

Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering
Institute of Concrete and Masonry Structures, Veveri 95, 662 37 Brno

Nosné konstrukce – AF01

3. přednáška

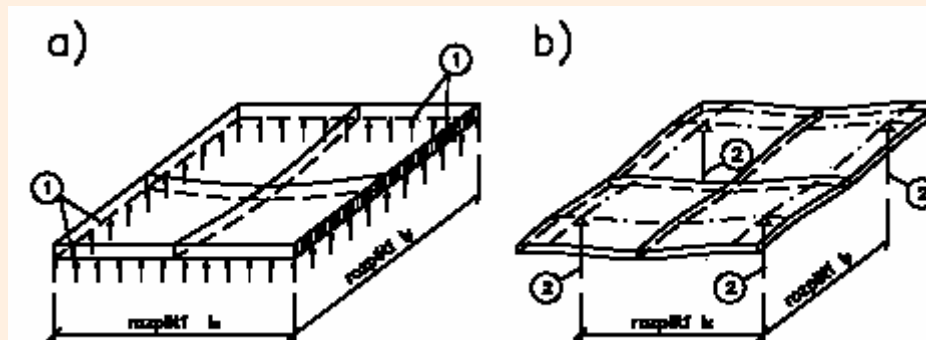
Deska působící ve dvou směrech

- je deska podepřená způsobem, který vyvolává obecné přetvoření desky
- vzniká průhybová plocha dvojí křivosti – od zatížení kolmo ke střednicové ploše

Pro dimenzování desky působící ve dvou směrech jsou pak rozhodující účinky zatížení v obou hlavních směrech.

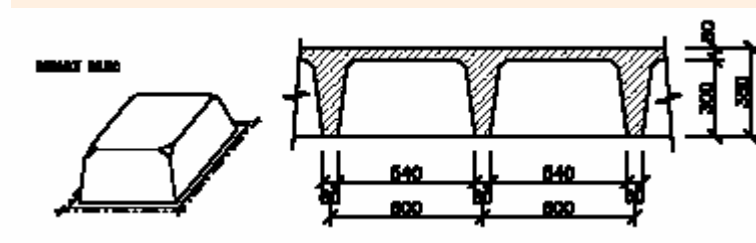
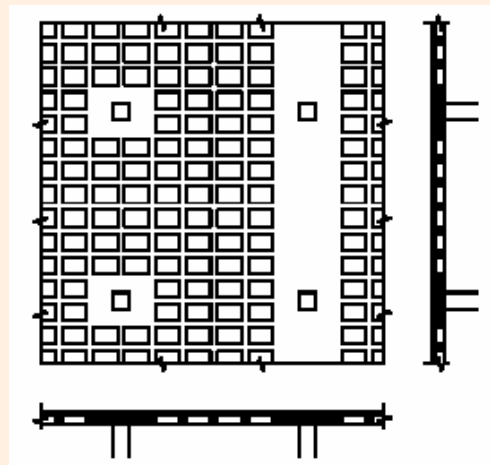
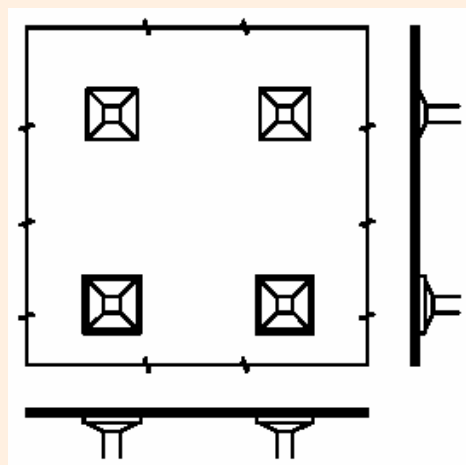
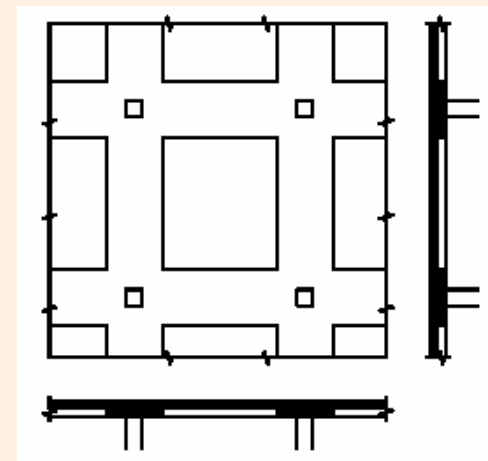
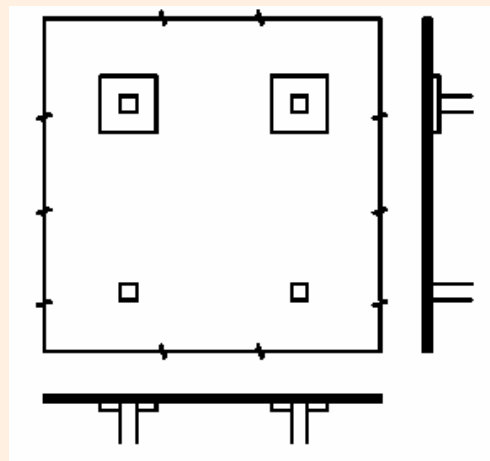
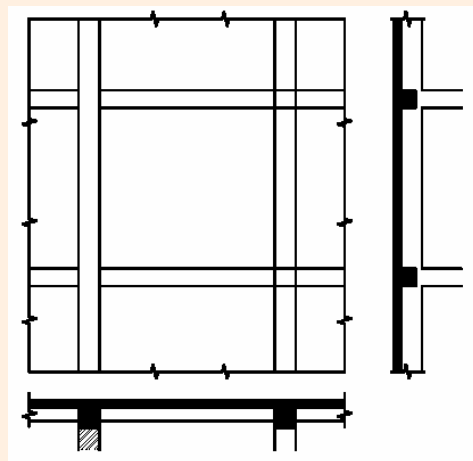
Podle podepření můžeme dělit desky na:

- **po obvodě podepřené** (alespoň podél dvou na sebe kolmých stranách, podepření může být prosté nebo mlhou být vetknuté)
- **lokálně podepřené** (je uložena na podporách, jež nelze považovat za souvislé – sloupy popř. úseky stěn, za lokálně podepřené desky považujeme i desky souvisle podepřené poddajnějšími ztužujícími trámy)



Z uvedených typů desek lze vytvořit monolitické i montované stropní popřípadě i základové konstrukce.

Mohou být: z obyčejného, železového, lehkého i předpjatého betonu.



Výpočet odezvy desek působících ve dvou směrech

Výstižnost výpočtu má být přiměřená významu konstrukce, přičemž jsou přípustná taková zjednodušení výpočtu, při kterých jsou dodrženy alespoň:

- a) silové a momentové podmínky rovnováhy,**
- b) podmínky spojitosti (kompatibility) přetvoření,**
- c) podmínky skutečného uložení (podepření) konstrukce.**

Poddajnost podepření desek

Výstižnost metod výpočtu závisí na správném určení podepření.

Desky podepřené po obvodě

Souvislé podepření okrajů desky (resp. deskového pole) může být buď vertikálně zcela nepoddajné, tvoří-li je nosné stěny nebo dostatečně tuhé trámy

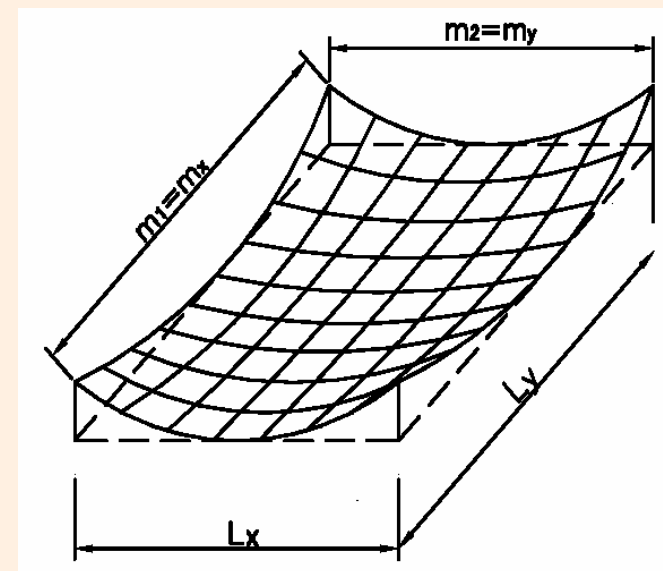
nebo

poddajné (v praxi jsou jen výjimečné), je-li realizováno méně tuhými trámy nebo zesilujícími nosníky.

Poddajně podepřené desky – metoda náhradních nosníků

Průhybová plocha je translační plochou.

Podobný stav nastane v desce tehdy, není-li zabráněno jejímu *nadzvedávání v rozích*.



V obou případech, kdy je vliv krouticích momentů na silový a deformační stav desky nulový nebo zanedbatelný, můžeme obdélníkovou desku řešit přibližně pomocí tzv. *metody náhradních nosníků*.

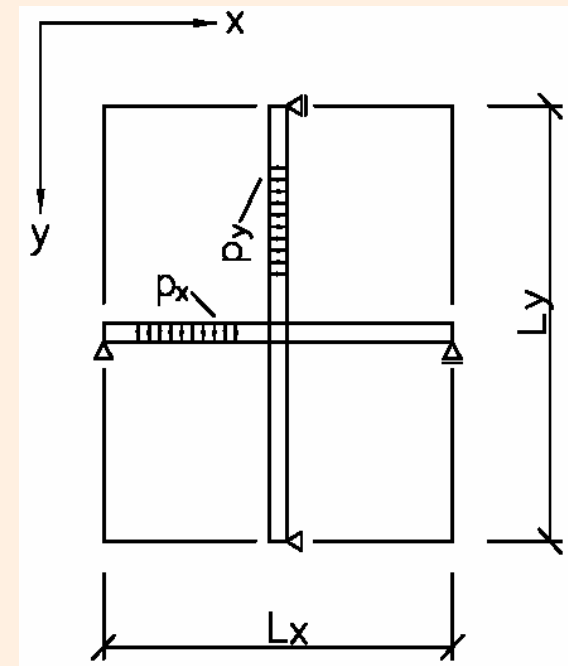
$$p = p_x + p_y$$

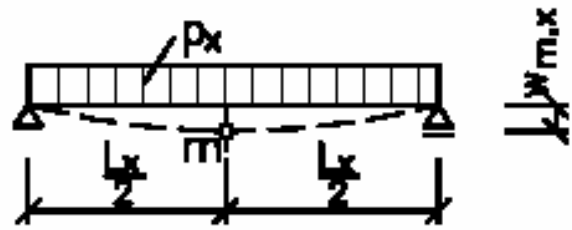
$$W_{x(=0.5L_x)} = W_{y(=0.5L_y)}$$

$$\frac{5}{384} \cdot \frac{p_x L_x^4}{E_b I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_y L_y^4}{E_b I}$$

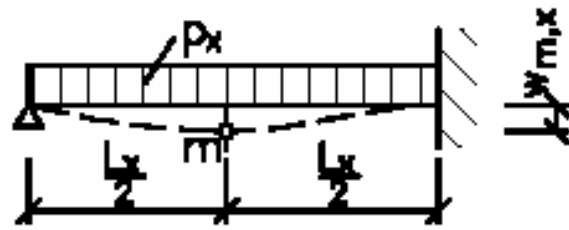
$$m_{x,\max} = \frac{1}{8} p_x L_x^2$$

$$m_{y,\max} = \frac{1}{8} p_y L_y^2$$

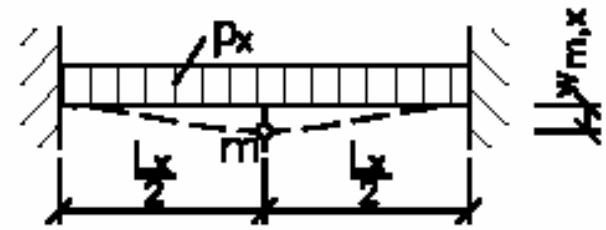
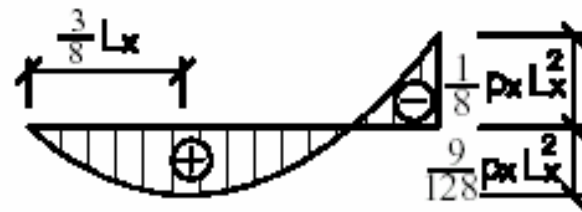




