

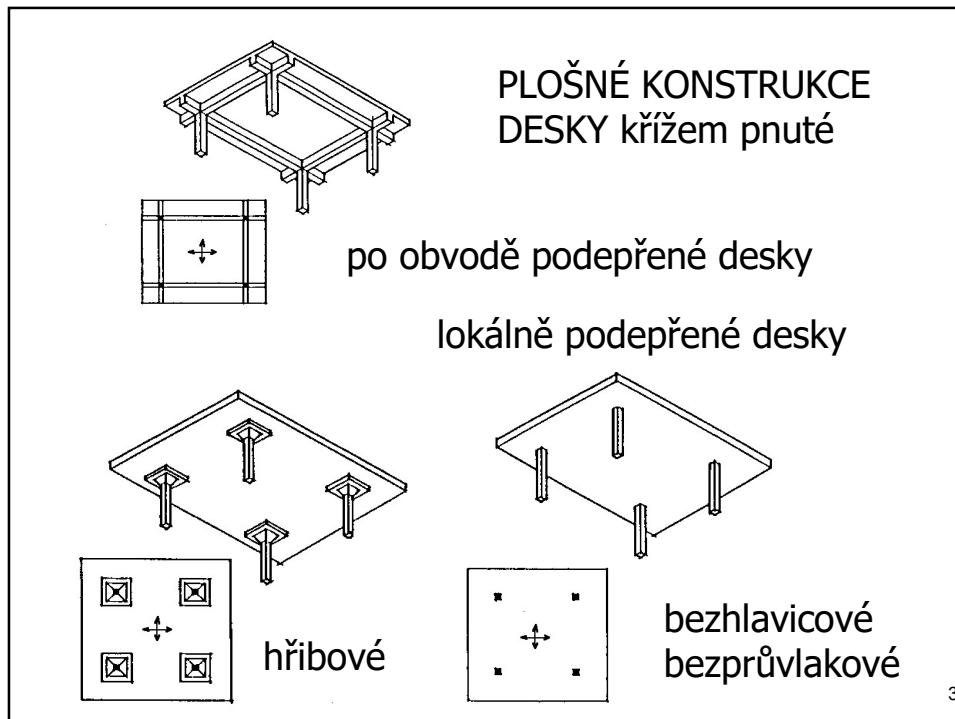
## **DESKY LOKÁLNĚ PODEPŘENÉ**

- úvod, rozpětí, zatížení, průřezy
- ztužení, zesílení, hlavice – viditelné, skryté
- terminologie, vhodné uspořádání konstrukce
- statické působení, metody výpočtu
- přibližné metody výpočtu momentů –  
předpoklady, podmínky užití, postup:
  - metoda součtových momentů
  - metoda náhradních rámců
- vyztužování podélnou výztuží, konstrukční zásady
- protlačení - porušení, posouzení únosnosti,  
vyztužení na protlačení
- MSP, přibližný výpočet průhybu

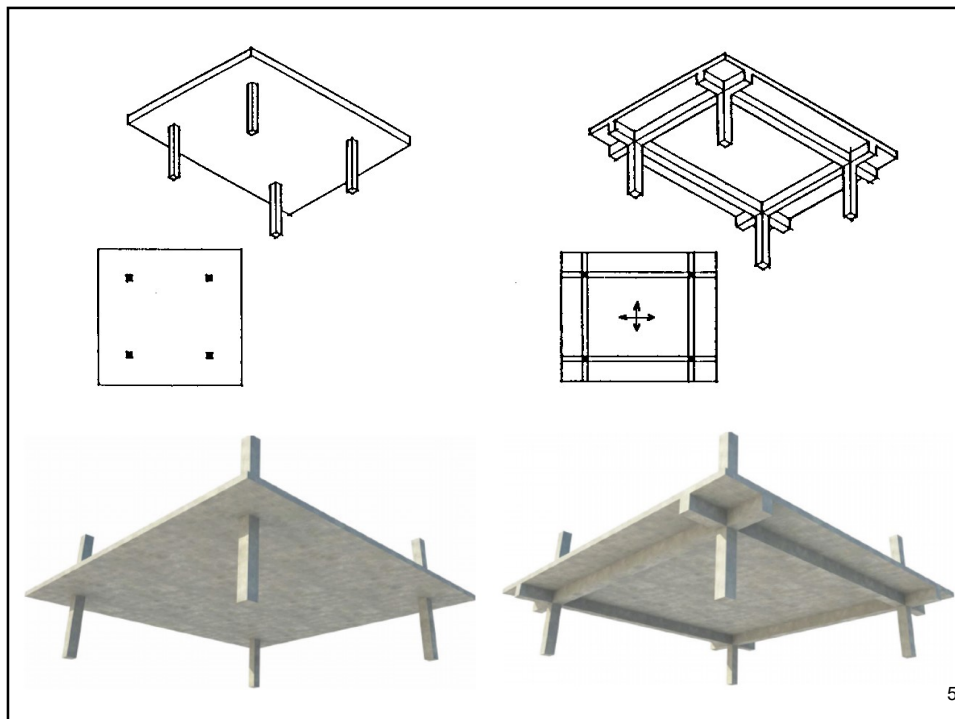
1

- Na slidu je přehled témat, kterých se tato přednáška bude týkat.
- Většina kapitol je věnována mezním stavům spolehlivosti, mezním stavům použitelnosti a zásadám vyztužování desek lokálně podepřených.
- Budou zdůrazněny kapitoly, jejichž znalost bude potřebná k úspěšnému zvládnutí zkoušky.

2



- Na slidu jsou dva typy desek obousměrně neboli křížem pnutých.
- Roznos plošného zatížení do dvou směrů funguje u desek čtvercového nebo obdélníkového půdorysu s poměrem stran deskových polí max 1:2 (nebo 2:1). V opačném případě se jedná o desku převážně jednostranně pnutou – naprostá většina zatížení se přenáší ve směru kratšího rozpětí.
- Desky po obvodě podepřené stěnami nebo tuhými průvlaky (výška průvlaků je alespoň 2~2,5 násobkem tloušťky desky).
- Desky, které dostatečně tuhé podpory nemají, považujeme za lokálně podepřené. Tyto desky mohou být navrženy buď jako desky se ztužujícími nosníky s malou tuhostí v osách spojujících sloupy (výška nosníků je menší než dvojnásobek tloušťky desky) nebo s určitým ztužením pouze v oblasti sloupu – zesilující desky a hlavice. V současnosti jsou velmi často navrhovány lokálně podepřené desky bezprůvlakové a bezhlavicové s rovným pohledem.



5

## Aplikace lokálně podepřených desek

### výhody

- rovný pohled – vedení instalací – světlá výška
- roznášení lokálního zatížení
- hřibové – i pro velká zatížení
- jednoduché bednění, možnost vylehčení
- jednoduché vyztužování  
(ale u větších zatížení nutná výztuž na protlačení, příp. hlavice)

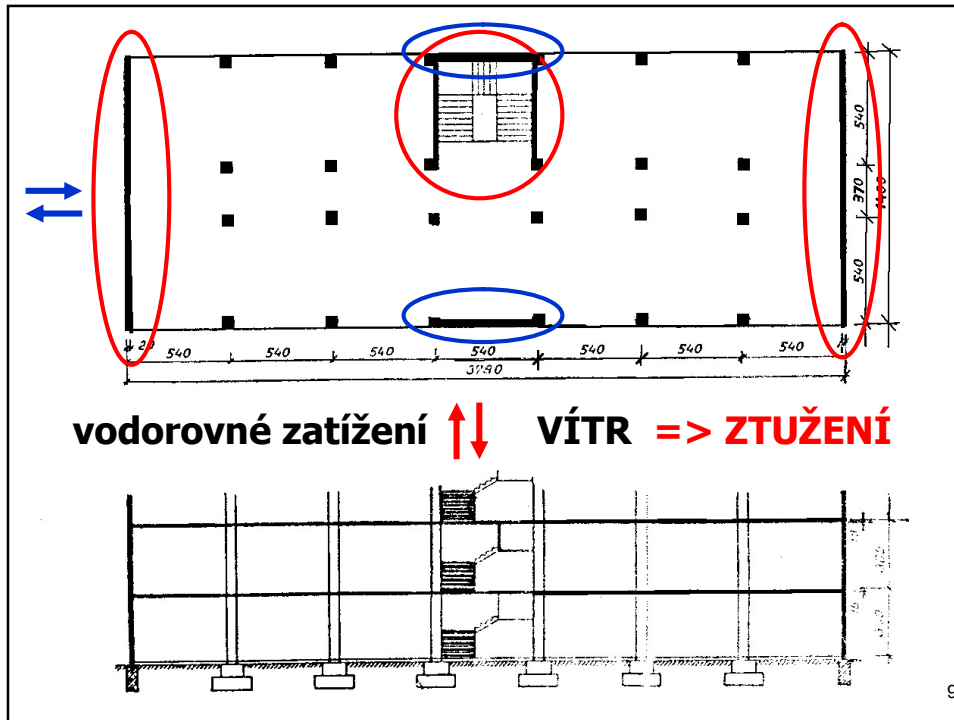
### nevýhody

- menší prostorová tuhost celé konstrukce proti působení vodorovného zatížení – VÍTR => nutnost ztužení
- větší průhyby (kontrola MSP !!!)
- navrhování – posouzení protlačení

6



- Fotografie spodního povrchu lokálně podepřené desky s instalacemi rozvodů TZB.
- Rovný spodní povrch umožní umístit tyto rozvody přímo pod desku (ne až pod spodní hranu nosníků) ⇒ menší konstrukční výška jednotlivých podlaží



9

- Budovy, kde je použit konstrukční systém s lokálně podepřenými deskami (na obrázku) jsou málo prostorově tuhé – bez ztužujících prvků nejsou ani při malých výškách objektů schopné zvládat zatížení od vodorovně působícího větru. Tyto systémy proto obecně vyžadují nějaké ztužení v podobě smykových stěn buď samostatně působících nebo spojených do otevřených či uzavřených ztužujících jader.
- Na obrázku je příklad budovy, kde je dispozice s ohledem na funkci objektu značně uvolněná. Jako ztužení na účinky větru fungují buď samostatně stěny nebo alespoň částečně spojené, prostorově působící stěny otevřeného jádra u schodišťového prostoru. Tyto stěny lze zároveň využít k uložení mezipodest třiramenného schodiště.
- Účinek větru bude významnější na podélnou stranu objektu budovy (červeně vyznačeno) – tento vítr budou přebírat stěny rovnoběžné se směrem větru – v tomto směru jsou stěny velmi tuhé a velmi účinné bude otevřené jádro u schodiště.
- Vítr působící na příčnou obvodovou stěnu (modře vyznačeno) objektu budou přebírat opět stěny rovnoběžné se směrem větru – tedy ty modře vyznačené.

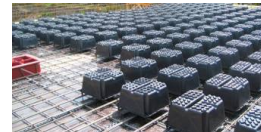
10

### desky lokálně podepřené

= desky působící ve dvou (více) směrech

lokální podpory = sloupy (kruhové, n-boké)  
nebo krátké stěny

rozpětí: 5 – 7m (až 9m) u plných desek  
až 12m u vylehčených  
(kazetových)



tvár - desky konstantní tloušťky

- zesílení
- široké nízké průvlakky
- hlavice



11

### terminologie:

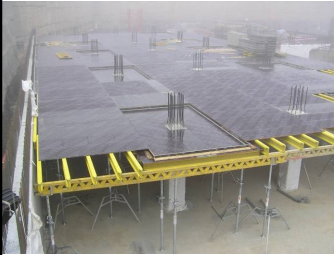
- desky hříbové
- desky bezhříbové - bezhlavicové
- desky bezprůvlakové
- desky kazetové - vylehčení  
→ viditelná žebra v obou směrech
- desky vylehčené ztraceným  
bedněním → skrytá žebra
- šířka podpory  $c$
- světlost (světlé rozpětí)

} při splnění  
podmínek  
geometrie →  
rovinné  
působení

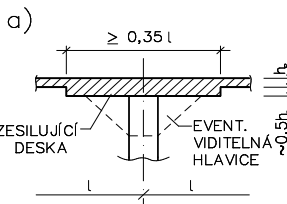
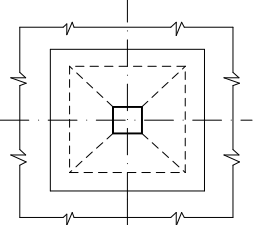
12

**zesílení**

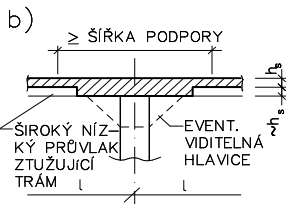
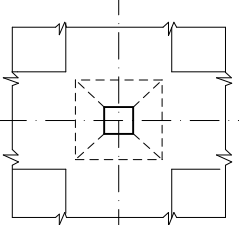
**-u podpory**                      **- široké nízké průvlaky**  
(průvlaky nelze považovat za dostatečně tuhé podpory!)



a)

b)

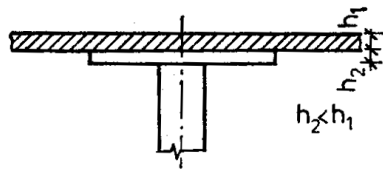
**NEJSOU podporami**

- pouze ztužení
- vliv na rozdělení momentů

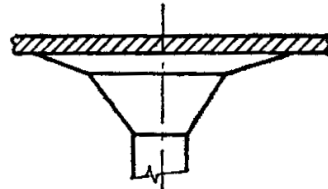
13

- Zesilující deska v místě lokální podpory
  - Zesilující nízké průvlaky v osách sloupů
  - Na obrázcích jsou řezy a výseky z výkresů tvaru lokálně podepřených desek s těmito typy ztužujících prvků. Tyto prvky nemají dostatečnou ohybovou tuhost, nelze je považovat za podpory, ale „pouze“ jakési ztužení desky. Konstrukce za statického hlediska řešíme nikoliv jako po obvodě podepřené desky, ale jako desky lokálně podepřené se ztužujícími prvky.
- 14

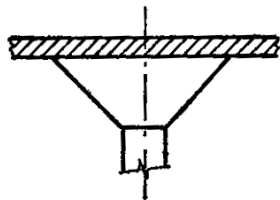
zesilující deska



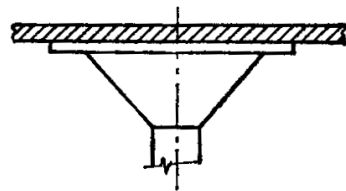
hřibová hlavice lomená



hřibová hlavice jednoduchá



hřibová hlavice kombinovaná se zesilující deskou



15

- Na slidu jsou různé možnosti uspořádání desky v kombinaci se ztužujícími prvky:

- deska se zesilující deskou



- deska s hlavicí



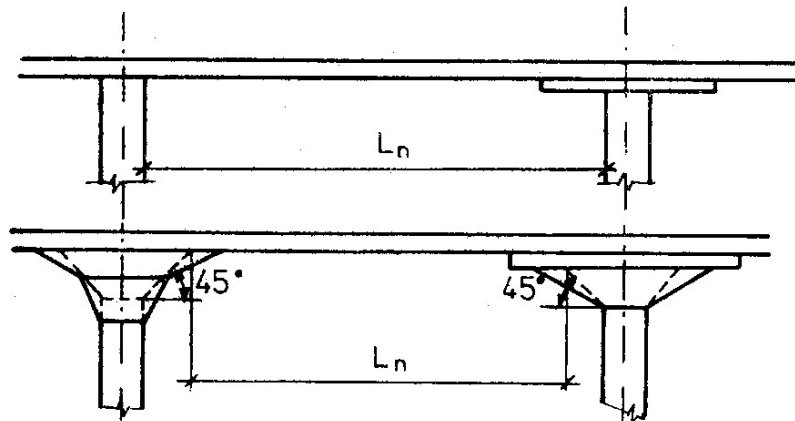
- deska s lomenou hlavicí

- deska se zesilující deskou v kombinaci s hlavicí

16



## vliv hlavice na světlé rozpětí pro výpočet ohybových momentů desky



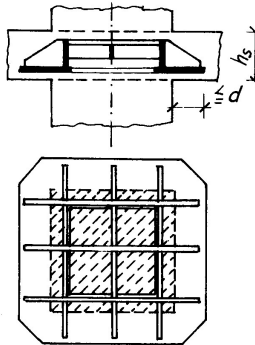
17

- Varianty uspořádání ztužujících prvků lokálně podepřených desek.
- Horní obrázek vpravo bezhlavicová a bezprůvlaková deska + deska se ztužující deskou ... tyto dva ztužující prvky mají omezený vliv na hodnoty ohybových momentů, takže pro další výpočty se uvažuje pouze redukce osového rozpětí desky na lince svislých sloupů.
- Viditelné, tzv. přiznané hlavice ale významným způsobem zvyšují tuhost spojení desky s sloupem, lze pro výpočet ohybových momentů uvažovat redukci osových rozpětí deskových polí ke hranám staticky účinných hlavic (hlavice pod úhlem  $45^\circ$ ).
- Jak hlavice, tak i zesilující desky mohou výrazně zredukovat průhyby lokálně podepřených desek.

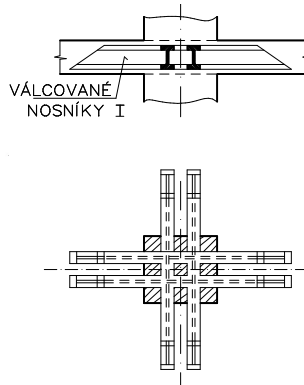
18

## skryté ocelové hlavice

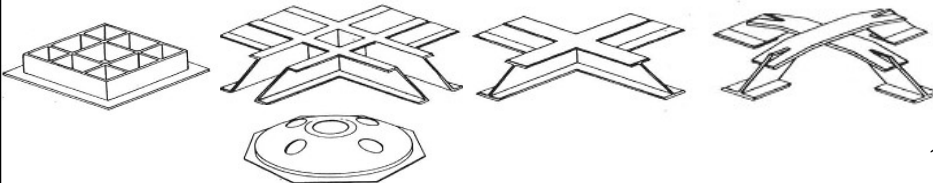
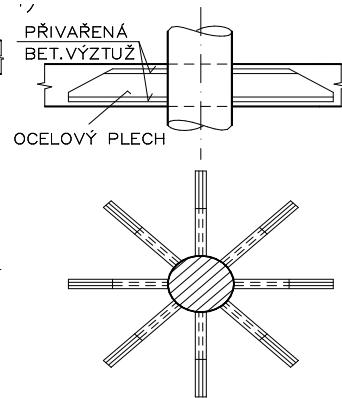
- manžetová



- roštová



- žebrová



19

- Pokud nelze s ohledem na požadovanou rovinnost spodního povrchu desky realizovat viditelné = přiznané hlavice nebo zesilující desky, lze navrhnout hlavice uložené v tloušťce desky – tzv. skryté hlavice. Bednění zůstává rovné, hlavice nemá vliv na světlou a tudíž konstrukční výšku patra.
- Na slidu jsou možné typy skrytých hlavic.
  - manžetová hlavice ... svařenec z velmi tlustých ocelových plechů s dostatečnými ztužujícími prvky
  - roštová hlavice ... svařenec z válcovaných ocelových I profilů
  - žebrové hlavice ... různé svařence z ocelových plechů a prutů betonářské výztuže na obou stranách plechu (na obrázku je spojení ocelového sloupu kruhového průřezu, ocelové skryté hlavice a betonové lokálně podepřené desky)
  - úplně dole kruhová plechová hlavice vhodná pro desku s kruhovými betonovými sloupy

20

## zásady návrhu konstrukčního uspořádání

staticky vhodné je navrhovat:

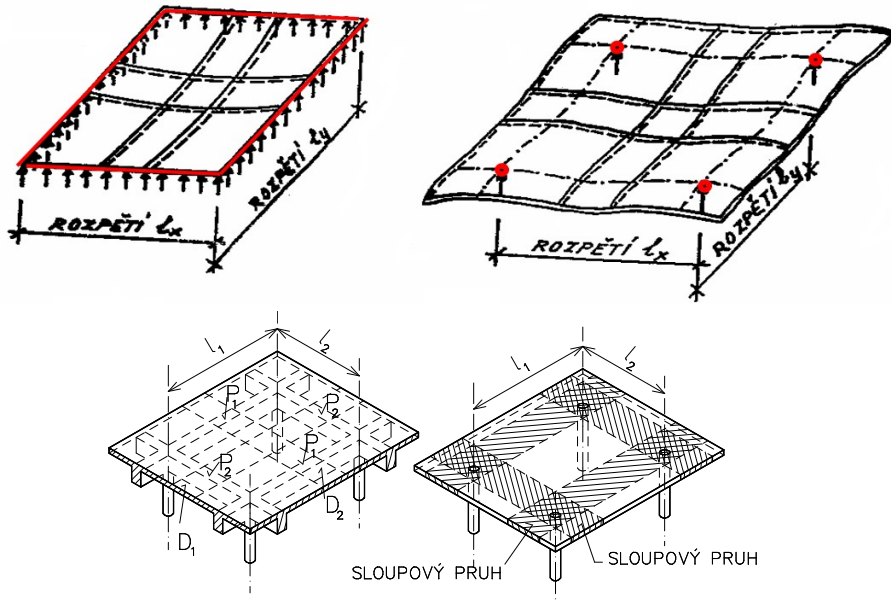
- pravidelné konstrukce (nepříliš rozdílná rozpětí)
- tří- a vícetraktové systémy
- překonzolování desky nebo okrajové trámy
- ztužující stěny, jádra k přenášení vodorovných sil
- samostatné nosné systémy schodiště  
– nezatěžovat přímo desku

21

- Slide vypočítává zásady návrhu konstrukcí s lokálně podepřenými deskami, které je vhodné dodržet ze statického hlediska:
- Pravidelnost konstrukce je vždy výhodou pro statické výpočty – myslí se tím.
  - stejná nebo málo se lišící rozpětí sousedních polí ( $\approx$  nevadí rozdíl zhruba 10%)
  - čtvercová desková pole, případně obdélníková s malým rozdílem v rozpětích
- Minimálně tří-traktové konstrukce (staticky výhodné působení s ohledem na spojitost konstrukce)
- Návrh překonzolování desky – příznivý vliv na mezipodporové ohybové momenty a tudíž i na průhyby krajních deskových polí; vyložení konzol je vhodné zhruba kolem  $\frac{1}{4}$  délky pole, větší konzoly naopak mohou statické působení konstrukce velmi nepříznivě ovlivnit a výrazně změnit průběh ohybových momentů i deformace
- Vhodné jsou ztužující okrajové nosníky u jinak v polích lokálně podepřené desky – příznivě ovlivní ... sníží průhyby krajních polí a také významně příznivě ovlivní přenos zatížení do svislých podpor – protlačení desky.
- Vždy je u těchto typů desek potřeba navrhovat ztužující jádra, jejichž stěny jsou jednak svislými tuhými podporami desek, a jednak ztuží celou budovu na účinky vodorovného zatížení větrem.
- Vždy je třeba promyslet umístění schodišť – situovat nejlépe do těchto ztužujících jader (mezipodesty mohou být podepřeny stěnami) + promyslet uložení šikmých schodišťových ramen do lokálně podepřené desky ... není vhodné ukládat šikmá ramena přímo do desek.

22

## statické působení



23

- Na slidu je dokumentován rozdíl ve statickém působení desek vlevo po obvodě podepřených a vpravo lokálně podepřených.
- U desek po obvodě podepřených se zatížení z plochy deskového pole přenáší nejprve do tuhých nosníků P1 a P2. Z nosníků se pak zatížení přenesou do sloupů. Deskové pole má po obvodě díky dostatečně tuhým podporám téměř nulový průhyb – vyznačeno červeně.
- Desky lokálně podepřené mají nulový průhyb pouze v místě lokálních podpor – sloupů – vyznačeno červeně. Funkci tuhých nosníků přebírají určité oblasti desky v blízkém okolí spojnic sloupů – oblasti desky se značně zvýšeným namáháním, vynášející ostatní části deskových polí – tzv. sloupové pruhy – jakési nízké = netuhé široké nosníky. Protože tyto oblasti mají zvýšené namáhání, jsou silněji vyztuženy.

