



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH OBJEKTŮ S POUŽITÝM SYSTÉMEM ZVEDANÝCH STROPŮ

DIAGNOSIS OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH THE SYSTEM OF ELEVATED CEILINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ČEŘOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR ŽÍTT



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Čeřovský
Název	Diagnostika železobetonových objektů s použitým systémem zvedaných stropů
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Petr Žítt
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

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

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

Podklady a literatura

- [1] František Musil a kol. Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů
- [2] ČSN 731201-86 Navrhování betonových konstrukcí
- [3] EN 1992-1-1(eurocód 2)-část 1 Navrhování betonových konstrukcí
- [4] související ČSN, EN, ISO
- [5] Schmid, P., kol, Základy zkušebnictví, FAST VUT v Brně, 2000

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je seznámit se s konstrukcemi se zvedanými stropy, tzn. zejména způsobem jejich návrhu provádění. Rešerše dostupné literatury týkající se konstrukcí se zvedanými stropy. Návrh postupu předběžné prohlídky objektu. Návrh podrobné diagnostiky objektu se zaměřením na stropní konstrukci. Popis jednotlivých diagnostických metod.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.

.....
Ing. Petr Žítt
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na diagnostiku železobetonových skeletových konstrukcí s použitým systémem zvedaných stropů. První část práce se zabývá problematikou způsobu návrhu a výstavby těchto objektů. V další kapitole jsou popisovány vybrané metody ke zjištění materiálových charakteristik a ke stanovení konstrukčního systému. V závěru se práce zabývá vhodným navržením provádění předběžného a podrobného průzkumu staveb s použitým systémem zvedaných stropů.

Klíčová slova

Diagnostika, metoda, zkouška, sonda, vzorky, beton, výztuž, sloup, stropní deska, systém zvedaných stropů, skeletová konstrukce, hlavice, kolík, rámeček.

Abstract

This thesis is focused on the diagnostics of reinforced concrete frame structures with the used system of elevated ceilings. The first part of the thesis is devoted to the issue of the methods of design and construction of these objects. The following chapter describes selected methods leading to determination of the material characteristics and to the specification of the constructional system. In its conclusion, the thesis deals with the appropriate design of implementation of the preliminary and detailed exploration of the structures with the used system of elevated ceilings.

Key words

Diagnostics, method, examination, probe, samples, concrete, reinforcement steel, slab, system of elevated ceilings, frame, cap, locking peg, steel border.

Bibliografická citace VŠKP

Martin Čeřovský *Diagnostika železobetonových objektů s použitým systémem zvedaných stropů*. Brno, 2016. 67 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Petr Žítt.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26.5.2016

.....
podpis autora
Martin Čerovský

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Petru Žíttovi, za odborné vedení mé práce a za cenné rady a podněty, které mi v průběhu tvorby práce poskytl.

Obsah

ÚVOD	10
1. HISTORIE	11
1.1 V zahraničí	11
1.2 U nás	11
2. TECHNOLOGIE A PROVÁDĚNÍ	13
2.1 Spodní stavba	13
2.2 Ztužující konstrukce	14
2.3 Sloupy	15
2.3.1 Ocelové sloupy	15
2.3.2 Železobetonové sloupy	17
2.4 Železobetonové stropní desky	18
2.5 Zvedání stropních desek	22
2.6 Kompletace skeletu	24
3. PREFABRIKOVANÉ HLAVICE	26
3.1 Skrytá stropní hlavice	26
3.2 Předpjatá kruhová hlavice	27
3.3 Předpjatá kónická hlavice	30
3.4 Předpjatá polohlavice	31
3.5 Výroba předpjatých hlavic	32
4. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY	34
4.1 Půdorysné uspořádání	34
4.2 Návrh konzol	34
4.3 Ztužující konstrukce	35
5. POPIS VYBRANÝCH DIAGNOSTICKÝCH METOD	37
5.1 Nedestruktivní metody	37

5.1.1	Odrazová metoda pomocí Schmidtova tvrdoměru.....	38
5.1.2	Radarová kontrola výztuže	40
5.1.3	Ferromagnetická kontrola výztuže.....	41
5.1.4	Fenolftaleinová zkouška	42
5.2	Semidestruktivní metody	43
5.2.1	Doplňkové sekané sondy	43
5.2.2	Otevřené sondy	44
5.2.3	Odběr jádrových vývrtů.....	45
6.	NÁVRH DIAGNOSTIKY ŽELEZOBETONOVÝCH SKELETŮ „IN-SITU“	50
6.1	Předběžná vizuální prohlídka.....	50
6.2	Podrobná diagnostika	51
6.2.1	Diagnostika svislých konstrukcí	53
6.2.2	Diagnostika vodorovných konstrukcí	55
6.2.3	Doplňková diagnostika	57
7.	VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ.....	59
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	62
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	65
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	67

ÚVOD

Systém zvedaných stropů je jednou z možností výstavby vícepodlažních administrativních budov, budov pro obytné a zdravotní účely, průmyslových objektů, garáží a dalších. Nabízí velkou dispoziční a tvarovou variabilitu a především snadnou betonáž stropních desek v úrovni podlahy s následným zvednutím do definitivní polohy.

Největší rozkvět a využití této metody výstavby lze zaznamenat v 70. – 90. letech 20. století, kdy u nás i v zahraničí vznikalo mnoho patentů pro vývoj a zdokonalení postupu při použití metody výstavby systémem zvedaných stropů. V dnešní době se však s tímto systémem výstavby u budování novostaveb již nesetkáme.

Dovolil bych si říci, že je to zapříčiněno složitým systémem zvedací technologie a velkým rozvojem ve stavebnictví v období po roce 1989, tj. po Sametové revoluci. Možnosti výstavby jsou natolik vyspělé, že výhody, které systém zvedaných stropů poskytoval, je dávno předčen.

Přesto, jak u nás, tak v zahraničí, byly zrealizovány a stále fungují stavby vystavěné touto metodou a člověk si ani neuvědomuje, že se v takto postavené budově může zrovna nacházet.

Úkolem této bakalářské práce je se s těmito konstrukcemi se zvedanými stropy seznámit, a to zejména se způsobem jejich návrhu provádění. Dalším bodem je návrh předběžné prohlídky a posléze podrobného průzkumu objektu s použitým systémem zvedaných stropů.

1. HISTORIE

1.1 V zahraničí

Historie zvedaných stropů se začala psát již v roce 1913, kdy A. Peltzer z Chicaga přišel s myšlenkou postupu výstavby vícepatrových konstrukcí, kdy betonáž stropních desek probíhá v úrovni přízemí a následuje zvednutí těchto železobetonových desek do definitivní polohy. Touto myšlenkou se zabýval i francouzský inženýr Boussiron, který se snažil tento postup aplikovat na zastřešení hangáru na letišti Toulouse Francasale (Toulouse, jižní Francie). Tato stavba nebyla nikdy realizována, ale Boussironovy záměry byly praktikovány v roce 1951 při stavbě hangáru na letišti Mariguane (Marignena, jižní Francie). Další stavbou realizovanou systémem zvedaných stropů byla sedmipatrová budova v Paříži naprojektovaná francouzským inženýrem B. Lefaillem, ta ale kvůli značné poruchovosti zvedací techniky nebyla dokončena.

Posun v tomto postupu výstavby učinili inženýr Tom Slik a architekt Philip Youtz z USA, kteří postavili experimentální budovu, která proti ostatním metodám výstavby přinesla okolo 10 % finanční úspory. „*Oba autoři si nechali metodu patentovat pod názvem Lift Slab.*“¹ To vedlo k realizaci dalších projektů systémem zvedaných stropů po celých USA.

Systém zvedaných stropů se dále rozšiřoval i do jiných zemí po celé Evropě, do Asie, Ameriky a Austrálie. [1]

1.2 U nás

Metoda zvedaných stropů se do tehdejšího Československa dostala v roce 1957. Významnou osobností v tomto odvětví se stali prof. Ing. František Musil, CSc. a Prof. Dr. Ing. Josef Wunsch, DrSc., kteří se zapojili do vývoje a začlenění metody zvedaných stropů jakožto možností výstavby u nás a na Slovensku.

¹ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 11. ISBN 80-03-00561-2

První stavbou v Československu, na které byla tato metoda použita, byla čtyřpodlažní administrativní budova ve Veselí nad Moravou, postavená roku 1962, o zastavěné ploše 600 m².

Dalším významným krokem v systému zvedaných stropů byl vývoj hydraulického zvedacího zařízení vyvinutý podnikem Vodní stavby Sezimovo Ústí. Pomocí tohoto zařízení bylo postaveno několik dalších objektů.

Roku 1961 byl patentován Františkovi Liškovi spojený šroubový zvedák, který byl u nás nejčastěji používán k zvedání stropních konstrukcí. Další vynález, který byl posléze patentován, učinil J. Wunsch, a to monolitické tenkostěnné zvedané stropy, kde nejvýznamnějším objevem byla předpjatá kruhová hlavice, která se jako prefabrikát vkládá do podporových bodů betonované desky. Tyto hlavice umožňují snížit tloušťku desky až na 2/3 tloušťky normální desky. Dalším Wunschovým vynálezem byla konická předpjatá hlavice, která sloužila především pro stropy s velkým zatížením a velkou vzdáleností podpor.

*„Pro zvedání stropních desek jsou vhodné zejména ocelové sloupy malého průřezu.“*² Tyto ocelové sloupy přenesou pouze vlastní tíhu konstrukce, užité zatížení je přeneseno pomocí obložení sloupů železobetonovými prefabrikáty. Dokonalé spolupůsobení těchto částí je zajištěno pomocí příčné předpínací výztuže ovinuté okolo sloupu. Tuto technologii a především ovinovačku napjatých strun na sloupy vynalezl roku 1968 Alois Vondráček.

Vývoj a největší modernizace systému zvedaných stropů proběhla v 70. – 90. letech 20. století. V tomto období bylo vyvinuto značné množství vynálezů a způsobů usnadnění prací v metodě zvedaných stropů jako např. způsob zvětšování užité výšky (J. Čmácha, M. Horník), vynález zpětné západky na zvedacím zařízení (J. Adámek), zařízení pro zachycení stavebních konstrukcí (J. Hanáček) a další. [1]

² Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 12. ISBN 80-03-00561-2

2. TECHNOLOGIE A PROVÁDĚNÍ

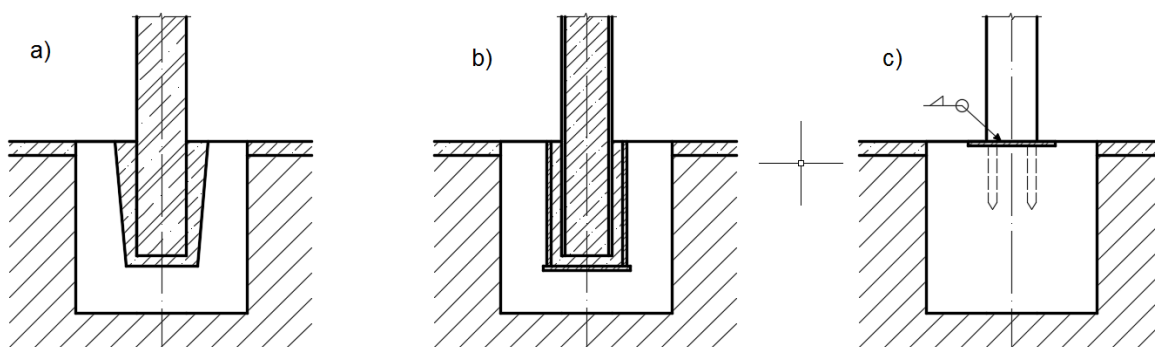
Výstavba metodou zvedaných stropů vychází z myšlenky betonáže stropních desek v úrovni přízemí, kdy dochází ke značné úspoře prací z hlediska použití složitého stropního bednění a transportu betonu do jednotlivých podlaží, a následného zvednutí pomocí zvedacího zařízení do definitivní polohy.

V prvotním stádiu výstavby se provede betonáž základů s následnou betonáží přízemního podlaží, pokud je pro danou budovu navrženo. Následným krokem je osazení patečních sloupů, což jsou sloupy malé výšky sloužící jako zárodky svislých podpor. Svou malou výškou umožňují snadné nasazení ocelových rámečků nebo prefabrikovaných hlavic, které slouží jako záchytný bod stropních desek pro samotné zvedání a zachycují smykové namáhání vzniklé ve styku sloup vs. stropní deska. Po osazení rámečků nebo prefabrikovaných hlavic nastává betonáž stropních desek. Tyto desky jsou v úrovni podlaží na rovném podkladu betonovány na sebe. Souběžně s tímto úkonem probíhá činnost navýšení patečních sloupů do předepsané výšky.

Po této fázi výstavby dochází k osazení zvedací technologie a technologie řídicí synchronní zvedání. Na horní hranu sloupů se osadí závěsný rámeček, který kotví ocelové závitové tyče či táhla. Pomocí zvedacího zařízení, řídicí jednotky zajišťující synchronizaci zvedání a závitových tyčí, popřípadě táhel, dochází ke zvedání stropních desek. Ty jsou zvedány do definitivních poloh, kde jsou aretovány pomocí ocelových kolíků, které se vkládají do předem připravených otvorů ve sloupech, případně pomocí úchytné objímky kotvené na přivařených příložkách sloupu.

2.1 Spodní stavba

Zakládání objektu s použitým systémem zvedaných stropů se neliší od ostatních konstrukčních řešení používaných při výstavbě vícepodlažních skeletů. Používá se založení na železobetonových patkách, pásech či deskách. Pro zakotvení železobetonových nebo ocelových sloupů se v základové konstrukci vynechají kotevní otvory, do kterých se sloupy osadí a zalijí cementovou zálivkou v předepsané kvalitě. Další možností používanou pro ocelové sloupy je zabetonování ocelových desek do základu, na které jsou následně sloupy přivařeny.



Obr. 2.1 Schéma osazení sloupů do základové konstrukce

a) kotevní otvor pro železobetonový sloup, b) kotevní otvor pro ocelový sloup, c) kotevní deska

Do základové konstrukce se dále kotví svislé ztužující konstrukce skeletů, které přenášejí účinky od vodorovných zatížení, zatímco sloupy přenášejí účinky od svislého zatížení. Povrch těchto základových prvků musí mít předepsanou rovinatost, jelikož slouží jako podkladní plocha pro betonáž stropních desek. „Maximální přípustná odchylka od rovinatosti povrchu činí 5 mm a zjišťují se latí délky 2000 mm.“³ [1]

2.2 Ztužující konstrukce

„Ztužující železobetonové konstrukce zajišťují skelet proti účinkům vodorovných sil.“⁴ Ve většině případů je ztužující konstrukce postavena před zvedáním železobetonových stropních desek. Obvykle se jedná o tuhá jádra, která budou sloužit jako prostor pro schodiště, výtahy či jiné zařízení budovy, ale můžeme se setkat i se ztužujícími stěnami.