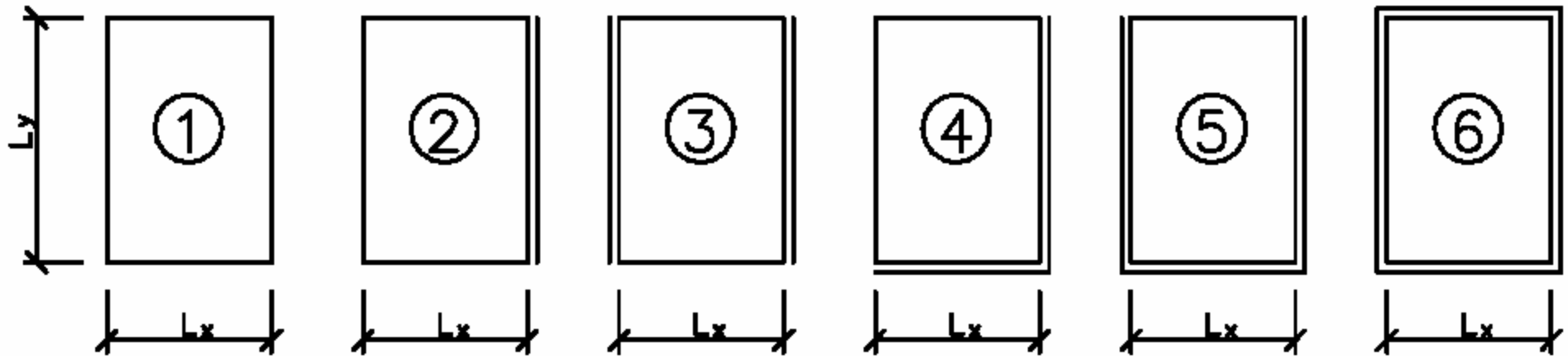
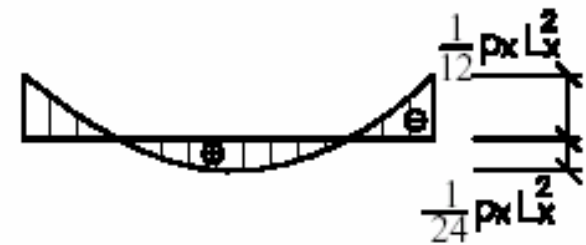
$$w_{m,x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_x L_x^4}{E_b I}$$



$$w_{m,x} = \frac{2}{384} \cdot \frac{P_x L_x^4}{E_b I}$$

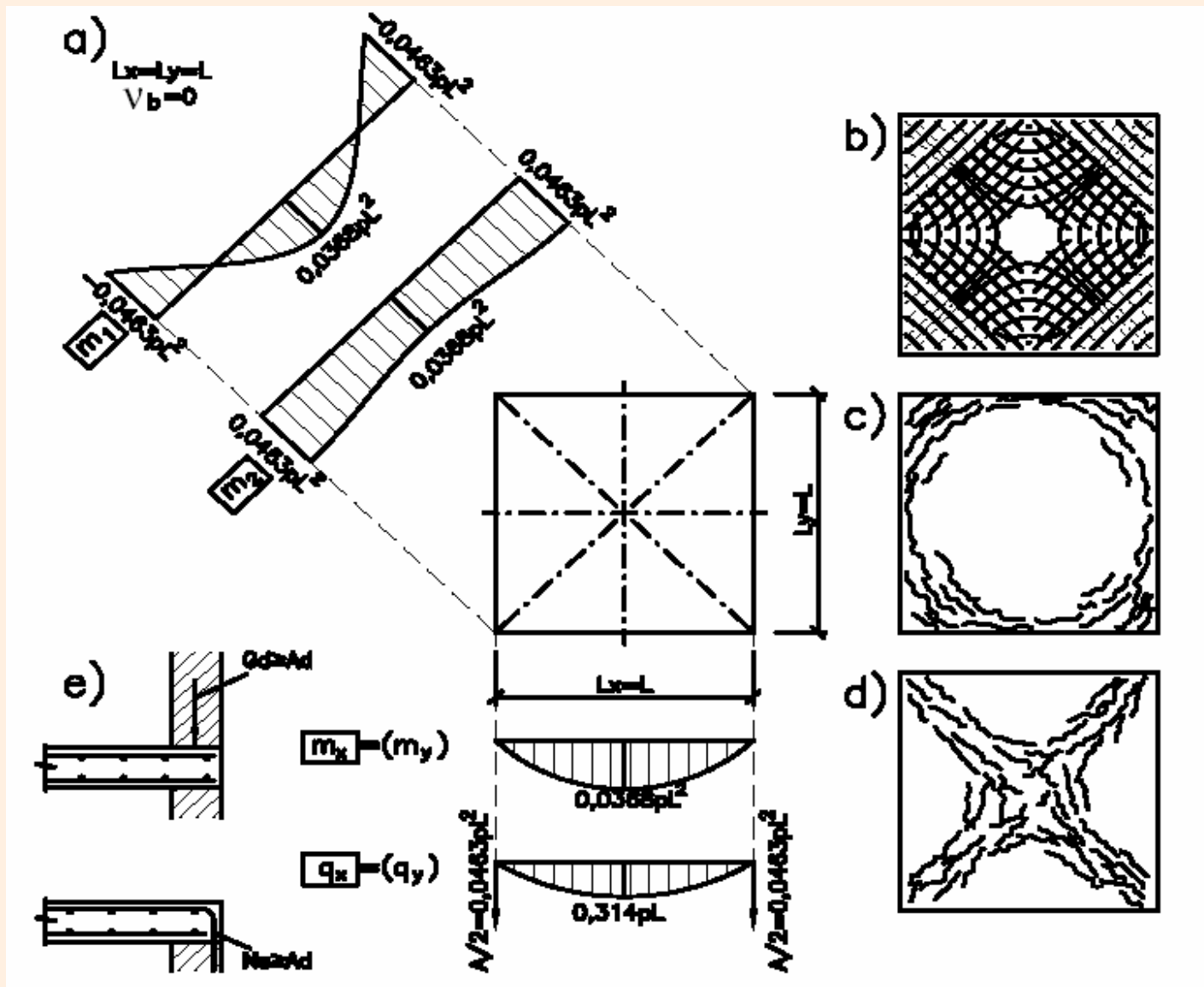


$$w_{m,x} = \frac{1}{384} \cdot \frac{P_x L_x^4}{E_b I}$$



$$\frac{2}{384} \frac{P_x L_x^4}{E_b I} = \frac{5}{384} \frac{P_y L_y^4}{E_b I}$$

Vertikálně nepoddajné podepření desek po obvodě



V deskovém elementu vznikají vodorovně působící tangenciální napětí, jejichž výslednicí jsou kroucí momenty $m_{xy} = m_{yx}$.

Čtvercová prostě podepřená deska s upnutými rohy, rovnoměrně zatížená

Při výpočtu desek tedy můžeme použít:

1. Univerzální řešení desek MKP; používá se zejména u desek složitého půdorysného tvaru, proměnné tloušťky, dále u desek oslabených velkými otvory a u desek zatížených takovým způsobem, který nelze dostatečně spolehlivě vyjádřit náhradním plošným zatížením.

2. U obdélníkových desek konstantní tloušťky bez větších otvorů a při rovnoměrné intenzitě plošného zatížení p lze nalézt přibližné řešení deskové rovnice v základním tvaru pomocí rozkladu zatížení do obou hlavních směrů, při kterém respektujeme způsob podepření desky. Takto stanovené složky zatížení p_x , p_y použijeme pro výpočet podporových a mezipodporových momentů náhradního nosníku. Při výpočtu mezipodporových momentů a při výpočtu pružného průhybu desek lze pak přihlídnout k příznivému vlivu krouticích momentů m_{xy} .

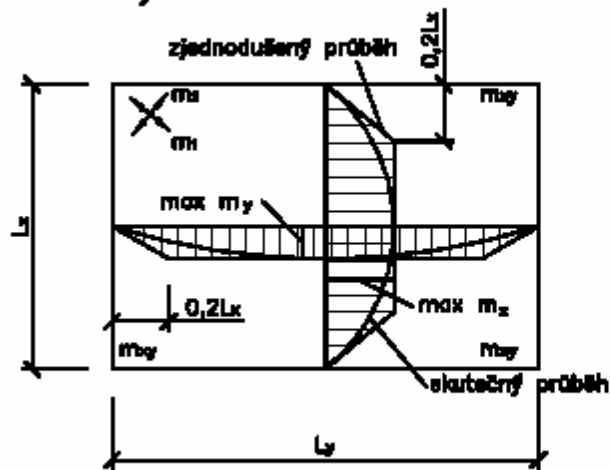
$$\kappa = \frac{5}{6} \cdot \frac{L_x^2 L_y^2}{L_x^4 + L_y^4}$$

$$m_x = m'_x \cdot (1 - \kappa)$$

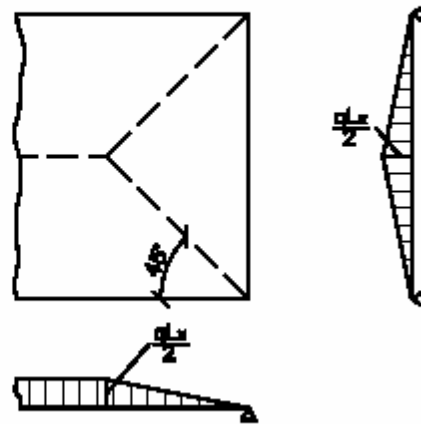
$$m_x = m'_x \cdot \left(1 - \frac{1}{3} \kappa\right)$$

$$m_x = m'_x \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \kappa\right)$$

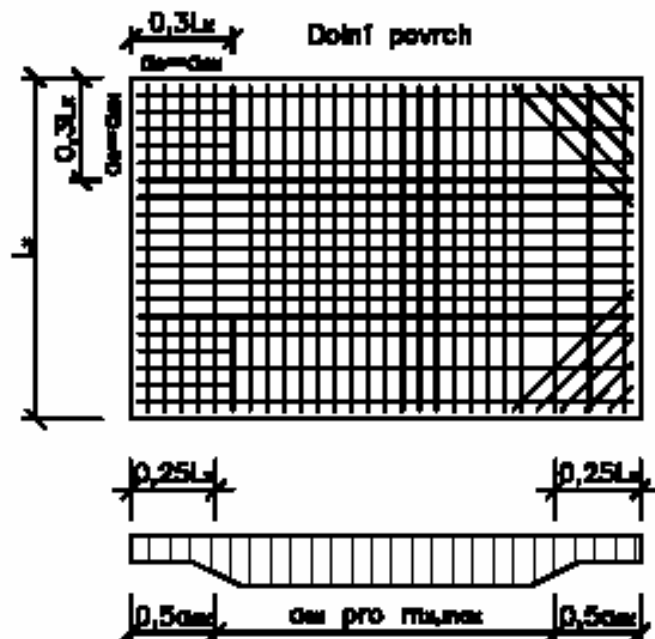
a) Průběhy momentů



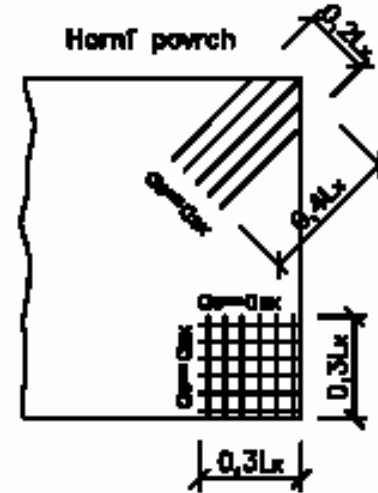
Podporové tlaky



b) Tyčová výztuž



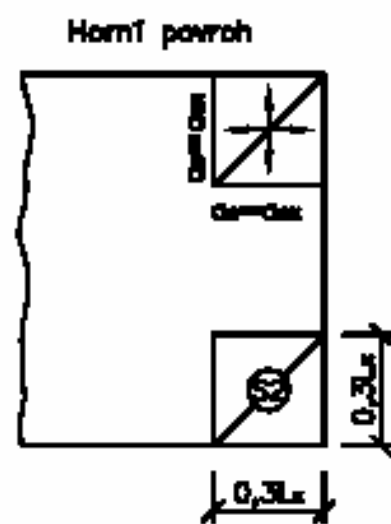
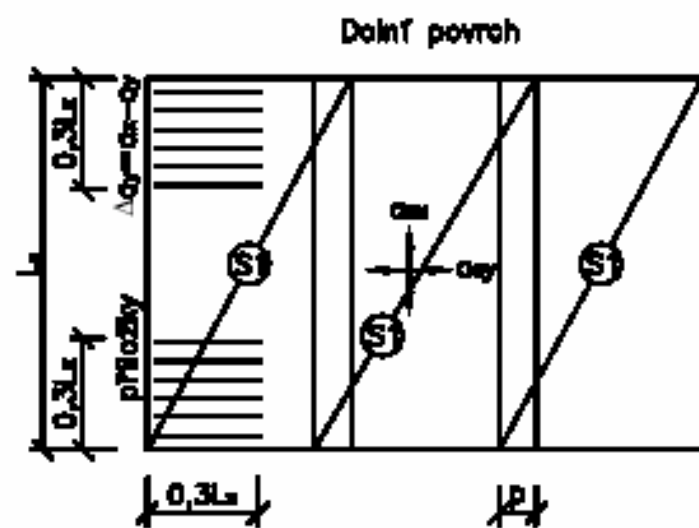
$$d_{sx} \geq d_{sy}$$

