

# METODIKA

## Posuzování historické, architektonické a konstrukční hodnoty betonových klenbových a obloukových silničních mostů



Tato metodika byla vypracována na základě podpory grantu DG20P02OVV001 „Nástroje pro zachování historické hodnoty a funkce obloukových a klenbových silničních mostů“ z programu NAKI II, jehož poskytovatelem je Ministerstvo kultury České republiky.

**Roman Šafář, Petr Fajman, Vendula Hlavničková, Vladislav Hrdoušek, Tomáš Jiříkovský, Tomáš Křemen, Jiří Máca, Michal Panáček, Matouš Svoboda, Helena Včelová, Josef Záruba**

**10/2022**

## **Tato metodika byla vypracována na základě podpory grantu:**

Označení projektu: DG20P02OVV001  
Název projektu: Nástroje pro zachování historické hodnoty a funkce obloukových a klenbových silničních mostů  
Poskytovatel: Ministerstvo kultury, Maltézské náměstí 1, 118 00 Praha 1, IČO: 00023671, DIČ: CZ 00023671  
Zpracovatel: Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, IČO: 68407700, DIČ: CZ68407700

### **Zpracovatelé metodiky:**

doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D., E-mail: roman.safar@fsv.cvut.cz, telefon: 602 577 387  
prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
doc. Ing. Petr Fajman, CSc.  
Doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc.  
Ing. Helena Včelová  
Bc. Vendula Hlavničková  
Bc. Matouš Svoboda  
Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.  
Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.  
Mgr. Michal Panáček  
Ing. Josef Záruba

### **Oponenti metodiky a kontaktní údaje:**

Ing. Jan Vinař - Strenice 4, okres: Mladá Boleslav  
E-mail: jan@vinar.name, vinar.jan@npu.cz  
Ing. Arch. Jan Pešta - Hofmeisterova 41, Rožmitál pod Třemšínem  
E-mail: shp-pesta@seznam.cz

### **Uživatelé metodiky**

Předpokládání uživatelé této metodiky jsou osoby a instituce z celé oblasti mostního stavitelství se vztahem k tématu metodiky, tzn. věnující se správě, údržbě, hodnocení, navrhování, realizaci mostů, památkové péči apod. Kromě toho předpokládáme, že metodika bude použitelná i pro zájemce z řad širší veřejnosti.

Mezi uživatele z oblasti mostního stavitelství počítáme zejména:

- vlastníky a správce komunikací a mostních objektů,
- místní samosprávy, stavební úřady,
- orgány státní památkové péče, stavební historiky,
- stavební inženýry a projektanty, geodety, stavební firmy.

Mezi uživatele z řad širší veřejnosti počítáme zejména zájmové organizace a spolky, zájemce o historické a technické památky a studenty.

## **OBSAH:**

<b>1. Úvod</b>	<b>5</b>
1.1 Účel a cíle metodiky	5
1.2 Postup zpracování metodiky	5
1.3 Struktura metodiky	6
1.4 Případy použití	7
<b>2. Základní zákony, normy a předpisy</b>	<b>7</b>
2.1 Základní zákony, technické normy a předpisy	7
2.2 Předpisy z hlediska státní památkové péče	7
<b>3. Mostní názvosloví, návrhové parametry, provozní charakteristiky</b>	<b>8</b>
3.1 Základní termíny	8
3.2 Třídění mostů (vybrané kategorie)	9
3.3 Návrhové a konstrukční charakteristiky	15
3.4 Spodní stavba	19
3.5 Nosná konstrukce	19
3.6 Svršek a vybavení, přidružené části	21
3.7 Zatížitelnost mostních objektů	21
<b>4. Evidence, správa a dokumentace mostních objektů</b>	<b>21</b>
4.1 Úvod	21
4.2 Technická evidence mostních objektů	22
4.3 Evidence mostů z hlediska státní památkové péče	22
4.3.1 <i>Prohlášení stavbu za nemovitou kulturní památku</i>	22
4.3.2 <i>Evidence mostů v seznamu nemovitých kulturních památek</i>	23
4.3.3 <i>Pravidla pro prohlášení stavby za nemovitou kulturní památku</i>	23
4.4 Dokumentace tvaru a uspořádání mostních objektů	24
4.4.1. <i>Projektová dokumentace</i>	24
4.4.2. <i>Kresebná dokumentace</i>	24
4.4.3. <i>Fotografická a filmová dokumentace</i>	24
4.4.4. <i>Geodetická dokumentace</i>	25
<b>5. Vývoj betonových klenbových a obloukových mostů</b>	<b>27</b>
5.1 Obecný vývoj mostního stavitelství	27
5.2 Historický vývoj realizací betonových klenbových a obloukových mostů	29
5.3 Principy a vývoj konstrukčního řešení betonových klenbových	33