24

## LOKÁLNĚ PODEPŘENÉ DESKY - statické působení

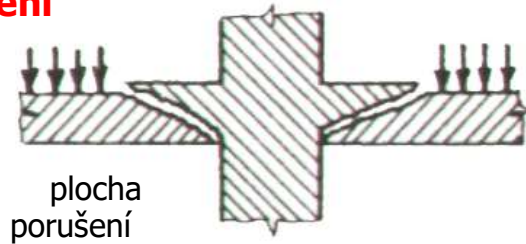
MSÚ

- ohyb
- smyk – **protlačení**

MSP

- průhyby
- šířky trhlin

zjednodušené metody  
METODA NÁHRADNÍCH RÁMŮ  
METODA SOUČTOVÝCH MOMENTŮ



na okraji desky je vhodné s ohledem na protlačení

- překonzolování desky
- ztužující žebro

25

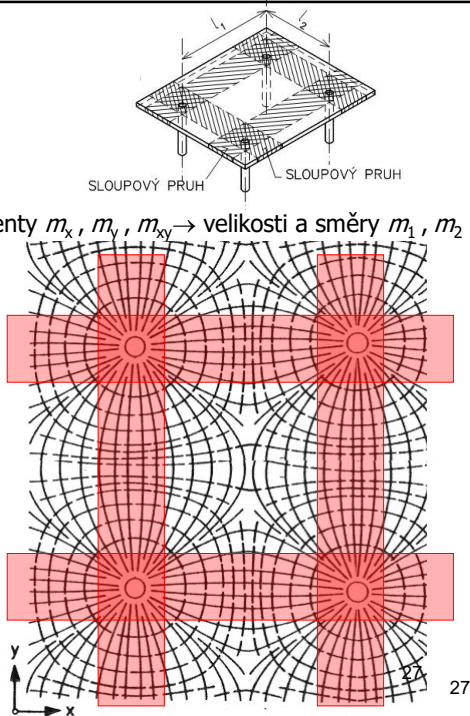
- V rámci návrhu konstrukce lokálně podepřené kontrolujeme desky na kriteria mezních stavů únosnosti – ohybové namáhání a navíc namáhání smykové. Veškeré zatížení z deskových polí směřuje rovnou do lokálních podpor (nikoliv nejprve do tuhých nosníků na obvodě deskových polí a pak teprve do sloupů). Oblasti spojení desky a lokálních podpor jsou proto extrémně namáhaná i smykem – přesněji řečeno mluvíme o namáhání protlačení (nebo propíchnutím) – vznik šikmých smykových trhlin po obvodě sloupu (viz obrázek). Desky v těchto oblastech ve většině případů nemají dostatečnou únosnost ve smyku (v protlačení) a tudíž je třeba provést návrh výztuže na protlačení v podobě jednostřížných trmíneků nebo ohybů.
- Pro výpočet ohybových momentů budou vybrány dvě zjednodušené metody – metoda součtových momentů a metoda náhradních rámců.
- Dále je třeba kontrolovat všechna kriteria mezních stavů použitelnosti, a to hodnoty šířek trhlin od zatížení přímého i zatížení nepřímých (smršťování ... rané trhliny, objemové změny při kolísání teploty nebo vlhkosti) a hodnotu průhybu deskových polí.
- S ohledem na protlačení u krajních a rohových sloupů lokálně podepřených desek je vhodné navrhovat mírné překonzolování desek, případně okrajová ztužující žebra.

26

## OHYB - metody řešení

### - lineárně pružná analýza

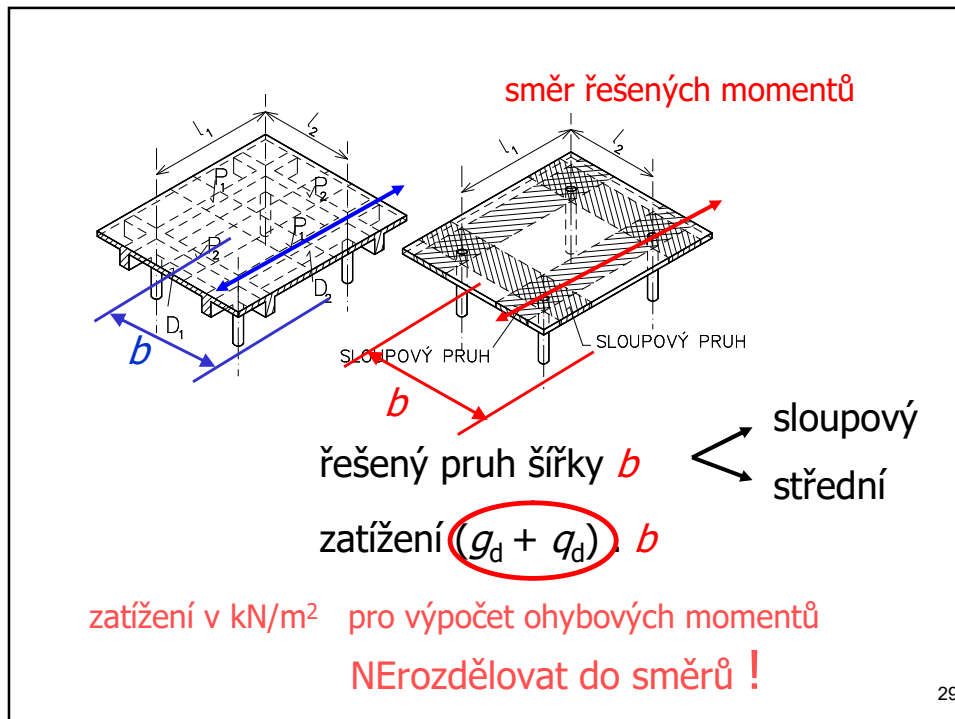
- z deskové rovnice → momenty  $m_x, m_y, m_{xy}$  → velikosti a směry  $m_1, m_2$
- tabulky  
pouze pro běžné případy geometrie a zatížení
- výpočetní programy  
(metoda konečných prvků)
- přibližné metody  
(pro pravidelné konstrukce)



27

- Výpočet ohybových momentů na deskách lokálně podepřených lze provést různými metodami.
- Přesný výpočet ohybových momentů podle teorie pružnosti z deskové rovnice je velmi složitý a zpravidla s ohledem na složitost konstrukce a okrajových podmínek téměř nemožný.
- Existují ve starší literatuře tabulky pro výpočet ohybových momentů na deskách, ovšem pouze pro běžné případy geometrie konstrukce a typická zatížení.
- Dnes je k dispozici mnoho výpočetních programů pracujících na základě metody konečných prvků. Těmi lze řešit zcela libovolné konstrukce, ovšem je třeba mít software k dispozici, umět s ním pracovat a správně vyhodnotit výstupy.
- My v rámci cvičení využijeme zjednodušené metody pro výpočet ohybových momentů na deskách lokálně podepřených pro pravidelné konstrukce – metodu součtových momentů a metodu náhradních rámců. Těmito metodami je vhodné i orientačně kontrolovat výstupy stanovené nějakými sofistikovanějšími složitějšími metodami. Jinými slovy – rozhodně se vyplatí je znát.
- Na slidu je také průběh hlavních momentů desky lokálně podepřené. Plné čáry jsou hlavní tahová napětí ... je zřejmé, že většina zatížení je přenášena ve spojnicích sloupů (červeně vyznačené pruhy) – v tzv. sloupových pruzích. Sloupové pruhy mají zesílenou výztuž.

28



- Postup při výpočtu ohybových momentů lokálně podepřené desky:
- Stanovíme tzv. řešený pruh ve směru řešených momentů. Je to oblast desky od osy jednoho deskového pole k ose druhého – sousedního deskového pole.
- Řešený pruh rozdělíme na dvě oblasti – sloupový pruh v blízkém okolí spojnic sloupů (vyznačeno šrafovou) a zbytek desky – tzv. střední pruhy.
- Plošnou deskovou konstrukci pro zjednodušení převádíme na prutovou, takže zatížení na metr čtverečný je třeba převést na zatížení na metr běžný ... celkové (stálé a proměnné) zatížení desky vynásobíme šířkou řešeného pruhu  $b$
- !!! U zjednodušených metod pro lokálně podepřené desky se zatížení nerozděluje do směrů jako tomu bylo u po obvodě podepřených desek – pro oba postupně řešené směry bereme celé NEROZDĚLENÉ zatížení.

## Přibližné metody výpočtu ohybových momentů

ČSN 73 1204 Navrhování deskových konstrukcí působících ve dvou směrech

- METODA NÁHRADNÍCH RÁMŮ
- METODA SOUČTOVÝCH MOMENTŮ

- předpoklady, princip řešení
- podmínky užití metod
- postupy výpočtu

Zbytková norma

ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

31

- Přibližné metody pro stanovení ohybových momentů lokálně podepřených desek definovala v minulosti platná norma ČSN 73 1204 Navrhování deskových konstrukcí působících ve dvou směrech.
- V době, kdy vstoupily v platnost evropské normy, byly ale všechny národní normy zrušeny. Přesto spousta pouček a myšlenek z nich je stále v platnosti a fungují. Některá ustanovení z takto zrušených norem byla z tohoto důvodu přesunuta do tzv. zbytkové normy s označením ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Mezi takováto ustanovení patří mimo jiné i základní postupy zjednodušených metod pro stanovení ohybových momentů na deskách lokálně podepřených – metoda součtových momentů a metoda náhradních rámců.
- Specifikujeme zde předpoklady, principy řešení, postupy výpočtu, včetně podmínek použití těchto zjednodušených metod. Uplatníme je i na cvičeních.

32



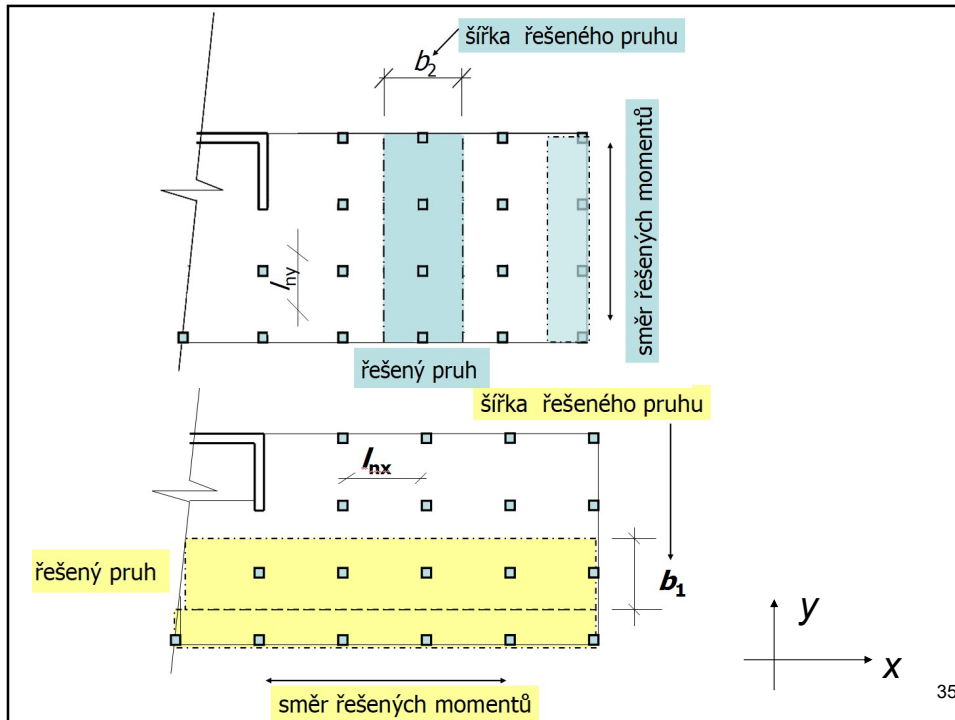
podmínky užití zjednodušených metod

- pravoúhlá desková pole, poměr stran max 2:1
- rozpětí deskových polí ve vyšetřovaném směru se neliší o více než o jednu třetinu rozpětí kratšího pole
- sloupy nejsou odchýleny od osového systému o více než 10 % vzdálenosti os kolmých na směr vychýlení

33

- Jedná se o zjednodušené metody  $\Rightarrow$  jejich použití má určitá omezení.
- Konstrukce musí být do určité míry pravidelná ... pravoúhlá desková pole, rozpětí sousedních deskových polí se nemá moc lišit, sloupy se příliš neodchylují od pravidelného osového systému.
- Aby deska roznášela zatížení do dvou směrů, musí být poměr stran deskových polí maximálně 2:1 (nebo 1:2).

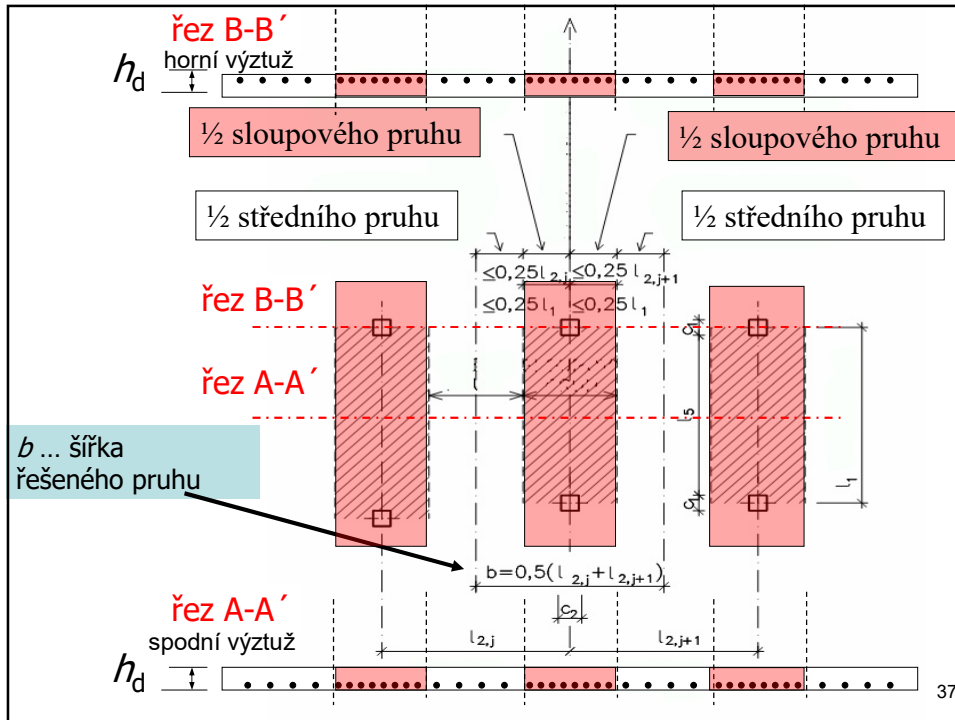
34



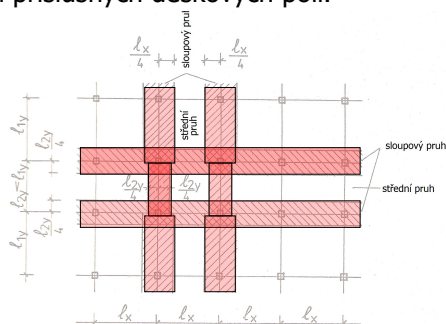
35

- Desku rozdělíme na jednotlivé řešené pruhy v obou směrech ... směr x vyznačeno žlutě, směr y modře, které řešíme samostatně  $\Rightarrow$  vzniknou vnitřní pruhy (obsahují část desky ze dvou sousedních deskových polí v řešeném směru) a pruhy okrajové (mají část desky jen z jednoho deskového pole).
- Šířka řešeného pruhu  $b_1$  (resp.  $b_2$ ) se měří od osy jednoho deskového pole k ose sousedního deskového pole.

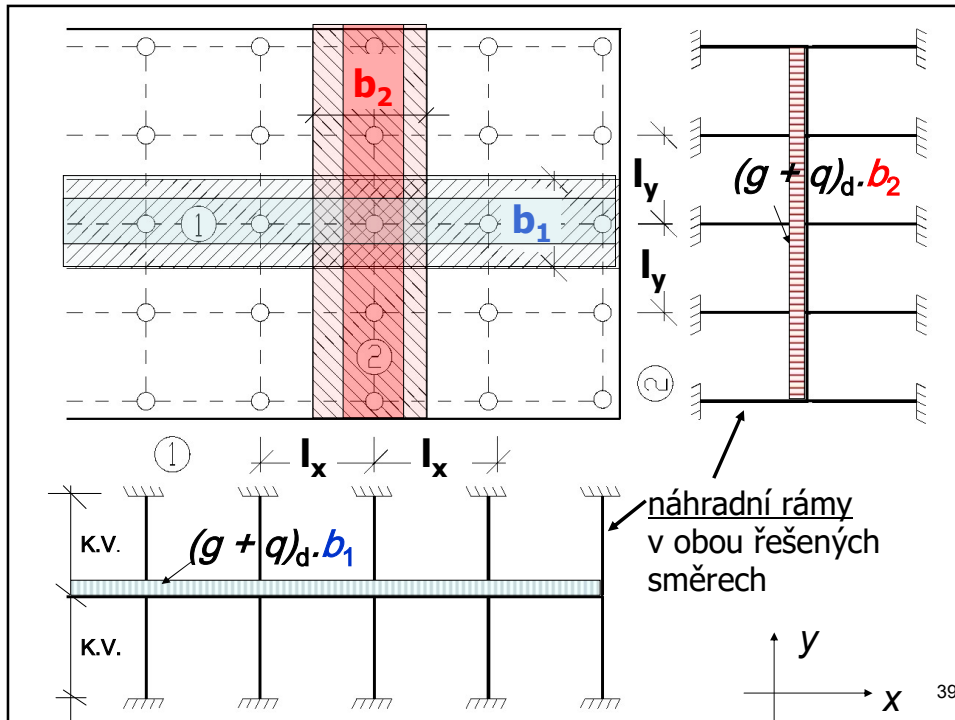
36



- Řešený pruh pak rozdělíme na pruh sloupový okolo osy sloupu a zbytek pruhu na obou stranách – pruhy střední.
- Šířka sloupového pruhu je součet  $\frac{1}{4}$  menšího z rozpětí deskového vpravo od osy sloupu a  $\frac{1}{4}$  menšího z rozpětí deskového pole zleva od osy sloupu. Sloupový pruh tedy nemusí být symetrický na obě strany a ani nemusí mít po celé délce řešeného pruhu stejnou šířku – záleží na rozpětích příslušných deskových polí.



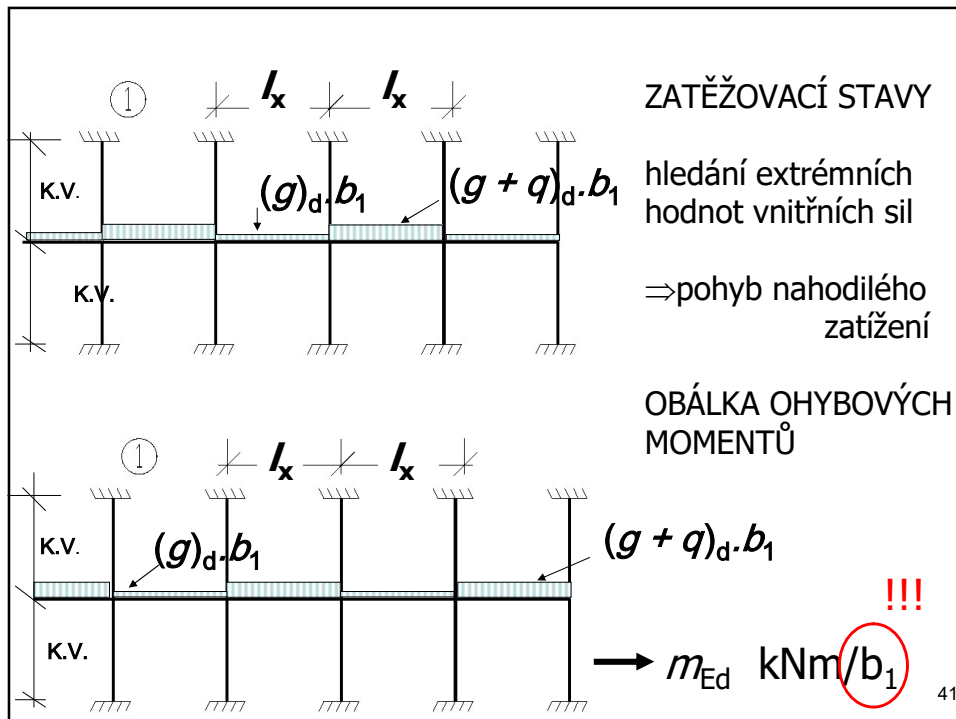
- Na obou slidech je znázorněno (červeně vyznačené oblasti), že sloupový pruh přenáší větší část z celkového zatížení desky a tudíž je do něj vkládáno větší množství výztuže. Vznikají tak silněji vyztužené části desky.



39

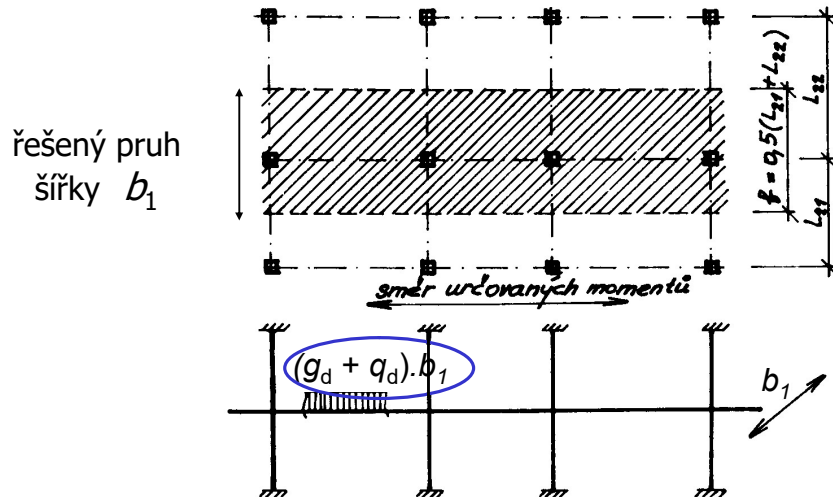
- Slide ukazuje tzv. náhradní rámy pro výpočet ohybových momentů na deskách lokálně podepřených. Cílem je převést plošnou konstrukci, u které by pro stanovení hodnot vnitřních sil bylo třeba řešit deskovou rovnici (parciální diferenciální rovnici čtvrtého řádu pro ohybovou čáru) na konstrukci rovinnou – rám, což značně zjednoduší hledání vnitřních sil, zejména výpočet ohybových momentů.
- Rám pro směr  $x$  tvoří:  
vodorovné pruty = vodorovná příčel náhradního rámu ... část desky šířky  $b_1$  ve směru řešených momentů ... průřez šířky  $b_1$  a výšky tloušťky desky  $h_d$  s délkou  $l_x$  - rozpětí deskového pole ve směru  $x$   
a svislé pruty náhradního rámu ... sloupy nad a pod deskou s průřezem sloupu a délkou rovnou K.V. patra  
moment setrvačnosti prutu  $I_x = 1/12 \cdot b_1 \cdot h_d^3$ ; tuhost prutu  $I_x/l_x$
- Rám pro směr  $y$  tvoří:  
vodorovné pruty = vodorovná příčel náhradního rámu ... část desky šířky  $b_2$  ve směru řešených momentů ... průřez šířky  $b_2$  a výšky tloušťky desky  $h_d$  s délkou  $l_y$  - rozpětí deskového pole ve směru  $y$   
a svislé pruty náhradního rámu ... sloupy nad a pod deskou s průřezem sloupu a délkou rovnou K.V. patra  
moment setrvačnosti prutu  $I_y = 1/12 \cdot b_2 \cdot h_d^3$ ; tuhost prutu  $I_y/l_y$
- Náhradní rám je staticky neurčitá prutová konstrukce, takže svislé zatížení z desky v  $\text{kN/m}^2$  je třeba přepočítat na lineové zatížení vodorovných prutů náhradního rámu ... přenásobit příslušnou zatěžovací šířkou
- pro rám ve směru  $x$  ...  $(g + q) \cdot b_1$   $\text{kN/m}^2$  [ $\text{kN/m}$ ']
- pro rám ve směru  $y$  ...  $(g + q) \cdot b_2$   $\text{kN/m}^2$  [ $\text{kN/m}$ ']

40



- Takto sestavený rám (známe průřezy a délky prutů ... neboli tuhosti prutů připojených do tuhých rámových styčnicků, známe zatížení) lze řešit některou z klasických metod stavební mechaniky (např. deformační metodou, MKP, ...). Získáme průběh ohybových momentů pro jednotlivé zatěžovací stavy (pohyb užitého zatížení po konstrukci), abychom stanovili extrémy ohybových podporových i mezipodporových momentů v rozhodujících průřezích.

## Metoda náhradních rámu



- náhradní rám (výseky) – příčle (= deska šířky  $b_1$  !) + sloupy
- zatěžovací stavy

43

- Na slidu je v půdorysu naznačena část desky, která tvoří příčel náhradního rámu + náhradní rám a jeho zatížení v  $\text{kN/m}'$
- Řešením rámu získáme ohybové momenty na desce v rozhodujících podporových a mezipodporových průřezech  $m_{Ed}$  v  $\text{kNm}/b_1$  !!! Na celou šířku řešeného pruhu  $b_1$  !!!
- Tyto hodnoty je pak třeba rozdělit po šířce řešeného pruhu **NEROVNOMĚRNĚ** – větší část zatížení se přenáší do pruhu desky v okolí sloupu – tzv. sloupového pruhu, zbytek - menší část do pruhů středních.

44

- podmínky užití zjednodušených metod

- pravoúhlá desková pole, poměr stran
- v obou směrech alespoň tři desková pole
- rozpětí deskových polí ve vyšetřovaném směru se neliší o více než o jednu třetinu rozpětí kratšího pole
- sloupy nejsou odchýleny od osového systému o více než 10 % vzdálenosti os kolmých na směr vychýlení
- pouze svislé, spojitě, rovnoměrné zatížení
- $q_k \leq 2,2 g_k$

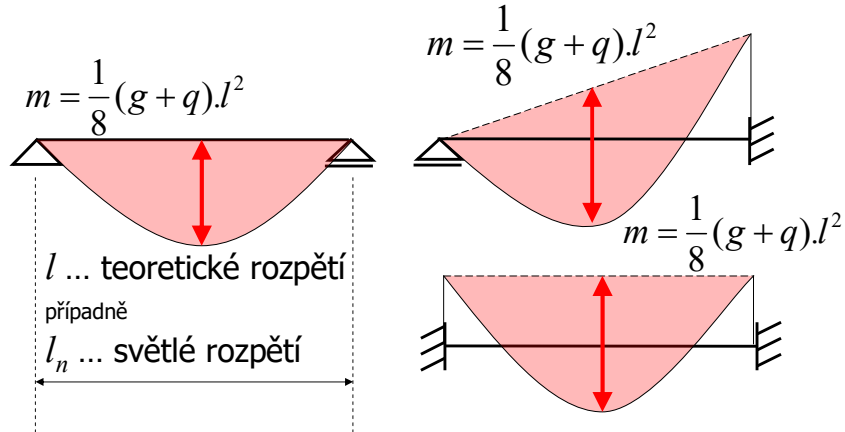
Metoda součtových momentů

45

- Pokud jsou splněna i další kriteria ohledně pravidelnosti konstrukce a velikosti proměnného zatížení, lze ze znalosti průběhů ohybových momentů odvodit jejich hodnoty bez řešení rámu jako takového. Metoda, která nám to umožní, je nazývána metodou součtového momentu a je velmi jednoduchá. Na základě okrajových podmínek a se zohledněním tuhostí jednotlivých ztužujících prvků v konstrukci lze rozdělit zatížení do podporových a mezipodorových průřezů pomocí určitých součinitelů. Jednoduchým výpočtem získáme ohybové momenty zase v kNm ale zase na celou šířku řešeného pole. Poté pak stejně jako u metody náhradních rámu je třeba momenty rozdělit **NEROVNOMĚRNĚ** na ty, které působí ve sloupovém pruhu, a na ty, které působí ve středních pružích.