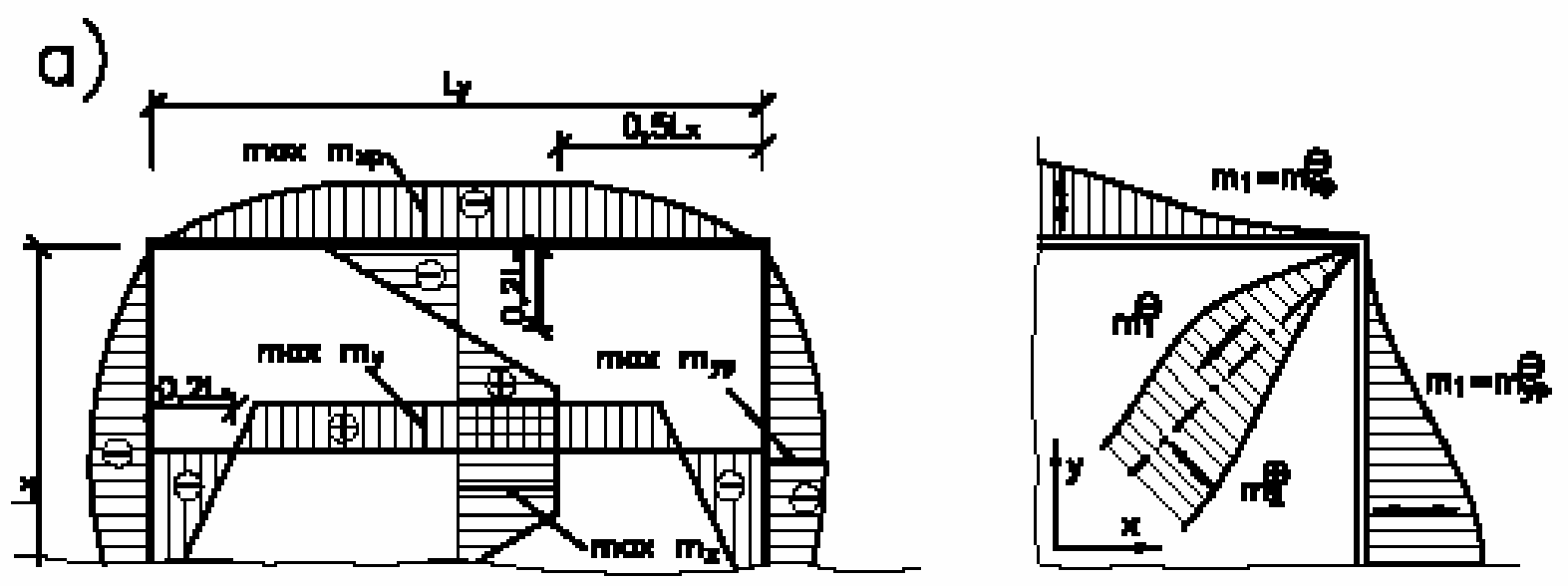


$$L_x \leq L_y$$

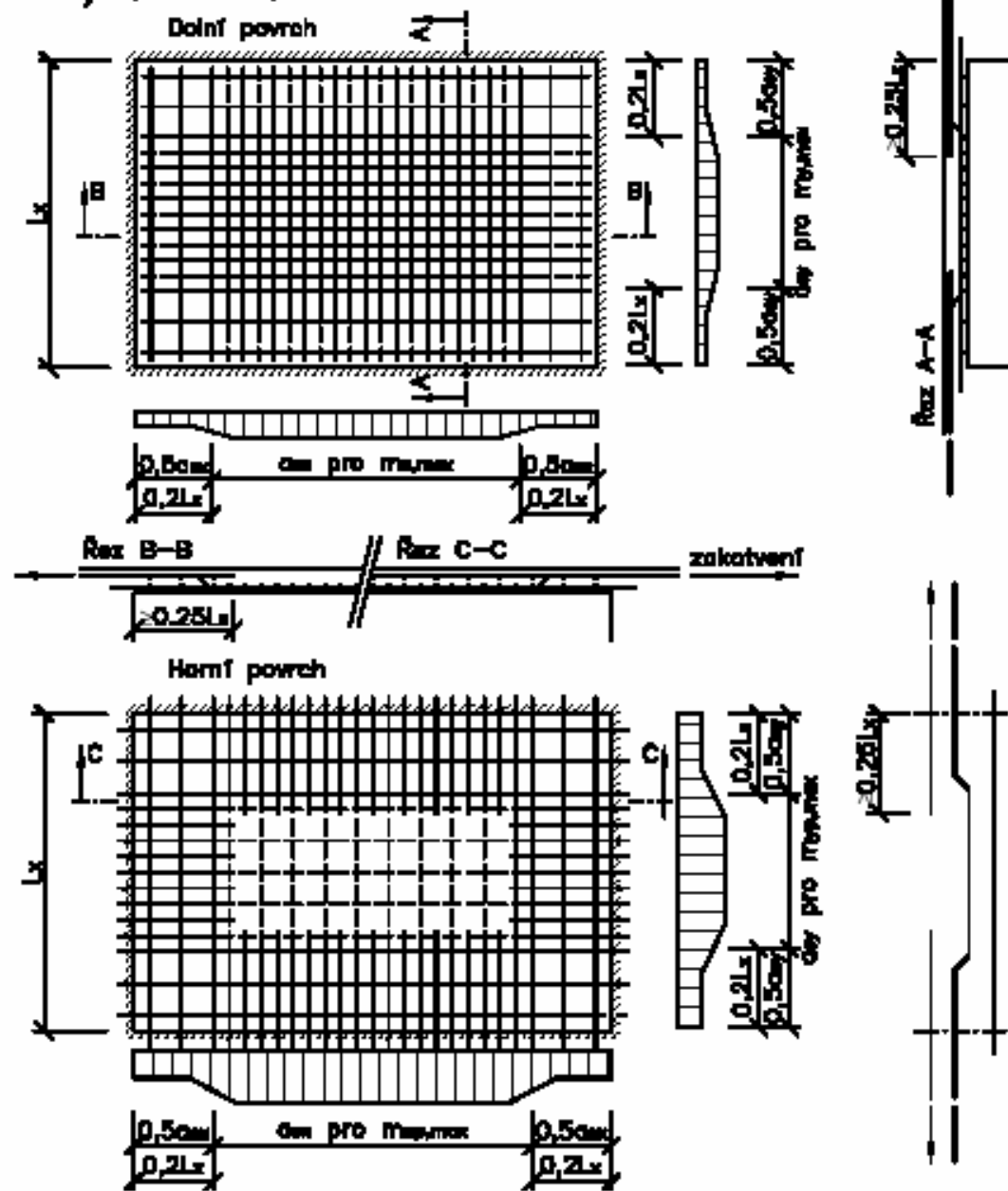
c) Vyztužení sítěmi

p – přechod sítě pro a_{xy}

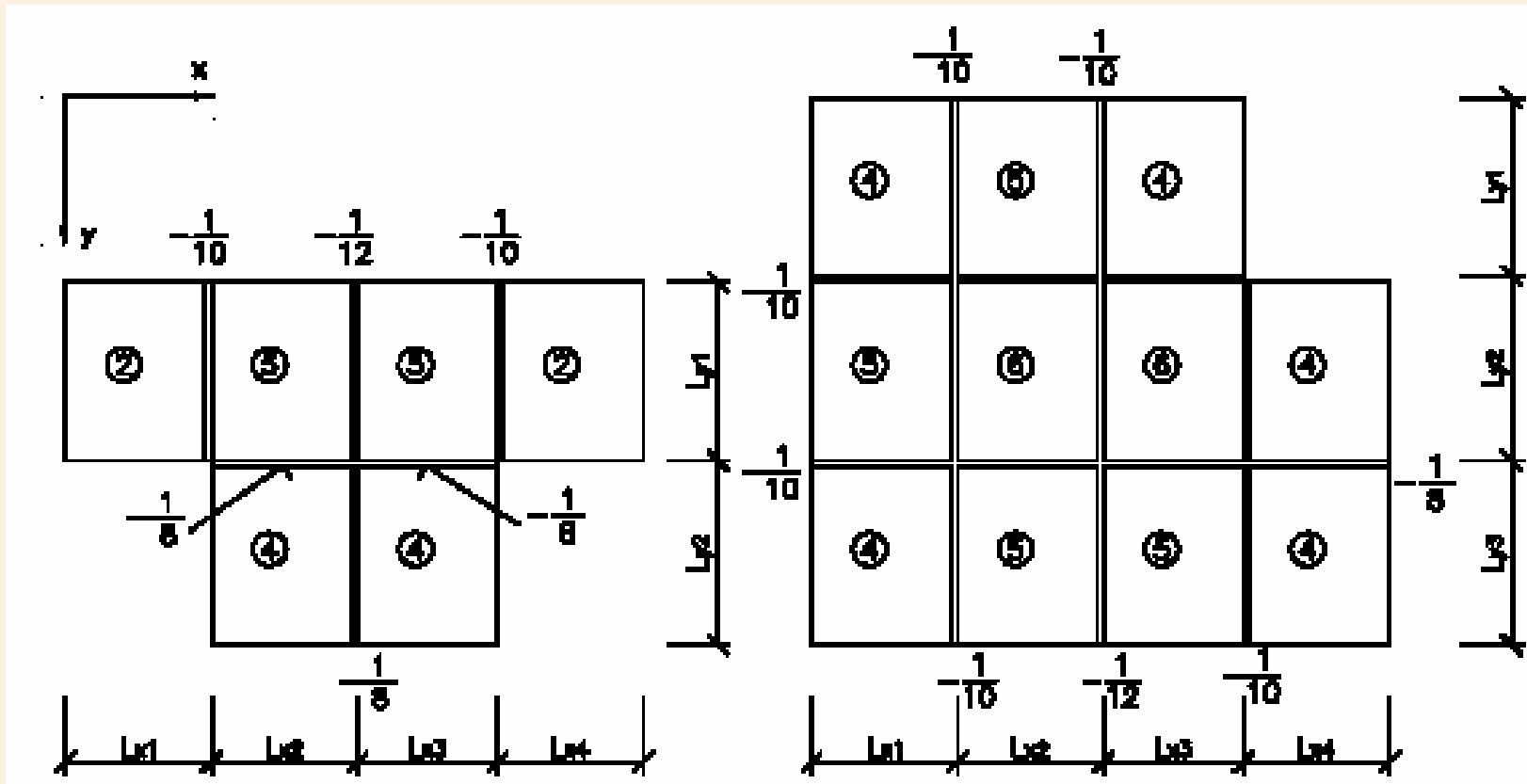




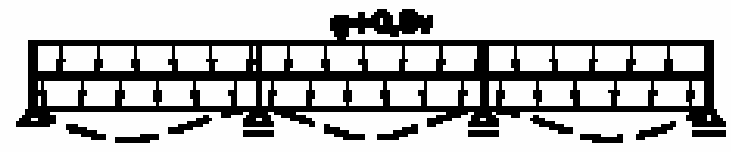
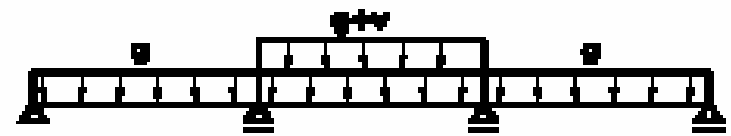
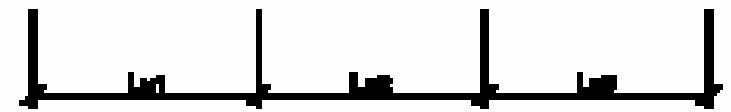
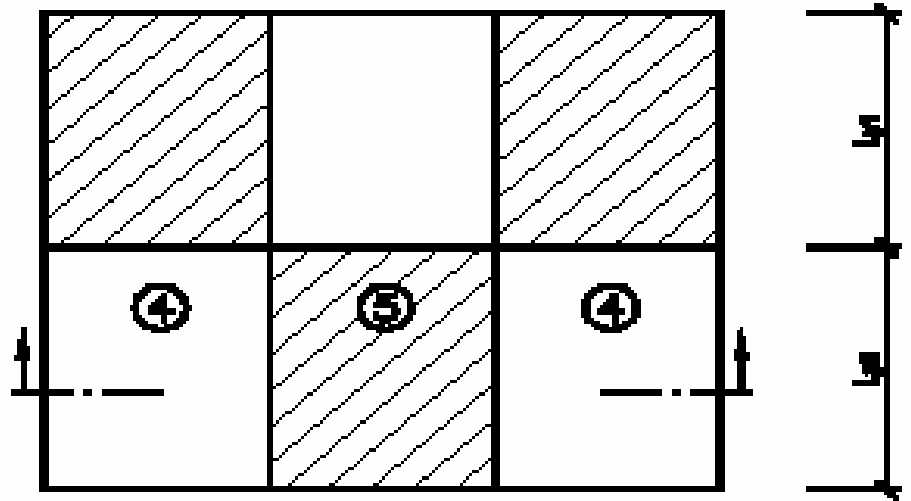
b) Tyčová výztuž