Výstavba ztužující konstrukce je velmi náročná, obsahuje činnosti od výroby přes montáž bednění, vyztužovací a bednicí práce. Proto byla snaha o co největší úsporu pracnosti, která vedla k použití překládacího a později i posuvného bednění. „Oba druhy jsou zvláště vhodné pro opakovatelné, tvarově shodné konstrukce.“⁵

Pro výstavbu pomocí překládacího bednění se nejdříve vyrobí dílce bednění o velikosti celé stěny, nejvýše však na výšku jednoho podlaží. „Dílce musí být dobře

³ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 139. ISBN 80-03-00561-2

⁴ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 140. ISBN 80-03-00561-2

⁵ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 140. ISBN 80-03-00561-2

vyztuženy, aby se při betonáži nedeformovaly a bylo je možné vcelku přemísťovat z podlaží do podlaží jeřábem.“⁶ Poté se tyto dílce sestaví dle půdorysného uspořádání ztužující konstrukce. Může nastat ukládka ocelové výztuže s následným zabetonováním. Jakmile beton dosáhne předepsané pevnosti, lze bednění rozebrat a jednotlivé bednicí dílce přemístit a smontovat o podlaží výše.

V případě použití posuvného bednění dochází k úspoře prací nutných pro složení a rozebrání dílců bednění při jednotlivých betonážních taktech. Bednění je sestaveno již před samotným použitím. Výška jednoho postupu činí 1200 mm. Šplhání bednění je zajištěno pomocí zvedacích jednotek a vzpěrných ocelových tyčí. Pohyb těchto zvedáků je řízen synchronně a tím zajišťuje rovnoměrné stoupání bednění o rychlosti až 0,2 m/hod. Avšak i tento postup se ukázal být velmi pracným a náročným. Proto vznikla varianta, která předpokládá využití některých prvků spojených s metodou zvedaných stropů pro přemístění bednění. Tato varianta umožňuje použití velkoplošného překladového bednění, které se zavěsí na speciální nosné rámy upevněné na první zvedanou stropní desku a bednění je s touto deskou zvedáno. Tato varianta přináší značné výhody především z hlediska snížení pracnosti a potřeby obsluhy zvedacího zařízení, úsporu speciálního zvedacího zařízení pro posun bednění a v neposlední řadě zjednodušení koordinace prací. [1]

2.3 Sloupy

Sloupy se používají jak železobetonové prefabrikáty, tak především ocelové z bezešvých trub nebo kombinované. Návrh rozměrů a druhu sloupu se volí s ohledem na zatížení, které musí přenést jak při zvedání stropních desek, tak při celé své životnosti, a dále na dostupnost daného výrobku. Zatížení sloupů se předpokládá především centrické, případně zatížení s minimální excentricitou od nepřesností a nerovností vzniklých při výstavbě. [1]

2.3.1 Ocelové sloupy

Pro systém zvedaných stropů se osvědčily a nejvíce se používají ocelové sloupy kruhového, obdélníkového či čtvercového průřezu, které se po osazení a zvednutí

⁶ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 140. ISBN 80-03-00561-2

stropních desek vyplňují nosným betonem. Tyto sloupy jsou navrženy tak, aby přenesly pouze vlastní tíhu konstrukce při zvedání. To vede k značné úspoře oceli, k lepší manipulaci při osazování a při samotné výrobě sloupů. Ostatní stálé a proměnné zatížení je přeneseno pomocí dodatečného zesílení sloupů. K tomu se používají železobetonové prefabrikáty, které se ovíjejí patentovým drátem, nebo se sloup obezdí zdíci prvky. Toto dodatečné zesílení napomáhá nejen k přenášení zatížení a zajištění tuhosti konstrukce, ale také slouží jako požární ochrana ocelových sloupů.

Výroba ocelových sloupů začíná souběžně s betonáží železobetonových stropních desek. „*V předstihu musí být vyrobeny a osazeny pouze pateční kusy.*“⁷ To jsou takové kusy sloupů, které se kotví do základové konstrukce a svou krátkou délkou umožňují snadné nasazení úchytných rámečků nebo prefabrikovaných hlavic pro výrobu stropních desek a napojení dalších částí ocelového sloupu. Délka patečního sloupu se stanoví ze vztahu: [1]

$$L = k + n \cdot t + 1400$$

kde platí: L ... délka patečního sloupu [mm]
 k ... hloubka zakotvení [mm]
 n ... počet stropních desek [ks]
 t ... tloušťka desky [mm]

Další části ocelových trub jsou vyráběny v železárně, kde dochází k sestavení dílů trub a svaření k sobě, aby vznikl sloup nebo část sloupu potřebné délky. Na sloupech se provede úprava pro uchycení železobetonových stropních desek na sloupy. To se provádí přivařením sedlové příločky. Častěji používanou variantou je vypálení otvorů v troubě, do které se při zvedání stropní desky prostrčí ocelový kolík, který zajistí stropní desku v předepsané poloze. „*Rozměření míst montážních a konečných poloh uchycení stropů na sloup se zajišťuje pomocí měřící šablony.*“⁸ Po této přípravě následuje přeprava na stavbu, kde jsou sloupy postupně osazovány.

⁷ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 147. ISBN 80-03-00561-2

⁸ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 147. ISBN 80-03-00561-2

U nižších budov lze osadit pateční sloup a po vybetonování všech stropních desek na něj přivařit připravený kus sloupu z výroby, který bude již na celou výšku objektu. U vyšších budov nelze osadit celý sloup, a proto se sestavuje až na stavbě po dílech. Délka dílů závisí na únosnosti montážního prostředku, zatížení sloupu, vlastní hmotnosti a schopnosti odolávat účinkům větru na volné délce, kdy ještě není konstrukce vyztužena železobetonovými stropními deskami. První, neboli pateční sloup může být delší, nesmí však přesáhnout délku 6 m, aby nedocházelo k problémům při navlékání úchytných rámečků nebo prefabrikovaných hlavic. *„Při tomto řešení se po zabetonování stropy zvednou do první montážní polohy a teprve poté se přivaří následující díl.“*⁹

Osazování dílů sloupů probíhá pomocí jeřábů. Svislost a poloha se zajistí ocelovými rektifikačními vzpěrami nebo objímkami. I přesto je poloha kontrolována pomocí teodolitů nebo použitím optických měřících přístrojů. [1]

2.3.2 Železobetonové sloupy

Jsou méně používanou variantou. Vyrábějí se v prefa výrobnách. Oproti ocelovým sloupům, které přenáší pouze vlastní tíhu konstrukce při zvedání a následné obložení či obezdění, přebírá ostatní stálé a proměnné zatížení, železobetonové sloupy se navrhují tak, aby přenesly veškeré zatížení bez nutnosti jakékoliv úpravy. Proto mají větší půdorysný rozměr a větší hmotnost. S tím je spojena horší manipulace jak v místě výroby železobetonových prefabrikátů, tak na stavbě při jejich osazování.

Při výrobě betonových sloupů je dbáno na vysokou kvalitu betonu, ale i na velkou přesnost při betonáži. Ta je zajištěna výrobou v tuhých ocelových vibračních formách. Kontroluje se přesné umístění potřebného kování a kolmost čel, kterými se zajistí vzájemné spojení při montáži. Na čelech železobetonového sloupu je při betonáži osazena ocelová deska kopírující tvar sloupu, která zajistí při samotné montáži snadné spojení pomocí svaření.

Pro montáž sloupů je použit jeřáb větší únosnosti. Při osazení musí sloup zůstat zavěšen na jeřábu, a to i po vyrovnání rektifikačními táhly až do doby, než se čelní

⁹ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 148. ISBN 80-03-00561-2

deska s deskou osazenou v základové konstrukci svaří dohromady. Železobetonové sloupy velkých rozměrů se vkládají do otvorů vynechaných v základové konstrukci. Sloup se pomocí dubových klínů vyrovná a zajistí. Následně se otvor zalije cementovou zálivkou. Pro zajištění stability při nastavování sloupu dalšími dílci se v podlaží použijí rektifikační vzpěry.

Rozvoj a zdokonalení pro zvolené využití železobetonových sloupů oproti ocelovým spočívá pouze ve snížení nutných styků, „*tj. snaha o výrobu a montáž co nejdelších sloupů.*“¹⁰ Délka jednotlivých sloupových dílců je závislá na nosnosti montážních prostředků. Optimální délku je možno stanovit ze vztahu: [1]

$$L_{\max} = \frac{N}{a \cdot b \cdot 2,5}$$

kde platí:

- $L_{\max}$... maximální délka (dílu) sloupu [m]
- N únosnost jeřábu v daném dosahu [t]
- a, b půdorysný rozměr sloupu [m]
- $2,5$ objemová hmotnost betonu [t/m^3]

2.4 Železobetonové stropní desky

Pro systém výstavby metodou zvedaných stropů lze použít různé varianty stropních desek. Použití jednotlivých druhů je závislé na mnoha faktorech a požadavcích investora. Jedním z nejdůležitějších faktorů je však vhodné zvolení prefabrikované hlavice, protože každá z hlavic je navržena s ohledem na jinou tloušťku, hmotnost a zatížení použité stropní desky.

Pro zvedané stropy se nejčastěji používají tyto typy desek: [1]

- Normální bezprůvlakové stropní desky $h = \frac{1}{35} L$
- tenkostěnné stropní desky $h = \left(\frac{1}{35} - \frac{1}{60} \right) L$
- vylehčené stropní desky $h = \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{30} \right) L$
- předpjaté stropní desky $h = \left(\frac{1}{40} - \frac{1}{40} \right) L$

kde platí:

- L ... osová vzdálenost mezi sloupy [mm]
- h ... výška stropní desky [mm]

¹⁰ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 150. ISBN 80-03-00561-2

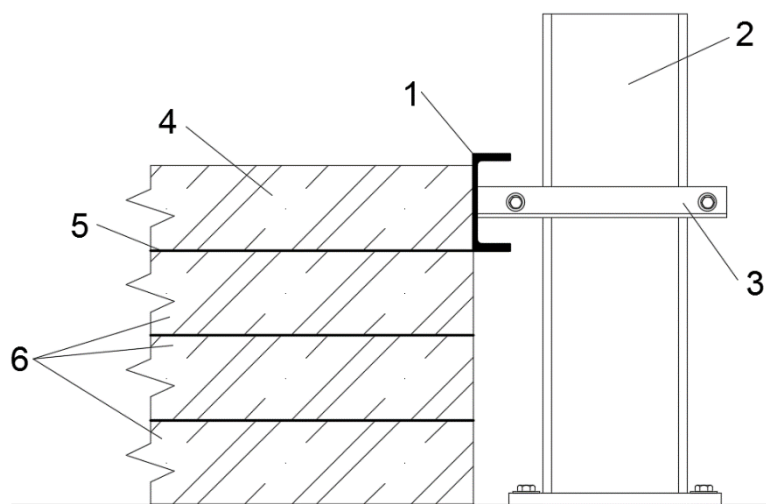
„Uvedené druhy zvedaných stropních desek lze navzájem kombinovat, jestliže je to z hlediska účelu budovy, statického řešení a technologie výstavby výhodné.“¹¹

Příliš tuhé stropní konstrukce pro systém zvedaných stropů nejsou příliš vhodné. To je zapříčiněno zejména jejich velkou citlivostí na nerovnoměrné poklesy vznikající v podporách. U metody zvedaných stropů může tato situace nastat v případě poruchy nebo přetížení některé zvedací jednotky. Dalším faktorem je jejich vysoká hmotnost, která brání zvedání těchto desek v sadách. Tím se samozřejmě prodlužuje doba výstavby a s tím spojena časová náročnost.

Oproti tomu tenkostěnné stropní desky se s těmito malými poklesy dokáží mnohem snadněji vyrovnat a je možné je zvedat v sadách, proto jsou častěji navrhovaným řešením.

Jak již bylo zmíněno, betonáž železobetonových stropních desek probíhá v úrovni přízemí postupně na sebe. Bednění se sestaví jen po obvodu železobetonové stropní desky. Bočnice tohoto bednění jsou tvořeny z válcovaných profilů U, které zajišťují dostatečnou tuhost pro zajištění tvaru obvodu desky, snadnou montáž a použití tohoto bednění na další desku. Bednění je dále složeno ze stojek, které jsou kotveny šrouby ke spodní stavbě a slouží k rozeprání a posunu bočnic pro betonáž další stropní desky.

[1]



Obr. 2.2 Schéma bednění stropních desek

1) Bočnice bednění 2) stojka, 3) úchytná konzola, 4) betonovaná stropní deska, 5) oddělovací vrstva, 6) Již vybetonované stropní desky

¹¹ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 148. ISBN 80-03-00561-2

Dno bednění není potřeba, využije se již vybetonované spodní stavby či desky. Horní povrchy jednotlivých desek musí mít předepsanou rovinatost, jak kvůli rovnosti pro budoucí podlahu, tak v důsledku podhledů, které daná deska tvoří pro desku betonovanou nad ní. Před betonáží desek se musí na podklad nanést oddělovací vrstva, která slouží k separaci jednotlivých desek.

Pro oddělovací vrstvy se používají tuhé vložky nebo nátěry. Ukázalo se, že oddělovací vrstvy na bázi nátěrů jsou vhodnější. Používají se laky Etynol, Relax 9 nebo chlorkaučukový nátěr Ochronal. Tuhé vložky mají naopak využití v zimním období, kdy nátěry nelze použít. Pro oddělovací vrstvu v podobě tuhých vložek se používají plechy, dřevovláknité desky nebo plastické fólie.

„Po nanesení oddělovací vrstvy se na plochu desky vyznačí osy pro přesné usazení prostupů, otvorů a kování stropů.“¹² Následně se osadí prefabrikované hlavice.

Vybedněné železobetonové stropní desky s naneseným separačním nátěrem se vyztuží. Pro vyztužení desek se používají kari sítě, které se dovyztuží další ocelí podle projektové dokumentace. V oblasti prefabrikovaných hlavic se musí věnovat zvýšená pozornost správnému vyztužení a svaření výztuže.

Před betonáží jednotlivých stropních desek musí dojít ke kontrole rozměrů, tvaru a tuhosti bednění. Dále se zkoumá správnost osazení prefabrikovaných hlavic, poloha a spojení výztuže, poloha prostupů a vedení instalací, provedení oddělovací vrstvy a v neposlední řadě čistota podkladu, bednění a výztuže. Po této kontrole je možno započít betonáž.

Betonová směs předepsané kvality a konzistence se na stavbu dopravuje nákladními automobily nebo autodomýkavači. Zde je ukládána do připraveného bednění pomocí betonovacího koše zavěšeného na jeřábu či pomocí pístových čerpadel.

