

Betonové konstrukce II/1

Železobetonové základy

Druhy základových konstrukcí

Plošné základy

- Základové patky – pod každý sloup jedna patka
- Základové pasy – pod stěnu
- Základové pasy pod řadu sloupů – spíše výjimečně
- Základové rošty pod rastr sloupů – zcela výjimečně
- Základové desky

Hlubinné základy

- Železobetonové vrtané piloty
- Ražené nebo předražené piloty
- Mikropiloty
- Trysková injektáž
- Studny a kesony

Klasifikační systém základových půd

ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum

Druhy základových půd

- F – zeminy jemnozrnné soudržné – hlíny a jíly
- S – zeminy písčité (zrna 0,060 až 2 mm)
- G – zeminy štěrkovité (zrna 2 až 60 mm)
- R – skalní a poloskalní horniny

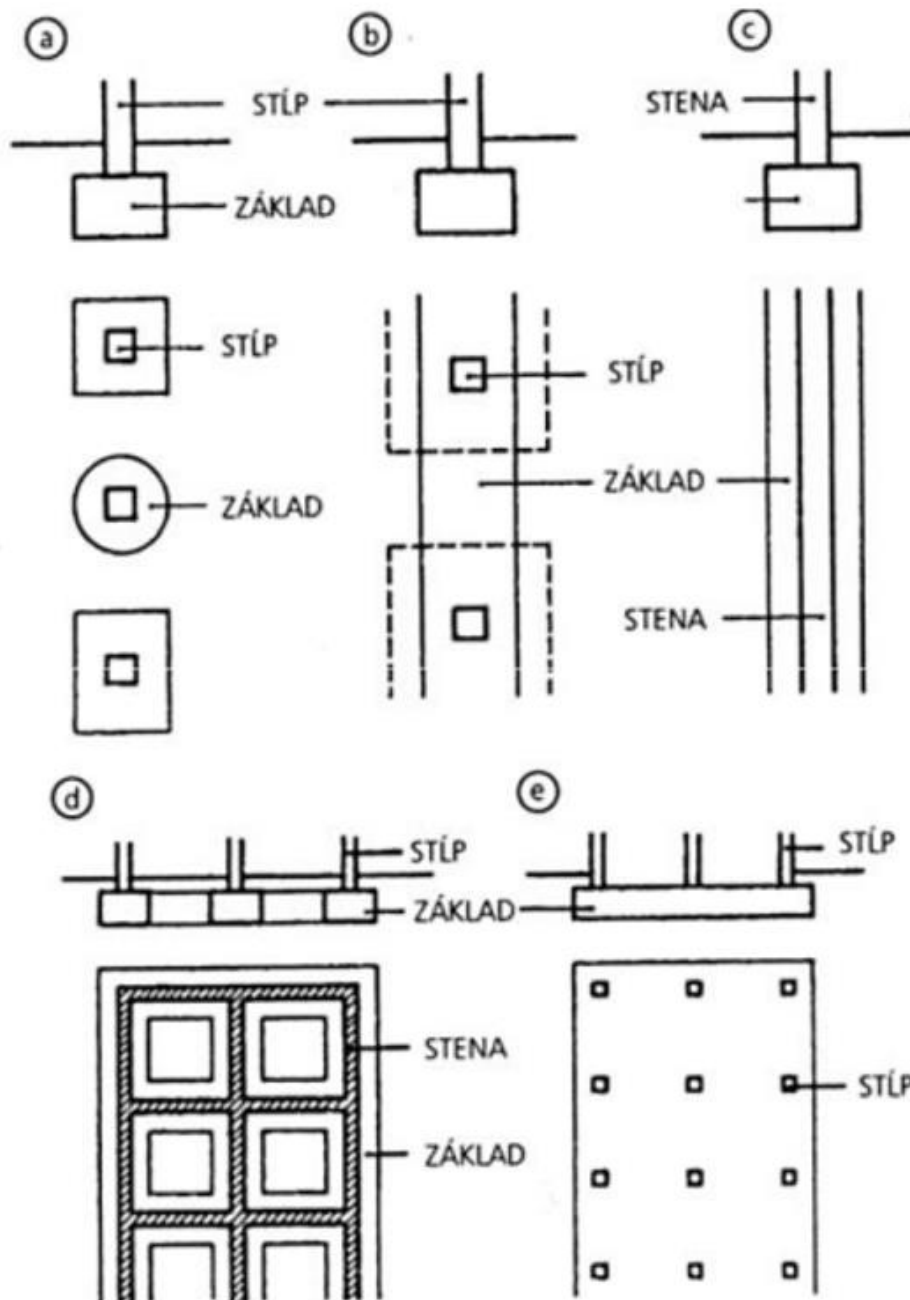
Plošné základy

- V dobrých základových podmínkách
 - Na skalních a poloskalních horninách
 - Na nesoudržných základových půdách (štěrk, písek) alespoň středně ulehlých
 - Na soudržných zeminách (hlína, jíl) alespoň tuhé konzistence
- Na kyprých nesoudržných (S, G) zeminách se bez úprav plošně zakládat nedá!
- Na měkkých soudržných (F) zeminách se bez úprav plošně zakládat nedá!
- Cena 1 m³ betonu v patce i v pilotě je v ČR zhruba stejná
- Cenově výhodnější je ten způsob založení (patka, pilota) který má menší spotřebu betonu
- Pokud vyjde patka pod sloupem velká, nahradíme ji pilotou

Hloubka založení plošných základů

- **Nezámrzná hloubka**
 - Stanoví geolog v rámci IGP
 - **Minimálně 800 mm pod úrovní upraveného terénu**
 - Minimálně 1 200 mm při podzemní vodě do 2 m pod povrchem
 - Na prokazatelně **nenamrzavých horninách** lze snížit na 500 mm
- **Při zakládání na objemově nestálých základových půdách**
 - Soudržné zeminy F7 a F8 (jíly s velmi vysokou plasticitou) minimálně 1 600 mm pod úrovní upraveného terénu

Druhy plošných základů



- a – patky pod sloupy
- b – pas pod sloupy
- c – pas pod stěnou
- d – rošt pod sloupy
- e – deska pod sloupy

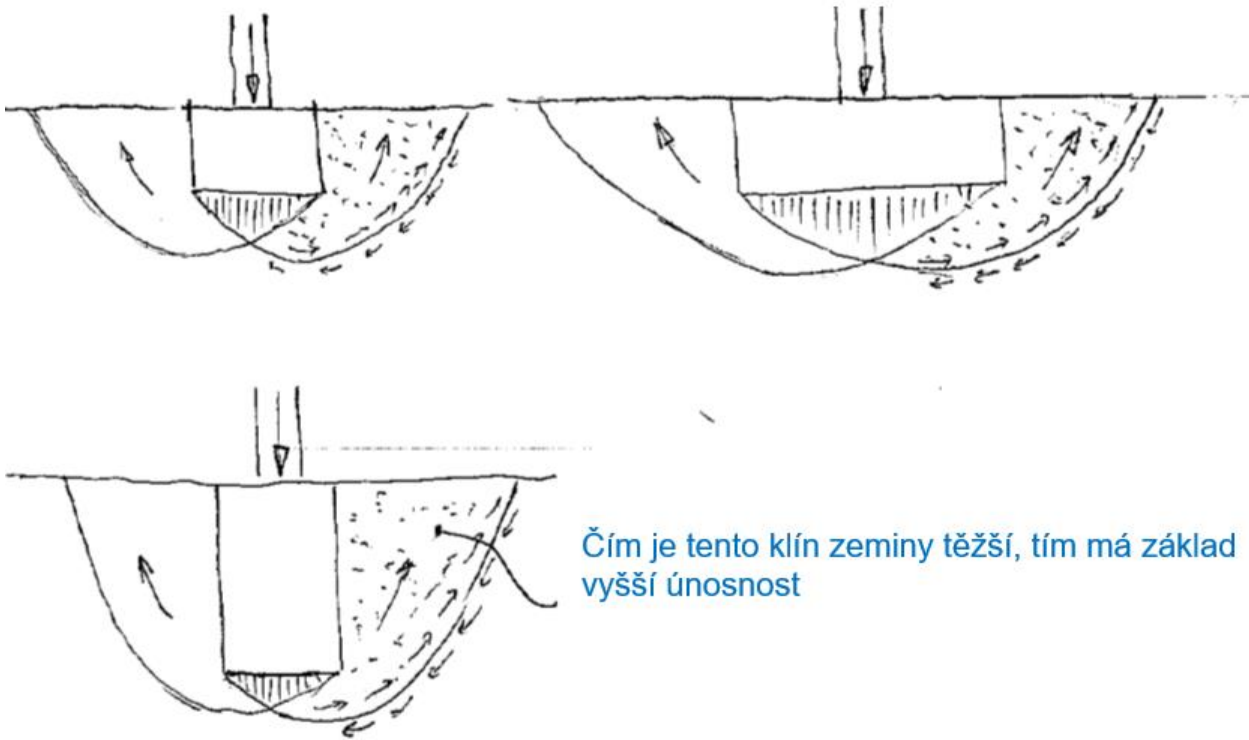
Únosnost plošného základu

- **Vnější únosnost** – **souvisí s únosností základové půdy**
 1. MS – únosnost základové půdy (odolnost proti zaboření základu)
 2. MS – sedání základové půdy

Problémy vnější únosnosti základů řeší **geotechnika** -
byly probrány v předmětu Stavební geologie a geotechnika
– viz přednášky SG 9 a SG 10 - zde jsou pouze částečně zopakovány
- **Vnitřní únosnost** – **souvisí s únosností vlastní železobetonové konstrukce základu**
 - Základ je obecně nutno posoudit na tlak, ohyb, smyk a protlačení
 - Problémy vnitřní únosnosti základu řeší betonové stavitelství
 - Problémy vnější a vnitřní únosnosti spolu vzájemně souvisejí a je nutno je **řešit ve vzájemné interakci**

Vnější únosnost plošného základu závisí na:

- Na druhu základové půdy – především na smykové pevnosti zeminy
- Na šířce a tvaru základové spáry $\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi$
- Na hloubce založení
- Na úrovni hladiny podzemní vody

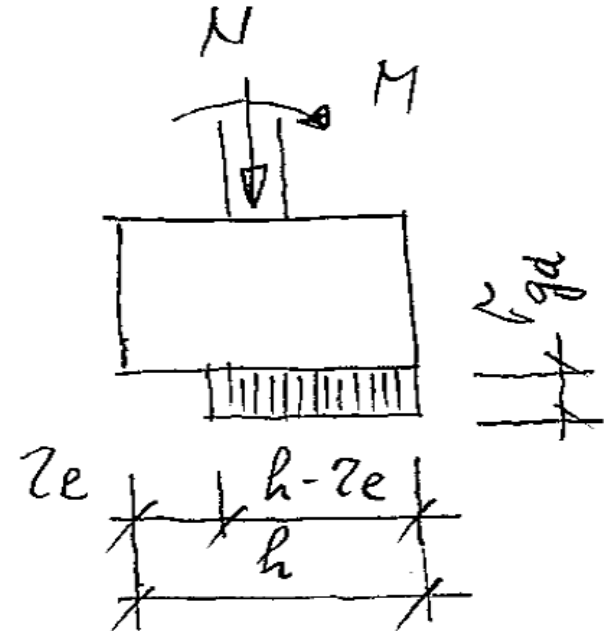


Vnější únosnost patky - základová půda pod patkou

- Základová patka je zpravidla zatížena kombinací N a M
(excentrickým tlakem s excentricitou $e = \frac{M}{N}$)
- Uvažujeme s rovnoměrně rozloženým napětím v základové spáře na efektivní ploše půdorysu základu $A_{eff} = b \cdot (h - 2e)$
- Napětí v základové spáře se pak stanoví jako:

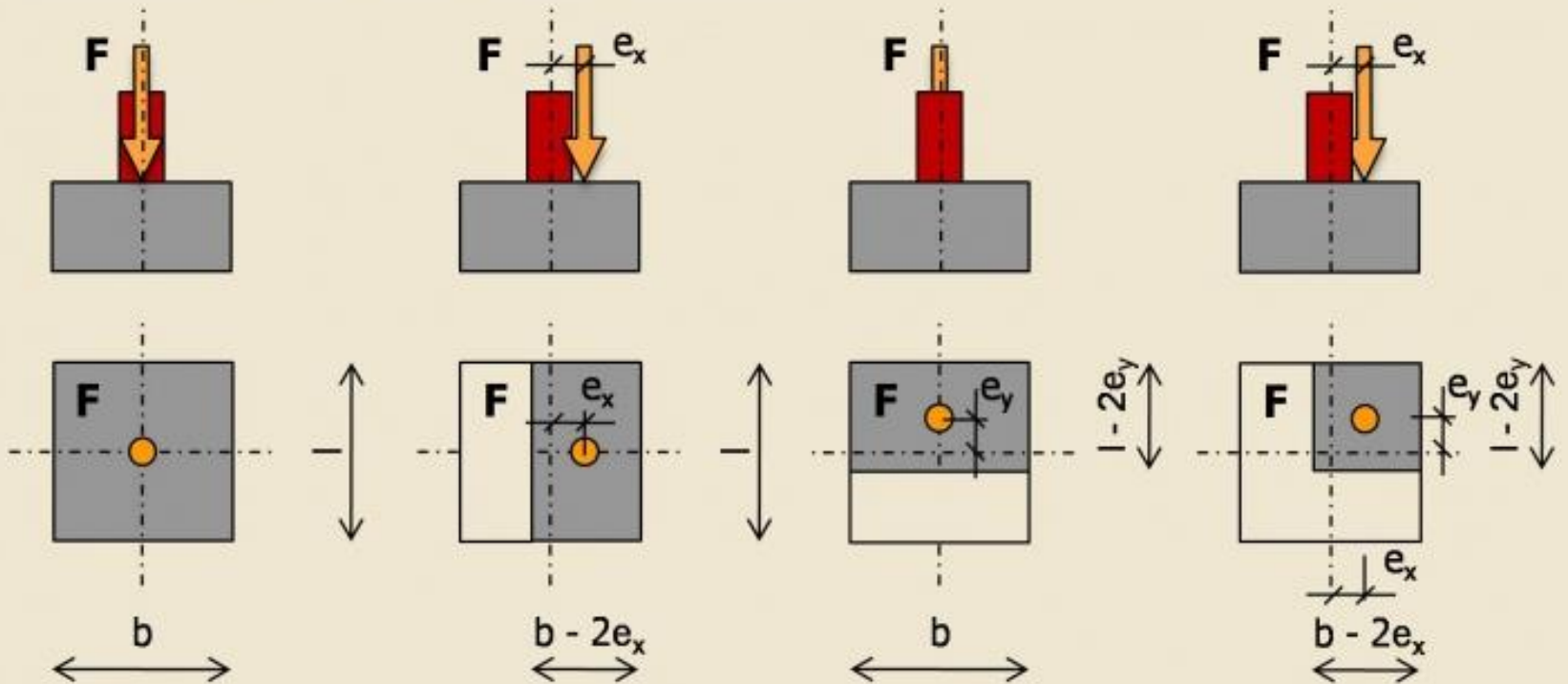
$$\sigma_{gd,max} = \frac{N}{b \cdot (h - 2 \cdot e)} \leq q_{dt}$$

- Takto vypočtené napětí nesmí překročit únosnost základové půdy q_{dt}
- Pro excentricitu zatížení musí platit $e \leq \frac{h}{3}$



Určení efektivní plochy patky při různé poloze výslednice zatížení

■ určení efektivní plochy plošného základu



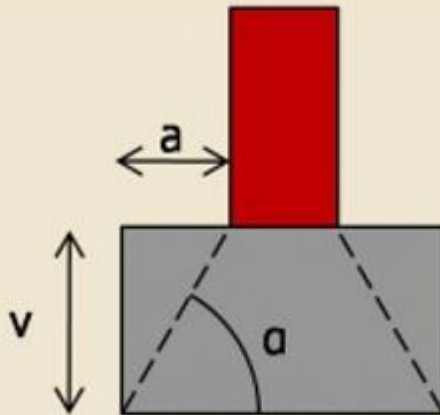
Vnitřní únosnost základové patky

- Patka z prostého betonu vyhoví z hlediska rozlomení, pokud:

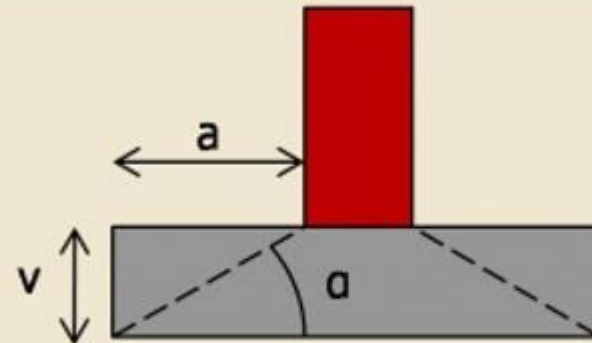
$$v \geq 1,176 \cdot a \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_{gd}}{f_{ctd}}} \quad \text{bezpečně lze uvažovat} \quad v \geq 2 \cdot a$$

kde σ_{gd} je kontaktní napětí v základové spáře

- Patka ze železobetonu – odolnost zajistí výztuž patky



Proporce základu z prostého betonu



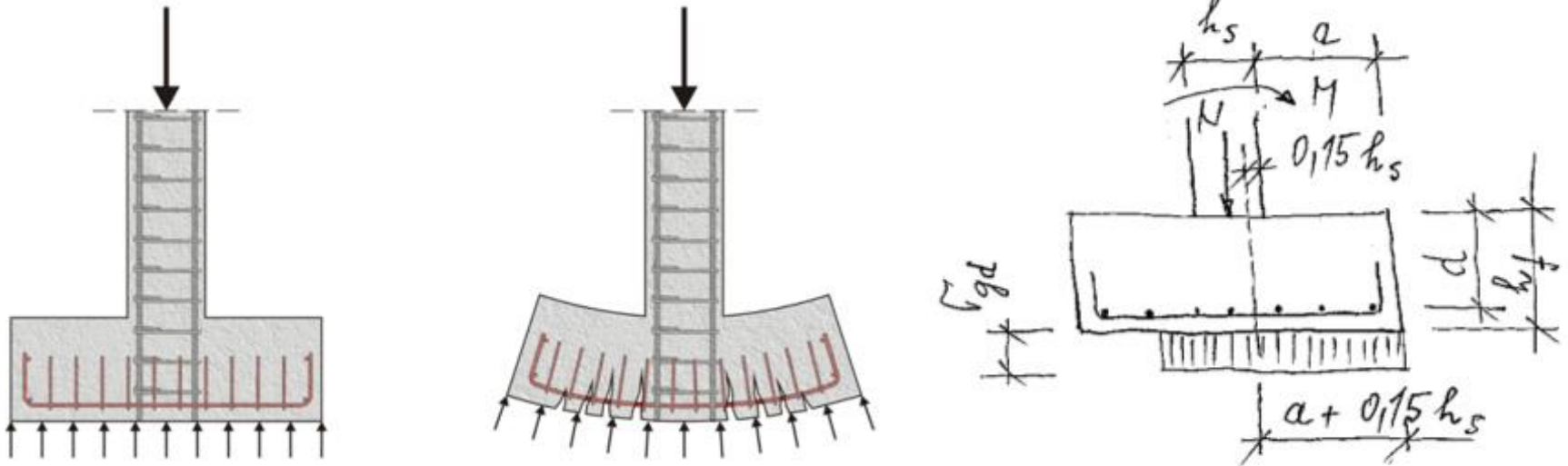
Proporce základu ze železobetonu

$$\alpha \geq 63,5^\circ$$

Železobetonová patka (vnitřní únosnost patky)

– nutno posoudit ohyb patky a protlačení sloupu patkou

- Posouzení na ohyb – patka se nesmí rozlomit
zde pouze orientačně, bude probráno v předmětu BK1



- Výztuž při spodním povrchu patky dimenzujeme na moment

$$M_{Ed} = 0,5 \cdot \sigma_{gd} \cdot b \cdot (a + 0,15 \cdot h_s)^2$$

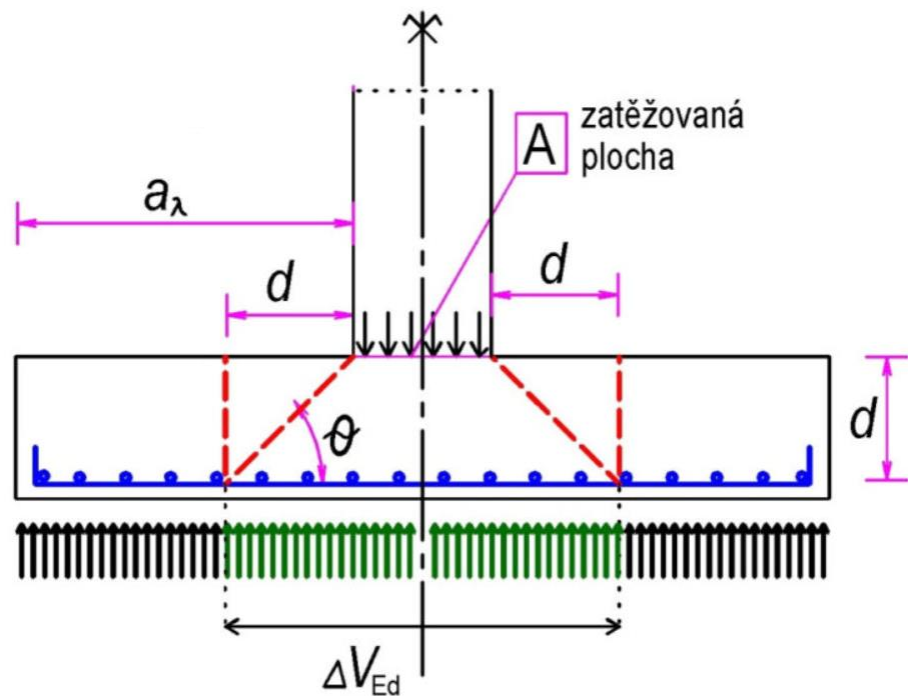
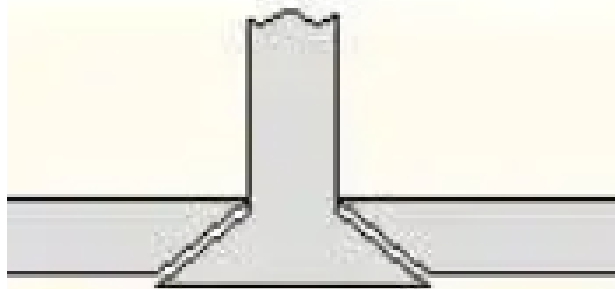
popřípadě

$$M_{Ed} = 0,5 \cdot \sigma_{gd} \cdot b \cdot (1,176 \cdot a)^2$$

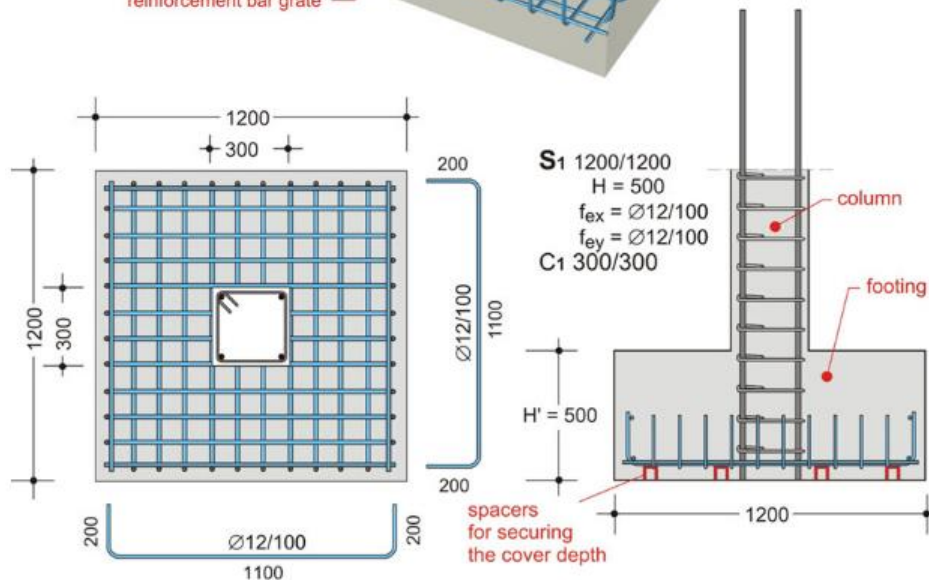
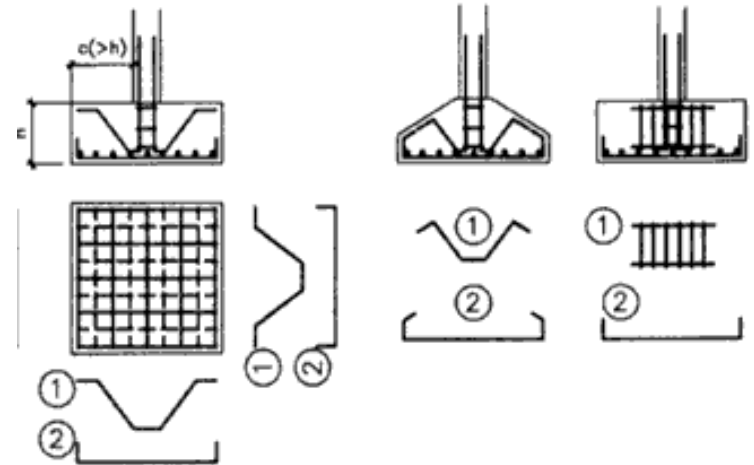
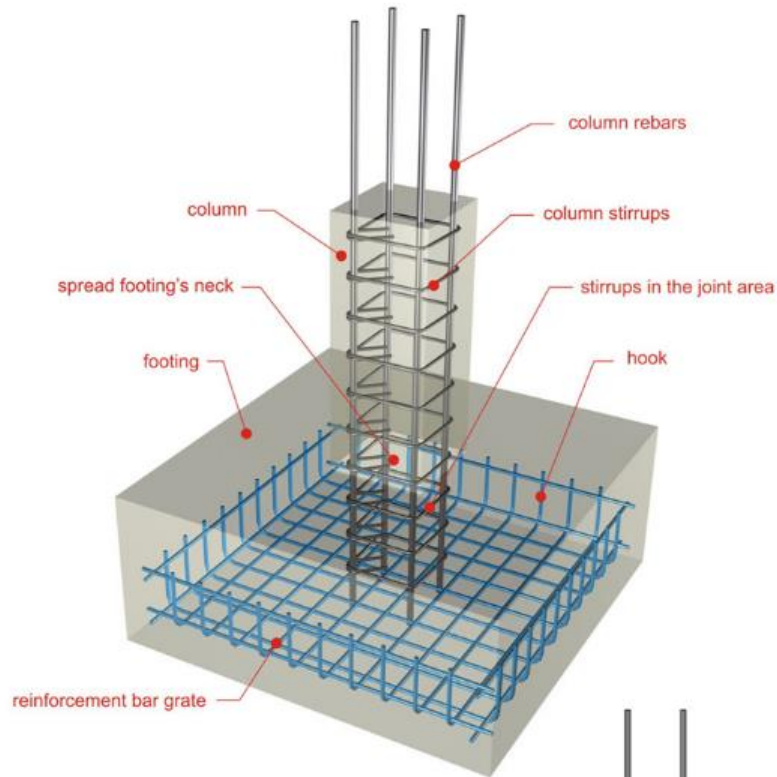
Vnitřní únosnost železobetonové patky

