

# SPODNÍ STAVBA

Ing. Radim Nečas, Ph.D.



Ústav betonových a zděných k-cí  
Veveří 331/95

602 00 Brno



+420 541 147 855



+420 549 250 218



necas.r@fce.vutbr.cz

URL

www.fce.vutbr.cz

1

## SPODNÍ STAVBA

Spodní stavba

### 1. SPODNÍ STAVBA

**Spodní stavba** mostů patří z funkčního hlediska k důležitým součástem mostního objektu. Vhodné umístění a návrh spodní stavby do značné míry ovlivňuje jak finanční náklady, tak i návrh a estetický vzhled celého mostu. Spodní stavba má za úkol přenášet podporové tlaky nosné konstrukce na základ mostu.

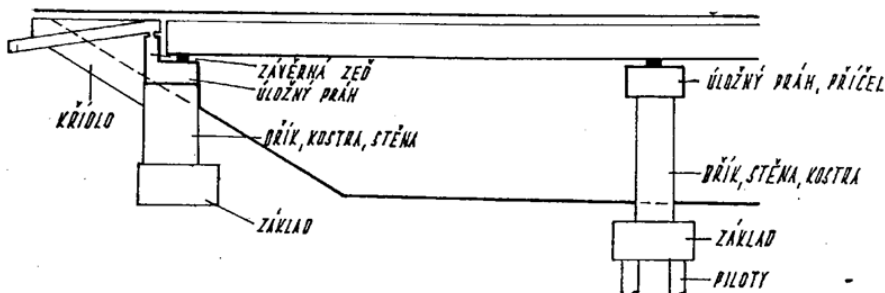
**Materiál:** beton, zdivo, dřevo, ocel nebo jiné kovy, vyztužená zemina.

Betonová spodní stavba může být masivní, dutá nebo členěná, monolitická nebo z prefabrikátů.

**Hlavní části:** základ, podpěry, kotevní bloky, mostní křídla, závěrné zdi.

**Podle polohy rozlišujeme:**

podpěry krajní (opěry) a podpěry vnitřní (mezilehlé).



**Konstrukční uspořádání:** charakter stěn, sloupů, rámu apod.;  
pilíře, stěnové, sloupové nebo rámové podpěry,  
členěné podpěry, tížní opěry, pylony apod.

**Charakteristické rozměry:**

**délka** ... vodorovný rozměr ve směru jejího líce (ve směru šířky mostu),

**tloušťka** ... vodorovný rozměr kolmo k líci v horní úrovni úložného prahu (ve směru podélné osy mostu),

**výška** ... svislý rozměr od horního povrchu základu po horní úroveň úložného prahu.

**šikmost podpěr** ... je dána úhlem mezi lícem podpěry a osou mostu



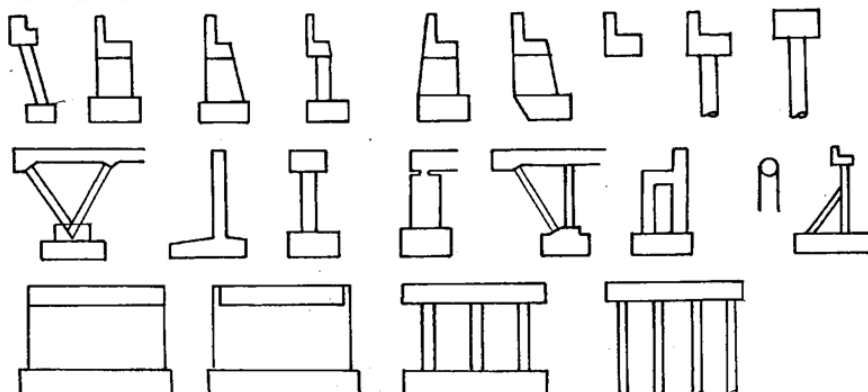
## 2. OPĚRY

**Opěry** jsou krajní podpěry mostu:

- převádí vertikální a horizontální podporové tlaky nosné konstrukce do základové spáry,
- zachycují navíc oproti mezilehlé podpoře za svým rubem zemní tlak násypu,
- uzavírají krajní mostní otvor vůči zemnímu tělesu popř. terénu,
- umožňují uložení přechodové desky a spolu s ní vytváří plynulý přechod mezi vozovkou na mostě a na zemním tělese,
- slouží pro vetknutí zavěšených křídel,
- umožňují podélnou dilataci mostu.

**Základní typy:**

tížní (masivní),  
obsypané, skříňové  
a prosypané,  
(přesypané), členěné.



## 2.1 MASIVNÍ OPĚRY

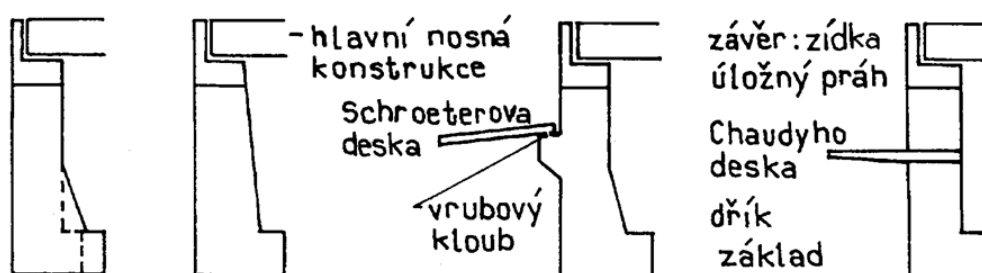
Masivní opěry z betonu jsou většinou provedeny z plných průřezů (případně vylehčeny dutinami).