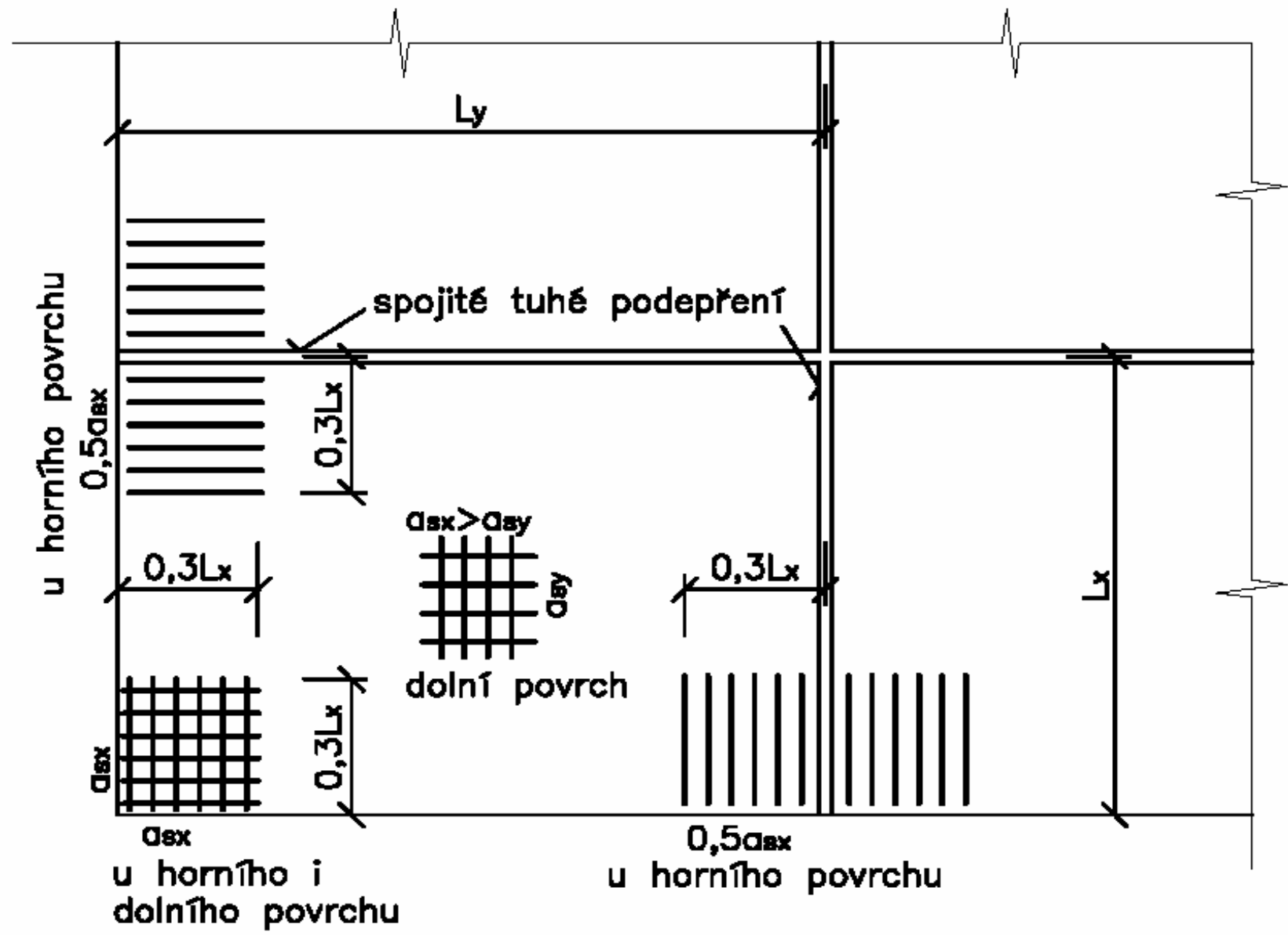


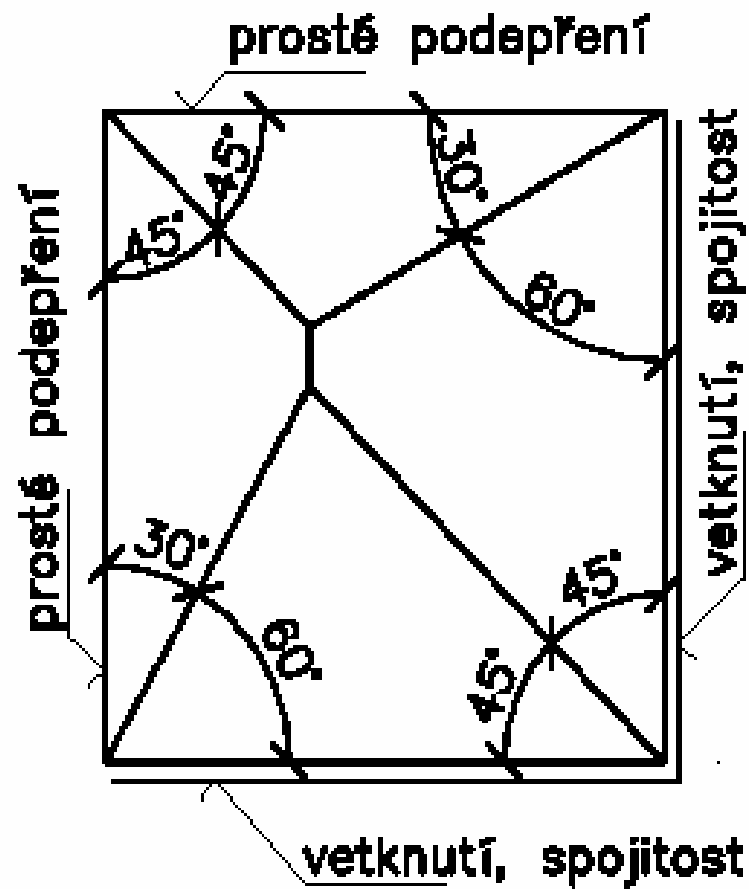
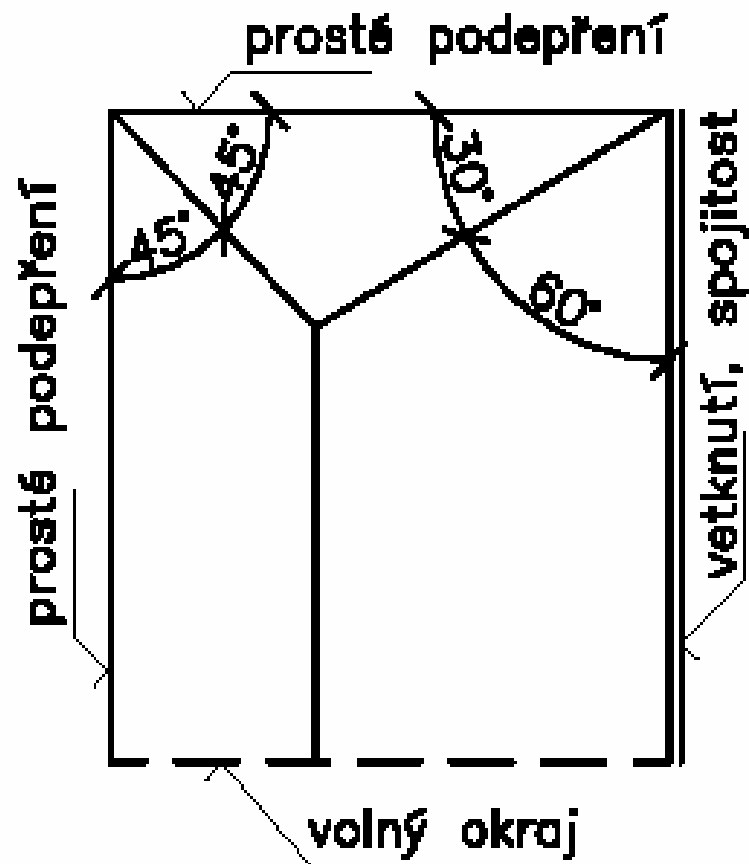
Spojité křížem vyztužené desky



- výpočet pomocí součinitelů rozdělení zatížení
- metoda náhradních nosníků
- MKP





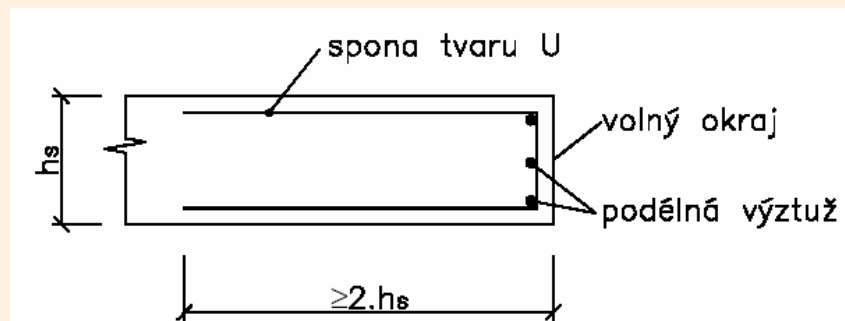


Konstrukční doporučení

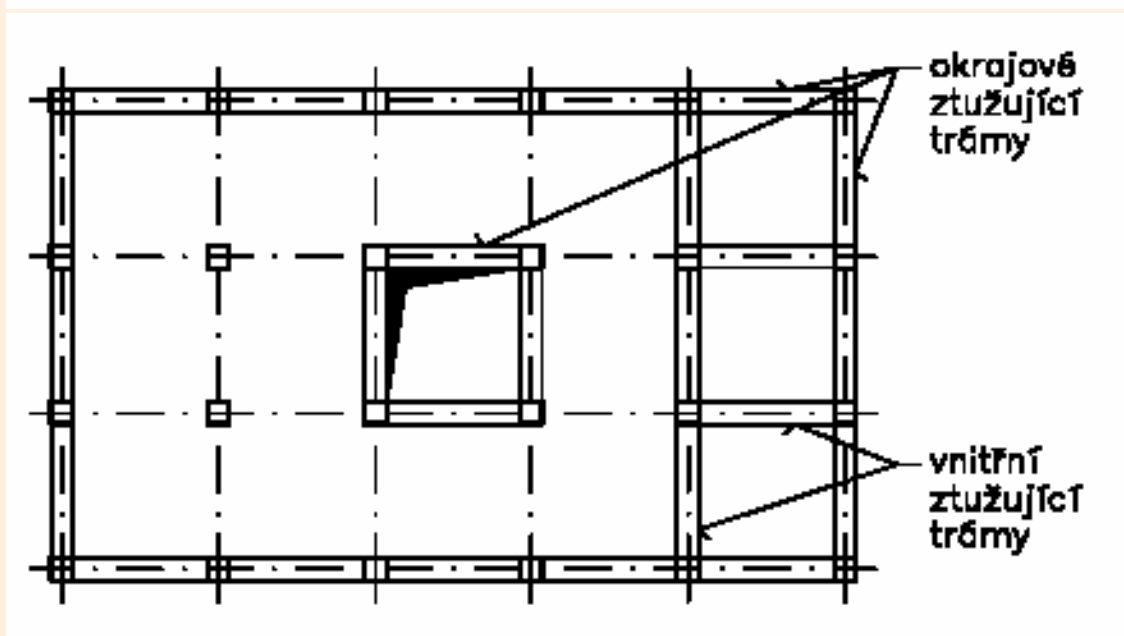
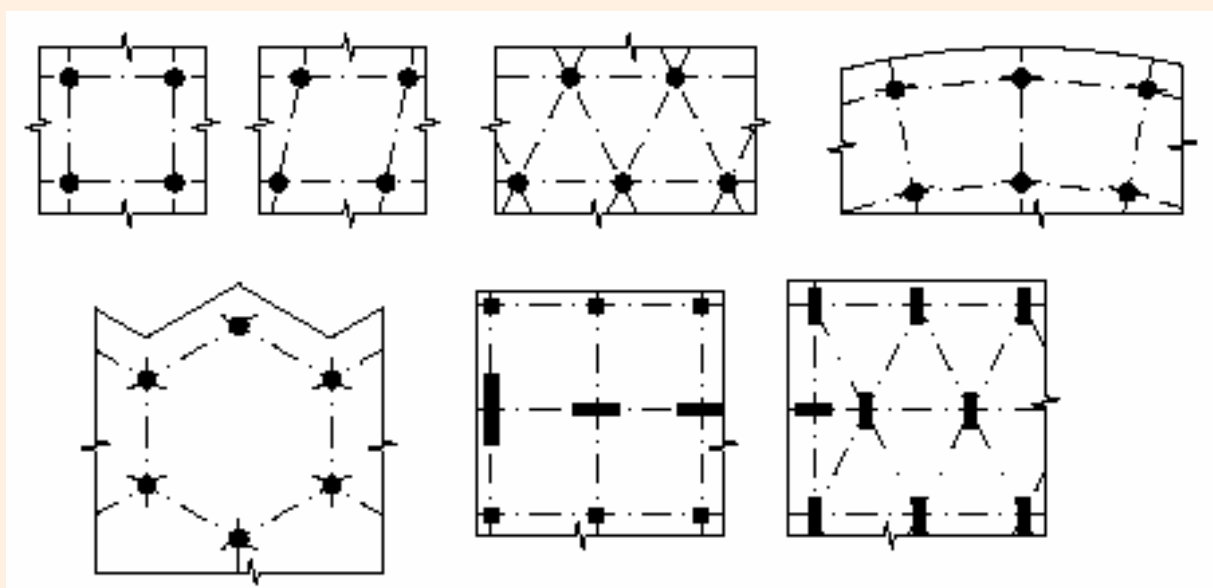
Tloušťka desky není normativně předepsána. Podle intenzity proměnného zatížení se doporučuje volit tloušťku desky, která je po obvodě:

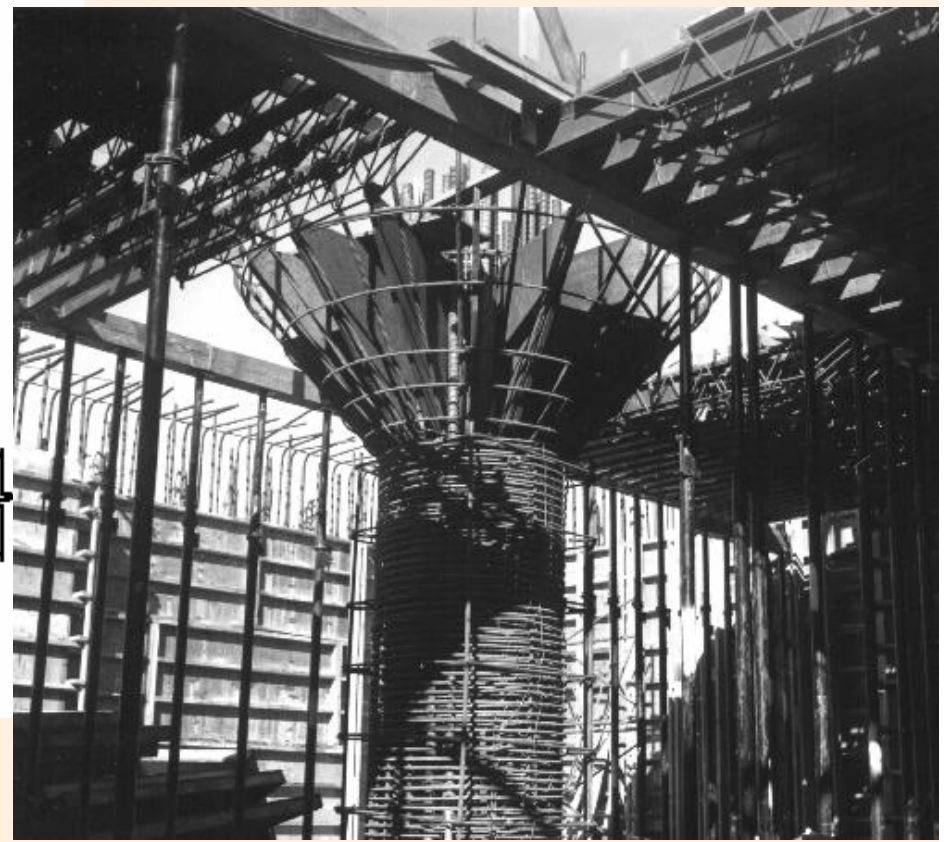
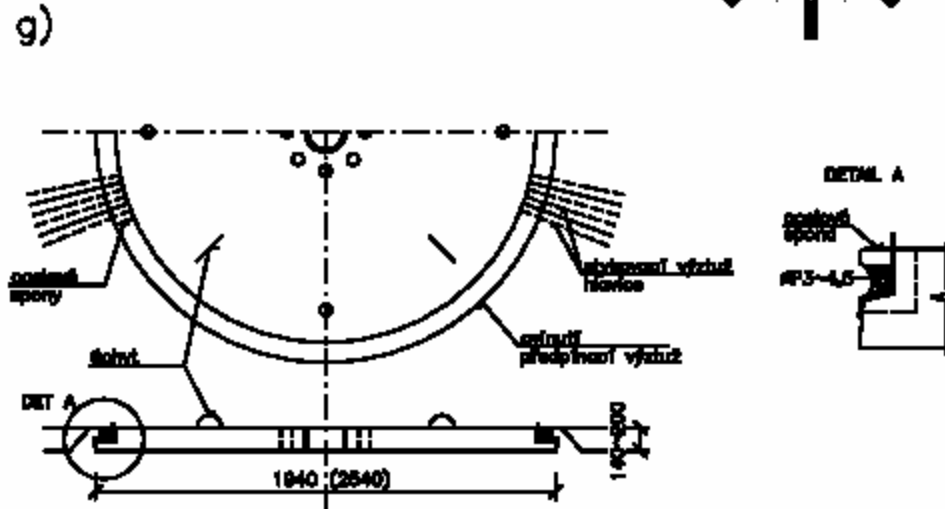
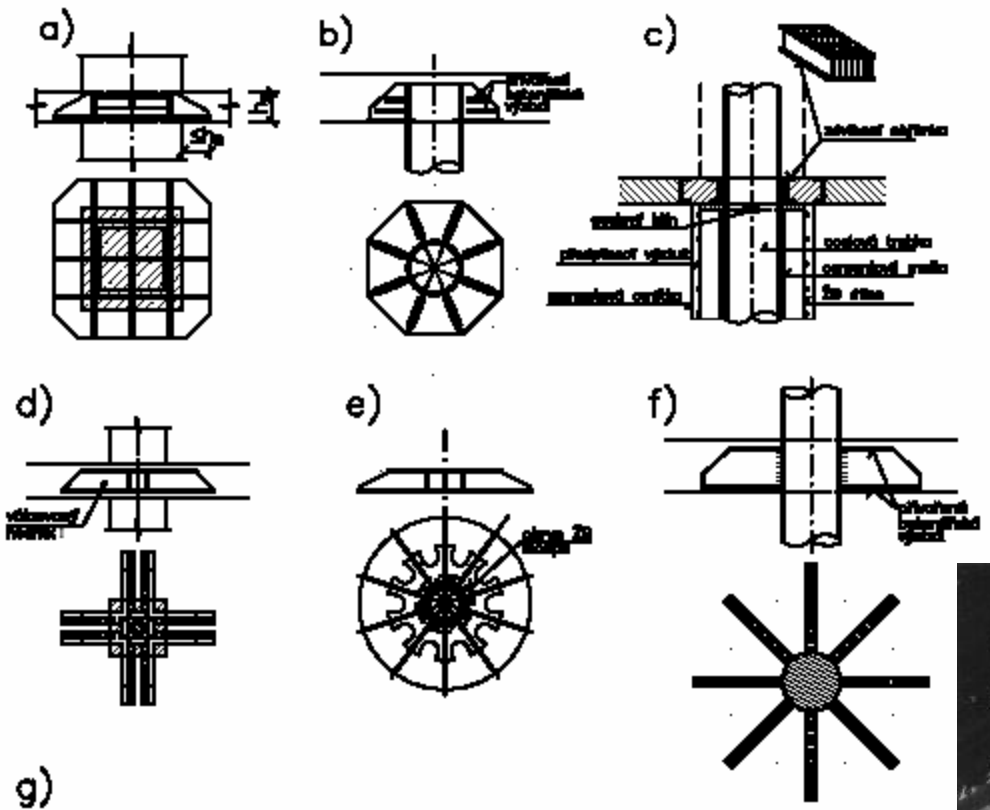
- prostě uložená: v rozmezí $\frac{1}{75}(L_x + L_y)$ až $\frac{1}{55}(L_x + L_y)$ nebo $\frac{1}{35}$ až $\frac{1}{25}$ kratšího rozpětí,
- vetknutá nebo spojitá: v rozmezí $\frac{1}{105}(L_x + L_y)$ až $\frac{1}{75}(L_x + L_y)$ nebo $\frac{1}{45}$ až $\frac{1}{35}$ kratšího rozpětí.

