

Schodiště jsou souborem stavebních prvků (schodišťová ramena, podesty, mezipodesty, podestové nosníky, schodnice a schodišťové stěny), které umožňují komunikační spojení různých výškových úrovní. V budovách schodiště spojují jednotlivá podlaží a společně s výtahy jsou vertikálními komunikacemi.

Tento sylabus se týká betonových schodišť, a to zejména po statické stránce.

Dělení schodišť (zjednodušeně) :

- podle materiálu : dřevěná
 - ocelová
 - betonová (monolitická a prefabrikovaná)
- podle tvaru: jednoramenná a víceramenná
 - přímočará, křivočará a kombinovaná
- podle způsobu provedení, resp. podle statického působení :
 - s jednotlivými stupni - vetknutými do betonových nebo zděných stěn
 - podporovanými schodnicemi nebo stěnami
 - desková (nosníková deska s nabetonovanými nebo prefabrikovanými stupni)

Schodiště musí být navrženo v souladu s typologickými zásadami; to znamená, že splňuje parametry pro danou stavbu (pro daný účel objektu). Požadavky se týkají:

- šířky a výšky stupně, resp. jejich vzájemného poměru, tj. sklonu ramen
 - počet stupňů v jednom rameni
 - šířky ramen
 - šířky podest a mezipodest
 - podchodné výšky
 - povrchové úpravy stupňů, atd.
- (Podrobnosti viz přednášky předmětu
Konstrukce pozemních staveb.)

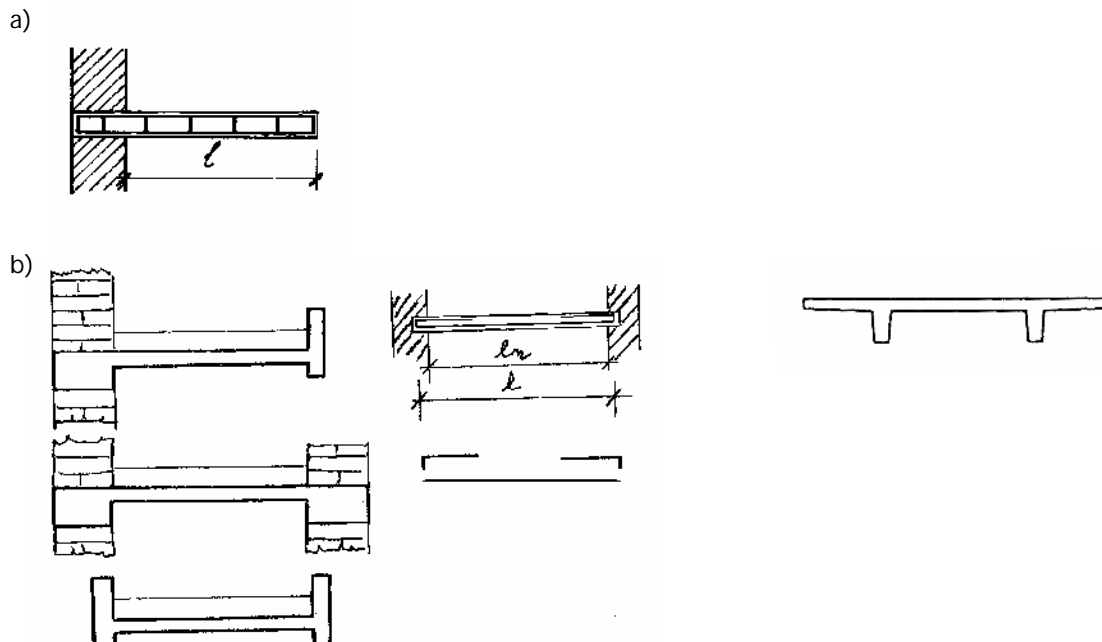
Konstrukční provedení schodiště, tedy volba systému nosných prvků, se liší podle konstrukčního systému budovy, do které schodiště navrhujeme, a podle včlenění schodišťového prostoru do nosného systému. Jiné bude schodiště ve zděné budově se zděnými stěnami, jiné ve skeletu s betonovými rámy a jiné u budovy s lokálně podepřenými deskami se systémem ztužujících stěn. V podstatě jde o možnosti podepření šikmých schodišťových ramen, podest a mezipodest.

Dnes se nejčastěji navrhují tvarově jednoduchá dvouramenná schodiště s přímými rameny, která vyžadují malou plochu, snadno se půdorysně začleňují a jsou konstrukčně výhodná. Mají zrcadla široká jen 5-30cm, event. se z důvodu úspory půdorysné plochy zrcadlo vypouští a ramena procházejí těsně vedle sebe. Širší zrcadla se navrhují tak, aby se do vzniklého prostoru vešla výtahová šachta. V bytových domech se dělají též jednoramenná schodiště. Schodiště troj- a víceramenná se navrhují méně často, protože jsou konstrukčně složitější a nákladnější. Do jejich prostorných zrcadel se obvykle umísťují výtahy.