**Lícni plochy** se upřednostňují svislé (u vyšších opěr se pod povrchem terénu může navrhnout náběh).

**Rubová plocha** z hlediska provádění je nejvýhodnější svislá, u vyšších opěr je možné ji navrhnout v mírném sklonu.

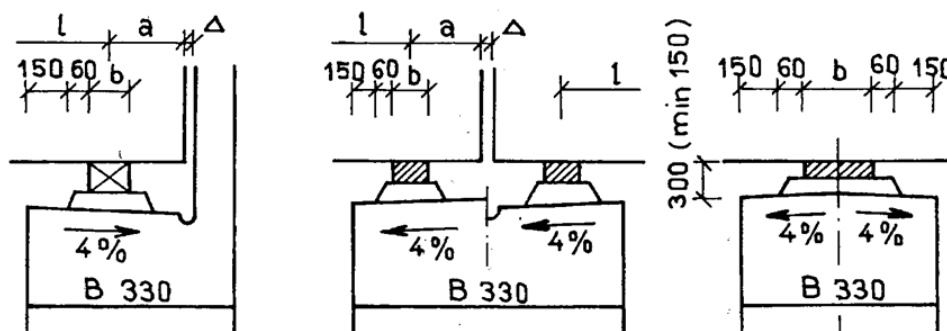
**Chaudyho a Schroeterovu desku** příznivě ovlivňují napětí v základové spáře.

**Základ** se navrhuje s ohledem na posun výslednice působících sil v základové spáře vlivem horizontální složky zemního tlaku směrem dovnitř mostu tak, aby působíště svislých sil bylo ze všech zatěžovacích stavů v mezích jádrové úsečky (např. zvětšením základu, jeho posunem dovnitř mostu).



Zmenšení výšky masivní obsypané opěry je možné docílit jejím osazením na velkopřůměrové piloty. Může se jednat buď o opěru v násypu (**obsypaná opěra**) nebo **opěru na pilotové stěně**.

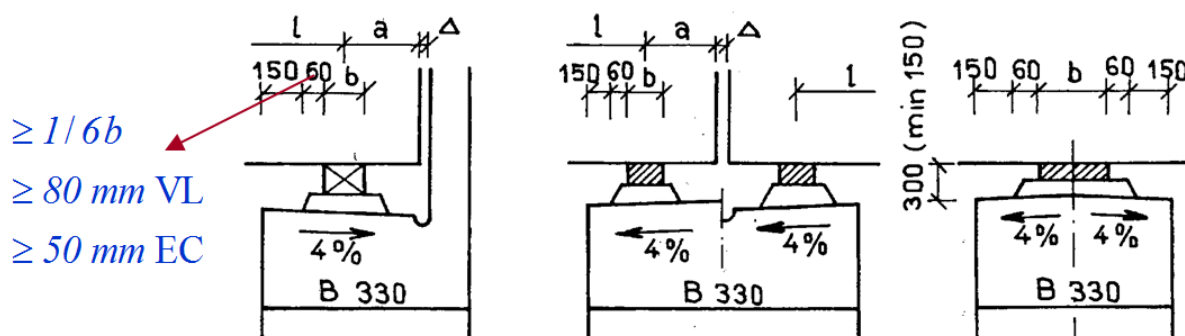
**Úložný práh** slouží pro přenos podporových tlaků od NK prostřednictvím ložisek nebo od konstrukce přímo uložené (na lepenku). Výztuž v úložném prahu slouží pro zachycení vodorovných podporových sil, příčných štěpících sil od soustředěného tlaku a pro zachycení tahu od ohybových momentů a smykového napětí od posouvajících sil v podélném směru prahu. Minimální výška prahu je **0,40 m**. Šířka prahu je závislá na použitém ložisku, nosné konstrukci a na situování prahu.





Nad prahem musí být také dostatečný prostor pro umožnění prohlídky, údržbu ložisek a pro umístění zařízení k nadzvednutí nosné konstrukce pro výměnu a opravy ložisek – min. **0,15 m** (nejlépe **0,30 m**). Minimální manipulační výška **150 mm** nemusí být dodržena při uložení mostů malých rozpětí (bezložiskové uložení), při použití vrubových kloubů a u rozepřených mostů.

Úložný práh musí být navržen tak, aby bylo zajištěno odvedení prosáklé vody. Proto jeho horní povrch musí být ve spádu **min. 4 %** směrem do pole nebo k závěrné zdi a pod ložisky se umísťují zvýšené náležitě vyztužené podložiskové bloky. Vlastní uložení na bloky se zajišťuje uložení ložisek na speciální cementovou maltu nebo plastbeton v tloušťce **10 až 50 mm**.



**Závěrná zeď** jako stěna vetknutá do úložného prahu slouží k uzavření zemního tělesa vůči čelu nosné konstrukce. Podélné dilatace konstrukce proto mohou volně probíhat a její konec se může volně pootáčet.

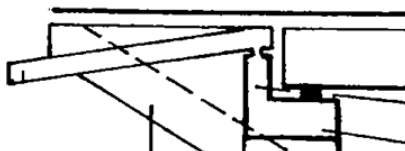
Závěrná zeď může také vytvořit dostatečný prostor pro průchod za čelem nosné konstrukce – u větších mostů **0,75 m i více**, u malých mostů mezera **0,15 m**.

Výška závěrné zdi je dána výškou nosné konstrukce a výškou uložení.

Tloušťka je závislá na výšce - nejmenší tloušťka se nenavrhne menší než **0,25 m**.

V horní části zdi se vynechává kapsa stejně jako na konci nosné konstrukce pro zakotvení mostního závěru. V horní části závěrné zdi, ale na jejím rubu, může být provedena konstrukční úprava pro uložení přechodové desky (krátká konzola nebo vybrání).

