

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V  
PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra betonových a zděných konstrukcí**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2017**

**Vojtěch Bazgier**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra betonových a zděných konstrukcí**

## **Styčníky prefabrikovaných betonových konstrukcí**

### **Joints of precast concrete structures**

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Vodička, CSc.

**Vojtěch Bazgier**

---

**Praha 2017**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Bazgier</u>	Jméno: <u>Vojtěch</u>	Osobní číslo: <u>395657</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra betonových a zděných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Styčníky prefabrikovaných betonových konstrukcí</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Joints of precast concrete structures</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte rešeršní studii styčnicků prutových prvků z pohledu vývoje tj. z počátku prefabrikace betonových konstrukcí až po prefabrikované konstrukce současnosti. U vybraných alespoň dvou styčnicků zpracujte výpočet statického návrhu výztuže včetně způsob jejich vyztužení.	
Seznam doporučené literatury: Pro vypracování práce použijte literaturu poskytnutou vedoucím bakalářské práce a literaturu vlastní z nalezených zdrojů.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>doc. Ing. Jan Vodička, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: _____	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2017</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
_____ Podpis vedoucího práce	_____ Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

<u>20. 2. 2017</u>	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 22. května 2017

.....

podpis

### **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Janu Vodičkovi, CSc. za odborné vedení mé bakalářské práce, trpělivost a vstřícnost při konzultacích a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na vývoj prefabrikovaných konstrukcí od počátku samotné prefabrikace až po současnost. Pozornost je věnována prefabrikovaným prutovým prvkům konstrukce a jejich spojování. Jsou zde shrnuty typy styčnicků a jejich provedení podle požadavků na konstrukce. Dále jsou staticky řešeny dva styčnický a následně jejich porovnání. Součástí práce jsou také příklady, kde došlo k poruchám.

## **Klíčová slova:**

**Prefabrikace, styčnick, sloup, průvlak**

## **Abstract**

The bachelor thesis is focused on the development of prefabricated structures from the very beginning of prefabrication to the present. Attention is paid to the prefabricated rod members of the structure and their joining. The types of joints are summarized here and their execution according to the construction requirements. There are also statically solved two joints and then their comparison. Components of the work are also examples of failures.

## **Key words:**

**Prefabrication, joint, column, girder**

## Obsah

Úvod .....	7
<b>1 Železobetonové konstrukce .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Prefabrikované konstrukce .....</b>	<b>10</b>
2.1 Počátky prefabrikovaných konstrukcí.....	10
2.2 Historický vývoj prefabrikovaných konstrukcí .....	12
2.2.1 Styčníky používané v minulosti.....	14
2.3 Vývoj v Československu .....	17
2.4 Současné trendy prefabrikovaných konstrukcí .....	18
<b>3 Styčníky prutových prefabrikovaných konstrukcí .....</b>	<b>19</b>
3.1 Styk sloup – sloup .....	20
3.1.1 Kloubové spojení .....	22
3.1.2 Tuhé spojení .....	23
3.2 Styk průvlak – průvlak.....	24
3.3 Styk sloup – průvlak.....	26
3.3.1 Průběžné sloupy s připojenými průvlakly .....	26
3.3.2 Průběžné průvlakly a přerušené sloupy.....	30
3.4 Základové patky nosných sloupů.....	33
3.4.1 Kloubové spojení sloupu a patky .....	33
3.4.2 Tuhé spojení sloupu a patky .....	34
<b>4 Statické posouzení styčnicků pomocí příhradové analogie.....</b>	<b>36</b>
4.1 Krátká konzola řešena dle ČSN EN 1992-1-1 .....	36
4.2 Krátká konzola řešena dle ČSN P ENV 1992-1-1 .....	42
4.3 Porovnání metod z pohledu množství potřebné výztuže .....	44
4.4 Ozubový styk řešen dle ČSN EN 1992-1-1.....	45
<b>5 Příklady porušení z praxe .....</b>	<b>54</b>
<b>Závěr .....</b>	<b>59</b>
<b>Použitá literatura .....</b>	<b>60</b>

# Úvod

Cílem této práce je přiblížit souhrnným způsobem chronologicky vývoj montovaného skeletu. A také rozdělení prutových prvků podle polohy v konstrukci, a hlavně přehledně popsat a přiblížit způsoby spojování těchto prvků ve styčnicích.

Má bakalářská práce je zaměřena na styčníky prefabrikovaných prutových konstrukcí. V práci se zabývám samotným vznikem prefabrikátu a jeho historií, vývojem nejen technologickým, ale i ekonomickým, jak ve světě, tak i v Československu a České republice. Jednotlivé prvky prefabrikovaných prutových konstrukcí se snažím rozdělit podle spojení s ostatními prutovými prvky a způsobu jejich spojení.

Téma jsem si zvolil hlavně proto, že jsem měl možnost se pohybovat v rámci odborné praxe, i ostatních praxích po stavbách, kde jsem se s touto problematikou setkával. Rovněž jsem se s ní seznámil částečně z jiného pohledu, jak při zpracování úloh ve škole, tak i na brigádě v projekční kanceláři.

Součástí práce je také statický výpočet dvou kloubových styčniců, který obsahuje návrh a posouzení výztuže i její umístění.

Jak už obsah samotné práce napovídá, chtěl bych se ve stavebnictví orientovat na výstavbu průmyslových, administrativních a bytových staveb, kde tyto získané poznatky mohou využít.



# 1 Železobetonové konstrukce

„Beton je a nepochybně bude i nadále základním konstrukčním materiálem pro výstavbu budov, mostů, silnic, tunelů, přehrad a dalších staveb. Uváží-li se množství vyrobeného betonu a počet realizovaných betonových konstrukcí, je zřejmý značný význam tohoto materiálu a optimalizace betonových konstrukcí reprezentuje velký potenciál ke zvýšení komplexní kvality staveb z hlediska kritérií udržitelné výstavby.” [1]

Nově budované železobetonové konstrukce jsou většinou zhotoveny z monolitického železobetonu. Důvodem je atypická a architektonická náročnost staveb. Velkou konkurencí jsou prefabrikované železobetonové konstrukce. [2]

Podle způsobu převažujícího tvarování svislých nosných prvků, způsobů rozmístění a funkčního uspořádání lze jako charakteristické systémy vícepodlažních budov rozlišit: [3]

- Systémy stěnové
  - s převažujícím uspořádáním stěn ve směru příčném
  - s převažujícím uspořádáním stěn ve směru podélném
  - s obousměrným uspořádáním stěn
- Systémy sloupové
  - skeletové
    - s příčným uspořádáním rámu
    - s podélným uspořádáním rámu
    - s obousměrným uspořádáním rámu
  - bezprůvlakové
    - s deskovou stropní konstrukcí
    - s kazetovou stropní konstrukcí
    - s hřibovou stropní konstrukcí
  - pilířové
- systémy kombinované (stěna + sloup)
- systémy jádrové (jádro + sloup)

- systémy obvodové (nosný obvodový plášť + sloup)

Podle technologie výroby nosného systému lze rozlišit: [3]

- systémy monolitické (železobetonové s obyčejnou výztuží, železobetonové předpjaté)
- systémy prefabrikované
- systémy kombinované (prefamolitické, ocelobetonové)

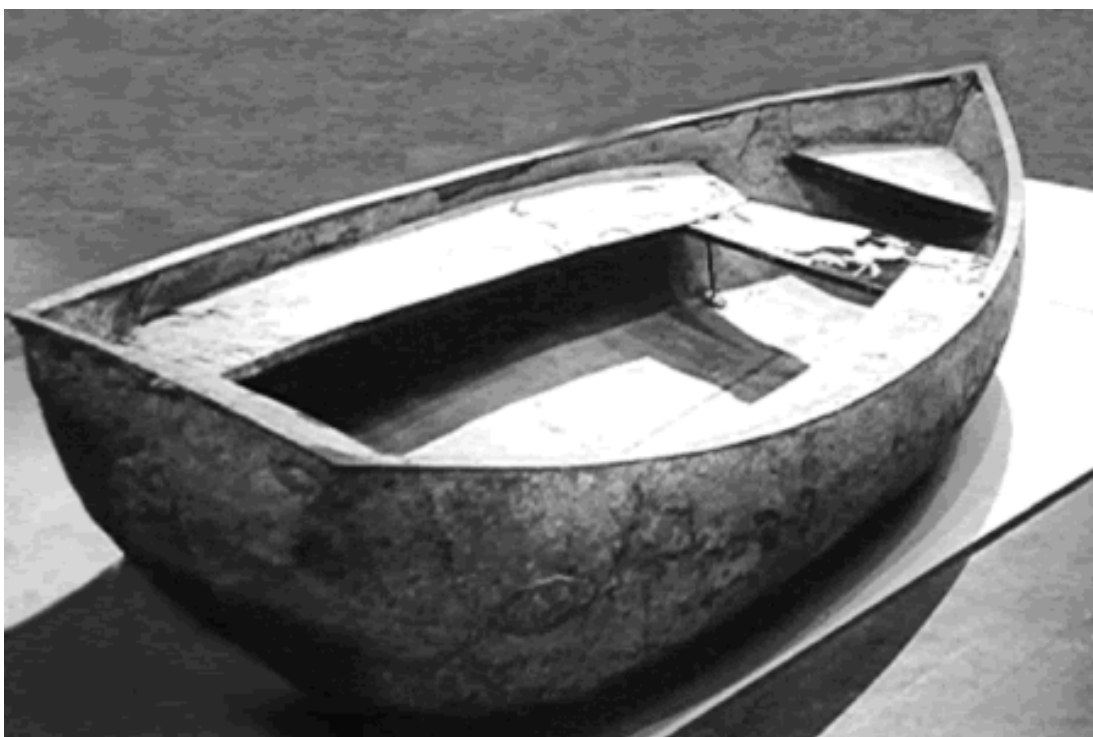
## 2 Prefabrikované konstrukce

Montované betonové konstrukce vznikly z konstrukcí monolitických tím, že byly rozřezány vhodně volenými rovinnými nebo jinými řezy na části, kterými jsou betonové prefabrikáty. V těchto řezech se pak montážní dílce stykují. Styk je místo v konstrukci, v němž se stýkají jednotlivé stavební prvky, jejichž skladebné prostory se dotýkají. Rozlišují se styky jednoduché, kde se stýkají dva skladebné prvky s jednou stykovou skladebnou rovinou, a složené, kde se stýkají dva nebo více prvků, jejichž styková plocha je složena z více stykovacích skladebných rovin. [4] Vytvořené styky mají charakter buď tuhého nebo kloubového spojení.

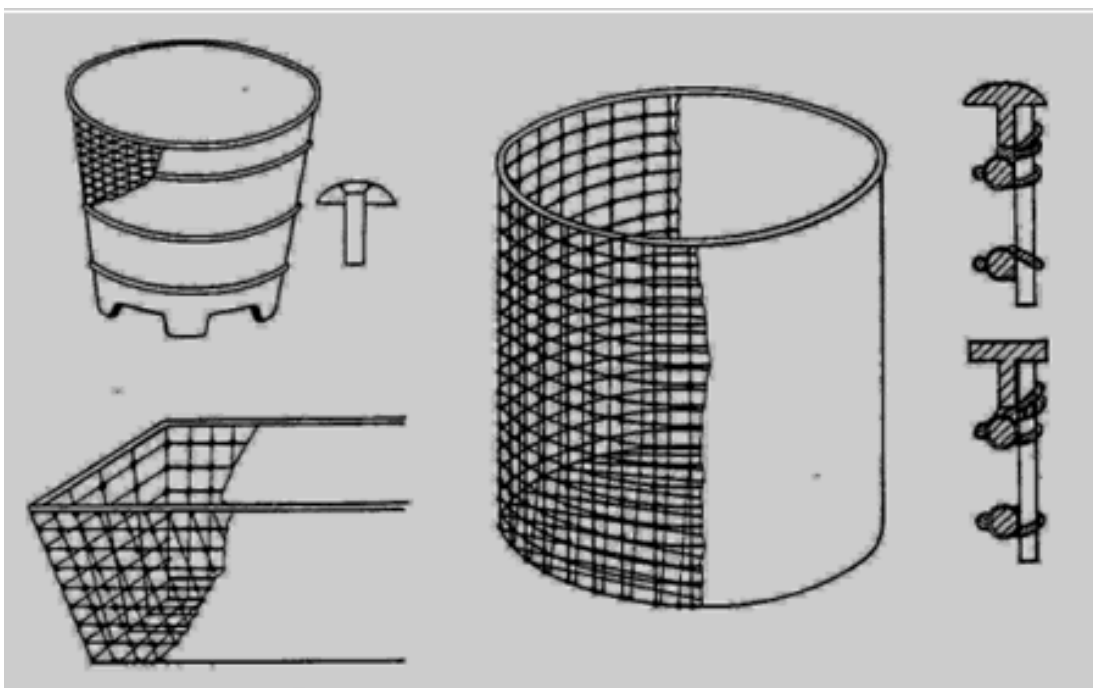
### 2.1 Počátky prefabrikovaných konstrukcí

Při zhotovování květináčů a člunů určitě zahradník Monière ani Lambot nemysleli na konstrukce. Nadchlo je chování betonu vyztuženého ocelí, které bylo tvárné a dostatečně pevné k výrobě předmětů pro denní potřeby. I když na konstrukci květináče pracoval během roku 1863, tak patent přichází až roku 1867. Posléze si také nechává patentovat roku 1868 válcové roury a vodojemy, roku 1869 rovné desky, roku 1873 mosty a roku 1877 železniční pražce. [4]

Na přelomu 20. století v Itálii brázdí středozevní pobřeží moře již stovky bárek a člunů vyztužených ocelovými pruty průměru 8 a 16 mm a potaženým pletivem s oboustrannou cementovou omítkou. O 50 let později betonová invazní plavidla díky své rychlosti výstavby, nízkým nákladům a bezúdržbovosti vyhrávají nad plavidly ocelovými. [4]



Obr.1 Lambotova betonová vyztužená loďka [5]



Obr.2 Schéma Morièryho květináče, kádě a koše [5]

## 2.2 Historický vývoj prefabrikovaných konstrukcí

Ve stavebnictví bylo 19. století ve znamení používání litiny a oceli. Vyvrcholením tohoto období byla v roce 1889 stavba vyhlídkové věže G. Eiffela v Paříži. Rovněž v Americe vznikaly výškové stavby převážně s vnitřními ocelovými skelety. [4]

Převratem pak byly stavby Francouzských architektů s použitím monolitických železobetonů. Počátek 20. století byl ve znamení rozmachu železobetonu, během století pak nastal velký rozvoj staveb s tendencí o redukci masivních konstrukcí. Vliv na tento rozmach měly i katastrofické požáry ocelových mrakodrapů v Americe. U monolitických železobetonových konstrukcí byly tradiční trámové konstrukce nahrazovány deskovými stropy s velkým vyložení. [4]

Vedle monolitických konstrukcí se vlivem zprůmyslnění stavebnictví dostávaly do popředí montované konstrukce. Kromě zrychlení a zlevnění výstavby byl jednou z výhod prefabrikace i plynulý celoroční provoz ve výrobnách prefabrikátů a možnost uplatnit vyšší pevnostní třídy betonu. Konstrukce vznikající montáží přímo na staveništi, z dílců předem vyrobených v továrnách, značnou mírou odhmotňovaly stavby. To kladlo především důraz a požadavek na kvalitu konstrukčního řešení, kvalitu použitých materiálů a kvalitu výrobní a montážní technologie. Prefabrikací vznikaly jednoduché, univerzální tyčové a deskové dílce nosných systémů. Novodobé spojovací prostředky pak zajišťovaly tuhost montovaných konstrukcí. Spojování prefabrikátů bylo převážně prováděno přesahující výztuží a dobetonováním. V Evropě technologií montovaných staveb vznikaly zejména haly skladištních budov nebo mostní konstrukce. [4]