a obloukových mostů	
5.3.1 Klenby a oblouky	33
5.3.2 Obloukové konstrukce s horní mostovkou – mostovky a vzpěry	37
5.3.3 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – - oblouky a mostovky – globální uspořádání, uložení, dilatační spáry	42
5.3.4 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – závěsy	49
5.3.5 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – příčné ztužení	49
5.3.6 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – mostovky - - konstrukční podrobnosti	52
5.3.7 Šikmé mosty	56
5.3.8 Směrově zakřivené mosty (komunikace na mostě)	58
5.3.9 Atypická konstrukční řešení	60
5.3.10 Estetická úprava mostů	61
<b>6. Stavebně historický průzkum a hodnocení</b>	<b>62</b>
6.1. Úvod	62
6.2. Plošná pasportizace	64
6.3. Archivní rešerše	65
6.4. Stavebně historický průzkum in situ	65
6.5. Souhrnné stavebně historické vyhodnocení a rekonstrukce stavebního vývoje	66
6.6. Architektonické, konstrukční a památkové hodnocení	66
<b>7. Konstrukčně-statický průzkum a hodnocení</b>	<b>67</b>
7.1. Prohlídky mostních objektů pozemních komunikací	67
7.2. Diagnostický (stavební) průzkum	69
7.3. Stanovení zatížitelnosti mostních konstrukcí	70
7.4. Poruchy a závady	72
7.5. Možnosti oprav a rekonstrukcí	74
<b>8. Hodnocení historického, architektonického a konstrukčního významu betonových klenbových a obloukových mostů</b>	<b>78</b>
<b>9. Příklady použití metodiky</b>	<b>80</b>
9.1 Most Dřevohostice	80
9.2 Mosty Ludkovice	81
9.3 Most Litomyšl – u divadla	82
<b>10. Příloha – statistické přehledy</b>	<b>83</b>
<b>11. Seznam literatury</b>	<b>85</b>

# 1. Úvod

## 1.1 Účel a cíle metodiky

Hlavním účelem této metodiky je ochrana a zachování hodnotných historických mostů zaměřena je na betonové klenbové a obloukové mosty pozemních komunikací. Sloužit by měla především majitelům a správcům mostů, pracovníkům památkové péče a všem, kteří se nějakým způsobem zabývají průzkumem, hodnocením, projektováním a rozhodováním o stavební obnově mostních objektů. Měla by se stát pomocným nástrojem pro správné rozhodování a pro péči o historické betonové klenbové a obloukové mosty a přispět ve vhodných případech k jejich záchraně. Měla by pomoci dokázat rozpoznat a správně ohodnotit jejich historický význam a kulturní, konstrukční a památkovou hodnotu a nasměrovat správným způsobem postup jejich odborného hodnocení a návrhů jejich údržby a obnovy. Měla by rovněž ukázat možnosti posuzování mostů z hlediska stavebně-technického stavu a konstrukčního působení, umožňující zachování hodnotných konstrukcí při zajištění jejich spolehlivé funkce v dopravní infrastruktuře. Pomocí těchto postupů by měla nastolit obecnou důvěru v jejich konstrukční principy i řemeslné provedení a to promítnout do projektování rekonstrukčních a obnovovacích stavebních zásahů nebo vhodných adaptací s novodobým citlivým doplněním. Umožnit tak legitimní existenci a fungování těchto nezastupitelných staveb pro naši současnost i budoucnost.