46

## momenty na nosníku podepřeném na obou koncích



součtový (totální) moment

$$M_{\text{tot}} = \frac{(g + q)_d \cdot b \cdot l_n^2}{8}$$

47

- Myšlenka metody je založena skutečností, že zatížení se přerozděluje do mezipodporového a podporových průřezů podle tuhosti koncových průřezů prutu.
- Velmi zjednodušeně řečeno: Je-li v konstrukci nějaký tužší prvek, přitahuje na sebe víc zatížení.
- Na prostém nosníku délky  $l$  (lze redukovat momenty k lici podpor a uvažovat světlé rozpětí  $l_n$ ) je ohybový moment od spojitěho zatížení uprostřed rozpětí

$$m = \frac{1}{8}(g + q)l^2$$

- Pro další statická schémata:
  - pro nosník jednostranně vetknutý se tato hodnota přerozdělí mezi podporový a mezipodporový průřez ... červeně vyznačená parabola se "natočí" k tuhé podpoře - vetknutí, přičemž uprostřed je pořád stejná hodnota momentu
  - pro nosník oboustranně vetknutý se tato hodnota přerozdělí tentokrát mezi dva podporové a mezipodporový průřez ... červeně vyznačená parabola se "posune nahoru" k tuhým podporám - vetknutí, přičemž uprostřed je součet podporového a mezipodporového momentu pořád

$$m = \frac{1}{8}(g + q)l^2$$

- Aplikujeme-li toto na příčel náhradního rámu, spočteme tzv. totální součtový moment  $M_{\text{tot}}$

$$M_{\text{tot}} = \frac{(g + q)_d \cdot b \cdot l_n^2}{8}$$

$(g + q)_d \dots$  celkové zatížení desky  $\text{kN/m}^2$   
pro MSÚ v návrhové hodn.

$b \dots$  šířka řešeného pruhu

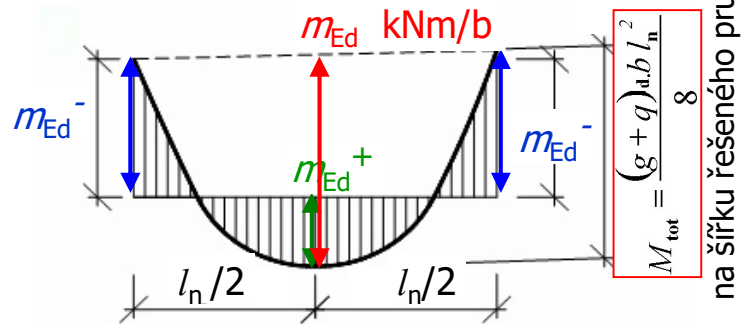
$l_n \dots$  světlé rozpětí deskového pole

48



rozdělení totálního součtového momentu  $M_{\text{tot}}$

$$M_{\text{tot}} = \frac{(g + q)_d \cdot b \cdot l_n^2}{8} = m_{\text{Ed}} \text{ kNm/b}$$



na totálního záporné - podporové momenty  $m_{\text{Ed}}^-$  kNm/b

a totální kladné - mezipodporové momenty  $m_{\text{Ed}}^+$  kNm/b

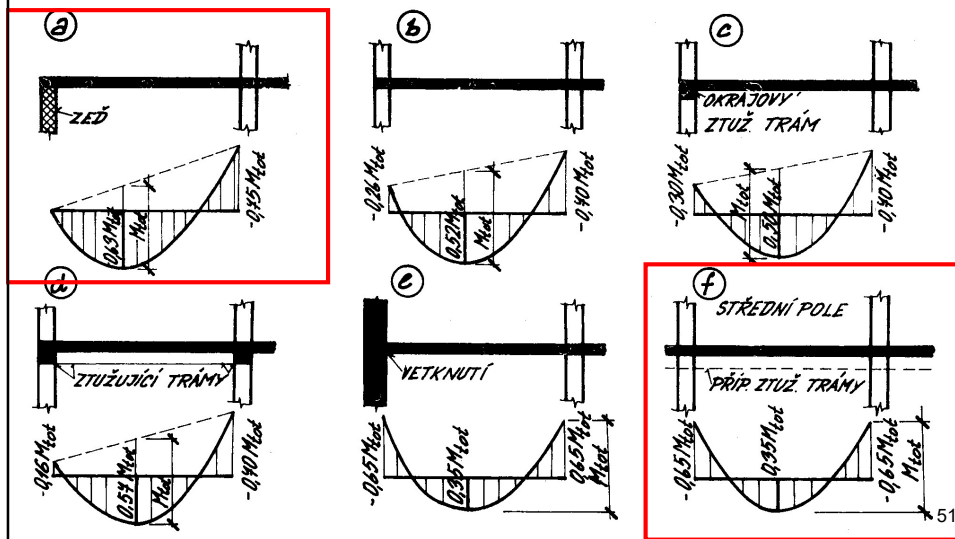
49

- Totální součtový moment  $M_{\text{tot}}$  se rozděluje podle tuhosti podpor na totální podporové momenty  $m_{\text{Ed}}^-$  a mezipodporový moment  $m_{\text{Ed}}^+$ .
- Všechny momenty jsou zatím spočteny na celou šířku řešeného pruhu.
- Uprostřed rozpětí je vždy součet mezipodporových a podporových momentů roven

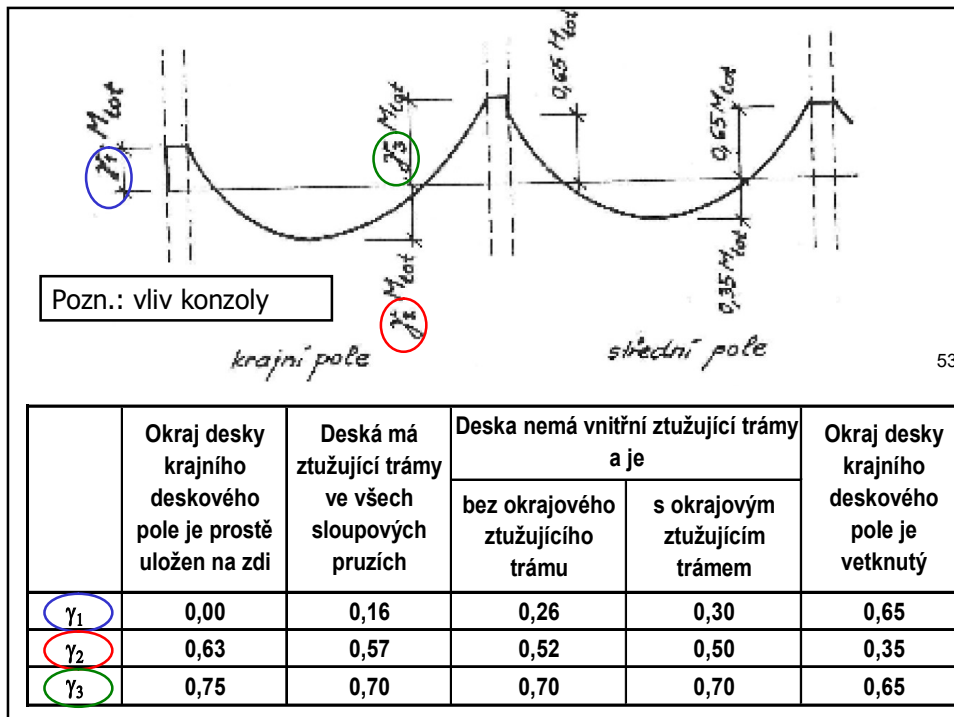
$$M_{\text{tot}} = \frac{(g + q)_d \cdot b \cdot l_n^2}{8}$$

50

## rozdělení součtového momentu $M_{tot}$



- Na tomto slidu jsou zjednodušeně nakresleny základní možnosti podepření lokálně podporované desky ... tudíž možnosti okrajových podmínek, se kterými se můžeme u reálných konstrukcí setkat.
- Obrázek a: deska spojitá, uložena na zděné stěně ... na okraji předpokládáme kloub = nulový moment.
- Obrázek b: deska spojitá, na okraji podepřena lokálně betonovými sloupy, se kterými je monoliticky spojena ... podepření je tužší než u zdíva  $\Rightarrow$  na okraji desky bude malý ohybový moment.
- Obrázek c: deska spojitá, na okraji uložena do okrajových ztužujících trámek, které nejsou tak tuhé, aby mohly být považovány za podpory deskového pole ... trochu tužší spojení okraje desky s podporami než v předcházejícím případě  $\Rightarrow$  podporový moment na okraji desky je o málo větší, než v případě desky bez okrajových ztužujících nosníků.
- Obrázek d: na okraji desky i ve spojnicích sloupů jsou ztužující trámy
- Obrázek e: krajní stěna je betonová a je monoliticky spojena s deskou ... při správném vyztužení je vytvořeno vetknutí  $\Rightarrow$  takže krajní pole se vlastně stává polem vnitřním (středním).
- Obrázek f: vnitřní (střední) pole spojitě desky.
- Červeně jsou orámovány okrajové podmínky, které máme ve cvičení.

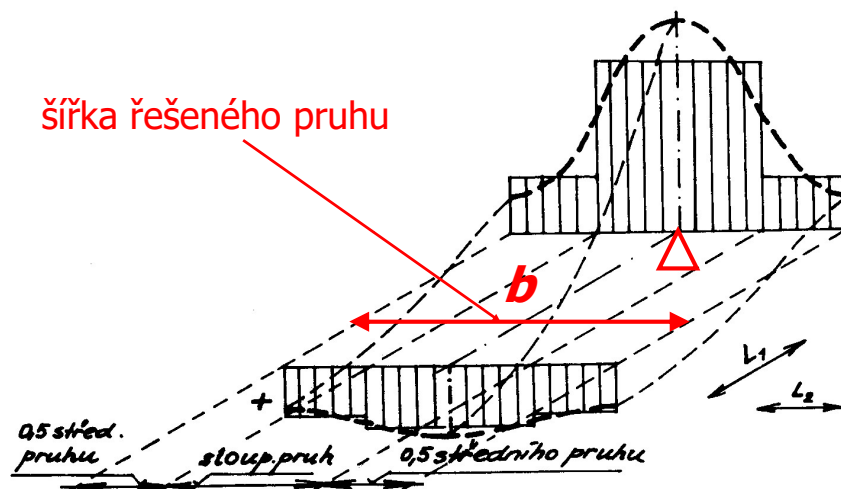


53

- Tabulka součinitelů z původní české normy ČSN 73 1204, dnes přejetá do zbytkové normy ČSN 73 1201, která ze které lze vyčíst koeficienty pro přerozdělení  $M_{tot}$  pro jednoduché případy podepření lokálně podepřené desky, zohledňující eventuální ztužení desky trámy.
- Uvedené koeficienty jsou názorně převedeny na konstrukce na předchozím slidu.
- Dále bude nutné přerozdělené podporové i mezipodorové momenty rozdělit ještě v rámci řešeného pruhu ... v případě lokálně podepřené desky NEROVNOMĚRNĚ – víc půjde do sloupových pruhů.

54

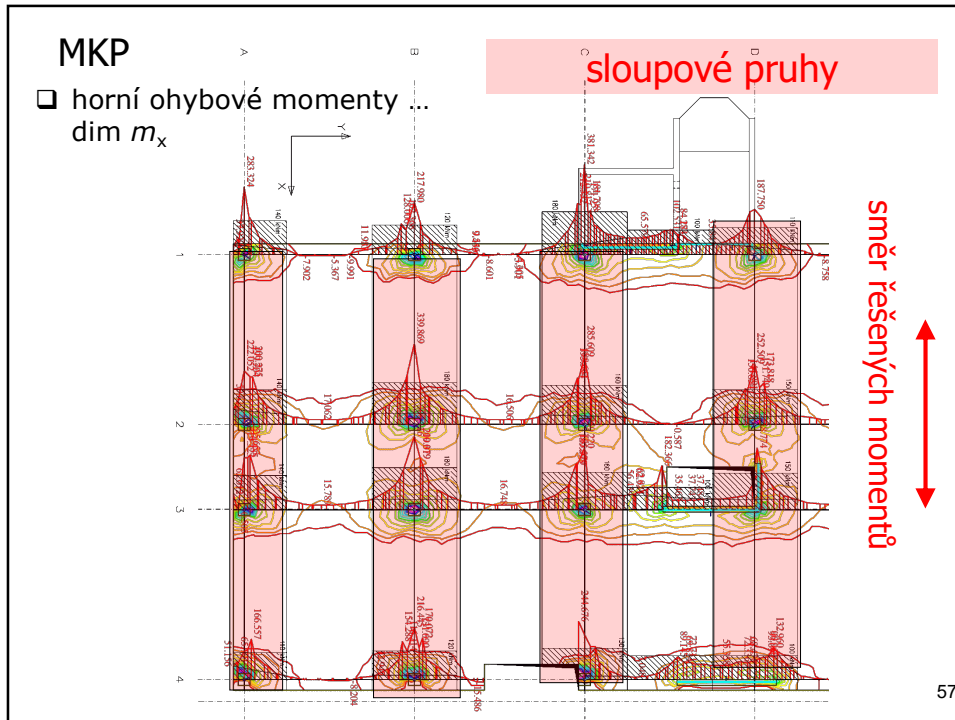
Rozdělení celkových kladných a záporných momentů  
do sloupových a středních pruhů  
 STEJNÉ PRO OBĚ ZJEDNODUŠENÉ METODY



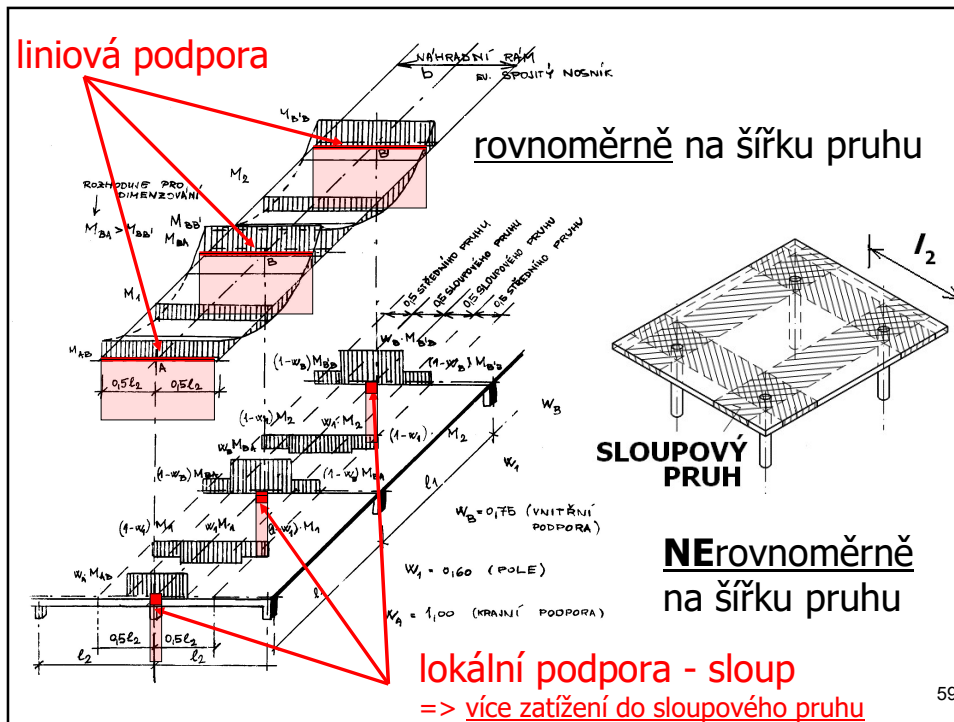
55

- Na slidu je průběh ohybových momentů na lokálně podepřené desce ve směru řešených momentů s rozpětím deskového pole  $L_1$  – ale v řezech kolmých na směr řešených momentů ... v rámci šířky řešeného pruhu  $L_2$ .
- Z obrázku je zřejmé, že větší momenty jsou v okolí sloupů – tedy ve sloupových pruzích, menší momenty jsou v pruzích středních.
- Čárkovanou čarou jsou skutečné průběhy, které je třeba s ohledem na provádění nějak zjednodušit = navrhnout stejnou výztuž v určité části desky ... výsledkem je, že ve sloupových pruzích bude na metr běžný stejná výztuž, a bude jí víc, než v pruzích krajních (náhradní - konstantní hodnota ohybového v rámci sloupového pruhu).
- Dále je třeba zdůraznit, že tento efekt se mnohem více projeví u podporových momentů než u mezipodporových.

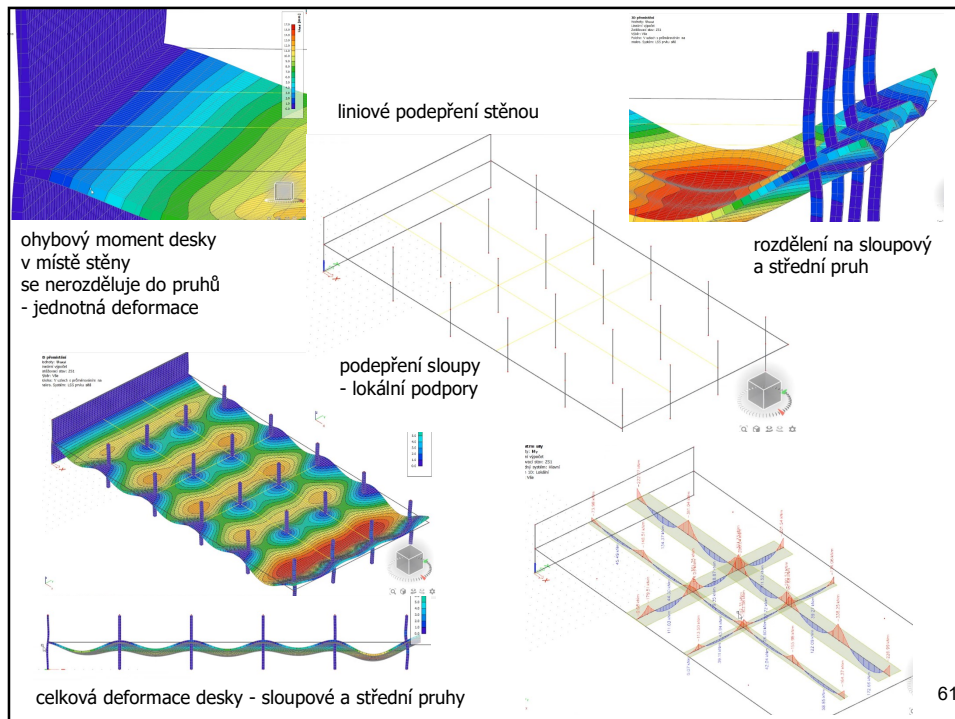
56



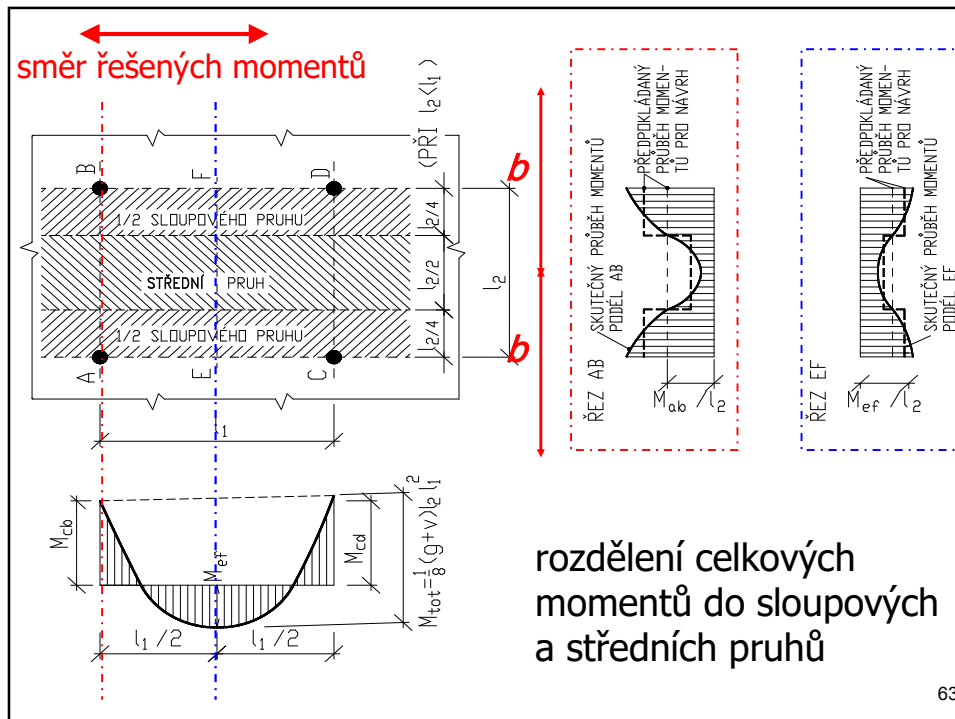
- Obdobný průběh ohybových momentů stanovený metodou konečných prvků. Koncentrace namáhání ve sloupových pružích (tedy v oblastech okolo sloupů) je zřejmá.



- Na slidu je vidět rozdíl mezi průběhem ohybových momentů u desek s liniovými podporami, u nichž je namáhání na každý metr běžný stejné, a desek s podporami lokálními – u nichž se namáhání soustřeďuje do sloupových pruhů. => Sloupové pruhy jsou více vyztuženy.



- Na slidu je ukázka výstupu metody konečných prvků, kde na jednom okraji desky (na obrázku vlevo) je liniové podepření monolitickou železobetonovou stěnou monoliticky spojenou s deskou a druhém okraji (na obrázku vpravo) je deska podepřena lokálními podporami – monolitickými železobetonovými sloupy, které jsou také s deskou monoliticky spojené.
- Všimněte si, že okrajová monolitická stěna velmi příznivě ovlivňuje deformace desky – největší průhyby jsou na okraji desky, který je podporován lokálně sloupy.
- Na obrázku vpravo dole je možné vidět, jak jsou ohybové momenty v řezech osách sloupů větší než momenty v řezech uprostřed deskových polí.



- Slid ukazuje vše, co bylo popsáno výše. Jen je to zobrazeno trochu jinak – nikoliv v rámci řešeného pruhu, ale v rámci jednoho deskového pole.
- Má z toho být zřejmý fakt, že větší část zatížení se přenáší v oblastech desky v blízkém okolí sloupů a výrazněji se to projeví u podporových momentů.



součinitele pro rozdělení celkových kladných a záporných momentů do sloukových a středních pruhů

Moment		$\alpha_1 l_2 / l_1$	$\omega$ pro $l_2 / l_1$			
			0,5	1,00	2,00	
Záporný	v krajní podpoře	$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	$\beta_t = 0$	1,00	1,00	1,00
		$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1,0$	$\beta_t \geq 2,5$	0,75	0,75	0,75
	ve střední podpoře	$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$	$\beta_t = 0$	1,00	1,00	1,00
		$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1,0$	$\beta_t \geq 2,5$	0,90	0,75	0,45
Kladný	$\alpha_1 l_2 / l_1 = 0$		0,60	0,60	0,60	
	$\alpha_1 l_2 / l_1 \geq 1,0$		0,90	0,75	0,45	

$\alpha_1$  – souvisí s podélným ztužením řešeného pruhu

$\beta$  – souvisí s tuhostí krajní podpory

65

- Přerozdělení totálního momentu ovlivňují i další okolnosti – např. existence okrajového ztužujícího trámu, případně další ztužující trámy v osách sloupů i v rámci půdorysu desky.
- Platí poučka, která byla už zmíněna výše. Je-li v desce přítomen nějaký tužší prvek (nízké, ale přesto ztužující trámy), přitahuje to ke ztuženému místu větší zatížení ... zvyšují se tam hodnoty ohybových momentů.
- My pro účely cvičení použijeme to nejjednodušší zadání – bezhlavicová a bezprůvlaková desky. Tudíž se nás týkají jen některé řádky této tabulky a vše bylo naznačeno na předchozích slidech.
- Pro budoucí použití v praxi jen zdůrazníme, že záleží na tom, jestli konstrukce má nebo nemá nějaké ztužující prvky jako jsou okrajové nebo vnitřní trámy.