Největší rozmach montovaných konstrukcí nastal po druhé světové válce. Vývojem postupně vznikly tři druhy konstrukcí, které daly základ pro bytovou, občanskou a halovou výstavbu. Jednalo se o konstrukci panelovou, skeletovou (dříve používaný název sloupovou) a halovou. Značný rozmach nastal při stavbách jednopodlažních průmyslových objektů s přepínanými vazníky. [4]

Po roce 1950 došlo k rozvoji panelových systémů u bytové výstavby a k rozvoji montovaných skeletů u občanských, průmyslových, zemědělských a dopravních staveb. Velký důraz byl kladen na místo styku vodorovné a svislé konstrukce tzv. styčnicků. Jedním ze systémů byla konstrukce s monolitickým rámovým uzlem se styčnickem v místech nejmenšího namáhání systému. [4]

Druhým systémem byla konstrukce s montovaným styčnickem. Montovaný styčnick rozděluje nosnou konstrukci na sloupy a příčle. Příčle se nejčastěji ukládaly na betonové konzoly a sloup tak mohl probíhat. Jiným způsobem spojování byl pak systém s průběžným průvlakem. Mezi starší systémy patří hřibové soustavy s průběžným sloupem, kde styčnick byl zmonolitněn a systém s průběžnou stropní konstrukcí se skrytými deskovými hlavicemi. U deskových soustav pak byly náročné spoje rohů, podélných hran a čel deskových dílců. Zde muselo být použito výztuže, šrouby a hmoždinky se zalitím betonem. [4]

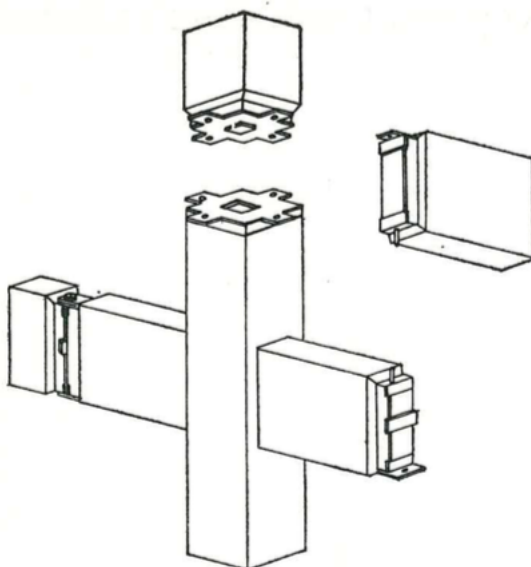
V šedesátých a sedmdesátých letech po rozmachu bytové výstavby je stavebnictví soustředěno na výstavbu občanskou. Na nově vzniklých sídlištích bylo zapotřebí vybudovat nové školy, školky, obchody a další. To se týkalo jak Československa, tak všech socialistických zemí. Hlavním trendem byl vývoj univerzální konstrukční soustavy s železobetonovým skeletem. V každém tehdejší státě probíhal vývoj skeletových konstrukcí s originálními způsoby řešení, hlavně v otázce styčnicků. Rovněž v západních zemích bylo stavebnictví soustředěno stěžejně na prefabrikaci železobetonu. „Z amerického kontinentu je známá velmi subtilní železobetonová skeletová konstrukce z příčných rámových prefabrikátů o jednom poli a výšce pěti podlaží“. Ve Velké Británii byla za pomoci železobetonových skeletů rychle vybudována bytová a občanská vybavenost na místě zničených rodinných domků. Pro výstavbu škol pak byl vyvinut systém roštové konstrukce z předpjatých dílců. Dalším vývojem pak v Británii vznikla soustava, která používala stropní panely s velkým rozpětím a s velkou únosností a podélnou rámovou soustavou s kloubovými styčnickými. Především Francie stála u zrodu vzniku a využívání lehké prefabrikace ve stavebnictví. Velký rozmach prefabrikace nastal zejména v Německu, Itálii, Švýcarsku a Švédsku. [4]

## 2.2.1 Styčníky používané v minulosti

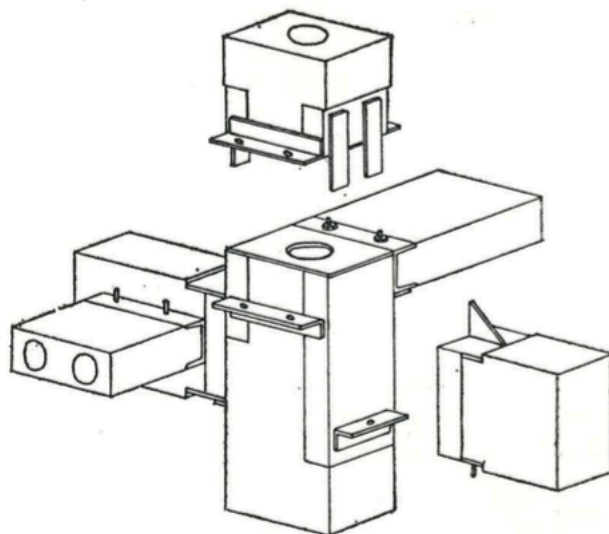
- V padesátých letech minulého století se v Rusku zabývali, jak snížit množství používané oceli, tak aby byl dodržen princip tuhého rámu a zároveň mohla probíhat montáž po celý rok. Čela průvlaku byla opatřena botkami, které se po obvodě svařili. Nevýhodou, která komplikovala výrobní proces, výztužení, dopravu a samotnou montáž, byl křížový tvar sloupu (Obr. 3). [4]

Nahradit ho měl bezkonzolový tuhý rámový uzel, který byl poskládán z hladkých tyčových dílců. Bohužel tento styk měl vyšší spotřebu oceli, a také nedokázal dostatečně dlouho odolat požáru (Obr. 4). [4]

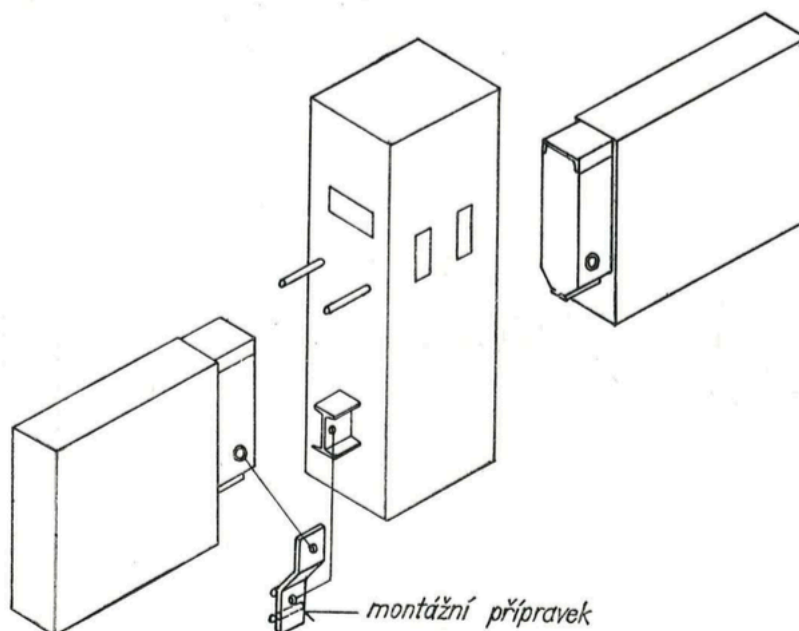
Poté se upustilo od koncepce tuhých rámu. Statické schéma bylo založeno na prostorové tuhosti plošných částí konstrukce. To způsobilo, že polotuhé a kloubové připojení průvlaku přenášela do sloupu svislé zatížení. Touto úpravou se výroba styčníku celkově zjednodušila a snížila se spotřeba oceli. Nový systém měl prizmatické sloupy, které byly opatřeny ocelovými konzolkami průřezu I pro podepření a přivaření botky průvlaku k vyčnívajícím prutům sloupu (Obr. 5). [4]



Obr.3 Montovaný železobetonový skelet s vyloženou konzolou [4]



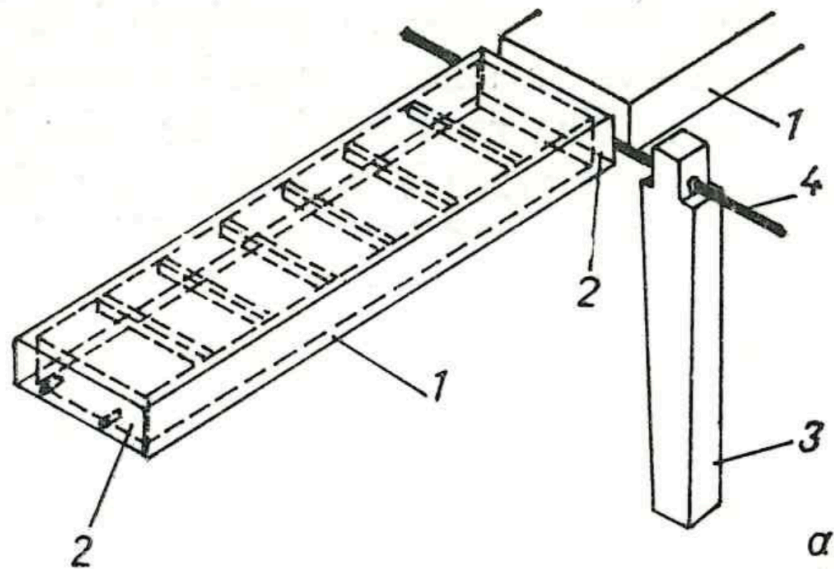
Obr.4 Montovaný železobetonový skelet bez konzol [4]



Obr.5 Částečně tuhý styčník rámu [4]

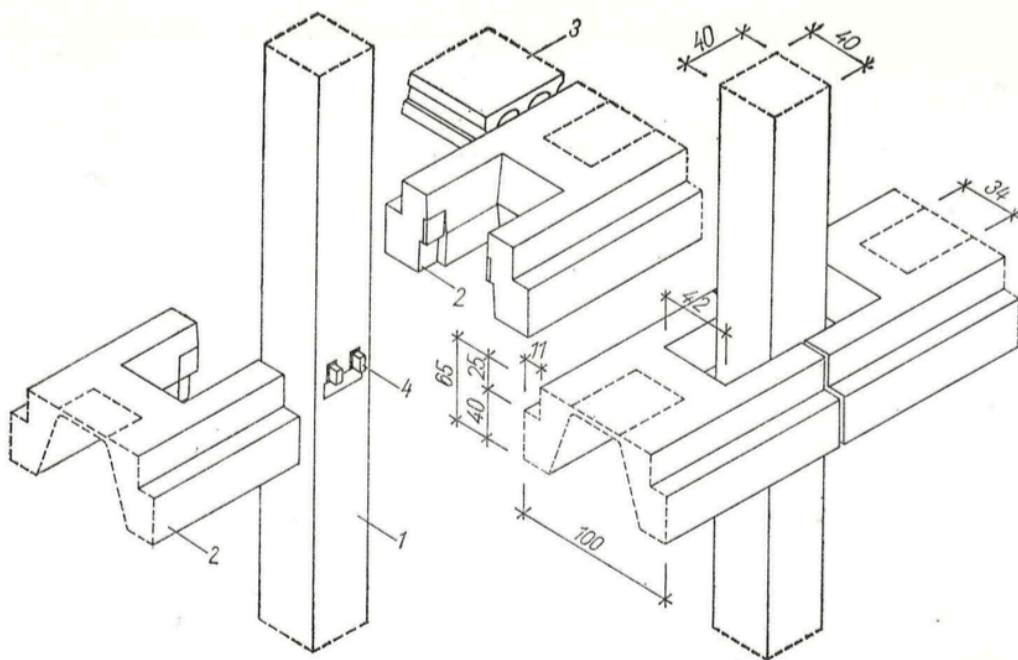
- V Polsku se začala objevovat konstrukce složená pouze ze dvou prvků. Sloupů a žebrových stropních desek. Skrytý průvlak tvořila sepnutá čela vedlejších panelů, které byly v dolní části opatřeny otvory. Ty sloužily k vložení ocelových roubíků, které zajišťovaly polohu přepínacích kabelů. Sloupy v místě připojení průvlaků byly opatřeny ozuby a dutinou pro předpínací kabel kotvený v blocích krajních podpor (Obr. 6). [4]





Obr.6 Schéma konstrukce se skrytým průvlakem dodatečně přepjatým [4]

- Prefabrikovaná výstavba se v NDR začala hromadně rozšiřovat až po roce 1965. Vznikl nový systém montovaného skeletu TSR 67-25. Styčnick je založen na kloubovém uložení průběžných sloupů s příčlemi. Z této varianty bylo možno vytvořit tuhé spojení. Sloupy byly opatřeny konzolami z ocelových válcovaných profilů, na které byly usazovány zdvojené průvlaky. Tento styk byl náročný na montážní přístup a ztěžoval vyrovnání příčlí (Obr. 7). [4]



Obr.7 Vnitřní kloubový styčnick TSR 67-25 [4]

## 2.3 Vývoj v Československu

Se vzrůstající bytovou a následnou občanskou výstavbou u nás v 70. letech minulého století vzrůstaly požadavky na skeletové konstrukce. Vzniklo mnoho podniků, které vyráběly odlišné druhy prefabrikovaných dílců skeletových montovaných systémů. Nejvíce používaným systémem byly průvlakové skelety: [4]

- z plošných rámových dílců
- s průběžnými sloupy
- s průběžnými průvlakami

V Praze byly z lehkých rámových dílců postaveny šatny, dnešní vysokoškolské koleje. V Bratislavě byly použity uzavřené předpjaté rámové dílce s keramzitbetonovou výplní. „Svařením výztuže a zalitím křížových styků rámu vznikla tuhá prostorová skeletová soustava“. Další skeletové systémy z rámových dílců byly vyvíjeny a realizovány v Ostravě, Pardubicích, Zlíně (bývalém Gottwaldově). [4] Využita byla technologie prefa-monolit např. při stavbě fakulty stavební ČVUT v Praze okolo roku 1970, kdy monolitické lokálně podepřené desky jsou podporovány prefabrikovanými sloupy.

U systémů s průběžnými sloupy, kde byly příčně připojovány na konzolu sloupu, nebyly spoje dostatečně tuhé. Z toho důvodu pak byly průvlakami ukládány do kapes pilířů nebo do rozštěpu sloupu. Nevýhodou ale byly styčníky s vysokou výškou průvlaků.

