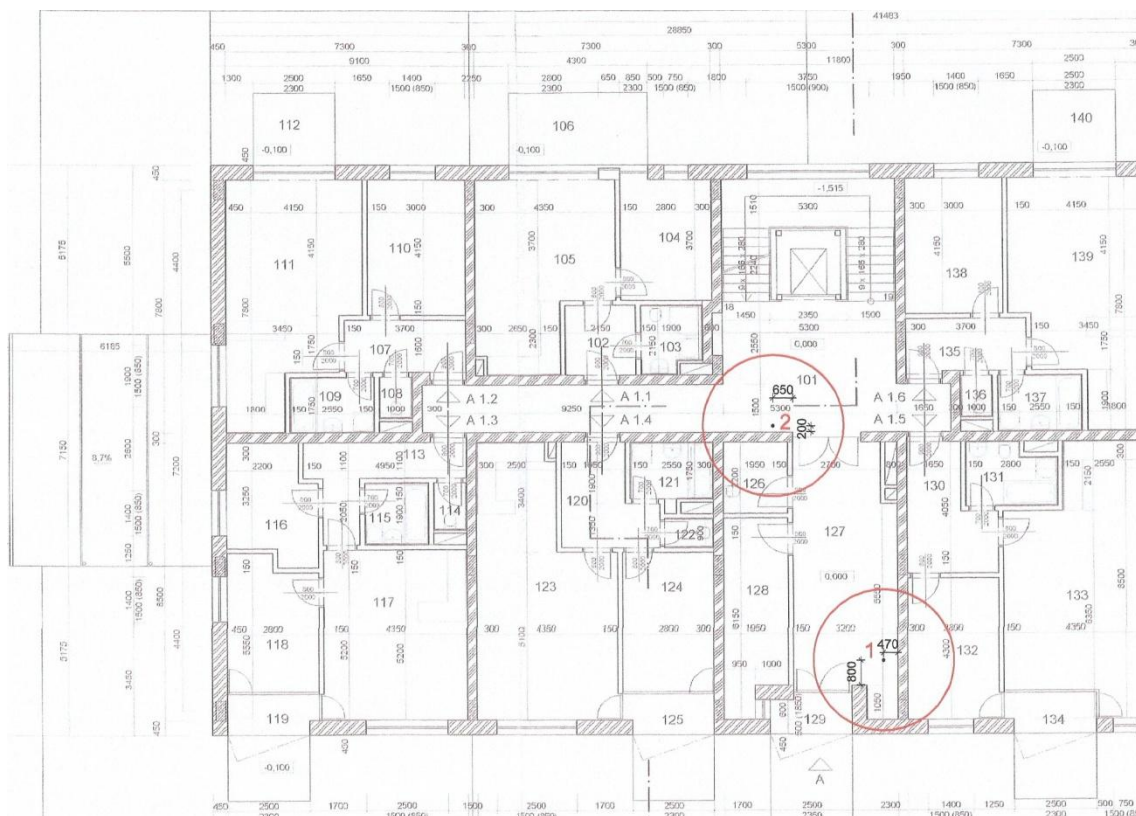
	Vzdálenost hlavní výztuže [mm]	Vzdálenost rozdělovací výztuže [mm]	Krytí výztuže [mm]	Průměr výztuže [mm]
D1	220	250	20	12
D2	130	260	20	12
D3	110	250	20	16
DP1	220	260	20	-
DP2	100	240	20	-
DP3	110	150	20	-

Tab. 3: Parametry výztuže ve stropních deskách v daných oblastech

Vzdálenosti hlavní výztuže, vzdálenosti rozdělovací výztuže, krytí výztuže i průměry výztuže zjištěné georadarem a sekanými sondami přibližně odpovídají projektu.

5.3.4 Beton ve stropních deskách v 1.PP

Vlastnosti betonu ve stropních deskách byly zjišťovány pomocí jádrových vývrtů. Vývrty byly vedeny stropní deskou 1.PP v místech, která nevykazují maximální průhyby a výskyt trhlin. Celkem byly provedeny dva jádrové vývrty o průměru 75 mm. Na obrázku 5.31 jsou zobrazena místa, kde byly jádrové vývrty odebírány.



Obr. 5.31: Půdorys 1.NP se schematickým vyznačením míst pro odebrání jádrových vývrtů

Z vývrtů byla zjištěna skladba podlahy, která je zobrazena na obrázcích 5.32 a 5.33. Podlaha se skládá z keramické dlažby, cementové malty, betonové mazaniny a z polystyrenu plnícího funkci tepelné izolace. Pomocí průvrtu skrz stropní desku o průměru 2 cm bylo zjištěno, že tloušťka stropní konstrukce činí 280 mm.