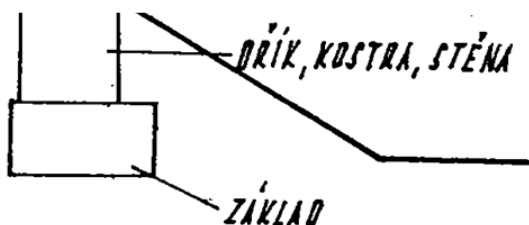
Závěrná zídka je namáhána zemním tlakem v klidu, účinky dopravních prostředků a při uložení přechodové desky na ní i podporovým tlakem této desky.



**Základ** slouží k přenesení veškerých účinků z mostní konstrukce do základové půdy. U masivních opěr se navrhuje z prostého betonu. Délka základu se zpravidla rovná šířce opěry; šířku je nutno navrhnout tak, aby napětí v základové spáře nepřekročilo přípustné hodnoty pro danou základovou půdu.

Horní povrch základu musí být pro umožnění odtoku vody opět ve spádu 4 %.

U základu se výpočtem prokazuje i bezpečnost proti porušení **základového výstupku**, tj. části, která přechází před líc opěry. S ohledem na velkou výšku výstupku vzhledem k jeho vyložení neplatí běžné předpoklady pružnosti pro dlouhé nosníky. Podle poměru vyložení  $a_f$  a výšky výstupku  $h$  se tento podle EC poruší buď hlavním tahem nebo tahem za ohybu. Posudek se provádí za předpokladu nepřipustného vzniku trhlin.



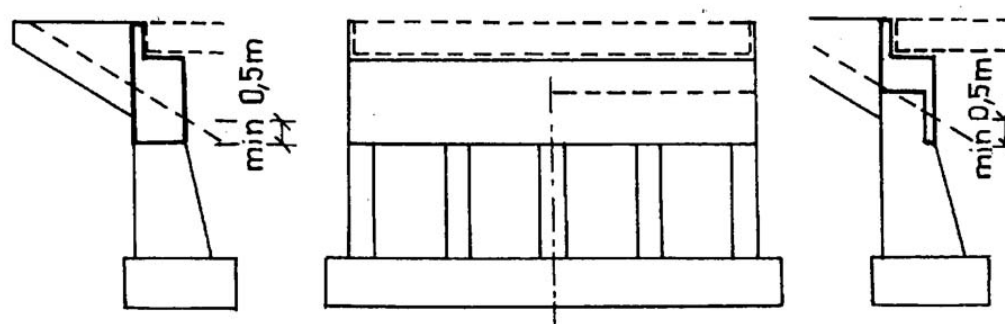
### Opěry z vyztuženého betonu

**Přesypané členěné opěry** jsou vytvořeny z jednotlivých svislých žebírk (stěn nebo stojek) osazených na průběžném základu. Vrchní část, vytvářející plnou pohledovou plochu a zachycující zeminu za rubem opěry, slouží zároveň jako úložný práh. Do krajních žebírk mohou být pak vetknuta (zavěšena) křídla.

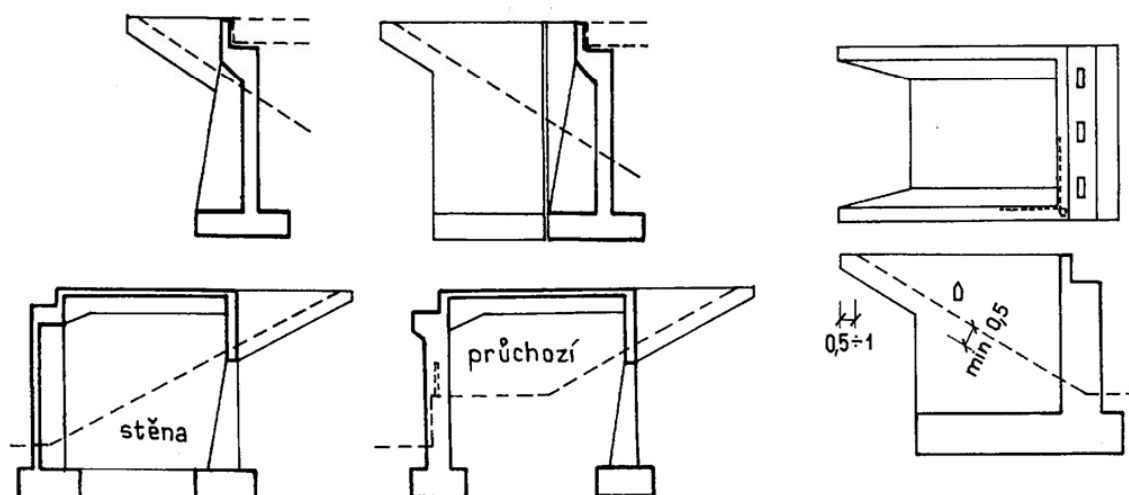
Zmenšení výšky vrchní plné části je možné docílit vytvořením čelní krycí stěny, náležitě zapuštěné pod povrch svahu.



Členěná přesypaná opěra se směrem kolmo ke své rovině vyšetřuje podobně jako masivní opěra s tím, že zatěžovací šířka stojek vzdorujících účinkům zemního tlaku se uvažuje rovna **2 až 3 - násobku** šířky stojky. Ve směru roviny se tato opěra řeší jako rám; příčel je nutno dimenzovat nejen na rámový účinek, ale i na příčné tahy vznikající pod ložisky jako na úložném prahu; stojky je nutno dimenzovat na účinky z obou směrů.



**Nepřesypané opěry** mohou mít dřík vytvořen jako stěna, vyztužená na rubové, případně u vyšších opěr i na lící straně. Křídlo je buď vetknuté, nebo při větší délce dilatované. Pokud bude křídlo vetknuté, základ bude ve větší ploše pod zemínou za rubovou stranou dříku, což zmenší napětí v základové spáře, a při otevřené rubové ploše opěry, hovoříme o tzv. **skříňových opěrách**. Zvláštním druhem železobetonových opěr jsou **opěry duté**.