SCHODIŠTĚ S JEDNOTLIVÝMI STUPNI

Podle podepření ramen, případně též podest, rozlišujeme typy (viz obr. 1):

- a) schodiště uložená pouze po jedné straně, tj. vetknutá do schodišťových stěn - staticky působí jako konzoly.
- b) podporovaná po obou stranách stěnami nebo schodnicemi - staticky působí jako nosníky podepřené kloubově nebo vetknuté do podporujících prvků



Obr.1 Typy schodišť s jednotlivými stupni a) konzolové b) nosníkové

Podle statického působení

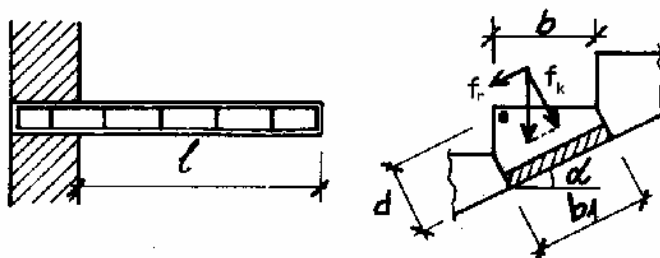
a) samostatně působící jednotlivé stupně

Jde o jednoduché konstrukce, kdy jsou jednotlivé stupně samostatně vetknuté do schodišťových stěn nebo podporované stěnami či schodnicemi. Při přenášení zatížení stupně vzájemně nespůsobí. Stupně se dimenzují na únosnost v ohybu, smyku, případně kroucení (podle tvaru stupně) a je třeba posoudit průhyb.

b) schodiště s průběžnými nosnými stupni

Jednotlivé stupně spolupůsobí. Zatížení se rozloží do dvou složek:

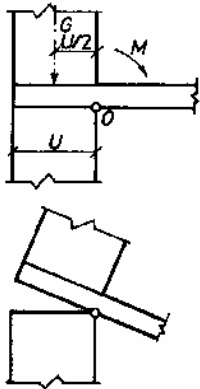
- f_r ... působí rovnoběžně se sklonem ramene, v rovině podstupňové desky - síly jsou zachyceny „stěnovým nosníkem“ na celou výšku šikmého ramene (výška celého ramene ve směru b_1 - viz obr.2),
- f_k ... působí kolmo na sklon ramene a způsobuje namáhání ohybem, smykem a průhyb.



Obr.2 Statické působení schodiště s průběžnými nosnými stupni

Pro schodiště na obr. 2 se stupeň dimenzuje na ohyb a smyk jako obdélníkový průřez šířky b_1 a účinné výšky d (mezní stavy únosnosti). Protože průřez stupně je nesouměrný, je namáhán šikmým ohybem a také kroucením, hlavní nosná výztuž není v ose průřezu. Příčnou výztuž je třeba vytvořit tak, aby obepínala celý průřez a byla schopna přenášet kroutící moment. Dále je třeba posoudit průhyb a také stabilitu konstrukce – viz obr. 3.

Nelze opominout dimenzování podporujících prvků – stěn, které jsou namáhány ohybovými momenty, posouvajícími i normálovými silami. V případě uložení stupňů do zděné stěny je třeba posoudit též otláčení zdiva.



- M ... maximální moment od zatížení
 G ... minimální hmotnost nadezdívky
 (stabilizující přitížení)
 u ... délka uložení
 O ... bod, kolem kterého by se nezajištěná konstrukce otáčela

Maximální moment od zatížení musí být menší než účinky minimálních sil stabilizujících konstrukci.

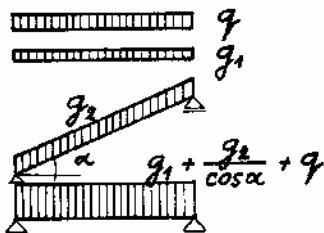
Obr. 3 Stabilita vetknutého schodišťového stupně

DESKOVÁ SCHODIŠTĚ

Nejčastějším typem železobetonových monolitických schodišť jsou schodiště desková, jejichž schodišťová ramena a podestové desky tvoří jednou či dvakrát lomenou desku. Podporována jsou nosnými schodišťovými stěnami, případně průvlaky. Podestové nosníky v místě styku šikmých ramen s podestou (viz obr. 15f) zmenšují rozpětí jednotlivých desek a je možné navrhnout desky ramen i podest s menší tloušťkou. U konstrukce bez podestových nosníků je vhodné navrhnout geometrii schodiště tak, aby spodní hrana lomu obou ramen s podestou byla v jedné přímce (viz např. obr.13)

Desková schodiště jsou složité prostorové konstrukce s prvky deskovými, případně v kombinaci s nosníky. Při statickém výpočtu schodišťových prvků (šikmých desek, podest a schodnic) se obvykle volí zjednodušený výpočetní model konstrukce. Konstrukce se rozděluje na jednotlivé prvky, které se řeší samostatně. Jejich spojitost je nutno respektovat při vyztužování konstrukce.

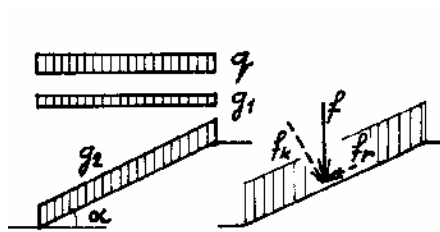
Při výpočtu je obvykle možné šikmé prvky promítnout do půdorysu. Zatížení na šikmých deskách je pak nutné přepočítat na délkovou jednotku půdorysného průmětu. Lze dokázat, že ohybový moment určený na šikmé desce s rozpětím = šikmé délce od kolmé složky zatížení f_k je číselně stejný jako ohybový moment určený pro nosník rozpětí = průmětu od zatížení přepočteného na půdorysný průmět $f' = g_1 + g_2/\cos\alpha + q$ (viz obr.4).



- q ... užité zatížení (normou dáno na 1m^2 půdorysu)
 g_1 ... část stálého zatížení vztažená na 1m^2 půdorysu
 (vlastní tíha stupňů a jejich povrchové úpravy)
 g_2 ... část stálého zatížení vztažená na 1m^2 šikmé délky
 (vlastní tíha desky a omítky počítaná z jejich tloušťek měřených kolmo k šikmému rameni)

Obr.4 Přepočet zatížení šikmého nosníku na půdorysný průmět

Pokud konstrukci řešíme jako soustavu vodorovných a šikmých desek, je třeba rozložit zatížení na šikmých prvcích do směru kolmého ke střednici (to způsobuje ohyb) a do směru rovnoběžného se střednicí.