Pro čerpání betonové směsi při výstavbě metodou zvedaných stropů je ideální čerpadlo s kapacitou 6 – 8 m³ za hodinu. Čerpadlo se umístí co nejbližší k objektu a to s co nejmenším počtem oblouků v rozvodu potrubí čerpadla. *„Na konec*

¹² Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 154. ISBN 80-03-00561-2

*hadice se umístí pryžová hadice délky 6-8m pro usnadnění manipulace a omezení nutných přestaveb.*¹³

Po uložení betonové směsi dochází k hutnění ponornými vibrátory. Povrch se rovná pomocí vibračních latí nebo pojízdných vibračních trámců, které mají vodící lišty podpírané pouze v místech sloupů. Délka vibračních latí či pojízdných vibračních trámců se dělá zpravidla na délku jednoho rozpětí mezi svislými podporami. V čase přibližně 3 - 5 hodin po uložení a zavibrování, kdy je beton částečně ztuhlý, lze povrch uhladit do definitivní podoby. Pro urychlení a snížení pracnosti se používají rotační hladíčky. Uhlazení probíhá ve dvou krocích. Prvním krokem je hrubé hlazení, kdy je motor hladíčky nastaven na nejmenší možné otáčky a hladící lopatky se položí co nejvíce naplocho. V druhém kroku se provede jemné hlazení, kdy se nastavení otáček motoru a sklonu hladících lopatek zvýší oproti hrubému hlazení. Reálná kapacita rotační hladíčky se pohybuje kolem 35 – 45 m² v jednom kroku za hodinu. [1]



Obr. 2.3 Rotační lopatková hladíčka čerstvého betonu [21]

Oddělovací vrstvu je možno aplikovat po 12 hodinách od uložení betonové směsi do bednění. „*Desky není třeba po dobu tvrdnutí betonu zvlášť ošetřovat, neboť*

¹³ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 158. ISBN 80-03-00561-2

*oddělovací vrstva zabraňuje vypařování vody a napomáhá tak kvalitnímu dozrávání betonu.*¹⁴

2.5 Zvedání stropních desek

Je jednou z nejobtížnějších a nejnáročnější činností této metody výstavby. Dochází zde k vertikálnímu zvedání těžkých železobetonových desek. Pro zvedání těchto konstrukcí se používají tyto typy zvedacího zařízení:

- mechanické, pomocí závitových tyčí a matic
- hydraulické, pomocí dutých válců a šroubových táhel

U nás používanější a preferovanější metodou byla metoda pomocí mechanických šroubových zvedáků. Toto zařízení je složeno ze závěsných ocelových rámečků, v nichž je neotočně uchycena dvojice závitových tyčí, přičemž spodní konce těchto tyčí jsou zakotveny pomocí nosné patky v nejspodnější stropní desce „II“. Úchytné rámečky se kotví na sloupy pomocí ocelových kolíků, které se vkládají do předem připravených otvorů ve sloupech. Hlavní součást každé zvedací jednotky však tvoří otočné matice uchycené v pouzdrech, které jsou pevně přikotveny k vrchní stropní desce „I“. *„Matice jsou opatřeny ozubením, do něhož zasahuje západka a západkové páky.*¹⁵ Pro zajištění synchronního zvedání stropní desky jsou páky spojeny lanovým rozvodem, který je centrálně řízen převodovou skříní poháněnou motorem. Proto, aby tento systém fungoval, je nutnost pootočení západkových pák v rozmezí kolem cca 37 – 53°.

Otočením pák dochází ke zvedání horní desky „I“ po stojících závitových tyčích. Po pootočení pák ve stanoveném rozmezí dojde k aretaci matic pomocí západek, které se zaklesnou do ozubů na maticích. Západkové páky se po tomto kroku mohou uvolnit a na prázdno vrátit do výchozí polohy. Zde se zaklesnou do ozubu. Může dojít k uvolnění aretační západky a otočením západkových pák dochází k opětovnému zvedání horní stropní desky „I“. Tento postup se opakuje, dokud se horní stropní deska nezvedne do první stanovené polohy. V této poloze je nadzvednuta o tolik, aby

¹⁴ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 159. ISBN 80-03-00561-2

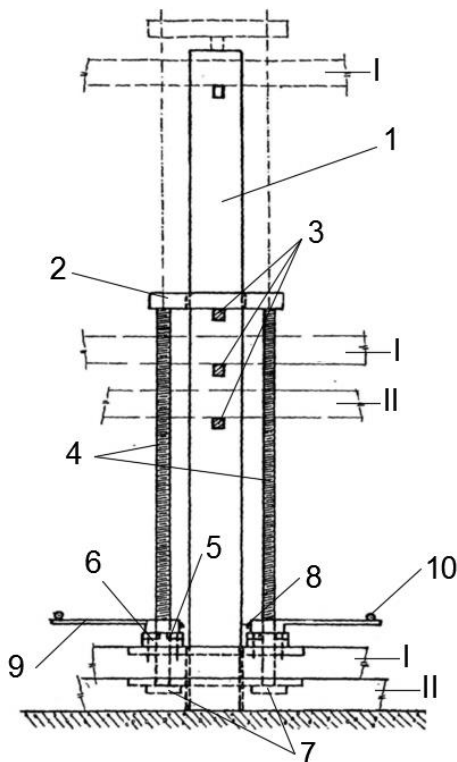
¹⁵ Liška, F. *Spojené šroubové zvedáky* [online]. Příhl. 15.1.1962. MPT: B 66 F 11/00. Čís. patentu 104393. 15.07.1962. Úřad průmyslového vlastnictví, s. 2.

bylo možné vložení klínů do otvorů připravených ve sloupech. Po vložení se západkové páky zaklesnuté do ozubů v maticích otočí opačným směrem a tím dojde k sednutí desky na klíny.

Další fází je zvedání spodní desky „II“. To se provádí tak, že zaklesnuté západkové páky otáčíme v opačném směru než při zvedání horní stropní desky „I“. Postup pootočení pák, aretaci západkou a vrácení páky do výchozí polohy opakujeme stejně jako u zvedání horní stropní desky „I“. V důsledku toho dochází k přitahování spodní desky „II“ k horní stropní desce „I“, která funguje jako pevný bod. S tímto se souběžně zvedají i závitové tyče včetně zavěsných rámečků směrem vzhůru.

Po přitažení spodní stropní desky „II“ k horní stropní desce „I“ dojde k vložení klínu a k následnému osazení spodní desky „II“ do definitivní polohy.

Posledním krokem je osazení závěsných rámečků, které byly zvednuty při přitahování spodní desky „II“, na klíny a následné zvednutí a osazení horní stropní desky „I“ stejným způsobem, jaký byl popsán v předchozích krocích. [1], [2]



Obr. 2.4 Zvedací zařízení [2]

1) Sloup, 2) závěsný rámeček, 3) kolík, 4) ocelové závitové tyče, 5) matice, 6) pouzdro, 7) nosná patka, 8) aretační západka, 9) západková páka, 10) lanový rozvod, I) dolní stropní deska, II) dolní stropní deska

Touto metodou lze zvedat desky jak po sadách, tak i samostatně, záleží pouze na návrhu a kapacitě navrženého zvedacího zařízení. „*Velkou pozornost je přitom nutno věnovat zajištění budovaného skeletu proti účinkům vodorovných sil.*“¹⁶ Samotné stropní desky musí v průběhu zvedání a osazení v dočasných i definitivních polohách zajistit sloupy proti vybočení.

Zvedání stropních desek je možné provádět po dlouhých drahách, kdy je úchytný rámeček umístěn na zhlaví sloupu a zvedání probíhá přes všechny podlaží najednou každé jednotlivé desky zvlášť. Tento postup je velice náchylný na vzpěrné vybočení sloupů a přináší sebou značné náklady zapříčiněné pracností k přemístění zvedacích jednotek. Druhým a používanějším postupem je zvedání po krátkých drahách, kdy je úchytný ocelový rámeček uchycen v několika etapách a zvedání stropních desek probíhá na výšku jednoho, maximálně dvou podlaží. Výhody tohoto způsobu zvedání lze spatřovat v menším zatížení vzpěrného namáhání sloupů a v úspoře pracnosti přemísťování zvedacích jednotek.

Způsob a postup zvedání musí být vždy zpracován v technologickém postupu stavby před samotným započítáním zvedacích prací. Odpovědný pracovník výstavby se tímto postupem musí striktně řídit. Seběmenší zaváhání může celý systém narušit v horším případě poškodit celou konstrukci. [1]

2.6 Kompletace skeletu

Po dokončení zvedacích prací, kdy jsou stropní desky uloženy v definitivních polohách, je třeba skeletovou konstrukci dokončit. Dokončení spočívá v zajištění vzájemného spojení stropních desek se ztužujícími konstrukcemi, zabetonování vnitřních částí ocelových sloupů a otvorů mezi sloupy a stropními deskami, zesílení ocelových sloupů obložením železobetonovými prefabrikáty a následném ovinutí patentovým drátem, případně obezděním sloupů zdíciemi prvky, osazením prefabrikovaných skladišť nebo dodatečným vyztužením skeletu výstavbou ztužujících stěn.

Teprve po provedení těchto úkonů je konstrukce schopna působit jako tuhý celek a přenést veškeré zatížení vznikající po celou dobu její životnosti.

¹⁶ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 166. ISBN 80-03-00561-2

Rozsah a postup dokončovacích prací se u každé konstrukce liší. „*Dokončením kompletačních prací je hrubá stavba objektu připravena k provádění dalších stavebních prací.*“¹⁷ Tyto stavební práce na střešním a obvodovém plášti, ale i v samotném interiéru se shodují již se skelety vystavěnými klasickými metodami výstavby. [1]

¹⁷ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 184. ISBN 80-03-00561-2

3. PREFABRIKOVANÉ HLAVICE

Jsou nezbytnou součástí konstrukce železobetonových stropních desek s použitím metody zvedaných stropů. Hlavní funkce hlavic spočívá v zajištění smykového napětí vzniklého při zvedání ve styku „sloup vs. deska“, zajištění ohybových momentů a posouvajících sil v místě svislých podpor, v neposlední řadě umožňují zvedání stropních desek podél sloupů.

Rozlišujeme několik druhů prefabrikovaných hlavic, které se používají podle zvoleného systému stropních desek:

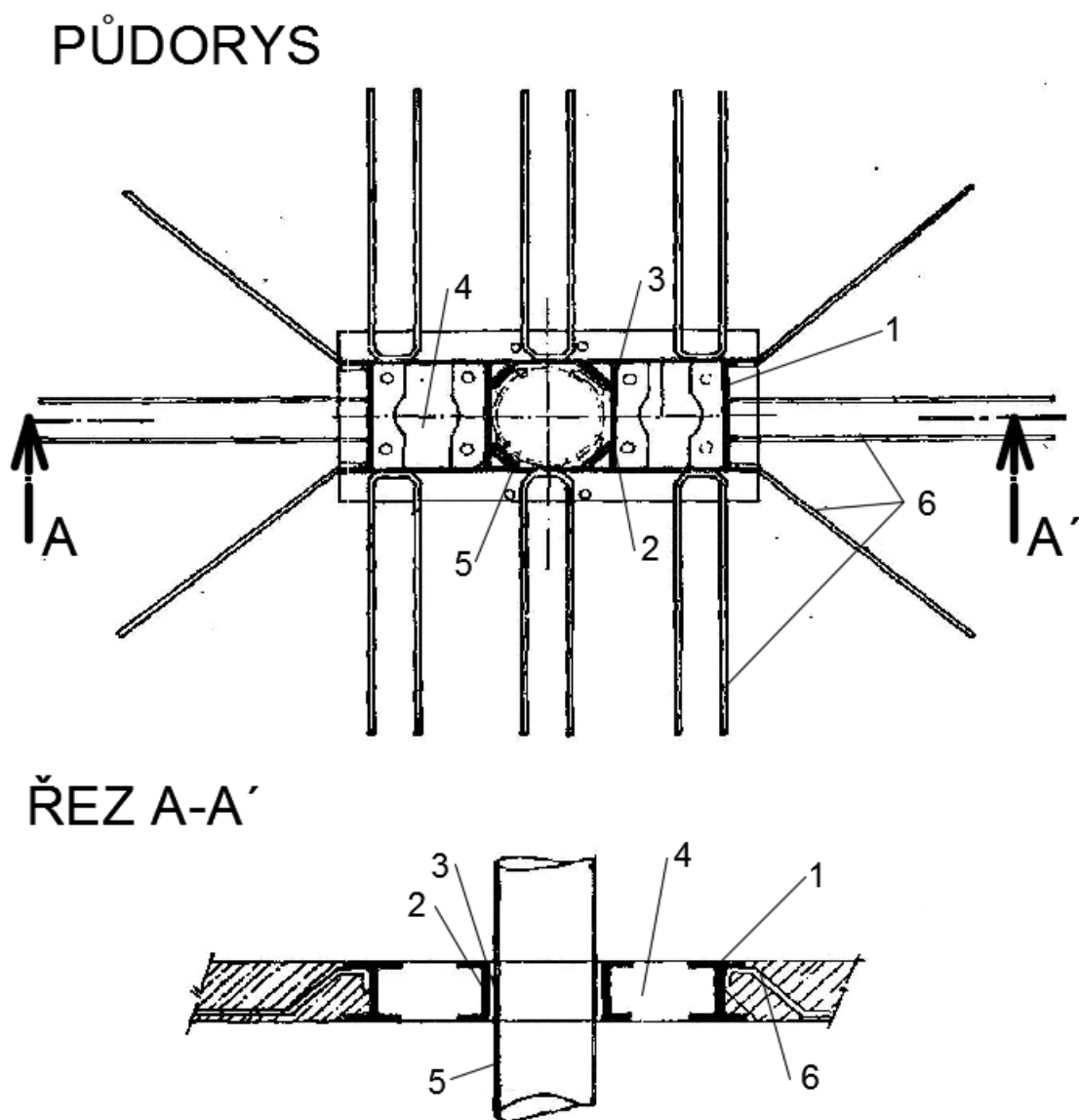
- skrytá hlavice
- předpjatá hlavice
- konická hlavice
- polohlavice.

3.1 Skrytá stropní hlavice

Tento druh hlavic se používá především u normálních, silně či nadměrně vyztužených desek se značnou tloušťkou, nebo u vylehčených stropních desek. Hlavice spočívá ve svaření úchytného rámečku, jehož půdorysné rozměry závisí na tvaru a velikosti sloupu a jeho výška závisí na tloušťce navržené stropní desky. Tento rámeček se svařuje z ocelových válcovaných nosníků, případně se může vyrábět z ocelolity. Velikost mezi vnitřními stěnami rámečku je o něco větší, než je půdorysný rozměr sloupu. Tato vůle je závislá na tvaru sloupu. U ocelových bezešvých trub se volí minimálně 5 mm, u železobetonových v rozmezí 20 - 40 mm. Ocelový rámeček má díky vnitřním stěnám i další dva otvory, které slouží k připevnění ocelových závitových tyčí či ocelových táhel potřebných ke zvedání stropních desek. „K obvodu ocelového rámečku jsou přivařeny konce prutů kotvící výztuže, kterou je ocelové jádro zakotveno do stropní desky.“¹⁸ Kotvící výztuž je paprskovitě rozmístěna po obvodu ocelového rámečku.

¹⁸ Wunsch, J. *Monolitické tenkostěnné zvedané stropy* [online]. Příhl. 28.3.1961. MPT: E 04 h, E 04 b. Čís. patentu 108638. 15.10.1963. Úřad průmyslového vlastnictví, s. 4.