Protlačení sloupu patkou - sloup se nesmí protlačit patkou

- Řeší se podobně jako protlačení stropní deskou – viz BK I/9
- Odečítá se napětí v kontrolované ploše pod sloupem
- První kontrolovaný obvod **už ve vzdálenosti $0,5d$ od sloupu**
- Pro kontrolované obvody $0,5d \leq a < 2d$ se smyková pevnost betonu zvětší poměrem $(2d/a)$



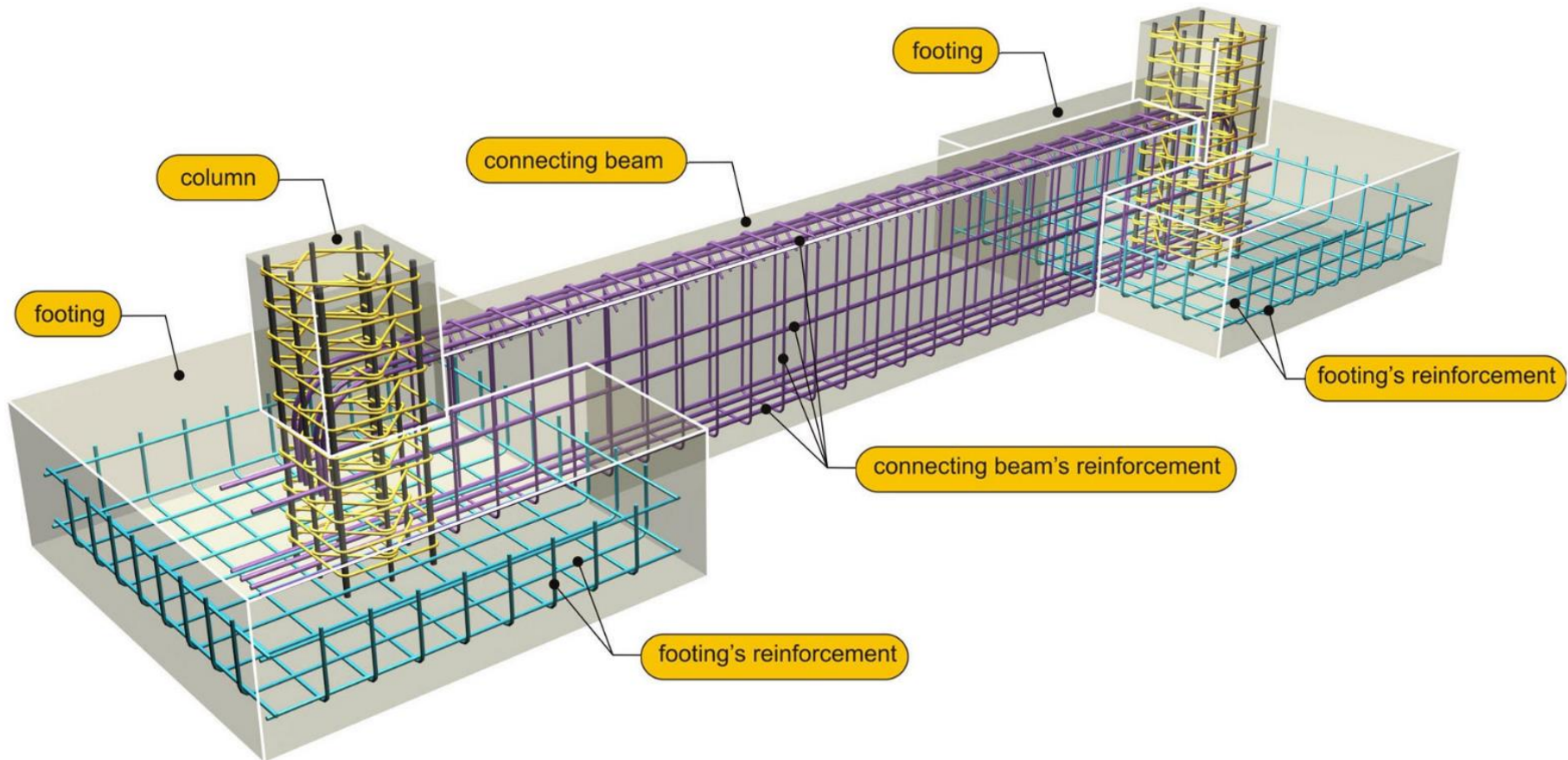
Vyztužení základové patky pro monolit. sloup



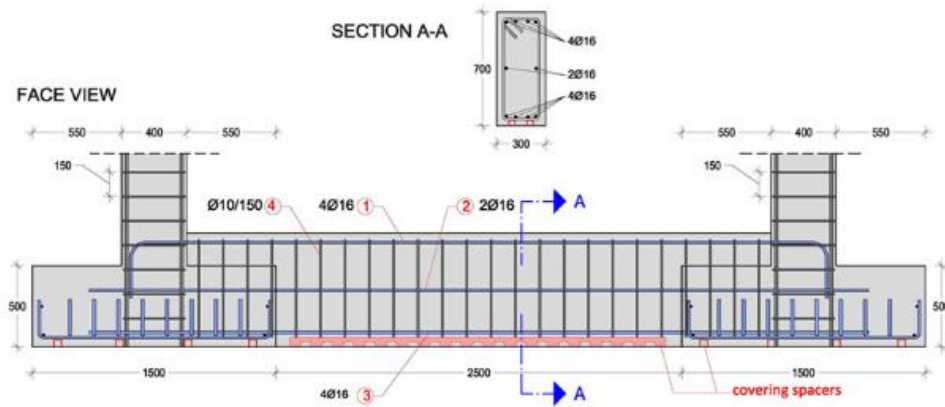
Výztuž proti protlačení

- Vysoká patka vyhoví bez smykové výztuže
- Nízká patka musí mít smykovou výztuž

Základové patky propojené základovým prahem

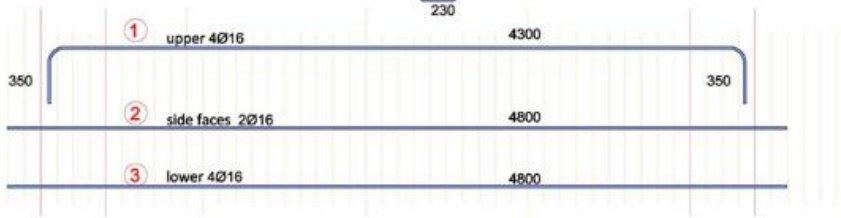
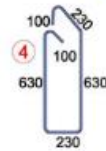


Základové patky a základový práh - příklad vyztužení



REINFORCEMENT DETAILING

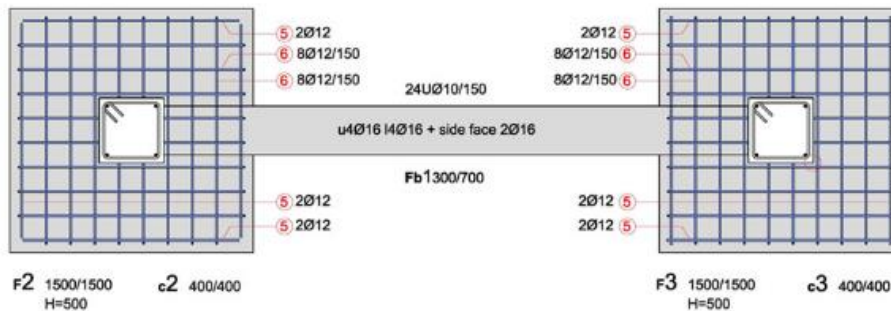
connecting beams



Footings

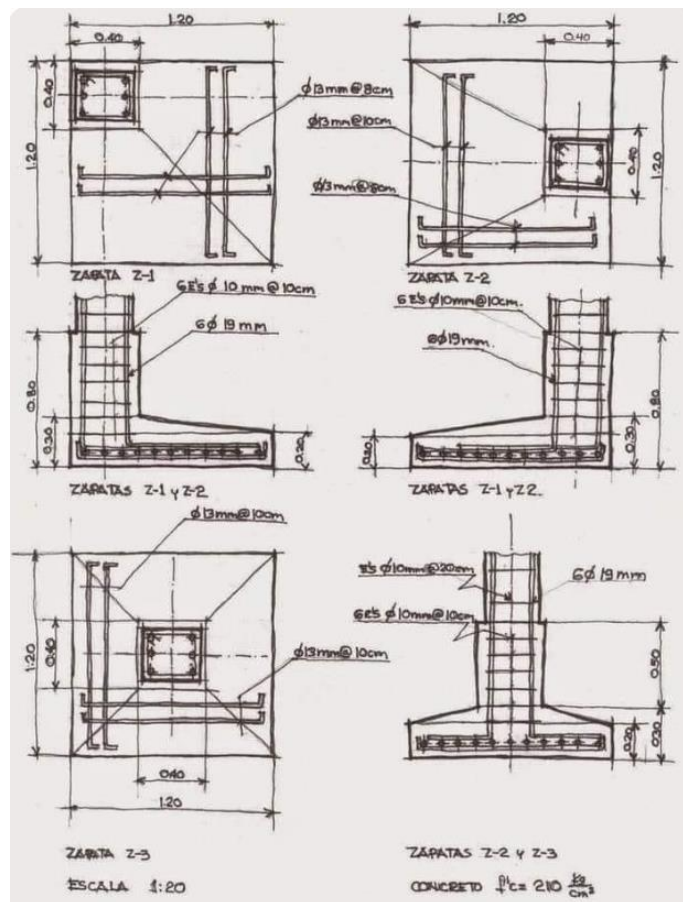
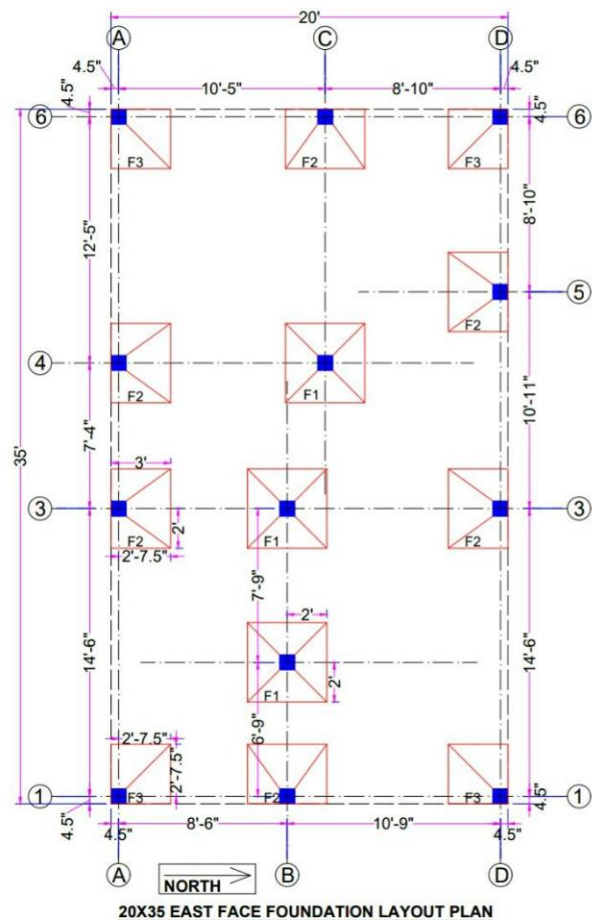