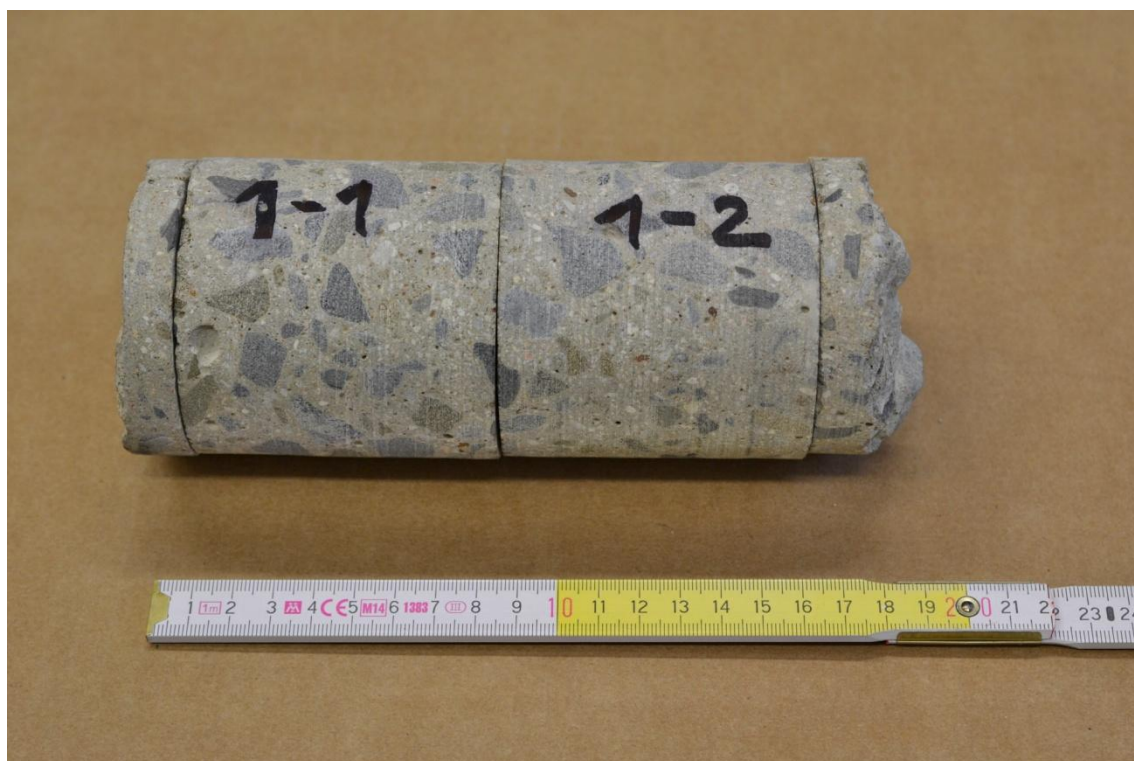


Obr. 5.32: Těleso jádrového vývrtu č. 1 ze stropní desky nad 1.PP a skladba podlahy 1.NP složená z keramické dlažby, cementové malty, betonové mazaniny a polystyrenu



Obr. 5.33: Těleso jádrového vývrtu č. 2 ze stropní desky nad 1.PP a skladba podlahy 1.NP složená z keramické dlažby, cementové malty, betonové mazaniny a polystyrenu

Na tělesech z jádrových vývrtů byly v laboratořích prováděny zkoušky pro určení dynamického modulu pružnosti betonu (na tělese z jádrového vývrtu č. 1 to bylo zkušební těleso 1 – 1 a 1 – 2 – obr. 5.34 a na tělese z jádrového vývrtu č. 2 to bylo zkušební těleso 2 – obr. 5.35), statického modulu pružnosti betonu v tlaku (na tělese z jádrového vývrtu č. 2 to bylo zkušební těleso 2 – obr. 5.35) a krychelné pevnosti betonu v tlaku (na tělese z jádrového vývrtu č. 1 to bylo zkušební těleso 1 – 1 a 1 – 2 – obr. 5.34 a na tělese z jádrového vývrtu č. 2 to bylo zkušební těleso 2 – obr. 5.35).



Obr. 5.34: Nařezaná zkušební tělesa 1 – 1 a 1 – 2 z jádrového vývrtu č. 1



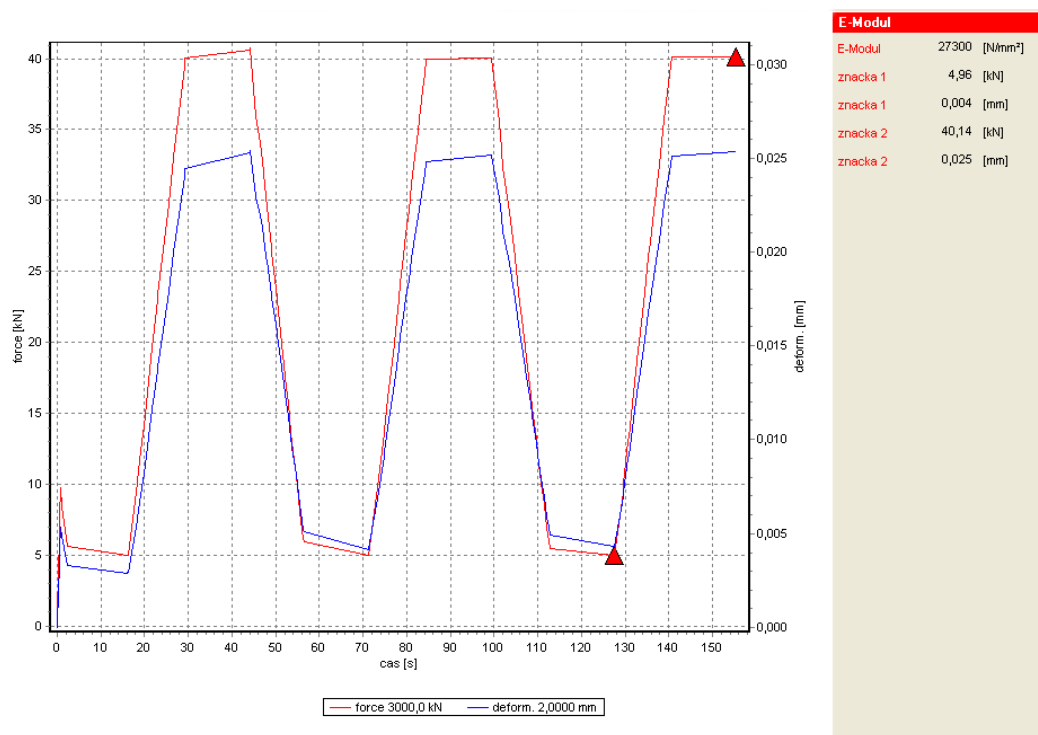
Obr. 5.35: Nařezané zkušební těleso 2 z jádrového vývrtu č. 2

Všechna tělesa byla změřena a zvážena. Charakteristiky těchto zkušebních těles ve stavu přirozeně vlhkém jsou interpretovány v příloze. Dále bylo provedeno ultrazvukové měření zkušebních těles 1 – 1, 1 – 2 a 2 a následné vyhodnocení dynamických modulů. Tabulka s naměřenými hodnotami je obsažena v příloze. Na základě provedení ultrazvukového měření byl zjištěn průměrný dynamický modul pružnosti $E_{cu} = 29,2 \text{ GPa}$.

Při zjišťování statického modulu pružnosti bylo postupováno podle normy ČSN EN 12390-13 (metoda B). Zkouška byla prováděna na zkušebním tělese 2. Hodnoty zatěžování se pohybovaly v rozmezí 5 až 40 kN a délka měřicí základny byla 70 mm. Průběh zkoušky znázorňuje obrázek 5.36 a její grafický výstup je uveden na obrázku 5.37. Zkouška byla provedena na lisu FORM-TEST automatickým cyklováním. Pomocí této zkoušky byl stanoven statický modul pružnosti betonu v tlaku $E_c = 27,3 \text{ GPa}$.