$q, g_1, g_2 \dots$ viz obr. 4

zatížení na 1 m^2 šikmé plochy :

svíslé $f = g_2 + (g_1 + q) \cdot \cos \alpha$

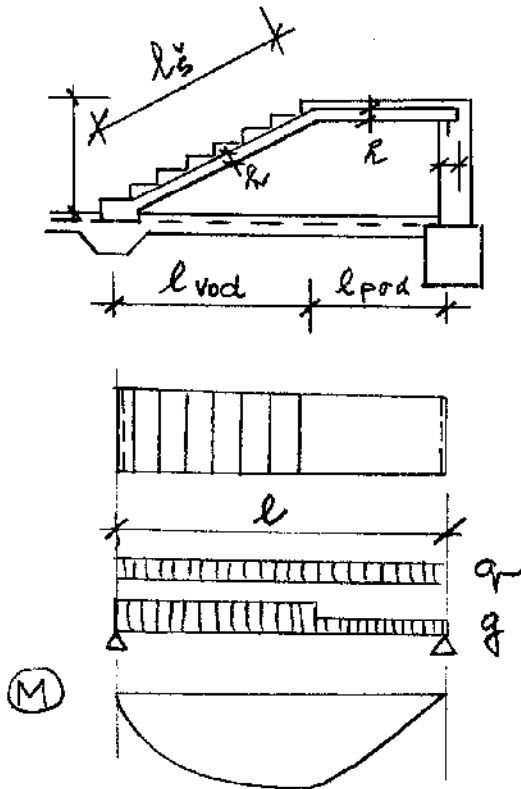
kolmé ke střednici $f_k = f \cdot \cos \alpha$

rovnoběžné se střednicí $f_r = f \cdot \sin \alpha$

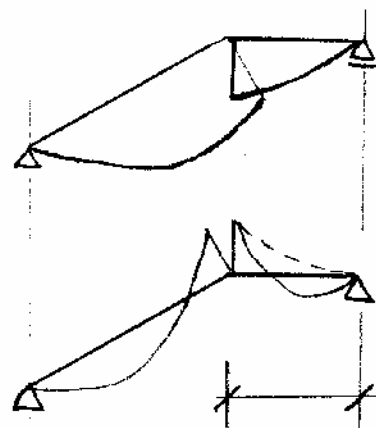
Obr.5 Rozložení zatížení na šikmém nosníku na složku rovnoběžnou se střednicí a složku kolmou

JEDNORAMENNÉ DESKOVÉ SCHODIŠTĚ

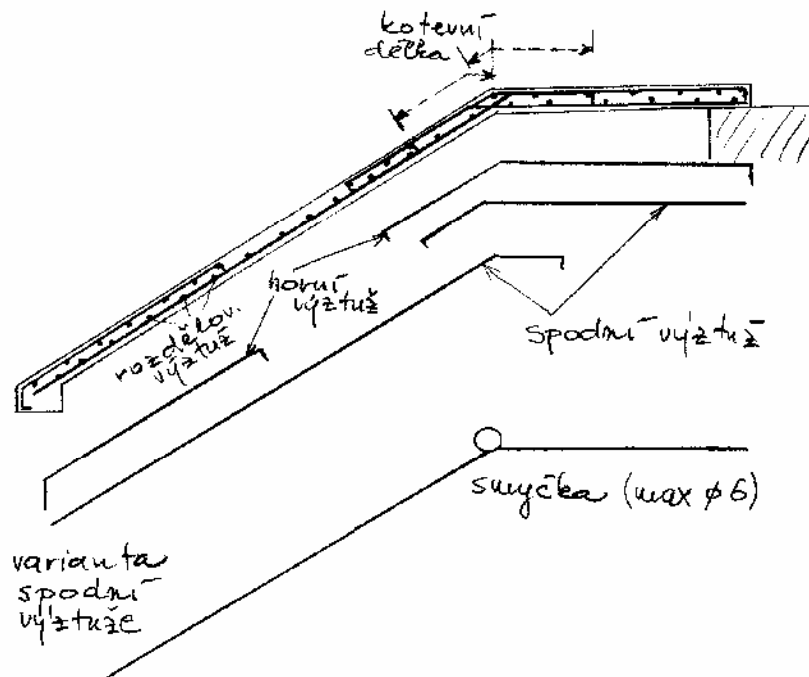
Při výpočtu lze v určitých případech konstrukci promítnout do půdorysu a řešit jako vodorovný nosník. Pokud lze obě podpory považovat za kloubové (není vetknutí do tuhých věnců, či velké přitížení od ostatních částí konstrukce) a je-li umožněn vodorovný posuv v jedné podpoře, je výpočtovým modelem prostý nosník s jednou neposuvnou a druhou posuvnou podporou. Pokud konstrukci není umožněn posuv, mění se průběh ohybových momentů, (též při částečném upnutí v uložení). Hodnota maximálního mezipodporového momentu se zmenšuje, ale vznikají také záporné momenty (tažená vlákna u horního povrchu). V konstrukci je zpravidla těžké jednoznačně stanovit charakter podpor, dimenzujeme tedy desku bezpečně s přihlédnutím k momentům spočteným z extrémních předpokladů uložení. Výztuž tedy bude obvykle u obou povrchů.



Obr. 6 Jednoramenné schodiště a vliv uložení v podpoře lomeného nosníku na průběh ohybových momentů



Při vyztužování musíme věnovat pozornost úpravě výztuže v místech lomu desky (viz obr. 7).