Mostní objekty tvoří důležitou součást dopravní infrastruktury a jejich stav má tak přímý vliv na všestranný rozvoj a vyspělost státu. V České republice je v současné době asi 17 000 mostů na dálnicích a silnicích a přibližně 7000 mostů na železničních tratích, další mosty jsou ve vlastnictví obcí, uvnitř průmyslových areálů apod., přičemž předpokládaná návrhová životnost mostů je podle současných požadavků 100 let. Údržba, opravy a přestavby takového počtu mostních objektů jsou technicky i finančně velmi náročné. V běžných případech o provádění údržby, opravy, rozsáhlejší úpravy (např. zesílení, rozšíření apod.) nebo demolice a přestavby stávajících mostů rozhodují především technická, dopravní a ekonomická hlediska, měly by být zohledněny rovněž požadavky na ochranu životního prostředí.

Mostní objekty jsou však současně nedílnou a podstatnou součástí kulturního stavebního dědictví na území České republiky. Rovněž lze ale říci, že u nás patří ke stavbám ze stavebně historického hlediska nejméně probádaným a nejvíce ohroženým. Při postupné modernizaci dopravní sítě dochází mnohdy k odstraňování těchto historických staveb s nevratnou ztrátou řemeslných a technologických informací, které obsahovaly. Přitom při stavbě mostů byly (a jsou) velmi často používány nejvyspělejší technologické, řemeslné a stavební postupy své doby a samotná existence těchto staveb i po mnoha desetiletích (první betonové silniční mosty u nás byly realizovány přibližně před 125 lety) jasně prokazuje jejich kvality a hodnotu.

Ve většině běžných případů lze považovat za správné, že mosty jsou po dovršení jejich životnosti – vzhledem k jejich významu v dopravní infrastruktuře a technické i finanční náročnosti jejich údržby a oprav – nahrazeny konstrukcemi novými. Současně je však velice důležité, aby existovaly nástroje zajišťující, že hodnotné konstrukce zůstanou zachovány.

## 1.2 Postup zpracování metodiky

Uvedená metodika je jedním z hlavních výstupů tříletého výzkumného projektu řešeného kolektivem odborníků na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Řešitelský tým byl sestaven tak,

aby v něm byli zastoupeni zkušení specialisté ze všech oborů vstupujících do řešení této problematiky - stavební historici, památkáři, geodeti, odborníci na mostní konstrukce a na stavební mechaniku. Jejich spolupráce vedla k nutnosti vyvážení odlišných pohledů a nalezení obecné shody ve společném přístupu k posuzování těchto staveb.

Práce byla založena na poznání a zdokumentování rozsáhlého souboru mostních objektů tohoto typu. V prvním kroku bylo vyhledáno přibližně 700 betonových klenbových a obloukových mostních objektů na území ČR – k jejich vyhledání byly využity zejména údaje z literatury, z evidenčního systému BMS (viz kapitola 4.2 metodiky) i osobní informace o konkrétních mostech a lávkách. Z těchto asi 700 objektů bylo přibližně 200 osobně navštíveno, zdokumentováno a podrobno důkladnějšímu zkoumání. K jednotlivým mostům byly vyhledávány historické archivní údaje a pro vybrané objekty bylo provedeno vzorové geodetické zaměření a/nebo vypracováno grafické schéma objektu. Byly zjišťovány jak konstrukční a historické podrobnosti a zvláštnosti jednotlivých objektů, tak i jejich aktuální technický stav. Pro těchto přibližně 200 objektů byly zpracovány katalogové listy s podrobnějšími informacemi, které je možno otevřít pomocí speciální internetové mapy vytvořené k tomuto účelu. Vzájemné porovnání zkoumaných objektů umožnilo utřídit si celé spektrum těchto typů staveb z hlediska jejich konstrukčního uspořádání a materiálového řešení, technologie výstavby, architektonického řešení, řešení detailů apod. Získané poznatky následně posloužily jednotlivým členům týmu pro formulování příslušných částí této metodiky.