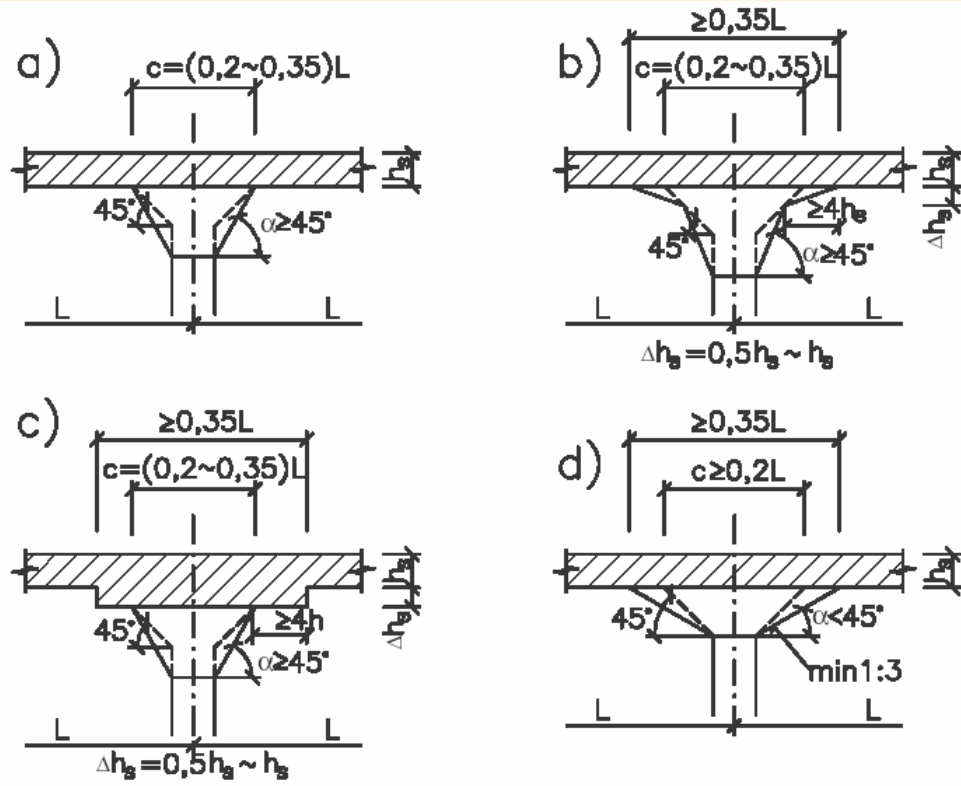
1,5:1



Lokálně podepřené desky







Bezhřibové lokálně podepřené desky je hospodárné navrhovat pro menší hodnoty proměnného zatížení v rozmezí $q = 1,5$ až 5 kNm^{-2} . Hřibové desky jsou vhodné pro nahodilá zatížení $q > 10 \text{ kNm}^{-2}$. Pro mezilehlé hodnoty nahodilého zatížení posoudíme možnost použití desek se ztužujícími trámy, nap. plochými.

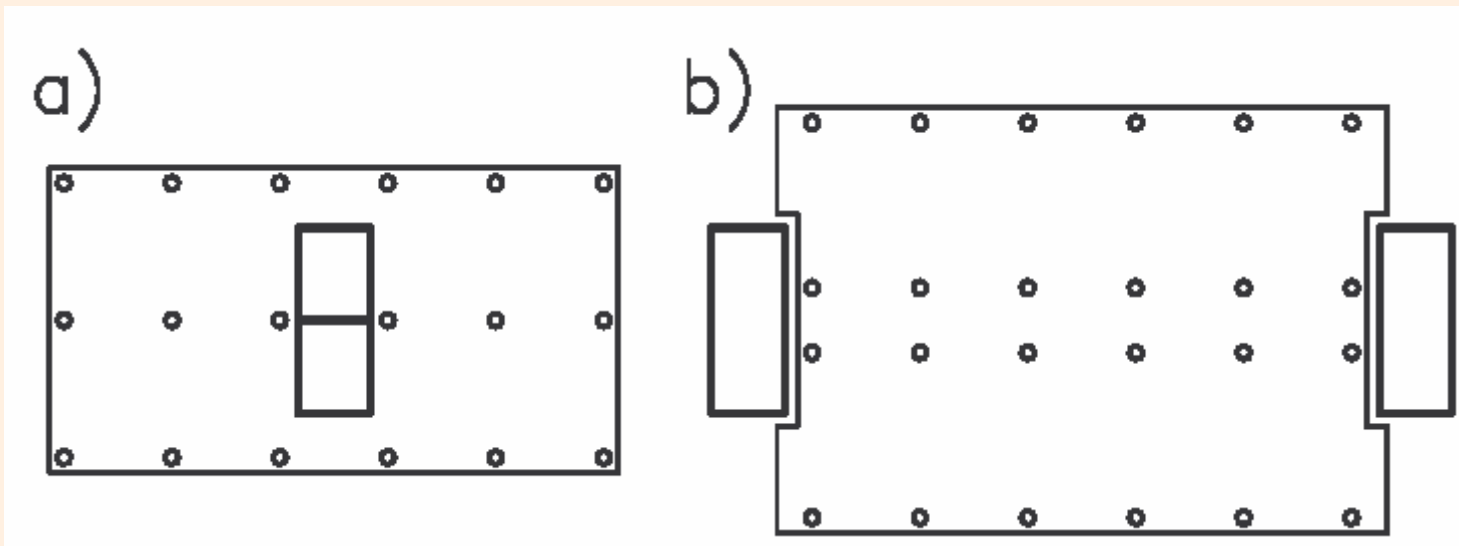
Osová vzdálenost lokálních podpor nevylehených desek se volí obvykle v rozmezí 5 až 9 m (astji do 7,5 m). U vylehených desek lze hospodárn navrhout lokáln podepenou desku pi vzdálenosti podpor až 12 m.

Pokud je nutné desku opatřit smykovou výztuží, její tloušťka musí být h_s větší jak 200 mm.

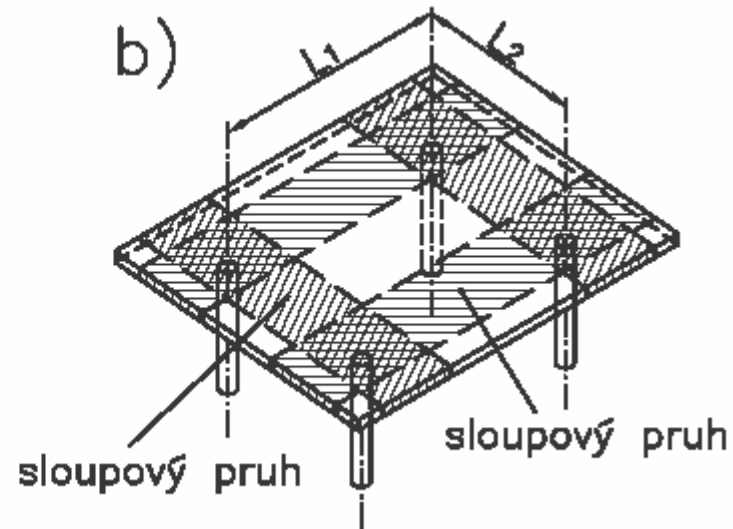
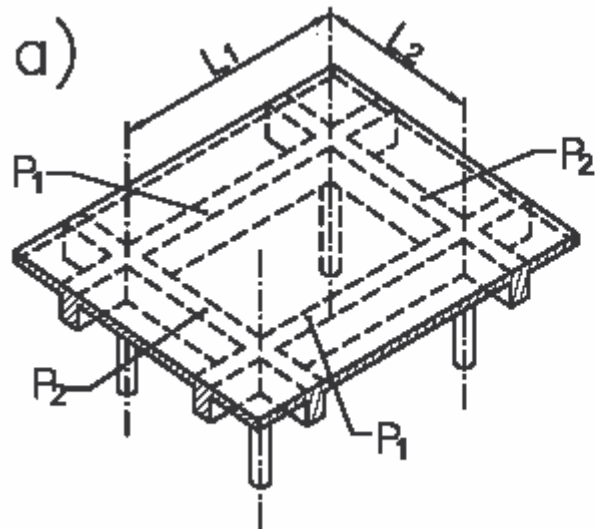
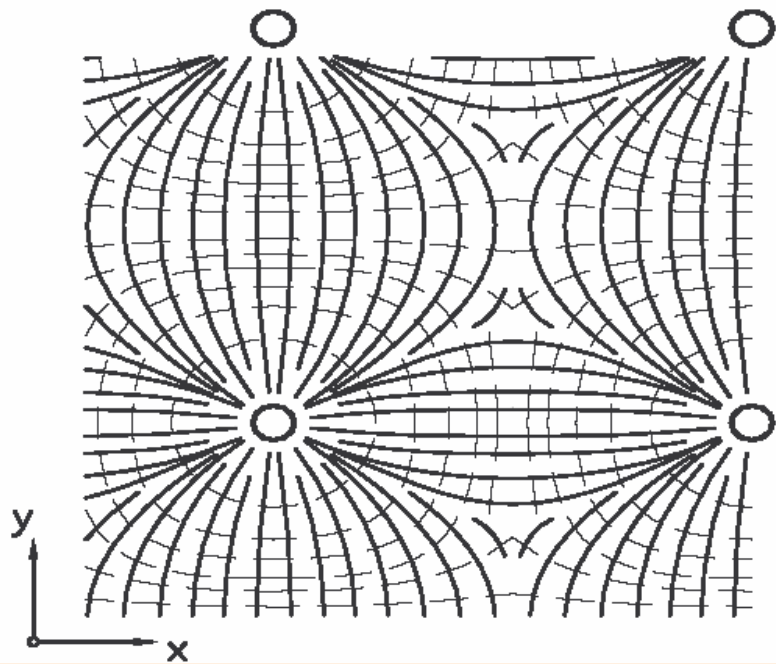
Pokud nevyplývá způsob *ukončení desky* za okrajovými sloupy ze zvolené technologie výstavby, má být délka vyložení desky za spojnicí os okrajových sloup v rozmezí $(0,15 \text{ až } 0,25)L$.

Bezprůvlakové (bezhřibové) desky mají být ukončeny za lícem okrajového rohového nebo koutového sloupu (*obr. 2.7*) nejméně ve vzdálenosti $0,5h_s$.

Opatrně je třeba navrhovat i *konstrukci schodiště* uvnitř lokálně podepřené desky



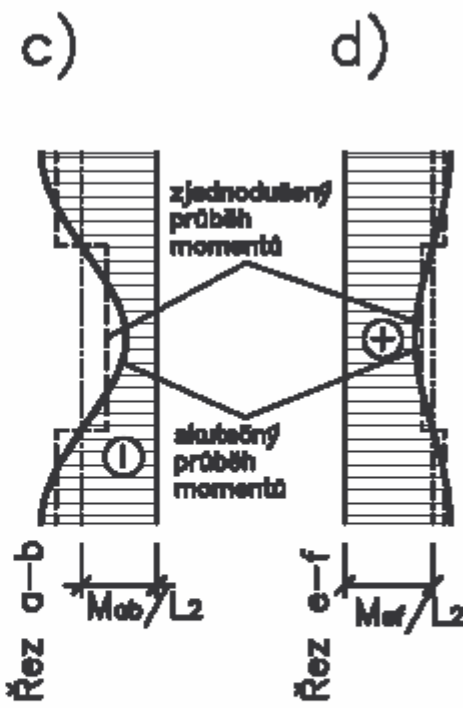
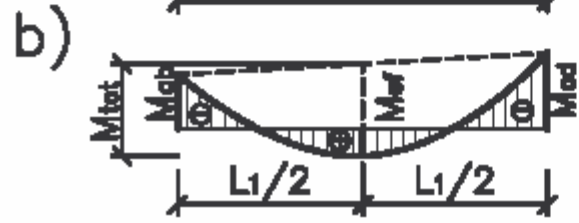
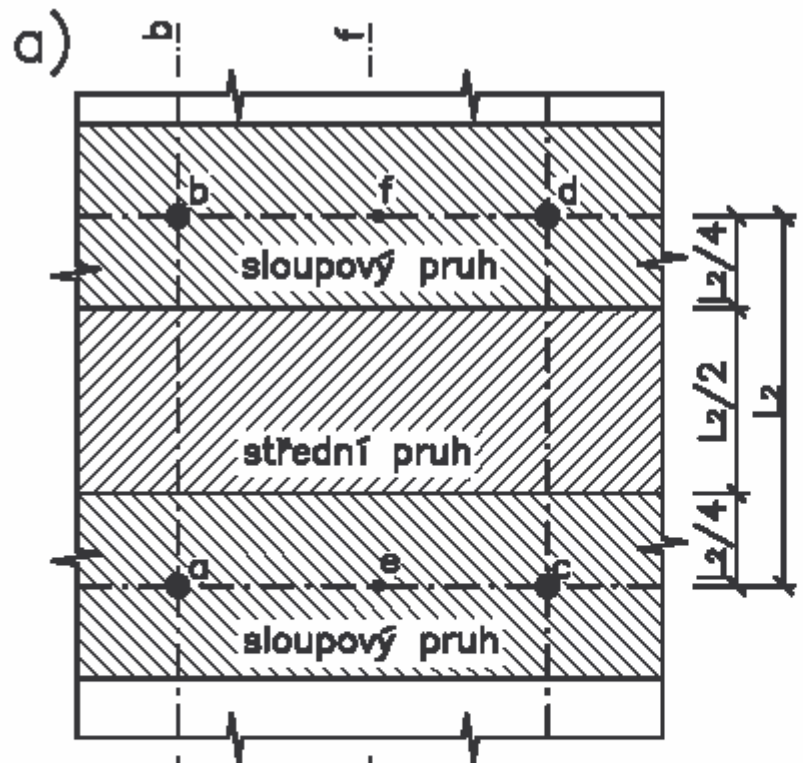
Při návrhu objektu s lokálně podepřenými deskami je třeba pečlivě posoudit i *prostorové ztužení objektu* proti působení vodorovných složek zatížení v libovolném směru.