Obr. 7 Výztuž lomené desky (provedení se smyčkou spíše výjimečné)

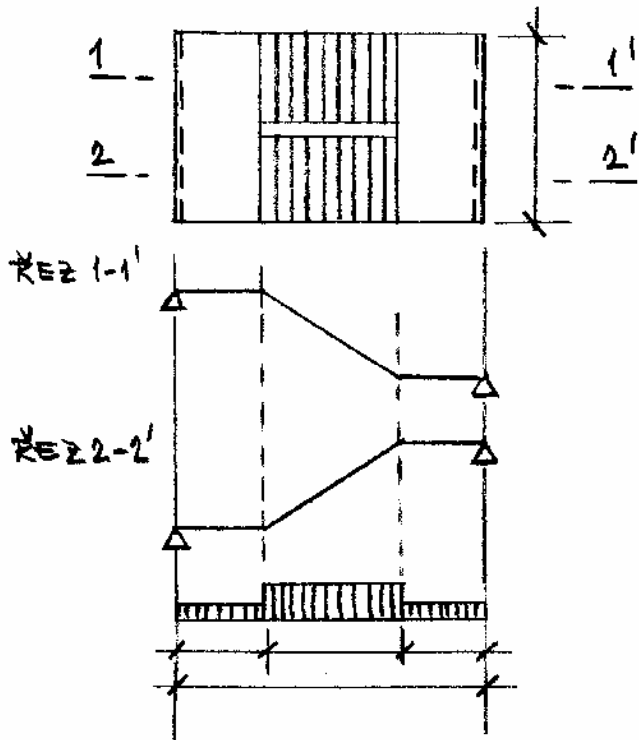
Pozn.: Horní výztuž průběžně v celém rozsahu schodiště se navrhuje zejména u tenkých desk, neboť přispívá ke snížení nepříznivých účinků objemových změn betonu a zmenšení průhybu. Průběžnou výztuž je třeba navrhovat též pro zachycení normálových sil u prostorově působících konstrukcí (viz lomenicové působení - str.8). Stupně schodišťových ramen lze vybetonovat současně s deskou nebo dodatečně. Při dodatečném nabetonování je třeba betonovat se stupni nad nosnou deskou nenosnou vrstvu tl. min 20 až 25mm, což zvyšuje zatížení šikmé desky.

DVOURAMENNÁ SCHODIŠTĚ

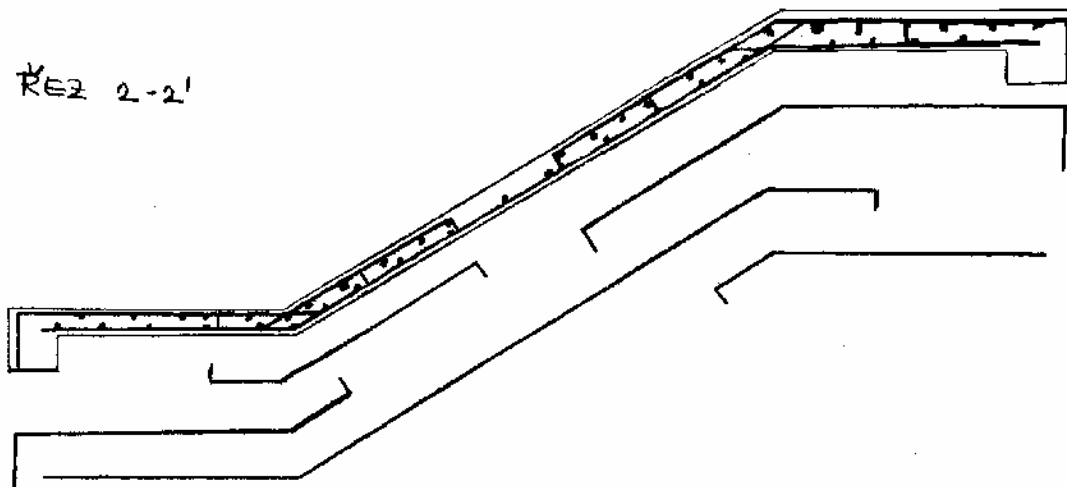
Statické působení konstrukce schodiště závisí na uložení podest, jak je patrné z konstrukčních schémat na obr 8 (jednosměrné působení) a obr. 10 (dvousměrné působení). Monolitické železobetonové schodiště z obr. 8 působí jako dvakrát zalomená deska. Lze je řešit obdobně jako jednoramenné schodiště. U symetrické konstrukce (stejně rozměry i zatížení podest) vznikají i v případě neposuvných podpor jen svislé reakce a nosníky lze řešit v půdorysném průmětu. Pokud konstrukce není symetrická a v obou podporách není volný posuv, lze stanovit ohybové momenty superpozicí momentů. Momenty na spojitém nosníku v průmětu do půdorysu (uvážujeme vnitřní podpory v místě lomů) sečteme s momenty na lomeném nosníku zatíženém reakcemi z předchozího výpočtu v místech lomů.

Tvary výztuže musí respektovat lomy desky. Musí být navrženy tak, aby v zalomení nemohlo dojít k vybočení výztuže při odtržení krycí vrstvy betonu.

Jinak v plném rozsahu platí konstrukční zásady pro vyztužování nosníkových desek.