Po výrobě se tyto rámečky osadí na pateční sloup. Společně se stropní deskou proběhne vyztužení a následná betonáž společně s probetonováním výztuže vyčnívající z ocelového úchytného rámečku. [1], [3], [5]



Obr. 3.1 Skrytá hlavice [3]

1) ocelový úchytný rámeček, 2) vnitřní stěny rámečku, 3) středový otvor, 4) krajní otvor, 5) sloup, 6) betonářská výztuž

3.2 Předpjatá kruhová hlavice

Předpjatá prefabrikovaná kruhová hlavice je velice únosnou a proto se využívá při návrhu tenkostěnných či předpjatých stropních desek malých tloušťek. S použitím této

hlavice dochází asi o 40% zmenšení hmotnosti oproti normálním deskám, což přináší značné úspory jak z finančního hlediska, kdy je spotřeba výztuže a betonu menší, ale i z hlediska návrhu, kdy je možné použít sloupy malých půdorysných rozměrů a zařízení pro zvedání se sníženou kapacitou. Tloušťka předpjaté kruhové hlavice se shoduje s tloušťkou stropní desky, je v ní zabetonována a pomocí betonářské výztuže zakotvena. Proto se velmi často používá tam, kde je nárok na použití tenkostěnných stropních desek s rovným podhledem.

„Kruhové hlavice jsou slabě vyztužené prefabrikáty, které se dostatečně ovíjejí předpjatými spirálami z patentového drátu.“¹⁹ Každá hlavice je osazena ocelovým úchytným rámečkem, který je shodný s rámečkem pro skryté hlavice včetně přivažené kotvící výztuže, která je paprskovitě rozmístěna k obvodu kruhové hlavice, při spodním okraji v přípustné kotevní délce.

Na rozdíl od skryté hlavice se prefabrikované kruhové hlavice dále vyztužují při horním okraji betonářskou výztuží ve tvaru kruhových segmentů. Tato výztuž má za úkol zachycovat negativní tangenciální momenty. Další výztuž se osadí při spodním povrchu. Jsou jím dva pruty ve tvaru kruhu, které brání nepříznivým vlivům předpětí. Poslední výztuží prefabrikované hlavice jsou třmínky, které přenášejí smyková namáhání vznikající v hlavici. Takto vyztužená kruhová hlavice je připravena ve formách v prefa výrobnách k betonáři.

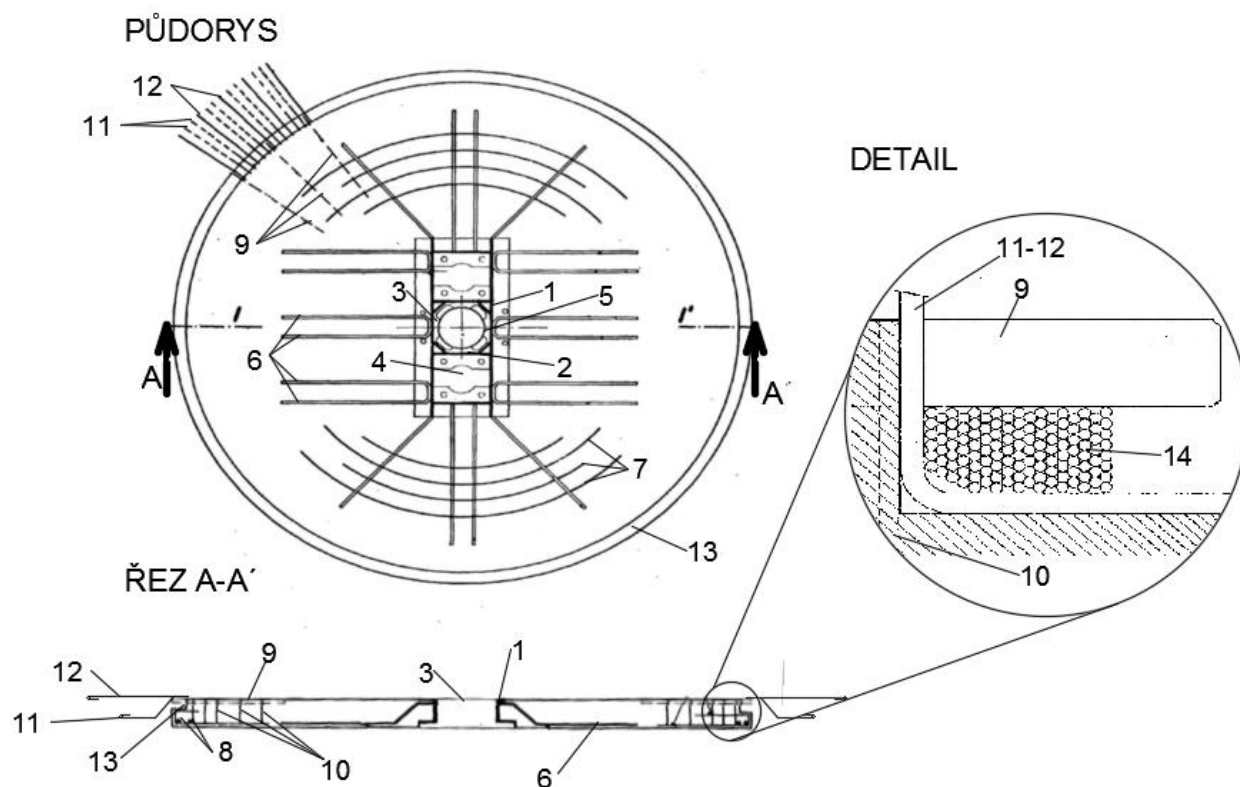
Prefabrikovaná stropní hlavice je po svém obvodu při svém horním povrchu vybavena polodrážkou, do které se osazují patentové předpínací dráty. Nad touto polodrážkou vyčnívá v přiměřených odstupech pásková železa, která brání vyvlečení patentových předpínacích drátů z obvodu kruhové hlavice. Před samotným napínáním patentových předpínacích drátů se do drážky uloží střídavě pruty na vykrytí smyku a radiálních momentů. Tyto pruty jsou pomocí napnutí patentových předpínacích drátů přitaženy k obvodu kruhové hlavice a tím jsou důkladně zajištěny. *„Pruty na vykrytí smyku a pruty na vykrytí radiálních momentů vyčnívají z počátku svisle nad horní povrch hlavice.“²⁰* Takto připravené prefabrikované hlavice se osadí

¹⁹ Wunsch, J. *Monolitické tenkostěnné zvedané stropy* [online]. Příhl. 28.3.1961. MPT: E 04 h, E 04 b. Čís. patentu 108638. 15.10.1963. Úřad průmyslového vlastnictví, s. 5.

²⁰ Wunsch, J. *Monolitické tenkostěnné zvedané stropy* [online]. Příhl. 28.3.1961. MPT: E 04 h, E 04 b. Čís. patentu 108638. 15.10.1963. Úřad průmyslového vlastnictví, s. 4.

na pateční sloup, svislé vyčnívající pruty se odklopí a tím vykryjí momenty a smyk vznikající ve styčné spáře mezi hlavicí a stropní deskou.

Nejpoužívanějšími plochými předpjatými prefabrikovanými kruhovými hlavicemi byly hlavice o průměru 1,94 m a 2,40 m a výškou 0,2 mm, popřípadě 0,24 m.[1],[3],[6]

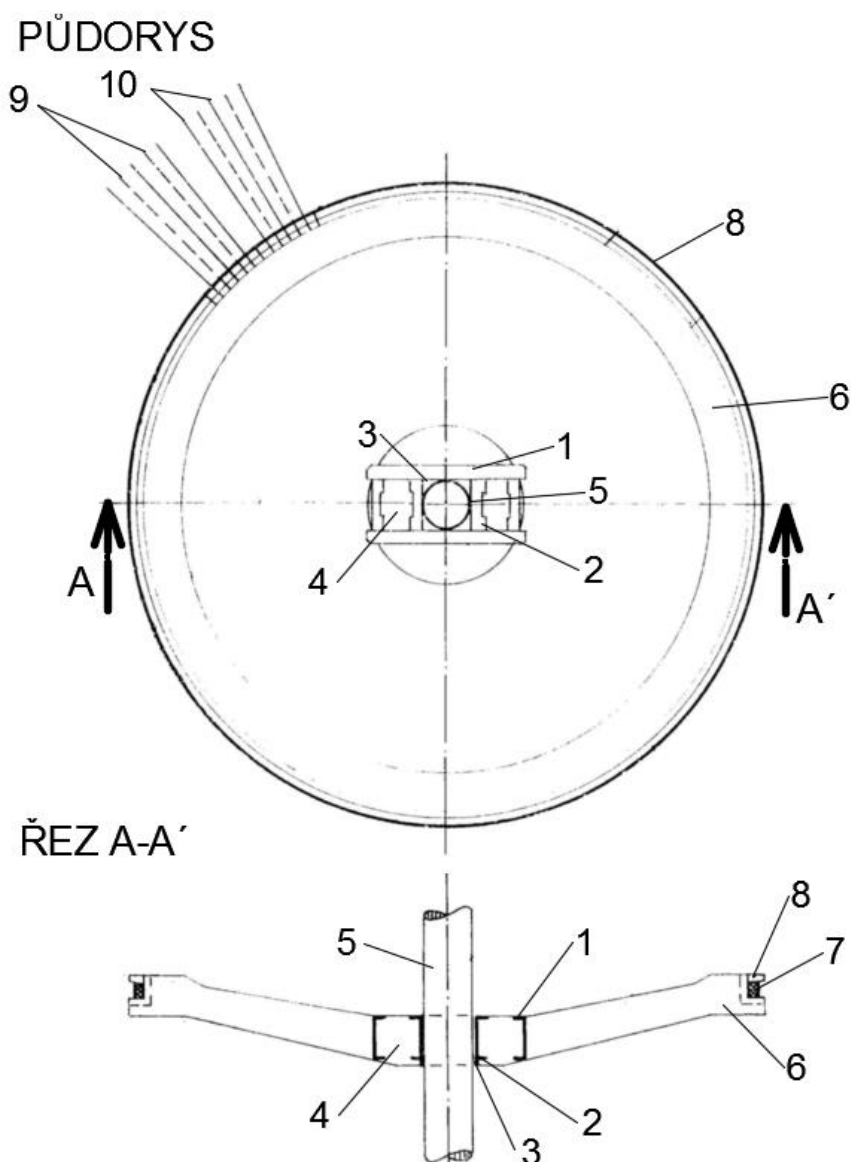


Obr. 3.2 Prefabrikovaná předpjatá hlavice [3]

1) ocelový úchytný rámeček, 2) vnitřní stěny rámečku, 3) středový otvor, 4) krajní otvor, 5) sloup, 6) betonářská výztuž hlavice přivařena k ocelovému rámečku, 7) pruty ve tvaru kruhových segmentů, zachycující tangenciální momenty v hlavici, 8) výztuž bránící negativním vlivům předpětí, 9) pásková spona, 10) třmínky přenášející smyková napětí vznikající v hlavici, 11) pruty na vykrytí smyku styčné spáře 12) pruty na vykrytí radiálních momentů ve styčné spáře, 13) polodrážka, 14) předpínací patentové dráty

3.3 Předpjatá kónická hlavice

Tento druh hlavice byl vynalezen za účelem zvýšení tuhosti a možnosti provádění stropních desek větších rozpětí. Hlavice je vyrobena ve tvaru komole kuželových skořepin a dá se použít jen tam, kde není předepsán rovný podhled. Tloušťka hlavice je neměnná, pouze horní a dolní plochy jsou upraveny tak, aby umožnily přímé ukládání těchto hlavic na sebe.



Obr. 3.3 Předpjatá kónická hlavice [4]

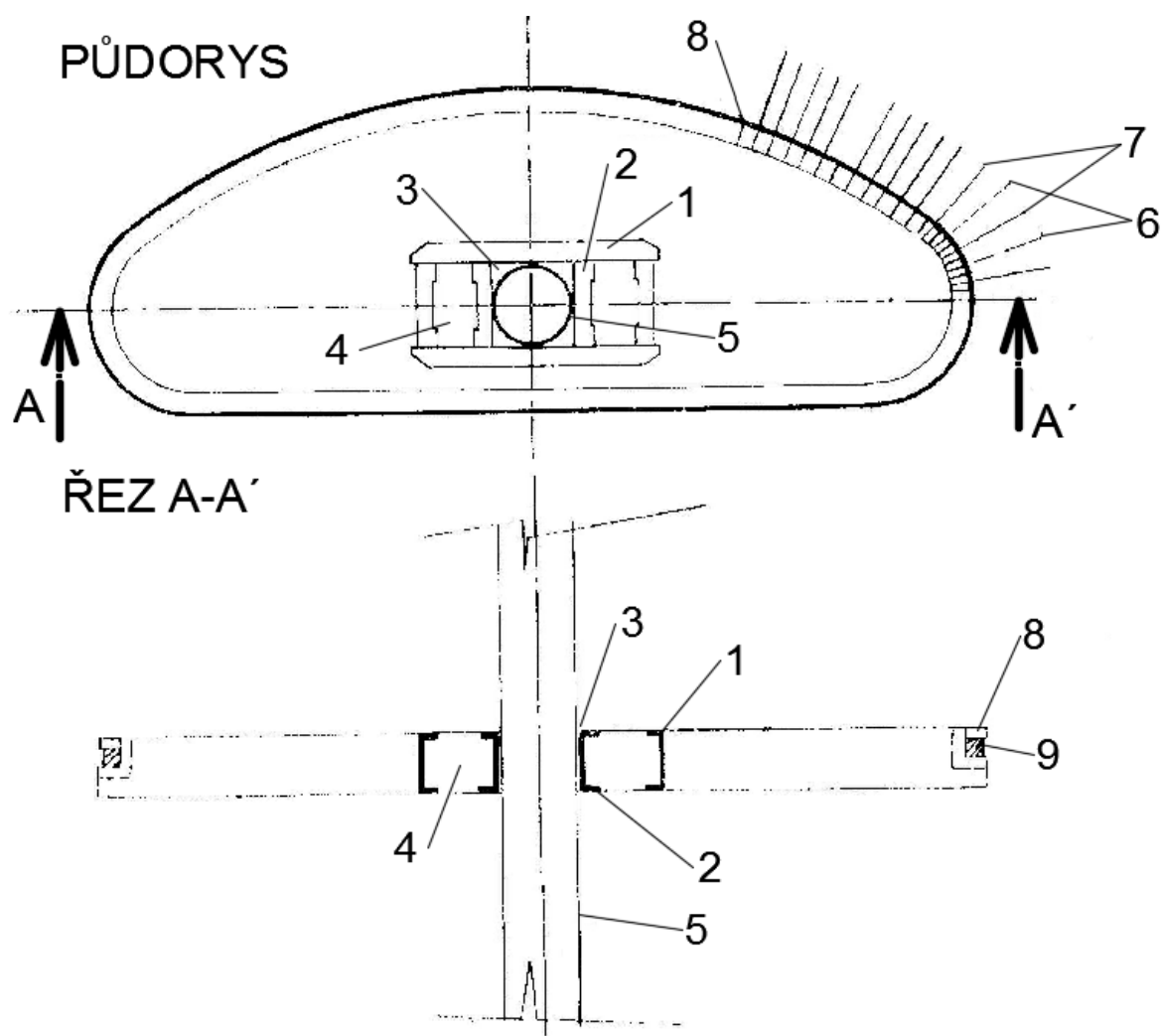
1) ocelový úchytný rámeček, 2) vnitřní stěny rámečku, 3) středový otvor, 4) krajní otvor, 5) sloup, 6) prstencový věnec, 7) předpjaté patentové dráty 8) pásková spona, 9) pruty na vykrytí smyku styčné spáře 10) pruty na vykrytí radiálních momentů ve styčné spáře

„Tato kónická hlavice je uprostřed opatřena ocelovým zvedacím a kotevním rámečkem.“²¹ Styková výztuž na obvodě hlavice slouží k přenesení radiálních momentů a smyku. Je přichycena k hlavici pomocí předpjatých drátů ovinutých kolem hlavice, popřípadě je tato výztuž zabetonována rovnou do skořepiny hlavice. Předpjaté patentové dráty jsou osazeny v polodrážkách vybetonovaných v prstencovém věnci hlavice a jsou zajištěny páskovými sponami, aby nedocházelo k jejich vyvlečení. Po obvodu hlavice je vytvořen již zmiňovaný prstencový věnec, který má shodnou výšku s výškou stropní desky. Věnec zajišťuje dostatečnou tuhost hlavice pro přenášení vnějších sil a přebírá tlaky vznikající předepnutím patentového drátu ovinutého kolem hlavice. Toto namáhání přenáší rovnoměrně do skořepiny hlavice a zabraňuje zborcení celé hlavice. [1], [4]

3.4 Předpjatá polohlavice

Předpjatá polohlavice se používají tam, kde není možné použít ostatní druhy hlavic z důvodu jejich velkých rozměrů. Osazují se u stropů s malou roztečí sloupů a využívají se především u krajních sloupů, kde je navrženo malé vyložení stropní desky od svislých podpor. Tyto polohlavice se používají v kombinaci s jiným druhem hlavice. Mají rovinný podhled, takže i v případě požadavku na rovinatost podhledu vyhovují. Řídící křivka předpjaté polohlavice má tvar kruhové úseče se zaoblenými rohy. Ve středu hlavice je jako u ostatních prefabrikovaných hlavic osazen úchytný rámeček. Hlavice je ovinuta předpínacím patentovým drátem, který upíná výztuž na přenesení smyku a negativních momentů vznikajících ve styčné spáře mezi hlavicí a deskou. Patentové dráty jsou stejně jako u ostatních chráněny proti vyvlečení pomocí páskových spon. [1], [4]

²¹ Wunsch, J. *Předpjatá prefabrikovaná hlavice zvedaných stropů* [online]. Příhl. 10.1.1967. MPT: E 04 b 1/35. Čís. patentu 150331. 15.9.1973. Úřad průmyslového vlastnictví, s. 4.