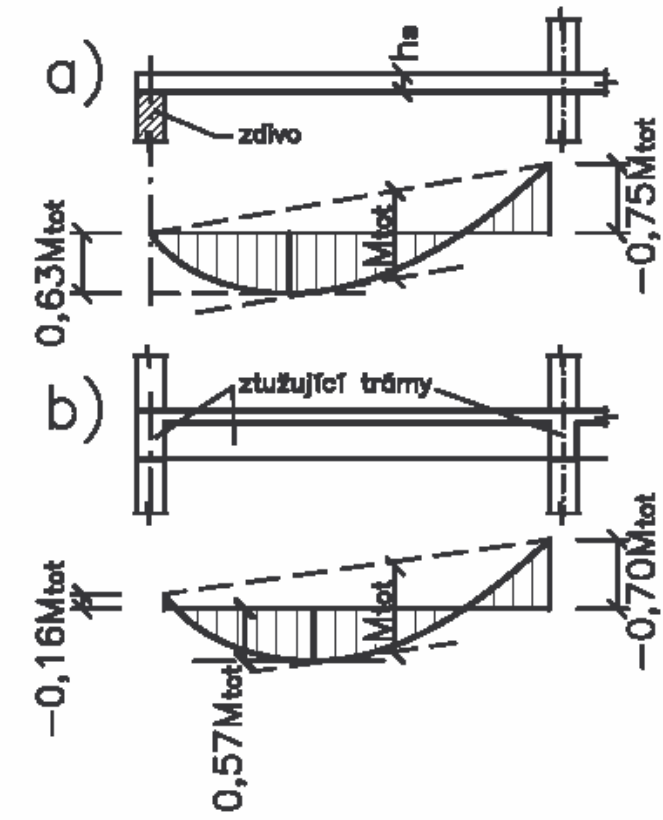


$$M_{tot} = \frac{1}{8}(g + q) \cdot L_2 \cdot L_1^2$$

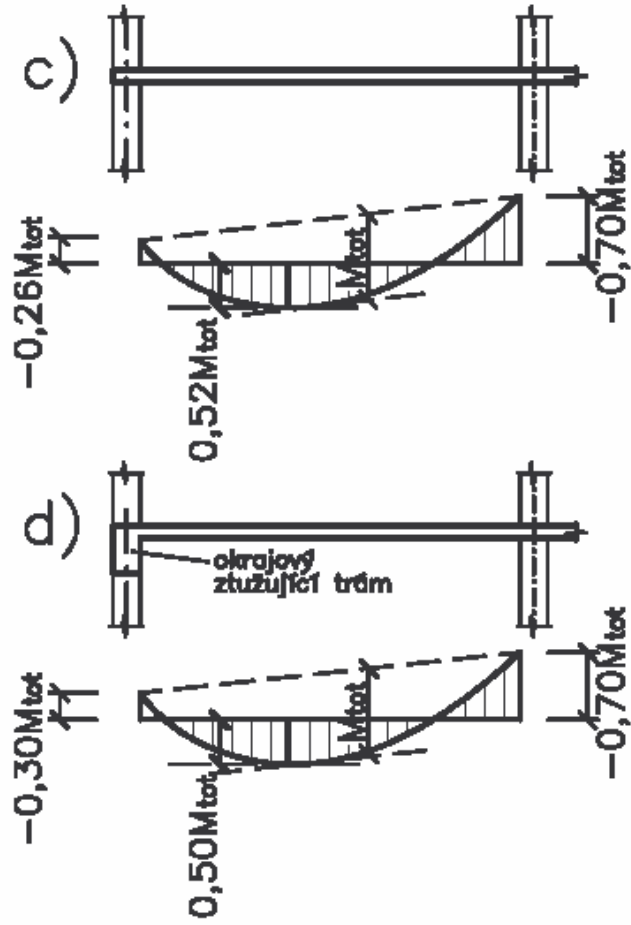
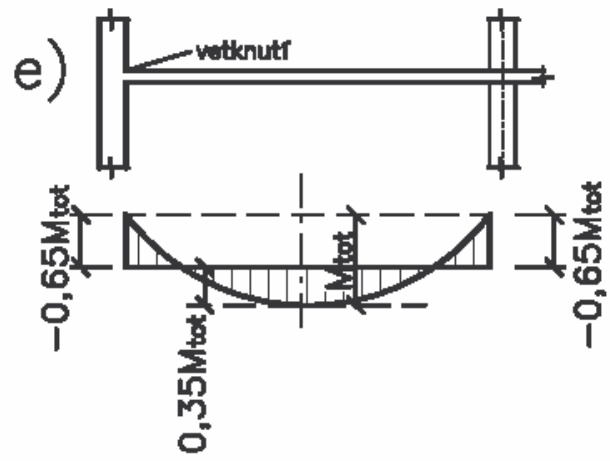
Zjednodušené metody

Metoda součtových momentů

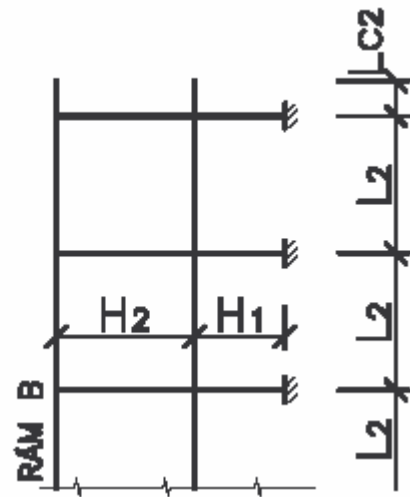
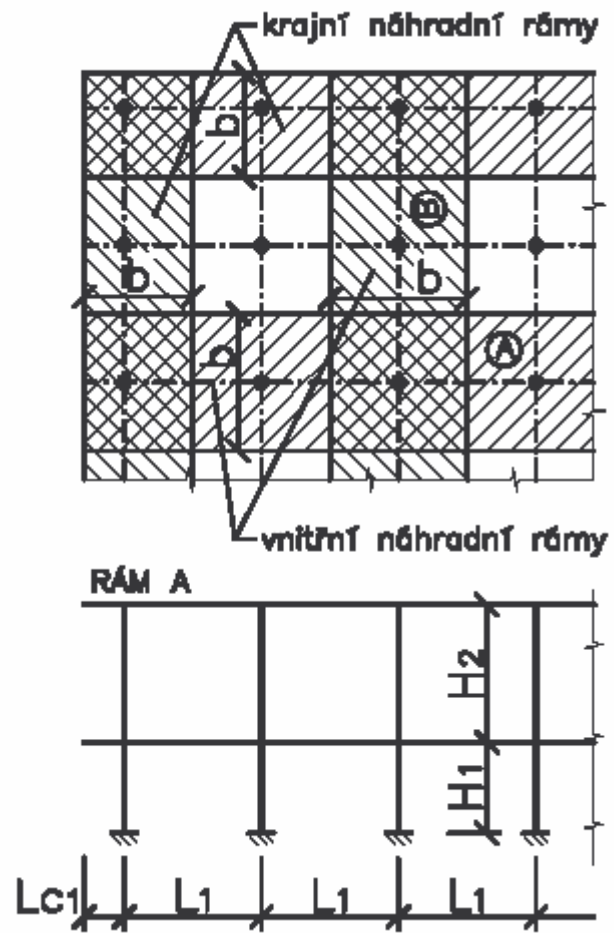




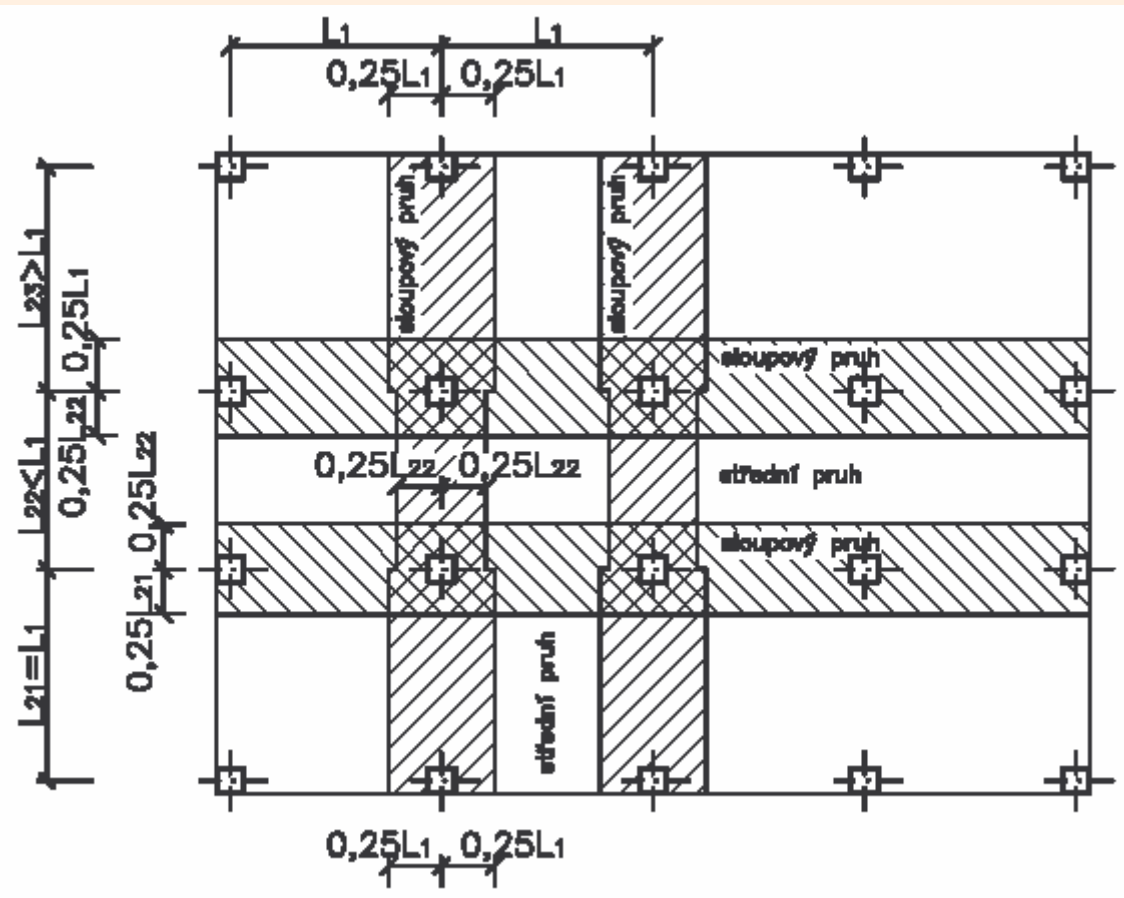
$$M_{tot} = \frac{1}{8} (\sum g_d + \sum q_d) \cdot b \cdot L_{1n}^2$$



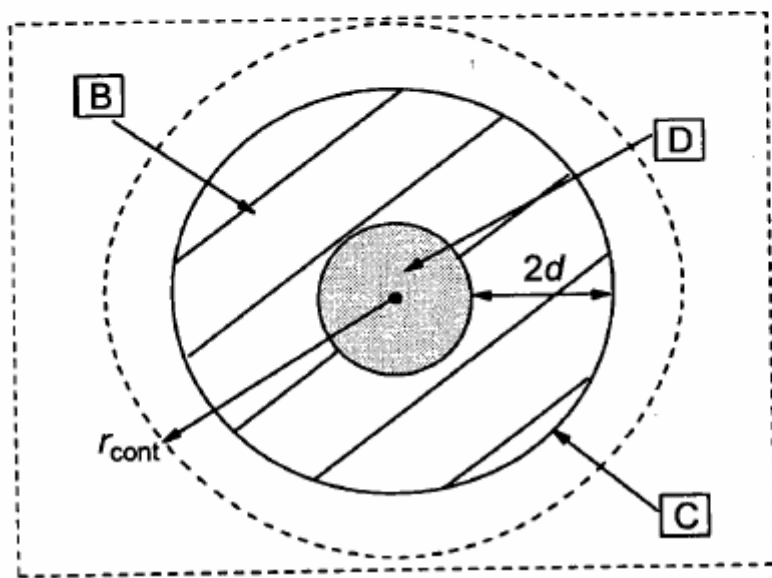
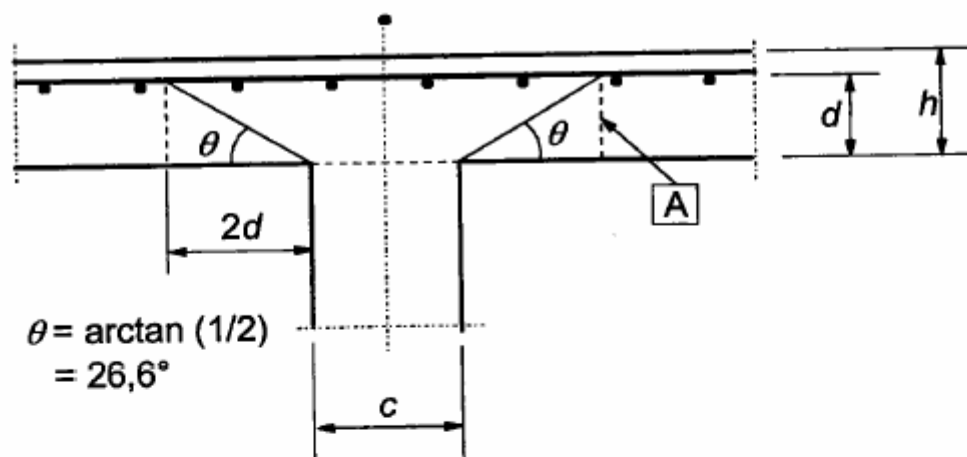
Metoda náhradních rámu