66

Rozdělení celkových kladných a záporných momentů do sloupových a středních pruhů  
**STEJNÉ PRO OBĚ ZJEDNODUŠENÉ METODY**

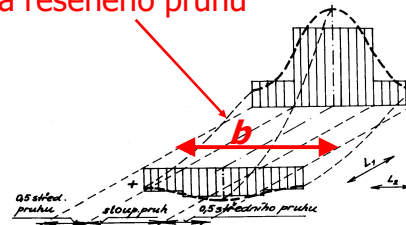
rozdělení

totálních podrových  $m_{tot}^-$

totálních mezipodporových  $m_{tot}^+$

do sloupového a středních pruhů

šířka řešeného pruhu



šířka řešeného pruhu ... $b$	0%... K.V.	20%	12,5%	1/2 šířky středního pruhu	
	100%	60%	75%		šířka sloupového pruhu
	0%... K.V.	20%	12,5%		1/2 šířky středního pruhu

67

- Slide dokumentuje, jak rozdělit totální kladné a totální záporné momenty v rámci řešeného pruhu, pokud má deska tři pole a na obvodě pouze sloupy = lokální podpory.
- Na okraji desky dáváme veškeré zatížení do sloupového pruhu a střední vyztužíme jen konstrukčně.
- V mezipodporových průřezech jde 60% hodnoty totálního mezipodporového momentu do sloupového pruhu a zbytek do pruhů středních.
- V podporových průřezech jde 75% hodnoty totálního momentu do sloupového pruhu a zbytek do pruhů středních.

68

## Rozdělení celkových kladných a záporných momentů do sloupových a středních pruhů STEJNÉ PRO OBĚ ZJEDNODUŠENÉ METODY

rozdělení

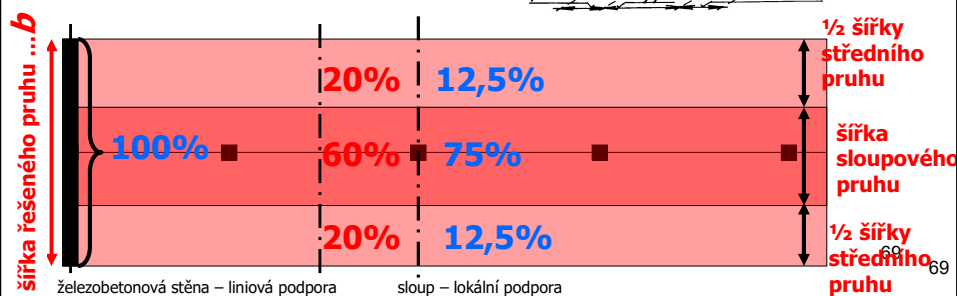
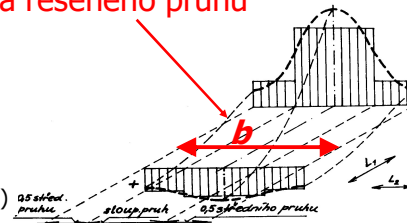
totálních podprových  $m_{tot}^-$

totálních mezipodporových  $m_{tot}^+$

do sloupového a středních pruhů

(v případě zadání ve cvičení !!!)

šířka řešeného pruhu



- Slide dokumentuje, jak rozdělit totální kladné a totální záporné momenty v rámci řešeného pruhu, pokud má deska tři pole a na obvodě je betonová stěna monoliticky propojená s deskou.
- Betonová stěna je na okraji desky liniovou podporou, tudíž na každém metru běžném je stejné namáhání a stejné vyztužení.
- V mezipodporových průřezech jde 60% hodnoty totálního mezipodporového momentu do sloupového pruhu a zbytek do pruhů středních.
- V podporových průřezech jde 75% hodnoty totálního momentu do sloupového pruhu a zbytek do pruhů středních.

## Rozdělení celkových kladných a záporných momentů do sloupových a středních pruhů STEJNÉ PRO OBĚ ZJEDNODUŠENÉ METODY

rozdělení

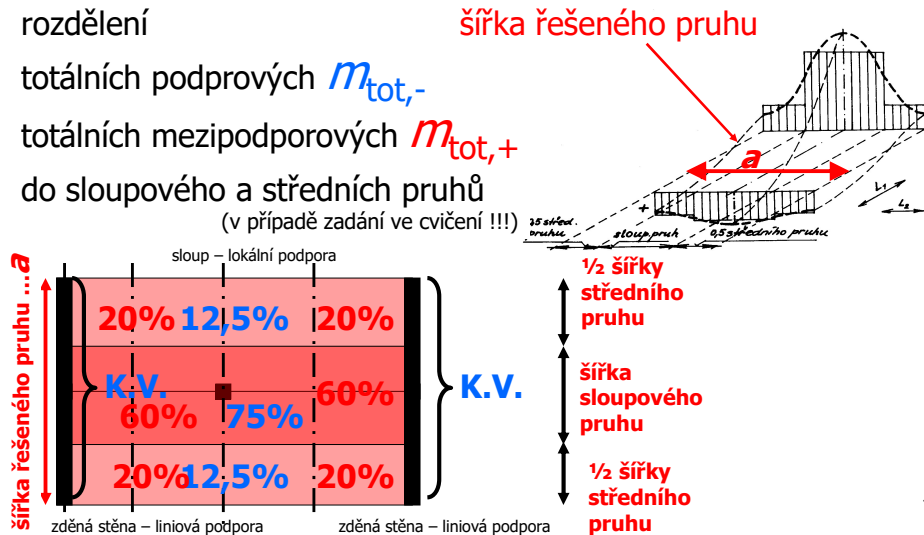
totálních podprových  $m_{tot,-}$

totálních mezipodporových  $m_{tot,+}$

do sloupového a středních pruhů

(v případě zadání ve cvičení !!!)

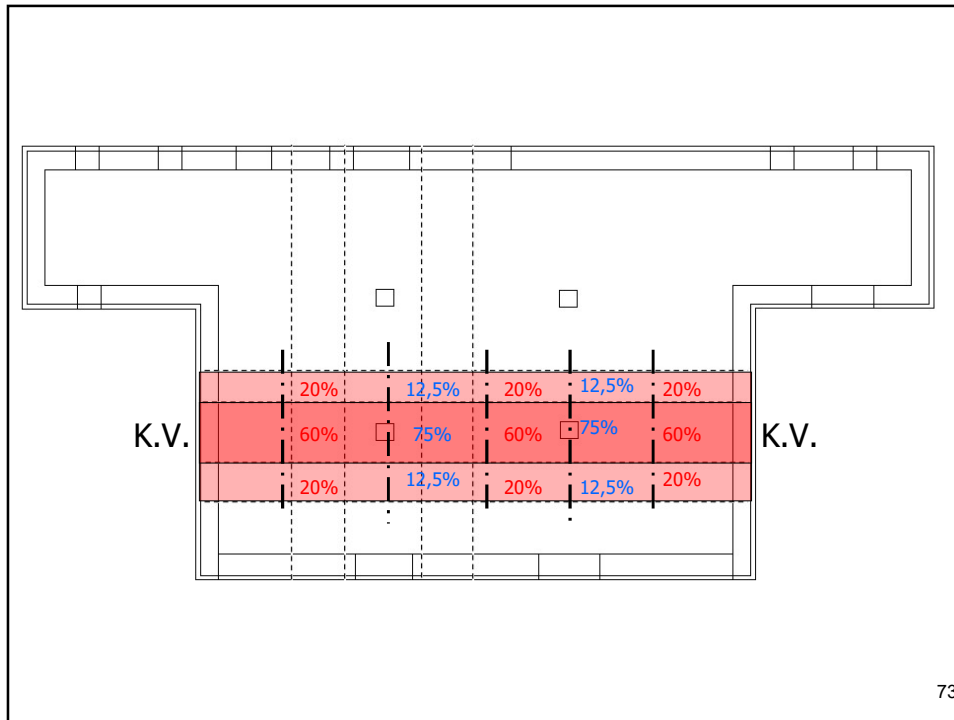
šířka řešeného pruhu



71

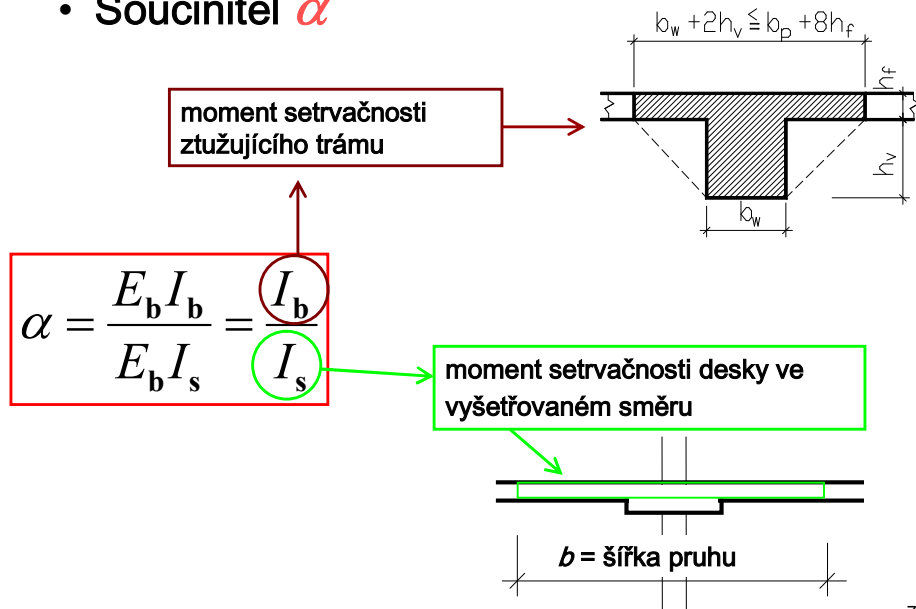
- Slide dokumentuje, jak rozdělit totální kladné a totální záporné momenty v rámci řešeného pruhu, pokud má deska dvě pole a na obvodě je zděná stěnan, na které je deska prostě uložena.
- Betonová stěna je na okraji desky liniovou podporou s kloubovým podepřením, tudíž zde navrhne pouze konstrukční vyztužení.
- V mezipodporových průřezech jde 60% hodnoty totálního mezipodporového momentu do sloupového pruhu a zbytek do pruhů středních.
- V podporových průřezech jde 75% hodnoty totálního momentu do sloupového pruhu a zbytek do pruhů středních.

72



- Ve cvičení pro letošní rok máme desku líniově podepřenou po obvodě zdívm a uvnitř půdorysu lokálně podepřenou čtyřmi sloupy.
- Takže po obvodě je kloubové podepření na zdivu  $\Rightarrow$  pouze konstrukční výztuž kolmá ke kloubovému okraji.
- Mezipodporové momenty rozdělíme jako pro desku bez jakýchkoli ztužujících prvků – tedy 60% do sloupového pruhu a 2x20% do pruhů středních.
- Podporové momenty rozdělíme také jako pro desku bez ztužujících průvlaků i hlavíc – tedy 75% do sloupového pruhu a 2x12,5% do pruhů středních.
- Přítomnost nějakého ztužení – trámy nebo hlavice – by ovlivnilo procentuální rozdělení totálních kladných i záporných momentů do sloupových a středních pruhů. Tam, kde by byl některý z výše uvedených ztužujících prvků navržen, by se procenta zvýšila – platí stále stejné pravidlo ... pokud je někde konstrukce tužší, přitahuje na sebe víc zatížení.

- Součinitel  $\alpha$



- Vysvětlení pro součinitel alfa, zohledňující existenci ztužujícího trámu v ose sloupu – je tam nějaké ztužení, procenta při přerozdělování momentů se zvýší.
- Nebudeme potřebovat pro cvičení.

- Součinitel  $\beta$  – okrajový trám (tuhost v kroucení)

moment tuhosti v kroucení okrajového trámu

$$\beta = \frac{G_b I_t}{E_b I_s} \cdot \frac{I_t}{2I_s}$$

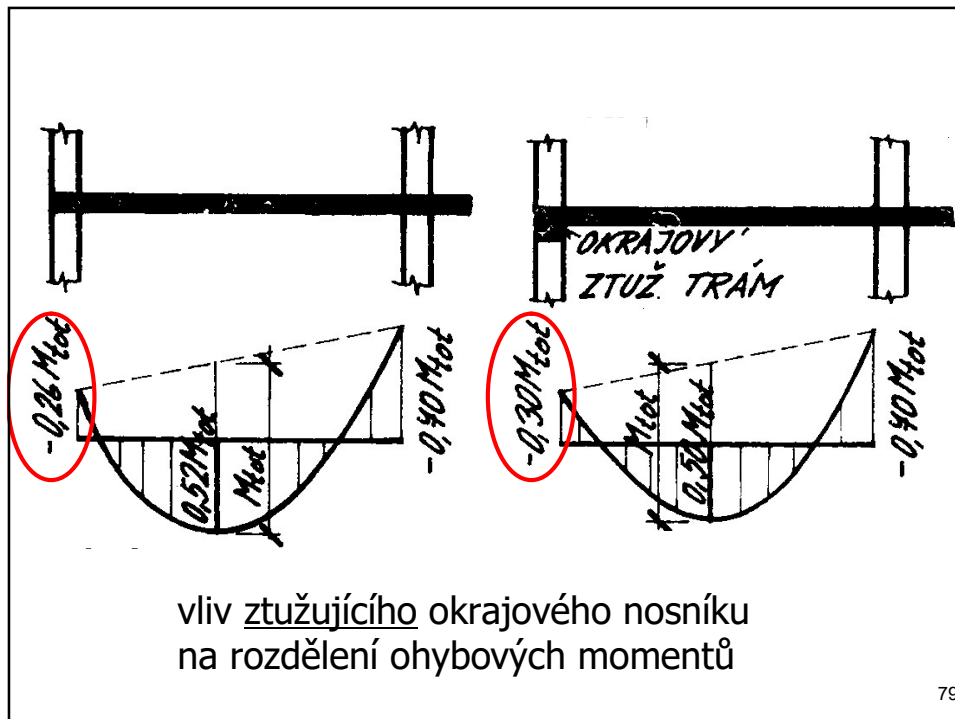
výpočet  $I_t$

moment setrvačnosti desky ve vyšetřovaném směru

$b = \text{šířka pruhu}$

77

- Vysvětlení pro součinitel beta, zohledňující existenci ztužujícího trámu na okraji desky – je tam nějaké ztužení, procenta při přerozdělování momentů se zvýší.
- Nebudeme potřebovat pro cvičení.



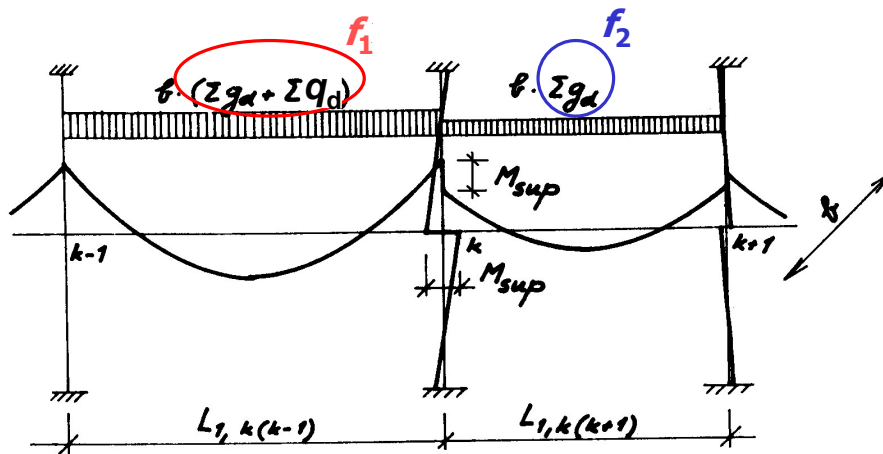
79

- Opět dokumentace stejného faktu, že jakékoliv ztužení na sebe přitahuje víc zatížení:
- Vlevo deska podepřená na okraji jen sloupy, vpravo deska na okraji podepřená ztužujícím tráme a trám je podepřen sloupy  $\Rightarrow$  ohybový moment na okraji desky se v případě ztužujícího trámu zvětšuje.

80



Stanovení ohybových momentů ve sloupech  
od účinků svislého zatížení

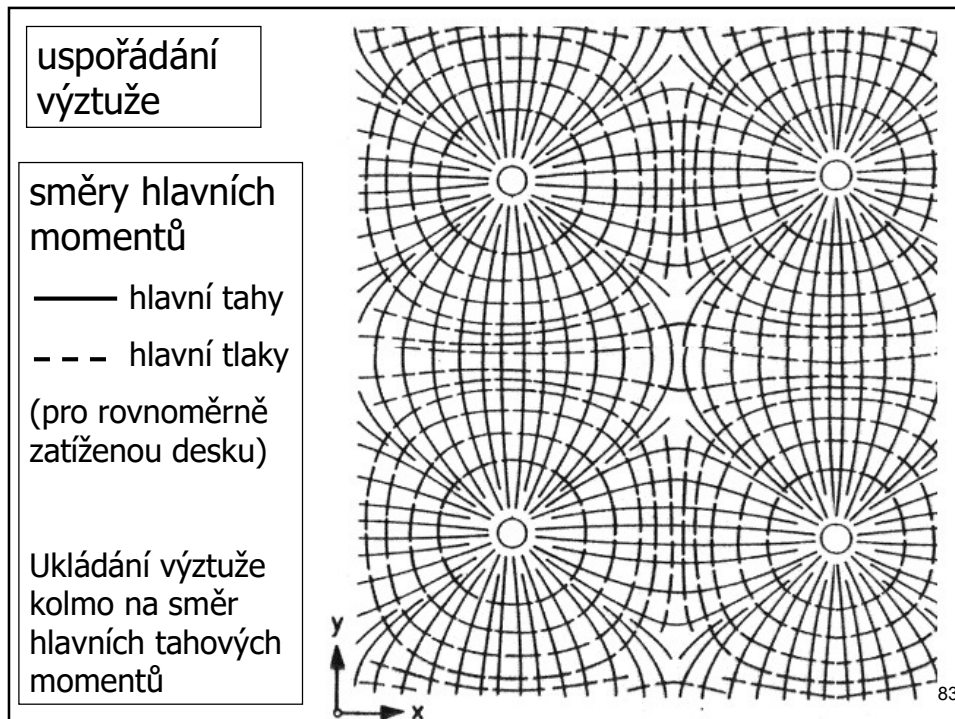


$$M_{\text{sup}} \sim 0,07 \cdot b \cdot (f_1 \cdot L_{1,k(k-1)}^2 - f_2 \cdot L_{1,k(k+1)}^2)$$

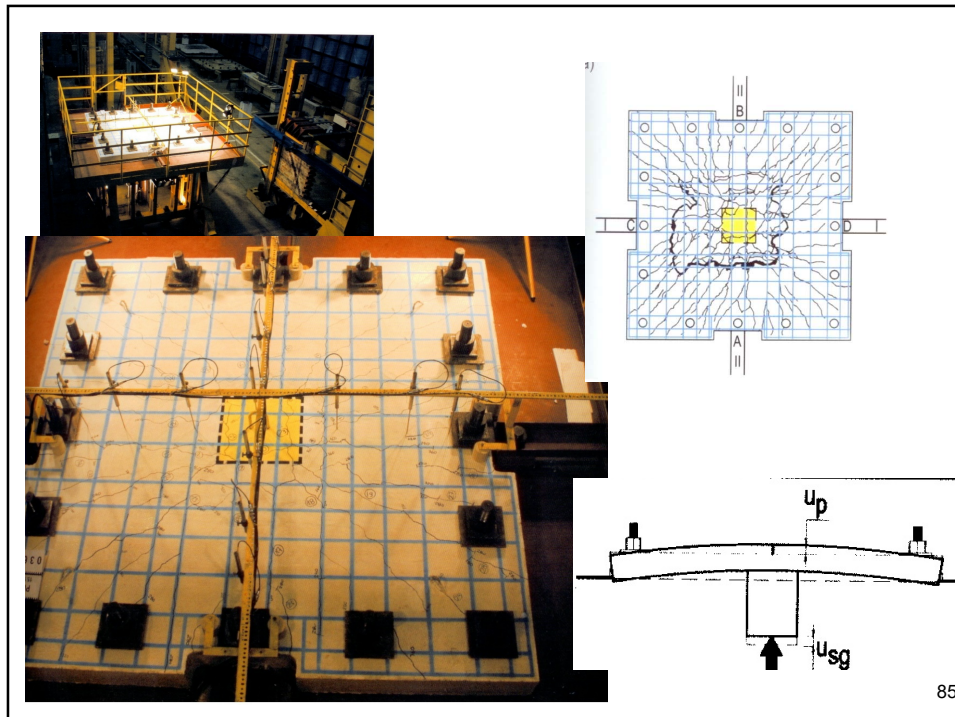
81

- Lokálně podepřenou desku podporují sloupy. Do nich se přenáší svislé zatížení z desky jako normálová síla. Navíc jsou sloupy namáhána i ohybovými momenty (zejména v případě rozdílných rozpětí sousedních deskových polí nebo při pohybu užitého zatížení po konstrukci).
- Na slidu je odhad hodnoty ohybového momentu  $M_{\text{sup}}$  (rozdíl mezi ohybovými momenty na desce zprava a zleva), který bude přerozdělen mezi průřezy sloupu pod a nad deskou. Tyto hodnoty ohybových momentů budou mít vliv na detailní vyztužení sloupů.

82



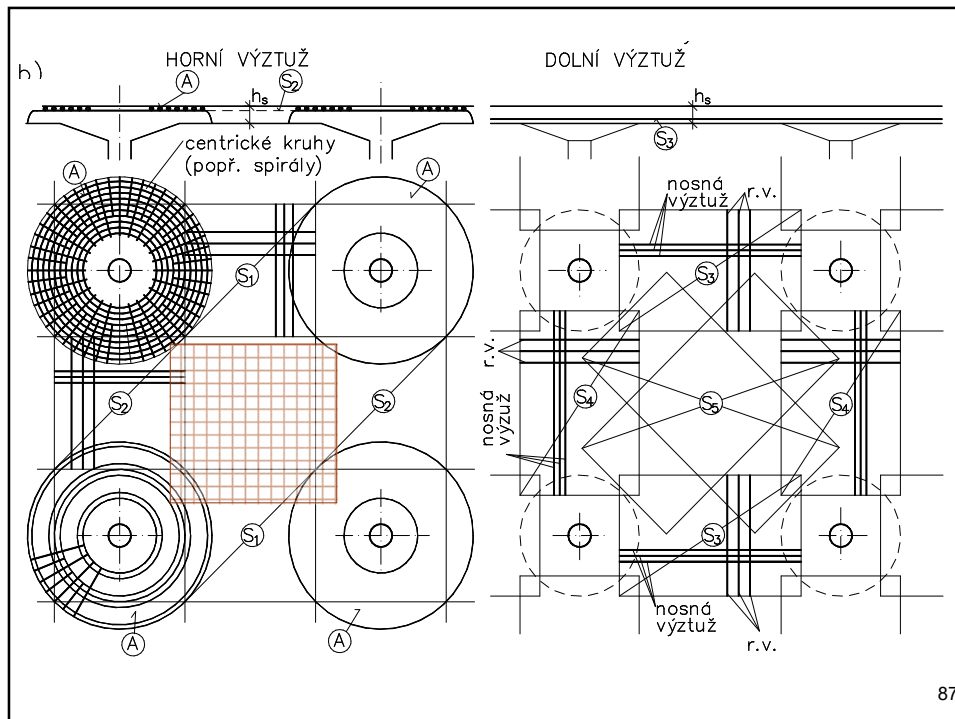
- Na slidu je průběh hlavních momentů na desce lokálně podepřené, zajímají nás hlavní tahové momenty ... ty ovlivní tvary hlavní nosné ohybové výztuže.



85

- Fotografie z experimentu – část železobetonové desky byla pomocí lisů, které imitovaly svislé zatížení, stahována dolů.
- Vpravo dole je naznačena deformace lokálně podepřené desky v místě podpory a vpravo nahore systém trhlin, které v betonové desce vznikají  $\Rightarrow$  ideální umístění výztuže by mělo sledovat trhliny a výztuž by měla být umístěna kolmo na trhliny. Tedy v jakýchsi paprscích kolem sloupu a zároveň další výztuž v soustředných kruzích okolo sloupu.
- Některé desky takto byly vyztuženy, ale častěji je s ohledem na jednoduchost provádění použito vyztužení ve tvaru prutů na sebe kolmých – ve tvaru ortogonálních sítí – viz následující slidy.