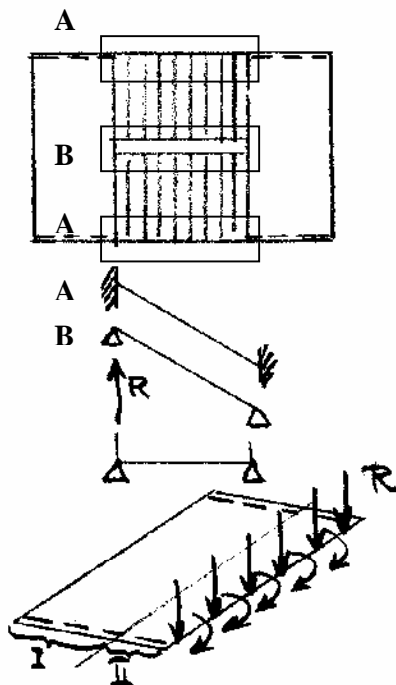
Obr. 8 Dvouramenné schodiště



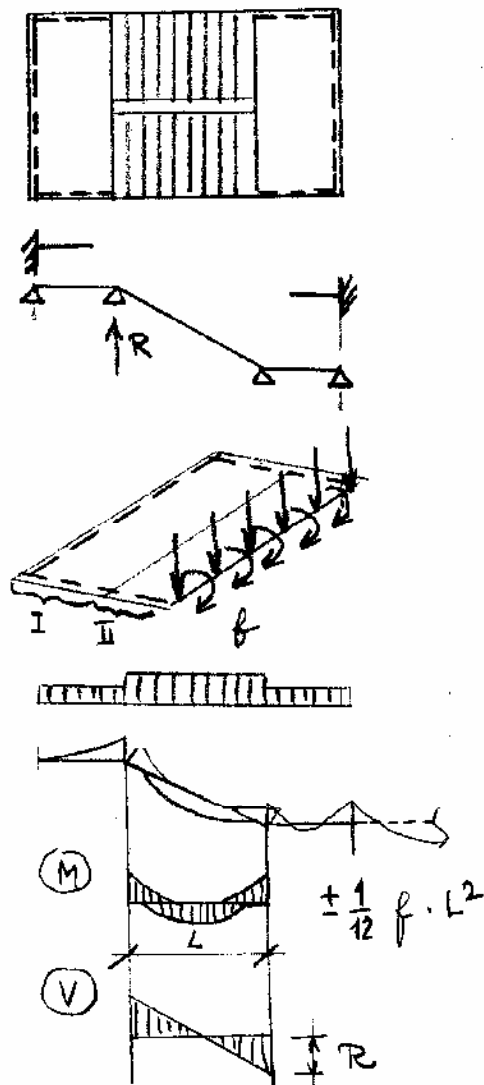
Obr. 9 Výztuž dvakrát lomené desky (+ platí pozn. pod obr.7)

Dvouramenná desková schodiště tvoří lomenicovou soustavu desek s relativně složitým prostorovým statickým působením. Statický výpočet prostorového modelu je možný pomocí metody konečných prvků. Pro praktický návrh lze výpočet zjednodušit při zachování základních deformačních vztahů - prostorovou konstrukci rozdělit na samostatně řešené prosté, či spojitě nosníky a jejich vazby a spolupůsobení respektovat navrženým vyztužením. Důležité je zhodnotit možnost vodorovných posuvů v podporách a jejich vliv. Přitom je třeba brát v úvahu nejenom spojení systému s okolní stropní nebo stěnovou konstrukcí, ale také deformační vlastnosti vlastního lomenicového systému - podrobněji viz str. 8.

a)



b)



Obr. 10 Vliv způsobu uložení podest deskového schodiště na statické působení jednotlivých prvků

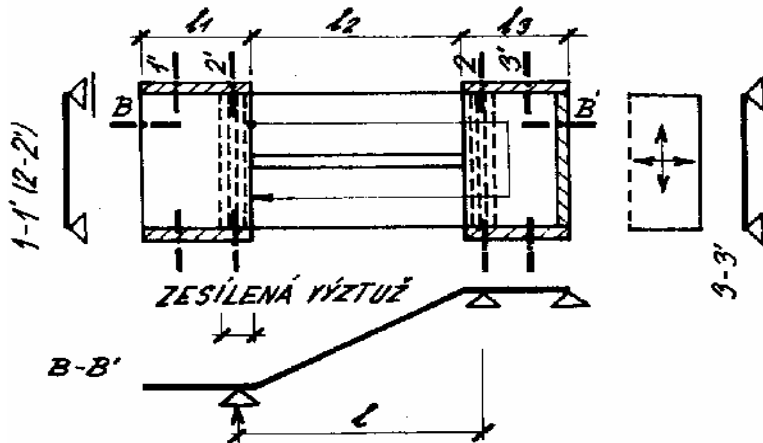
Ve zjednodušeném výpočetním modelu řešíme odděleně šikmé desky ramen a podesty. Podle obr. 10a) lze v krajních částech desek ramen uvažovat vetknutí, neboť u spojení s podestou v místě jejího uložení je prakticky zabráněno natočení desky ramene - části A. Ve středních částech ramen (u zrcadla) uvažujeme desku ramene jako prostý nosník podepřený podestami - část B. Výztuž v rameni pak navrhujeme po celé šířce na maxima momentů z obou modelů.

Ve zjednodušeném výpočtu pro případ z obr. 10b) můžeme schodišťovou desku nahradit částečně vetknutým nosníkem s ohybovými momenty $\pm 1/12 \cdot f \cdot L^2$. To dává celkový moment $1/6 \cdot f \cdot L^2$, což je na straně bezpečnosti.

Reakcemi zatížíme podporující prvky - desky podest. Pro výpočet lze využít tabulky pro desky podepřené po dvou stranách (pro případ na obr. 10a) a po třech stranách (u podest pnutých dvěma směry - konstrukce na obr. 10b) odděleně pro zatížení rovnoměrné, liniíovou silou na hraně od reakce R z ramen a liniíovým momentem na hraně a výsledné účinky superponovat.