Rozdělení momentů v příčném směru



Mez porušení posouvající silou – protlačení

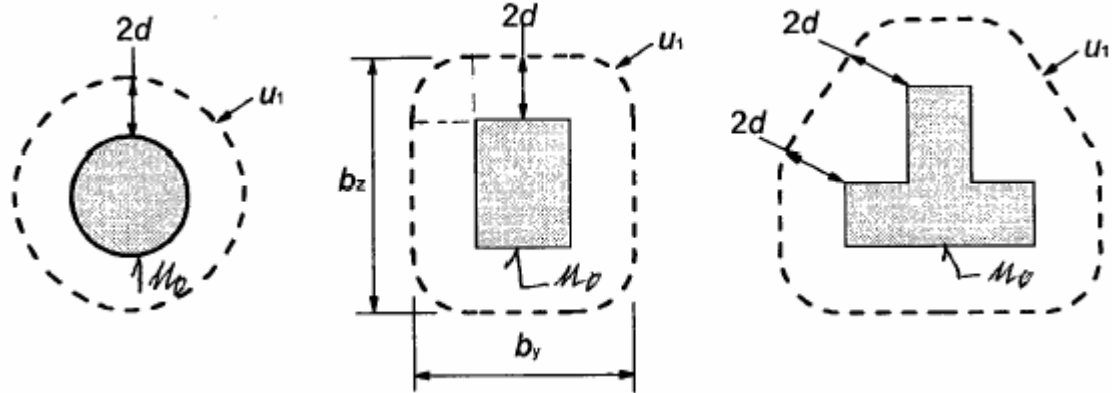


B

C

D

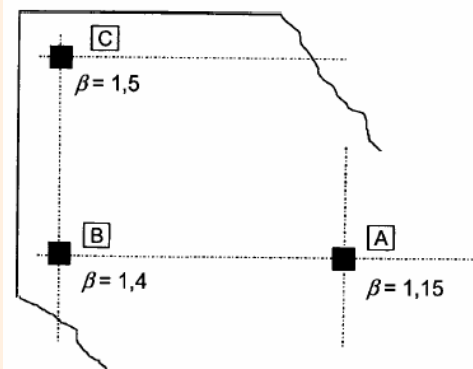
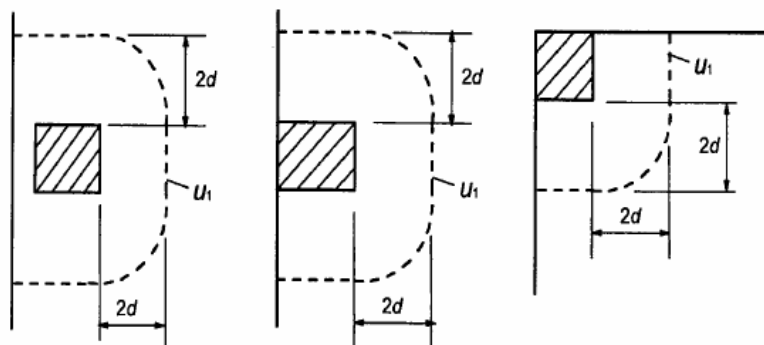
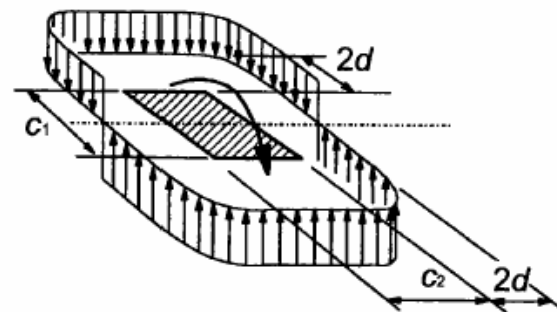
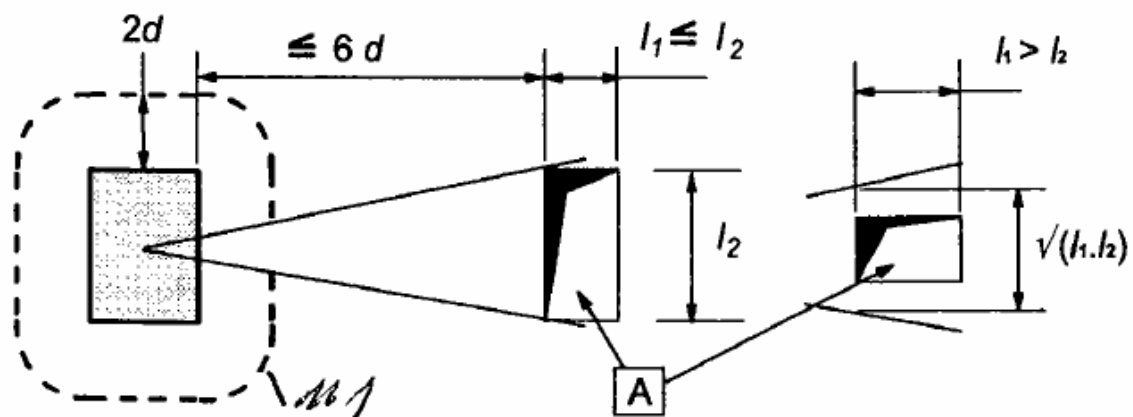
r_{cont}



$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

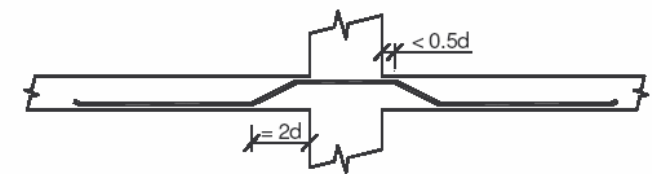
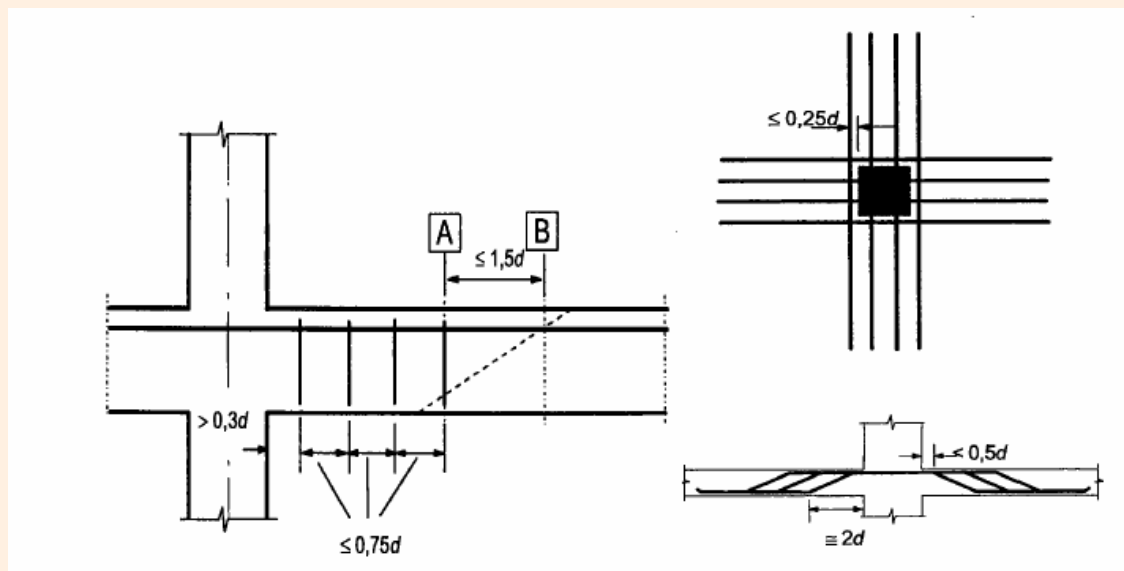
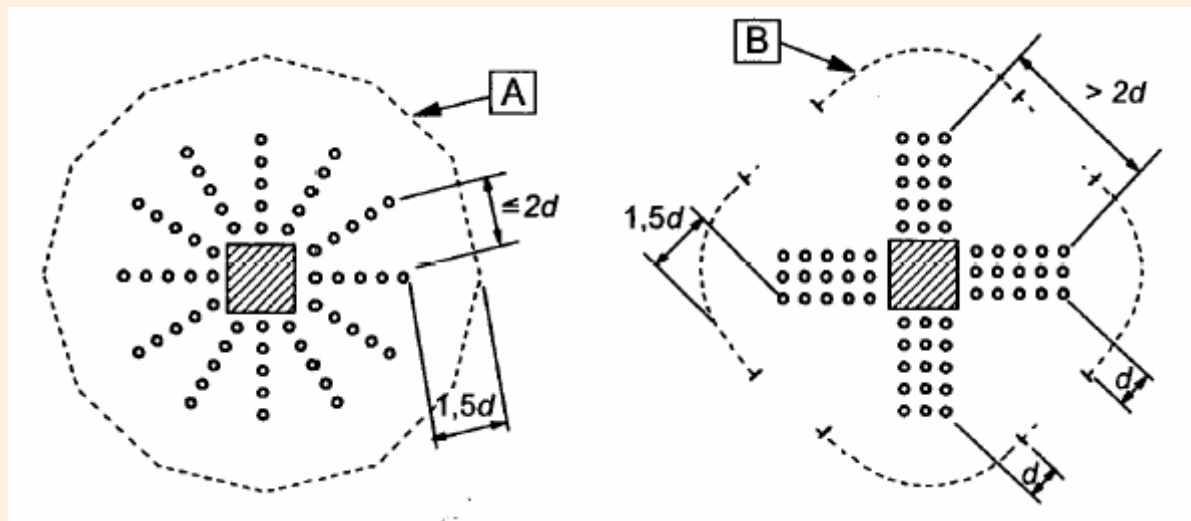
$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_1}$$

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl$$



Smyková odolnost v protlačení pro desky se smykovou výztuží

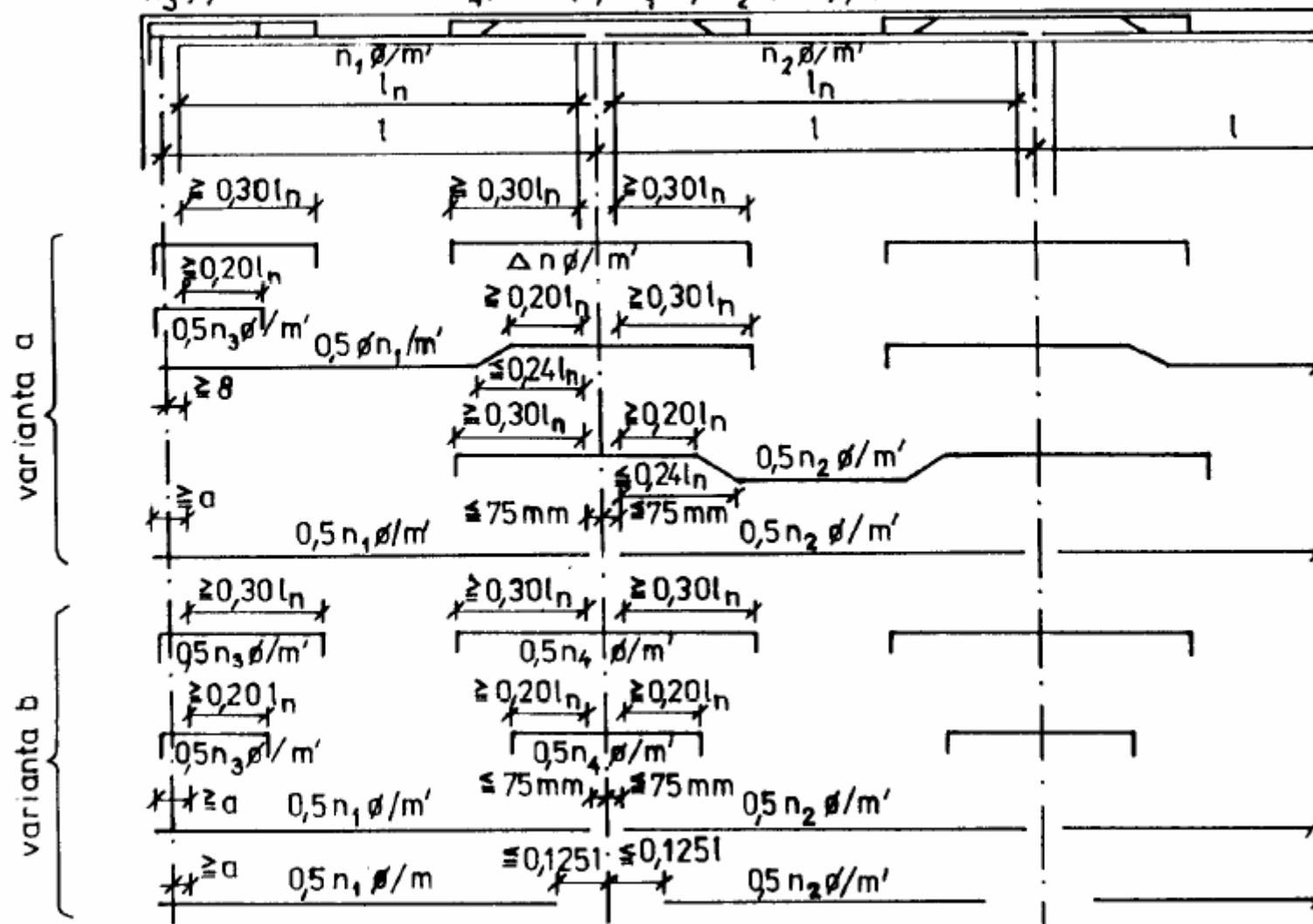
$$v_{Rd,cs} = 0,75v_{Rd,c} + 1,5(d / s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$