Obr. 3.4 Předpjatá polohlavice [4]

- 1) ocelový úchytný rámeček, 2) vnitřní stěny rámečku, 3) středový otvor, 4) krajní otvor, 5) sloup, 6) pruty na vykrytí smyku styčné spáře, 7) pruty na vykrytí radiálních momentů ve styčné spáře
8) pásková spona, 9) předpjaté patentové dráty

3.5 Výroba předpjatých hlavic

V prvotním kroku výroby předpjatých prefabrikovaných hlavic je nutná výroba ocelových úchytných rámečků. Ty se nejčastěji svařují z válcovaných profilů tvaru U, případně I. Výška a půdorysné rozměry rámečku závisí především na výsledcích statického výpočtu. Dalším aspektem, který ovlivňuje tyto parametry, je půdorysný rozměr navržených sloupů, který stanoví hlavní velikost středového otvoru a tím i základní půdorysné rozměry rámečku. Výška rámečku se provádí vždy na výšku stropní hlavice, která ve většině případů odpovídá tloušťce stropní desky. Takto připravený rámeček nebo rámeček s přivařenou měkkou výztuží je natřen

protikoročním nátěrem a osazen do bednění hlavice, kde je jeho poloha zajištěna šroubovými uzávěry.

Bednění hlavice je vyrobeno z ocelových bočnic a podložek. Po sestavení se tyto formy osadí na vibrační stoličce, vyčistí od případného prachu a nečistot. Vnitřní část bednění se vytře odformovacím nátěrem. Následuje doplnění měkké výztuže a ukládka páskových spon po obvodě bednění hlavice, které budou zajišťovat polohu ocelových předpínacích drátů před vyvlečením. Polohu a tvar této výztuže a spon je stanovena výpočtem. Pro zajištění dostatečného krytí výztuží jsou použity distanční podložky.

Po provedení všech těchto úkonů se může započít s betonáží. Betonová směs předepsané a schválené kvality se uloží do formy, kde je pomocí vibrační stolice zajištěno dokonalé zhutnění. *„Urychlovače tvrdnutí betonu párou nebo chemickými přísadami je zakázáno.“*²² Horní povrch hlavice se srovnává a hladí pomocí dřevěného hladítka.

Po dosažení manipulační pevnosti je možno odbednit bočnice, vyčistit polodrážky pro osazování ocelových předpínacích drátů a hlavici přemístit pomocí jeřábu z podložky a vibrační stolice do skladu, kde je hlavice uskladněna po dobu 28 dní zrání betonu.

Po dosažení normové pevnosti betonu je možné hlavici předepnout předpínacím patentovým drátem. Drát se osazuje do polodrážky, do které je před samotným osazením volně vložena měkká výztuž, která bude následně sloužit k vykrytí smyku a momentů vznikajících na styčné spáře stropní deska vs. hlavice. *Zajištění drátu k hlavici se provádí pomocí smyčky, která se přichytí k jedné z páskových spon. „Při zahájení ovíjení se předpínací síla postupně zvětšuje tak, aby se určeného napětí dosáhlo při provedení pátého závitu.“*²³ Konec drátu se zajistí svorkami a natře protikorozní ochranou. Takto připravena hlavice je řádně označena a připravena k použití na stavbě. [1]

²² Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 163. ISBN 80-03-00561-2

²³ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 163. ISBN 80-03-00561-2

4. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Metoda zvedaných stropů umožňuje značnou tvarovou a dispoziční variabilitu, proto lze tuto variantu výstavby praktikovat na jakékoliv skeletové konstrukce, ať už se jedná o bytové nebo administrativní budovy či objekty pro jiné účely. I přes tyto vlastnosti je nutné dodržet několik důležitých zásad a pravidel, které souvisí s návrhovým řešením těchto konstrukcí. [1]

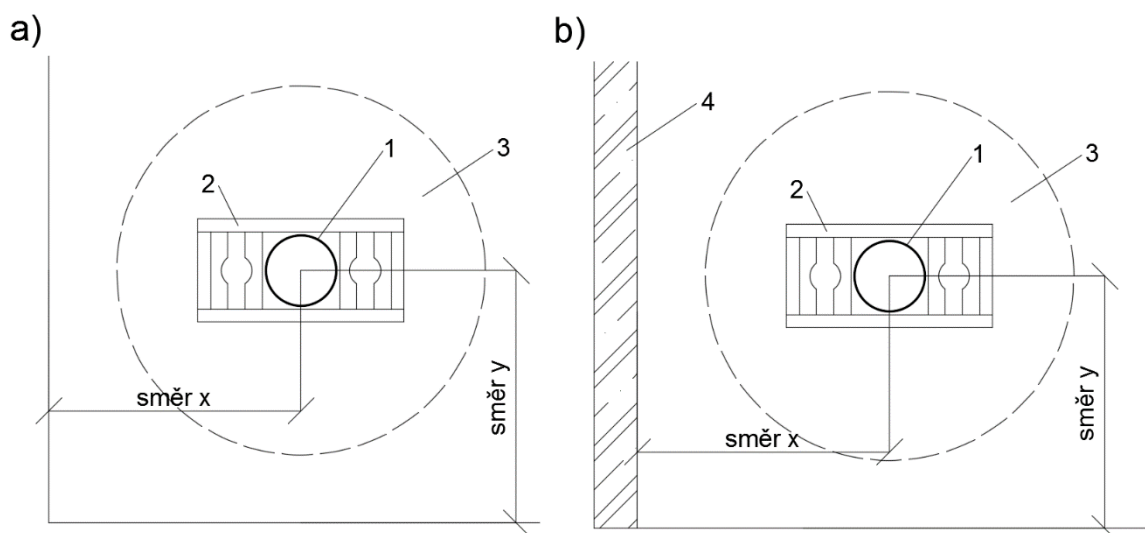
4.1 Půdorysné uspořádání

Značná pozornost je věnována půdorysnému uspořádání svislých podpor, kde lze navrhovat čtvercové, obdélníkové, trojúhelníkové, šestiúhelníkové či kombinované modulové sítě. Nejideálnějším řešením je však navrhnout pravidelné půdorysné uspořádání, které má shodné vzdálenosti sloupů, čímž se lze vyvarovat nárůstu ohybových momentů, které způsobují zvýšení nároků na dimenzování stropních desek. Osově vzdálenosti mezi sousedícími sloupy se pohybují od 6 do 9 m podle použité stropní desky a prefabrikované hlavice. [1]

4.2 Návrh konzol

Dalším důležitým aspektem pro systém skeletových konstrukcí s použitým systémem zvedaných stropních desek je nutnost návrhu obvodových konzol. Tato podmínka vyplývá z metody výstavby, kdy je potřeba na každý sloup osadit prefabrikovanou hlavici. Nicméně toto vykonzolování stropních desek v přiměřené délce pozitivně ovlivňuje průhyby krajních stropních desek. Délka tohoto vyložení konzol je závislá na typu použité stropní desky a typu prefabrikované hlavice. Rozlišujeme dva typy konzol: [1]

- obvodové konzoly působící jako konzoly po celou životnost stavby
- vnitřní konzoly – po zvednutí se napojují na ztužující konstrukce



Obr. 4.1 Vyložení konzol

a) vyložení obvodové konzoly, b) vyložení vnitřní konzoly

1) sloup, 2) úchytný rámeček, 3) prefabrikovaná předpjatá hlavice, 4) ztužující konstrukce

Parametry		Normální desky		Tenkostěnné desky	
		Min [mm]	max [mm]	min [mm]	dop[mm]
Vyložení obvodových konzoly	směr x	1050	$(1/4 - 1/3)L_{přilehlá}$	$r+200$	$0,3L_{přilehlá}$
	směr y	600		$r+200$	$0,3L_{přilehlá}$
Vyložení vnitřní konzoly	směr x	1500		$r+200$	$(0,25-0,5)L_{přilehlá}$
	směr y	600		$r+200$	$0,3L_{přilehlá}$
poznámky: $L_{přilehlá}$ - rozpětí svislých podpor přilehlého pole stropní desky r - poloměr použité prefabrikované hlavice					

Tab. 4.1 Délky vyložení konzol

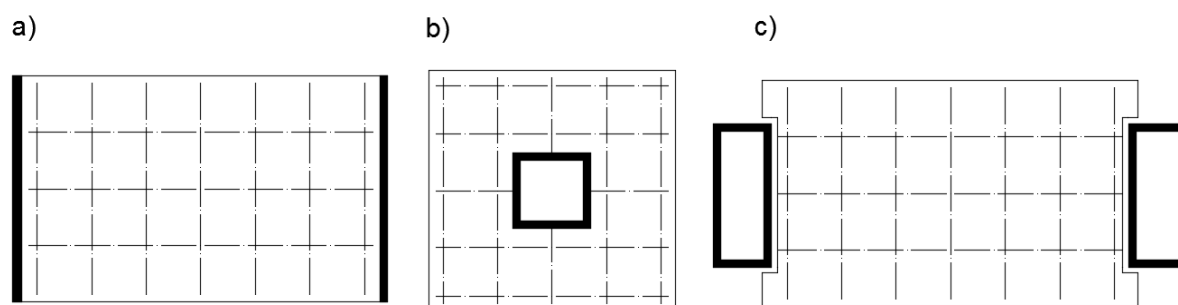
4.3 Ztužující konstrukce

Ztužující konstrukce u systému zvedaných stropů fungují především na zajištění konstrukce proti účinkům vodorovných sil, proto je důležité klást důraz na jejich provedení a umístění v daném objektu. „Ztužující konstrukce je možno navrhnout jako samostatně výztužné stěny nebo stěny sdružené do tuhých věží.“²⁴

Tyto konstrukce se ve většině případů staví před započítáním zvedání, případně jsou budovány společně s jednotlivými kroky zvedacích cyklů stropních desek.

²⁴ Musil, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992, s. 27. ISBN 80-03-00561-2

Rozmístění ztužující konstrukce se oproti skeletům vybudovaným jinou metodou výstavby velmi liší. Rozdíl je především v tom, že jsou tyto konstrukce osazeny tak, aby byl zajištěn co největší počet sloupů, sloužících při zvedání jako body, ke kterým jsou stropní desky přitahovány. Z toho vyplývá, že při použití ztužujících věží se tyto věže osazují do plochy desek, v případě výztužných stěn se tyto stěny osazují nejčastěji k obvodu skeletu. [1]



Obr. 4.2 Schéma řešení ztužujících konstrukcí

a) ztužující stěny, b) ztužující věže v ploše desek, c) ztužující věže vně konstrukce

5. POPIS VYBRANÝCH DIAGNOSTICKÝCH METOD

Diagnostika je poznávací proces, jehož cílem je zjištění a zhodnocení stavu stavební konstrukce. Diagnostika stavebních konstrukcí se zabývá jak problémem zajištění celistvosti konstrukce po celou dobu životnosti, tak jejími dílčími částmi. Základním kamenem správně provedeného diagnostického průzkumu konstrukce je stanovení účelu, za jakým je zpracováván. Nejčastější účely zpracování: [7]

- zjištění stavu a funkčnosti konstrukce jako celku
- zjištění materiálových vlastností dílčích součástí konstrukce
- porovnání skutečného stavu s projektovou dokumentací
- zjištění konstrukčního, rozměrového a materiálového řešení za účelem zpracování statického výpočtu a projektové dokumentace

Podmět k započetí tohoto diagnostického průzkumu zpravidla dává majitel či uživatel stavby. V případě rekonstrukcí staveb je to investor, kdo vyžaduje průzkum, který stanoví, v jaké míře má být daný objekt rekonstruován. Hlavními příčinami započetí diagnostiky konstrukcí jsou: [7]

- viditelná degradace konstrukce
- změna v užívání stavby
- návrh prodloužení životnosti konstrukce
- poškození konstrukce vzniklé vlivem přírodních katastrof
- předepsané prohlídky projektovou dokumentací

Vybrané diagnostické metody lze rozdělit podle stupně poškození na: [7]

- nedestruktivní zkušební metody
- semidestruktivní zkušební metody

5.1 Nedestruktivní metody

Jsou to takové metody měření, při nichž nedochází k poškození konstrukce. Pouze při stanovení povrchové pevnosti použitých materiálů může docházet k vtištění či zbroušení daného povrchu prvku. Tyto metody přinášejí značné výhody z hlediska možnosti opakování měření několikrát na stejném místě, oproti tomu jsou při stanovování materiálových vlastností závislé na pomocných charakteristikách, ze kterých se pomocí kalibračních vztahů stanovuje daná vlastnost. [7]

5.1.1 Odrazová metoda pomocí Schmidtova tvrdoměru

Tato metoda funguje na principu zjištění velikosti odrazu úderníku beranu přístroje od povrchu zkoušeného tělesa nebo části konstrukce a následném stanovení pevnosti betonu v tlaku pomocí kalibračních vztahů. Odrazovou metodou lze tímto způsobem zjistit stejnorodost betonu nebo zmapovat místa s nižší pevností.