PLAN VIEW



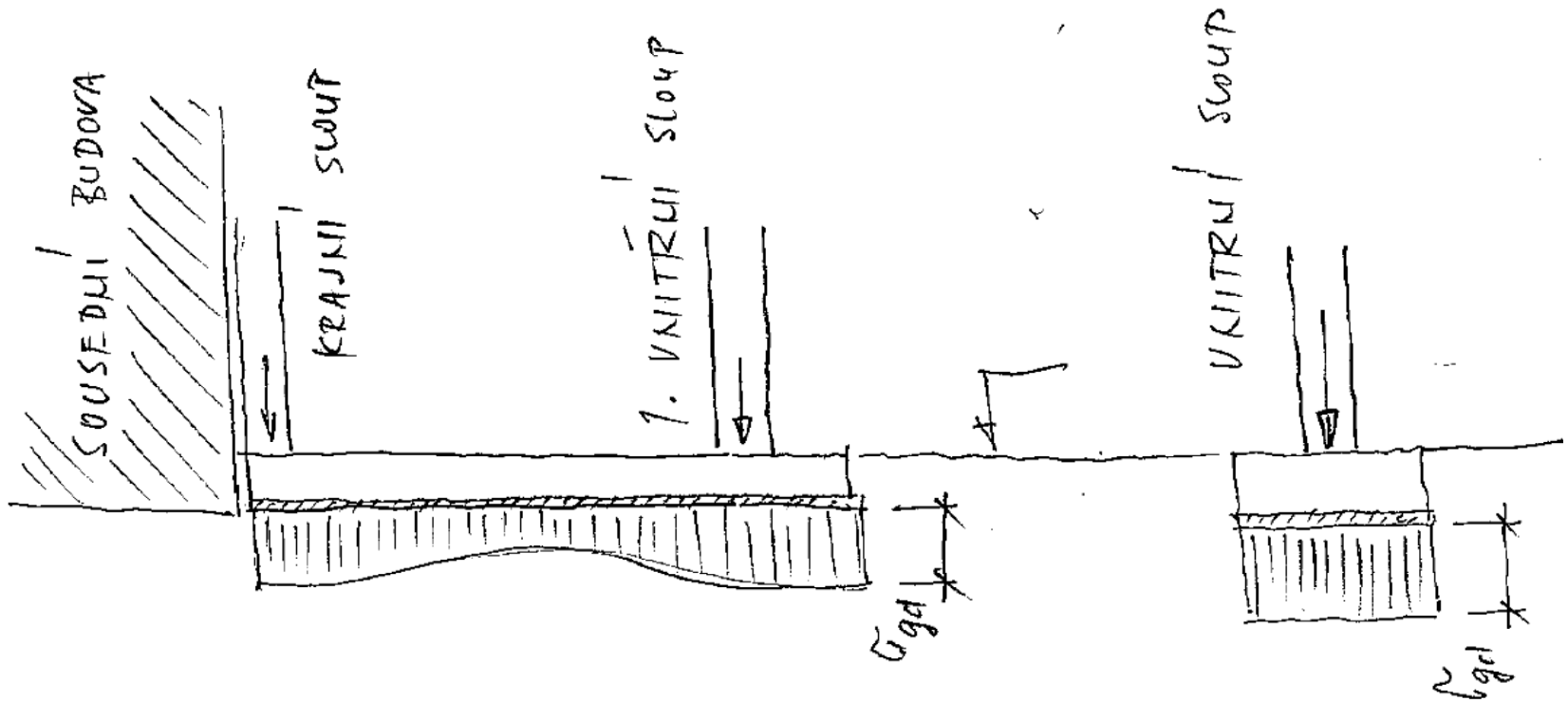
Excentricky osazená patka krajního nebo rohového sloupu

- Sloup musí být s patkou ohybově tuze spojen
- Málo používané řešení, vnáší do konstrukce ohybové momenty vyvolané excentricky působící výslednicí napětí v základové spáře vůči střednici sloupu
- Sloup i navazující prvky musí být na tyto momenty navrženy
- Řeší se častěji propojením krajního sloupu se sousedním sloupem základovým pasem



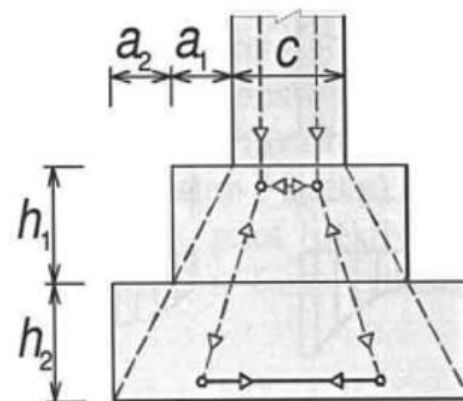
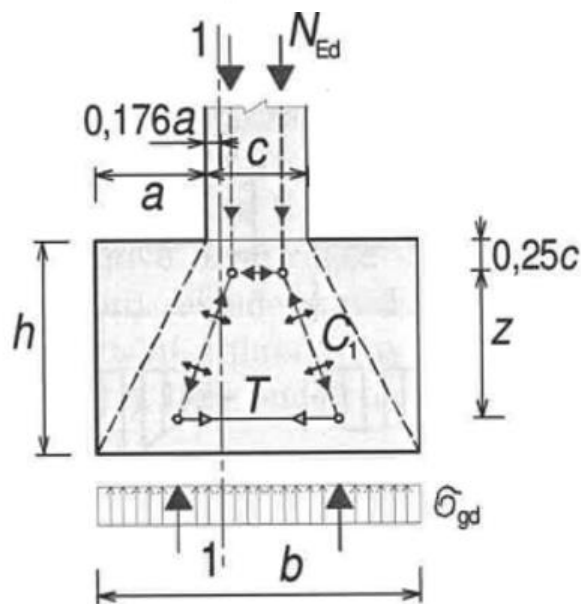
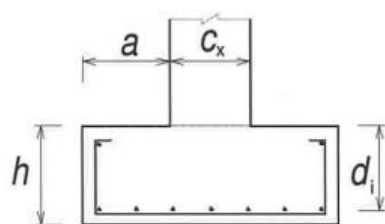
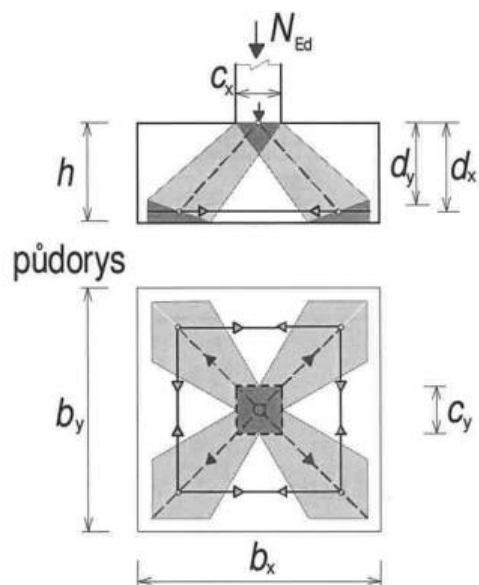
Základový pas pod krajní sloup

- Nejčastější použití základového pasu pod sloupy je na okraji budovy kdy krajní sloup stojí na konci pasu
- Rozložení napětí po délce pasu závisí na poměru tuhosti základu a vrchní stavby



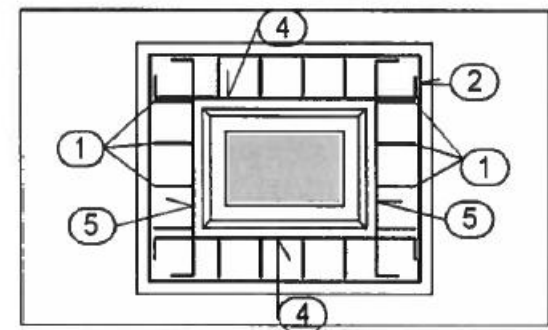
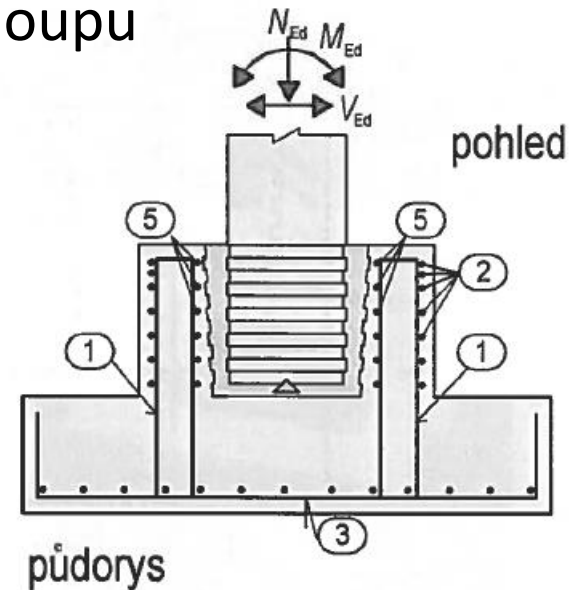
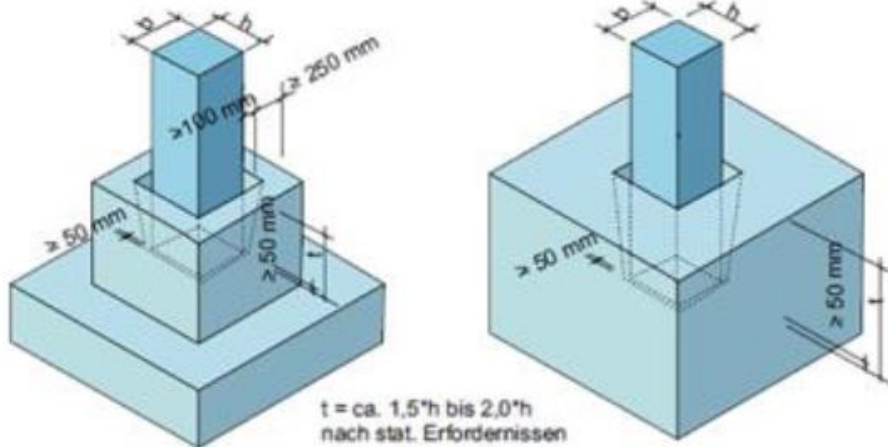
Vysoké a silně zatížené patky se z hlediska vnitřní únosnosti detailně dimenzují pomocí příhradových analogií

strut and tie model – viz BK I/11



Zakládání prefabrikovaných sloupů

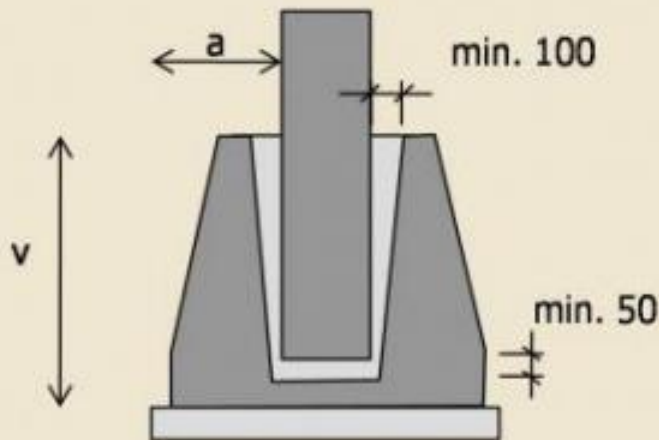
- Základové patky s kalichem pro kotvení sloupu
- Hloubka kalicha min. 1,5 x větší rozměr průřezu sloupu



Příklady prefabrikovaných patek

2.1.3.3. Prefabrikované patky

- obvykle u montovaných skeletových konstrukcí
- vždy vyztužené
- rozměry jako patky monolitické
- na prefabrikované podkladní dílce nebo na monolitickou roznášecí desku tl. 100 -150 mm
- jako patka plná nebo kalichová



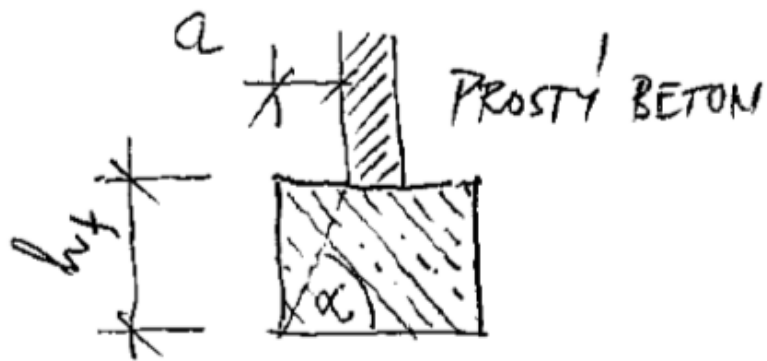
Prefamolitická patka
s kalichem
pro vetknutí sloupu