### **1.3 Struktura metodiky**

Metodika je koncipována jako obecný, zároveň však přehledně a systematicky strukturovaný návod, jak porozumět betonovým klenbovým a obloukovým mostům a jejich konstrukční a historické hodnotě a jak z tohoto hlediska postupovat v případě účasti v procesu jejich správy a péče o ně nebo jejich odborného posuzování. Snaží se být užitečným průvodcem v jednotlivých krocích a aspektech, které s tím mohou být spojené.

Tomuto cíli je přizpůsobena i struktura metodiky. V úvodní části je přehled základních dotčených norem a předpisů. Následuje přehled názvosloví z oboru betonových klenbových a obloukových mostů. Z důvodu celkového přehledu a zajištění návazností jsou uvedeny i některé termíny vztahující se k mostnímu stavitelství obecněji.

Následující kapitola je zaměřena na evidenci mostních objektů z technického hlediska i z hlediska státní památkové péče a na možnosti dokumentování tvaru a uspořádání mostních konstrukcí, včetně geodetického zaměření.

Další kapitola je věnována historii mostního stavitelství obecně a vývoji betonových klenbových a obloukových mostů konkrétně. Po popisu obecného vývoje mostního stavitelství následuje historický přehled postupného vývoje uvažovaného druhu mostních objektů u nás a poté podrobný rozbor používaných konstrukčních řešení a jejich vývoje v čase – z hlediska globálního uspořádání konstrukcí i z hlediska konstrukčních detailů.

Další dvě kapitoly obsahují údaje o stavebně technickém průzkumu a hodnocení mostních objektů a údaje o jejich konstrukčně – statickém průzkumu a hodnocení, včetně stanovení zatížitelnosti a možností oprav a rekonstrukcí.

V následující kapitole je uveden doporučený postup pro hodnocení historického, architektonického a konstrukčního významu betonových klenbových a obloukových mostů; k tomu jsou zde uvedeny otázky týkající se důležitých parametrů mostních objektů, jejichž zodpovězení a vyhodnocení umožňuje zhodnotit historickou a konstrukční hodnotu konkrétního objektu tohoto typu. Další kapitola pak obsahuje příklady použití této metodiky.

V závěrečných částech metodiky jsou přílohy a seznam použité a dotčené literatury.

## 1.4 Případy použití

Metodika je určena pro použití například v následujících případech:

- hodnocení historického, architektonického a konstrukčního významu mostu,
- záměr prohlášení mostu za kulturní památku,
- prezentace mostu jako historické památky,
- dlouhodobá péče o historický most,
- příprava a realizace opravy nebo přestavby (vč. případné repliky) mostu.

## 2. Základní zákony, normy a předpisy

### 2.1 Základní zákony, technické normy a předpisy

Norem, předpisů a dalších dokumentů, které se týkají mostního stavitelství, je velké množství. Zde uvádíme přehled těch, které mají k tématu této metodiky nejbližší. Ve všech případech je nutno používat dokumenty v platném znění, včetně následně vydaných změn.

#### Zákony:

- Zákon č. 13/1997 Sb. O pozemních komunikacích a jeho prováděcí vyhláška č. 104/1997 Sb. Ve znění pozdějších předpisů.

#### Normy:

- ČSN 73 6100 Názvosloví pozemních komunikací (část 1 až 5),
- ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění,
- ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů,
- ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů,
- ČSN P 73 6213 Navrhování zděných mostních konstrukcí,
- ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí,
- ČSN 73 6220 Evidence mostních objektů pozemních komunikací,
- ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací,
- ČSN 73 6222 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací,
- ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení,
- ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí,
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí,
- ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení,
- ČSN EN 1991-2 (73 6203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou,
- ČSN EN 1992-2 (73 6208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady.

#### Předpisy Ministerstva dopravy ČR:

- Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb PK (TKP-D),
- Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací (TKP),
- Technické podmínky (TP),
- Vzorové listy staveb pozemních komunikací (VL).