Přibližně lze případ z obr. 10a) řešit tak, že reakcemi $R=f.L/2$ se zatíží skryté nosníky v tloušťce podestové desky (na obr. 10 pásmo II), jejichž šířku uvažujeme jako 3 až 5-ti násobek tloušťky podesty. Podestovou desku lze tedy přibližně řešit ve dvou pruzích a vyztužovat skrytý nosník více než zbytek desky (viz obr. 11, též obr.14).

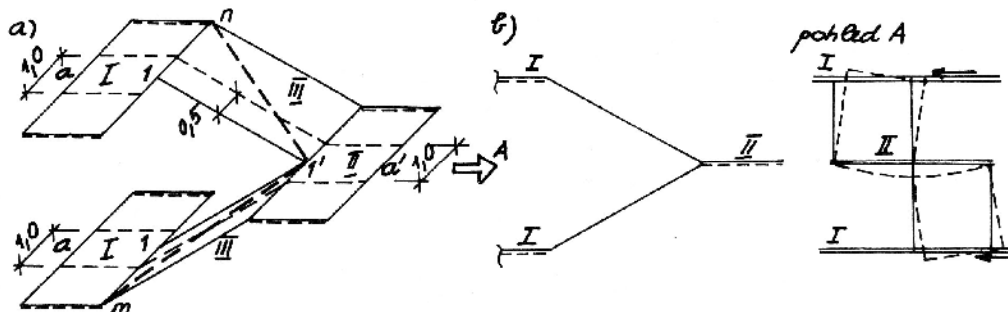
Podestovou desku v patře propojenou s okolní stropní konstrukcí řešíme jako spojitou konstrukci, mezipodestu jako prostý nebo částečně vetknutý nosník uložený do schodišťových stěn nebo průvlaků při respektování podporového momentu vyvolaného spojením se šikmou deskou.



Obr. 11 Schéma statického působení zalomené schodišťové desky

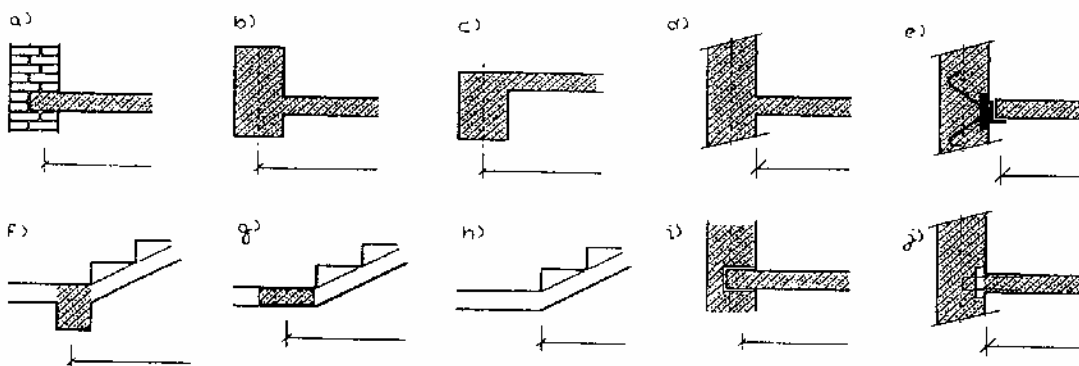
Výše uvedené předpoklady výpočtu, kdy podesty pruté ve směru kolmém na šikmá ramena uvažujeme jako podporující prvky zatížené reakcemi od ramen, mohou být v určitých případech značně konzervativní. Šikmé desky schodišťových ramen uvažujeme jako poddajně podepřené podestovými deskami. Tento předpoklad je však reálný jen v případech, kdy se neuplatní lomenicové působení deskové prostorové konstrukce nebo kdy je lze zanedbat. Podstata lomenicového působení je patrná z obr. 12. Soustava vzpěra – táhlo (obr. 12a), vycházející z bodů m, n na okrajích nepoddajného podepření podestových desek vylučuje při zanedbání deformací od normálových sil horizontální i vertikální posuv bodu 1' ve středu okraje podestové desky. Z obr. 12b) je patrné, že průhyb podestové desky II by vyvolal vodorovný posuv desky I pokud by byla posuvně uložena. Posuvu však zpravidla brání okolní konstrukce. Zabránění průhybu ve střední části hrany podesty nelze uvažovat u schodišť se širokými zrcadly.

V případě, kdy se uplatní lomenicové působení, jsou tedy podestové desky podepřeny šikmými deskami schodišťových ramen, účinky zatížení (M,V) podest jsou výrazně menší než za výše uvedených předpokladů. Desky ramen jsou však namáhány normálovými silami. Proto je opodstatněné průběžné vyztužení ramen u obou povrchů (viz též pozn. pod obr. 7).



Obr. 12 Prostorové (lomenicové) působení deskového schodiště

Při výpočtu a vyztužování je třeba přihlídnout ke skutečnému provedení jednotlivých částí konstrukce, způsobu uložení podest – viz obr. 15.