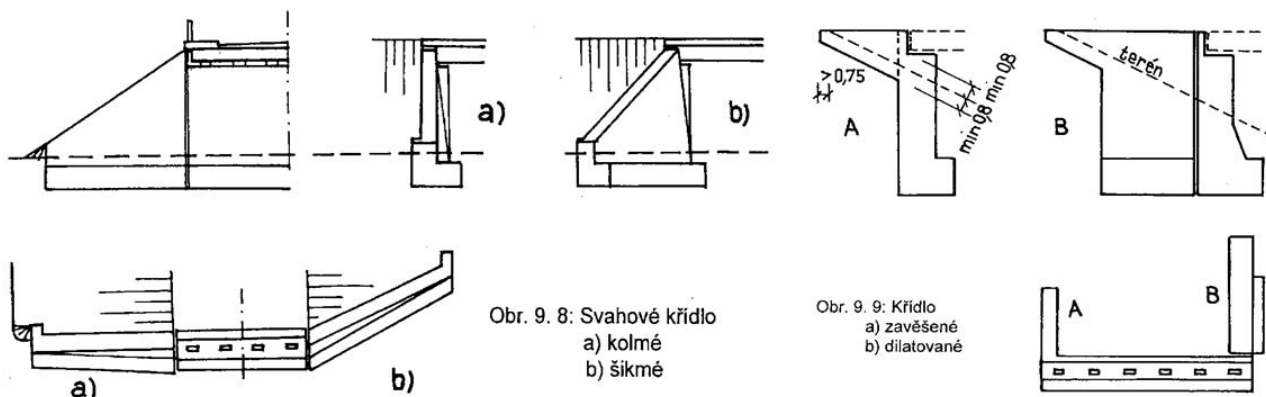


### Mostní křídla

**Mostní křídla** uzavírají zeminu za rubem opěry po stranách zemního tělesa komunikace. Křídla, konstrukčně provedená jako zeď nebo stěna, navazují na opěru.

Mohou být půdorysně navržena jako křídla **svahová** v provedení jako **kolmá** nebo **šikmá**, nebo jako křídla **rovnoběžná** s komunikací a nebo jiného tvaru (lomená, zakřivená).

Z hlediska napojení na opěru mohou být na ni **zavěšena** nebo od ní **oddilována**.

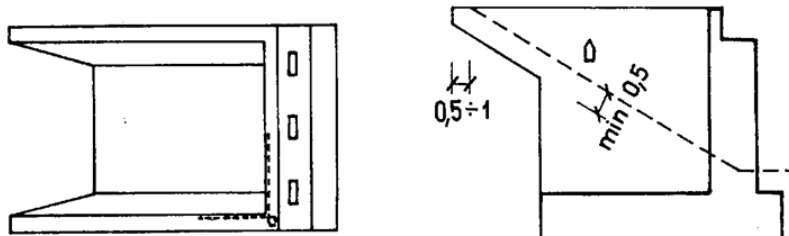


Obr. 9. 8: Svahové křídlo  
a) kolmé  
b) šikmé

Obr. 9. 9: Křídlo  
a) zavěšené  
b) dilatované

U úzkých mostů je výhodné založit opěru a křídla na společnou základovou desku. Jedná se vlastně o **skříňovou opěru**, kdy zemina za rubem opěry vytvoří protiváhu k horizontální složce zemního tlaku na rub opěry, sníží se napětí v základové spáře (vhodné i pro méně únosné půdy) a křídla jsou méně namáhána.

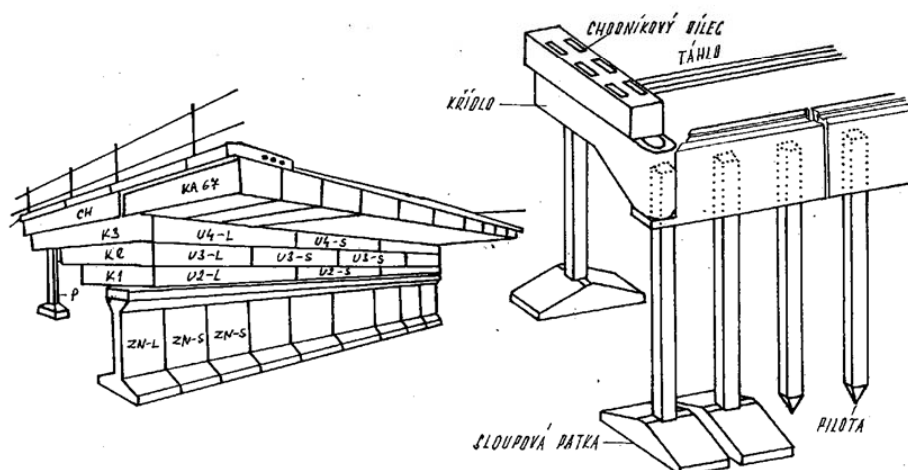
Pro zmenšení tloušťky křídel je možné dlouhá křídla vzájemně spojoval **obetonovanými táhly**, která se dimenzují na tah vyvozený zemním tlakem a na ohyb od vlastní hmotnosti a tíhy zeminy. Pro výpočet zatížení tíhou zeminy se uvažuje trojnásobek šířky táhla.



**Zavěšené křídlo** se může počítat jako konzola působící ve svislém i vodorovném směru při uvažování zemního tlaku v klidu - výztuž se dává symetricky k oběma povrchům. **Dilatované křídlo** se počítá na zemní tlak aktivní podobným způsobem jako masivní opěra.