Monolitická patka
+ prefabrikovaný kalich



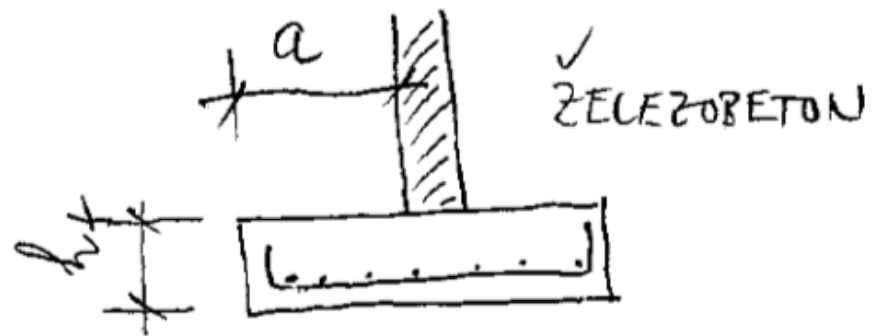
Základový pas pod stěnou (zděnou, nebo betonovou)

- Řeší se stejně, jako základová patka
- Pas může být z prostého betonu, nebo ze železobetonu
- Pas pod stěnou je namáhán pouze v příčném směru



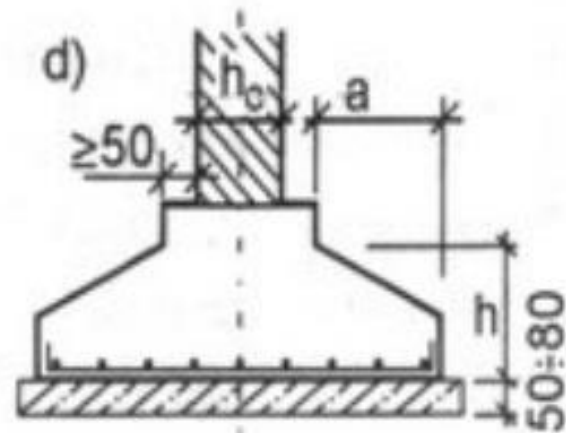
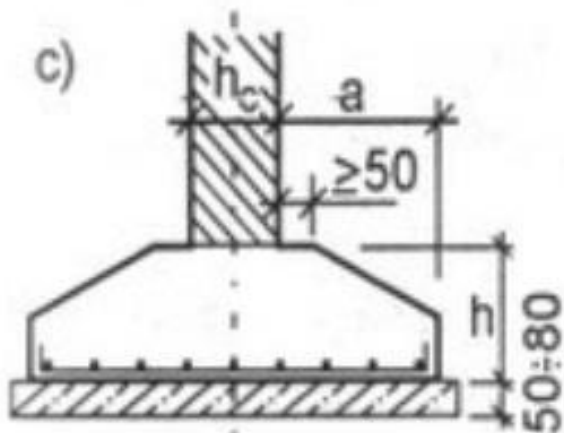
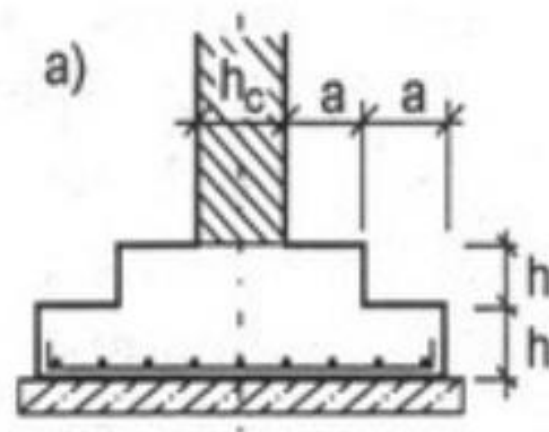
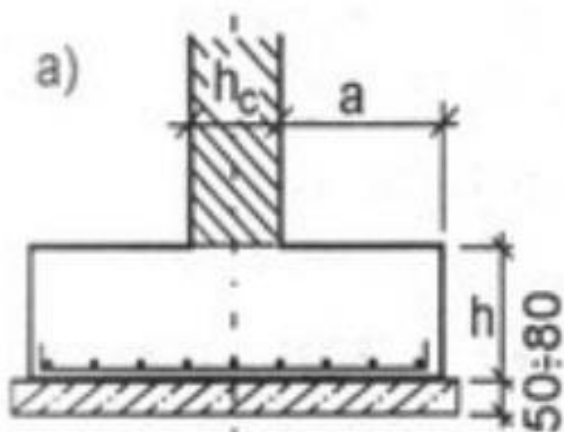
$$\alpha \geq 63,5^\circ$$

$$h_f \geq 2a$$



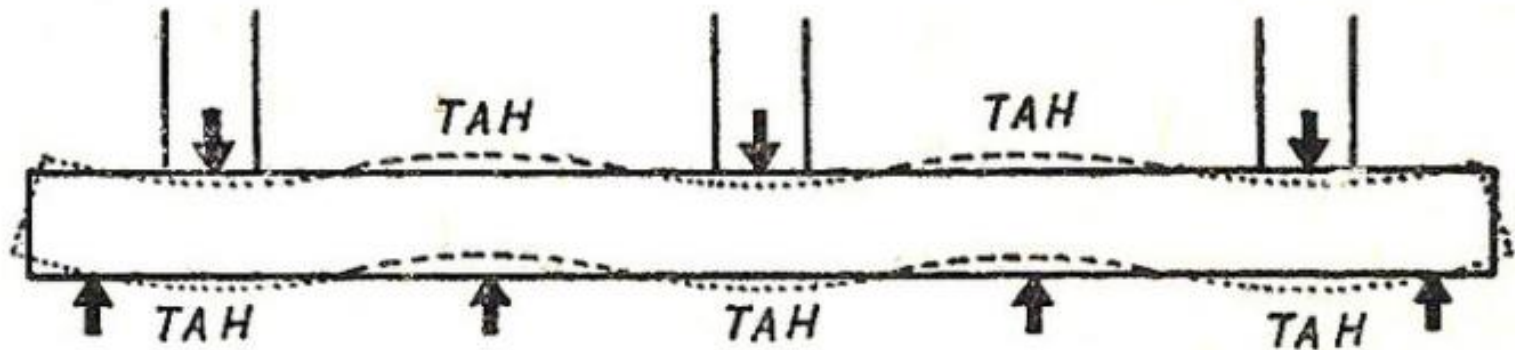
běžně $h_f < a$

Různé průřezy železobetonových základových pasů



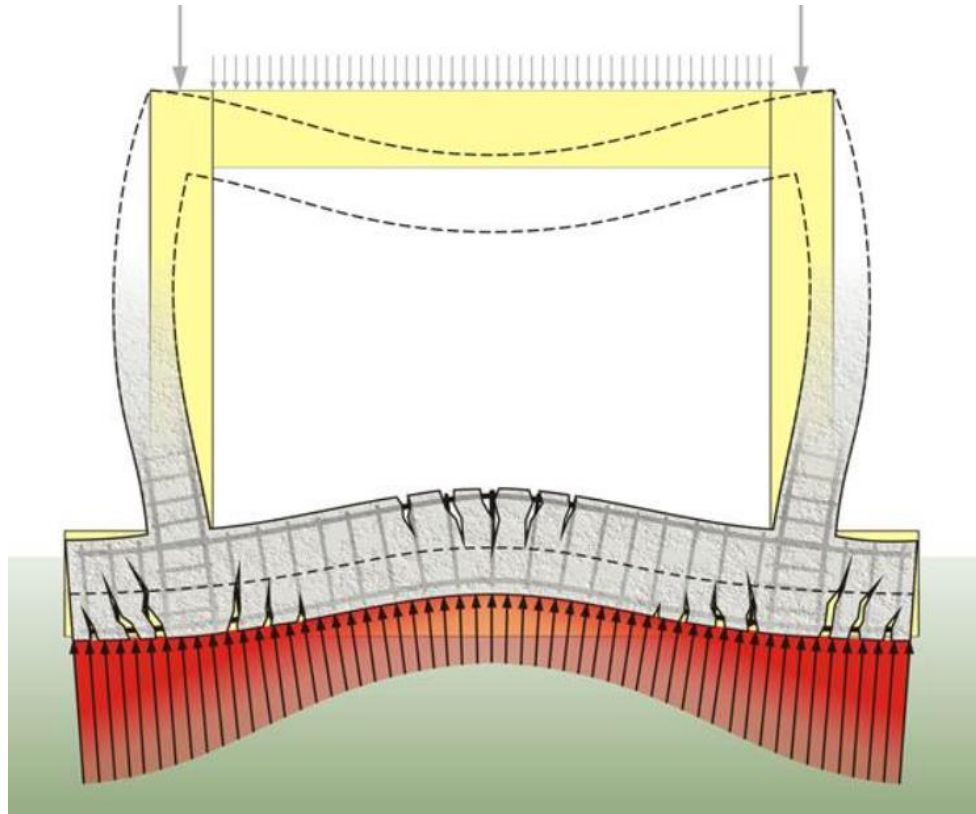
Základový pas pod sloupy

- Používá se spíše zřídka
- V případě, že vyjde patka příliš velká, je ekonomičtější založení na pilotách (místo na pasech)
- Vždy by měl být železobetonový
- Pas pod sloupy je namáhán jak v příčném, tak v podélném směru



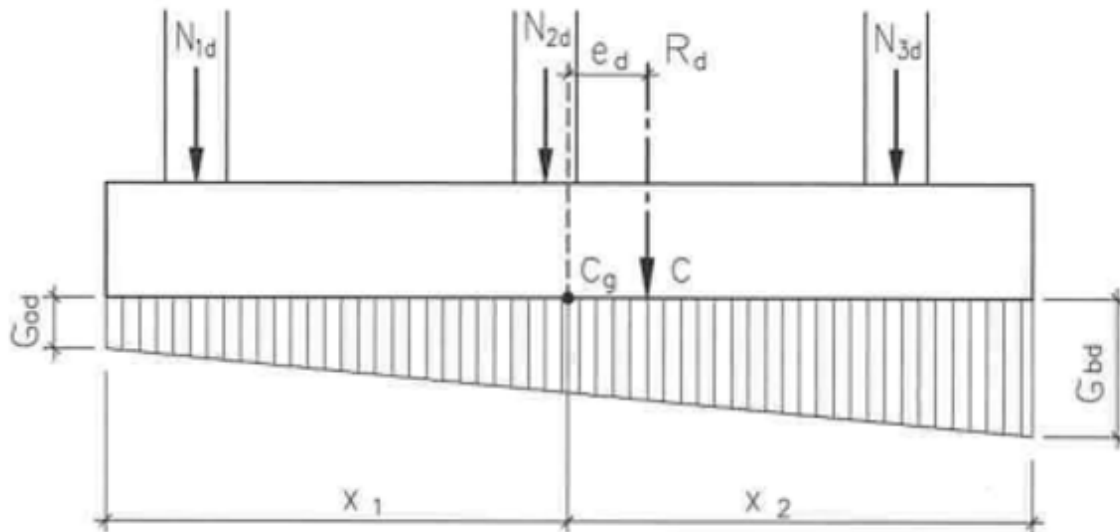
Základový pas pod sloupy

- Základový pas je zdola nahoru zatížen reakcí zeminy v základové spáře – zatížení je velké – běžně 300 – 400 kN/m
- Proto bývá velmi silně vyztužený – neekonomické
- Výhodnější bývá založení sloupů na patkách, nebo pilotách



Vysoký – tuhý (nedeformovatelný) základový pas

- Lze uvažovat lineární průběh napětí po délce pasu
- Ohybové momenty a posouvající síly se stanoví jako na prostém nosníku zatíženém shora sílami ve sloupech a zdola kontaktním napětím v základové spáře



$R_d = N_{1d} + N_{2d} + N_{3d}$
je výslednice všech sil

$$\sigma_{a,b} = \frac{R_d}{L \cdot B} \left(1 \mp \frac{6 \cdot e_d}{L} \right)$$