Obr. 15 Příklady možných podepření schodišťových podest

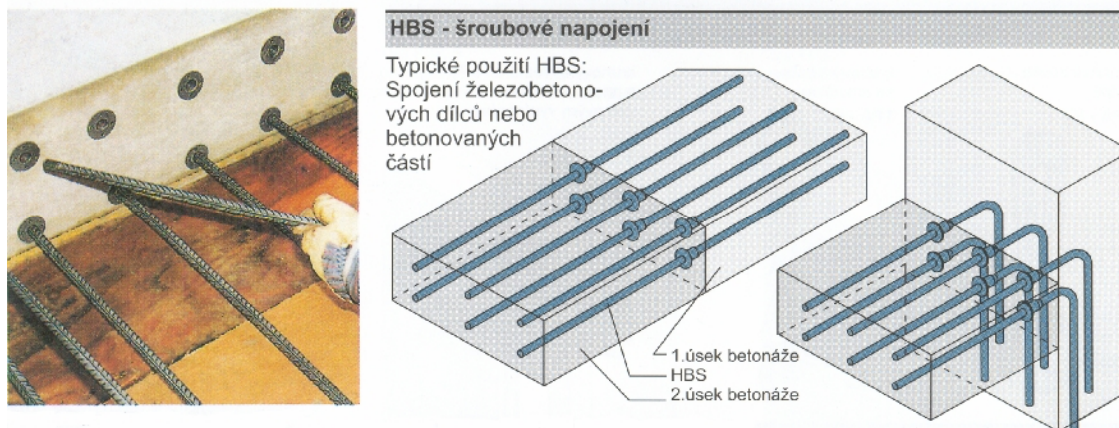
- | | |
|---|----------------------------------|
| a) nosné zdivo | f) podestový nosník |
| b) nosník | g) skrytý podestový nosník |
| c) nosník | h) lomenice |
| d) železobetonová stěna | i) oslabená železobetonová stěna |
| e) kotevní desky
+ přivařený úhelník | j) vylamovací lišta |

Důležitý je postup betonáže podporujících stěn s přihlédnutím k použitému systému bednění. Možná je postupná betonáž s pracovními spárami v úrovni mezipodest nebo betonáž stěn na celou výšku podlaží a dodatečným provedením mezipodest. Uvedený postup vyžaduje použití speciálních úprav (viz např. obr. 15e, i, j, viz též obr. 16, 17, 18).

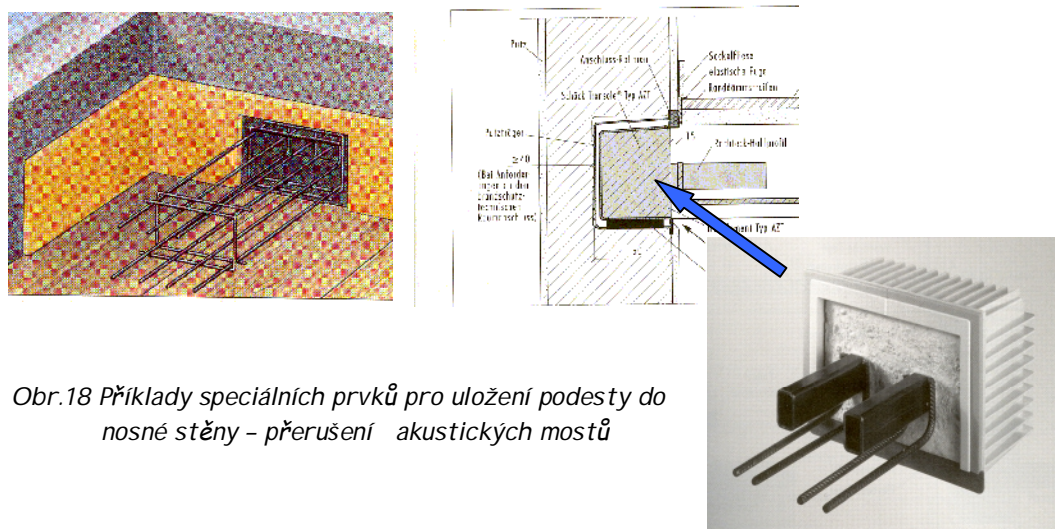
Při užití speciálních prvků vkládaných do bednění mohou být podesty uloženy do stěn průběžně po celé délce stykových hran (průběžně vylamovací lišty – obr. 16 nebo prvky pro šroubové stykování vyztuže – obr 17,). V některých případech je však uložení realizováno jen lokálně na několika místech (např. při užití prvků k zabránění přenosu akustických účinků do okolní konstrukce – obr.18 nebo při umístění vylamovacích lišt či šroubových prvků nikoliv po celých hranách). V tom případě je třeba příslušné oblasti podest více vyztužit (skryté nosníky).



Obr. 16 Vylamovací lišty vkládané do bednění schodišťových stěn pro uložení mezipodesty

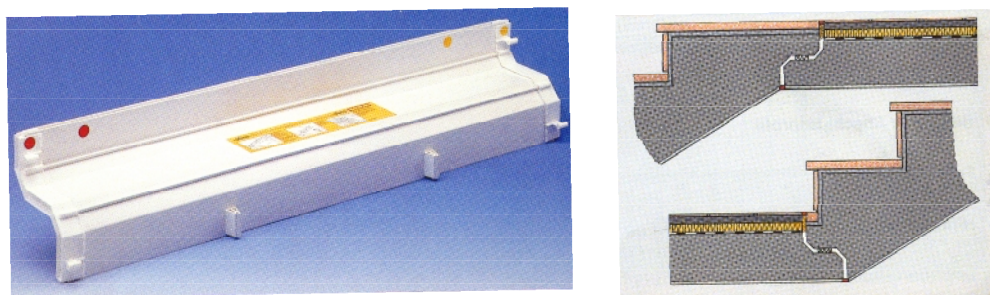


Obr. 17 Napojení výztuže dodatečně betonované podesty pomocí šroubového spojení (napojované pruty se závitem se zašroubují do předem zabetonovaných prutů s objímkou s vnitřním závitem)



Obr.18 Příklad speciálních prvků pro uložení podesty do nosné stěny – přerušeni akustických mostů