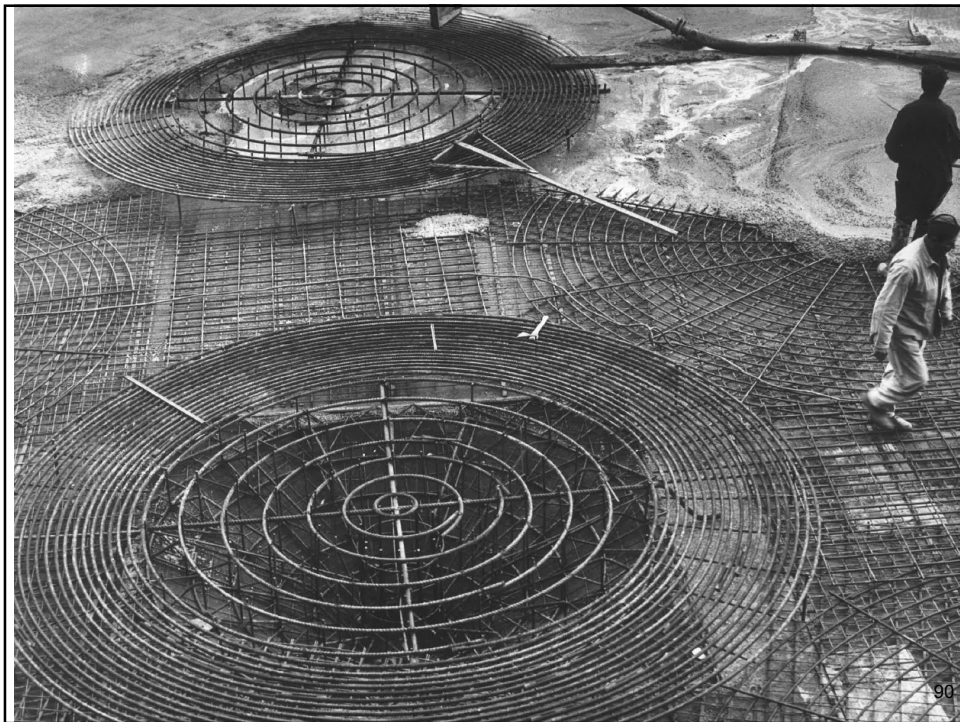
86



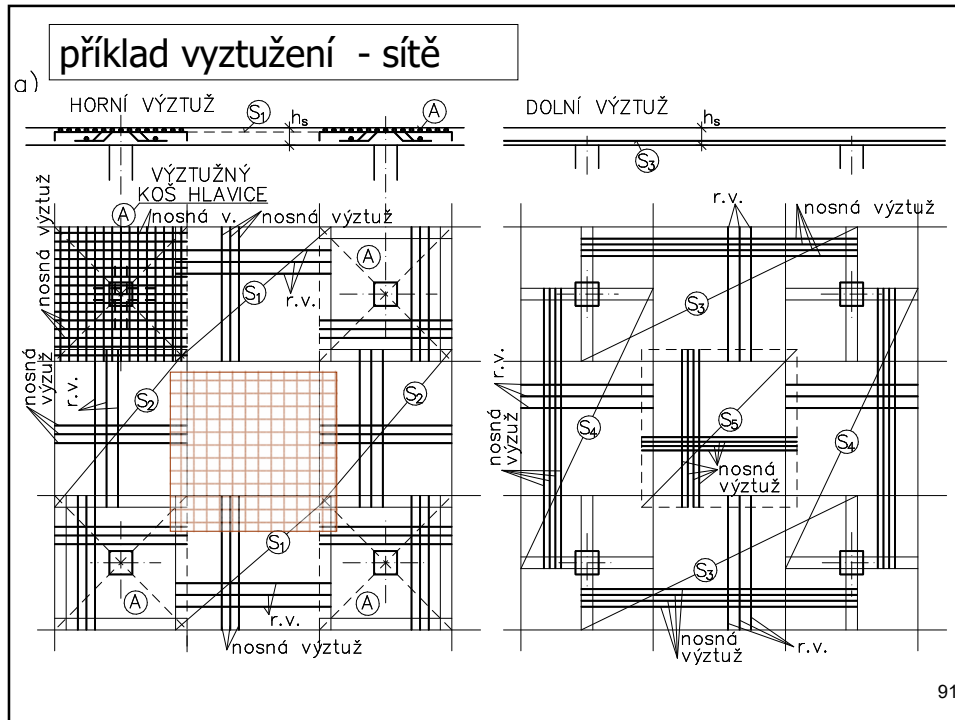
- Zejména horní výztuž použitá v uvedené případě sleduje směry hlavních tahových napětí.
- Do středu pole je vhodné navrhnout alespoň konstrukční výztuž proti trhlinám od smršťování a objemových změn.
- Na tomto obrázku je dolní výztuž navržena ze svařovaných sítí.



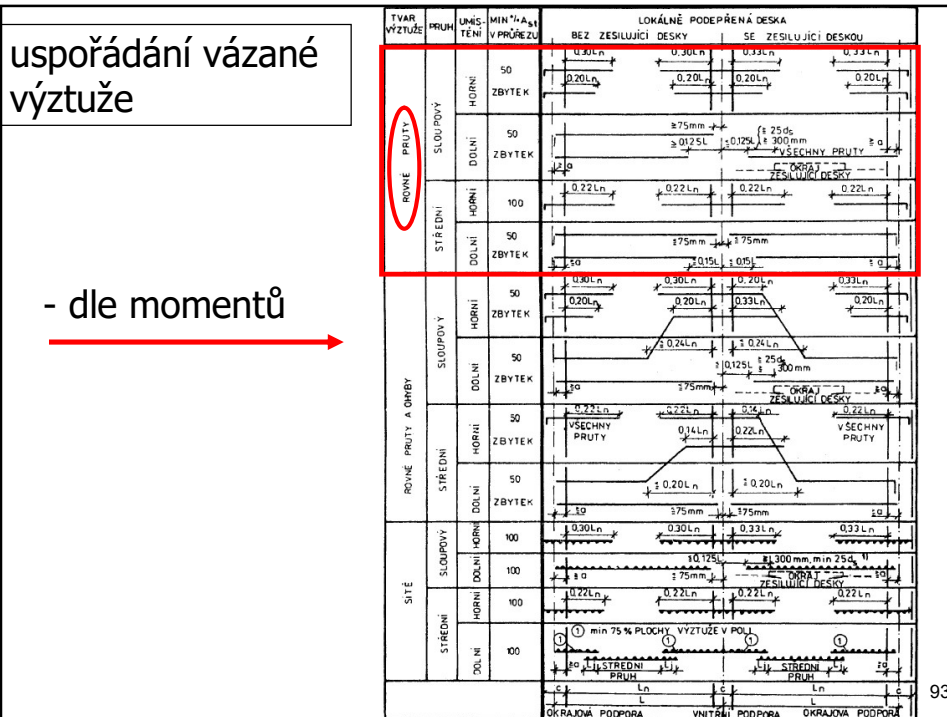
89



90



- Na slidu je příklad vyztužení ortogonální výztuží v podobě sítě jak pro horní, tak pro dolní výztuž.



- Průběh ohybových momentů na deskách by umožňoval část mezipodporové výztuže odvádět k hornímu povrchu. Výztuž je možné navrhnout ve variantě rovné pruty (50% spodní výztuže navržené na mezipodporové momenty musí být podle konstrukčních zásad odvedena k podporám a být zakotvena za lící podpor) a zbytek by bylo možné odvést k hornímu povrchu a využít na krytí podporového momentu.
- Dnes se to obvykle nevyužívá a výztuž se navrhuje pouze z rovných prutů
- Ještě je tu varianta vyztužení pomocí svařovaných sítí.

TVAR VÝZTUŽE	PRUH	UMÍSTĚNÍ V PRŮŘEZU	MIN. $\% A_{st}$	LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ DESKA			
				BEZ ZESILUJÍCÍ DESKY		SE ZESILUJÍCÍ DESKOU	
ROVNÉ PRUTY	SLOUPOVÝ	HORNÍ	50	$0,30L_n$	$0,30L_n$	$0,33L_n$	$0,33L_n$
		ZBYTEK		$0,20L_n$	$0,20L_n$	$0,20L_n$	$0,20L_n$
	DOLNÍ	50		$\geq 75\text{mm}$	$\geq 0,125L_n$	$\geq 0,125L_n$ ( $\geq 25d_s$ )	$\geq 300\text{mm}$
	ZBYTEK					VŠECHNY PRUTY	$\geq a$
STŘEDNÍ	HORNÍ	100	$0,22L_n$	$0,22L_n$	$0,22L_n$	$0,22L_n$	
	DOLNÍ	50		$\geq 75\text{mm}$	$\geq 75\text{mm}$		
		ZBYTEK		$\geq a$	$\geq 0,15L_n$	$\geq 0,15L_n$	$\geq a$

sloupový i střední	$0,3L_n$	$0,3L_n$	$0,3L_n$	$0,3L_n$
100%	█	█	█	█
100%	█	█	█	█

95

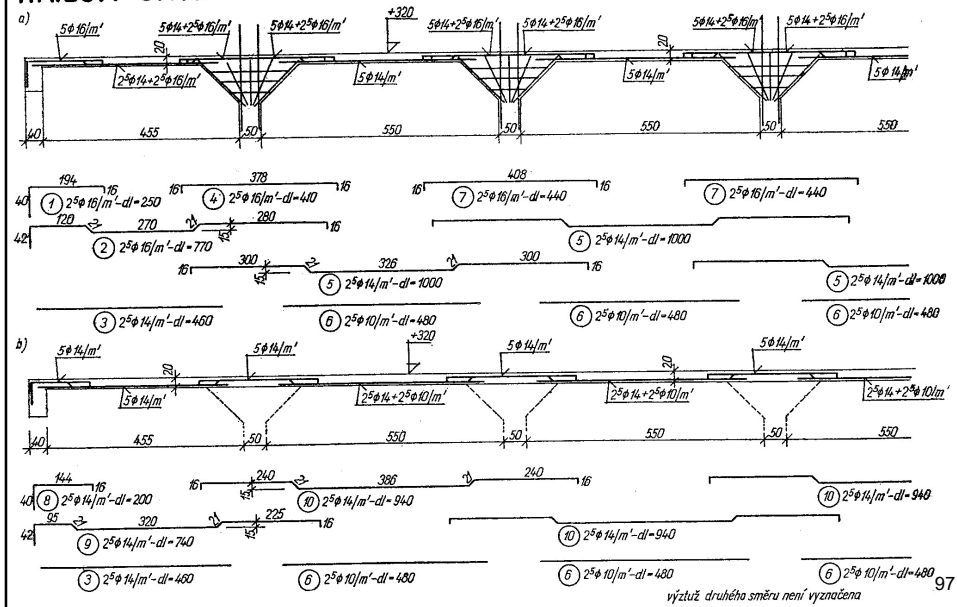
- Ve vašich cvičeních pro zjednodušení doporučuji navrhnout pouze rovné pruty a nevyužít možnosti část prutů zkracovat.
- Nechte veškerou spodní výztuž od podpory k podpoře a měňte pouze vzdálenosti prutů ve sloupovém a středních pruzích. Ve sloupovém pruhu budou profily po menších vzdálenostech (případně i větší profily).
- Všechny pruty horní výztuže dotahujte do třetin rozpětí (což odpovídá délce výztuže s řádným zakotvením za čarou ohybového momentu pro pravidelné desky).

96



## výztuž desky a hlavice

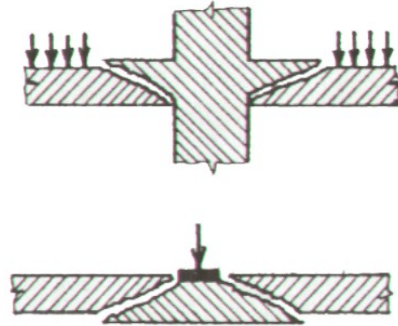
### HŘÍBOVÝ STROP



- Pouze ukázka výztuže, pokud má lokálně podepřená deska hlavice.
- Výztuž hlavic.

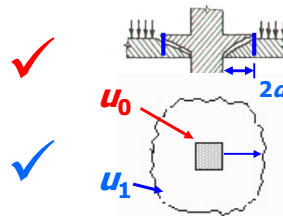
## PROTLAČENÍ

- lokálně podepřená deska
- lokální zatížení
- základové desky a patky



$$V_{Ed,0} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0} d \leq V_{Rd,max}$$

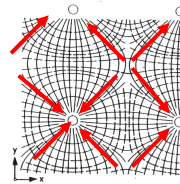
$$V_{Ed,1} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1} d \leq V_{Rd,cs} \leq k_{max} \cdot V_{Rd,c}$$



99

- U desek lokálně podepřených je nezbytné kromě ohybu posoudit i smykové namáhání desky v oblasti lokální podpory. Koncentrace svislého zatížení je zde velká, veškeré svislé zatížení z desky směřuje rovnou sem (nikoliv nejprve do nosníků a pak teprve do sloupů, jako tomu bylo u desek po obvodě podepřených). Může zde dojít k tzv. protlačení desky ("propíchnutí"). S tímto typem namáhání se setkáváme jednak u desek lokálně podepřených, ale také u desek, které jsou namáhány lokálními osamělými břemeny a u základových desek, případně nízkých základových patek.

směry hlavních momentů na lokálně podepřené desce s rovnoměrným zatížením

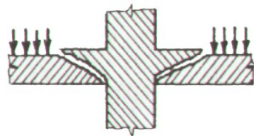
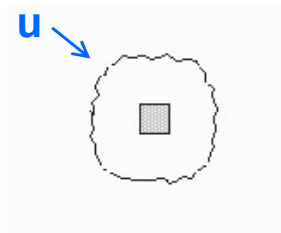


- Posouzení desky na protlačení patří do mezních stavů únosnosti – porušení jednorázovým namáháním.
- Při tomto typu porušení vzniká šikmá smyková trhлина, která kopíruje tvar lokální podpory – sloupu nebo tvar lokálního břemene.
- Šikmá trhлина je pod určitým úhlem – úhel  $\theta$  (stávající platná evropská norma předpokládá zhruba  $26,6^\circ$ ), tudíž konec šikmé trhliny je ve vzdálenosti  $2 \cdot d$  ( $d$  je průměrná účinná výška desky) od líce sloupu.
- Kontrolujeme dva kritické průřezy:
  - průřez kolem obvodu sloupu ...  $u_0$
  - šikmou smykovou trhlinou pro zjednodušení nahrazujeme svislým kritickým řezem na konci šikmé trhliny, to je řezem ve vzdálenosti  $2 \cdot d$  od líce sloupu
- ...  $u_1$
- V těchto řezech – resp. plochách (délka obvodu x účinná výška desky), počítáme účinky zatížení jako napětí vyvolané posouvající silou (veškeré svislé zatížení z jednoho podlaží, které se z desky přenáší do daného sloupu).
- V líci sloupu (nulový kritický obvod) kontrolujeme únosnost tlačené diagonály – aby se nedrtil beton.
- V prvním kritickém obvodu na konci šikmé trhliny zjišťujeme, zda je překročena únosnost samotné desky v protlačení, tedy zda vzniká šikmá smyková trhлина. Pokud je únosnost desky v protlačení dostatečná, trhлина nevzniká a pak není třeba žádná vyztuž na protlačení. To je ale u reálných desek výjimečný případ. Většinou se prokáže, že šikmá trhлина vzniká a je třeba do desky kromě vyztuže ohybové navrhovat i vyztuž smykovou ... resp. vyztuž na protlačení.
- Smykové vyztuže nemůže být neomezené množství. Při velmi silném vyztužení hrozí drcení betonu mezi šikmými trhlinami. Proto je únosnost desky v protlačení se smykovou vyztuží omezeno prostřednictvím součinitele  $k_{max}$ . Únosnost desky s vyztuží nesmí překročit  $k_{max}$ -násobek únosnosti samotné desky bez vyztuže na protlačení.

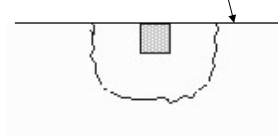
100

## protlačení – plocha porušení

vnitřní sloup



krajní sloup - okraj desky

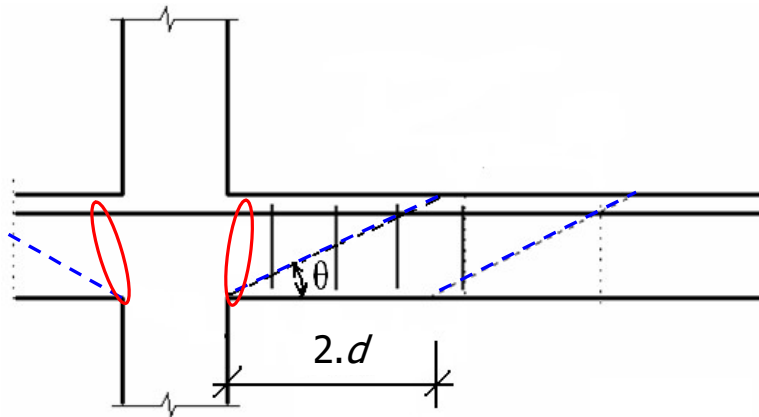


101

- Ukázka desky porušené protlačáním – sloup je na okraji desky.
- Na horním povrchu desky je zřetelný konec šikmé trhliny.
- Schématicky je znázorněn konec šikmé trhliny i u vnitřního sloupu.

102

## protlačení – možné způsoby porušení

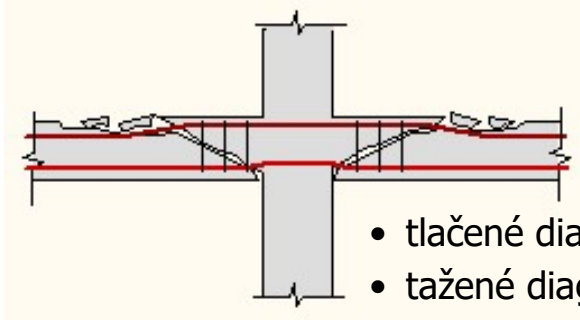


103

- Jak už bylo řečeno výše, může dojít k porušení ze dvou důvodů ... ve dvou kritických místech.
- Prvním místem je obvod sloupu ... resp. plocha desky kopírující obvod sloupu vynásobená účinnou výškou desky, kde může dojít k porušení drcením tláčeného betonu (vyznačeno červeně).
- Druhým kritickým místem je šikmá trhлина (vyznačeno modře čárkovaně) ... resp. plocha šikmé trhliny po obvodě sloupu. Šikmá trhлина se pro výpočty nahrazuje náhradním svislým kritickým průřezem na konci šikmé trhliny, tj. ve vzdálenosti  $2 \cdot d$  od líce sloupu. Kritická plocha, na které působí posouvající síla z desky, je pak spočtena jako délka náhradního kritického obvodu x účinná výška desky. Za první trhlinou mohou vznikat i další šikmé trhliny ...
- Takže v rámci výpočtu hledáme místo, kde už šikmá trhлина nevzniká, a kde tudíž nepotřebujeme výztuž na protlačení.

104

## výpočetní model – příhradová analogie



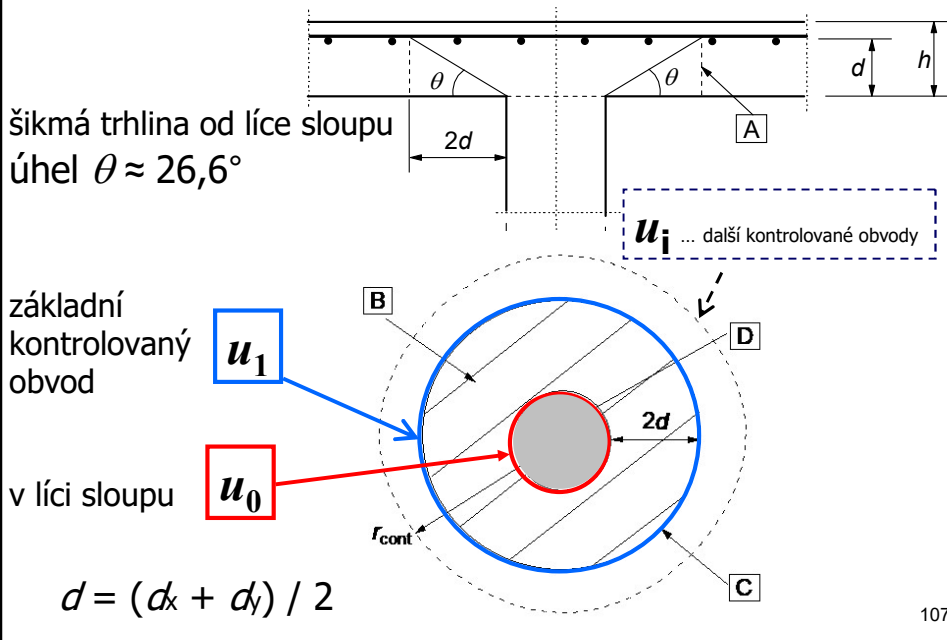
- tlačené diagonály
- tažené diagonály
- hmoždinkové působení podélné výztuže
- hmoždinkové působení kameniva v šikmé trhlině

105

- Evropská norma zvolila pro řešení této problematiky (obdobně jako u smykového namáhání nosníků) metodu náhradní příhradoviny – tzv. metodu strut and tie (tlačené vzpěry a táhla). V případě železobetonových prvků tlak přebírá beton, tam kde vzniká tah je třeba dát výztuž.
- Příznivý vliv na únosnost desky v protlačení má podélná výztuž nad sloupem nadimenzovaná na ohybové momenty (hmoždinkové působení podélné výztuže) ... pokud by mělo dojít k porušení protlačení – tedy k propadnutí desky, musela by se ohybové výztuž buď vytrhnout nebo přetřhnout. Tento vliv je poměrně významný a započítává se do únosnosti samotné desky v protlačení bez výztuže na protlačení.
- Dalším efektem je hmoždinkové působení kameniva v šikmé trhlině (tento vliv se ale ve prospěch bezpečnosti zanedbává).

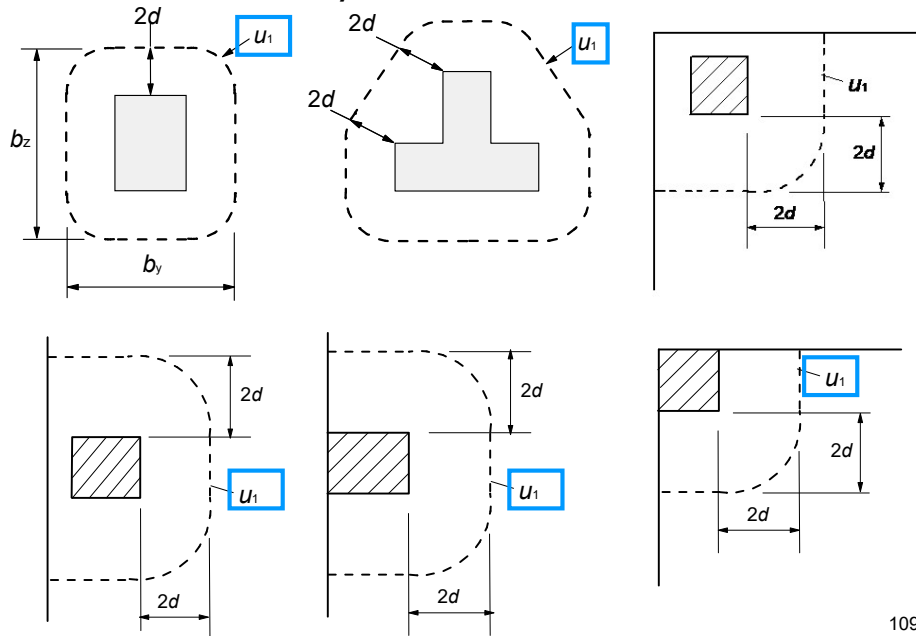
106

Navrhování podle ČSN EN 1992-1-1 posouzení v kontrolovaných obvodech



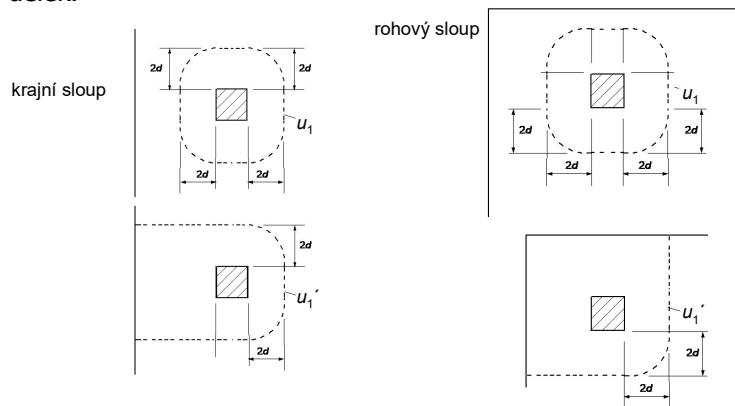
- Na obrázku je naznačena skutečná šikmá trhлина a tvary náhradních kritických průřezů pro kruhový sloup, které kopírují tvar sloupu
  - nultý kritický obvod (červeně)
  - první kritický obvod (modře)
  - + další možné kritické obvody
- Pro další výpočty se zavádí náhradní účinná výška desky  $d$  ... jako průměr z účinných výšek nosné ohybové výztuže ve dvou směrech.

## základní kontrolovaný obvod



109

- Základní kontrolovaný obvod – první kritický průřez pro různé tvary sloupů.
- První kritický obvod u mírně vykonzolované desky, u krajního a rohového sloupu. Pokud je deska vykonzolovaná jen málo ( $< 2d$ ) a kritický obvod pro vnitřní sloupy protíná okraj desky, je délka kritického obvodu zkrácena – viz obrázky nahoře. Pokud je ale vykonzolovaná část desky delší než  $2d$ , pak je třeba délku kritického obvodu spočítat dvakrát  $u_1$  a  $u_1'$  (viz obr.) a rozhoduje kratší z obou délek.



110



PROSTUPY a OTVORY  
v deskách lokálně podepřených

111

- Prostupy pro instalace TZB se obvykle umísťujú někam do blízkosti sloupů, aby neomezovaly dispozici objektu.
- Příklad nevhodně umístěného prostupu je na obrázku vpravo.
- Existence prostupu ale omezuje únosnost desky v protlačení !!! Čím větší je otvor a čím blíží ke sloupu se nachází, tím hůř! Únosnost desky v protlačení výrazněji klesá a může to ovlivnit návrh tloušťky desky, rozměru sloupu nebo případných ztužujících prvků – zesilujících desk nebo hlavic.