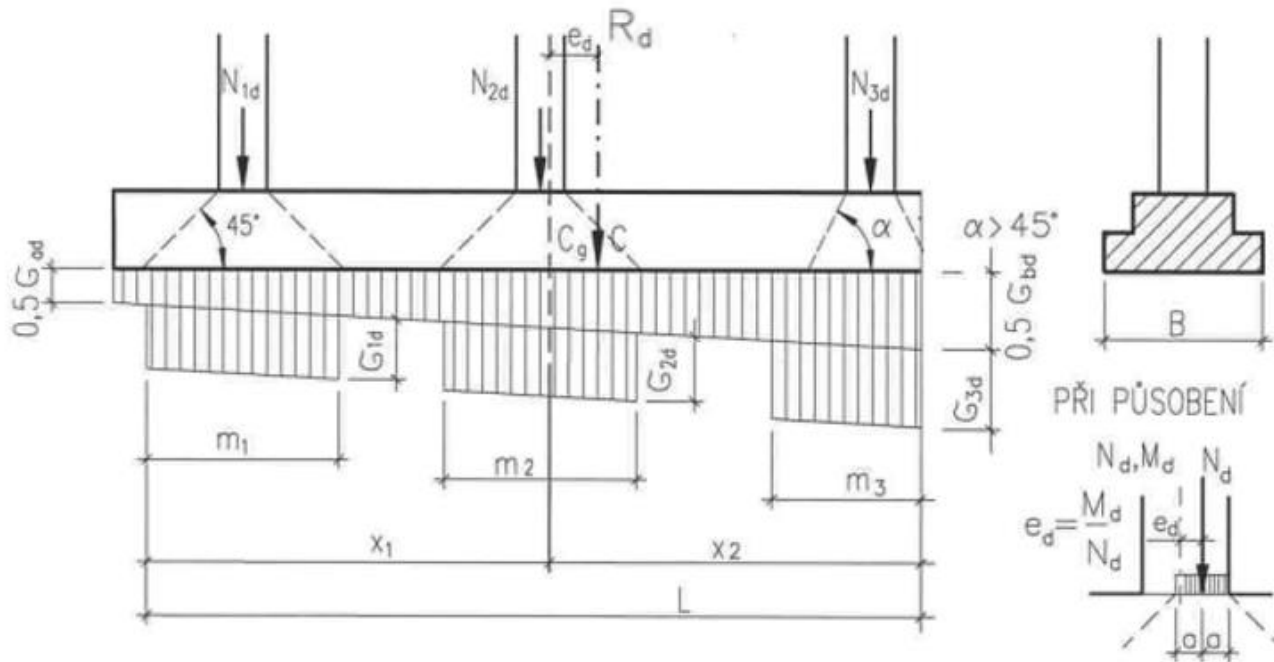
$\sigma_{a,b}$ jsou napětí v základové spáře

$$L = x_1 + x_2$$

B je šířka pasu

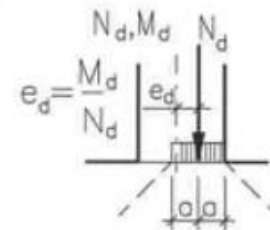
Nízký – měkký základ pod tuhou vrchní stavbou

- Část zatížení se přenáší přímo do základové půdy pod sloupem
- Přibližně lze uvažovat přenos poloviny zatížení do celého pasu a druhé poloviny zatížení pod sloupy s roznosem pod úhlem 45° přes výšku pasu
- Ohybové momenty a posouvající síly se stanoví jako na spojitém nosníku, podepřeném podporami v místě sloupů



$R_d = N_{1d} + N_{2d} + N_{3d}$
je výslednice všech sil

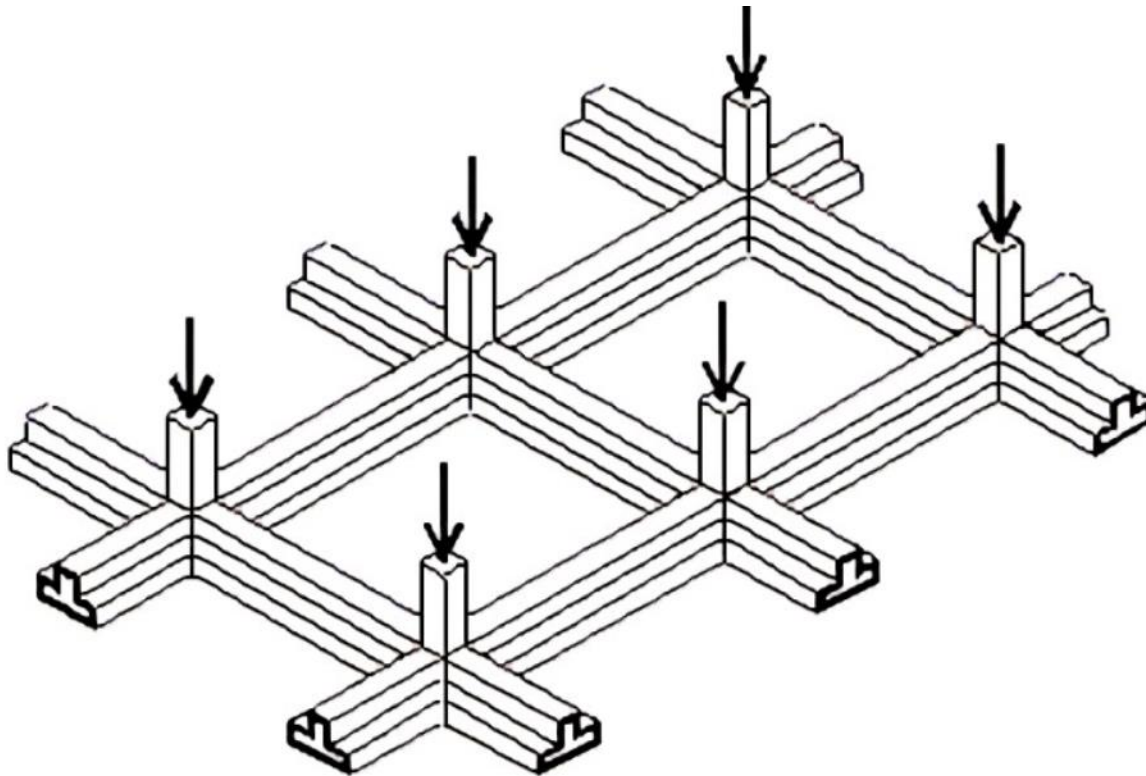
PŘI PŮSOBNÍ



$$\sigma_{a,b} = \frac{R_d}{L \cdot b} \left(1 \mp \frac{6 \cdot e_d}{L} \right) \quad \sigma_{id} = \frac{1 \cdot N_{i,d}}{2 \cdot m_i \cdot B}$$

Základový rošt pod sloupy

- Vzájemně kolmé pasy, křížící se pod sloupy
- Používal se dříve při nedostatečné únosnosti základové půdy
- V současné době se používá výjimečně, nahrazuje se pilotami pod sloupy (levnější řešení)

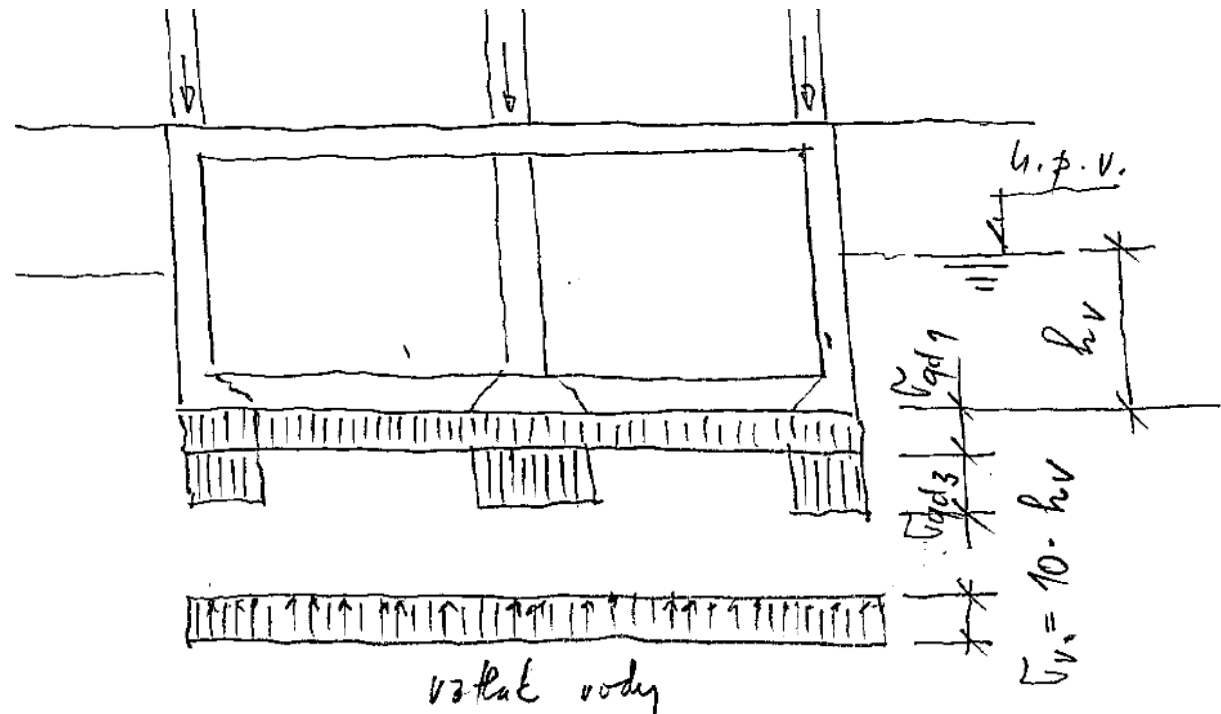


Základová deska

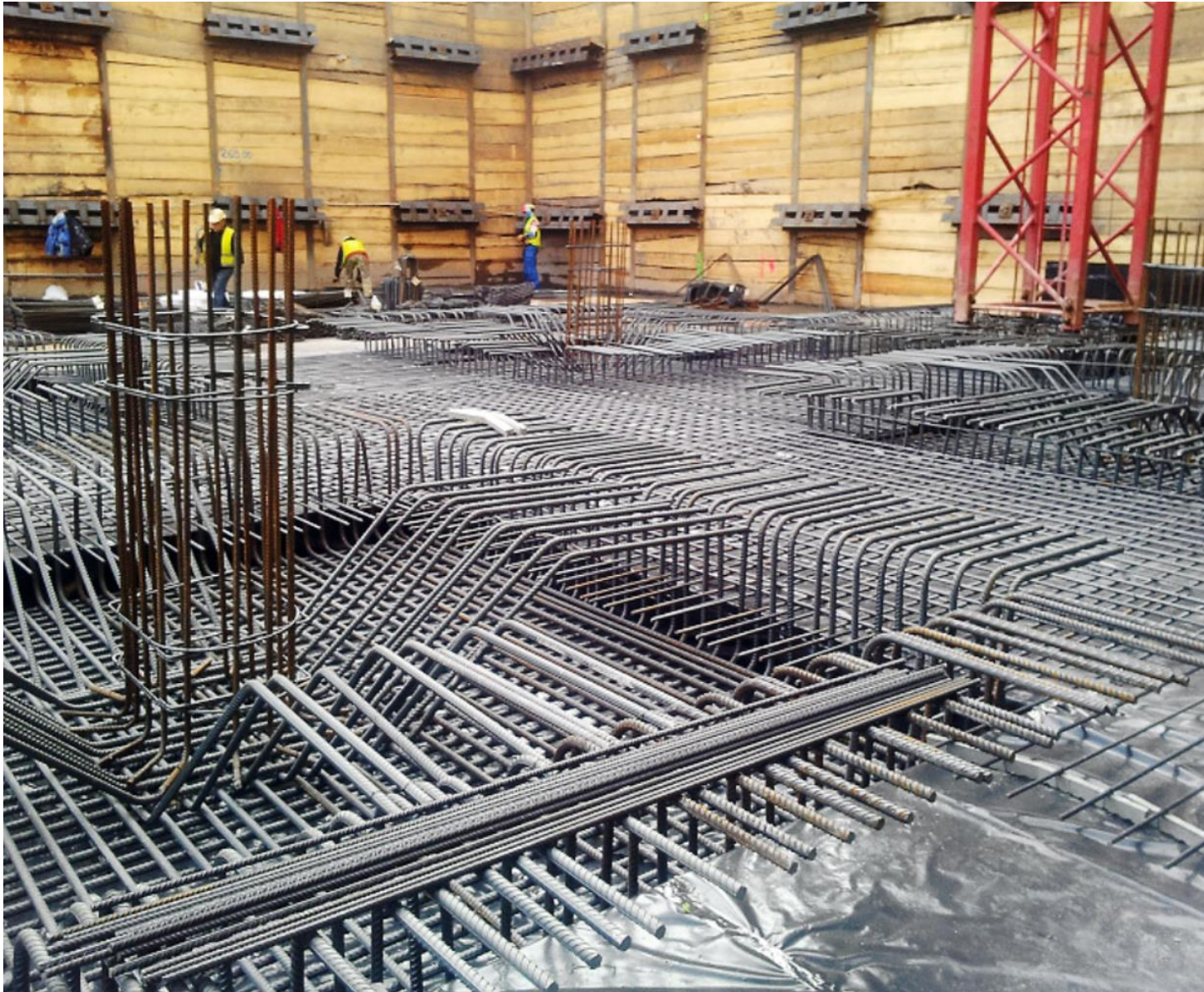
- Suterény staveb **pod hladinou podzemní vody**
- Jednoduché lehké stavby - **dřevostavby**
- U **pasivních domů**, kdy je třeba základ domu tepelně izolovat
- Výškové stavby – typicky tlustá deska podepřená pilotami – viz BK II/8