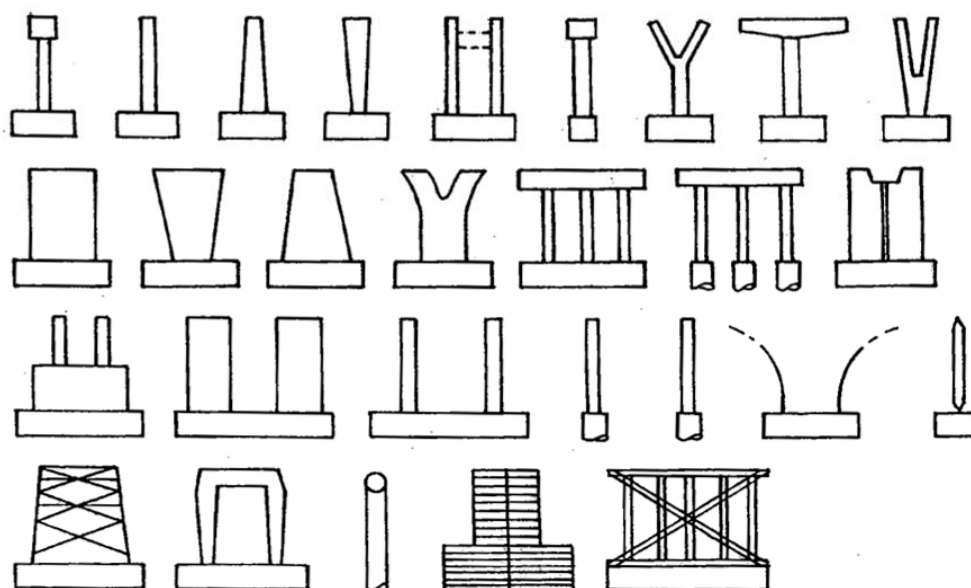
### Opěry montované z prefabrikátů

**Opěry z prefabrikátů** se historicky používaly především u mostů malých a středních rozpětí. Většinou se uplatňovaly vodorovné prvky (tj. s vodorovnými spárami), z kterých se vytvářel dřív opěry a křídla. Tyto prvky se zmonolitňovaly vkládáním výztuže a jejím zabetonováním do průběžných svislých dutin. Vodorovné prvky se ukládaly přímo na základ nebo zprostředkovaně nejdříve na stěny či piloty a pak případně i na základ (monolitický nebo prefabrikovaný pás nebo prefabrikované patky).



### 3. MEZILEHLÉ PODPĚRY

**Mezilehlými podpěrami** rozumíme pilíře a podpěry sloupové, stěnové, jednoduché nebo členěné rámové, popř. kombinované.





Podpěry, které nejsou tuze spojeny s nosnou konstrukcí, se mohou uvažovat jako samostatné konstrukce. Podpěry rámových mostů (stěny, stojky, kyvné stojky) se řeší současně s řešením nosné konstrukce jako její nedílná součást.

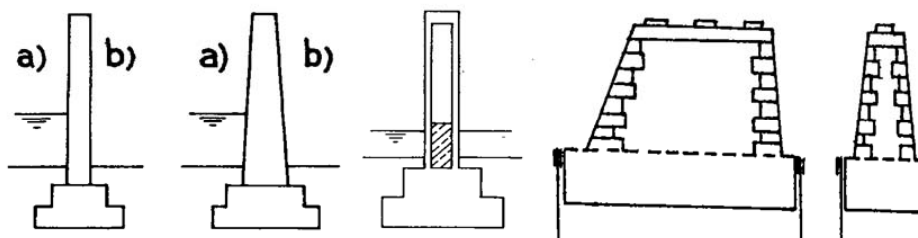
Mezilehlé podpěry jsou na rozdíl od opěry namáhány pouze vertikálními a horizontálními silami od zatížení a ostatními účinky a vlivy, které přenáší do základové spáry. **Svislé síly** jsou dány účinky svislého zatížení (podporové tlaky, vlastní tíha, účinky vztlaku vody).

**Vodorovné síly** působí na podpěru jednak ve směru osy mostu (např. brzdné a rozjezdové síly, tření v ložiskách) a jednak ve směru kolmém případně šikmém k ose mostu (např. vítr, boční rázy, odstředivé síly, proudový tlak vody, tlak ledu).

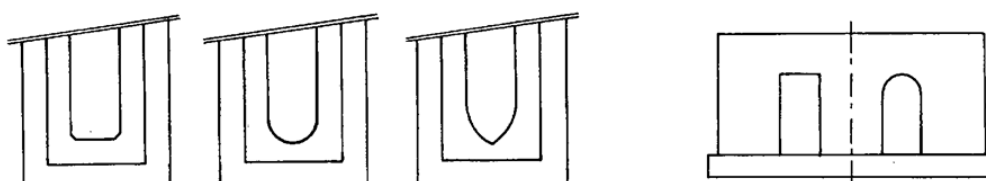


### Pilíře

**Pilíř** je plná, vylehčená nebo dutá většinou mezilehlá masivní nebo vysoká podpěra, jejíž délka je větší než dvojnásobek její tloušťky. Většinou se jedná o tuhé konstrukční prvky, nespojené rámově s nosnou konstrukcí, provedené z betonu nebo kamene. Nízké pilíře cca do výšky **10 až 15 m** (nerozhoduje vliv štíhlosti), vysoké pilíře i přes **100 m** (vliv štíhlosti může být významný).