Obr. 5.36: Zkouška měření statického modulu pružnosti betonu na lisu FORM-TEST prováděná na zkušebním vzorku 2



Obr. 5.37: Grafické znázornění průběhu měření modulu pružnosti na zkušebním vzorku 2

Stanovení krychelné pevnosti betonu v tlaku bylo zjišťováno na zkušebních tělesech 1 – 1, 1 – 2 a 2. Tělesa byla drcena v lisech, přičemž bylo zjišťováno maximální zatížení F . Drcení zkušebního vzorku 1 – 1 je zobrazeno na obrázku 5.38. Vydělením této síly F plochou průřezu zkušebního vzorku A a přenásobením koeficientem štíhlosti a koeficientem průměru byla získána pevnost betonu v tlaku na válcích $f_{c,cyl}$. Krychelná pevnost byla získána přepočtem válcové pevnosti, tj. přenásobením pevnosti betonu v tlaku na válcích $f_{c,cyl}$ krychelným koeficientem. Průměrná krychelná pevnost betonu v tlaku $f_{c,cube} = 37,8 \text{ MPa}$. Tabulka s hodnotami potřebnými ke zjištění krychelné pevnosti betonu v tlaku na tělesech z jádrových vývrtů je obsažena v příloze.

Dle normy ČSN EN 13791 byla s použitím součinitele 0,85 přiřazena betonu ve stropní desce nad 1.PP třída betonu **C 25/30**. [5]



Obr. 5.38: Drcení zkušebního vzorku 1 – 1 v lisu pro zjištění maximální síly F

6 STATICKÝ VÝPOČET

6.1 Volba statického modelu

Objekt je tvořen z převážné části rámovým železobetonovým systémem o několika polích. Nosnými prvky zde jsou sloupy, desky, průvlaky a nosné stěny při obvodu objektu (rozmístění těchto nosných prvků je patrné z obrázku 5.5 na str. 37).

Desky jsou v oblasti podpor spojeny s průvlaky tvořenými ocelovými I profily. Přesto není úplně jasné, o jaký statický systém se jedná. Protože nelze rozhodnout, zda se jedná o systém prostě uložených desek či desek spojitých, byla vybrána deska z druhého pole od vjezdu do garáží k posouzení pro oba způsoby. Tato deska vykazuje dle naměřených údajů ze STP velké hodnoty průhybů (obr. 5.16 na str. 47). Jedná se o jednosměrně pnutou monolitickou desku o rozpětí 7 600 mm, tloušťky 280 mm. Statickým výpočtem bude také zjištěn průhyb této desky a bude porovnán se skutečným stavem.

6.2 Zatížení

6.2.1 Vlastní tíha

Zatížení vlastní tíhou konstrukce bylo spočítáno následovně:

- Objemová hmotnost železobetonové desky: $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
- Tloušťka desky: $t = 280 \text{ mm}$

$$g_{0k} = 25 \cdot 0,280 = 7 \text{ kN/m}^2$$

6.2.2 Ostatní stálé zatížení

Ostatní stálé zatížení představuje skladba podlahy, která je tvořena keramickou dlažbou, cementovou maltou, betonovou mazaninou a polystyrenem. Skladba podlahy byla

zjištěna jádrovými vývrty během STP a je znázorněna na obrázku 5.32 a 5.33 na straně 62. Zatížení podlahou je uvažováno jako plošně působící zatížení. Hodnoty ostatního stálého zatížení jsou uvedeny v tabulce 4.

Vrstva	Objemová hmotnost [kN/m ³]	Tloušťka [m]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	22	0,008	0,176
Cementová malta	22	0,012	0,264
Betonová mazanina	23	0,040	0,920
Polystyren	0,25	0,100	0,025
Ostatní stálé zatížení celkem g_{1k}			$\Sigma = 1,385$

Tab. 4: Ostatní stálé zatížení

6.2.3 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem není na stropní desku uvažováno.

6.2.4 Zatížení větrem

Zatížení větrem není na stropní desku uvažováno.

6.2.5 Proměnné zatížení

Dle tabulky s hodnotami užitných zatížení staveb z normy ČSN EN 1991-1-1 lze objekt zařadit do kategorie A – plochy pro domácí a obytné činnosti. Hodnota rovnoměrného zatížení pro stropy je dána:

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

Samostatně působící osamělé břemeno Q_k není při výpočtu uvažováno.

6.3 Zatěžovací stavy

6.3.1 ZS1 – Zatížení stálé

Stálé zatížení g_k je součtem vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení.

6.3.2 ZS2 – Proměnné zatížení

Proměnné zatížení je definováno hodnotou q_k .

6.4 Kombinace

Dle ČSN EN 1990 byla stanovena kombinace zatížení pro posouzení na MSÚ podle rovnice 6.10:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ „+“ } \gamma_P P \text{ „+“ } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ „+“ } \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i},$$

kde součinitel pro stálé zatížení (nepříznivé působení) $\gamma_G = 1,35$ a součinitel pro proměnné zatížení (nepříznivé působení) $\gamma_Q = 1,50$. Kombinační součinitel $\psi_0 = 0,7$. [8]

6.5 Stanovení vnitřních sil od zatížení

a. Pro prostě podepřenou desku

$$\text{ZS1: } V_{gk(0)} = V_{gk(l)} = \frac{1}{2} \cdot (g_{0k} + g_{1k}) \cdot l_{\text{eff}} = \frac{1}{2} \cdot (7 + 1,385) \cdot 7,6 = 31,86 \text{ kN}$$

$$M_{gk(l/2)} = \frac{1}{8} \cdot (g_{0k} + g_{1k}) \cdot l_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{8} \cdot (7 + 1,385) \cdot 7,6^2 = 60,54 \text{ kNm}$$

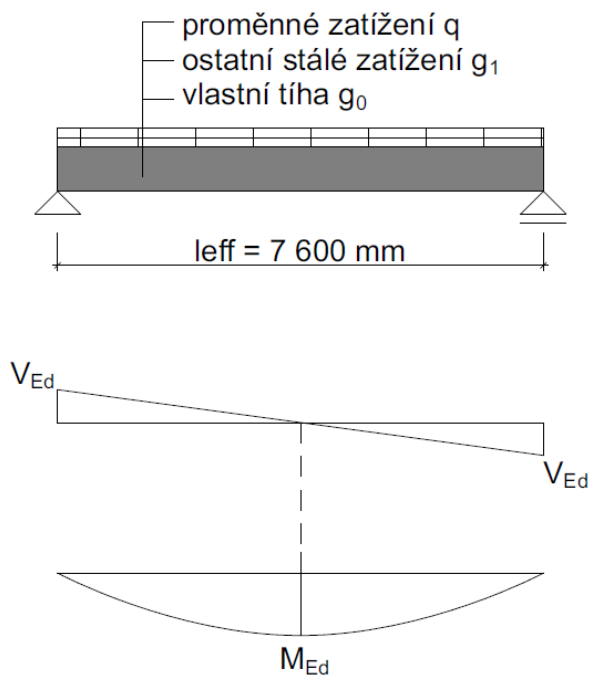
$$\text{ZS2: } V_{qk(0)} = V_{qk(l)} = \frac{1}{2} \cdot q_k \cdot l_{\text{eff}} = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot 7,6 = 5,70 \text{ kN}$$

$$M_{qk(l/2)} = \frac{1}{8} \cdot q_k \cdot l_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,5 \cdot 7,6^2 = 10,83 \text{ kNm}$$