Před započítáním zkoušky je nutné vybrat vhodnou plochu o rozměrech přibližně 300 mm x 300 mm. Vhodná plocha je taková, která není porézní, zdegradovaná a neobsahuje šterková hnízda. Po vhodném výběru těchto ploch následuje upravení pomocí brusného kotouče nasazeného na úhlové brusce, kdy se hrubé, měkké a povrchy uvolňující částice zbrousí do hladka. Před provedením zkoušek se Schmidův tvrdoměr zkalibruje a to nejméně pěti údery na ocelové referenční kovadině. Posledních pět čtení na přístroji se nesmí lišit o ± 3 od hodnoty uvedené výrobcem přístroje. V případě, kdy je Schmidův tvrdoměr takto zkalibrován lze započít zkoušku.

Úderník tvrdoměru se přiloží kolmo ke zkušební ploše tělesa nebo konstrukce a postupným vyvozováním tlaku na razník se dosáhne toho, že beran přístroje vyvodí ráz. V této poloze se přístroj zaaretuje a zaznamená se čtení na přístroji. Pro získání potřebných hodnot je nutné tento postup na zkušební ploše opakovat nejméně 9 krát, avšak je nutné dodržet minimální vzdálenost 25mm od sebe přilehlých zkušebních bodů a minimální vzdálenost 25mm od hrany tělesa nebo konstrukce.

Každý takto provedený vtisk se zkontroluje a v případě, že je porušen v důsledků pórů v okolí vtisku, dané čtení se vyloučí. Ke každé naměřené hodnotě odrazu se podle obecného kalibračního vztahu stanoví hodnota pevnosti v tlaku. Odečtená hodnoty jednotlivých odrazu, případně již stanovené hodnoty pevností se na jednom zkušebním místě nesmí lišit od aritmetického průměru ze všech měření o více než 30%. V případě, že některá z hodnot intervalu vybočuje, vyloučí se. Pokud je těchto hodnot vybočujících z intervalu více než 20% z celkového počtu, musí být tato celá sada zamítnuta. [7], [8], [9], [10]



Obr. 5.1 Schmidtův tvrdoměr [22]

STANOVENÍ KRYCHELNÉ PEVNOSTI V TLAKU

- **pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností [9]**

Tyto hodnoty se získají z čtení odrazu na přístroji a následném odečtení pomocí kalibračního vztahu, který se řídí polohou Schmidtova tvrdoměru při měření. Obecný kalibrační vztah pro zjištění nezaručené pevnosti betonu v tlaku je uveden v ČSN 73 1373 pro polohu vodorovnou, svislou a šikmou pod úhlem 45°. Kde se svislá a šikmá poloha dále dělí na polohu směrem dolů a směrem nahoru.

Dále se do stanovení nezaručené pevnosti betonu musí zahrnout jeho stáří a jeho stav. To se zohlední pomocí součinitelů:

- | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| - | součinitel stáří betonu | < 57 dní | $\alpha_t = 1,00$ |
| | | 57 – 180 dnů | $\alpha_t = 0,95$ |
| | | 181 – 360 dnů | $\alpha_t = 0,93$ |
| | | > 360 dnů | $\alpha_t = 0,90$ |
| - | součinitel vlhkosti | beton suchý | $\alpha_w = 0,85$ |
| | | beton přirozeně vlhký | $\alpha_w = 1,00$ |
| | | beton nasycený vodou | $\alpha_w = 1,05$ |

$$f_{be} = \alpha_t \cdot \alpha_w \cdot f'_{be}$$

kde platí:

f_{be}	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností
α_w	součinitel vlhkosti betonu

α_t	součinitel stáří betonu
f'_{be}	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností odečten podle kalibračních vztahů

- **Upřesněná pevnost betonu v tlaku [9]**

Lze stanovit dvěma způsoby:

- stanovením úzkého nebo širokého kalibračního vztahu
- stanovením obecného nebo směrného kalibračního vztahu odvozeného součinitelem α .

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n f_{b,i}}{\sum_{i=1}^n f_{be,i}}$$

kdy se upřesněná pevnost betonu v tlaku stanoví jako pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností vynásobena kalibračním součinitelem.

$$f_b = \alpha \cdot f_{be}$$

kde platí:	f_b	upřesněná pevnost v tlaku
	f_{be}	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností
	α	kalibrační součinitel
	$f_{b,i}$	pevnost betonu v tlaku stanovena z i-tého měření normalizovanou tlakovou zkouškou (zkouška v hydraulickém lisu)
	$f_{b,i}$	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností, stanovena na stejném vzorku nedestruktivně
	n	počet vzorků

5.1.2 Radarová kontrola výztuže

Tato metoda je založena na principu průniku elektromagnetických vysokofrekvenčních vln do zkoumané konstrukce a následném odrazu od překážky.

Georadary byly vyvinuty především za účelem mapování geologického podloží či zjištění inženýrských sítí. Pro použití georadaru při stavebně technických průzkumech bylo zásadním krokem vynalezení zařízení Hilti PS 1000, které bylo vyvinuto pro diagnostiku železobetonových konstrukcí, kdy lze stanovit s velkou přesností polohu a

rozmístění výztuže i v několika vrstvách na sobě ležících a to díky trojici antén osazených v přístroji.

Hilti PS 1000 dále umožňuje detekci předpínací výztuže, měděných či hliníkových trub, ale i vzduchových dutin, plastů či kabelovodů osazených v betonové konstrukci.

Sonda tohoto přístroje byla zkonstruována tak, aby byl umožněn její pohyb po povrchu konstrukce a tím bylo zajištěno vykreslování polohy zkoumaného objektu. To probíhá buďto přímo na displeji přístroje nebo lze propojit s počítačem. Přístroj Hilti PS 1000 umožňuje stanovení objektů v konstrukci do hloubky 300mm s přesností svislé a vodorovné lokalizace $\pm 10\text{mm}$, a to jak v 2D režimu zobrazení, tak i v 3D zobrazení skladby.



Obr. 5.2 Přístroj Hilti PS 1000 [23]

V praxi se používá jak liniový sken, kdy pohyb sondy je pouze v jednom směru, tak sken plošný, který se provádí v předepsaném rastru 600mm x 600mm nebo 1200 mm x 1200mm. Tento systém je pro nedestruktivní zkoušky velkým posunem. I přesto je k této metodě nutno provést dodatečnou sekanou sondu, a to z hlediska zjištění druhu a průměru výztuže, kterou přístroj Hilti PS 1000 nedokáže stanovit. [11]

5.1.3 Ferromagnetická kontrola výztuže

Tato metoda vychází z využití ferromagnetických jevů nebo vířivých proudů. Přístroj je opatřen sondou, která tvoří konstantní elektromagnetické pole. Pohybem této sondy nad betonářskou výztuž dochází k deformaci tohoto pole. Tím lze stanovit celkem

snadno polohu výztuže do hloubky od 60 mm až do 200mm podle použité sondy. Nejčastěji využívaným indikátorem výztuže tohoto typu jsou profometry od firmy Proceq případně feroscany od firmy Hilti. Přístroje tohoto typu dokáží při známém průměru stanovit krytí, nebo naopak při známém krytí stanovit průměr použité výztuže.

Metoda má však i svá úskalí. Je jím zkreslení výsledků v případě, kdy jsou výztuže příliš blízko sebe. Tato metoda nedokáže stanovit výztuže v druhých vrstvách. Proto je vhodné tuto metodu kombinovat se sekanou sondou.

Před samotným měřením těmito přístroji je doporučeno ověřit citlivost a překontrolovat všechny kalibrační vztahy uvedené výrobcem. V případě, že není známo složení použitého betonu, je nutné zkontrolovat případnou přítomnost složek magnetického charakteru. V situaci, kdy se tato teorie prokáže, je nutné brát na tuto skutečnost zřetel. [12], [13]

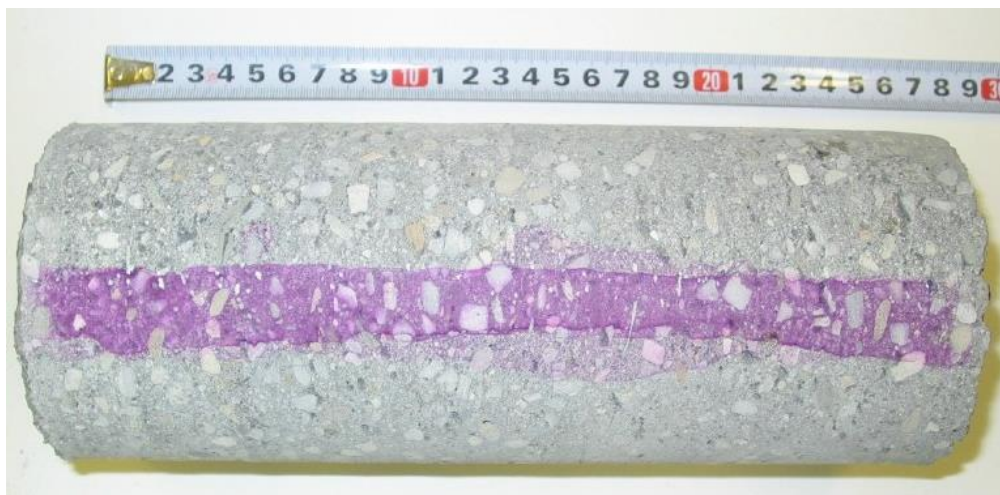


Obr. 5.3 Profometr PROCEQ pro indikaci výztuže [24]

5.1.4 Fenolftaleinová zkouška

Metoda slouží k orientačnímu stanovení hloubky karbonatace betonu. Karbonatace betonu je proces, při kterém dochází k reakci betonu, který má vysokou pH hodnotu, s oxidem uhličitým (CO_2). V důsledku této reakce dochází ke snížení obsahu hydroxidových iontů a pH betonu klesá od povrchu k nitru.

Pro zjištění se na povrch betonu po odbroušení nebo odsekání aplikuje destilovaná voda. Po oschnutí dojde k aplikaci 1% roztoku fenoftaleinu v 70% etylalkoholu. V místech, kde je hodnota pH větší než 9,5 dojde ke zbarvení do červeno-fialova. Toto zbarvení betonu značí, že v těchto místech je výztuž chráněna. V místech, kde beton není zbarven, je pH hodnota nižší než 9,5 a lze orientačně říci, že dochází ke korozi výztuže, které má za následek odpadávání krycích vrstev betonu. [7]



Obr. 5.4 Fenoftaleinová zkouška karbonatace betonu [25]

5.2 Semidestruktivní metody

Jsou takové metody měření, při nichž dochází k částečnému porušení konstrukce. Tyto diagnostické metody slouží především k ověření nedestruktivních metod a stanovení tahových a tlakových pevností, modulové pružnosti a objemové hmotnosti použitého betonu. Tyto vlastnosti jsou stanovovány na zkušebních tělesech získaných z jádrových vývrtů v laboratořích. [7]

5.2.1 Doplnkové sekané sondy

Slouží ke stanovení a odkrytí použitých materiálů, pro další diagnostické metody, kdy jsou jednotlivé prvky konstrukce zbaveny omítky. Dalším použitím těchto sond je ověření nedestruktivních metod. Jedná se především o stanovení polohy, průměru, krytí a použitého druhu výztuže. Sekané sondy se provádí pomocí bouracích kladiv, případně pomocí použití kladiva a sekáče. Hlavním negativem sekaných sond je

porušení zkoumané části konstrukce s nutností následné opravy a v neposlední řadě stanovení vlastností výztuže pouze u vnějšího obvodu sloupu.



Obr. 5.5 Doplněková sekaná sonda [27]

5.2.2 Otevřené sondy

Otevřené sondy lze rozdělit na dva druhy:

- kopané otevřené sondy – k diagnostice základových konstrukcí
- Ostatní otevřené sondy – ke zjištění skladby střešního pláště, případně ke zjištění skladby u dřevěných stropů

Tato metoda umožňuje snadné zjištění skladby střešního pláště. V případě železobetonových skeletových konstrukcí s použitým systémem zvedaných stropů lze touto metodou ověřit použitý konstrukční systém a materiálové provedení sloupu. A to tak, že se otevřená sonda provede v místě spoje střešního pláště a sloupu.

Metoda se provádí pomocí bouracích kladiv či za použití krumpáče, kladívka a sekáče. Velikost sondy není nikterak předepsána, zpravidla se provádí tak velká, aby svými rozměry umožnila bezproblémový průzkum vyšetřovaných vlastností konstrukce nebo jejích částí. Velkou nevýhodou jsou značné náklady na opravy po těchto sondách.

5.2.3 Odběr jádrových vývrtů

Slouží k odebrání vzorků, na kterých se provedou zkoušky a měření pro zjištění vlastností použitých materiálů.

Získání vzorků se provádí pomocí jádrové vrtačky, která je opatřena speciálním dutým válcem, který je po obvodu vybaven diamantovými břitzy.

Vrtačka je opatřena držákem, který umožňuje chycení ke konstrukci a vrtání svislých, vodorovných i šikmých vrtů. Průměr vývrtu by měl být co nejmenší, a však takový, aby respektoval strukturu použitého betonu a stanovení přípustného rozměru zkušebního tělesa dle ČSN 12390-1, přičemž se používají vývrty o velikosti od 25mm až do průměru 300mm. Z hlediska porušení konstrukce je vhodné použít co nejmenší průměry vývrtů, naopak pro získání co nejpřesnější diagnostiky jsou vhodné vývrty co největších průměrů.



Obr. 5.6 Odběr jádrových vývrtů [26]

Vrt se provede do požadované délky s opatrností, aby nebyla navrtána výztuž. Jádrový vrták se opatrně vysune tak, aby se nepoškodil vzorek. Po tomto úkonu, lze vzorek opatrně vylomit a vyjmout z vrtu.

Tento vzorek je důkladně označen. Na vzorek je zaznamenáno místo odběru a orientace vývrtu. V případě, kdy má být vzorek rozdělen na více zkušebních těles se označí pořadí těchto vzorků, jak byly uloženy ve vývrtu.

U zkoušeného vývrtu se před jeho rozřezáním stanoví největší velikost zrna, použitá frakce, stejnoměrnost, vizuálně se určí počet kaveren, dutin a pórů. Zkušební vzorek se po stanovení těchto charakteristik může rozřezat pomocí kotoučové pily na několik zkušebních těles. [14], [15], [16]

Poměry délky vývrtu průměru jsou podle ČSN EN 12 504-1 v poměru: [15]

- 2,0 v případě kdy se pevnost porovnává s válcovou pevností
- 1,0 v případě kdy se pevnost porovnává s krychelnou pevností

V případě, kdy je pevnost betonu zkoumána z vývrtů platí dle ČSN EN 13791, že:

- zkoušením vývrtu s jmenovitým průměrem 100mm, kdy je poměr průměru a délek roven 1,0 se získají stejné hodnoty krychelné pevnosti o hraně 150mm
- zkoušením vývrtu s jmenovitým minimálním průměrem 100mm a maximálním průměrem 150mm, kdy je poměr průměru a délek roven 2,0 se získají stejné hodnoty válcové pevnosti o průměru 150mm a délce 300mm
- zkoušením vývrtu s jmenovitým minimálním průměrem 50mm a maximálním průměrem 150mm, kdy je poměr průměru a délek jiný musí být stanoveno na dle převodního vztahu

Tato tělesa budou následně sloužit pro zjištění mechanických a fyzikálních vlastností betonu, které budou zkoušeny v laboratořích, kde jsou vzorky pečlivě zdokumentovány, změřeny rozměry s citlivostí na 0,1mm, zváženy z přesností na 0,1g a následně jsou podrobeny zkoušce v tlaku v hydraulickém lisu.