### 2.2 Předpisy z hlediska státní památkové péče

Zákonem upravujícím nakládání se stavbou z hlediska ochrany památek a zájmů památkové péče je zákon č. 20/1987 Sb. O státní památkové péči.

Podle tohoto zákona je vlastník povinen kulturní památku na své náklady udržovat, tato povinnost může být smluvně přenesena i na uživatele (§ 11). Vlastník má rovněž oznamovací povinnost informovat obecní úřad obce s rozšířenou působností o změně užívání kulturní památky (v případě národní kulturní památky krajský úřad) (§ 12). V případně prodeje národní kulturní památky má předkupní právo Ministerstvo kultury (neplatí u prodeje mezi osobami blízkými nebo spoluvlastníky) (§ 13).

Před každou obnovou kulturní památky je vlastník povinen vyžádat si stanovisko obecního úřadu obce s rozšířenou působností, u národní kulturní památky pak krajského úřadu. Tato povinnost se vztahuje i na vlastníky nemovitostí, které sice nejsou kulturními památkami, ale nacházejí se v památkové rezervaci či památkové zóně. Jedná se o úpravy vnějšího vzhledu stavby – u pozemních staveb například o okna, výkladní skříně, vývěsní štíty, omítky, střechy, výšku objektu, vikýře apod., u mostů se může jednat například o úpravy říms, zábradlí apod. Vydané stanovisko úřadu je pro vlastníka závazné (§ 14).

Za porušení povinností při péči o kulturní památky stanovuje zákon sankce. U správních deliktů právnických osob a podnikajících fyzických osob je maximální výše pokuty 2 000 000 Kč v případě pokuty uložené obecním úřadem obce s rozšířenou působností a 4 000 000 Kč u pokut vyměřených krajským úřadem (§ 35). U přestupků pro fyzické osoby mohou sankce dosáhnout stejné výše (§ 39).

### 3. Mostní názvosloví, návrhové parametry, provozní charakteristiky

#### 3.1 Základní termíny

Dále uvádíme definice podle aktuálně platné normy ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění z roku 2011 a podle ČSN 73 6244 Přechody mostů pozemních komunikací z roku 2011 (místy mírně zkráceno a/nebo upraveno). V ČSN 73 6220 Evidence mostních objektů pozemních komunikací jsou některé parametry definovány mírně odlišně.

**Mostní objekt** je nedílná součást dopravní cesty (pozemní komunikace, dráhy nebo vodní cesty) v místě, v němž je třeba překonat přírodní nebo umělou překážku přemostěním, popř. zvolit obdobné řešení z vodohospodářských, ekonomických, ekologických nebo estetických důvodů. Pojem mostní objekt zahrnuje **mosty, propustky a lávky**.

**Most** je mostní objekt s kolmou světlostí alespoň jednoho mostního otvoru více než 2,0 m. Most je obvykle tvořen:

- spodní stavbou,
- nosnou konstrukcí,
- svrškem,
- vybavením,
- přidruženými částmi (např. přechodové oblasti),
- popř. přesypávkou.

**Propustek** je mostní objekt s kolmou světlostí mostního otvoru (otvorů) od 0,4 m do 2,0 m včetně (objekty o světlosti do 0,4 m se obvykle označují jako potrubní vedení, chráničky apod.).



**Lávka** je mostní objekt, sloužící chodcům a/nebo cyklistům. Zejména širší lávky (o šířce přibližně 3,0 m a více) bývají ale navrhovány i na průjezd tzv. servisního vozidla (např. sanitka).

### **3.2 Třídění mostů (vybrané kategorie)**

Mosty mohou být tříděny podle řady různých hledisek, vybraná třídění uvádíme níže. Nejdůležitější použité pojmy (termíny) jsou podrobněji rozepsány v kapitolách 3.3 až 3.7.

#### **Třídění mostů podle převáděné komunikace:**

- drážní most - železniční, tramvajový, most metra atd.,
- most pozemní komunikace - dálniční, silniční, most místní nebo účelové komunikace,
- vodohospodářský most – k převedení vodního toku přes překážku („akvadukt“),
- sdružený most – je určen ke společnému převedení dvou nebo více dopravních cest různého charakteru (např. dráhy a silnice) na společné nosné konstrukci přes překážku (chodníky se za samostatnou dopravní cestu nepovažují).