V systému s průběžnými průvlakami byl styčník postupně vyvíjen. Z ukládání na konzoly nebo rozštěpy sloupů byl novější styčník umístěn mezi čely sloupů. Výhodou nového řešení byla vyhovující tuhost konstrukce. [4]

Různé systémy vyžadovaly různá řešení styků. Determinujícími činiteli pro návrh styku je zejména druh spojovaných nosných betonových dílců, jejich vzájemná poloha, tvar a velikost a umístění styků. Styky musí být navrženy a provedeny tak, aby zajišťovaly dostatečnou tuhost a pevnost a přenášely síly a momenty. Styky musí

být schopny vyrovnávat drobné odchylky spojovaných dílů způsobených jak výrobou tak montáží. Dále musí být jejich pracnost co nejmenší a jejich umístění musí umožňovat snadnou montáž a kontrolu. [4]

K vlastnímu provedení styků slouží spojovací prostředky ať už na bázi suchého nebo mokrého procesu. Spojování probíhalo za pomoci šroubů a matek, trnů, vkládaných výztuží, ok, kotevních desek, příložek, čepů a závlačí. Část spojů pak byla zalita betonovou zálivkou nebo byla uložena na maltová lože a spojena lepidlem. [4]

## 2.4 Současné trendy prefabrikovaných konstrukcí

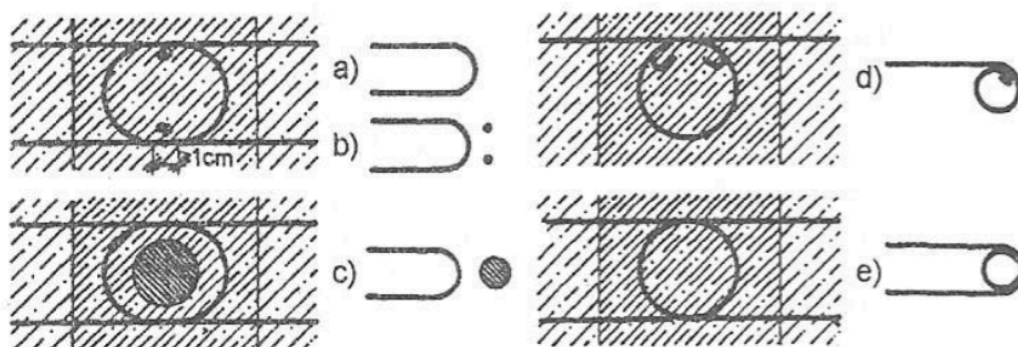
Současný vývoj prefabrikované výroby se orientuje k užívání nových druhů vysokohodnotných betonů. Ke zhotovení prvků je možné využít i betony s pevností 80 MPa a v mimořádných případech lze použít beton o pevnosti až 150 MPa. Na aplikaci samozhutnitelných betonů začíná přecházet množství výroben prefabrikátů. Faktorem je usnadnění výroby, zlepšení kvality povrchů, dosažení větší pevnosti, zajištění lepších pracovních podmínek a zároveň možnost navrhovat subtilnější průřezy. [6]

### 3 Styčníky prutových prefabrikovaných konstrukcí

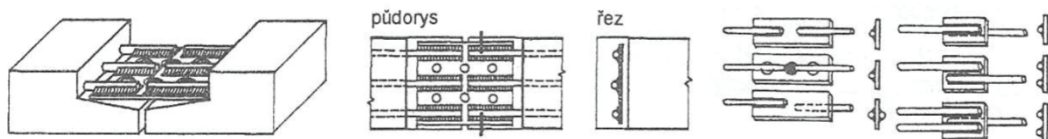
K hlavním článkům celého systému patří bezpochybně styky mezi jednotlivými prvky prefabrikované prutové konstrukce. Při návrhu styků se vychází z potřeby dosáhnout v jejich místech adekvátních statických vlastností stejně jako u monolitických konstrukcí. K usnadnění celého řešení styku při zachování statické funkce je účelné umístit styky do míst s nejvhodnější kombinací namáhání. Majoritně jde o namáhání tlakem a ohybem. Nezbytným dílem řešení styků je většinou plynulé napojení výztuže stykovaných dílců. [3]

Podélná výztuž je ve styku nejčastěji spojována oky nebo svařovanými spoji. U spojování oky jsou navzájem protilehlá a překrytá oka zalévána betonem. Pevnost betonové zálivky ve smyku a v tlaku brání vytržení ok ze zálivky. Pro zpevnění je možno do otvoru vzniklého překrytím ok vložit závlač z prutu. U tohoto způsobu je však nutno počítat s dostatečným prostorem pro kvalitní zpracování betonové zálivky. [3]

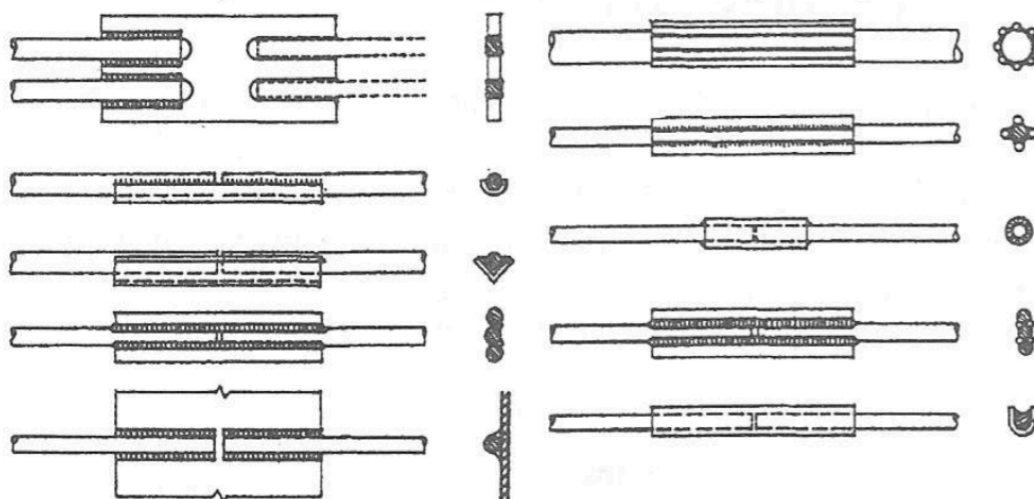
Ke spolehlivějším způsobům spojování výztuže spojovaných dílců patří svařování. V případě spojování většího množství výztuže v jednom místě se používají podkladní destičky. V případě spojování jednotlivých výztuží se používají příložky, např. z betonářské oceli, páskové oceli nebo úhelníků. Svařování výztuže bez příložek se z důvodu požadavku na přesnost provedení používá ojediněle. [3]



Obr.8 Stykování výztuže s oky [3]



Obr.9 Stykování výztuže přivařením k podkladním destičkám [3]



Obr.10 Stykování výztuže přivařením k příložkám [3]

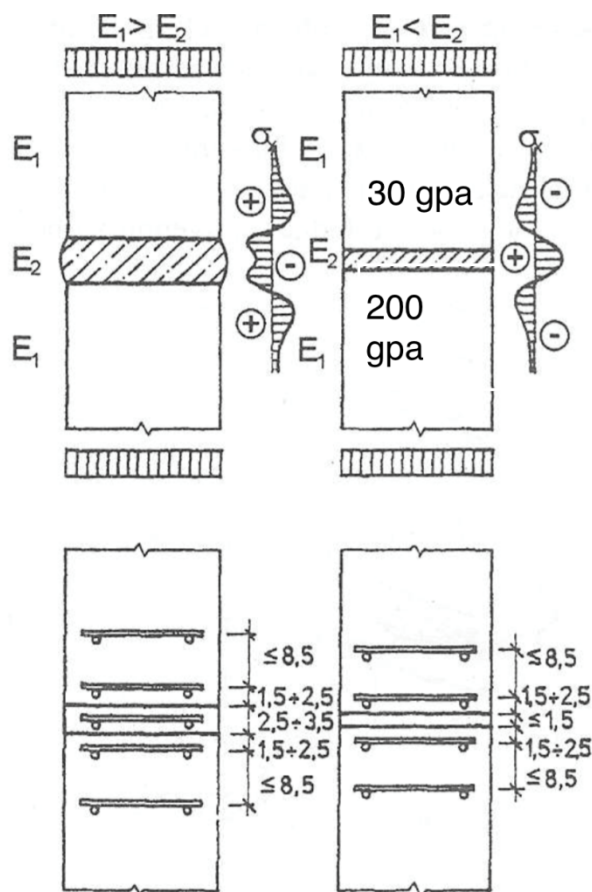
### 3.1 Styk sloup – sloup

Sloupy jsou namáhány hlavně osovým tlakem, který má vliv i na řešení styků sloupů. Betonový průřez sloupu spolu s podélnou výztuží přenáší tlakové síly ze sloupu vyššího podlaží do sloupu nižšího podlaží z čela na čelo. [4]

Jako prostředník mezi čely sloupů lze použít buď speciální ocelové profily (botky), nebo se čím dál více využívá ložné spáry. Výhodou ložných spár je skutečnost, že nejsou náročné na přesnost výroby, přesnost montáže a nejsou náročné na množství oceli jako způsob s ocelovými profily. [3]

Ložná spára většinou vyplňuje cementová nebo polymercementová malta. Jejich tloušťka se pohybuje v rozmezí od 5 do 15 mm. Únosnost styku je podmíněna jakostí a tloušťkou zálivky. Detailními měřeními bylo zjištěno, že únosnost styku se zvětšuje s pevností malty a zmenšuje se s tloušťkou spáry. Pokud zálivka ložné spáry má pevnost minimálně 1/7 pevnosti sloupu, pak u spáry tloušťky 1 cm je styk rovnocenný s monolitem. Jestli je spára větší než 15 mm pak se do ní musí vložit

třmínek nebo svařovaná síťka. Samozřejmostí je vyztužení konců obou spojovaných sloupů příčnou výztuží, která zajišťuje, aby se konce obou sloupů neroztěpily. Množství výztuže je závislé na provedení ložné spáry. V některých případech je nutno zajistit dokonalý kontakt pomocí injektáže ložné spáry. [3]

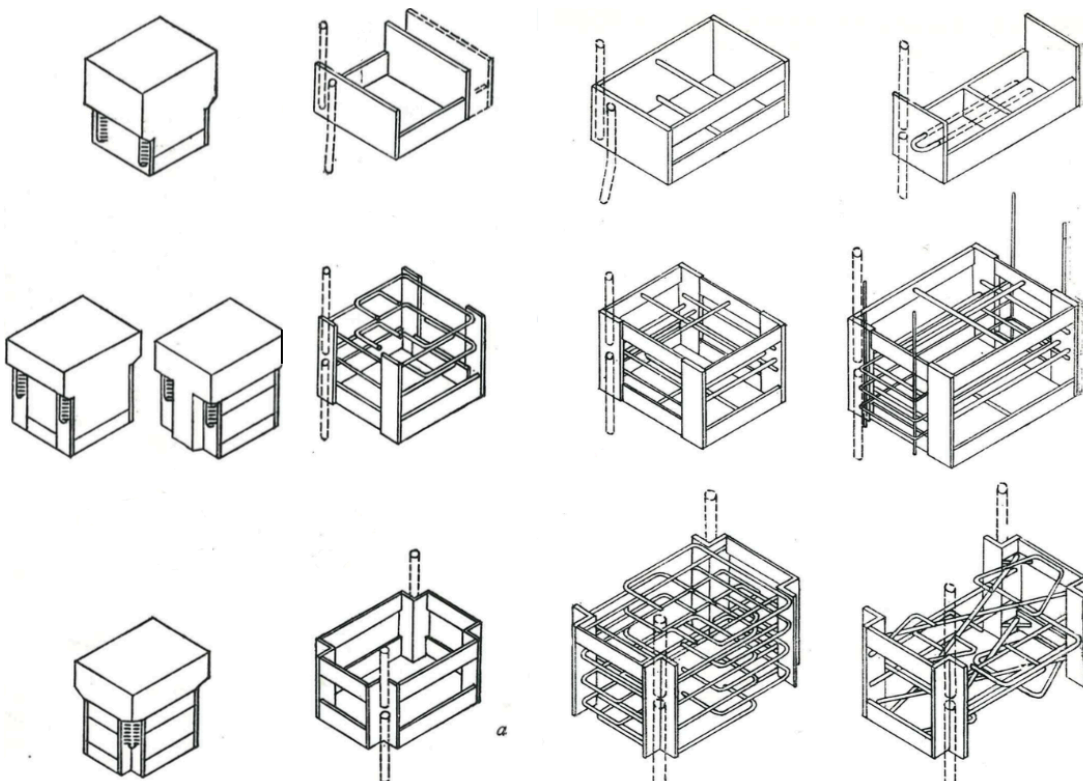


Obr.11 Ložné spáry tlačených styků [3]

Styky sloup – sloup jsou navrhovány většinou ve třetině až polovině výšky podlaží, a to jako kloubové nebo tuhé.

Dnes používané styky se nějak zvlášť od těch dříve používaných neliší nebo se pozměnily jen nepatrně. Přesto některé z nich pro svoji náročnost a obtížnost byly nahrazeny styky novými. Jedním z příkladů může být vývoj šroubovaných spojů, jak u styků kloubových, tak i u tuhých. Dalším může být speciální kloubový styk s použitím vyztužených neoprenových nebo pryžových podložek spolu s čepem nebo klíny.

Výztuž prefabrikovaných sloupů je velmi podobná výztuži monolitických sloupů. Avšak je nutné, aby byl kladen důraz na ukončení výztuže obou konců prefabrikovaných sloupů. Jedním řešením bývá opatřit hlavy a paty sloupů ocelovými válcovanými profily tzv. botkami. Tyto profily bývají k sobě svařeny do pevného prstence. Jestliže sloup nemá tuhé průřezy spojeny do prstence, je nutné konce sloupů pečlivě převázat zhuštěnými třmínky. [4]



Obr.12 Konstrukce stykovacích botek [4]

### 3.1.1 Kloubové spojení

V případě, kdy styk působí jako kloub, lze ho řešit těmito způsoby:

- Horní sloup se uloží do maltového lože na čelo spodního sloupu. U spodního sloupu se nechá trčet ocelový trn, který se zasune do vynechaného otvoru horního sloupu. Trn neslouží jako výztuž, ale jako montážní prvek k centrování (Obr. 13a).

- Zhlaví spodního sloupu se opatří botkou z ocelového válcovaného profilu písmenu U, to samé se provede u paty vrchního sloupu. Následně se v místě kontaktu botky sešroubují přes předem vyvrtané otvory (Obr. 14a).

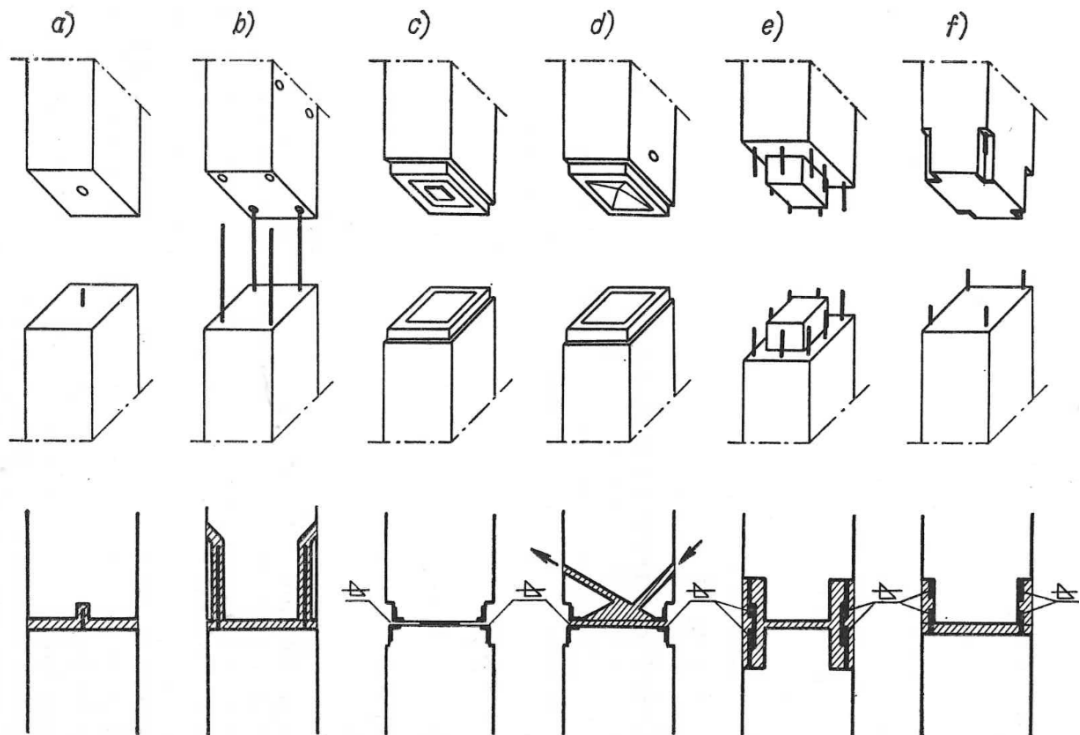
### 3.1.2 Tuhé spojení

V případě, kdy styk sloupů přenáší i ohybové momenty rámové konstrukce, lze řešit různými způsoby:

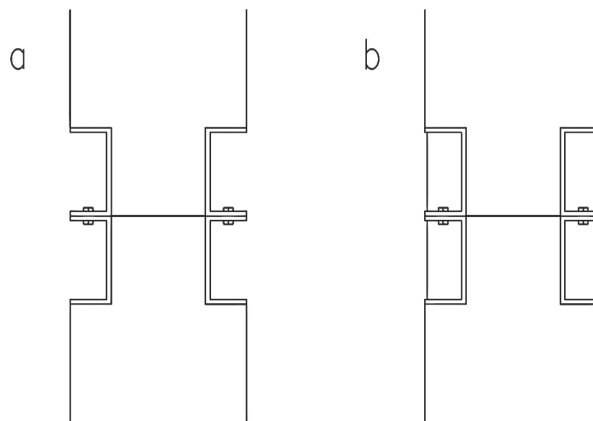
- Ze spodního sloupu vyčnívají pruty v každém rohu, které pasují k otvorům v patě horního sloupu. Montáž se provede tak, že sloupy se na sebe navléknou a poté se zainjektují vyvedenými otvory horního sloupu (Obr. 13b).
- Pata i hlava jsou opatřeny okovanými botkami z úhelníkových rámečků, které se po osazení sloupů vzájemně svaří (Obr. 13c).
- I tento typ styku je opatřen okovanými botkami z úhelníkových rámečků, ale na rozdíl od předchozího typu je vnitřní část spodní botky vydutá, a kromě rámečků se navíc vnitřní prostor zainjektuje (Obr. 13d).
- U těžkých konstrukcí se používal způsob, kdy byla odebrána obvodová část kolem výztuže u obou sloupů, poté se pomocí příložek navzájem svařily vyčnívající výztuže a následně se pomocí bednění styk zabetonoval (Obr. 13e).
- Ze spodního sloupu vyčnívají krátké trny a horní sloup je opatřen ocelovou botkou se stykovacími úhelníky. Horní sloup se nasune na vyčnívající trny a uloží se na cementovou maltu spodního sloupu. Trny se poté přivaří k úhelníkům (Obr. 13f).
- Zhlaví spodního sloupu se opatří botkou z ocelového válcovaného profilu písmenu U, to samé se provede u paty vrchního sloupu. Následně se v místě



kontaktu botky sešroubují přes předem vyvrtané otvory. Pokud se do botky vloží vzpěry, tak se z kloubového spoje stane spoj tuhý (Obr. 14b).