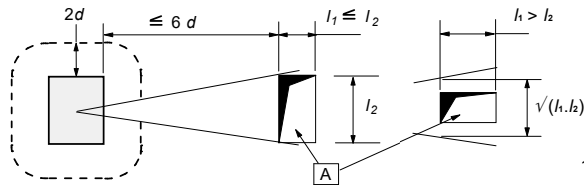
112



## PROSTUPY ovlivňují:

- rozdělení momentů - výpočet
  - užití přibližných metod
  - => omezení velikosti a umístění otvorů
- vyztužení
  - „shrnutí“ výztuže (skryté nosníky)
  - lemovací výztuž

- protlačení

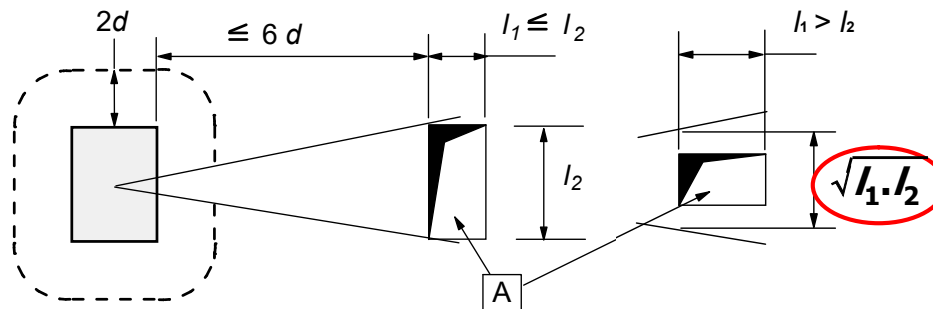


113

- Pokud jsou větší otvory blízko sloupu, mohou ovlivnit jak průběh ohybových momentů – přibližné metody výpočtu ohybových momentů nemusí fungovat správně.
- Otvory pak ovlivní i nosnou ohybovou výztuž v okolí sloupu – nosná výztuž se soustředí okolo otvoru ... zesílení výztuže (jakési 'skryté nosníky') + přidává se lemovací výztuž podél okrajů otvorů a spony, na které se lemovací výztuž navazuje).
- Velmi významně mohou otvory ovlivnit únosnost desky v protlačení – z těžiště sloupu promítneme otvor do délky kritického obvodu a délku uvnitř úhlu vymezeného průmětem do délky kritického obvodu nezapočítáváme.

114

## vliv otvorů



**redukce délky kontrolovaného obvodu**

115

- Velmi významně mohou otvory ovlivnit únosnost desky v protlačení – z těžiště sloupu promítneme otvor do délky kritického obvodu a délku uvnitř úhlu vymezeného průmětem do délky kritického obvodu nezapočítáváme.
- Délka kritického obvodu se zmenšuje => účinky zatížení rostou. To si může vyžádat buď návrh zesilující desky nebo skryté, případně přiznané hlavice.

116

### podmínky spolehlivosti

- posuzuje se napětí v protlačení (smykové)
- účinek zatížení

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

$V_{\text{Ed}}$  návrhová hodnota posouvající síly (zatížení jen z jednoho patra desky)

$d$  účinná výška v místě kontrolovaného průřezu =  $(d_x + d_y)/2$

$u_i$  délka  $i$ -tého kontrolovaného obvodu

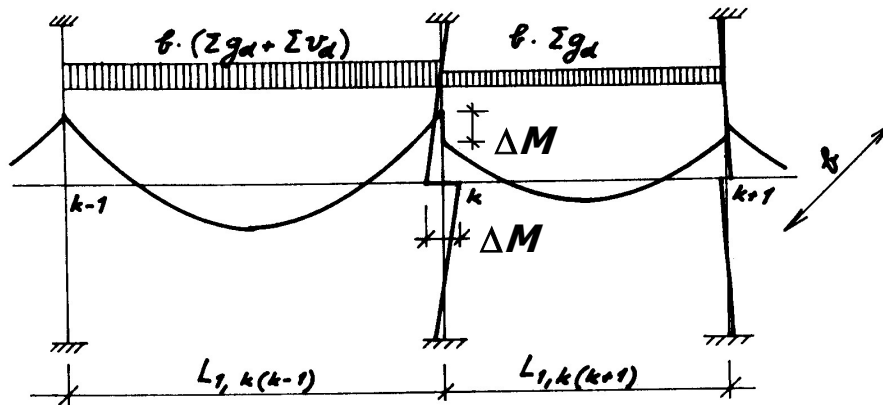
$\beta$  součinitel – vliv ohybových momentů

117

- Hledáme účinky zatížení v noltém, prvním, ... kritickém průřezu.
- Stanovujeme napětí, které vyvolává posouvající síla (veškeré svislé zatížení z jedné desky (jen z jednoho patra) přecházející do řešeného sloupu, tedy dělíme zvětšenou posouvající sílu (součinitel  $\beta$  ... vliv nevyrovnaných ohybových momentů z desky) plochou kritického průřezu ...  $u_i$  krát  $d$

118

### vliv ohybových momentů

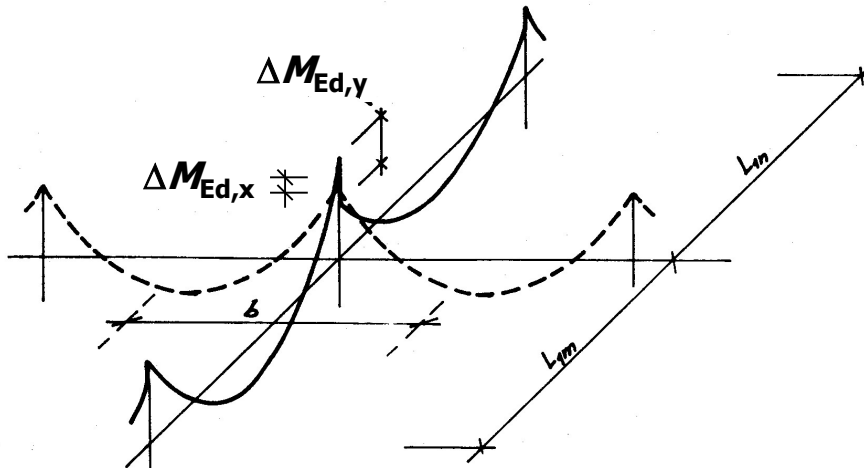


119

- Tzv. nevyrovnaný ohybový moment z desky  $\Delta M$  ... vznikající z důvodu rozdílných rozpětí dvou sousedních polí nebo rozdílné velikosti zatížení ve dvou sousedních polích, neboli rozdíl ohybových momentů na desce zprava a zleva od sloupu se přenáší smykem do desky. Ovlivní tedy účinky zatížení v protlačení.

120

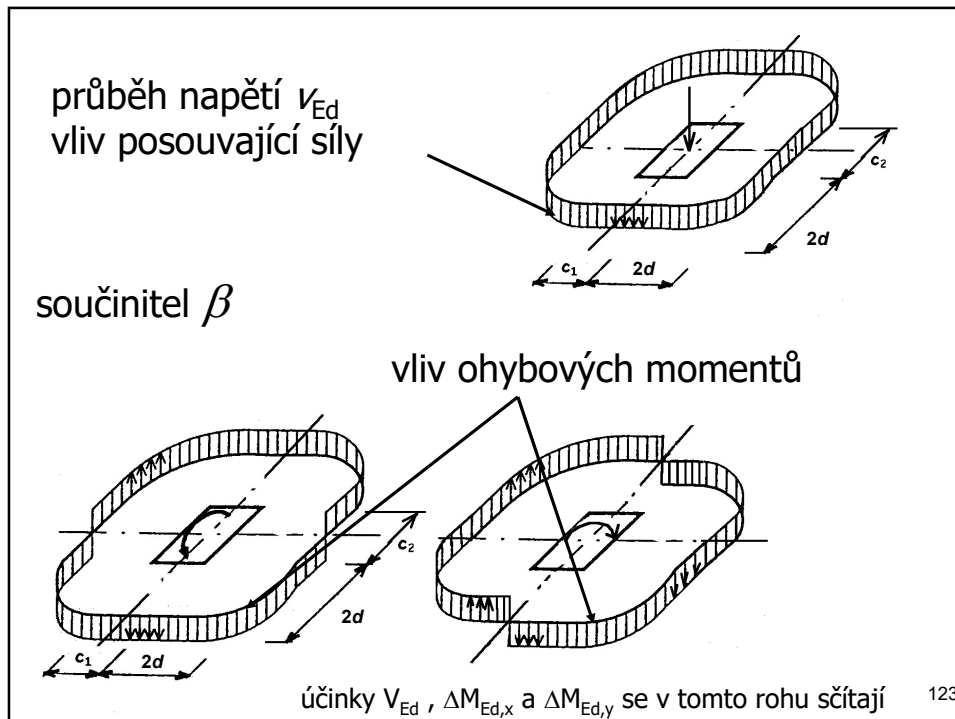
### vliv ohybových momentů



121

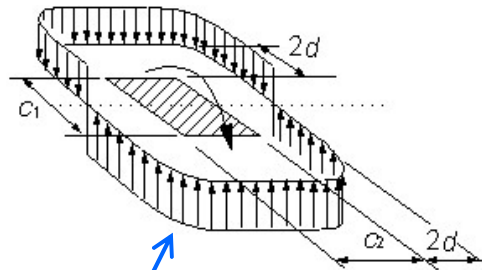
- Konstrukce s lokálně podepřenými deskami působí obousměrně, takže tyto výše zmíněné nevyrovnané ohybové momenty působí také v obou směrech souřadnicové soustavy ... směr x a směr y.

122



- Na obrázku nahoře je průběh smykového napětí po délce kritického průřezu pouze od posouvající síly.
- Na spodních obrázcích je zjednodušená představa o průběhu napětí po obvodě kritického průřezu od zvláště od obou nevyrovnaných ohybových momentů z obou směrů.
- V jednom rohu se účinky posouvající síly a obou momentů sčítají !!! To je ve vzorci pro výpočet účinků zatížení na smykové napětí vyjádřeno pomocí součinitele  $\beta$ .

součinitel  $\beta$



závisí na

- rozměrech sloupu
- rozdělení smykových sil  
(posouvající síly, nevyrovnaný moment,  
výstřednost zatížení)

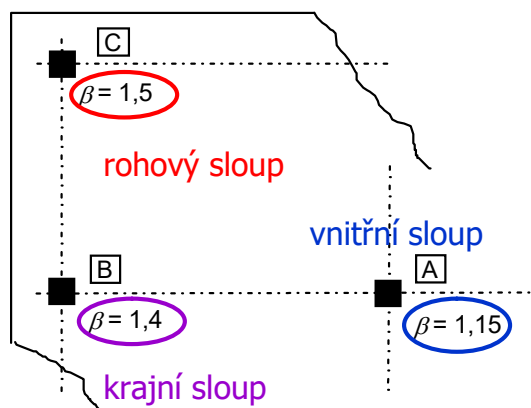
125

- Aspekty, které ovlivňují účinek ohybových momentů na namáhání desky v protlačení

...

126

přibližné určení  $\beta$



konstrukce, které

- nepřenášejí vodorovné zatížení
- se ztužujícími prvky
- rozpětí sousedních polí neliší více než o 25%

→ lze užít přibližné hodnoty součinitelů  $\beta$ . 127

- Za určitých předpokladů daných normou (viz slidy nahoře) lze účinek ohybových momentů na namáhání desky v protlačení zjednodušeně pouze odhadnout ... součinitel beta pro vnitřní sloupy (u pravidelné konstrukce relativně malé nevyrovnané momenty) hodnotou 1,15; pro krajní sloupy (zatížení v jednom směru jen z jedné strany => větší nevyrovnané ohybové momenty) hodnotou 1,4; a pro rohové sloupy (nevyrovnané ohybové momenty v obou rovinách) hodnotou 1,5.
- V ostatních případech se součinitel beta počítá (viz norma ČSN EN 1992-1-1).



### podmínky spolehlivosti

- posuzuje se napětí v protlačení (smykové)
- účinek zatížení

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

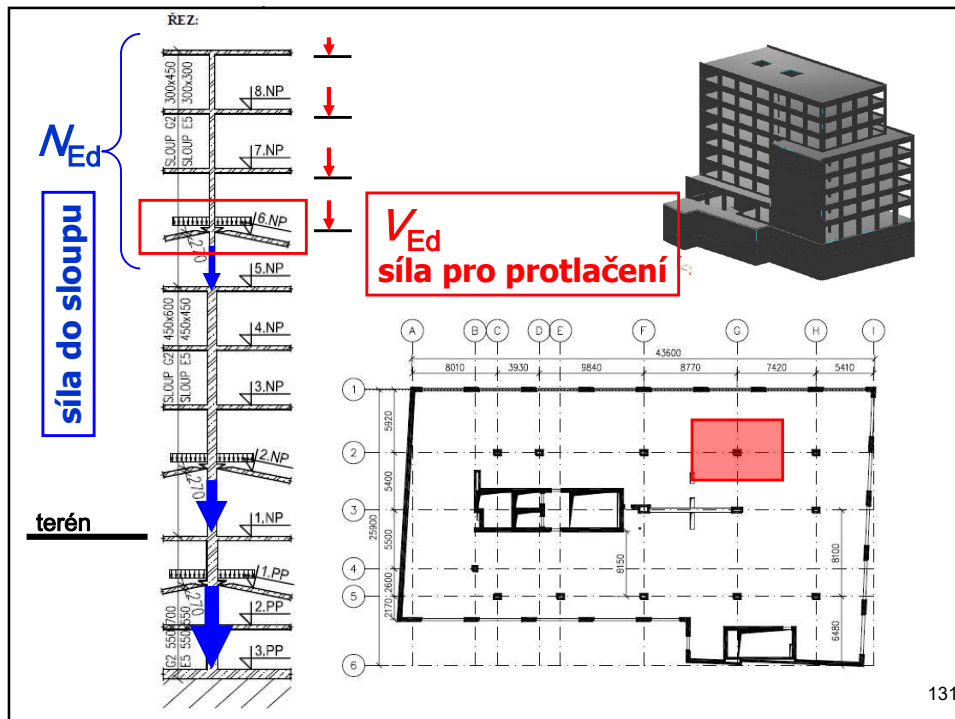
od svislého zatížení  
POUZE z jednoho patra

- $V_{Ed}$  návrhová hodnota posouvající síly  
 $d$  účinná výška v místě kontrolovaného průřezu =  $(d_x + d_y)/2$   
 $u_i$  délka i-tého kontrolovaného obvodu  
 $\beta$  součinitel – vliv ohybových momentů

129

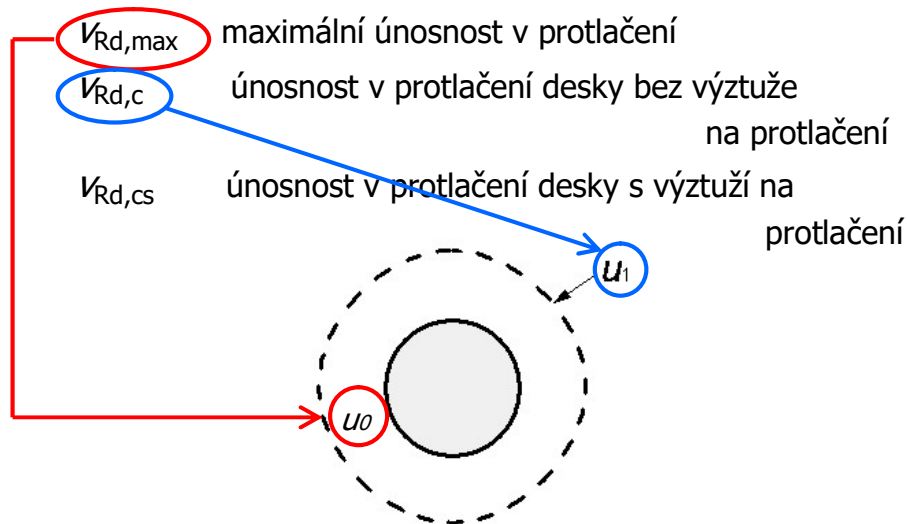
- Počítáme účinek zatížení v nultém, prvním a dalších kontrolovaných = kritických průřezích.
- Deska je protlačována pouze zatížením, které na ní je !!! ... tedy zatížením z jednoho patra
- Nezaměňovat s normálovou silou působící v patě sloupu. Ta namáhá na protlačení základovou konstrukci (patku nebo desku).

130



- Na obrázku je pouze dokumentace výše uvedeného textu.
- Desku na ohyb a protlačení namáhá jen zatížení, které je přímo na ní.
- Zatížení z jednotlivých desek se postupně sčítá ve sloupech, které podporují všechna patra, včetně střechy. Tato normálová síla postupně směrem k základovým konstrukcím narůstá a v základové konstrukci pak vyvolává protlačení ...

## únosnost v protlačení



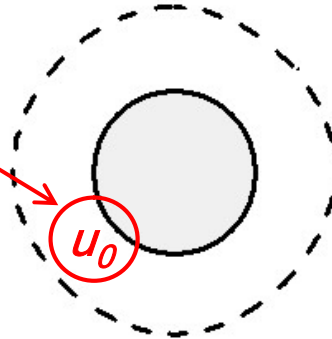
133

- Únosnost desky v protlačení kontrolujeme ve dvou průřezích:
  - na obvodu sloupu ...  $V_{Rd,max}$  ... drcení tlačené diagonály náhradní příhradoviny
  - na obvodu prvního kritického obvodu
- Pokud je třeba výztuž na protlačení ... to znamená, že únosnost samotné desky v protlačení bez smykové výztuže  $V_{Rd,c}$  je nedostatečná, navrhujeme výztuž a kontrolujeme únosnost desky s výztuží na protlačení  $V_{Rd,cs}$

134

$$V_{Ed,0} \leq V_{Rd,max}$$

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$



$v$ ... redukce pevnosti betonu v tlaku – působení  
příčných tahů (smyk za ohybu)

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) \quad (f_{ck} \text{ v MPa})$$

135

- Výpočet maximální únosnosti desky v tlaku na obvodu sloupu.
- Redukce tlakové pevnosti betonu s ohledem na mikrotrhliny, které zde mohou vlivem posouvající síly vznikat.
- Tuto hodnotu maximální únosnosti desky v tlaku nelze překročit.

136

nevyjde-li podmínka

$$V_{Ed,0} < V_{Rd,max}$$

NELZE pokračovat bez úpravy

- zvětšit tloušťku desky ?
- zvětšit sloup ( $\rightarrow$  délku  $u_0$ )
- návrh zesílení desky v oblasti podpor
- návrh hlavic (viditelných, skrytých)
- návrh betonu vyšší pevnostní třídy

137

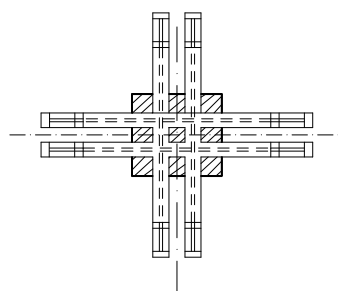
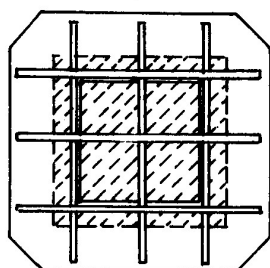
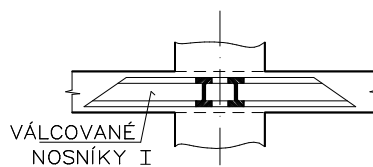
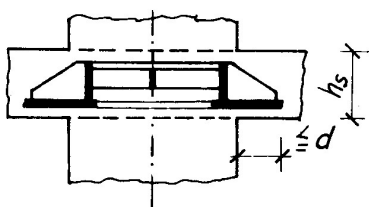
- Pokud podmínka není splněna, nelze pokračovat ve výpočtu bez úpravy konstrukce.
- Úpravou konstrukce může být:
  - zvýšení tloušťky desky – ano, to ale pomůže jen částečně, nutno přepočítat zatížení a zvětšit vlastní hmotnost desky ... tím se zvětší i posouvající síla;
  - velmi účinné je zvětšit rozměr sloupu, přestože to z důvodu tlakové únosnosti není třeba  $\Rightarrow$  zvětší se délka kritického obvodu  $\Rightarrow$  zmenší se účinky zatížení;
  - pokud nechceme zvětšovat sloup, je možné navrhnout zesilující desku u sloupu;
  - nebo lze navrhnout přiznanou, případně skrytou hlavici;
  - nebo zvolit beton vyšší pevnostní třídy (toto řešení je ale poněkud omezeno možnostmi provádění ...)

138

## skryté ocelové hlavice

- manžetová (límčová)

- roštová

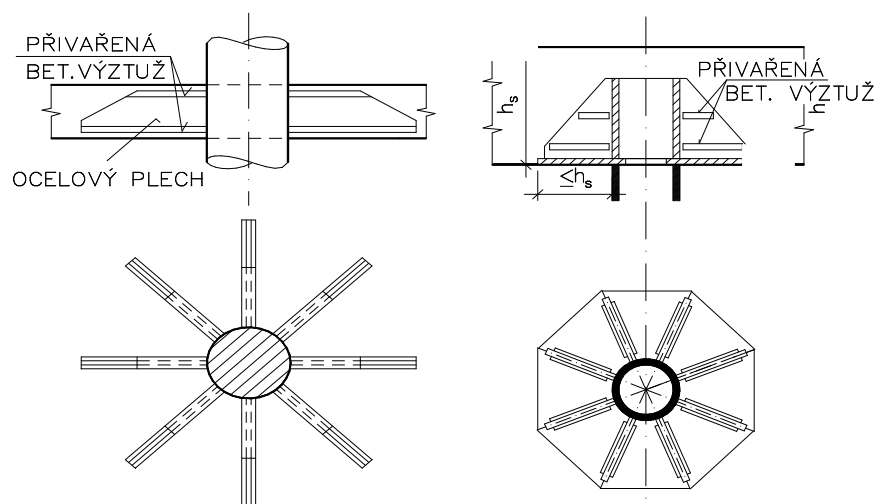


139

- Příklady skrytých ocelových hlavíc.

140

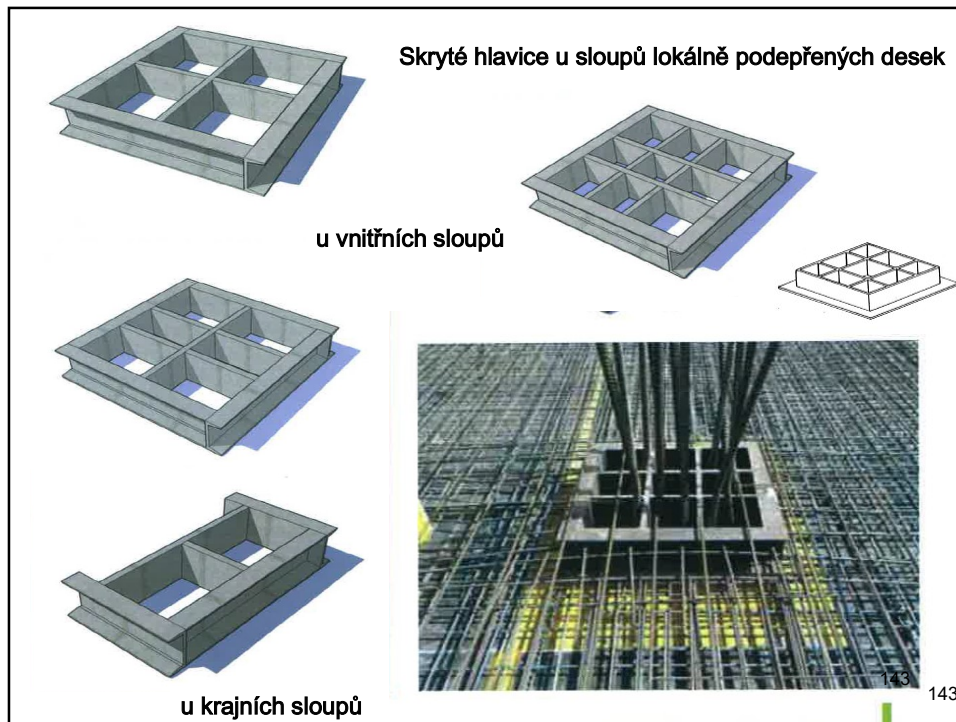
## skryté ocelové hlavice žebrové



141

- Příklady skrytých ocelových hlavic.