#### **Třídění mostů podle překračované překážky:**

- most přes pozemní komunikaci, dráhu,
- most přes řeku, jezero, záliv, záplavové území (tzv. inundační most),
- most přes zastavěné území,
- jiný, např. hraniční most.

#### **Třídění mostů podle plánované doby trvání:**

- trvalý most, s jehož předčasným odstraněním nebo nahrazením se při jeho návrhu neuvažuje (mosty se standardně realizují s návrhovou dobou životnosti 100 let),
- zatímní most, s jehož předčasným odstraněním se počítá již při jeho návrhu (například z důvodu použití dočasného dopravního řešení). Dále se rozeznává –
  - *krátkodobý zatímní most (postavený na dobu do 5 let),*
  - *dlouhodobý zatímní most (postavený na dobu delší než 5 let),*
- mostní provizorium – je souprava mostní konstrukce (obvykle skladovaná pro opakované použití) určená pro zatímní most (např. během přestavby trvalých mostů).

#### **Třídění mostů podle průběhu trasy na mostě:**

- most v přímé, na kterém je trasa dopravní cesty vedena v přímce,
- most ve směrovém a/nebo výškovém oblouku – na kterém je trasa zcela nebo částečně ve směrovém a/nebo výškovém oblouku nebo v přechodnici.

#### **Třídění mostů podle úhlu křížení:**

- kolmý most, u kterého je osa uložení na všech podpěrách kolmá k ose mostu,
- šikmý most, u kterého alespoň na jedné podpěře není osa uložení kolmá k ose mostu.

#### **Třídění mostů podle počtu mostních otvorů nebo polí:**

- most o jednom otvoru, dvou a více otvorech,
- most o jednom poli, dvou a více polích.

#### **Třídění mostů podle materiálu:**

- zděný most, jehož hlavní nosná konstrukce je provedena z kamene, cihel, betonových tvárnic apod.,
- **betonový most**, jehož hlavní nosná konstrukce je vyrobena z prostého betonu (tj. bez výztuže), ze železobetonu (s betonářskou – „pasivní“ výztuží, tvořenou obvykle ocelovými pruty, která většinou přenáší především tahová namáhání v konstrukci), z předpjatého betonu (s předem napnutou výztuží tvořenou nejčastěji vysokopevnostními ocelovými lany nebo dráty, která vnáší do betonu především tlaková namáhání, čímž se v betonu účinně snižují tahová namáhání a deformace), z vláknobetonu (vyztuženého vlákny z oceli nebo z jiných vodných materiálů), popř. z jejich kombinací,
- kovový most, jehož hlavní nosná konstrukce je vyrobena z kovu – např. mosty ocelové, litinové a mosty z lehkých slitin (např. hliníkové),
- dřevěný most - hlavní nosná konstrukce je ze dřeva nebo z materiálů na bázi dřeva,
- kombinovaný most, jehož nosná konstrukce je složena z různých stavebních materiálů, které ale tvoří společně působící příčný řez (pak se jedná o spřažené konstrukce – viz níže),
- spřažený ocelobetonový most, u kterého je betonová část hlavní nosné konstrukce spřažená s ocelovou částí a vzájemně spolupůsobí ve stejném průřezu,
- spřažený betonový most - hlavní nosná konstrukce je z betonů různých druhů (např. prefabrikované předpjaté nosníky spřažené s monolitickou železobetonovou deskou),
- integrovaný most, jehož hlavní nosná konstrukce působí společně se spodní stavbou (podpěry jsou s hlavní nosnou konstrukcí rámově propojeny) a je ovlivněna zemním tělesem přechodové oblasti,
- jiný (např. z vyztužených polymerů, ze skla atd.).