Obr.13 Styky sloupů [4]



Obr.14 Šroubovaný styk a) kloubový b) tuhý

### 3.2 Styk průvlak – průvlak

Tyto styky se obvykle umísťují v poli v místě malých, ideálně až nulových momentů. V těchto případech se průvlak spojují za sebou v poli. Konstrukce styku v tomto případě závisí na silách a momentech, které má přenášet. [3]

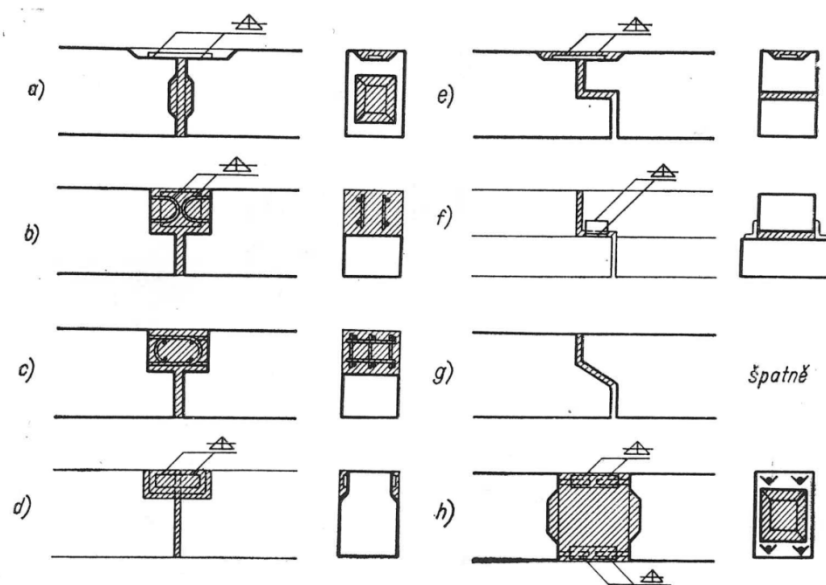
- Pokud jsou přečnávající konce průvlaků krátké, lze konce průvlaků spojit srazem a mezeru zalít. Je nutno zajistit spojení obou konců průvlaků, které se nejčastěji provádí přivařením ocelové spojky, která je schopna přenést tahové síly způsobené v konstrukci vedlejšími vlivy (Obr. 15a).
- Jestliže styk má přenést alespoň svislé síly způsobeny vedlejšími vlivy, je zapotřebí spojit výztuž obou konců průvlaků nebo vložených tuhých vložek přivařením ocelových pásků (Obr. 15b,d).
- Jestli má jeden z průvlaků podporovat druhý průvlak, obvykle jsou tyto průvlaků na svých koncích opatřeny ozubem. Pomocí tohoto ozubu zapadne jeden do druhého na vrstvu cementové malty. Z horní nebo boční strany stačí styk spojit přivařenou příložkou, aby došlo k zachycení tahu ve směru průvlaků (Obr. 15e,f).

Nevýhodou tohoto styku je to, že dokáže přenést jen omezené zatížení vloženého pole na podepřený průvlak daný únosností betonového ozubu. Je-li zvyšováno zatížení tohoto pole nad únosnost vyztuženého betonu, vytváří se ozuby pomocí ocelových botek. Ty jsou schopny přenést posouvající síly průvlaků. Dále se musí přikotvit přivařením podélné výztuže do horní, střední a dolní části průvlaků. Místo botek se dá také použít tuhé válcované profily.

Je nutné, aby ložná plocha ozubu byla vždy vodorovná, i když by šikmá byla výhodnější pro zvětšení průřezu. Důvodem je přesnost montáže, kdy u vodorovné ploše se omezí svislá nepřesnost v uložení jednoho průvlaků na druhý (Obr. 15g).

- V případě, kdy ve fázi výstavby nemusí jeden průvlak podepírat ten druhý, a je-li zajištěno jejich podepření, může být mezi nimi mezera, ale zároveň z jejich čel vyčnívá výztuž, která se svaří pomocí příložek. Následně se prostor mezi čely zabetonuje a zabední. Aby se přenesly posouvající síly,

dávají se do čel hmoždinky, nebo se mezi horní a dolní výztuž přivaří diagonální pruty (Obr 15c,h).



Obr.15 Styky průvlaku v poli [4]

### 3.3 Styk sloup – průvlak

#### 3.3.1 Průběžné sloupy s připojenými průvlakly

Sloupy vícepodlažních budov se obvykle stykují, jak bylo uvedeno v kapitole 3.1. Na různě dlouhých konzolách sloupů jsou uloženy průvlakly. Konzoly mohou zasahovat až do šestiny, popřípadě třetiny rozměru průvlaku. V podstatě jsou součástí průvlaku, se kterým se spojují jako průvlak s průvlakem, jak bylo uvedeno v kapitole 3.2. [4]

Z výrobních důvodů se klade na důraz na to, aby se těsněji připojovaly průvlakly ke sloupům. Výrazně se tím zjednoduší výroba sloupu. Jelikož nemá vodorovné části, je lehčí a může být vícepodlažní, a to vede k menšímu počtu styků na stavbě.

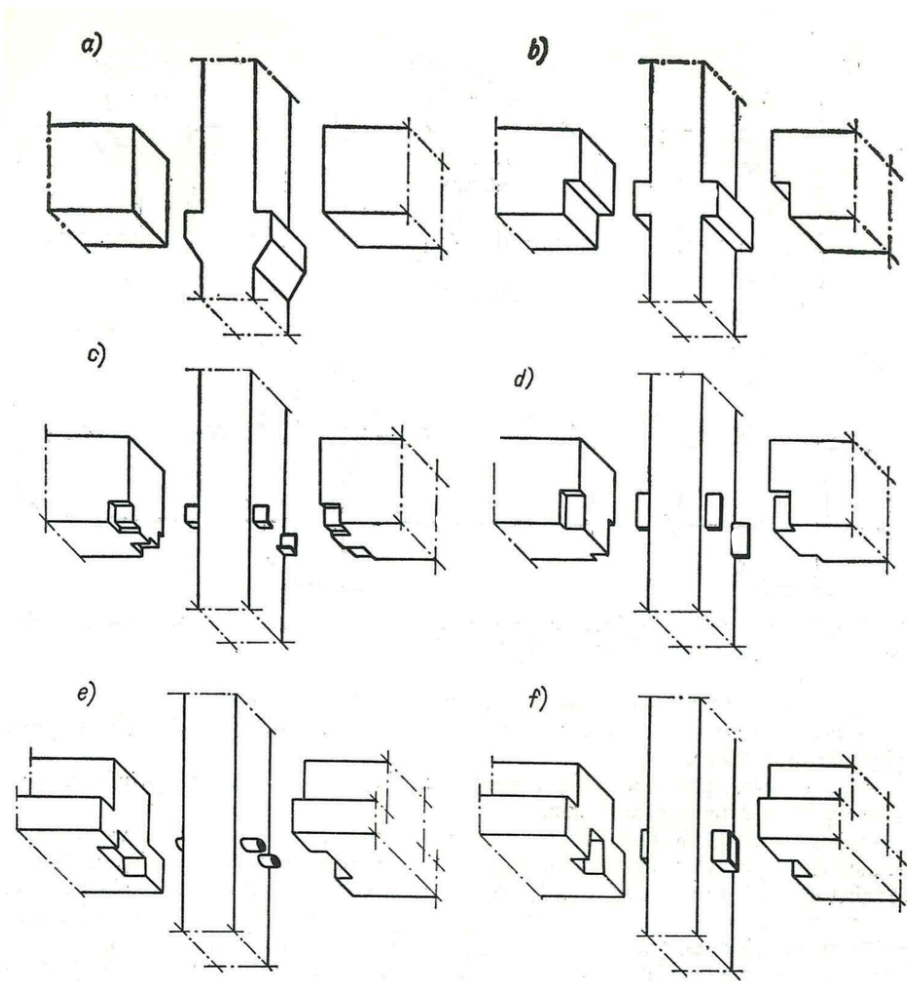
U stykování průběžného sloupu a průvlaku jde o ukládání průvlaku na průběžný sloup a propojení horní části průvlaku přes sloup, tak aby byl průvlak dostatečně vetknut do styčnicku. [4]

- Jednou z možností je opatřit sloup betonovými pravoúhlými konzolami nebo konzolami s náběhy, na které se uloží průvlak spodní části. U této varianty je nevýhodou, že konzola je viditelná, což nemusí vadit u staveb, kde není kladen důraz na estetiku (Obr. 16a).

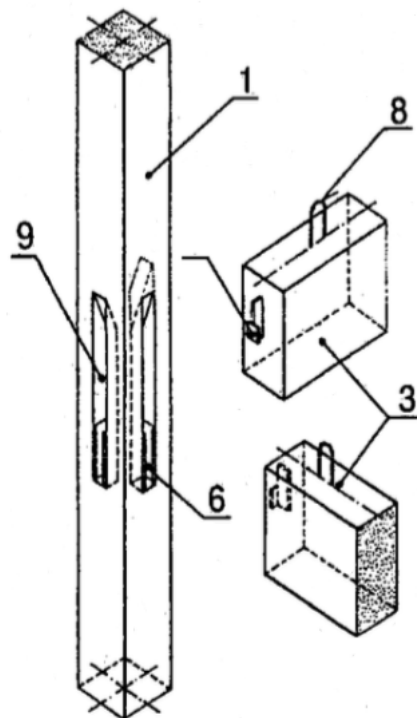
Z estetických důvodů se však většinou požaduje, aby konzola nesoucí průvlak byla skrytá pod podhledem. Pokud má průvlak dostačující výšku a nepřenáší velké zatížení, může se konzola rovnat polovině výšky průvlaku, který je opatřen ozubem a následně na ní uložen (Obr. 16b).

- V případě, kdy jsou podporové tlaky velké, volíme zpravidla ocelové konzoly. Provedení těchto konzol může být různé:
  - Obvod sloupu je opatřen dvěma proti sobě otočenými ocelovými úhelníky tvořící sedlo pro uložení průvlaku (Obr. 16c).
  - Obvod sloupu je opatřen dvěma svislými, plochými a ocelovými průřezy, na které se následně uloží průvlak (Obr. 16d).
  - Vnitřní část sloupu je opatřena dvěma kruhovými průřezy, na které se uloží průvlak, který je v místě uložení vybrán (Obr. 16e).
  - Vnitřní část sloupu je opatřena pravoúhlým ocelovým trnem, na který se opět uloží průvlak, který je v místě uložení vybrán (Obr. 16f).
- Další možností může být styk, kdy se zhlaví průvlaku opatří ocelovou nožovou konzolou. Ta se nasune do ocelového pouzdra, kterým je opatřen sloup a následně se styk zalije cementovou maltou (Obr. 17).

U prvních dvou variant se úhelníky a tzv. nože zabetonovávají do sloupu již při výrobě. Kruhové konzoly se pro zjednodušení výroby vkládají dodatečně do zabetonovaných trubek. Pravoúhlý ocelový trn se vkládá stejně jako kruhové konzoly. Na rozdíl od všech konzol má tu výhodu, že se dá výškově regulovat pomocí rektifikačních podložek vkládaných do otvoru. Kontaktní plocha obvodového nebo vnitřního vybrání průvlaku je vždy opatřena ocelovými úhelníky nebo deskami. Ty zaručují přenesení namáhání při přenosu sil z průvlaku do ocelových konzol. [4]



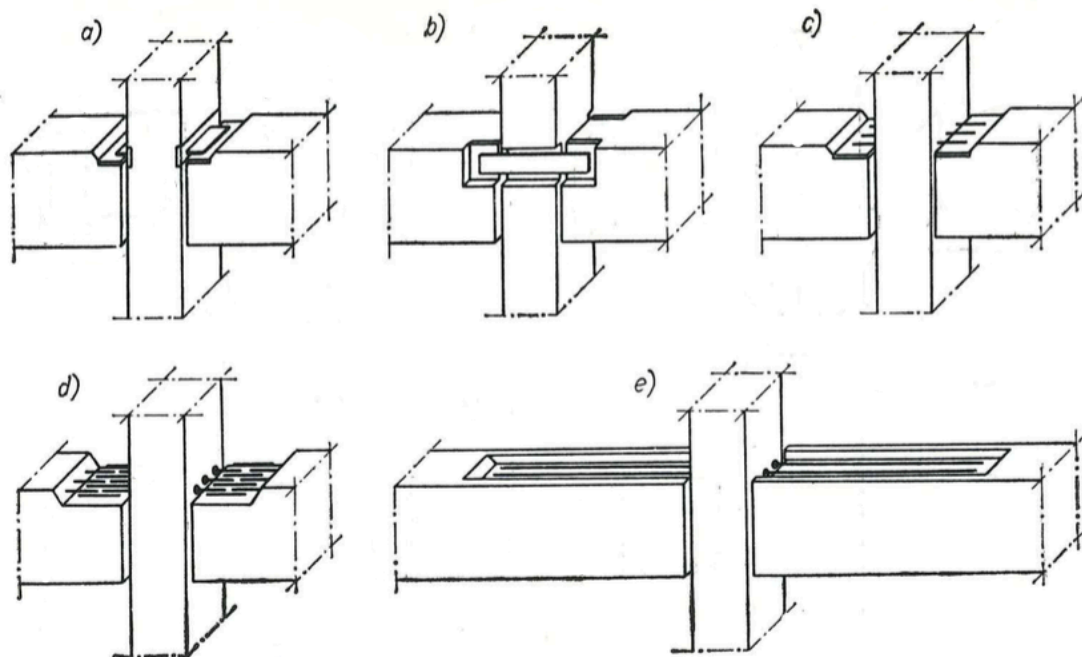
Obr.16 Uložení průvlaku na průběžné sloupy [4]



Obr.17 Nožový styk průvlaku s průběžným sloupem [7]

- Z důvodu zajištění míry vetknutí průvzlaku do styčnicku se přes sloup propojují průvzlaky. Zpravidla se jedná o přenesení záporných momentů, tudíž spodní líc průvzlaku se sloupem je opatřen pouze zálivkou mezi čelní stranou průvzlaku a sloupem. Na vrchním líci se spojují průvzlaky přes sloup těmito způsoby: [4]
  - Sloup je opatřen ocelovými objímkami, ke kterým jsou přivařeny příložky a zároveň se také přivaří k předem zabetonovaným deskám ve vrchním líci průvzlaku (Obr. 18a).
  - Protilehlé průvzlaky jsou obvodově vybrány a zesíleny ocelovými deskami, ke kterým jsou přivařeny postranní ocelové pásky, procházející vybráním sloupu (Obr. 18b).
  - Sloup je opatřen vodorovnými otvory kudy se provlečou pruty betonářské výztuže, které se svaří s deskami ve vrchních licích průvzlaku (Obr. 18c).
  - Sloup je opatřen vodorovnými otvory kudy se provlečou pruty betonářské výztuže, které se svaří s výztuží vycházející z průvzlaků (Obr. 18d).
  - Sloup je opatřen vodorovnými otvory kudy se provlečou dostatečně dlouhé pruty betonářské výztuže, že se zabetonují na kotevní délku do vybrání ve vrchním líci průvzlaků (Obr. 18e).