142



- Příklady prefabrikovaných skrytých ocelových hlavic.



$$\bullet V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

$U_1$

únosnost desky v protlačení  
bez výztuže na protlačení s vlivem ohybové výztuže

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad d \text{ v mm}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02$$

$f_{ck}$  je v MPa

pro podrobný návrh  
upřesnit hodnotu stupně vyztužení  $\rho$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz})/2$$

$$k_1 = 0,1$$

$$\sigma_{c,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \quad \sigma_{c,z} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

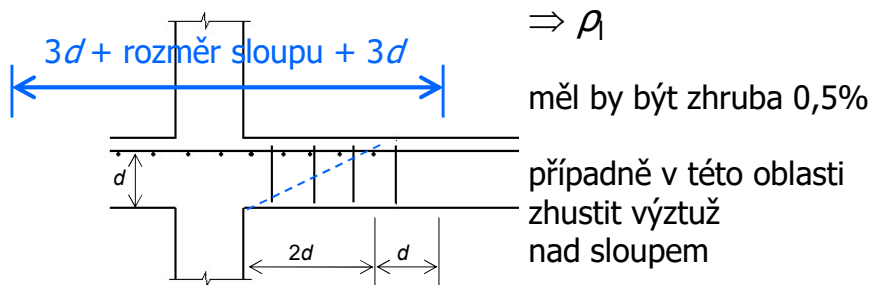
145

- Vzorec dle normy pro výpočet samotné únosnosti desky v protlačení bez smykové výztuže, ale s vlivem výztuže ohybové.
- Součinitel  $C_{Rd,c}$  dle normy
- $k$  ... součinitel vyjadřující vliv tloušťky průřezu (účinnou výšku je třeba dosazovat v mm)
- $\rho_l$  ... stupeň vyztužení ohybovou výztuží (viz slide 105 a 106 – vliv ohybové výztuže na únosnost desky v protlačení)

146

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02$$

- průměrná hodnota stupně vyztužení podélnou výztuží
- pro  $u_1$  se vypočte z podélné výztuže nad kontrolovaným obvodem rozšířeným o  $3d$  na každou stranu



147

- V předchozím textu byl zmíněn vliv ohybové výztuže nad sloupem na únosnost samotné desky bez smykové výztuže – podle normy lze do stupně vyztužení  $\rho_r$ , který se dosazuje do vzorce pro výpočet únosnosti desky v protlačení započítat výztuž, která je umístěna v okolí sloupu maximálně ve vzdálenosti  $3 \cdot d$  od líce sloupu.
- Někdy je výhodné ohybovou výztuž nad sloupem zhustit, a tím zvýšit i smykovou únosnost desky.

148

neplatí-li

$$V_{Ed,1} \leq V_{Rd,c}$$

tedy účinky zatížení jsou větší než únosnost samotné desky v protlačení

$$V_{Ed,1} > V_{Rd,c}$$

→ **návrh smykové výztuže**  
( jen v deskách s tl.  $h_d \geq 200\text{mm}$ )

- třmínky (svařované žebříčky, spony)
- třmínkové lišty
- ohyby = „ kozlíky “

149

- Pokud je splněna podmínka, že únosnost desky v protlačení je větší než účinky zatížení, smyková trhliná nevzniká a není třeba žádná výztuž na protlačení.
- Pokud není splněna podmínka, že účinky zatížení v prvním kontrolovaném obvodu je menší než únosnost samotné desky v protlačení, znamená to, že šikmá trhliná vzniká, a že je třeba navrhnout výztuž na protlačení.
- Klasická výztuž na protlačení bývá v podobě jednostřížných třmínků – svařované žebříčky, spony. Nebo v podobě smykových kozlíků nad sloupy.
- Případně v podobě moderních výrobků do betonu – tzv. smykových lišt.

150

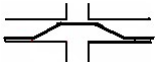
+ kontrola pro 1. kritický obvod (změna normy – 2016)

$$V_{Ed,1} \leq k_{max} \cdot V_{Rd,c}$$

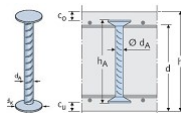
$k_{max}$  ... podle typu výztuže na protlačení  
– podle způsobu jejího zakotvení

$k_{max} = 1,45$  pro desky s  $h \leq 200\text{mm}$   
 $= 1,70$  pro desky s  $h \geq 700\text{mm}$



$k_{max} = 1,35$   ohyby - kozlíky

$k_{max} \approx 1,9$



smykové trny

Dle pokynů výrobce smykových trnů.

151

- Smykové vyztužení má určité omezení. Nelze navrhnout příliš velké množství vyztuže na protlačení do okolí sloupu. Konstrukce by byla převyztužená a nebyla by bezpečná – hrozí drcení betonu mezi výztuží na protlačení.
- Tento fakt je v normě zohledněn pomocí součinitele  $k_{max}$ .
- Hodnota součinitele  $k_{max}$  závisí na typu použité výztuže na protlačení, zejména na kvalitě jejího zakotvení v desce. Výztuž na protlačení protíná šikmou smykovou trhlinu pod určitým úhlem a její plochu navrhujeme tak, aby nedošlo k jejímu přetržení. Zároveň je ale třeba výztuž na protlačení řádně zakotvit. Pro zajištění spolehlivého zapojení výztuže na protlačení je nutné její spolehlivé zakotvení. A na to v relativně tenkých deskových prvcích není moc prostoru. Účinnost smykové výztuže se odvíjí od kvality jejího zakotvení v desce nad nebo pod trhlinou.
- Klasická smyková výztuž v podobě svařovaných žebříčků (zakotvení příčně přivařeným podélným prutem) nebo spon (spony jsou pouze přetaženy na normou stanovenou délku přes křížení dvou nosných ohybových výztuží) není dokonalé.
- Únosnost samotné desky smykovou výztuží lze zvýšit o max 45% oproti únosnosti samotné desky.
- Únosnost desky lze pomocí kozlíků (ohybů) zvýšit pouze o 35% oproti únosnosti samotné desky bez smykové výztuže. Pokud to nestačí, je třeba hledat jiný, účinnější zakotvený typ výztuže na protlačení – např. smykové trny.

152

nevyjde-li podmínka

$$V_{Ed,1} < k_{max} \cdot V_{Rd,c}$$

NELZE pokračovat bez úpravy

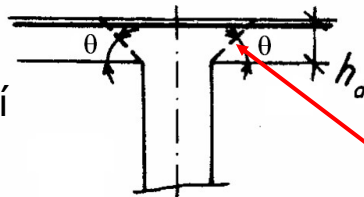
- zvětšit tloušťku desky ?
- zvětšit sloup ( $\rightarrow$  délku  $u_0$ )
- návrh zesílení desky v oblasti podpor
- návrh hlavic (viditelných, skrytých)
- návrh betonu vyšší pevnostní třídy

153

- Pokud není tato podmínka splněna, nelze pokračovat v návrhu. Je třeba provést nějaké změny v návrhu konstrukce. Platí podobné poznámky jako na slidu 138.
- Lze zvětšit tloušťku desky  $\Rightarrow$  zvětší se zatížení na metr čtverečný a posouvající síla.
- Velmi účinným opatřením je zvětšení půdorysného rozměru sloupu, ale to zmenšuje podlahovou plochu půdorysu.
- Lze navrhnout zesilující desku, přiznanou (obojí naruší rovinnost podhledu) nebo skrytou hlavici (velmi drahé).
- Lze navrhnout desku z lepšího betonu, ale jen do míry přijatelné pro stavbu ... reálné je uvažovat s pevnostní třídou kolem C30/37. Vyšší pevnostní třídy betonu jsou samozřejmě dražší a budou ve velkých objemech betonu potřebných pro betonáž desky dělat technologické problémy při realizaci.

154

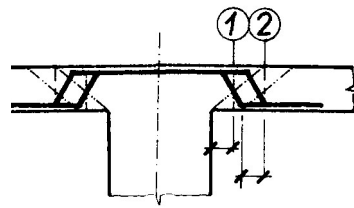
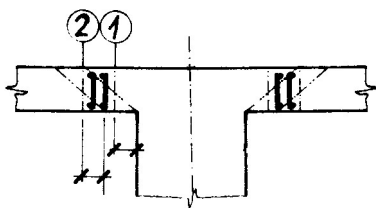
výztuž na protlačení



šikmá skutečná trhлина

svařené třmínky  
třmínkové lišty

ohyby – „kozlíky“



zakotvení výztuže na protlačení ???

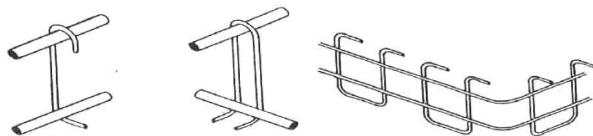
155

- Pokud splníme podmínku  $v_{Ed,1} < k_{max} \cdot v_{Rd,c}$  lze navrhnout některý z typů výztuže na protlačení.
- Na obrázku vlevo jsou jednostřížné třmínky (svislíce) přivařené k vodorovným konstrukčním prutům do jakéhosi žebříčku. Tyto žebříčky je třeba umístit do okolí sloupu tak, aby fungovaly v šikmé trhlině.
- Na obrázku vpravo jsou 'naohýbané' kozlíky, jejichž šikmá část má protínat zhruba kolmo šikmou smykovou trhlinu.
- U výztuže na protlačení je zásadním problémem jejich řádné zakotvení v relativně tenkých deskách. Je třeba navrhnout účinné kotevní úpravy výztuže !!! Pokud má deska menší tloušťku než 200mm, nelze toto zakotvení výztuže dle ČSN EN 1992-1-1 zaručit. **Desky s výztuží na protlačení musí mít tloušťku nejméně 200mm!!!**
- Výjimku tvoří tzv. smykové trny – výrobci deklarují zakotvení už při tloušťce desky 180mm (vi další slidy).
- U žebříčků funguje jednak příčně přivařený vodorovný prut, a jednak je požadováno, aby jedna vrstva ohybové výztuže byla uložena pod tento vodorovný prut.
- U ohybů hlídáme kotevní délku prutu od trhliny.
- Kvalita zakotvení výztuže ovlivňuje významně účinnost výztuže na protlačení.

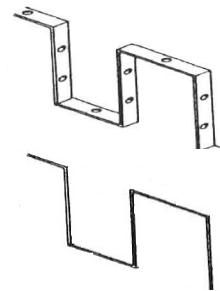
156

Příklady jednotřížné výztuže na protlačení  
+ možné způsoby jejího zakotvení

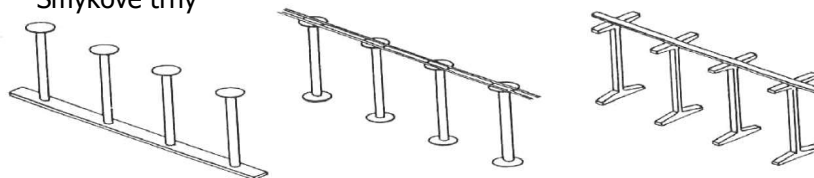
Klasická výztuž na protlačení



Netypické tvary



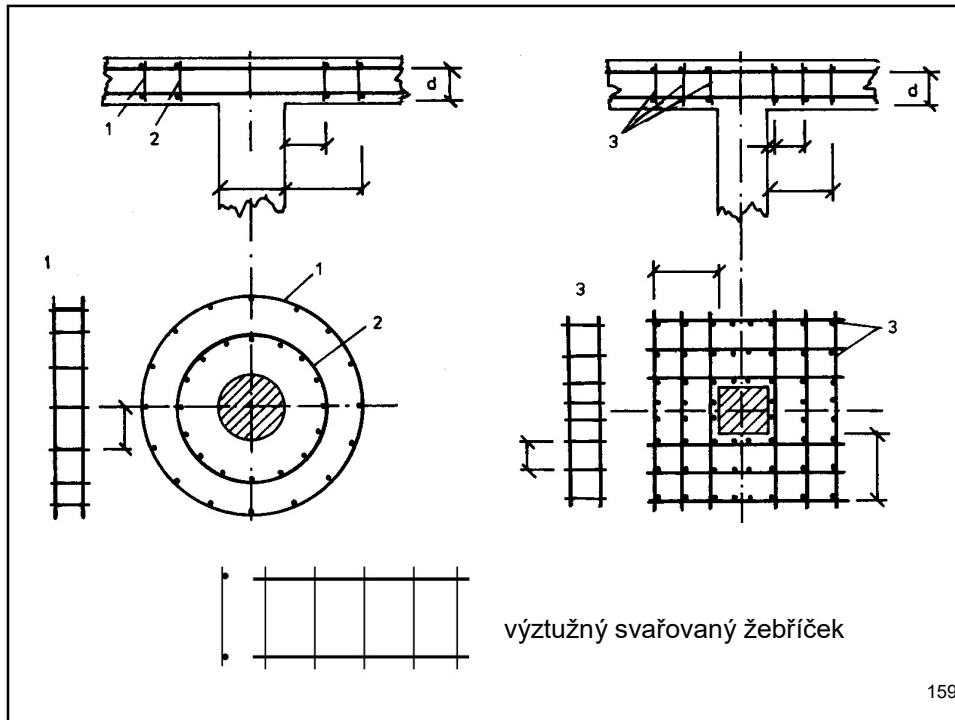
Smykové trny



157

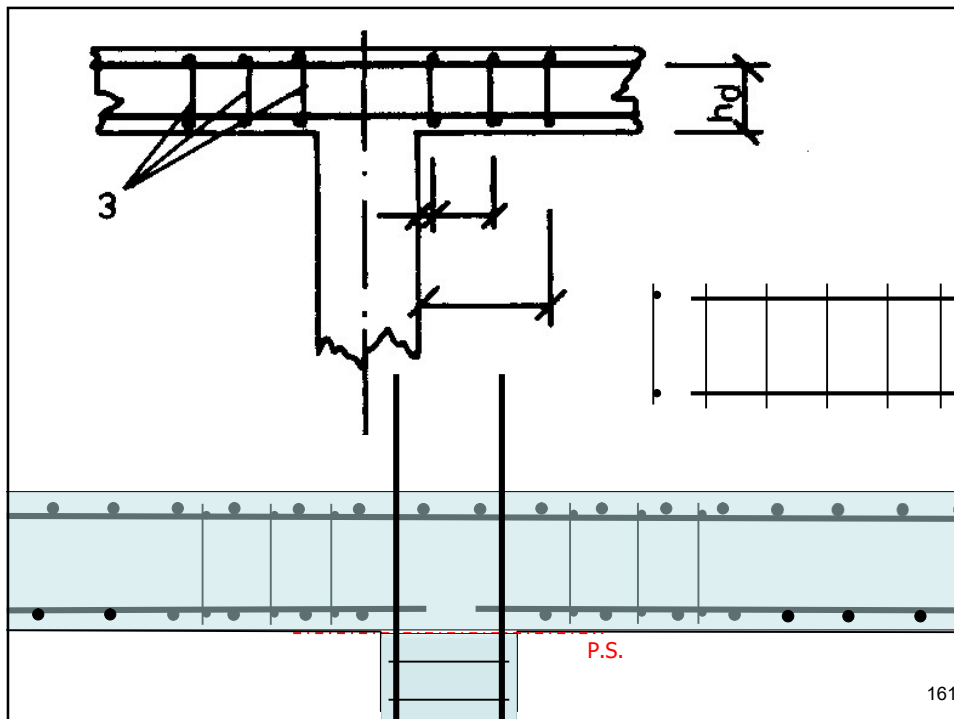
- Na tomto slidu jsou další možnosti zakotvení svislých jednotřížných třmínků.

158



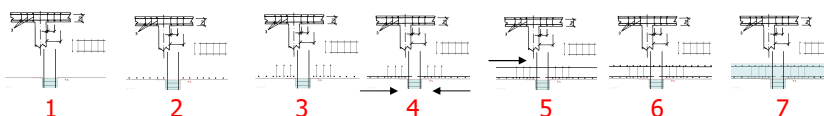
- Na slidu jsou naznačené řezy a půdorysy sloupů kruhového (vpravo) a čtvercového (vlevo) s možným uspořádáním klasické výztuže na protlačení. Výztuž je tvořena svařovanými žebříčky – okolo kruhového sloupu v soustředných kruzích a okolo čtvercového sloupu v ortogonálním uspořádání.





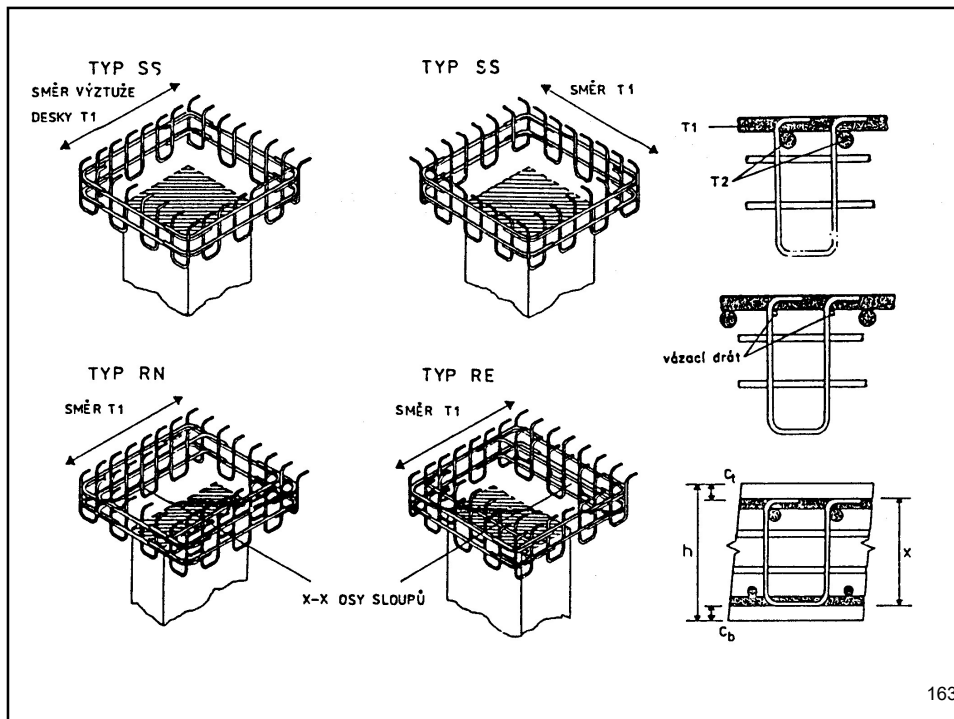
161

- Animace na slídu (viz obrázky dole) naznačuje postup vytváření výztužné kostry. Vyznačena je poloha pracovní spáry v horní úrovni sloupu a spodní bednění desky(1).
- Následuje uložení jedné vrstvy spodní výztuže – té vrstvy, která má být blíž k bednění (2).
- Poté se musí do bednění dát smykové žebříčky (3).
- Pak se ukládá výztuž do druhé vrstvy, kolmo k první vrstvě, přičemž profily musí být uloženy nad vodorovné pruty žebříčku. Zasouvat se tedy musí z boku (4).
- Pak je nutné první vrstvu horní výztuže zasunout pod horní vodorovný prut žebříčku (5). Zde je to trochu složitější na provádění – pruty horní výztuže jsou dlouhé a je nutné je nějak prostrčit pod výztuží z jednoho deskového pole do druhého
- A nakonec shora položit druhou vrstvu horní výztuže (6).
- Proveďte se betonáž desky (7).



- Tento postup tu je podrobně popsán proto, abychom si představili pracnost provádění tohoto způsobu výztužení. Vše je podřízeno požadavkům na účinné zakotvení smykových žebříčků v desce – vodorovná výztuž, která je ukládána pod vodorovný prut žebříčku zakotvení smykové výztuže velmi pomáhá.

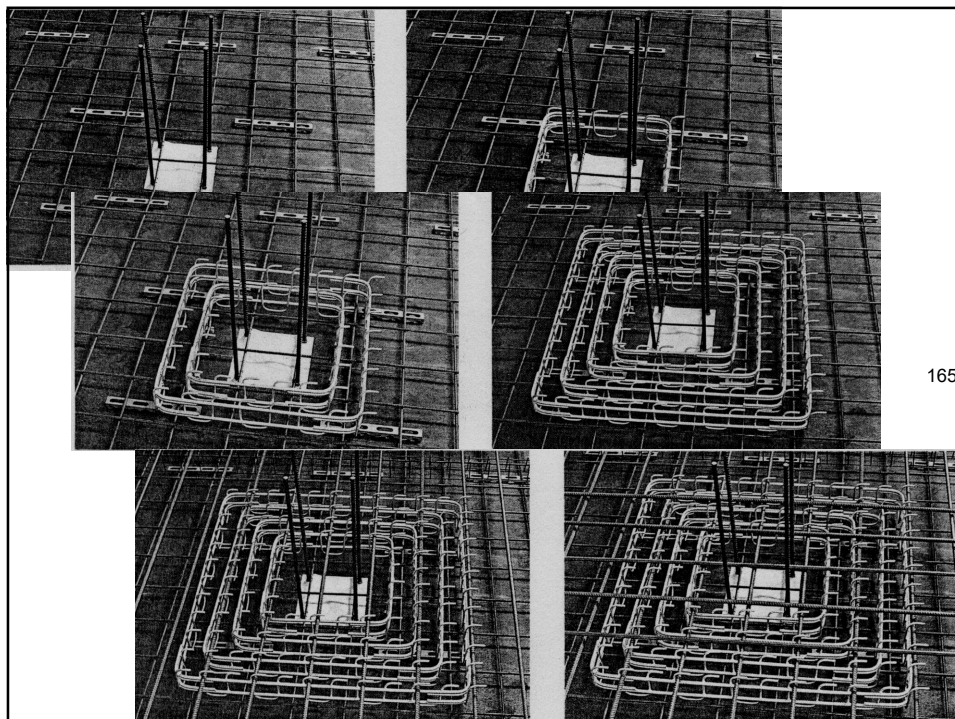
162



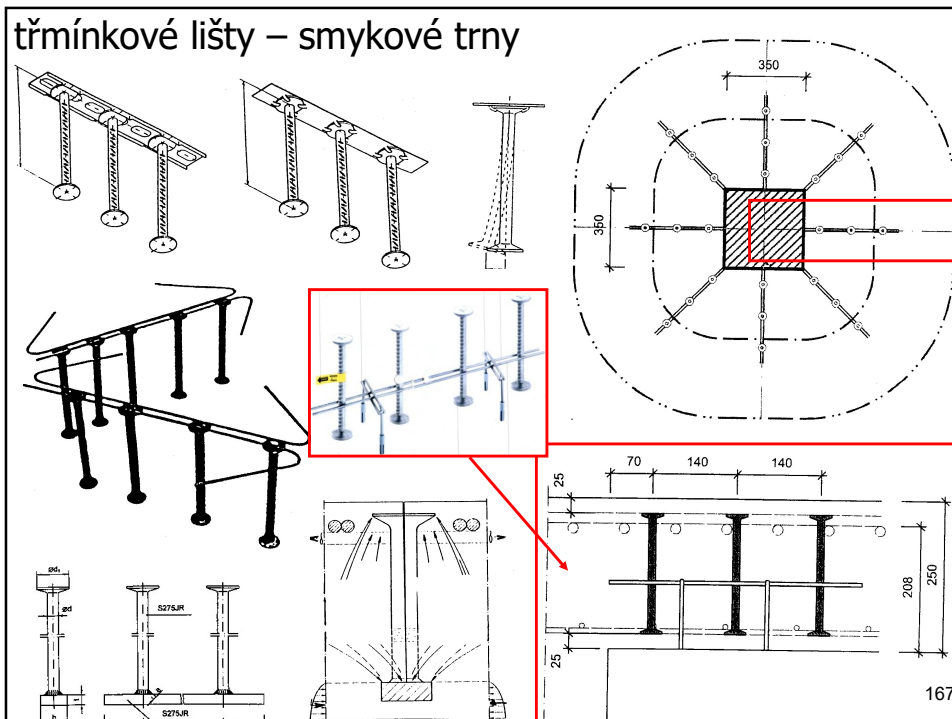
163

- Na tomto slidu jsou naznačeny alternativní způsoby zakotvení smykové výztuže okolo sloupu. Jsou navrženy dva příčně přivařené pruty u svislic a v dolní části je výztuž protažena do další svislice. To zlepšuje kotvení svislic – nosné výztuže na protlačení. Nahoře je u každé svislice jako kotevní úprava pravoúhlý hák.
- Tato varianta zjednodušuje provádění – nejprve se uloží obě vrstvy spodní výztuže, poté se přidají předpřipravené výztužné smykové žebříčky, jedna vrstva horní výztuže se zasouvá pod pravoúhlý hák a druhá se volně shora pokládá na první vrstvu.