Kombinace:

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot V_{gk(0)} + 1,5 \cdot V_{qk(0)} = 1,35 \cdot 31,86 + 1,5 \cdot 5,70 = 51,56 \text{ kN}$$

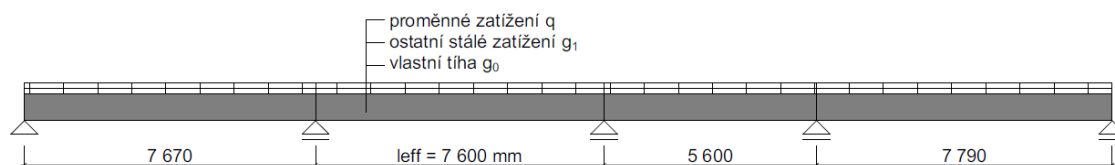
$$M_{Ed} = 1,35 \cdot M_{gk(l/2)} + 1,5 \cdot M_{qk(l/2)} = 1,35 \cdot 60,54 + 1,5 \cdot 10,8 = 97,97 \text{ kNm}$$



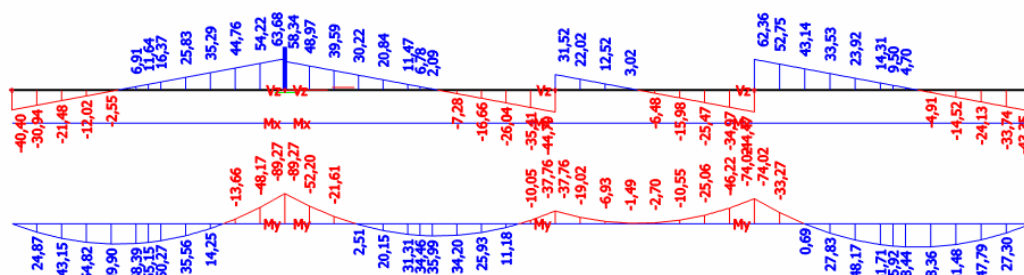
Obr. 6.1: Statické schéma prostě podepřené desky včetně rozložení zatížení
a vykreslení vnitřních sil V_{Ed} a M_{Ed} od účinků zatížení

b. Pro spojitou desku

Pro spojitou desku (obr. 6.2) byly vnitřní síly dle příslušné kombinace vygenerovány programem SCIA Engineer (obr. 6.3).



Obr. 6.2: Statické schéma spojitě podepřené desky včetně rozložení zatížení



Obr. 6.3: Vykreslení vnitřních sil V_{Ed} a M_{Ed} na spojitě desce od účinků zatížení

$$V_{Ed}^a = 58,34 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^b = -44,79 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 35,99 \text{ kNm}$$

6.6 Materiálové charakteristiky

Beton: C 25/30 (zjištěno STP)

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 25 / 1,5 = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

$$E_c = 27,3 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

Ocel: B500B (z projektu)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{yd} = 1,7825 \cdot 10^{-3}$$

Výztuž: $\emptyset_{st} = 12 \text{ mm po } 220 \text{ mm}$ (zjištěno STP)

$$A_{st} = 5,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

6.7 Výpočet únosnosti

Krytí: $h_s = 280 \text{ mm}$ (tloušťka desky, zjištěno STP)

$c_{st} = 20 \text{ mm}$ (zjištěno STP)

$d_1 = c_{st} + \frac{1}{2} \varnothing_{st} = 20 + \frac{1}{2} \cdot 16 = 26 \text{ mm}$

$d = h - d_1 = 280 - 26 = 254 \text{ mm}$

Maximální vzdálenost výztuže = $\min. \{2 h_s; 300 \text{ mm}\} = \min. \{2 \cdot 280; 300\}$

$= \min. \{560; 300\} = 300 \text{ mm}$

VYHOVUJE

Kontrola plochy výztuže:

$b = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned} A_{s,\min} &= 0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot 2,6 / 1 \cdot 0,252 = \\ &= 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,254 = \\ &= 3,302 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,\max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot (b \cdot d) = 0,04 \cdot (1 \cdot 0,254) = 101,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 5,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \in (3,302 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2; 101,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2)$$

VYHOVUJE

Kontrola tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{5,14 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 16,67} = 0,017 \text{ m}$$

Kontrola tečení výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \cdot \varepsilon_{cu3} = \frac{0,254-0,017}{0,017} \cdot 0,0035 = 0,049 > \varepsilon_{yd} = 1,7825 \cdot 10^{-3}$$

VYHOVUJE

Kontrola únosnosti:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda x}{2}\right) = 5,14 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot \\ &\cdot \left(0,254 - \frac{0,8 \cdot 0,017}{2}\right) = 55,24 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{Rd} > M_{Ed}$$

a. Pro prostě podepřanou desku

$$M_{Rd} = 55,24 \text{ kNm} < M_{Ed} = 97,97 \text{ kNm}$$

NEVYHOVUJE

b. Pro spojitou desku

$$M_{Rd} = 55,24 \text{ kNm} > M_{Ed} = 35,99 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Rozdělovací výztuž:

Ø12 po 250 mm (zjištěno STP)

$$A_{ss} = 4,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{ss} = 4,52 \cdot 10^{-4} > 0,2 \cdot A_{st} = 0,2 \cdot 5,14 \cdot 10^{-4} = 1,028 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Maximální vzdálenost výztuže} &= \min. \{3 h_s; 400 \text{ mm}\} = \\ &= \min. \{3 \cdot 280; 400\} = \min. \{840; 400\} = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Výztuž při horním okraji:

Ø12 po 250 mm (z projektu)

$$A_{s2} = 4,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s2} = 4,52 \cdot 10^{-4} > 0,25 \cdot A_{st} = 0,25 \cdot 5,14 \cdot 10^{-4} = 1,285 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Maximální vzdálenost výztuže} &= \min. \{2 h_s; 300 \text{ mm}\} = \\ &= \min. \{2 \cdot 280; 300\} = \min. \{560; 300\} = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Smyková výztuž:

$$V_{Rd,c} = c_{Rd,c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d = 0,12 \cdot 1,89 \cdot (100 \cdot 0,00202 \cdot 25)^{1/3} \cdot 1,0 \cdot 0,254 = 96,21 \text{ kN}$$

$$c_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$\kappa = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/254} = \underline{1,89} < 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{st}}{b \cdot d} = \frac{5,14 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,254} = 2,02 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b \cdot d = 0,5907 \cdot 1 \cdot 0,254 = 150,04 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,89^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,5907$$

$$V_{Rd,c} = 96,21 \text{ kN} > V_{Rd,c,min} = \underline{150,04} \text{ kN}$$

a. Pro prostě podepřanou desku

$$V_{Ed} = 51,56 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 150,04 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Není nutná smyková výztuž

b. Pro spojitou desku

$$V_{Ed} = 58,34 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 150,04 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Není nutná smyková výztuž

6.8 II. mezní stav (stanovení průhybu)

Kvazistálá kombinace:

$$g = g_{0k} + g_{1k} + \psi_2 \cdot q_k = 7 + 1,385 + 0,3 \cdot 1,5 = 8,835 \text{ kN/m}^2$$

Dlouhodobé přetvoření s dotvarováním:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_{\text{eff}}^4}{E_{\text{cm}} \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{8,835 + 7600^4}{8,857 \cdot 103 \cdot 1,996 \cdot 109} = 21,71 \text{ mm}$$

$$E_{\text{cm}} \rightarrow E_{\text{c,eff}}$$

$$A_c = b \cdot h = 1,0 \cdot 1,28 = 0,28 \text{ m}^2$$

$$\alpha_e = E_s / E_{\text{c,eff}} = 200 / 8,857 = 22,58$$

$$E_{\text{c,eff}} = \frac{E_{\text{cm}}}{1 + \varphi_{\text{eff}}} = \frac{31}{1 + 2,5} = 8,857 \text{ GPa}$$

$$\varphi_{\text{eff}} = 2,5$$

$$\begin{aligned} I_i &= I_c + A_c \cdot (a_{gi} - a_c)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 1/12 \cdot 1 \cdot 0,28^3 + 0,28 \cdot \\ &\quad \cdot (0,1349 - 0,14)^2 + 22,58 \cdot 5,14 \cdot 10^{-4} \cdot (0,254 - 0,1349)^2 = \\ &= 1,996 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$A_i = A_c + A_{st} + \alpha_e = 0,28 + 5,14 \cdot 10^{-4} \cdot 22,58 = 0,2916 \text{ m}^2$$

$$x_i = a_{gi} = \frac{A_c \cdot a_c + A_{st} \cdot d}{A_i} = \frac{0,28 \cdot 0,14 + 5,14 \cdot 10^{-4} \cdot 0,254}{0,2916} = 0,1349 \text{ m}$$

Smršťování:

$$f_{sh} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,22 \cdot 10^{-4} \cdot 7,6^2 = 1,60 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{r_{cs}} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_e \cdot \frac{s}{I} = 0,00035 \cdot 22,58 \cdot \frac{5,603 \cdot 10^{-5}}{1,996 \cdot 10^{-3}} = 2,22 \cdot 10^{-4}$$

$$s = A_{st} \cdot (t - d_1) = 5,14 \cdot 10^{-4} \cdot (0,135 - 0,026) = 5,603 \cdot 10^{-5}$$

$$t = \frac{\alpha_e \cdot A_{st} \cdot d_1 + A_c \cdot h/2}{\alpha_e \cdot A_{st} + A_c} = \frac{22,58 \cdot 5,14 \cdot 10^{-4} \cdot 0,026 + 0,28 \cdot 0,28/2}{22,25 \cdot 5,14 \cdot 10^{-4} + 0,28} = 0,135 \text{ m}$$

$$f_{sh} + f \leq \frac{1}{250} l_{\text{eff}}$$

$$1,60 + 21,71 = 23,31 \text{ mm} < \frac{1}{250} \cdot 7600 = 30,40 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo seznámení se s problematikou stavebně technického průzkumu a diagnostiky železobetonových konstrukcí a dále s metodami vhodnými pro diagnostikování železobetonových konstrukcí. Pro praktickou část byl stanoven stavební průzkum a diagnostika bytového domu. Úkolem bylo provedení prohlídky vybrané konstrukce, sestavení plánu stavebně technického průzkumu a jeho vyhodnocení. Zadáno bylo také provedení statického výpočtu vybrané části konstrukce. Všechny tyto cíle byly úspěšně splněny.

Dle stavebně technického průzkumu bylo zjištěno, že jsou stropy tvořeny jednosměrně pnutou železobetonovou deskou. Vyztužení tvoří ocelová žebírková výztuž o průměru 12 a 16 mm s krycí vrstvou 20 mm. Statický modul pružnosti betonu je 27,3 GPa a pevnost betonu 37,8 MPa. Beton byl zařazen do třídy C 25/30. Průměry výztuže i její vzdálenosti odpovídají projektové dokumentaci. Třída betonu stanovená laboratorními zkouškami (C 25/30) je o třídu lepší, než třída betonu uvedená v projektové dokumentaci (C 20/25).

Statický výpočet počítal s výztuží zaměřenou georadarem a upřesněnou sekanými sondami a s pevností betonu, která byla zjištěná na základě jádrových vývrtů při STP. Statický výpočet s uvažovanou variantou spojitě stropní desky neprokázal při výpočtu únosnosti její poddimenzování a deska ve všem vyhověla. Varianta prostě uložené desky však při výpočtu únosnosti nevyhověla.

Při výpočtu II. MS bylo zjištěno, že pro dlouhodobé přetvoření deska vyhoví. Limitní průhyb 30,4 mm nebyl překročen. Ve skutečnosti má však deska maximální průhyb 55 mm.

Bylo stanoveno, že rozsáhlé průhyby stropních desek vznikly hned z několika příčin. První příčinou je domněnka, že stropní desky byly projektované jako spojitě, avšak při realizaci objektu došlo k nedodržení technologických postupů a desky se chovají jako prostě uložené. Statickým výpočtem bylo zjištěno, že na prostě uložení deska nevyhoví. Chyba mohla nastat v detailu uložení, kde mají být podle projektové dokumentace desky svařeny s ocelovými I profily v průvlacích. Špatné či nedostatečné přivaření může být stěžejní chybou ve statickém systému, která způsobuje rozsáhlé poruchy na celém objektu.

V původní projektové dokumentaci také chybí zakreslené prostupy skrz stropní desky. Průzkum prokázal, že chybí zesílené vyztužení kolem těchto prostupů. Především kolem těchto prostupů se pak tvoří rozsáhlé množství trhlin. Je tedy zřejmé, že prostupy výrazně oslabují únosnost stropních desek.