Je nutné, aby se ocelové části styku opatřily dostatečnou (krycí) vrstvou betonu, aby odolávaly korozi a požáru. Sloup musí mít zesílenou příčnou výztuž v místě stykování s průvzlaky, jelikož zde vznikají velká místní namáhání, a to tlaková i tahová. Je to způsobeno vodorovnými otvory a výřezy ve sloupu, kterými prochází ocelové pruty nebo ocelové pásky. [4]



Obr.18 Spojení průvlaků v horní partii přes průběžný sloup [4]

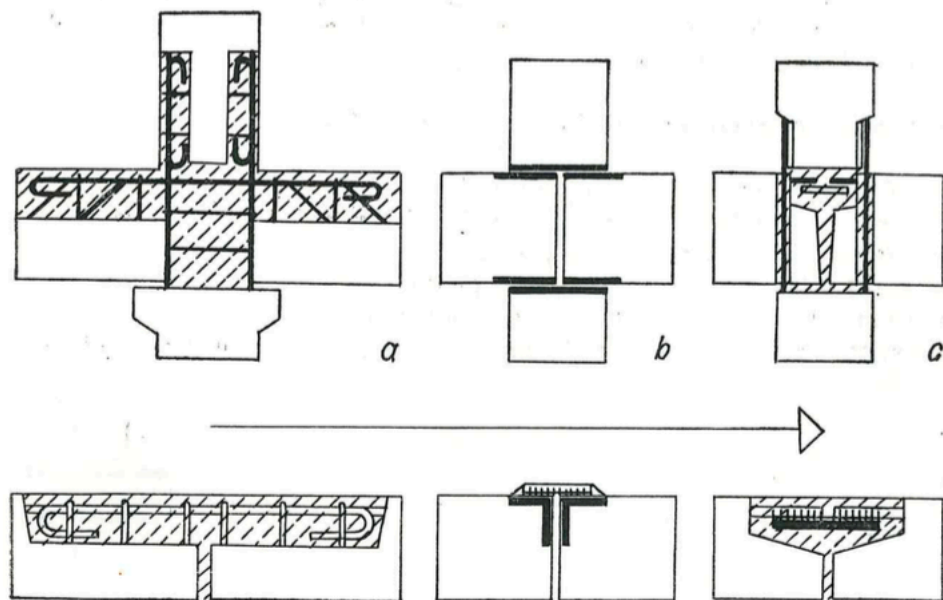
### 3.3.2 Průběžné průvlaky a přerušené sloupy

Sloupová konstrukce s průběžnými průvlaky se postupně vyvíjela z konstrukce s průběžnými sloupy.

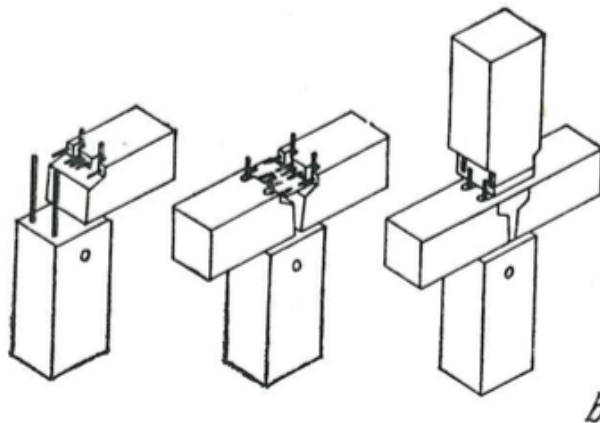
- Základním řešením styku, kdy se průvlak stykne ve styčnicku zároveň se sloupem jsou obě koncové části sloupů okovány ocelovými botkami a průvlaky jsou opatřeny ocelovými deskami při vrchních i dolních lících, v místě styku. Průvlak se uloží na sloup a následně se zesponuje přímo nebo pomocí ocelových přílohek přivaří k ocelové botce spodního sloupu. Následně se horní sloup usadí na průvlak a rovněž přivaří. Průvlaky se také mohou vzájemně přivařit. Nicméně toto řešení je náročné na spotřebu botek, desek, a hlavně na počet svařování, kdy se skoro polovina provádí ze spodu. [4]

Tento styk byl postupně vyvinut tak, že z hlavy spodního sloupu vyčnívá výztuž. Délka těchto prutů je rovna výšce průvlaku, výškám ložných spár a nutné délky svaru k sloupu vyššího podlaží. Průvlaky uložené do cementové malty k ose sloupu jsou opatřeny otvory, kudy se protáhne

vyčnívající výztuž spodního sloupu. Následně se pomocí ocelové destičky přivaří vyčnívající výztuže obou průvlaků. Poté se styk zaleje cementovou zálivkou. Horní sloup se usadí ocelovou botkou do maltového lože, ke které se přivaří vyčnívající výztuž spodního sloupu. [4]



Obr.19 Vývoj spojů ve styku průběžného průvlaku se sloupy [4]

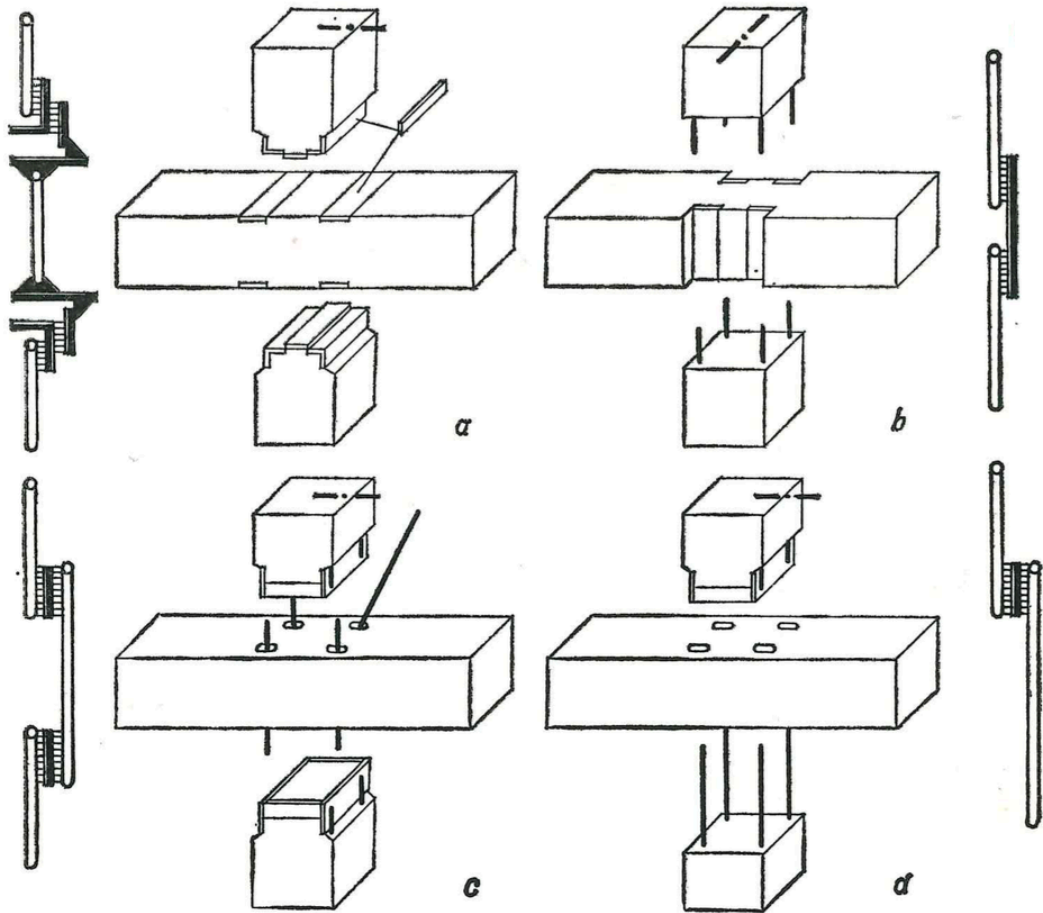


Obr.20 Průběžný průvlak se sloupy [3]

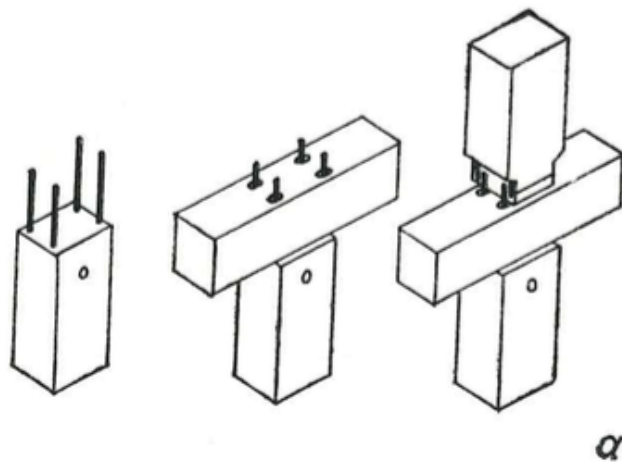
- Nejčastěji užívaným stykem průběžného průvlaku se sloupy je pevné spojení sloupů. Hlava spodní sloupu je opatřena vyčnívající výztuží. Délka těchto prutů je rovna výšce průvlaku, výškám ložných spár a nutné délky svaru k sloupu vyššího podlaží. V místě vyčnívající výztuže má průvlak otvory, které slouží k protáhnutí výztuže spodního sloupu přes průvlak. Ten se uloží do cementové malty, poté co jsou uloženy všechny průvlaky se otvory zalijí



cementovou zálivkou. Následně se do maltového lože ocelovou botkou usadí horní sloup, ke které se přivaří vyčnívající výztuž spodního sloupu. [4]



Obr.21 Vývoj styčnicku s průběžným průvlakem [4]



Obr.22 Průběžný průvlak [3]

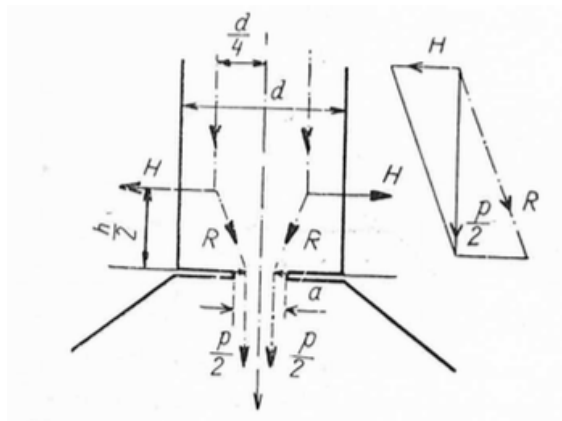
### 3.4 Základové patky nosných sloupů

Základové patky se navrhují jako prefabrikované nebo monolitické, které se používají poslední dobou častěji. Důvodem je zvětšení efektivity převážené betonové směsi. Na požadovaném způsobu spojení sloupu a patky závisí její konstrukce a tvar. V závislosti na zatížení a únosnosti v základové spáře se navrhují rozměry patky. [3]

#### 3.4.1 Kloubové spojení sloupu a patky

Předností kloubových spojení je eliminace ohybových momentů, čímž se zjednoduší statické působení soustavy. Vložním kloubu se naruší celistvost celé betonové konstrukce. Dále k v konstrukci vznikají tahové účinky, které nejsou příznivé pro beton. Provádí se jako: [8]

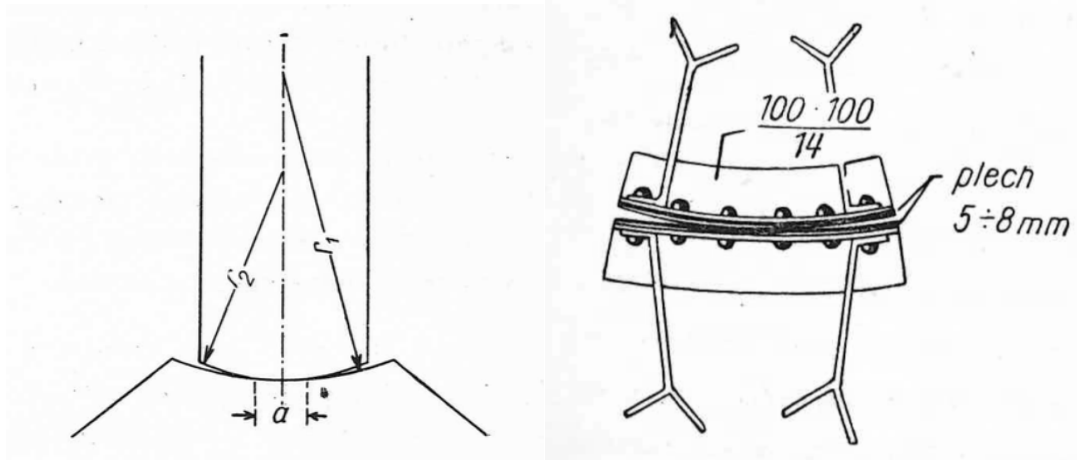
- Kloub vrubový. Vrub se nachází ve vnitřní třetině spáry, která je zaplněna cementovou maltou nebo olověnou vložkou. Vrubem také prochází výztuž pod úhlem  $30^\circ$  až  $45^\circ$  k ose sloupu. Mezery okolo kloubové páry se vyplní poddajnou hmotou. Kloubová spára je namáhána soustředěným tlakem. Využívá se hlavně u monolitických konstrukcí.



Obr.23 Kloub vrubový [8]

- Kloub válcový. Je tvořen styčnými válcovitými plochami o velkých poloměrech. Občas se do spáry vloží 1 až 3 mm silný olověný plech na část nebo celou plochu čela sloupu za účelem vyrovnání nerovností. Jestliže na sloup působí větší tlak, opatří se zaoblené plochy pancéřem tloušťky 5 až 8

mm. Přivařením ocelových pásků se pancéř zakotví. U velmi zatížených konstrukcí se používají ocelová ložiska podobně jako u mostních konstrukcí.