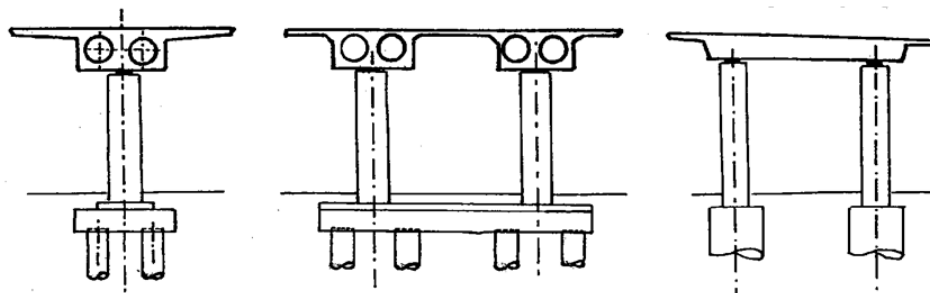
**Tvar čelní plochy (zhlaví)** u nezamáčených pilířů a ve vodoteči a příklad vylehčení pilíře pomocí otvorů.



### Sloupové a stěnové podpěry

**Sloupové podpěry** jsou tvořeny betonovými sloupy nejčastěji kruhového profilu s průměrem řádově **1,5 až 2,0 m**. Někdy se vyskytují podpěry i jiných průřezů jako např. eliptické, čtvercové, obdélníkové a mnohoúhelníkové s případným vybráním či profilací. Nahoře se většinou tuze nespojují s nosnou konstrukcí; dole (v patě) jsou vetknuty do základu nebo jsou vytaženy přímo z pilot.

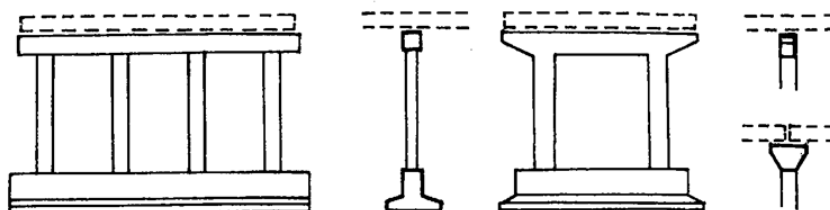
**Stěnové podpěry** se většinou navrhují jako obdélníkové s podobným charakterem jako pilíře, jen ne tak masivní. Jejich podepření bývají jak kloubová (ložiska nebo i betonové klouby) tak i vetknutá – kyvné podpěry (kloubové napojení na základ i nosnou konstrukci), kyvné stojky, příp. i táhla (u rámových konstrukcí).



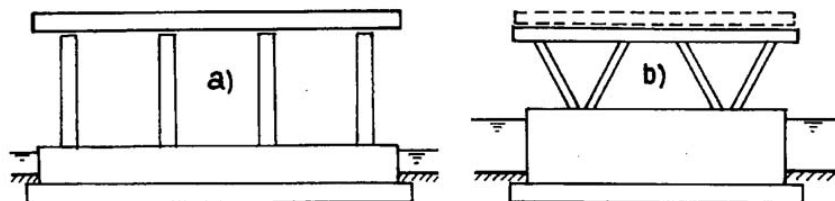
### Členěné a kombinované podpěry

Z **členěných podpěr** se nejčastěji používají podpěry rámové, které sestávají ze dvou nebo více svislých nebo šikmých stojek (sloupů nebo stěn), osazených většinou na jednom základu a spojených příčlím, která současně zastává funkci úložného prahu. Rozměry stojek se často pohybují v rozmezí **0,5 až 1,0 m**, jejich vzdálenost bývá asi **2,5 až 4,0 m**.

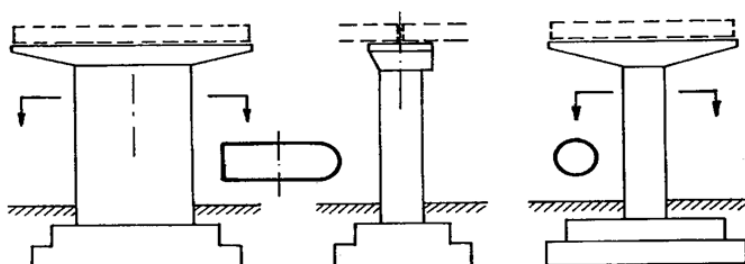
V podélném směru mostu se většinou jedná o konstrukce vetknuté do základu a nahoře kloubově, většinou posuvně, spojené s nosnou konstrukcí. Ložiska pod nosnou konstrukcí mohou někdy být osazena přímo na sloupy členěné podpěry, které jsou spojeny příčlím v nižší úrovni (nemá funkci úložného prahu). V některých případech mohou být hlavy sloupů v příčném směru spojeny přímo nosnou konstrukcí.



**Kombinované podpěry** vzniknou kombinací uvedených možností konstruování podpěr - např. členěné podpěry je možné použít i ve vodoteči s tím, že členěná část je osazena na zatápěné plné části.

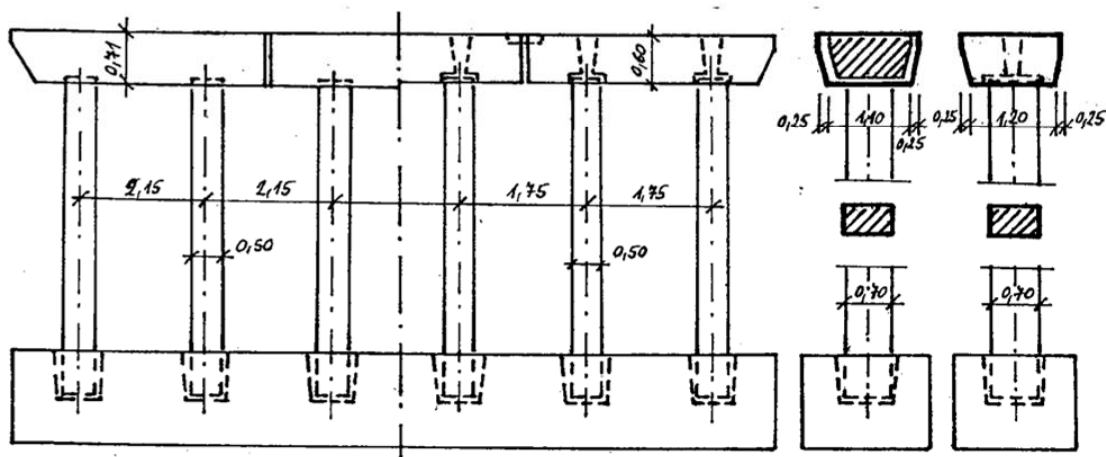


Jiným druhem mezilehlých podpěr jsou pilíře (sloupy) s **oboustranným vyložení úložného prahu**.