Průzkum dále odhalil, že před realizací objektu došlo ke změně systému z původního železobetonového skeletu na kombinovaný systém železobetonu a ocelových prvků (několik železobetonových průvlaků bylo nahrazeno ocelovými I profily). Důvod této změny je zatím stále neznámý, avšak může být do jisté míry příčinou poruch.

Dispoziční uspořádání objektu, především pak nesymetricky umístěná nadstavba posledních dvou pater (= nerovnoměrné rozložení zatížení), může způsobovat nestejněměrné sedání objektu mající za následek poruchovost konstrukce.

Příčina průhybů podlahy v 1.PP nebyla předmětem stavebně technického průzkumu. Odhaduje se, že zaznamenané průhyby podlahy mohou být způsobeny poklesem pilot. Pravděpodobnou příčinou tohoto jevu může být kombinace neúnosné základové půdy a chybného technologického postupu při zakládání.

Protože konstrukce nevykazuje uspokojivé chování, bude objektu v důsledku všech výše zmíněných příčin a jejich následných poruch navrženo statické opatření, které do budoucna zajistí bezpečné působení celé konstrukce. Nejvýhodnějším řešením by bylo navržení podpůrné ocelové konstrukce v prostorech 1.PP.

LITERATURA

- [1] PUME, Dimitrij, František ČERMÁK. *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*. Praha: Arch, 1993.
- [2] HOBST, Leonard, Jiří ADÁMEK, Petr CIKRLE a Pavel SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí*. Brno, 2005.
- [3] ŠTAINBRUCH, ANTON a KORDINA. Rozvoj použití georadaru při diagnostice železobetonových konstrukcí. *Beton: Technologie, konstrukce, sanace*. 2011, č. 3. DOI: 1213-3116.
- [4] ČSN 73 2011. *Nedeštruktivne skúšanie betónových konštrukcií*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1986.
- [5] ČSN EN 13791. *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích*. Praha: ČNI, 2007.
- [6] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2005.
- [7] ANTON, Ondřej, Petr CIKRLE a Věra Heřmánková. *Zpráva o stanovení vyztužení vybraných prvků železobetonové konstrukce pavilonu Z, v areálu BVV, Brno*. Brno, 2014.
- [8] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [9] *Mapy.cz* [online]. © 2001 - 2013 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://mapy.cz>
- [10] *Proceq* [online]. © 2014 [cit. 2014-12-26]. Dostupné z: <http://www.proceq.com>
- [11] *Institute IMIDIS* [online]. 2015 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://www.imidis.com/eindex.html>
- [12] Rekonstrukce mostu ev.č. 22535-2, Zálužice. *Silnice železnice* [online]. 4.8.2009 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/rekonstrukce-mostu-ev-c-22535-2-zaluzice/>
- [13] Konstrukce. *Diagnostika příčin kritického porušení střešních vazníků* [online]. 31.7.2005 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/diagnostika-pricin-kritickeho-poruseni-stresnich-vazniku/>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

STP	Stavebně technický průzkum
GPR	Ground Penetrating Radar (tzv. georadar)
TZB	Technické zařízení budov
g_{0k}	Charakteristická hodnota vlastní tíhy konstrukce [kN/m ²]
g_{1k}	Charakteristická hodnota ostatního stálého zatížení [kN/m ²]
q_k	Charakteristická hodnota proměnného zatížení [kN/m ²]
l_{eff}	Účinná délka vzdálenosti teoretických podpor [m]
V_{gk}	Charakteristická hodnota posouvajících sil od ZS1 [kN]
M_{gk}	Charakteristická hodnota ohybového momentu od ZS1 [kNm]
V_{qk}	Charakteristická hodnota posouvajících sil od ZS2 [kN]
M_{qk}	Charakteristická hodnota ohybového momentu od ZS2 [kNm]
V_{Ed}	Návrhová hodnota posouvajících sil od zatížení [kN]
M_{Ed}	Návrhová hodnota ohybového momentu od zatížení [kNm]
f_{ck}	Charakteristická pevnost betonu v tlaku [MPa]
f_{cd}	Návrhová pevnost betonu v tlaku [MPa]
f_{ctm}	Střední hodnota pevnosti betonu v tahu [MPa]
E_{cm}	Střední hodnota modulu pružnosti betonu [GPa]
E_c	Hodnota statického modulu pružnosti betonu v tlaku [GPa]
ε_{cu3}	Poměrné přetvoření betonu v tlaku [%]
f_{yk}	Charakteristická pevnost oceli v tlaku nebo tahu [MPa]
f_{yd}	Návrhová pevnost oceli v tlaku nebo tahu [MPa]
E_s	Hodnota modulu pružnosti oceli v tlaku nebo tahu [MPa]
ε_{yd}	Návrhové přetvoření oceli na mezi kluzu
$\varnothing_{st}$	Průměr hlavní výztuže [mm]
A_{st}	Plocha hlavní výztuže [m ²]
h_s	Výška průřezu desky (= tloušťka desky) [m]
c_{st}	Krytí výztuže [mm]
d	Účinná výška průřezu [m]

$A_{s,min}$	Minimální plocha hlavní výztuže [m^2]
$A_{s,max}$	Maximální plocha hlavní výztuže [m^2]
A_c	Plocha průřezu (pro šířku $b = 1,0$ m) [m^2]
x	Výška tlačené části průřezu [m]
ϵ_s	Přetvoření výztuže
M_{Rd}	Návrhová ohybová únosnost prvku [kNm]
A_{ss}	Plocha rozdělovací výztuže [m^2]
A_{s2}	Plocha výztuže při horním okraji [m^2]
$V_{Rd,c}$	Návrhová smyková únosnost prvku bez smykové výztuže [kN]
$c_{Rd,c}$	Součinitel smykové únosnosti
κ	Součinitel účinné výšky d
ρ_l	Stupeň podélného vyztužení podélnou výztuží v podpoře
$V_{Rd,c,min}$	Minimální návrhová smyková únosnost prvku bez smykové výztuže [kN]
$E_{c,eff}$	Efektivní modul pružnosti betonu [GPa]
ϵ_{cs}	Poměrné přetvoření betonu od smršťování
s	Statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti průřezu
t	Vzdálenost spodního líce průřezu k těžišti průřezu [m]
f	Průhyb od zatížení [mm]
f_{sh}	Průhyb od smršťování [mm]

Ostatní zkratky a symboly jsou uvedeny a vysvětleny přímo v textu příslušných kapitol.