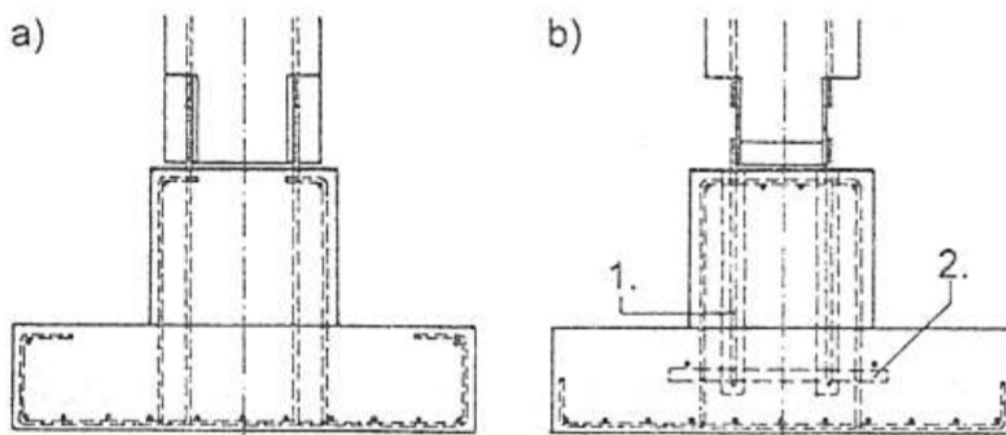


Obr.24 Kloub válcový, pancéřové pásy [8]

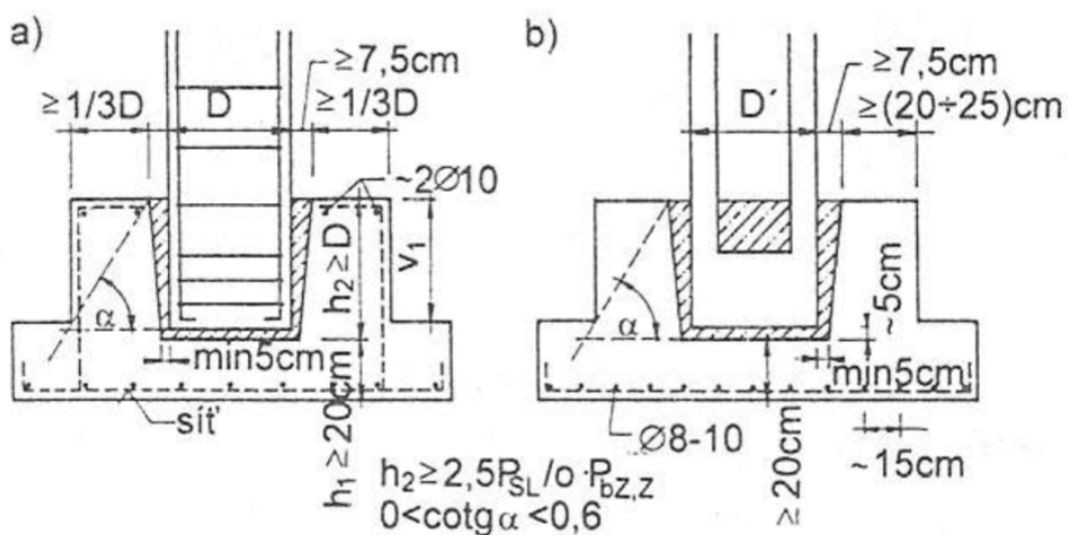
### 3.4.2 Tuhé spojení sloupu a patky

Tento typ spojení lze provést těmito způsoby:

- Stykováním výztuže sloupu spolu s výztuží, která vyčnívá z patky, ale je patřičně přikotvena. Tento způsob je velmi podobný jako u styku mezi sloupy. Používá se k tomu ocelových příložek nebo ocelových botek. [3]
- Zapuštěním sloupu do prohlubně v základové patce. Prohlubeň musí dovolovat jednoduchou montáž, snadné provedení betonové nebo cementové zálivky a její kontrolu. Vhodnější je použití betonové zálivky z hlediska objemových změn (stykový beton). Aby se dosáhlo požadované výškové úrovně, používají se ocelové podkladní destičky. Před zalitím prohlubně po dobu tvrdnutí zálivky se zajišťuje svislost sloupu dřevěnými klíny nebo osazovacím zařízením. [3]



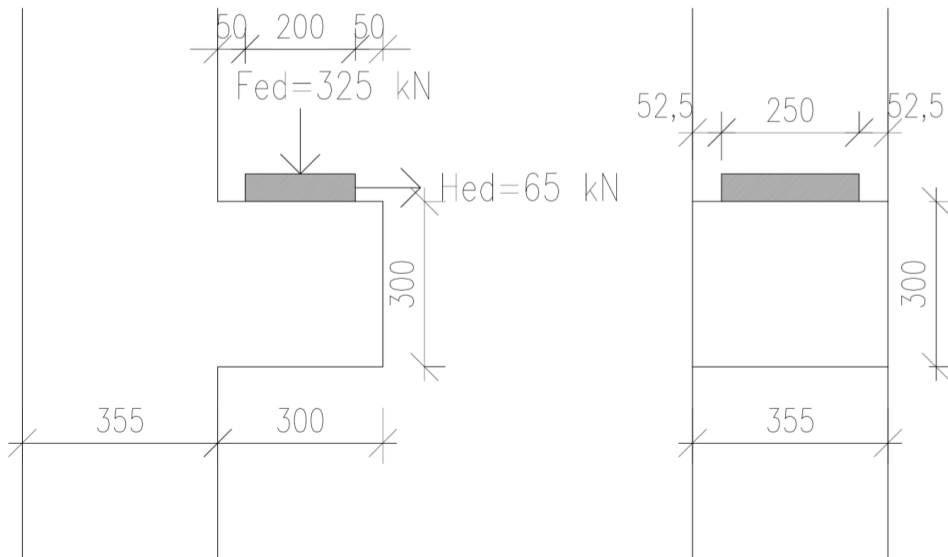
Obr.25 Kotvení sloupů v patkách pomocí kotevní výztuže  
 a) zabetonovaná kotevní výztuž b) dodatečně zabetonovaná kotevní výztuž  
 (1. Kotevní výztuž, 2. Kotevní profil) [3]



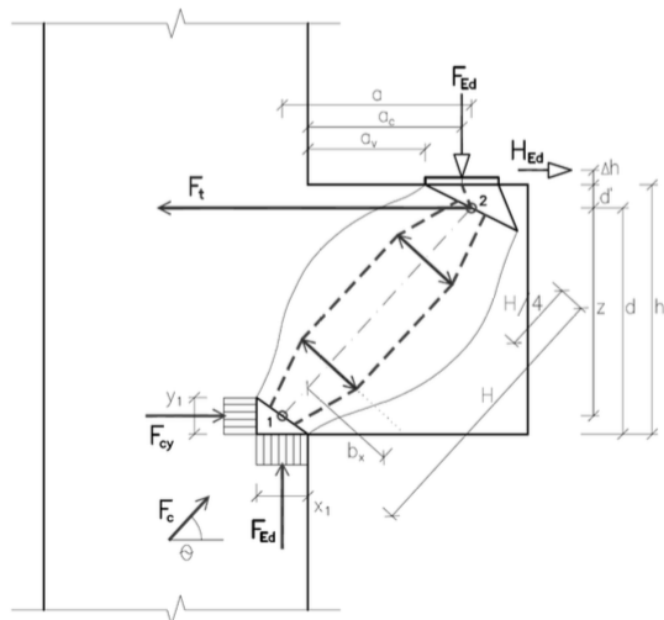
Obr.26 Kotvení sloupů v patkách s prohlubní  
 a) obdélníkový sloup b) členěný sloup [3]



Návrh výztuže konzoly prefabrikovaného sloupu. Na roznášecí desku o rozměrech 200x250 mm působí svislá síla  $F_{Ed} = 325$  kN. Konzola je z betonu C40/50, krytí je 25 mm. Výztuž je třídy B500B. Roznášecí deska má rozměry 200x250 mm.



Obr.28 Schematické Zadání krátké konzoly



Obr.29 Krátká konzola výpočtový model [9]

doporučená hodnota vodorovné síly:

$$H_{Ed} = 0,2 \cdot F_{Ed} = 0,2 \cdot 325 = 65 \text{ kN}$$

redukční součinitel:

$$\nu = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{40}{250} = 0,84$$

uzel typu C-C-C:

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 \cdot \nu \cdot f_{cd} = 1 \cdot 0,84 \cdot 26,67 = 22,40 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 1$$

uzel typu C-C-T:

$$\sigma_{Rd,max} = k_2 \cdot \nu \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,84 \cdot 26,67 = 19,04 \text{ MPa}$$

$$k_2 = 0,85$$

šířka tlačené oblasti ve sloupu:

$$x_1 = \frac{F_{Ed}}{\sigma_{Rd,max} \cdot b} = \frac{325 \cdot 10^3}{22,4 \cdot 355} = 40,9 \text{ mm}$$

rameno síly  $F_{Ed}$  vzhledem ke styčníku č.1:

$$\begin{aligned} a &= a_c + 0,5x_1 + \frac{H_{ed}}{F_{Ed}} \cdot (d' + \Delta h) = 150 + 0,5 \cdot 40,9 + \frac{65}{325} \cdot (57 + 10) \\ &= 183,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$d'$  výztuž od horní hrany konzoly  $d' = 25 + 8 + 10 + 14 = 57 \text{ mm}$

$\Delta h$  výška ložiska  $\Delta h = 10 \text{ mm}$

výška tlačené oblasti  $y_1$ :

$$\begin{aligned} y_1 &= d - \sqrt{d^2 - 2x_1 \cdot \left( a + \frac{H_{Ed}}{F_{Ed}} \cdot (d' + \Delta h) \right)} \\ &= 243 - \sqrt{243^2 - 2 \cdot 40,9 \cdot \left( 183,9 + \frac{65}{325 \cdot (57 + 10)} \right)} = 33,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$d$  účinná výška průřezu  $d = 300 - 57 = 243 \text{ mm}$

rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,5y_1 = 243 - 0,5 \cdot 33,2 = 226,4 \text{ mm}$$

hlavní tahová síla při horním lici konzoly:

$$F_t = F_{Ed} \cdot \frac{a}{z} + H_{Ed} = 325 \cdot \frac{183,9}{226,2} + 65 = 329 \text{ kN}$$

hlavní tahová výztuž:

$$A_{s,req} = \frac{F_t}{f_{yd}} = \frac{329 \cdot 10^3}{434,8} = 756,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 936 \text{ mm}^2$$

Celkově navrhnuty 4 smyčky z Ø R10 ve dvou vrstvách a dva zahnuté pruty Ø R14.

návrhové napětí v prutu v místě, od kterého se měří kotevní délka:

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{757}{936} \cdot \frac{500}{1,15} = 351,5 \text{ MPa}$$

návrhová kotevní délka Ø R10:

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{10}{4} \cdot \frac{351,5}{3,75} = 235 \text{ mm}$$

$$l_{b,d} = l_{b,rqd} \cdot 0,7 = 235 \cdot 0,7 = 165 \text{ mm}$$

$$\text{mezní napětí v soudržnosti } f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2,5}{1,5} = 3,75 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

$f_{ctd}$  návrhová pevnost betonu v tahu

kontrola zakřivení prutu:

$$\phi_{m,min} \geq \frac{F_{bt}}{f_{cd}} \cdot \left( \frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \phi} \right) = \frac{27600}{26,67} \cdot \left( \frac{1}{40} + \frac{1}{2 \cdot 10} \right) = 77,6 \text{ mm}$$

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_s = 351,5 \cdot 78,5 = 27,6 \text{ kN}$$

$a_b$  polovina osové vzdálenosti prutů kolmo k rovině ohybu. Pro prut v lici je to

$$\text{tloušťka krycí vrstvy } a_b = 25 + 10 + \frac{10}{2} = 40 \text{ mm}$$

Kotevní délka smyčky vyhovuje, pro zakotvení prutu je k dispozici 325 mm.



návrhová kotevní délka Ø R14:

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{14}{4} \cdot \frac{351,5}{3,75} = 328 \text{ mm}$$

$$l_{b,d} = l_{b,rqd} \cdot 0,7 = 328 \cdot 0,7 = 230 \text{ mm}$$

$$\eta_1=1$$

$$\eta_2=1$$

$f_{ctd}$  návrhová pevnost betonu v tahu

kontrola zakřivení prutu:

$$\varnothing_{m,min} \geq \frac{F_{bt}}{f_{cd}} \cdot \left( \frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \varnothing} \right) = \frac{54100}{26,67} \cdot \left( \frac{1}{42} + \frac{1}{2 \cdot 14} \right) = 121 \text{ mm}$$

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_s = 351,5 \cdot 153,9 = 54,1 \text{ kN}$$

$a_b$  polovina osové vzdálenosti prutů kolmo k rovině ohybu. Pro prut v líci je to

$$\text{tloušťka krycí vrstvy } a_b = 25 + 10 + \frac{14}{2} = 42 \text{ mm}$$

sklon vzpěry:

$$\Theta = \arctg \cdot \frac{h - d' - 0,5 \cdot y_1}{a - 0,5 \cdot x_1} = \arctg \cdot \frac{300 - 57 - 0,5 \cdot 33,2}{183,9 - 0,5 \cdot 40,9} = 54,2$$

délka vzpěry:

$$H = \sqrt{(h - d' - 0,5 \cdot y_1)^2 + (a - 0,5 \cdot x_1)^2}$$
$$= \sqrt{(300 - 57 - 0,5 \cdot 33,2)^2 + (183,9 - 0,5 \cdot 40,9)^2} = 279,2 \text{ mm}$$

šířka vzpěry:

$$a_w = \frac{150}{\sin \Theta} = \frac{150}{\sin 54,2} = 184,9 \text{ mm}$$

síla v betonové diagonální vzpěře:

$$F_c = \frac{F_{Ed}}{\sin \Theta} = \frac{325}{\sin 54,2} = 400,7 \text{ kN}$$

příčný tah betonové vzpěry:

$$2F_t = 0,5 \cdot \left( 1 - 0,7 \cdot \frac{a_w}{H} \right) \cdot F_c = 0,5 \cdot \left( 1 - 0,7 \cdot \frac{184,9}{279,2} \right) \cdot 400,7 = 107,5 \text{ kN}$$

svislá složka příčného tahu:

$$F_{TS} = 2F_t \cdot \cos \theta = 107,5 \cdot \cos 54,2 = 62,9 \text{ kN}$$

vodorovná složka příčného tahu:

$$F_{TV} = 2F_t \cdot \sin \theta = 107,5 \cdot \sin 54,2 = 87,2 \text{ kN}$$

redukována posouvající síla:

$$\beta = \frac{a_v}{2 \cdot d} = \frac{50}{2 \cdot 243} = 0,103 \geq 0,25 \rightarrow \beta = 0,25$$

$$\beta F_{Ed} = 0,25 \cdot 325 = 81,25 \text{ kN}$$

svislá výztuž navrhnutá na větší hodnotu  $\beta F_{Ed}$  a  $F_{TS}$ :

$$A_{s,reg} = \frac{\beta \cdot F_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{0,25 \cdot 325}{434,8} = 186,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 301,6 \text{ mm}^2$$

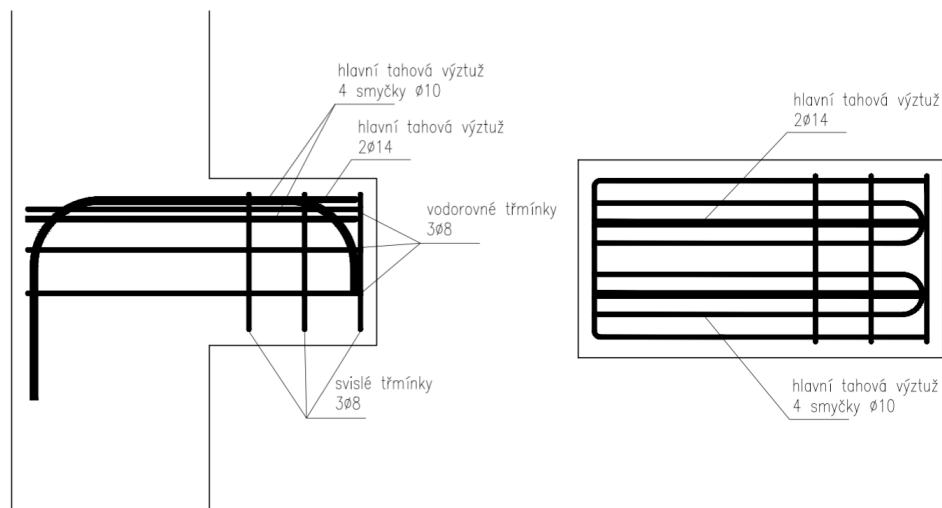
Celkově navrhnutý 3 třmínky z  $\emptyset$  R8, výztuž je navržena v oblasti  $0,75a_v$  (třetí třmínka je dodán z konstrukčních důvodů)

vodorovná výztuž:

$$A_{s,reg} = \frac{1,2 \cdot F_{TV}}{f_{yd}} = \frac{1,2 \cdot 87,2 \cdot 10^3}{434,8} = 240,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 301,6 \text{ mm}^2$$

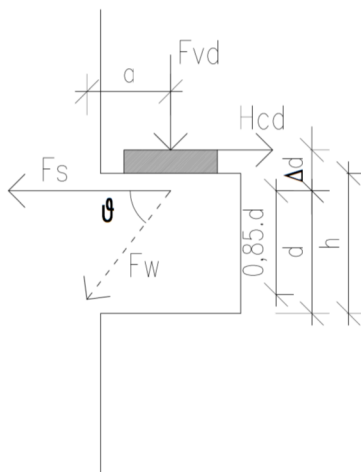
Celkově navrhnutý 3 třmínky z  $\emptyset$  R8, výztuž je navržena v oblasti  $0,75a_v$ .