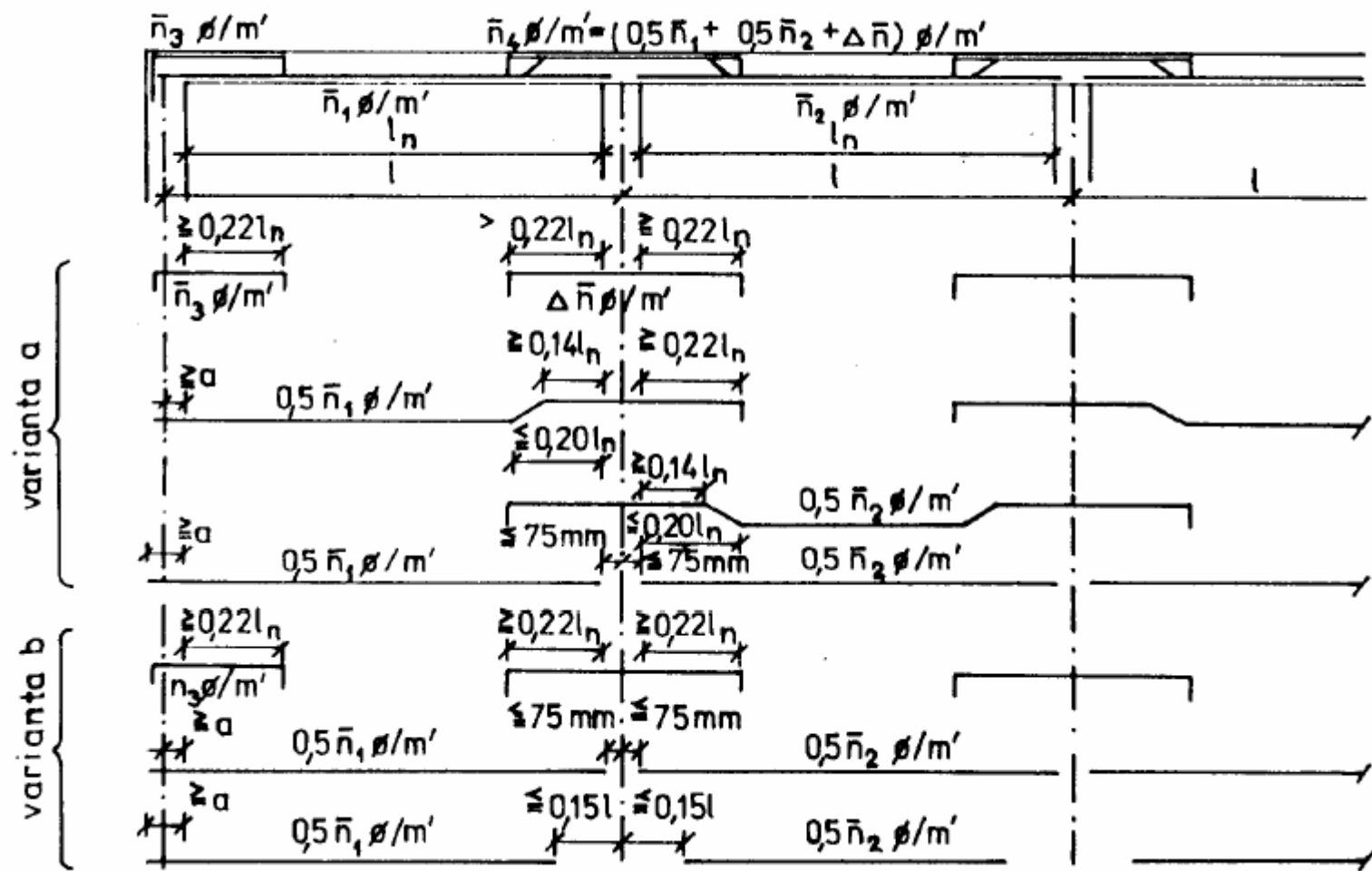
SLOUPOVÝ PRUH

$$n_3 \varnothing / m'$$

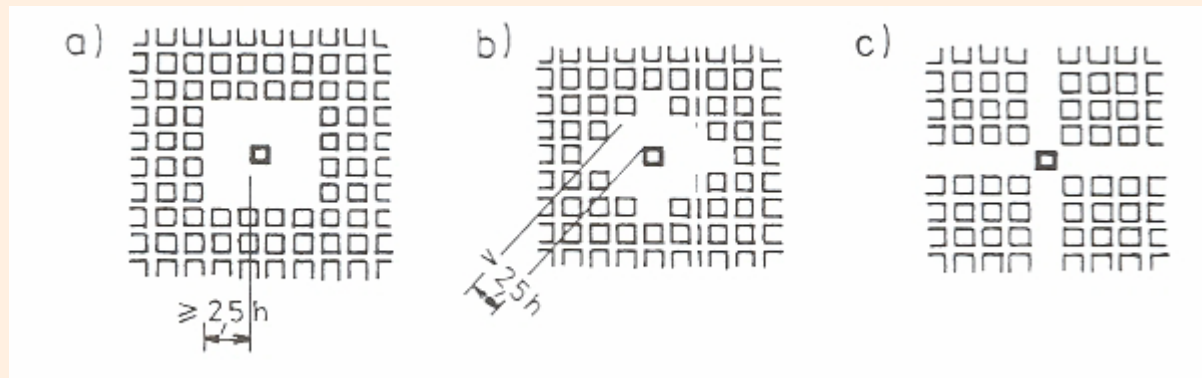
$$n_4 \varnothing / m' = (0,5 n_1 + 0,5 n_2 + \Delta n) \varnothing / m'$$



STŘEDNÍ PRUH

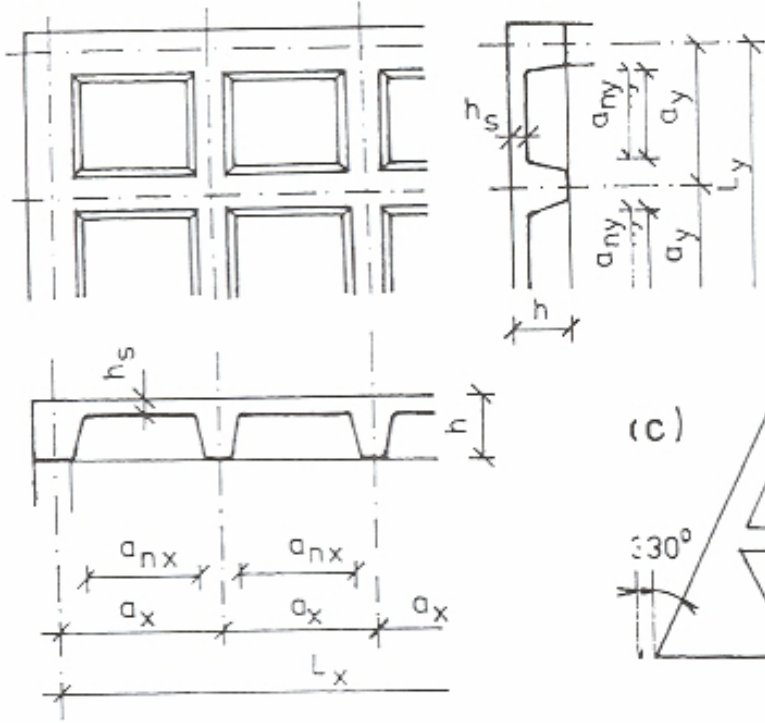


KAZETOVÉ DESKY

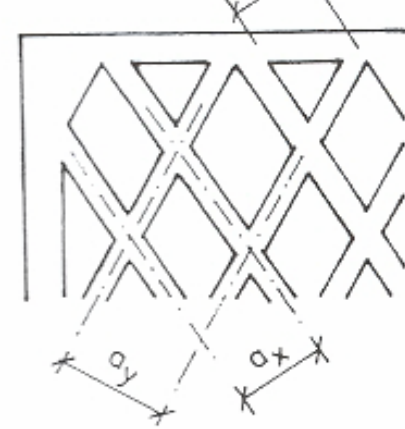


- osová vzdálenost žeber v obou hlavních směrech a_x, a_y , popř. a nepřekročí pětinu menšího z obou rozpětí deskového pole L_x, L_y ;
- osová vzdálenost žeber a_x, a_y , popř. a nepřekročí dvojnásobek tloušťky desky s žebry h ;
- tloušťka horní desky h_s není menší než desetina světlé vzdálenosti žeber a_x, a_y , popř. a_n ani menší než 30 mm.

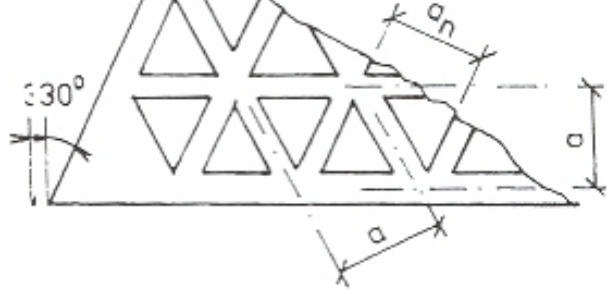
a)



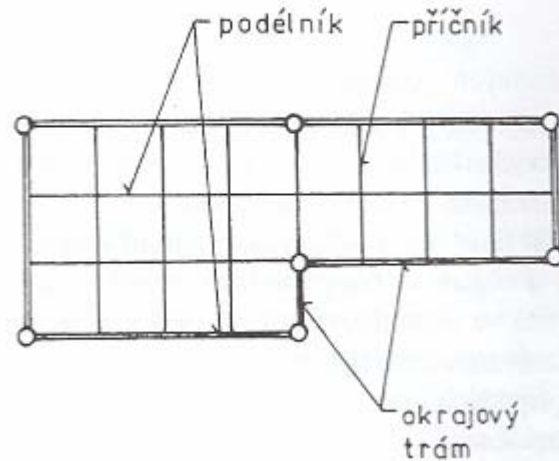
b)



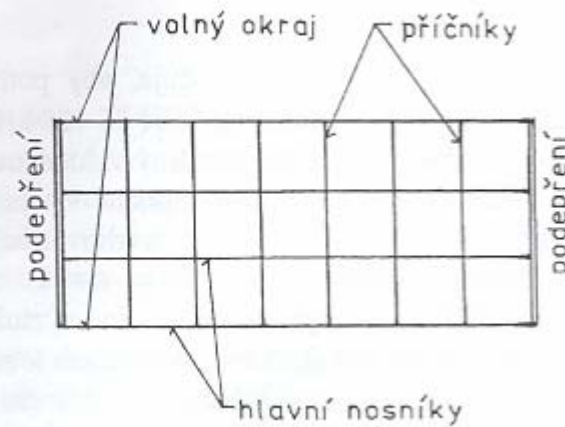
(c)



a)



b)



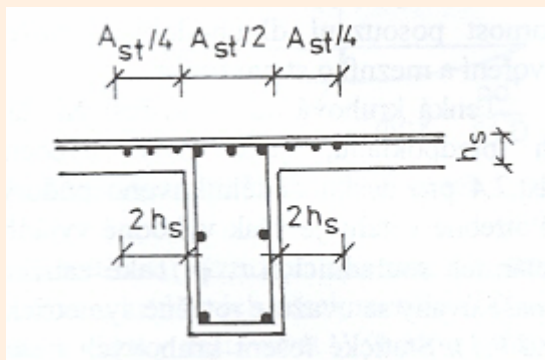
- osová vzdálenost trámů a_x, a_y , se volí v rozmezí od 1,0 m do 2,5 m, výjimečně menší (do 0,6 m),
- tloušťka desky h_s by měla odpovídat intenzitě zatížení v rozmezí od $(a_{nx} + a_{ny})/75$ do $(a_{nx} + a_{ny})/105$, nejméně však $h_s = 50$ mm do osové vzdálenosti trámů 1,0 m, $h_s = 60$ mm do osové vzdálenosti trámů 1,50 m a $h_s = 70$ mm při osové vzdálenosti trámů nad 1,50 m,
- výšku deskových trámů lze doporučit podle intenzity užitečného zatížení při:

$$v_s \leq 8,0 \text{ kNm}^{-2} \dots\dots\dots h = \left(\frac{1}{17} \div \frac{1}{15} \right) L$$

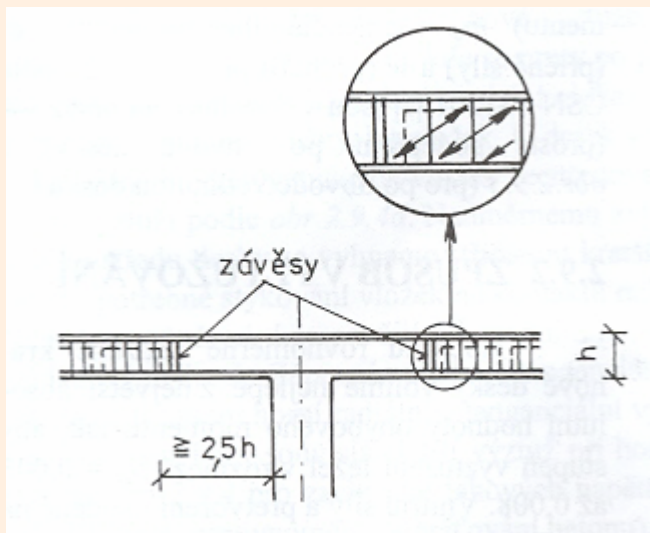
$$8,0 \text{ kNm}^{-2} < v_s \leq 15,0 \text{ kNm}^{-2} \dots\dots\dots h = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{10} \right) L$$

$$v_s > 15,0 \text{ kNm}^{-2} \dots\dots\dots h = \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{8} \right) L$$

- šířka trámu se volí od jedné třetiny do poloviny výšky trámu h .



Rozdělení výztuže trámu do desky



Připojení žebek kazetové desky
k nevylehčené části









Literatura:

- Bažant, Z. a kol.: Plošné betonové konstrukce, Brno
- Bažant, Z.: Betonové konstrukce I, modul CS 3, Betonové konstrukce plošné (opory)
- ČSN 73 1204 Navrhování betonových deskových konstrukcí působících ve dvou směrech
- ČSN EN 1992-1-1 Navrhování