SEZNAM PŘÍLOH

A	Tabulky s hodnotami průhybů	82
A.1	Stropní desky	82
A.2	Podlahy	84
A.3	Průvlaky	86
B	Tabulky ze zkoušek na tělesech jádrových vývrtů	87
B.1	Charakteristiky zkušebních těles z jádrových vývrtů	87
B.2	Ultrazvuková měření na tělesech z jádrových vývrtů	87
B.3	Pevnost v tlaku betonu na tělesech z jádrových vývrtů	87

A TABULKY S HODNOTAMI PRŮHYBŮ

A.1 Stropní desky

[cm]	1	2	3	4	5
A	-	-1,6	-1,7	-1,6	-1,7
B	-	-2,7	-2,6	-1,7	-1,4
C	-0,1	-3,1	-3,2	-2,2	-1,3
D	-0,2	-3,6	-4,8	-3,8	-1,5
E	-0,9	-3,9	-5,3	-4,1	-1,8
F	-0,5	-3,1	-4,4	-3,4	-1,5
G	0,0	-1,8	-2,9	-2,7	-1,2
H	-	-0,6	-1,5	-1,7	-1,7
I	-	0,0	-0,3	-0,4	-0,8

[cm]	5	6	7	8	9
A	-1,7	-0,5	-0,6	-1,1	-0,8
B	-1,4	-1,3	-1,8	-1,4	-0,6
C	-1,3	-1,4	-1,5	-1,5	-1,1
D	-1,5	-3,1	-3,5	-3,4	-1,4
E	-1,8	-3,7	-4,8	-4,0	-1,6
F	-1,5	-3,5	-5,5	-4,4	-1,8
G	-1,2	-3,7	-5,2	-4,0	-1,7
H	-1,7	-3,2	-4,1	-3,3	-1,8
I	-0,8	-1,3	-1,2	-1,7	-0,9

[cm]	9	10	11	12	13
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-1,1	-1,6	-1,7	-2,1	-1,2
D	-1,4	-2,1	-2,1	-2,6	-2,1
E	-1,6	-2,7	-2,6	-2,6	-2,2
F	-1,8	-2,6	-2,5	-2,5	-1,7
G	-1,7	-2,5	-2,5	-2,5	-1,5
H	-1,8	-2,3	-2,2	-2,2	-1,4
I	-0,9	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8

[cm]	13	14	15	16	17
A	-0,6	-1,1	-1,2	-1,3	-1,0
B	-0,8	-2,2	-3,0	-2,9	-2,1
C	-1,2	-3,8	-4,6	-3,6	-1,5
D	-2,1	-4,2	-5,4	-3,6	-1,5
E	-2,2	-4,3	-5,2	-3,6	-1,5
F	-1,7	-4,0	-4,9	-3,3	-0,8
G	-1,5	-3,6	-4,3	-2,9	-1,0
H	-1,4	-2,4	-3,0	-1,9	-1,3
I	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,3

[cm]	17	18	19	20	21
A	-1,0	-0,9	-1,4	-1,2	-1,1
B	-2,1	-3,2	-4,1	-3,1	-1,5
C	-1,5	-4,2	-5,7	-4,8	-1,0
D	-1,5	-4,2	-6,6	-6,0	-0,9
E	-1,5	-4,7	-6,8	-5,0	-1,3
F	-0,8	-4,5	-6,1	-5,0	-1,3
G	-1,0	-3,9	-5,3	-4,5	-1,3
H	-1,3	-3,0	-3,8	-3,1	-1,5
I	-0,3	-0,2	-0,8	-0,7	-0,7

[cm]	21	22	23	24	25
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-1,0	-2,0	-1,4	0,0	-0,8
D	-0,9	-2,4	-1,8	-0,7	-1,1
E	-1,3	-3,3	-3,7	-2,1	-0,9
F	-1,3	-3,2	-3,4	-2,5	-0,9
G	-1,3	-2,0	-2,2	-1,4	-0,9
H	-1,5	-1,0	-2,5	-2,5	-2,0
I	-0,7	-1,1	-3,4	-0,9	0,2

[cm]	25	26	27	28	29	30
A	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-		-	-
C	-0,8	-2,9	-2,8	-1,1	-	-
D	-1,1	-2,8	-4,0	-2,2	-1,7	-
E	-0,9	-2,7	-4,0	-3,0	-1,6	-
F	-0,9	-2,3	-4,0	-2,9	-1,3	-
G	-0,9	-0,8	-3,7	-3,1	-2,0	-1,3
H	-2,0	-0,8	-2,0	-3,0	-2,2	-2,2
I	0,2	-0,2	-0,4	-1,9	-1,8	-1,2

[cm]	31	32	33
J	-1,3	-2,2	-1,5
K	-0,6	-2,5	-1,6
L	-0,3	-2,9	-1,4
M	-1,1	-3,1	-1,0
N	-1,5	-3,9	-1,7
O	-2,0	-4,1	-1,7
P	-1,7	-3,6	-1,4
Q	-0,2	-3,2	-1,3
R	-0,5	-2,2	-1,9
S	-0,2	-1,7	-1,3

[cm]	34	35	36	37	38	39	40	41
Q	-	-	-	-0,6	-0,2	-	-	-
R	-	-	-	-0,2	-0,5	-	-	-
S	-	-	-	0,0	-0,6	-	-	-
T	-	-	-	-0,1	-1,1	-	-	-
U	-	-	-	-0,7	-1,1	-	-	-
V	-	-	-	-0,7	-0,3	-	-	-
X	1,2	-0,8	-1,9	-2,9	-2,7	-3,0	-2,1	-0,6
Y	0,7	-0,4	-1,5	-3,3	-3,3	-3,3	-2,8	-0,6

A.2 Podlahy

[cm]	1	2	3	4	5
A	-	-	-2,3	-2,8	-3,8
B	-	-0,4	-3,2	-3,8	-4,1
C	-	-2,3	-3,9	-4,0	-3,5
D	-	-3,1	-3,8	-4,2	-4,9
E	-	-3,0	-3,2	-4,1	-4,3
F	-	-2,8	-4,0	-3,8	-3,0
G	-	-3,7	-4,2	-3,4	-3,0
H	-	-3,8	-3,7	-3,4	-3,1
I	-	-2,8	-2,6	-2,6	-2,9

[cm]	5	6	7	8	9
A	-3,8	-3,5	-3,0	-3,1	-2,6
B	-4,1	-4,5	-4,5	-4,3	-4,4
C	-3,5	-5,3	-5,5	-5,6	-4,7
D	-4,9	-4,9	-5,3	-5,2	-4,5
E	-4,3	-4,4	-5,0	-4,7	-5,4
F	-3,0	-3,9	-3,9	-4,9	-4,9
G	-3,0	-4,0	-4,0	-4,1	-3,7
H	-3,1	-4,7	-4,7	-4,3	-3,9
I	-2,9	-4,1	-4,1	-3,7	-3,5