Obr.30 Schéma výztuže

## 4.2 Krátká konzola řešena dle ČSN P ENV 1992-1-1

Vypočet pomocí základního modelu, kdy je konzola přímo uložena a přímo zatížena. Zatížení se přenáší hlavní tlačnou diagonálou do styčnicku při okraji sloupu a tahovou vodorovnou výztuží přímo do sloupu. [10]



Obr.31 Krátká konzola výpočtový model

Návrh výztuže konzoly prefabrikovaného sloupu. Na roznášecí desku o rozměrech 200x250 mm působí svislá síla  $F_{vd} = 325$  kN. Konzola je z betonu C40/50, krytí je 25 mm. Výztuž je třídy B500B. Roznášecí deska má rozměry 200x250 mm.  $H_{cd} = 0,2 \cdot F_{vd} = 65$  kN.

redukční součinitel:

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{40}{200} = 0,5$$

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 \cdot v \cdot f_{cd} = 1 \cdot 0,5 \cdot 26,67 = 13,35 \text{ MPa}$$

šířka tlačené oblasti ve sloupu:

$$x_1 = \frac{F_{Ed}}{\sigma_{Rd,max} \cdot b} = \frac{325 \cdot 10^3}{13,35 \cdot 355} = 68,6 \text{ mm}$$

rameno vnější síly:

$$a = a_c + 0,5x_1 + \frac{H_{ed}}{F_{Ed}} \cdot (d' + \Delta h) = 150 + 0,5 \cdot 68,6 + \frac{65}{325} \cdot (53 + 10) = 196,9 \text{ mm}$$

$d'$  výztuž od horní hrany konzoly  $d' = 25 + 8 + 20 = 53 \text{ mm}$

$\Delta h$  výška ložiska  $\Delta h = 10 \text{ mm}$

tahová síla při horním lici konzoly:

$$F_s = \frac{F_{vd} \cdot a}{0,85 \cdot d} + H_{cd} \cdot \left(1 + \frac{\Delta d}{0,85 \cdot d}\right) = \frac{325 \cdot 196,9}{0,85 \cdot 247} + 65 \cdot \left(1 + \frac{53 + 10}{0,85 \cdot 247}\right) \\ = 389 \text{ kN}$$

$d$  účinná výška průřezu  $d = 300 - 53 = 247 \text{ mm}$

hlavní tahová výztuž:

$$A_{s,req} = \frac{F_s}{f_{yd}} = \frac{389 \cdot 10^3}{434,8} = 894,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 942,5 \text{ mm}^2$$

Celkově navrhnuty 2 smyčky se zahnutím z  $\emptyset$  R20.

Vodorovné třmínky:

$$A_{ss,req} = 0,4 \cdot A_s = 0,4 \cdot 942,5 = 377 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss,prov} = 402 \text{ mm}^2$$

Celkově navrhnutu 4 třmínků z  $\emptyset$  R8.

Síla ve vzpěře:

$$F_w = \frac{F_s}{\cos \vartheta} = \frac{389}{\cos 39,9} = 506,9 \text{ kN}$$

$$\vartheta \quad \text{účinná výška průřezu } \tan \vartheta = \frac{F_s}{F_{vd}} \rightarrow \vartheta = 39,9$$

$$V_{Rd2} = b \cdot 0,85 \cdot d \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\cot \vartheta + \tan \vartheta) \\ = 355 \cdot 0,85 \cdot 247 \cdot 0,5 \cdot 26,67 \cdot (\cot 39,9 + \tan 39,9) = 2020 \text{ kN}$$

Musí být splněna podmínka:

$$V_{Rd2} \geq F_w$$

$$2020 \geq 507 \text{ kN} \quad \text{SPLŇENO}$$

### 4.3 Porovnání metod z pohledu množství potřebné výztuže

model		hlavní výztuž	vodorovné třmínky	svislé třmínky
ČSN EN 1992-1-1	$A_{s,req}$	757 mm <sup>2</sup>	241 mm <sup>2</sup>	187 mm <sup>2</sup>
ČSN P ENV 1992-1-1	$A_{s,req}$	895 mm <sup>2</sup>	377 mm <sup>2</sup>	-

Tab. 1 porovnání potřebné výztuže

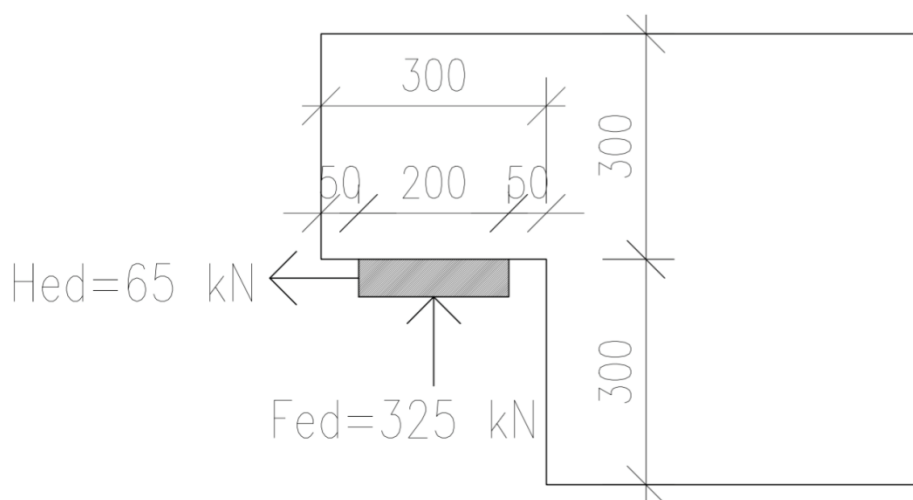
Z porovnání vyplývá, že při navrhování pomocí normy ČSN EN 1992-1-1 je množství potřebné plochy výztuže:

- u hlavní výztuže menší cca o 15%
- u vodorovných třmínků menší o 36%

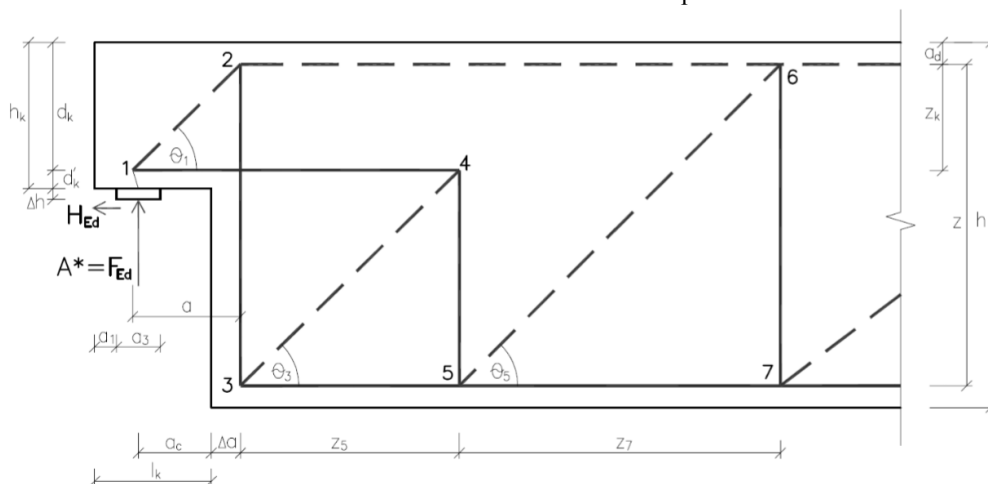
Podle výpočtu dle ČSN P ENV 1992-1-1 vyplývá, že pro zvolený příklad krátké konzoly svislé třmínky nejsou potřebné.

## 4.4 Ozubový styk řešen dle ČSN EN 1992-1-1

Návrh výztuže ozubu průvlaku z betonu C40/50 s betonářskou výztuží B500B, krytí je 25 mm. Průřez průvlaku v poli je 600x355 mm, ozub má rozměry 355x300x300 mm. Průvlak je prostě podepřen na 6 m a zatížen rovnoměrným zatížením ( $g_d+q_d$ ) = 108 kN/m. Reakce průvlaku je 325 kN. Průvlak je při dolním líci vyztužen 4xØ28 a při horním líci je vyztužen konstrukční výztuží 2xØ16, třmínková výztuž je profilu Ø10. Horizontální síla je uvažována  $H_{Ed} = 0,2F_{Ed} = 65$  kN. Roznášecí deska má rozměry 200x250 mm.



Obr.32 Schéma zatížení a rozměru ozubu průvlaku



Obr.33 Model náhradní příhradoviny 1 [9]

Kontrola napětí v betonu pod styčnou deskou uzlu C-C-T  $\rightarrow k_2=0,85$ :

$$v = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{40}{250} = 0,84$$

$$\sigma_{Rd,max} = k_2 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,84 \cdot 26,67 = 19,04 \text{ MPa}$$

Výztuž táhla  $T_{23}$ :

$$A_{s,req} = \frac{1,2 \cdot T_{23}}{f_{yd}} = \frac{1,2 \cdot 162,5}{434,8} = 448 \text{ mm}^2$$

Návrh je dvoustřížný třmínek 4Ø10 á 50 mm.

$$A_{s,prov} = 628 \text{ mm}^2$$

Těžiště táhla od líce ozubu:

$$\Delta a = 25 + 5 + 50 + 25 = 105 \text{ mm}$$

rameno a reakce  $A^*$ :

$$a = a_c + \Delta a + \frac{H_{Ed}}{A^*} \cdot d'_k = 150 + 105 + \frac{65}{162,5} \cdot \left(25 + 10 + \frac{20}{2}\right) = 273 \text{ mm}$$

odhad ramene vnitřních sil ozubu:

$$z_k = h_k - d'_k - a_d = 300 - \left(25 + 10 + \frac{20}{2}\right) - 30 = 225 \text{ mm}$$

$a_d$  odhad výšky tlačené oblasti 30 mm

sklon tlačené diagonály  $C_{12}$ :

$$\theta_1 = \arctan \frac{z_k}{a} = \arctan \frac{225}{273} = 39,5^\circ$$

tlaková síla v betonové vzpěře:

$$C_{12} = \frac{A^*}{\sin \theta_{12}} = \frac{162,5}{\sin 39,5} = 255,5 \text{ kN}$$

tlaková síla při horním líci ozubu:

$$\begin{aligned} C^{(1)+(2)} &= C_{12}^{(1)} \cdot \cos \theta_1 + \frac{F_{Ed} - A^*}{\tan \theta_2} = 255,5 \cdot \cos 39,5 + \frac{325 - 162,5}{\tan 45} \\ &= 359,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{C^{(1)+(2)}}{\sigma_{Rd,max} \cdot 0,35} = \frac{359,6}{19,04 \cdot 0,35} = 54 \text{ mm}$$

přepočet ramene vnitřních sil:

$$z_k = h_k - d_k' - \frac{x}{2} = 300 - 45 - \frac{54}{2} = 228 \text{ mm}$$

síla v táhle  $T_{14}$ :

$$T_{14} = \frac{(A^* \cdot a) + (H_{Ed} \cdot z_k)}{z_k} = \frac{(162,5 \cdot 273) + (65 \cdot 228)}{228} = 259,6 \text{ kN}$$

potřebná plocha výztuže:

$$A_{s,reg} = \frac{T_{14}}{f_{yd}} = \frac{259,6 \cdot 10^3}{434,8} = 596 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 628 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže 2Ø20. Výztuž je využita z 95 %.

Základní kotevní délka vyztuženého prutu:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2,5}{1,5} = 3,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,reg}}{A_{s,prov}} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{596}{628} \cdot \frac{500}{1,15} = 412,6 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{20}{4} \cdot \frac{412,6}{3,75} = 550 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 0,7 \cdot l_{b,rqd} = 0,7 \cdot 550 = 385 \text{ mm}$$

kontrolní zakřivení prutu:

$$\emptyset_{m,min} \geq F_{bt} \cdot \frac{\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \emptyset}}{f_{cd}} = 129,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{\frac{1}{45} + \frac{1}{2 \cdot 20}}{26,67} = 229 \text{ mm}$$

$$a_b = c + \emptyset t_{ř} + \frac{\emptyset}{2} = 25 + 10 + \frac{20}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_s = 412,6 \cdot 314 = 129,5 \text{ kN}$$

Minimální průměr zakřivení je příliš velký. Z hlediska omezeného prostoru nad ozubem bude lepší využít tuto oblast více pruty menšího průřezu. Tím bude docíleno menšího minimálního průměru zakřivení jednotlivých prutů.



Odhad Ø12 mm

$$d_k' = 25 + 10 + \frac{12}{2} = 41 \text{ mm}$$

rameno a reakce A\*:

$$a = a_c + \Delta a + \frac{H_{Ed}}{A^*} \cdot d_k' = 150 + 105 + \frac{65}{162,5} \cdot 41 = 271,4 \text{ mm}$$

odhad ramene vnitřních sil ozubu:

$$z_k = h_k - d_k' - a_d = 300 - 41 - 40 = 219 \text{ mm}$$

$a_d$  odhad výšky tlačené oblasti 40 mm

sklon tlačené diagonály  $C_{12}$ :

$$\theta_1 = \arctan \frac{z_k}{a} = \arctan \frac{219}{271,4} = 38,9^\circ$$

tlaková síla v betonové vzpěře:

$$C_{12} = \frac{A^*}{\sin \theta_{12}} = \frac{162,5}{\sin 38,9} = 258,8 \text{ kN}$$

tlaková síla při horním líci ozubu:

$$\begin{aligned} C^{(1)+(2)} &= C_{12}^{(1)} \cdot \cos \theta_1 + \frac{F_{Ed} - A^*}{\tan \theta_2} = 258,8 \cdot \cos 38,9 + \frac{325 - 162,5}{\tan 45} \\ &= 363,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

skutečná výška tlačené oblasti:

$$x = \frac{C^{(1)+(2)}}{\sigma_{Rd,max} \cdot 0,35} = \frac{363,9}{19,04 \cdot 0,35} = 54,6 \text{ mm}$$

přepočet ramene vnitřních sil:

$$z_k = h_k - d_k' - \frac{x}{2} = 300 - 41 - \frac{54,6}{2} = 231,7 \text{ mm}$$

síla v táhle  $T_{14}$ :

$$T_{14} = \frac{(A^* \cdot a) + (H_{Ed} \cdot z_k)}{z_k} = \frac{(162,5 \cdot 271,4) + (65 \cdot 231,7)}{231,7} = 255,3 \text{ kN}$$

potřebná plocha výztuže:

$$A_{s,reg} = \frac{T_{14}}{f_{yd}} = \frac{255,3 \cdot 10^3}{434,8} = 587 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 679 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže 6Ø12. Výztuž je využita z 86,5 %.