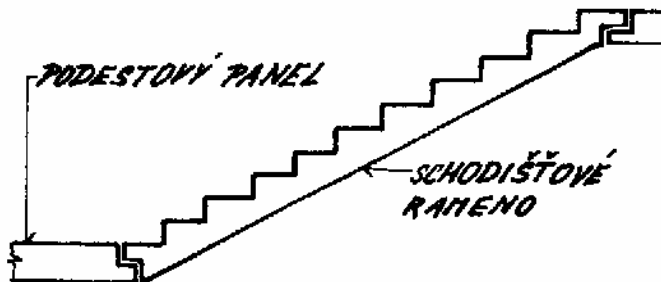
Z důvodu přerušeni akustických mostů mezi rameny a podestami se do oblastí lomů desek vkládají i do monolitické konstrukce speciální prvky (např. viz obr. 19). Ramena pak působí jako prosté nosníky a reakcemi zatěžují ozuby podest, obdobně jako u montovaných schodišť (viz str.14).



Obr. 19 Prvek vkládaný do monolitické konstrukce k přerušeni akustických mostů

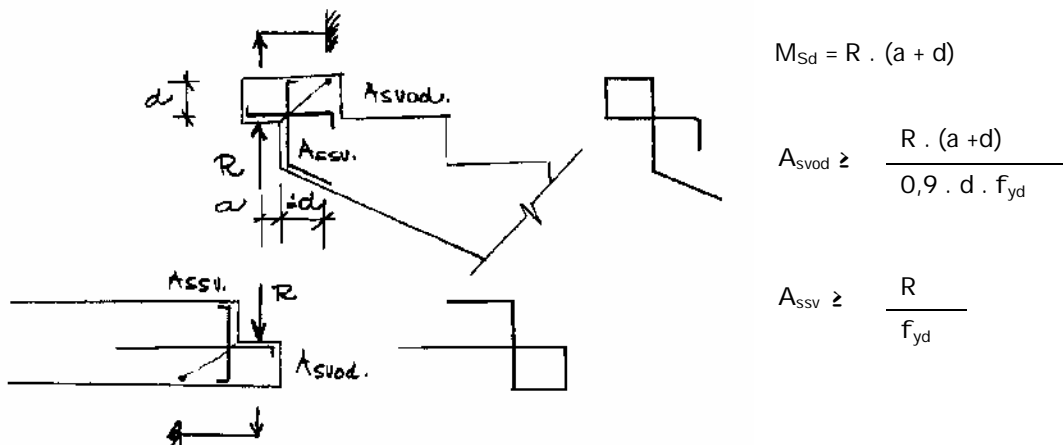
MONTOVANÁ SCHODIŠTĚ

Montovaná betonová schodiště se sestavují buď z prefabrikovaných stupňů, schodnic a podestových nosníků, častěji se užívají celá prefabrikovaná schodišťová ramena. Ta se ukládají obvykle ozubem na podporující prvky - prefabrikované nebo monolitické podesty, v případě ramen vyrobených s jednou nebo oběma podestami (1x nebo 2x zalomené desky) přímo na nosné stěny.



Obr. 20 Montované schodišťové rameno

Výztuž ozubu je naznačena na obr. 21. Jedná se o vyztužení krátké konzoly, která doplňuje hlavní nosnou ohybovou výztuž šikmého ramene i podesty. V oblasti ozubu se případně navrhuje též šikmá výztuž.

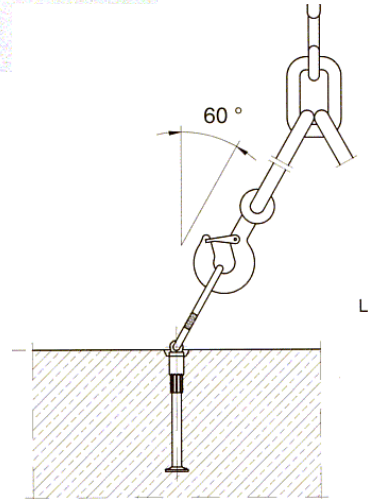
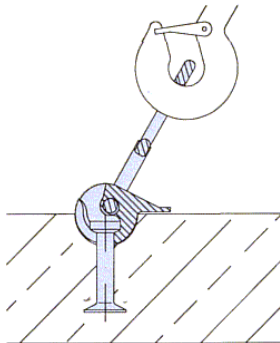
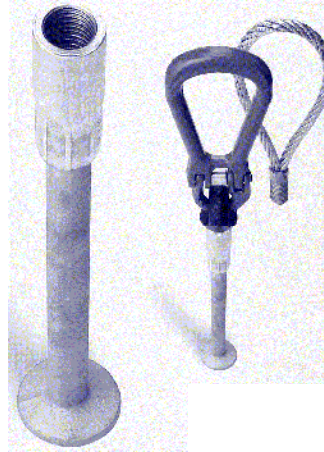


Obr. 21 Schéma vyztužení ozubu prefabrikovaného schodišťového ramene

Montované konstrukce je třeba posoudit nejen na účinek zatížení pro trvalé návrhové situace, ale též situace dočasné - výrobní, manipulační a montážní. Jednotlivé prvky mohou mít v těchto stádiích odlišné statické působení (viz příklady prefabrikovaných schodišťových prvků na obr. 23) a je třeba navrhovat odpovídající vyztužení a též manipulační úchyty. Manipulační úchyty se navrhují buď z prutové výztuže (předepsaná je ocel 11373), v současné době se častěji užívají speciální výrobky - viz obr. 22.



Univerzální spojka
a přepravní úchyt
s kulovou hlavou



Obr. 22 Manipulační úchyty prefabrikátů – příklady
vyráběných prvků



Obr. 23 Ukázky prefabrikovaných schodišťových prvků