Suterén pod hladinou podzemní vody – dnes typicky **bílá vana**

- Základová deska je zatížena hydrostatickým vztlakem podzemní vody
- Viz přednášku BK II/2



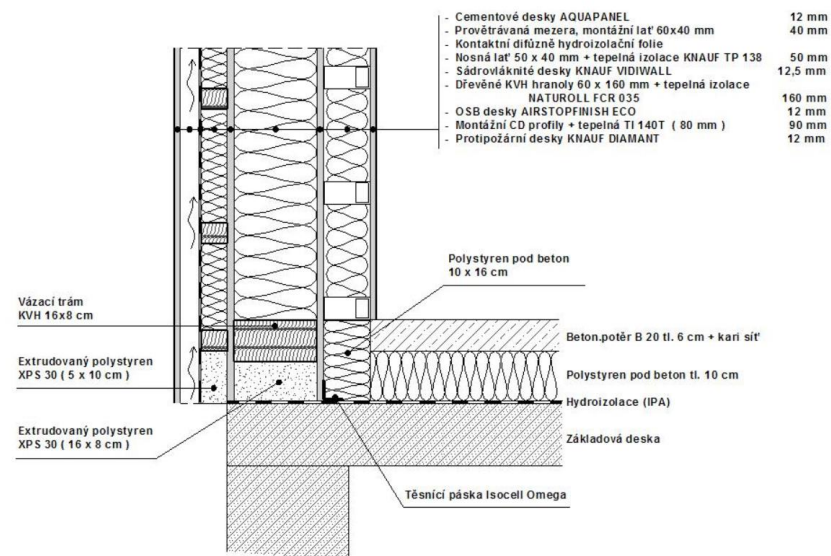
Výztuž základové desky vícepodlažní budovy



Základová deska jednoduché lehké stavby

Jednoduché lehké stavby – dřevostavby, lehké ocelové stavby

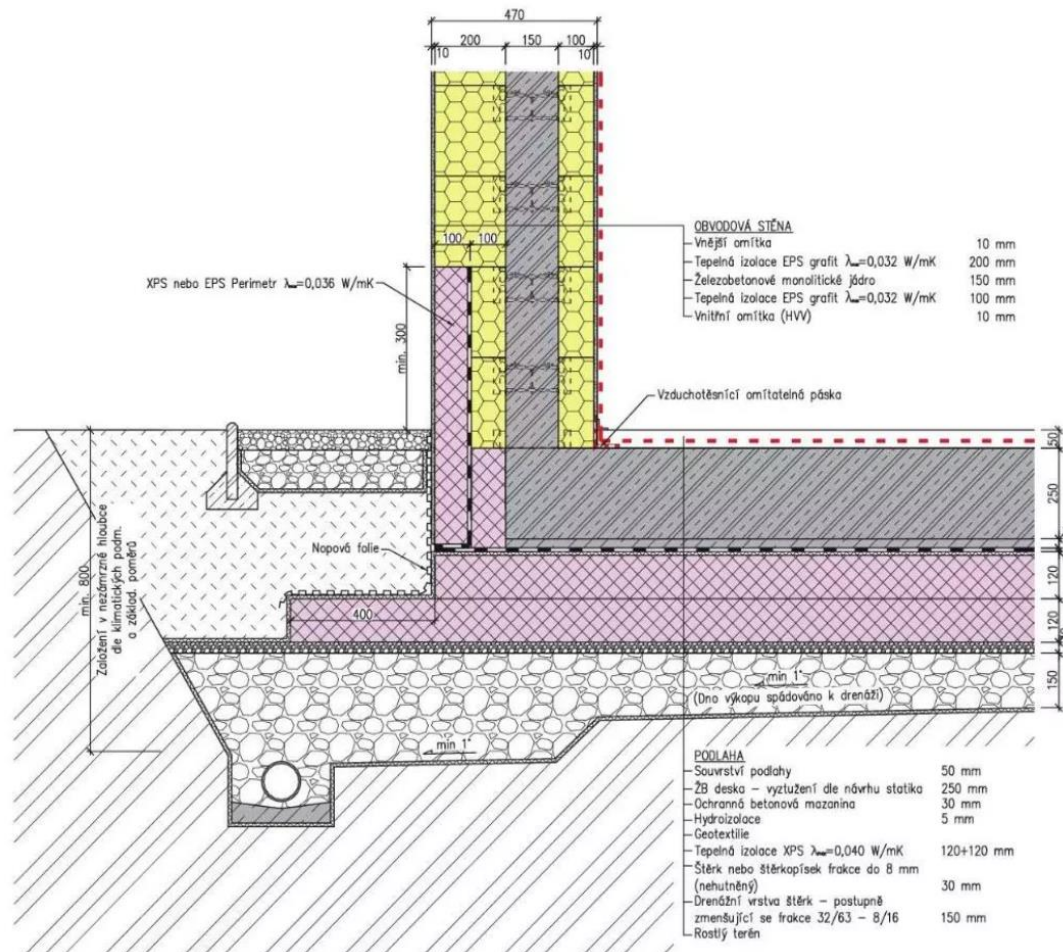
- Tenká základová deska (typicky 150 – 200 mm)
- Deska nahrazuje podkladní beton
- Často se vyztužuje betonářskou sítí



Deska obvykle 150 – 200 mm tlustá
Obvodový pas do nezámrné hloubky
(obvykle 800 až 1200 mm)

Detail založení pasivního domu na desce

- Deska založená na tepelnou izolaci
- Proti promrznutí chrání základ tepelná izolace + nenamrzavý podsyp odvodněný drenáží



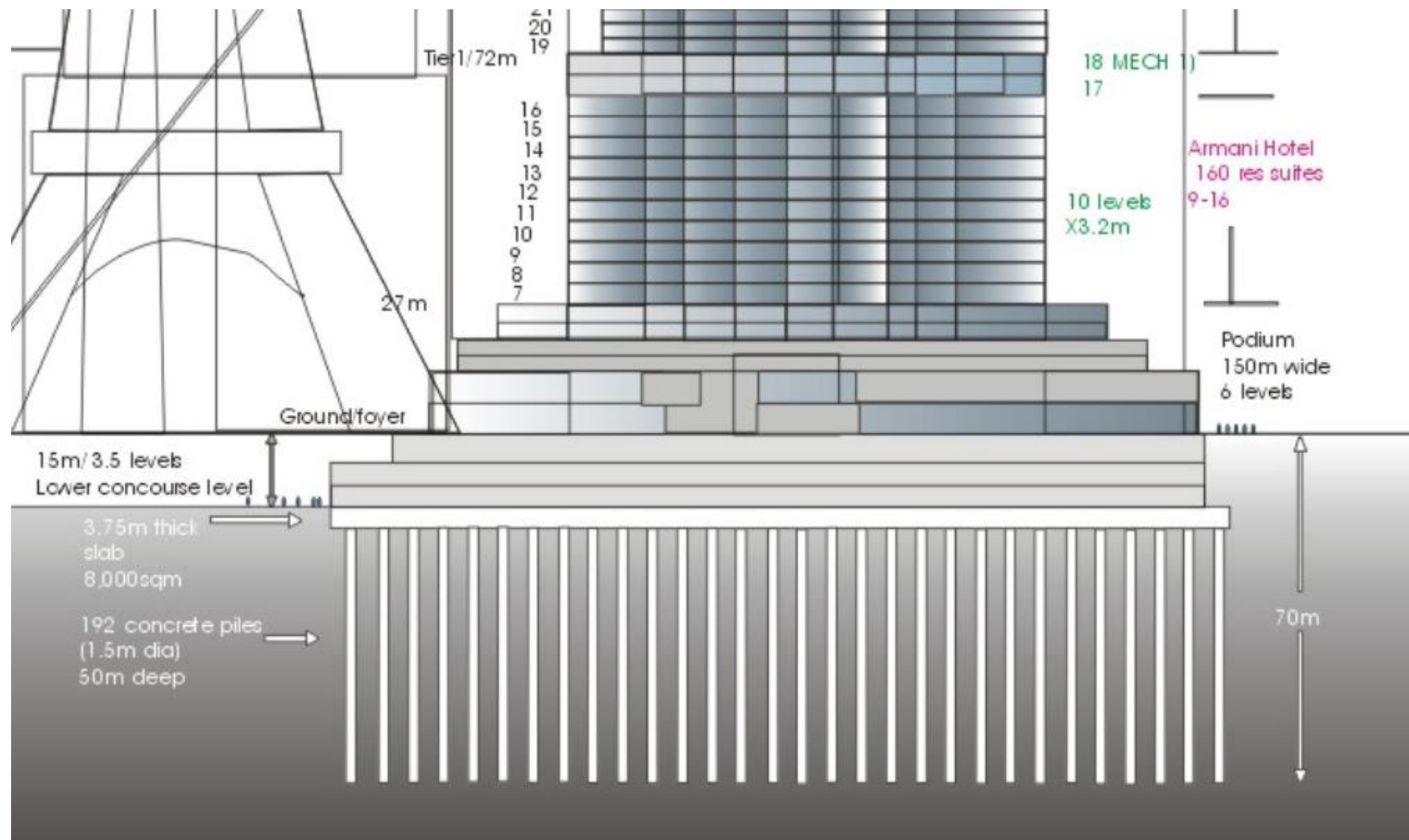
Výztuž tenké základové desky na izolaci u pasivního domu



Zakládání vysokých budov na tlusté desce podepřené pilotami

- Nutnost rozložit zatížení na celý půdorys budovy
- Základová deska tloušťky 2 až 4 m
- Piloty – běžný průměr 1500 mm

Příklad – Burj Khalifa (Dubaj, 2010, 828 m) – deska + piloty



Hlubinné základy

- Obecně použití v problematických základových podmínkách
- Dnes běžný způsob zakládání na soudržných zeminách (jíly)
- Cena betonu v patce a v pilotě je téměř stejná
- Pokud vyjde patka příliš velká, je výhodnější pilota (místo zákl. pasu)
- Obvykle je výhodnější delší pilota menšího průměru (menší objem)
- Výhody oproti plošnému zakládání:
 - Rychlejší
 - Málo citlivé na klimatické podmínky

Typy hlubinných základů

- **Železobetonové vrtané piloty**
- Ražené nebo předrážené piloty
- Mikropiloty
- Trysková injektáž
- Studny a kesony

Vrtané železobetonové piloty

- V ČR nejběžnější způsob hlubinného založení
- **Běžné profily jsou (500) 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, (1500) mm**
- Běžné délky jsou od 4 do 12 (16) m

- Osamělé piloty – minimální osová vzdálenost $2 \varnothing$ piloty
- Skupina pilot

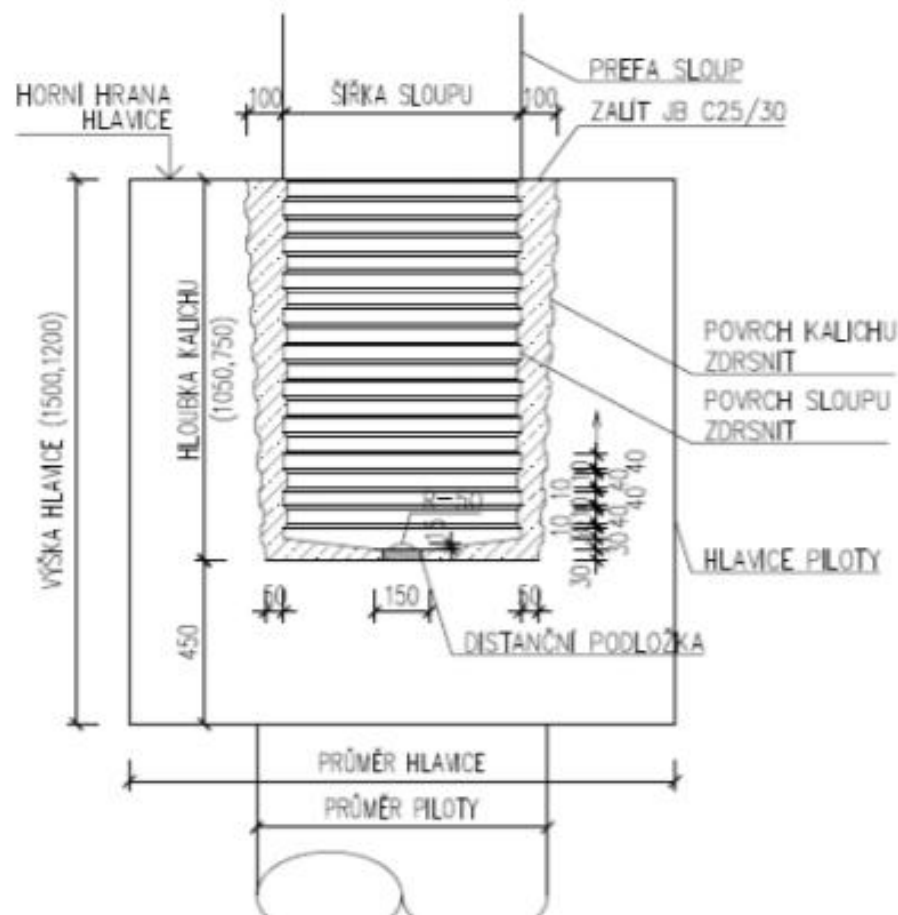
- V soudržné zemině lze vrtat piloty bez pažení
- V nesoudržné zemině je nutno vrt pažit ocelovou výpažnicí