### Montované podpěry

**Montované mezilehlé podpěry** byly konstruovány ze svislých a vodorovných plných nebo dutých dílců dodatečně zmonolitněných nebo kombinovaných s prvky z monolitického betonu.





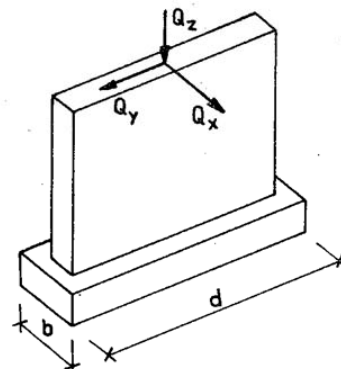
#### 4. K NÁVRHU VYBRANÝCH PRVKŮ PODPĚR

**Dilatované křídlo** působí podobně jako opěrná zeď. Je to dáno tím, že není konstrukčně spojeno s opěrou (je dilatováno) a že má na rozdíl od křídla zavěšeného samostatný základ. Ve vlastním výpočtu se ověřuje nejen napětí v základové spáře, dřík a základ křídla, ale i stabilita (posunutí, překlopení).

Na **mostní pilíř** jako na každou mezilehlou podpěru působí vertikální i horizontální (podélné a příčné) síly od stálého i nahodilého zatížení a ostatní účinky a vlivy (na rozdíl od opěry na něj nepůsobí zemní tlak).

Svislé síly jsou dány účinky svislého zatížení jako jsou podporové tlaky, vlastní tíha, tíha zeminy nad základem, ve vodotečích i účinky vztlaku na ponořenou část podpěry – do ponořené části se počítá i část ve zvodnělé zemině.

Ve vodorovném směru působí na podpěru síly ve směru osy mostu (brzděné a rozjezdové síly, tření v ložiskách) i ve směru kolmém případně šikmém (vítr, boční rázy, odstředivé síly, proudový tlak vody, tlak ledu).



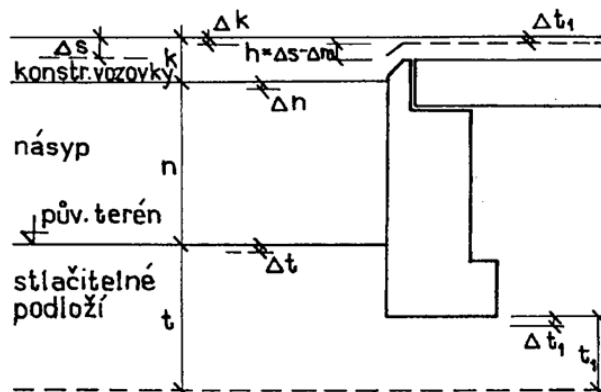
#### 5. PŘECHODOVÁ OBLAST U MOSTŮ

V důsledku nesteromického sedání mostu a přilehlého násypu zemního tělesa pod komunikací vznikají v oblasti na styku opěry a násypu nerovnosti vozovky, které ohrožují bezpečnost a plynulost dopravního provozu a snižují pohodlnost jízdy. Návrhem **přechodu**, tj. oblasti, ve které se vyrovná nebo překlene výše uvedená nerovnost.

**Oblast přechodu**, která je větší než přechod, je definována jako část silničního tělesa přiléhající k opěře v délce rovnající se maximálně **1,5 až 2 násobku** (dle typu komunikace) své výšky (výška přechodové oblasti je větší z výšek násypu na rubu opěry respektive výšky opěry – měřeno vždy od nivelety vozovky). Pro návrh přechodu je nutná znalost velikosti výškového rozdílu  $h_p$  na styku opěry se zemním tělesem, která vzniká rozdílným sedáním mostní konstrukce a násypu.

$$h_p = \Delta s - \Delta m$$

$$\Delta s = \Delta k + \Delta n + \Delta t; \quad \Delta m = \Delta t_1$$

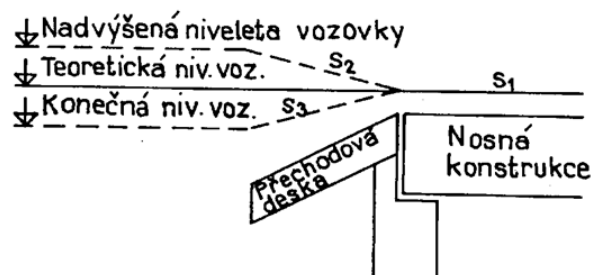


Pro stanovení **délky přechodu  $L_p$**  je rozhodující velikost očekávaného rozdílu sednutí a přípustná změna sklonu po skončeném sedání. **Změna sklonu nivelety  $s$**  se při přechodu na most připouští u dálnic, silnic I. třídy a rychlostních místních komunikací s vozovkou z cementobetonovým krytem **max. 0,2 %**, s netuhou vozovkou **max. 0,4 %** a u mostů na ostatních silnicích a místních komunikacích **max. 0,8 %**.

Přesáhne-li délka přechodu výšku násypu nebo délku **9 m** (max. používaná délka přechodové desky  $L_d$ ), připouští se nadvýšení silničního násypu včetně vozovky  $n_p$ , tj. provedení opačného sklonu.