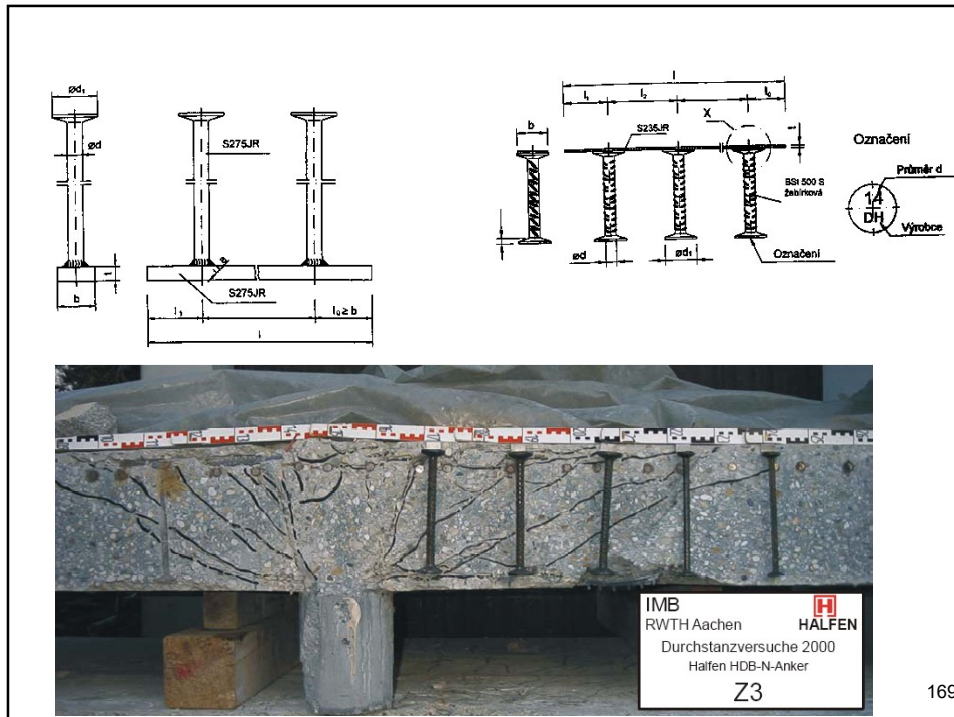
164



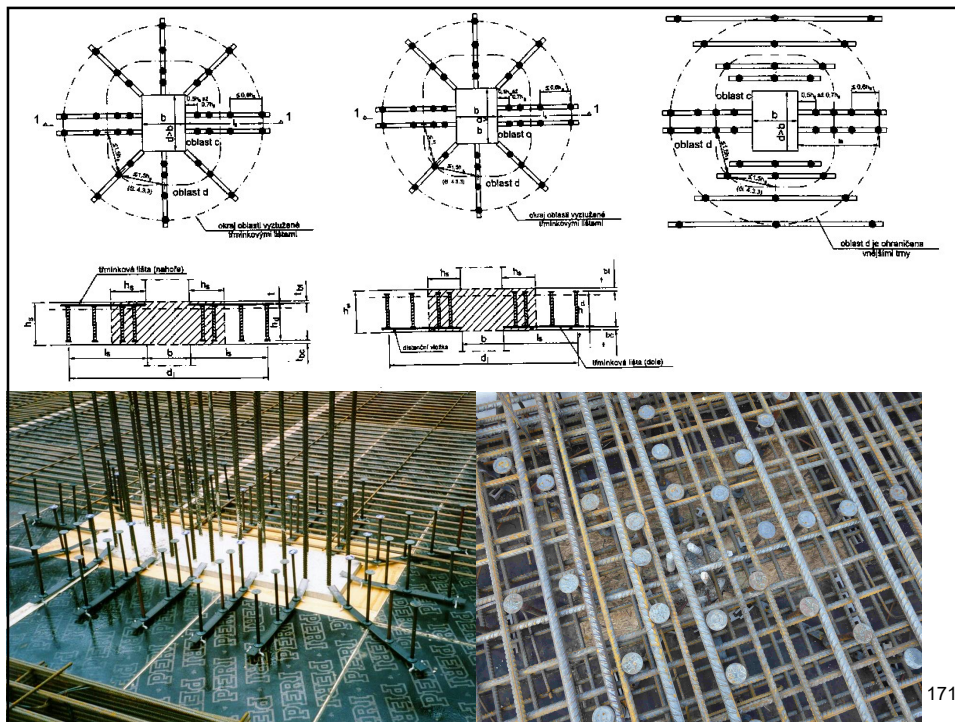
- Postup přípravy výše popisované výztuže u sloupu.
- Obrázky od shora vlevo ... pouze spodní výztuž, přibývají smykové koše a nakonec horní výztuž desky.



- Varianty různých typů smykových trnů – některé jsou uložena na bedněni – jejich poloha nad bedněním je stabilizována nějakými 'kozyčkami', které jsou k tomu určeny.
- Jiné typy smykových trnů se vkládají do bedněni úplně nakonec, až po svázání horní výztužné sítě a jejich poloha se stabilizuje přivázáním k horní výztužné síti.
- Použitím smykových trnů se zjednodušuje provádění, zlepšuje zakotvení svislých jednostrážných třmínků (viz obr. – rozkovaná hlava trnů smykové výztuže se opírá o beton) a tím se zvyšuje možné smykové namáhání lokálně podepřených desek.



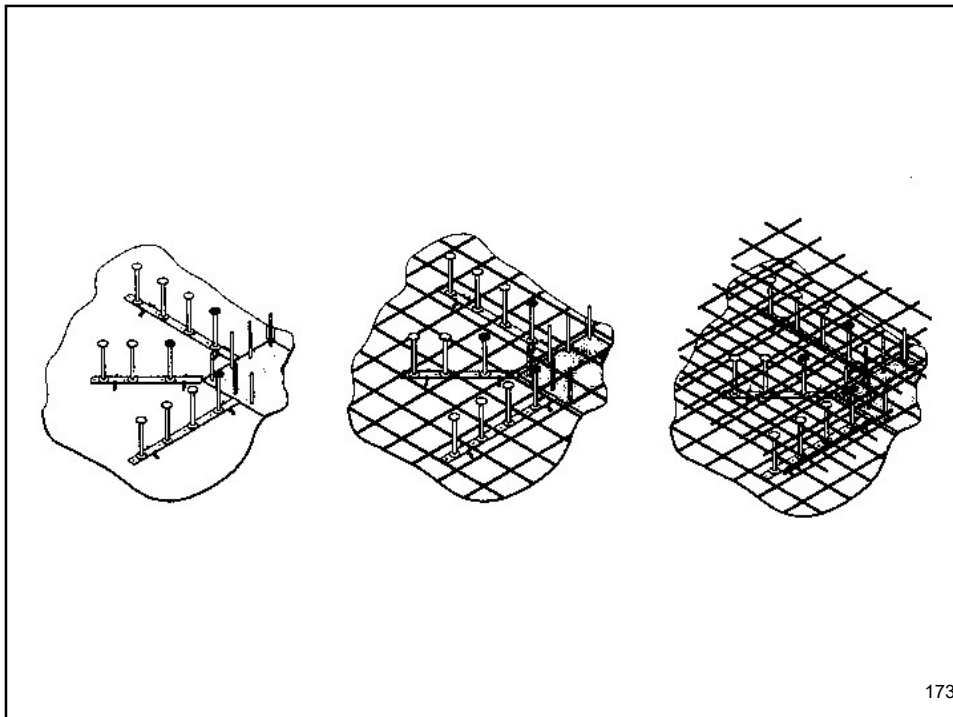
- Záznam ze zkoušek firem, které smykové trny vyrábějí.
- Smykové trny jsou atestované výrobky do betonu, jejichž únosnost podléhá po,ěrně rozsáhlému výzkumu firem, které je na trh dodávají.
- Na obrázku jsou vidět trhliny, které v desce vznikají + trny.



171

- Možná uspořádání smykových trnů v lokálně podepřené desce.

172



173

- Postup ukládání výztuže, pokud jsou trny uloženy na bednění.
- Nejprve se do bednění uloží trny.
- Poté spodní výztuž.
- A nakonec horní výztužná síť.
- Odpadá potahování ohybové výztuže pod vodorovný prut svařovaných žebříčků => zjednoduší se práce na stavbě.

174



175

- Ukládání smykových trnů až po svázání obou výztužných koster spodní i horní výztuže pouhým zasunutím shora.
- Stabilizace polohy trnů pomocí hliníkových pásků jejich přivázáním k horní výztužné síti.
- Za zmínku stojí ještě fakt, že smykové lišty se vyrábí se svislými pruty od profilu 10.
- A připomenutí, že smykové trny lze navrhovat do desky tloušťky min. 180mm.

176





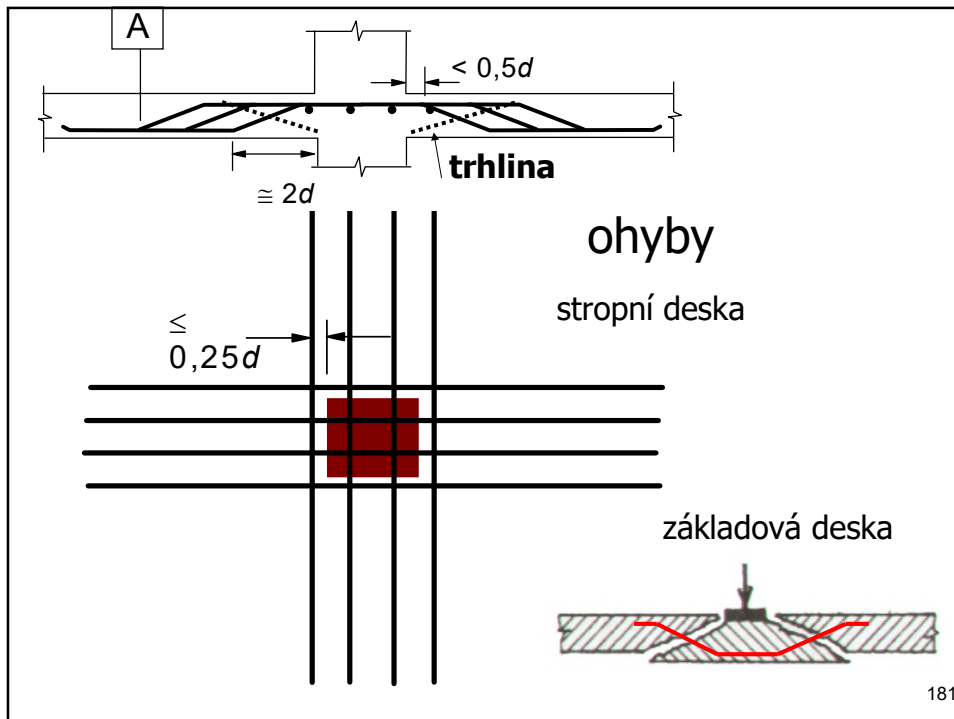
177

- Třmínkové lišty s přivařenými pruty betonářské výztuže (místo hliníkových pásků), které zajistí polohu trnů a přiváží se k horní výztužné síti.

178



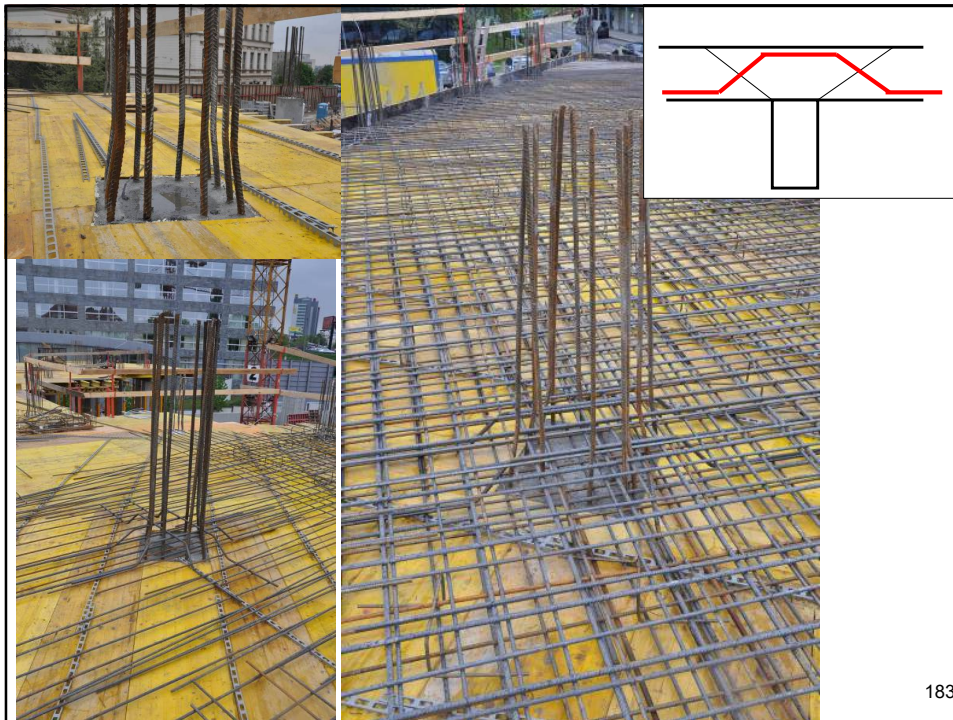
- Vkládání trnů do bednění.



181

- Alternativou výztuže na protlačení jsou ohyby – tzv. kozlíky.
- Na slidu je uspořádání ohybů ve stropní desce – konstrukční zásady ... kde má začínat ohyb, kde má maximálně končit ... tak, aby byl v šikmé trhlině účinný (aby ji protínal ve správném místě).
- Ohyby se ukládají ve dvou na sebe kolmých směrech do dvou vrstev.
- Patří k méně účinným způsobům vyztužení – jsou zde dlouhé oblasti bez smykového vyztužení x oblasti se soustředěným smykovým vyztužením.
- Hodí se proto pro desky méně namáhané na protlačení.
- Vpravo dole jsou smykové kozlíky v základové desce – zde mají opačný sklon než ve stropní desce ... respektují smykovou trhlinu.

182



- Ukázky výztuže na protlačení, která je tvořená ohyby.

únosnost desky s výztuží na protlačení:

•  $V_{Ed} \leq V_{Rd,cs}$  →  $u_1$

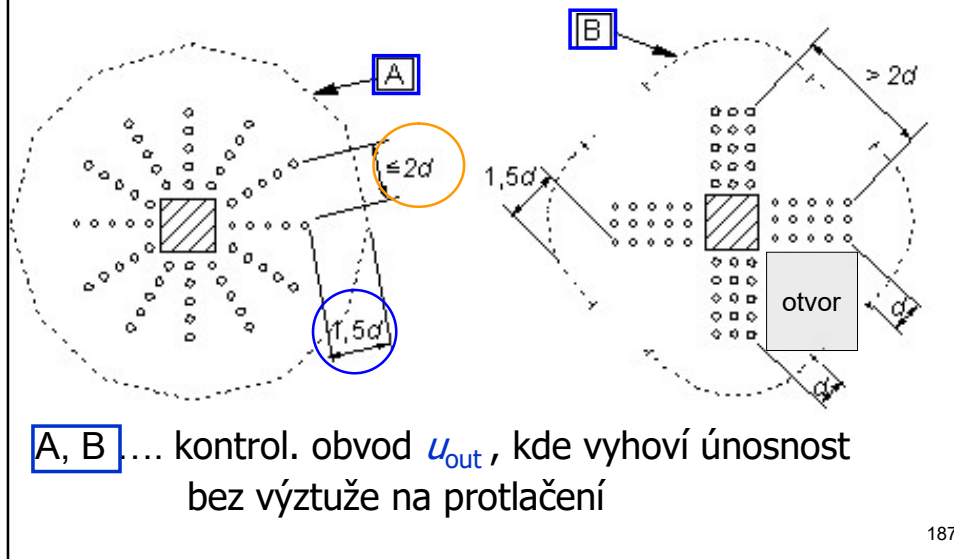
$$V_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} \quad \text{BETON} \\ + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 \cdot d)) \sin \alpha \quad \text{+ VÝZTUŽ}$$

185

- Výpočet únosnosti desky v protlačení včetně výztuže na protlačení.
- Beton se částečně započítává + redukováná únosnost svislic smykové výztuže, které se nacházejí v oblasti šikmé smykové trhliny v rámci prvního kritického obvodu.
- Redukuje se napětí ve výztuži i počet svislic, které jsou v rámci první šikmé trhliny.

186

## uspořádání výztuže na protlačení



187

- Uspořádání smykové výztuže kolem sloupu.
- Obrázek vlevo – ideální pravidelné uspořádání – rovnoměrně rozložené kolem sloupu - pokud tomu nic nebrání.
- Na obrázku vpravo je méně vhodné – nerovnoměrné upořádání smykové výztuže s ohledem na otvor u sloupu.

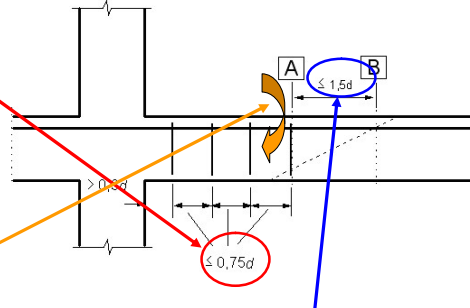
188

## konstrukční zásady

- max. vzdálenost výztužných prvků

- radiálně  $s_r$

- po obvodě  $s_t$



-max. vzdálenost výztuže od obvodu  $u_{out}$

stupeň výztužení – pro  $\alpha = 90^\circ$  :

$$\rho_{sw} = 1,5A_{sw1} / (s_r \cdot s_t) \geq \rho_{sw,min} = 0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$$

189

- Konstrukční zásady pro uspořádání výztuže na protlačení podle normy.
- Hlídáme vzdálenost prutů radiálně od líce sloupu, vzdálenost prutů od sebe, vzdálenost prutů po obvodě sloupu.
- Poslední svislice smykové výztuže má být maximálně ve vzdálenosti  $1,5 \cdot d$  od průřezu, kde už smyková výztuž není nutná ... obvod  $u_{out}$

190

## protlačení - postup návrhu

- kontrola max.únosnosti → případná změna geometrie, třídy betonu
- ověření, zda vyhoví bez výztuže na protlačení
- případný návrh výztuže – postup pro třmínky:
  - stanovení obvodu  $U_{out}$ , (kde vyhoví bez výztuže)
  - volba **profilu třmínků**
  - **rozmístění výztuže** – z podmínky **únosnosti a kontrola konstrukčních zásad** (vzdálenosti  $s_r$ ,  $s_t$  a stupeň vyztužení)  
(nebo nejprve volba vzdáleností a z podmínky únosnosti výpočet profilu)

191

- Postup návrhu výztuže na protlačení v jednotlivých krocích, včetně průběžné kontroly konstrukčních zásad.

192



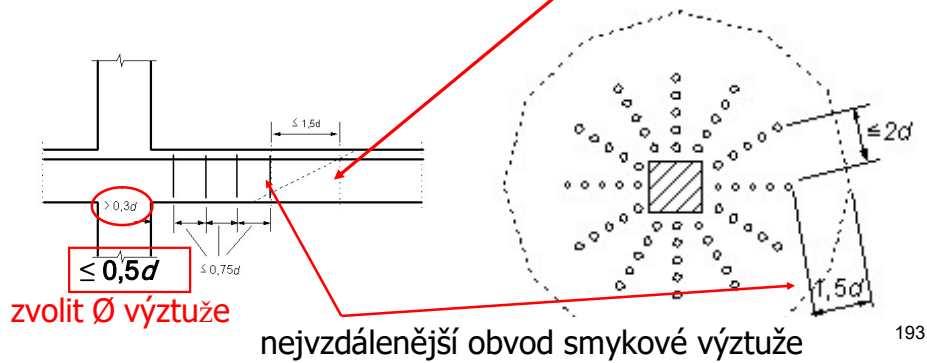
- návrh smykové výztuže

$$u_{out,ef} = \beta \cdot V_{Ed} / (v_{Rd,c} \cdot d)$$

→ vzdálenost kontrolovaného obvodu  $u_{out,ef}$   
ve kterém se již smyková výztuž nepožaduje

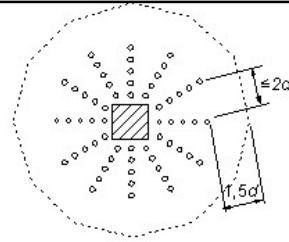
$u_1, u_2 \dots ?$

konstrukční zásady  $2d; 1,5d; 0,75d$



- Kontrola konstrukčních zásad vyztužení smykovou výztuží u sloupů.

- návrh smykové výztuže



počet  $\emptyset$  v jednom obvodu =  $n$ ?

$n = u_1 / s_t \rightarrow$  počet třímínekových řad („μαρισκου“)

$A_{sw} = n \cdot A_{\emptyset}$  (osová vzdálenost spon po obvodě < 1,5d pro  $u_1$ )

$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 d \leq f_{ywd}$  [MPa]

v základním – prvním kontrolovaném obvodu

$$V_{Rd,cs} = 0,75 V_{Rd,c} + 1,5 (d/s_t) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d))$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cs}$$

$\rightarrow$  ověření smykové odolnosti v kontrolovaném obvodu

$$u_2 : V_{Ed} \sim V_{Rd,c} ??$$

195

- Konstrukční zásady pro návrh výztuže na protlačení – ve cvičení nebudeme potřebovat kompletní výpočet únosnosti výztuže na protlačení. Bude stačit jen naznačení možného smykového vyztužení u sloupu a dodržení základních konstrukčních zásad.
- Podrobnosti v příkladu na webu ...

196

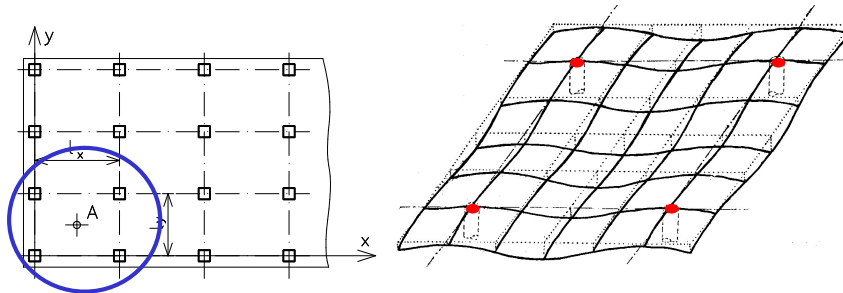
## průhyb

➤ posouzení ohybové štíhlosti  $l/d \leq \lambda_d$

➤ posouzení výpočtem  $\gamma \leq \gamma_{lim}$

větší z rozpětí  
deskového pole

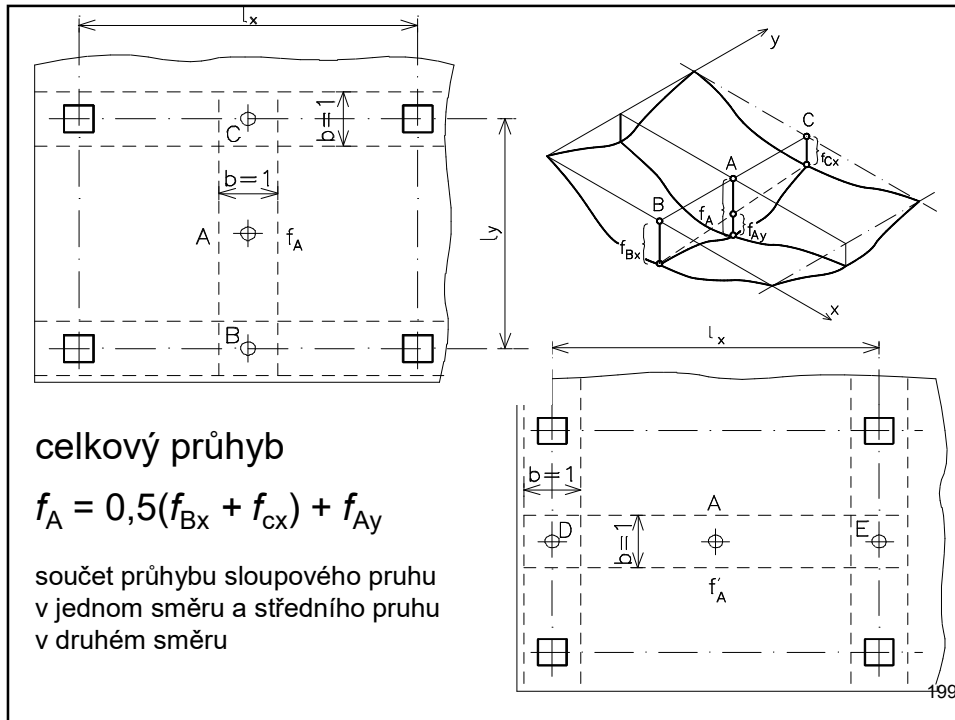
## přibližný výpočet



197

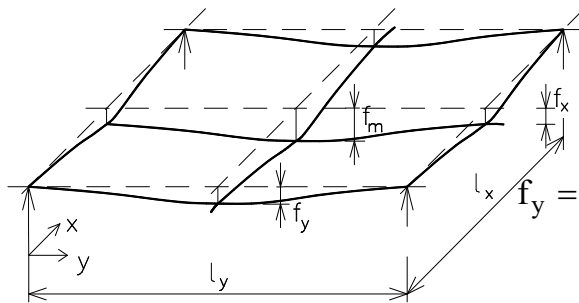
- Výpočet průhybu lokálně podepřené desky je v případě železobetonových desek poměrně náročný. Jedinými místy, kde je nulový průhyb jsou místa, kde je deska podepřena sloupy. Maximální průhyb bude uprostřed deskových polí, ale desky se prohýbá i v rámci sloupových pruhů.
- Metody, které jsou reálně k dispozici jsou pouze přibližné – získáme odhad hodnoty průhybu desky.
- Kontrolovat deformace je nezbytné s ohledem na další zabudované prvky a kompletační konstrukce. Nadměrné průhyby omezují použitelnost konstrukcí !

198



- Přibližná metoda výpočtu průhybu lokálně podepřené desky.
- Průhyb se počítá samostatně pro oba základní směry a pomocí hodnot dílčích průhybů se odhadne celkový průhyb desky uprostřed deskového pole.

přibližný výpočet průhybu – pro pravidelné konstrukce a rovnoměrné zatížení  $f_k$



$$f_x = \frac{f_k l_x^4}{20 E_{cm} h^3} \sqrt{\frac{l_y}{l_x}}$$

$$f_y = \frac{f_k l_y^4}{20 E_{cm} h^3} \frac{1}{l_y} = \frac{f_k l_x l_y^3}{20 E_{cm} h^3}$$

$$f_m \approx \frac{1,1 f_k (l_x^4 + l_y^4)}{32 E_{cm} h^3}$$

!! vliv trhlin, dotvarování a smršťování

→ násobit součinitelem

$$K_f = \frac{K_{csh} (1 + \varphi_\infty)}{K_{EI} \approx 0,6}$$

pro  $\varphi = 3$  ... okamžitý průhyb se zvětší asi **8x !!!**

- Přibližná metoda stanovení průhybu lokálně podepřené desky, která alespoň přibližně (odhadem) zohledňuje vliv trhlin v železobetonu, vliv smršťování a dotvarování betonu pomocí součinitelů zvětšujících pružný, okamžitý průhyb deskového pole.
- Průhyb železobetonové desky stanovený nějakou z metod stavební mechaniky – podle teorie pružnosti se vlivem oslabení průřezů trhlinami, vlivem smršťování betonu a vlivem dotvarování betonu může zvětšit 6 až 8x !!!