VÝPOČET PEVNOSTI BETONU NA VÁLCÍCH $f_{c,cyl}$ DLE ČSN 12 390–3 Z1: [17]

$$f_{c,cyl} = \kappa_{c,cyl} \cdot \kappa_{c,cube} \cdot \frac{F}{A} \text{ [MPa]}$$

kde platí:

F největší dosažená síla [N]

A půdorysná plocha zkušebního poloha [mm²]

$\kappa_{c,cyl}$ převodní součinitel štíhlost ($1,0 < \lambda < 2,0$)

$$\kappa_{c,cyl} = 0,8 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}}$$

$\kappa_{c,cube}$ převodní součinitel pro průměr vzorku k základnímu rozměru na krychli rozměru 150mm. Pokud není stanoven experimentálně, je použit z tab. 3

Hrana krychle [mm]	$\kappa_{c, cube}$
100	0,95
150	1,00
200	1,05
300	1,10

Tab. 5.1 Převodní součinitel $\kappa_{c,cube}$

Z tohoto vztahu se určí krychelná pevnost betonu $f_{c,cube}$:

$$f_{c,cyl} = \kappa_{cyl,cube} \cdot f_{c,cyl} \text{ [MPa]}$$

kde platí:

$\kappa_{cyl,cube}$ převodní součinitel z válcové na krychelnou pevnost betonu v tlaku

$f_{c,cyl}$ pevnost betonu v tlaku na válcích [MPa]

$f_{c,cyl}$	8	12	16	20	25	30	35	40
$\kappa_{cyl, cube}$	1,252	1,252	1,252	1,251	1,249	1,246	1,242	1,236
$f_{cyl,cyl}$	45	50	55	60	70	80	90	100
$\kappa_{c, cube}$	1,230	1,223	1,215	1,206	1,195	1,184	1,172	1,159

Tab. 5.2 Převodního součinitele $\kappa_{cyl,cube}$

Mezilehlé hodnoty převodního součinitele $\kappa_{cyl,cube}$ se stanoví interpolací

- **Stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku dle ČSN ISO 13822 a ČSN 73 0038 [18], [19]**

Pro stanovení pevností betonu v tlaku části zkoumané konstrukce pomocí těles získaných z metody jádrových vývrtů se stanoví dle ČSN ISO 13822 a ČSN 73 0038, kde je uveden postup pro všechny druhy zkoumaných materiálů. Při malém počtu zkušebních vzorků se předepisuje stanovit charakteristickou hodnotu a z ní určit navrhovanou hodnotu s použitím dílčího součinitele materiálových vlastností podle předepsaných předpisů.

Z výsledků n zkoušek $x_1, x_2, \dots, x_n$ materiálové vlastnosti X se následně stanoví aritmetický průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient podle vztahů:

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n} \qquad s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n-1} \qquad V_x = \frac{s_x}{m_x}$$

Za předpokladu normálního rozdělení materiálové vlastnosti X se poté charakteristická hodnota (5% dolního kvantilu) stanoví ze vztahu:

$$X_k = m_x(1 - k_{n,x} V_x)$$

kde platí:	m_x	aritmetický průměr
	s_x	směrodatná odchylka
	n	počet zkušebních těles
	$k_{n,x}$	součinitel pro stanovení 5 % kvantilu uvedeno tab. 5
	V_x	variační součinitel materiálové vlastnosti
	X_k	charakteristická hodnota 5% kvantilu

Počet zkušebních těles n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
$k_{n,x}$ pro V_x známy	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$k_{n,x}$ pro V_x Neznámy	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Tab. 5.3 Součinitele pro stanovení 5% kvantilu

Variační součinitel V_x je známý v případě, kdy to ukazují dlouhodobé zkušenosti získané za stejných podmínek. Tab. 5 ukazuje možnost využití jedné zkoušky,

doporučují se však minimálně 3 až 6 zkoušek. V případě neznámé konstrukce nelze menší počet zkoušek než 6 vůbec doporučit, naopak se doporučuje počet zvýšit.

- **Stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku dle ČSN 13791 [20]**

Dle ČSN 13 791 lze rozdělit na dvě metody. Metoda A se použije pro počet vzorků nejméně 15 kusů. Metoda B je používán pro počet 3 až 14 zkušebních těles.

Metoda A

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 s$$

$$f_{ck, is} = f_{is, nejmenší} + 4$$

Metoda B

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k$$

$$f_{ck, is} = f_{is, nejmenší} + 4$$

kde platí: $f_{ck, is}$ charakteristická pevnost betonu v tlaku
 $f_{m(n), is}$ průměrná pevnost betonu v tlaku stanovena na n počtu těles
 $f_{is, nejmenší}$ nejmenší zjištěná pevnost na tělesech
 s směrodatná odchylka pevnosti tělesa
 k_2 pokud není hodnota v normách uvedena jinak, předpokládá se 1,48
 k krajní meze

Platí vždy menší z výsledků, který reprezentuje nejnižší pevnost v tlaku betonu v konstrukci nebo v její části.

<i>n</i> vzorků	K
10 - 14	5
7 - 9	6
3 - 6	7

Tab. 5.4 Stanovení krajní meze k

VÝPOČET OBJEMOVÉ HMOTNOSTI S PŘIROZENOU VLHKOSTÍ

$$D = \frac{m}{V} [\text{kgm}^{-3}]$$

kde platí: D objemová hmotnost betonu v přirozeném stavu
 V objem zkušební vzorku [m^3]
 m váha zkušební vzorku [kg]

6. NÁVRH DIAGNOSTIKY ŽELEZOBETONOVÝCH SKELETŮ „IN-SITU“

Jako příklad lze uvést železobetonovou skeletovou konstrukci, k níž nebyla nalezena žádná projektová dokumentace a nelze tak stanovit přesný konstrukční systém objektu. Proto bude diagnostika stanovena za účelem zjištění aktuálního stavu konstrukce a vypracování vhodných podkladů pro statický přepočet konstrukce.

6.1 Předběžná vizuální prohlídka

Při předběžné vizuální prohlídce železobetonových skeletových konstrukcí je nutné se zaměřit na tyto části:

- modulové uspořádání svislých podpor
- umístění ztužujících konstrukcí
- vyložení obvodových konzol
- podhled v oblasti sloupů
- viditelná místa degradace konstrukce

Prvotním krokem vizuální prohlídky železobetonové skeletové konstrukce je zjištění konstrukčního uspořádání objektu. Hlavními body, popisujícími tento fakt je rozmístění svislých podpor a provedení ztužujících konstrukcí. V situaci, kdy osové vzdálenosti sloupů jsou si přibližně rovny a provedení ztužujících konstrukcí je na první pohled patrné, kdy je ztužující jádro umístěno tak, že nezasahuje do sloupů a je zároveň v polích stropních desek, v případě ztužujících stěn, kdy jsou tyto stěny umístěny po obvodu, je možné uvažovat o konstrukčním řešení s použitým systémem zvedaných stropů. Bohužel ve většině případů je velice těžké ztužující konstrukce v již vystaveném objektu poznat.

Dalším vodítkem při předběžné vizuální prohlídce může být vyložení stropních desek v místě obvodových svislých podpor, které také napoví něco o použitém konstrukčním řešení.

V neposlední řadě je důležité zaměřit se na podhled stropních desek v místě uložení na sloup. Můžou zde být vidět použité zarážky pro uložení stropní desky na sloup či styčné spáry spoje desky s prefabrikovanými hlavicemi. Při použití hlavic s rovným

podhledem se konstrukční systém těžko rozeznává, neboť není pouhým okem patrný, naopak v případě kónických prefabrikovaných hlavic na první pohled patrný je. Ani použití kolíku či úchytné objímky pro uložení stropních desek na sloup nemusí být na první pohled viditelné. Tyto kolíky a úchytné objímky mohou být zapuštěny v úchytném rámečku prefabrikované hlavice. Dalším problémem v místě spojení stropní desky se sloupem je možné použití zavěšeného podhledu. V takovém případě je dobré již při vizuální prohlídce tento podhled odstranit.

Při předběžné vizuální prohlídce je dále nutné se zaměřit na viditelné degradace, boulení či praskání jednotlivých částí konstrukce. V případě betonových prvků je nutné prozkoumat, zda nedochází k viditelnému odpadávání krycích vrstev výztuže či ke vzniku trhlin. U základové konstrukce lze poznat, zda nedochází k nerovnoměrnému sedání, které by mělo za následek praskání základové desky či jiných základových konstrukcí. V případě ocelových prvků jde o viditelné boulení nebo značnou korozi dané části. Pokud tato prohlídka těchto prvků objektu neprokáže tyto vlastnosti, lze s velkou pravděpodobností vyloučit, že je budova staticky nevyhovující. Není proto nutné provádět diagnostiku základových konstrukcí a samotný podrobný průzkum se zaměří na stanovení mechanických vlastností použitých materiálů stropních desek a sloupů, na konstrukční řešení a rozměry budovy.

Při předběžné prohlídce jsou dále stanoveny základní rozměry konstrukce. Rozměry sloupů se měří pomocí svinovacího metru. U sloupů čtvercového nebo obdélníkového tvaru se zjišťují délky jednotlivých obvodových stran, pro kruhový průřez se určuje pouze průměr sloupu. Rozpětí a vyložení desek lze stanovit pomocí laserového dálkoměru. Tyto parametry jsou dále shrnuty ve schématu rozměrů konstrukce v závěrečné zprávě provedené diagnostiky.

6.2 Podrobná diagnostika

Pro skeletové konstrukce s použitým systémem zvedaných stropů je možno rozdělit podrobný průzkum do tří hlavních bodů:

- diagnostika svislých konstrukcí
- diagnostika vodorovných konstrukcí
- doplňková diagnostika

Před samotným započítáním podrobné diagnostiky je však nutné zvolit množství a rozmístění zkušebních míst. Minimální počet je závislý na:

- účelu navržené zkušební metody
- velikosti zkoumané konstrukce
- množství záměsy čerstvého betonu při betonáži objektu

Minimální počet zkušebních míst lze redukovat v případě opakovatelnosti částí stavby. Zkušební místa lze v případě velkých budov lze rozdělit na části, kde je provedena podrobná diagnostika a v ostatních opakujících se částech jsou provedeny pouze informativní zkoušky. Uvedené počty zkušebních míst pro nedestruktivní metody lze orientačně stanovit z tabulky č. 2. [13]

Objem betonu konstrukce v m ³	Počet zkušebních míst <i>n</i> při předpokládané velikosti záměsi čerstvého betonu (dávky transportbetonu) v m ³					
	0,06	0,30	0,60	1,00	3,00	6,00
1	16	16	16	16	16	16
2	24	16	16	16	16	16
5	39	16	16	16	16	16
10	52	24	16	16	16	16
20	64	35	24	16	16	16
50	72	52	39	31	16	16
100	72	64	52	44	24	16
200	72	70	64	53	35	24
500	72	72	72	68	53	39
700	72	72	72	71	58	45
1 000	72	72	72	72	64	52
2 000	72	72	72	72	70	64
≥ 4 000	72	72	72	72	72	70

Tab. 6.1 Minimální počty zkušebních míst pro NDT [13]

Pro získávání zkušebních těles semidestruktivní metodou ČSN 73 2011 [13] předepisuje odebrání nejméně 9 vzorků, avšak platí, že jsou odebírány z míst, kde byly provedeny nedeformační zkoušky a tento odběr slouží k jejich upřesnění.

V případě kdy jsou nedeformační zkoušky vyhodnoceny před odběrem vzorků je předepsaný počet stanoven na nejméně 3 tělesa. Rozmístění zkušebních míst má být takové, aby byla reprezentována místa nejlepší, průměrné a nejhorší jakosti betonu.

Podle ČSN 73 1373 se daný počet stanoví pomocí velikosti zkoumané konstrukce

kde platí: [9]	< 10 m ³	3 vzorky
	10 – 50 m ³	6 vzorků
	> 50 m ³	9 vzorků

6.2.1 Diagnostika svislých konstrukcí

Diagnostiku svislých podpor je vhodné např. reprezentovat 2 - 3 odběry v každém patře. První z odběrů bude zastupovat krajní sloup, druhý sloup v poli a třetí může být náhodně zvolen. V případě velkého skeletového objektu se nemusejí odběry provádět v každém patře zvlášť. Sloupy takto velkých a vysokých objektů lze reprezentovat 2 – 3 odběry v přízemním podlaží, v prvním nadzemním podlaží a v nejvyšším nadzemním podlaží. Ostatní mezilehlé podlaží lze reprezentovat díky předpokladu, že jsou použity sloupy stejných průřezů a že mají stejné materiálové vlastnosti jako sloupy v prvním nadzemním patře. Na těchto zvolených sloupech jsou zkoumány tyto parametry:

- typ
- systém použité zarážky

a) Typ sloupů

Pro vyhodnocování typu sloupů u metody skeletových konstrukcí s použitým systémem zvedaných stropů je třeba brát zřetel na jejich provedení popsané v kapitole 2.3. V tomto případě je dobré provést sekanou sondu, která odhalí, zda se jedná o železobetonové či o ocelové sloupy opatřené betonovými prefabrikáty, případně zda jsou obezděny zdíciemi prvky.

Železobetonové sloupy

U železobetonových sloupů se použijí k diagnostice tyto metody:

- *odrazová metoda pomocí Schmidtova tvrdoměru*
 - stanovení povrchové pevnosti betonu sloupu
 - stanovení stejnorodosti a pevnosti v tlaku betonu sloupu
- *radarová kontrola výztuže*
 - stanovení polohy výztuže
- *ferromagnetická kontrola výztuže*
 - stanovení polohy a průměru výztuže

- *fenoftaleinová zkouška*
 - stanovení karbonatace betonu
- *doplňkové sekané sondy*
 - stanovení polohy, průměru, krytí a druhu výztuže
- *odběr jádrových vývrtů*
 - získání zkušebních vzorků

Ocelové sloupy

U těchto druhů sloupů jsou zkoumány tyto prvky:

- *železobetonové prefabrikáty, obezdívka*
 - metody diagnostiky jsou shodné s metodami železobetonových sloupů
- *Vnitřní ocelový sloup*
 - *vrtací zkouška*
 - stanovení tloušťky stěny ocelového sloupů
 - stanovení vyplnění ocelového sloupu betonem

Způsob provádění jednotlivých diagnostických metod je popsán v kapitole 5.



Obr. 6.1 Radarové stanovení a zakreslení polohy výztuže s doplňkovou sekanou sondou a odběr jádrových vývrtů na svislých konstrukcích. [27]

b) Systém použité zarážky

Ocelová zarážka může být provedena několika způsoby. Jedním z nich je ocelový kolík, který se vkládá do otvoru sloupů. Další variantou byla úchytná objímka, která se osazovala na příložky přivařené k ocelovým sloupům. Oba dva způsoby lze snadno zjistit sekanou sondou. Toto platí za předpokladu, kdy byl ocelový rámeček prefabrikované hlavice osazen na tyto prvky. V případě, kdy byly zapuštěny do úchytných rámečků prefabrikované hlavice je zjištění druhu zarážky značně komplikované. Jedinou možnou metodou je pomocí hloubkové sekané sondy. Provádění této metody v místě styku stropní desky není příliš vhodné, aby nedošlo k poškození tohoto styku.