Základní kotevní délka vyztuženého prutu:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{2,5}{1,5} = 3,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,reg}}{A_{s,prov}} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{587}{679} \cdot \frac{500}{1,15} = 375,9 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{12}{4} \cdot \frac{375,9}{3,75} = 301 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 0,7 \cdot l_{b,rqd} = 0,7 \cdot 390 = 211 \text{ mm}$$

kontrolní zakřivení prutu:

$$\emptyset_{m,min} \geq F_{bt} \cdot \frac{\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \emptyset}}{f_{cd}} = 42,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{\frac{1}{41} + \frac{1}{2 \cdot 12}}{26,67} = 105 \text{ mm}$$

$$a_b = c + \emptyset t\check{r} + \frac{\emptyset}{2} = 25 + 10 + \frac{12}{2} = 41 \text{ mm}$$

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_s = 375,9 \cdot 113 = 42,5 \text{ kN}$$

Výztuž táhla T<sub>14</sub> je ohnuta a ukotvena u horního líce nosníku. Průměr trnu, kolem něhož bude ohnuta, je stanoven na 110 mm.

Síla v táhle T<sub>45</sub> T<sub>67</sub> = 162,5 kN

Staticky nutná plocha třmíneků:

$$A_{s,req} = \frac{1,2 \cdot 162,5 \cdot 10^3}{f_{yd}} = \frac{1,2 \cdot 162,5 \cdot 10^3}{434,8} = 448,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 628 \text{ mm}^2$$

Návrh 4 dvoustřížné třmínky Ø10 á 50 mm.

Svislá výztuž ozubu na redukovanou sílu:

$$\beta = \frac{a_c + \Delta a - 0,5 \cdot a_3}{2 \cdot d_k} = \frac{150 + 105 - 0,5 \cdot 150}{2 \cdot (300 - 41)} = 0,35$$

$$\beta \cdot A^* = 0,35 \cdot 162,5 = 56,9 \text{ kN}$$

Posouzení na příčné tahy bude provedeno po návrhu výztuže v modelu 2.

Kotvení dolní tahové výztuže 4Ø20

Tahová síla ve výztuži je 162,5 kN

$$A_{s,req} = \frac{162,5 \cdot 10^3}{434,8} = 373 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1231 \text{ mm}^2$$

2Ø28 mm jsou dovedeny do konce

2Ø28 mm jsou ukotveny ohybem u líce ozubu

základní kotevní délka:

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,reg}}{A_{s,prov}} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{373}{1231} \cdot \frac{500}{1,15} = 131,7 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{28}{4} \cdot \frac{131,7}{3,75} = 246 \text{ mm}$$

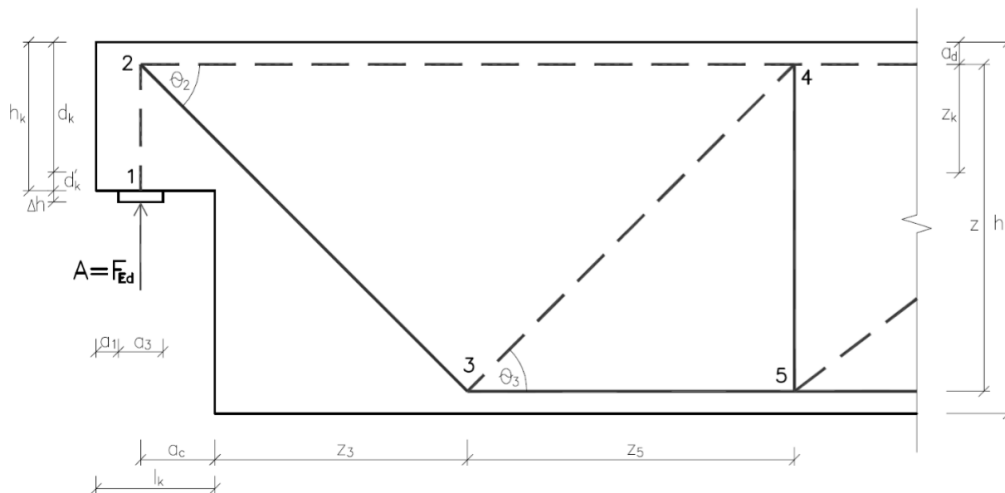
kontrola zakřivení prutu:

$$\emptyset_{m,min} \geq F_{bt} \cdot \frac{\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \emptyset}}{f_{cd}} = 81,1 \cdot 10^3 \cdot \frac{\frac{1}{49} + \frac{1}{2 \cdot 28}}{26,67} = 116 \text{ mm}$$

$$a_b = c + \emptyset tř + \frac{\emptyset}{2} = 25 + 10 + \frac{28}{2} = 49 \text{ mm}$$

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_s = 131,7 \cdot 616 = 81,1 \text{ kN}$$

2Ø28 mm kotveny ohyby o průměru 120 mm.



Obr.34 Model náhradní příhradoviny 2 [9]

Úhel šikmého prutu byl zvolen  $\theta = 45^\circ$ .

Síla v táhle  $T_{23}$ :

$$T_{23} = \frac{A^*}{\sin 45} = \frac{162,5}{\sin 45} = 229,8 \text{ kN}$$

potřebná plocha výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{229,8 \cdot 10^3}{434,8} = 529 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 628 \text{ mm}^2$$

Návrh 2Ø20 mm.

Šikmé pruty kotveny pomocí kotevní desky.

Minimální rozměr kotevní desky:

$$\frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sigma_{Rd,max}} = \frac{529}{628} \cdot \frac{314 \cdot 434,8}{19,04} = 6040 \text{ mm}^2$$

návrh desky 80.80 mm.

Návrh konstrukční svislé a vodorovné výztuže ozubu

Tlaková síla ve styčnicku  $C_{12}^1$ :

$$C_{12}^1 = \frac{A^*}{\sin \theta_{12}} = \frac{162,5}{\sin 38,9} = 258,8 \text{ kN}$$

délka vzpěry 1:

$$h = \frac{a}{\sin 42} = \frac{271,4}{\sin 42} = 406 \text{ mm}$$

šířka vzpěry ve styčnicku:

$$a = \frac{200}{\sin 42} = 298,9 \text{ mm}$$

příčná tahová síla:

$$2 \cdot F_t = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{0,7 \cdot a}{h}\right) \cdot C_{12}^1 = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{0,7 \cdot 298,9}{406}\right) \cdot 258,8 = 62,7 \text{ kN}$$

$$\uparrow F = 1,2 \cdot 62,7 \cdot \cos 42 = 55,9 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F = 1,2 \cdot 62,7 \cdot \sin 42 = 50,3 \text{ kN}$$

Tlaková síla ve styčnicku  $C_{12}^2$ :

$$C_{12}^2 = 162,5 \text{ kN}$$

přibližná délka vzpěry:

$$l = 300 - 8 = 292 \text{ mm}$$

Příčná tahová síla:

$$2 \cdot F_t = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{0,7 \cdot a}{h}\right) \cdot C_{12}^2 = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{0,7 \cdot 200}{292}\right) \cdot 162,5 = 42,3 \text{ kN}$$

Celková plocha vodorovné výztuže:  $50,3 + 42,3 = 92,6 \text{ kN}$

Potřebná plocha výztuže ozubu:

$$A_{s,req} = \frac{92,6 \cdot 10^3}{434,8} = 213 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 314 \text{ mm}^2$$

Svislou výztuž ozubu tvoří 2 dvoustřížné třmínky Ø10.

Celková plocha svislé výztuže:  $55,9 + 56,9 = 112,8 \text{ kN}$

Potřebná plocha výztuže ozubu:

$$A_{s,req} = \frac{112,8 \cdot 10^3}{434,8} = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 628 \text{ mm}^2$$

Svislou výztuž ozubu tvoří 4 dvoustřížné třmínky Ø10.

Minimální plocha výztuže pro zachycení příčných tahů  $A_s$ :

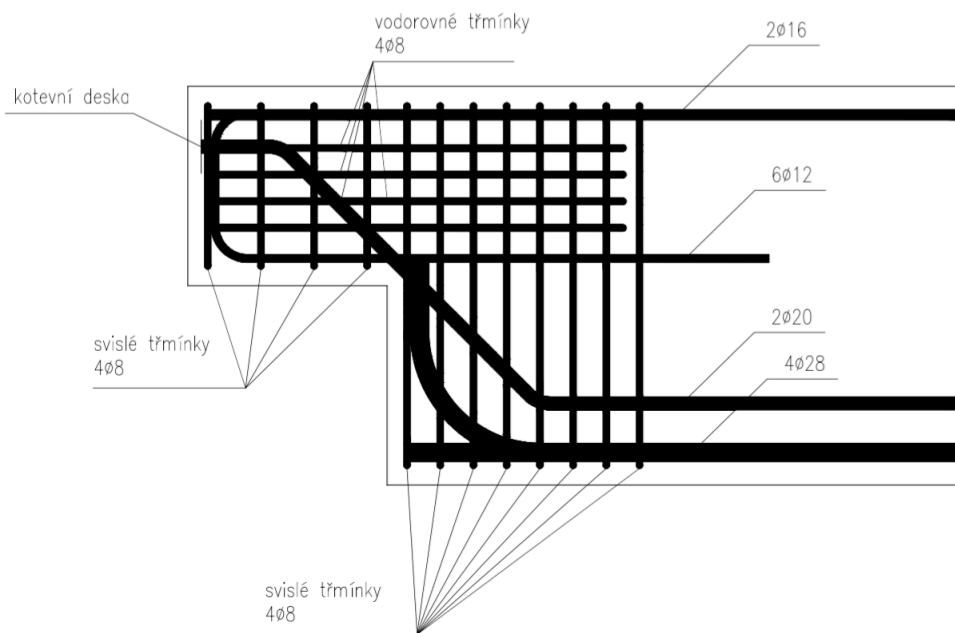
$$A_s \geq 0,003 \cdot A_c$$

$$A_s \geq 0,003 \cdot 0,3 \cdot 0,355$$

$$A_s \geq 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$$

Je navrženo 4 dvoustřížné třmínky Ø10.



Obr.35 Schéma výztuže ozubu průvlaku

## 5 Příklady porušení z praxe

Důvodů porušení prvku konstrukce je více. Jedním z nich je nevhodný návrh výztuže. Takový případ nastal také v podzemním parkovišti obchodního centra Futurum v Brně. Zde byl zvolen velký průměr nosné výztuže, což vedlo k menšímu poloměru zakřivení v místě ozubu a tím došlo i k posunutí třmínků. To mělo za následek, že místo uložení bylo nedostatečně vyztuženo a tím se betonové části usmýkly. (Obr. 35,36)

Dalším důvodem je nedodržení dostatečné krycí vrstvy oceli. Dochází ke korozi výztuže, což má za následek snížení soudržnosti, únosnosti a také životnosti konstrukce. Jako například u konstrukce vodojemu ze Severomoravského kraje (Obr. 37,38)

Příkladem kombinace nedodržení dostatečné krycí vrstvy a přesnosti uložení, je další konstrukce vodojem ze Severomoravského kraje. Jednotlivé průvlaky jsou uloženy excentricky na sloup, kde patrně ani nedošlo z jedné strany průvlaku na napojení vyčnívající výztuže z konzoly. (Obr. 39,40,41,42)



Obr.36 Parkoviště Futurum Brno 2012



Obr.37 Parkoviště Futurum Brno 2012





Obr.38 Vodojem Severomoravský kraj 2017



Obr.39 Vodojem Severomoravský kraj 2017



Obr.40 Vodojem Severomoravský kraj 2017



Obr.41 Vodojem Severomoravský kraj 2017



Obr.42 Vodojem Severomoravský kraj 2017



Obr.43 Vodojem Severomoravský kraj 2017

## Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat přehled o vývoji styků prefabrikovaných prutových železobetonových konstrukcí. Z provedené rešeršní práce se ukazuje:

- Od počátku prefabrikace betonových konstrukcí byla navržena velká řada styků nosných prutových prvků (sloup, průvlak), kterými se zajišťuje tuhost konstrukcí obdobně jako u konstrukcí monolitických.
- Rozvoj prefabrikace betonových konstrukcí se stále rozvíjí především do průmyslových halových konstrukcí oproti monolitickým konstrukcím.

V uvedených příkladech statických výpočtů (krátká konzola, ozubový styk prefabrikovaného průvlaku) se též ukazují nové možnosti výstižného návrhu a posouzení nosné výztuže při využití výpočetní techniky.

Jedním z důvodů vývoje jednotlivých prvků konstrukce a jejich styčníků, byla ekonomická stránka. Ta měla vliv jak na stavební dostupnost mechanizace tak na úsporu materiálů.

Dalším faktorem vývoje je vývoj v oblasti materiálů, kdy dnes betony a betonářská výztuž má vyšší hodnoty únosnosti v tlaku i tahu. To vede k prodlužování délek prvků. Tím klesá počet styků prováděných na stavbě, čímž se stavba značně urychlí. V dnešní době je také dostupnější zvedací technika, která je schopna tyto prvky zvedat. Dříve nemohla být na stavbách použita, ať už z finančních důvodů nebo jednoduše nebyla k dispozici.

V počátcích se prováděla výroba prefabrikátů přímo na stavbě. Na jednotlivé prvky působily nestejně vlivy počasí, nedodržovala se tolik technologická kázeň, a to vedlo k odlišným, nekvalitním prvkům konstrukce. Významný pokrok udělala samotná výroba prefabrikátů, která se přestěhovala do továren. Ty jsou dnes schopny zajistit kvalitu jednotlivých prvků a jejich geometrické rozměry, což vede k usnadnění montáže.

V rámci praxe jsou přiloženy získané příklady porušení styků. Viz kapitola 5.

## Použitá literatura

- [1] HÁJEK, Petr. Význam betonu a betonových konstrukcí z hlediska kritérií udržitelné výstavby. *Časopis stavebnictví*. 2007, **1**(11-12), 31.
- [2] GRAMBLIČKA, Štefan. Vystužovanie monolitických železobetonových nosných konštrukcií. *Časopis stavebnictví*. 2011, **5**(06-07), 44-49.
- [3] WITZANY, Jiří. *Konstrukce pozemních staveb 70: prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02656-6.
- [4] ČAPEK, Miroslav. *Montované betonové skeletové konstrukce*. 1. Praha: Nakladatelství technické literatury 1976.
- [5] Short History of Concrete. *McGill* [online]. Montreal: McGill University, c2017 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpk/abc-structures-2005/concrete/history-of-concrete\\_files/concrete.html](http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpk/abc-structures-2005/concrete/history-of-concrete_files/concrete.html)
- [6] HÁJEK, Petr. *Konstrukce pozemních staveb – komplexní přehled* [online]. Praha, 2011 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/KPKP/Hajek\\_Fiala\\_KPKP\\_skripta.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/KPKP/Hajek_Fiala_KPKP_skripta.pdf)
- [7] LORENCOVÁ, Jaroslava. *Střední škola stavební v Jihlavě* [online]. Střední škola stavební v Jihlavě, [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: [http://195.113.227.100/ssstavji/Lorencova/2014-2015/4.rocnik\\_pozemni%20stavitelstvi/KONSTRUKCNI%20SYSTEMY%20-SKELETY.pdf](http://195.113.227.100/ssstavji/Lorencova/2014-2015/4.rocnik_pozemni%20stavitelstvi/KONSTRUKCNI%20SYSTEMY%20-SKELETY.pdf)
- [8] HRUBAN, Konrád. *Betonové konstrukce*. Praha: Nakladatelství československé akademie věd, 1959.
- [9] SEMRÁD, Karel. Řešené příklady betonových konstrukcí pomocí příhradové analogie. *Fakulta stavební ČVUT v Praze* [online]. Fsv ČVUT v Praze c2016 [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: [http://concrete.fsv.cvut.cz/pomucky/down/Resene\\_prikklady\\_BK\\_pomoci\\_prihradove\\_analogie.pdf](http://concrete.fsv.cvut.cz/pomucky/down/Resene_prikklady_BK_pomoci_prihradove_analogie.pdf)
- [10] ŠMEJKAL, Jiří. Navrhování konzol s použitím modelů náhradní příhradoviny. *Beton TKS*. 2009, **9**(6), 48-53