[cm]	9	10	11	12	13
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-4,7	-4,4	-4,2	-4,7	-4,6
D	-4,5	-4,6	-4,7	-4,9	-5,1
E	-5,4	-5,5	-5,5	-5,3	-5,7
F	-4,9	-5,1	-5,5	-5,5	-5,5
G	-3,7	-4,3	-4,9	-4,8	-4,0
H	-3,9	-4,0	-3,8	-3,9	-4,3
I	-3,5	-3,1	-3,3	-3,3	-4,1

[cm]	13	14	15	16	17
A	-4,1	-3,8	-3,8	-3,5	-2,6
B	-4,7	-3,8	-4,9	-3,9	-3,9
C	-4,6	-4,7	-4,7	-3,9	-2,9
D	-5,1	-5,4	-5,0	-3,8	-3,2
E	-5,7	-5,8	-5,3	-4,8	-4,2
F	-5,5	-5,6	-5,5	-5,2	-4,9
G	-4,0	-4,4	-5,1	-4,5	-3,8
H	-4,3	-4,3	-4,4	-4,6	-4,4
I	-4,1	-3,9	-3,2	-3,6	-3,8

[cm]	17	18	19	20	21
A	-	-2,3	-2,5	-1,9	-2,2
B	-3,9	-3,5	-3,7	-2,7	-2,7
C	-2,9	-3,9	-3,9	-2,9	-2,4
D	-3,2	-4,2	-3,8	-2,8	-1,9
E	-4,2	-4,5	-4,1	-3,4	-2,5
F	-4,9	-4,9	-4,6	-3,9	-2,8
G	-3,8	-4,4	-4,3	-3,4	-2,6
H	-4,4	-4,1	-3,8	-3,4	-3,4
I	-3,8	-2,2	-2,5	-2,4	-2,8

[cm]	21	22	23	24	25
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-2,4	-2,0	-1,8	-1,6	-1,3
D	-1,9	-1,7	-1,4	-2,1	-2,0
E	-2,5	-2,1	-2,3	-2,5	-2,7
F	-2,8	-2,2	-2,4	-2,5	-2,2
G	-2,6	-2,0	-2,1	-2,3	-1,9
H	-3,4	-2,4	-2,8	-2,9	-2,9
I	-2,8	-1,7	-1,7	-1,4	-2,0

[cm]	25	26	27	28	29	30
A	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-
C	-1,3	-1,6	-1,2	-0,3	-	-
D	-2,0	-1,7	-1,3	-0,4	-0,4	-
E	-2,7	-2,2	-2,1	-1,5	-1,2	-
F	-2,2	-1,8	-2,6	-2,9	-2,6	-
G	-1,9	-1,7	-2,1	-2,9	-2,7	-2,6
H	-2,9	-2,1	-2,5	-2,7	-3,0	-3,0
I	-2,0	-1,8	-2,4	-2,7	-2,7	-2,6

[cm]	31	32	33
J	-1,8	-1,9	-1,8
K	-1,7	-2,2	-1,4
L	-1,2	-1,8	-1,0
M	-1,9	-1,3	-0,4
N	-2,0	-1,3	-0,4
O	1,0	-1,8	-0,9
P	-1,1	-2,0	-1,8
Q	-1,5	-2,1	-1,7
R	-1,3	-1,8	-2,2
S	-1,8	-2,1	-1,8

[cm]	34	35	36	37	38	39	40	41
Q	-	-	-	-1,6	-1,5	-	-	-
R	-	-	-	-1,1	-1,5	-	-	-
S	-	-	-	-1,8	-2,1	-	-	-
T	-	-	-	-1,3	-1,8	-	-	-
U	-	-	-	-1,5	-2,4	-	-	-
V	-	-	-	-2,2	-2,0	-	-	-
X	-3,3	-3,3	-3,5	-3,3	-3,2	-3,6	-2,9	-2,9
Y	-3,3	-4,1	-4,2	-3,4	-3,2	-3,2	-3,1	-3,1

A.3 Průvlaky

[cm]	1	2	3	4	5
PR 1	0	-0,1	0	0,2	0,4
PR 2	0	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8
PR 3	0	-0,2	-0,5	-0,5	-0,2
PR 4	0	-0,2	-0,3	0,1	0,7
PR 5	0	-0,5	-1	-1,1	-1,3
PR 6	0	-0,6	-1,1	-1,1	-0,9
PR 7	0	-0,3	-0,5	-0,5	-0,3
PR 8	0	-0,2	-0,1	0,3	0,9
PR 9	0	0	0,3	0,4	1
PR 10	0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2
PR 11	0	-0,1	-0,3	-0,3	0

B TABULKY ZE ZKOUŠEK NA TĚLESECH JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

B.1 Charakteristiky zkušebních těles z jádrových vývrtů

Označení tělesa	Průměr d [mm]	Výška l [mm]	Hmotnost m _r [g]	Objemová hm. přirozená ρ [kg/m ³]
1 - 1	73,9	75,2	717,8	2230
1 - 2	73,9	75,5	724,7	2240
2	73,9	148,2	1423,2	2240
Průměr				2240

B.2 Ultrazvuková měření na tělesech z jádrových vývrtů

Označení tělesa	Doba průchodu impulzů UZ vln T _{uz} [μs]				Rychlost ultrazvuku v _L [m/s]	Dynamický modul pružnosti E _{cu} [MPa]	Odhad statického modulu pružnosti E' _{cu} [MPa]
	"1"	"2"	"3"	průměr			
1 - 1	20,6	20,5	20,5	20,5	3660	26900	22900
1 - 2	20,0	19,8	20,0	19,9	3790	29000	24700
2	37,3	37,3	37,3	37,3	3970	31800	27000
Průměr					3810	29200	24900

B.3 Pevnost v tlaku betonu na tělesech z jádrových vývrtů

Označení tělesa	Max. síla F [kN]	Štíhlost λ	Koef. štíhlosti K _{c,cy}	Koef. průměru K _{cy,d}	Pevnost f _{c,cyl} [MPa]	Koef. krychelný K _{cy,cu}	Pevnost f _{c,cube} [MPa]
1 - 1	130,2	1,02	0,86	0,93	24,2	1,250	30,2
1 - 2	182,0	1,02	0,86	0,93	33,8	1,243	42,1
2	152,2	2,01	1,00	0,93	33,0	1,244	41,1
Průměr							37,8