Obr. 6.2 Pohled zajištění stropní konstrukce na svislou podporu pomocí ocelového kolíku [27]

6.2.2 Diagnostika vodorovných konstrukcí

Diagnostiku vodorovných konstrukcí je vhodné reprezentovat 3 a více odběry. Odběr zkušebních těles je nejvhodnější odebrat uprostřed rozpětí stropních desek, v místě předpokládaných prefabrikovaných stropních hlavice a v osách hlavních vyztužení stropní desky. Další odběry se provádějí za účelem stanovení skladby podlah a to jak v poli desky, tak v místě prefabrikovaných hlavice. U vodorovných konstrukcí jsou zkoumány tyto parametry:

- železobetonová stropní deska
- prefabrikovaná železobetonová hlavice

U železobetonové stropní desky a prefabrikované železobetonové hlavice se používají tyto metody diagnostiky:

- *odrazová metoda pomocí Schmidtova tvrdoměru*
 - stanovení povrchové pevnosti betonu
 - stejnorodosti a pevnosti v tlaku betonu
- *radarová kontrola výztuže*
 - stanovení polohy výztuže
 - stanovení hlavního směru vyztužení stropní desky
 - stanovení vyztužení prefabrikované hlavice
- *ferromagnetická kontrola výztuže*
 - stanovení polohy a průměru výztuže
 - stanovení hlavního směru vyztužení stropní desky
 - stanovení vyztužení prefabrikované hlavice
- *fenofaleinová zkouška*
 - stanovení karbonatace betonu
- *doplňkové sekané sondy*
 - stanovení polohy, průměru, krytí a druhu výztuže
 - stanovení hlavního směru vyztužení stropní desky
 - stanovení vyztužení prefabrikované hlavice
 - stanovení styčné spáry styku hlavice, sloup
- *odběr jádrových vývrtů*
 - získání zkušebních vzorků
 - stanovení skladby podlahy

Způsob provádění jednotlivých diagnostických metod je popsán v kapitole 5. Diagnostika stropních konstrukcí může probíhat ze shora a v případě nároků na neporušení podlah probíhají tyto zkoušky v podhledu.



Obr. 6.3 Provedení jádrového vývrtu, ferromagnetické zjištění polohy výztuže v kombinaci s doplňkovou sondou pro stanovení druhu, průměru a krytí výztuže v podhledu stropní desky. [27]

6.2.3 Doplňková diagnostika

Tato diagnostika slouží k upřesnění konstrukčního systému. U železobetonových skeletových konstrukcí se provádí na:

- střešním pláští
- obvodovém pláští a příčky

Střešní plášť

Na střešním pláští se provede za pomoci bouracích kladiv otevřená sonda. Ta je umístěna tak, aby při samotné diagnostice byla zjištěna skladba střešního pláště a zároveň bylo odkryto zhlaví sloupu. Skladba střešního pláště se zaznamená do závěrečné zprávy prováděné diagnostiky.

Obvodový plášť a příčky

U obvodových plášťů a příček je nejdůležitější stanovit typ použitého stavebního materiálu. To se provede nejlépe pomocí sekané sondy, která tuto skutečnost odhalí. Ve většině případů bylo pro obvodový plášť a příčky použito vylehčené zdivo, např. tvárnice z pórobetonu, případně z vylehčených cihelných bloků. Z tohoto předpokladu lze stanovit přesnou polohu ztužujících věží případně ztužujících stěn u obvodu

konstrukce. Tento postup zjištění se volí v případě, kdy není ztužující konstrukce na první pohled určena při předběžné vizuální prohlídce.



Obr. 6.4 Otevřená sonda pro zjištění skladby střešního pláště a odkrytí sloupu [27]

7. VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ

Vyhodnocování existujících staveb by se mělo řídit pokyny dle ČSN 13822. [19] Výstupním údajem z každé prováděné diagnostiky by měla být závěrečná zpráva, která by měla obsahovat popis předmětu hodnocení, stručný popis konstrukce, popis jednotlivých použitých metod a závěrečné vyhodnocení stavu železobetonového skeletu, jako celku. V případě poruchy konstrukce by tato zpráva měla popsat opatření pro zajištění stavu s následným návrhem dalšího monitoringu objektu.

Dalšími částmi závěrečné zprávy by měly být jednotlivé přílohy:

- **Zakreslení polohy sond**

Schématické zakreslení polohy jednotlivých zkušebních míst s popisem metody, která byla na daném místě provedena.

- **Odběr vzorků betonu**

Zhodnocení velikosti frakce, druhu a maximálního zrna použitého kameniva vzorku. Další kritérium je popsání stejnorodosti betonu stanoveného z jádrového vývrtu a následné posouzení zhutnění betonu na vzorku. Tj. stanovení počtu a velikosti dutin a pórů.

- **Fyzikální a mechanické vlastnosti betonu**

V této příloze se vyhodnocují fyzikální a mechanické vlastnosti betonu, které jsou získány na základě provedených zkoušek a měření.

Zkoušené vlastnosti betonu:

- **stejnorodost**
- **objemová hmotnost**
- **pevnost**
- **tvrdost povrchu**
- statický modul pružnosti
- mrazuvzdornost případně vodotěsnost
- vlhkost
- chemické složení betonu

Po získání těchto parametrů se beton jednotlivých částí konstrukce zatřídí do příslušných pevnostních tříd.

- **Vyztužení nosných konstrukcí**

Část popisující a hodnotící použitý druh, polohu, průměr a krytí výztuže. Hlavním předmětem této přílohy je stanovení vyztužení svislých a vodorovných konstrukcí, kdy se výsledky zanesou do schématu pravděpodobných vyztužení stropních desek a vyztužení sloupů.

Do této přílohy spadá i vyhodnocení vyztužení hlavic s popisem a schématickým označením provádění úchytného rámečku a kotvení stropní desky na sloupy.

- **Vyhodnocení doplňkových zkoušek**

Tato poslední příloha se zabývá podrobným vyhodnocením doplňkových zkoušek, pokud jsou navrhovány. Patří sem např. stanovení a popsání střešního pláště a určení plošné a objemové hmotnosti střešní konstrukce.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit se s konstrukcemi se zvedanými stropy a to především se způsobem jejich návrhu provádění. Dalším úkolem bylo navržení předběžné prohlídky a podrobného průzkumu objektu s použitým systémem zvedaných stropů.

Proto se první část této práce věnovala popisu problematiky železobetonových skeletových konstrukcí s tímto použitým systémem výstavby.

Byly zde podrobně rozebrány jednotlivé metody provádění spodní stavby, ztužujících konstrukcí, řešení sloupů a železobetonových stropních desek s popisem metody zvedání a v neposlední řadě s kompletací konstrukce.

Další část této práce byla zaměřena na popis a rozdělení jednotlivých používaných prefabrikovaných hlavic v závislosti na používaných železobetonových stropních deskách.

Následným krokem bylo popsání vybraných destruktivních a semidestruktivních diagnostických metod, které byly v poslední části navrženy.

Tyto popisné části sloužily k přesnému navržení předběžné prohlídky a podrobnému diagnostickému průzkumu, kdy se návrh zaměřil na stanovení aktuálního stavu a zjištění použitého konstrukčního systému, kdy popisná část principu zvedaných stropů napověděla, na které části skeletu je nutné klást důraz.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MUSIL, F. a kol. *Navrhování a stavba objektů metodou zvedaných stropů*. 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992. ISBN 80-03-00561-2
- [2] LIŠKA, F. *Spojené šroubové zvedáky* [online]. Příhl. 15.1.1962. MPT: B 66 F 11/00. Čís. patentu 104393. 15.07.1962. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 5.5.2016]
Dostupné na: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/104/104393.pdf>
- [3] WÜNSCH, J. *Monolitické tenkostěnné zvedané stropy* [online]. Příhl. 28.3.1961. MPT: E 04 h, E 04 b. Čís. patentu 108638. 15.10.1963. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 7.5.2016].
Dostupné na: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/108/108638.pdf>
- [4] WÜNSCH, J. *Předpjatá prefabrikovaná hlavice zvedaných stropů* [online]. Příhl. 10.1.1967. MPT: E 04 b 1/35. Čís. patentu 150331. 15.9.1973. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 8.5.2016].
Dostupné na: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/150/150331.pdf>
- [5] WÜNSCH, J. aj. *Monolitický železobetonový strop*. Příhl. 24.1.1967. MPT: E 04 B 5/43. Čís. patentu 144928. 15.7.1972. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 8.5.2016].
Dostupné na: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/144/144928.pdf>
- [6] WÜNSCH, J. aj. *Předpjaté prefabrikované hlavice pro bezprůvlakové stropy*. Příhl. 10.3.1981. MPT: E 04 B 5/43. Čís. patentu 245406. 1.7.1988. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 9.5.2016].
Dostupné na: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/144/144928.pdf>
- [7] HOBST, L. a kol. *Diagnostika stavebních konstrukcí – přednášky*. Brno: Vysoké učení technické, fakulta stavební, 2005.
- [8] *Tvrdoměrné zkoušení betonu*. Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví [online]. [vid. 12.5.2016]. Dostupné na:
http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI03/M_C2_2016_N%C3%A1vod.pdf
- [9] ČSN 73 1373 *Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Zář 2011.

- [10] ČSN EN 12504-2 *Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Únor 2014.
- [11] ANTON, O. a kol. TZB - info [online]. Praha: Tzb-info, 27.4.2014. [vid. 18.5.2016]. Dostupné na:
<http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10800-zkusenosti-s-georadarem-pri-stavebne-technickych-pruzkumech>
- [12] *Elektromagnetické indikátory výztuže*. Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví [online]. [vid. 16.5.2016]. Dostupné na:
http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C5a_2016_N%C3%A1vod.pdf
- [13] ČSN 73 2011 *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Květen 2012.
- [14] *Pevnost v tlaku betonu na vývrtech*. Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví [online]. [vid. 20.5.2016]. Dostupné na:
http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C2_N%C3%A1vod_v%C3%BDvrt.pdf
- [15] ČSN EN 12504-1 *Zkoušení betonových konstrukcí – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Říjen 2012.
- [16] ČSN EN 12390-3 *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Říjen 2010.
- [17] ČSN EN 12390-3 ZMĚNA Z1, *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Listopad 2010.
- [18] ČSN 73 0038 *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Prosinec 2014.
- [19] ČSN ISO 13822 *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Prosinec 2014.
- [20] ČSN EN 13791 *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, Červen 2007.

- [21] *Hladíčka betonu*, NorWit s.r.o. [online]. © 2010–2016 [vid. 22.5.2016].
Dostupnost na: <http://www.norwit.cz/hladicky-betonu/>
- [22] *Zkouška kvality betonu – Schmidtovo kladívko*, [online]. © Klartec cz, s. r. o. 2012 [vid. 22.5.2016].
Dostupnost na: <http://www.klartec.cz/cz/produkty/odlucovace-ropnych-latok-lapace-tukov/odlucovace-ropnych-latek/kl-kompakt-20.html>
- [23] *PS 1000 System X-Scan*, Hilti Spol. s.r.o. [online]. [vid. 24.5.2016].
Dostupnost na: <https://www.hilti.cz/laserov%C3%A1-technika/syst%C3%A9my-detekce/r5042#gallery>
- [24] *Profometr PROCEQ pro indikaci výztuže*, Proinex strumens [online]. Copyright © 2016 [vid. 24.5.2016]. Dostupnost na:
http://www.proinex.cz/components/com_virtuemart/shop_image/product/Proceq_Profomete_533aa87068fea.jpg
- [25] *Vzorek pro zkoušku karbonatace*, TZB - info [online] 2015 [vid. 22.5.2016].
Dostupnost na:
<http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12723-trvanlivost-vlakenbetonu-a-navrhova-zivotnost-vlakenbetonovych-konstrukci>
- [26] *Elektrická diamantová jádrová vrtačka*, GEROTop spol. s r.o. [online]. © 2016 [vid. 22.5.2016]. Dostupnost na: <http://www.naradi-roller.cz/elektricka-diamantova-jadrova-vrtacka-centro-s1#lightbox>
- [27] ŽÍTT, P. *Fotoarchív Stavebně technický průzkum* [fotogalerie]. Brno, 2015.
- [28] ŽÍTT, P. *Závěrečná zpráva železobetonové konstrukce objektu Durdáková 5 v Brně*. Brno: Vysoké učení technické, fakulta stavební, ústav stavebního zkušebnictví 2015. SZK – HS12557262L

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Seznam uvádí pouze zkratky, které nebyly vysvětleny v textu.

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
NDT	Nedestruktivní zkouška
VUT	Vysoké učení technické

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Schéma osazení sloupů do základové konstrukce.....	14
Obr. 2.2 Schéma bedněné stropních desek.....	19
Obr. 2.3 Rotační lopatková hladička čerstvého betonu [21].....	21
Obr. 2.4 Zvedací zařízení [2].....	23
Obr. 3.1 Skrytá hlavice [3].....	27
Obr. 3.2 Prefabrikovaná předpjatá hlavice [3]	29
Obr. 3.3 Předpjatá kónická hlavice [4].....	30
Obr. 3.4 Předpjatá polohlavice [4].....	32
Obr. 4.1 Vyložení konzol.....	35
Obr. 4.2 Schéma řešení ztužujících konstrukcí	36
Obr. 5.1 Schmidtův tvrdoměr [22]	39
Obr. 5.2 Přístroj Hilti PS 1000 [23].....	41
Obr. 5.3 Profometr PROCEQ pro indikaci výztuže [24].....	42
Obr. 5.4 Fenoftaleinová zkouška karbonatace betonu [25].....	43
Obr. 5.5 Doplnčková sekaná sonda [27].....	44
Obr. 5.6 Odběr jádrových vývrtů [26]	45
Obr. 6.1 Radarové stanovení a zakreslení polohy výztuže s doplňkovou sekanou sondou a odběr jádrových vývrtů na svislých konstrukcích. [27]	54
Obr. 6.2 Pohled zajištění stropní konstrukce na svislou podporu pomocí ocelového kolíku [27].....	55
Obr. 6.3 Provedení jádrového vývrtu, ferromagnetické zjištění polohy výztuže v kombinaci s doplňkovou sondou pro stanovení druhu, průměru a krytí výztuže v podhledu stropní desky. [27]	57
Obr. 6.4 Otevřená sonda pro zjištění skladby střešního pláště a odkrytí sloupu [27]	58

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 4.1 Délky vyložení konzol.....	35
Tab. 5.1 Převodní součinitel $\kappa c.cube$	47
Tab. 5.2 Převodního součinitele $\kappa cyl.cube$	47
Tab. 5.3 Součinitele pro stanovení 5% kvantilu.....	48
Tab. 5.4 Stanovení krajní meze k	49
Tab. 6.1 Minimální počty zkušebních míst pro NDT [13]	52