Geotechnické podrobnosti viz Stavební geologie a geotechnika SG 10

Kalich pro osazení prefa sloupu

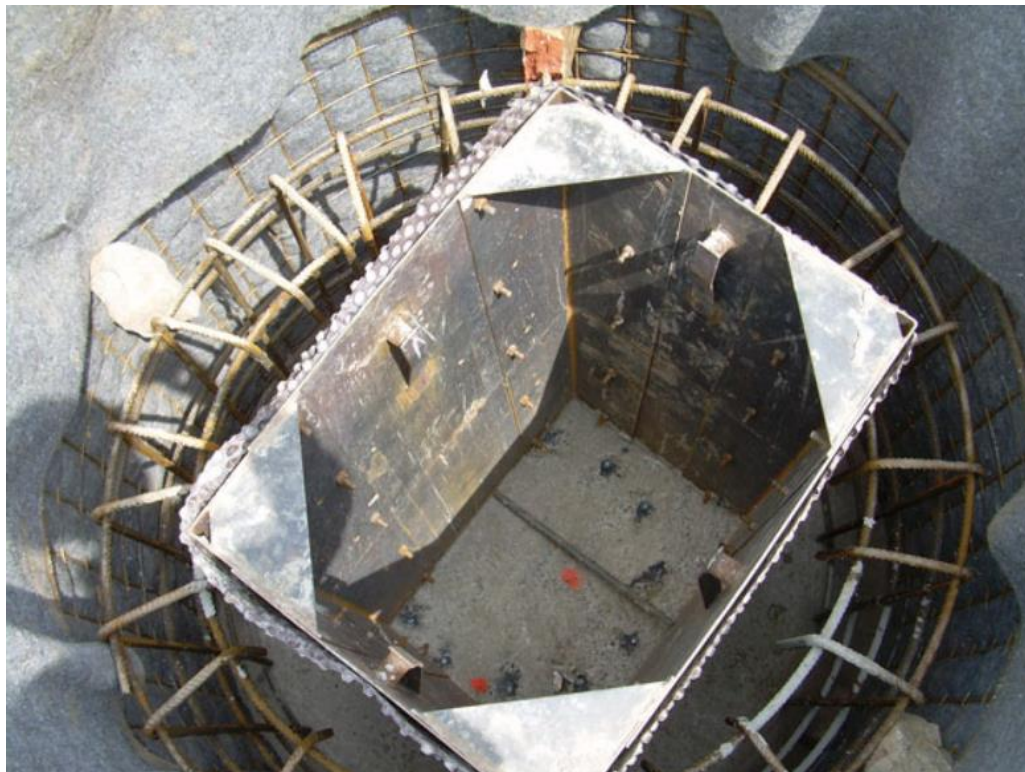


Detail osazení sloupu do kalicha



- Hloubka kalicha je minimálně 1,5 x větší rozměr průřezu sloupu
- Vnitřní plochu kalicha zdrsňit

Výztuž a bednění hlavice piloty s kalichem (prohlubní) pro osazení prefa sloupu



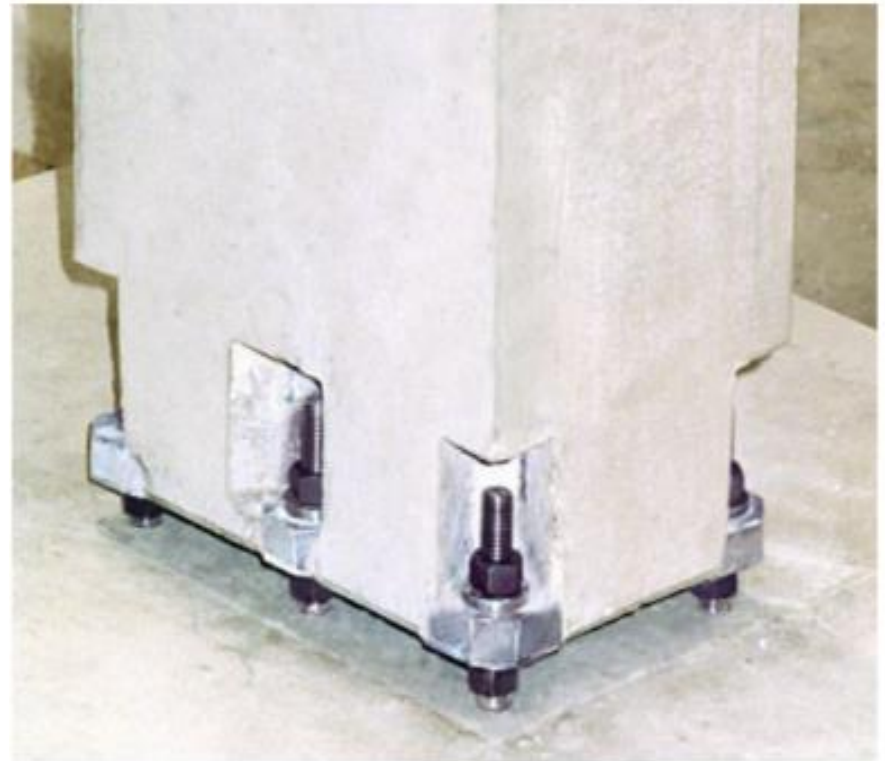
Vnitřní plochu kalicha zdrsnit (nopová fólie)

Pilota pod monolitický sloup



Startovací železa pro sloup se osazují podle šablony (obvykle z překližky)

Šroubované kotvení prefa sloupu



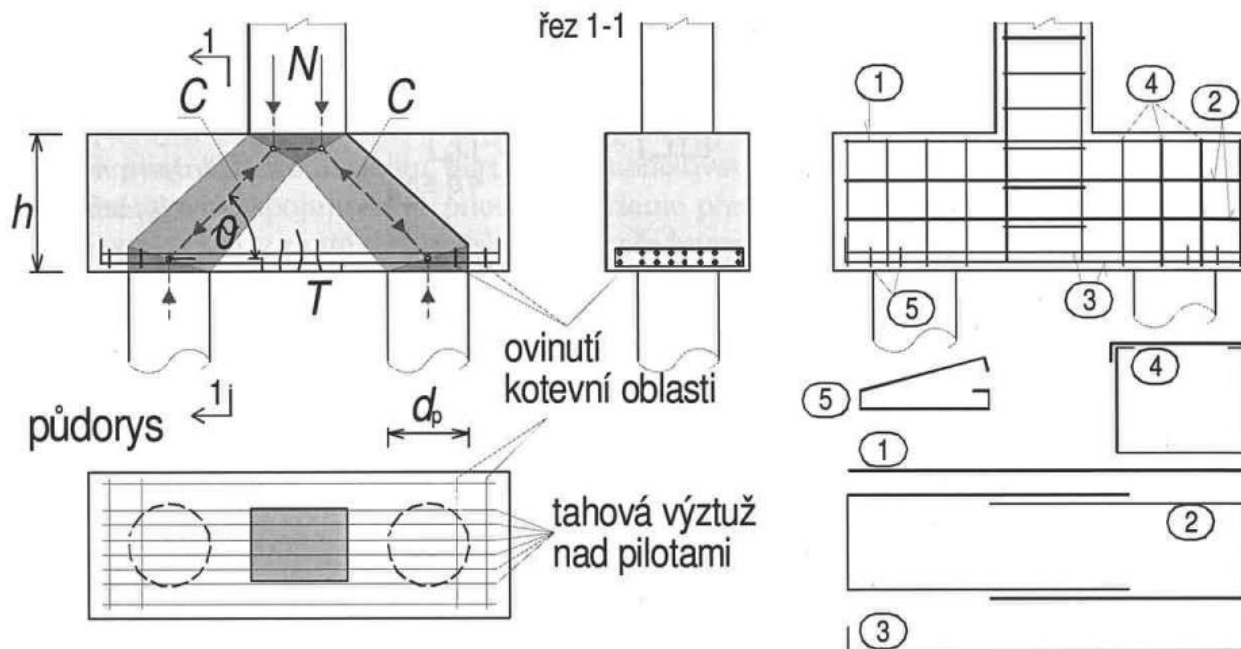
Armokoše pro vyztužení vrtaných pilot

- V pilotě musí být minimálně 6 podélných želez profilu 12 mm
- Krytí výztuže je min. 75 mm



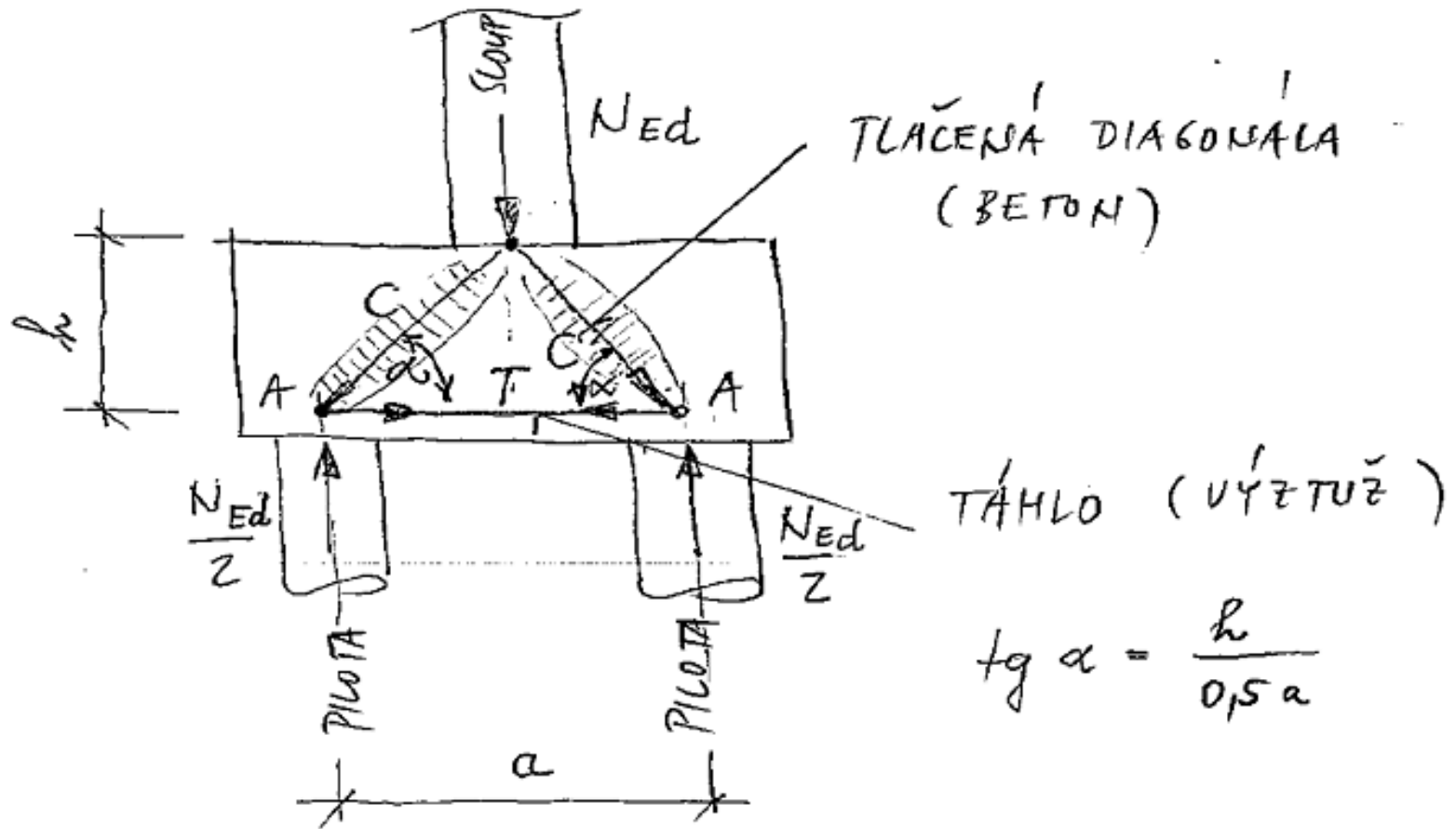
Uspořádání pilot

- Obvykle navrhujeme **pod každý sloup jednu pilotu**
- V případě extrémně zatížených sloupů dvě až tři piloty
- Patku nad dvěma pilotami navrhujeme pomocí modelů náhradní příhradoviny
- Pod stěny navrhujeme piloty ve vzdálenostech 3 až 6 m



Typický příklad - patka na pilotách $a < 3h$

Náhradní příhradovina – strut and tie model



Síla ve výztuži

$$T = 0,5 \cdot N_{Ed} \cdot \operatorname{cotg} \alpha$$