Délka přechodu (přechodové desky) se pak stanoví podle vztahu

$$L_p = h_p / s; \quad L_d = (h_p - n_p) / s$$

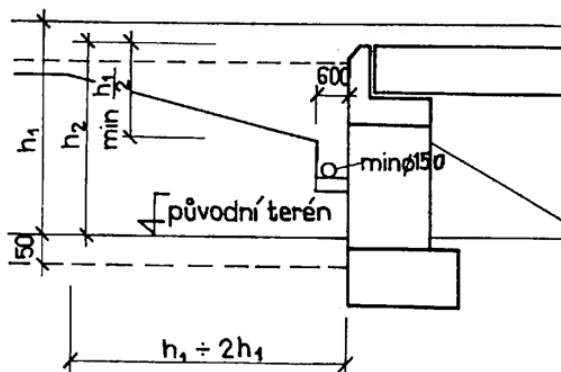


### Přechody bez přechodových desek

U mostů s násypy do **3 m** výšky se přechodové desky nemusí navrhovat. Při násypech větších než 3 m u hospodářských cest se rozhodne podle místních poměrů.

Návrh konstrukce bez přechodové desky má vycházet z těchto podmínek:

- Stupeň konsolidace podloží v době dokončení vozovky má být **min. 80 %**
- Přechodový klín má být minimálně **do jedné poloviny výšky opěry nad terénem**, použít je možné zhutněný štěrkopísek, jemnozrnny mezerovitý beton nebo cementovou stabilizaci.
- Násypová zemina pod přechodovým klínem a podloží do hloubky **0,50 m** musí být náležitě zhutněny.



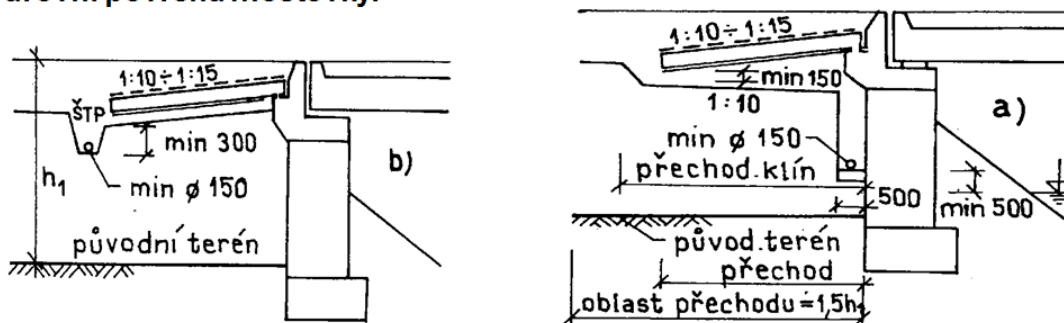


### Přechody s přechodovými deskami

Přechodové desky se navrhují délky **3 až 9 m** podle velikosti rozdílů poklesů. Návrh konstrukce má vycházet z těchto podmínek:

- stupeň konsolidace podloží v době dokončení vozovky min. **80 %**,
- pod přechodovou deskou má být přechodový klín z propustného materiálu ve sklonu **min. 1:10**,
- minimální tloušťka vozovky na přechodové desce má být **0,15 m**.

Šířka přechodových desek se navrhuje minimálně na šířku vozovky a zpevněné krajnice nebo na šířku mezi zvýšenými obrubami. Desky se navrhují ve sklonu **1:10 až 1:15** směrem od opěry. Úroveň povrchu u mostního závěru má být v úrovni povrchu mostovky.



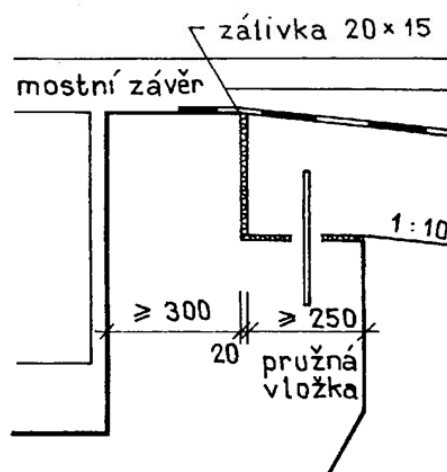
### Uložení přechodové desky

Uložení přechodové desky na opěře je kloubové, na volném konci na štěrkopiskové vrstvě bez příčného prahu.

Pod deskou se provádí vrstva podkladního betonu tloušťky **min. 50 mm**.

Při šikmosti mostu 60° až 90° mohou být přechodové desky monolitické nebo prefabrikované s příčným spojením, při větší šikmosti pouze monolitické.

Izolace přechodových desek je tvořena asfaltovým nátěrem dvojnásobným nebo izolačními pásy v jedné vrstvě bez ochranné vrstvy.





Návrh rozměrů přechodové desky, konstrukční pokyny

**Tloušťka** přechodové desky a celkový ohybový moment ve směru osy komunikace se odečte z diagramu a následně se deska dimenzuje podle příslušných norem.

**Hlavní podélná výztuž** se ukládá u spodního povrchu rovnoběžně s osou komunikace, průřezová plocha podélné výztuže při horním povrchu se navrhuje rovna **25-ti %** hlavní výztuže, minimální procento vyztužení se připouští **0,3 %**.

**Příčná výztuž** při dolním povrchu při šikmosti  $60^\circ$  až  $90^\circ$  se navrhuje rovna **25-ti %** hlavní výztuže, při šikmosti pod  $60^\circ$  rovna **50-ti %** hlavní podélné výztuže, při horním povrchu jednotně **0,3 %**.

**Tloušťka** betonu **krycí vrstvy** výztuže se určí podle příslušných norem pro dimenzování.