Betonové konstrukce (vč. mostů) je možno podle **způsobu výroby** dále členit na:

- monolitické, betonované přímo na místě určení (případně v těsné blízkosti – v případě konstrukcí postupně vysouvaných nebo otáčených),
- prefabrikované, vyráběné ve výrobě, dopravené na místo určení a osazené na místo, obvykle smontované s dalšími prefabrikovanými prvky.

### **Třídění mostů podle přesypávky:**

**Přesypávka** je část násypového tělesa nad přesypaným mostním objektem (klenutým, rámovým apod.). Může být tvořena zeminou nebo jiným materiálem - např. lehkým, použitým v potřebných případech z důvodu vylehčení násypového tělesa – je možno použít polystyrén, lehké keramické kamenivo (např. Liapor) apod. Místo přesypávky bývá někdy používáno výplňové zdivo (nadezdívka), výplň prostoru nad klenbou betonem (obvykle lehkým) apod.

Zejména v případě poddajnějších klenbových konstrukcí bývá uvažováno, že okolní zemní těleso včetně přesypávky aktivně spolupůsobí s mostní konstrukcí. Nadezdívka nebo betonová výplň prostoru nad klenbou může spolupůsobit i s tuhou mostní konstrukcí.

Přesypávka může být po stranách volná a ohraničená pouze svahy zemního tělesa, nebo může být uzavřena mezi podélné poprsní (též čelní) zdi. V případě, že poprsní zdi vystupují nad pojížděný (popř. pochozí) povrch mostu, nazývají se **parapetní zdi** a mohou plnit i funkci zábradlí.

Podle existence přesypávky můžeme rozlišovat:

- most bez přesypávky - doprava je vedena přímo po nosné konstrukci (opatřené obvykle vodotěsnou izolací a vozovkovými vrstvami); například obloukové mosty,

- most s přesypávkou, u kterého je doprava vedena po přesypávce („nadsypu“), tzn. po zemním tělese nasypaném ještě nad mostní konstrukcí. Mosty s přesypávkou jsou klenby, s přesypávkou bývají také například některé rámy.

### Třídění mostů podle statické funkce hlavní nosné konstrukce:

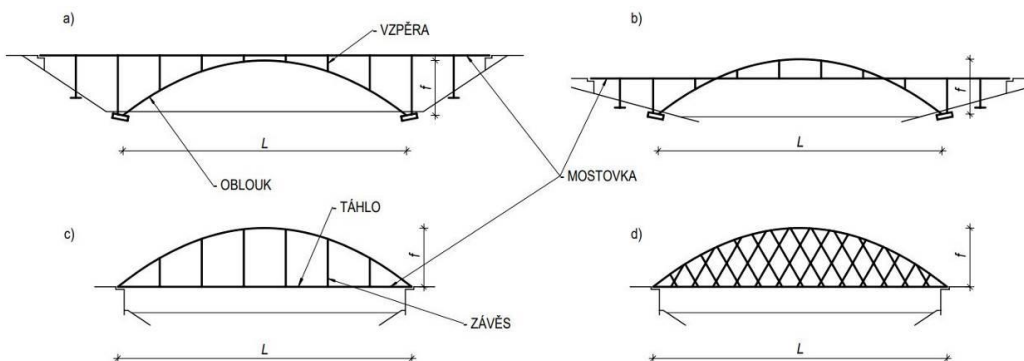
Tato metodika je zaměřena na betonové klenbové a obloukové mosty pozemních komunikací. Společným znakem klenbových a obloukových mostů je zakřivená střednice nosné konstrukce, díky které se značná část účinků zatížení konstrukcí přenáší formou tlakové normálové síly. Namáhání tlakem je pro betonové i železobetonové konstrukce výhodné, protože beton odolává dobře tlakovému namáhání, ale neodolává příliš dobře tahovému namáhání. Rozdíl mezi konstrukcí klenbovou a obloukovou představuje přesypávka (viz výše).

Pro úplnost zde uvádíme i ostatní typy nosných mostních konstrukcí. Podle statické funkce hlavní nosné konstrukce pak rozeznáváme:

- **obloukový most** – hlavní nosnou konstrukci tvoří zakřivený oblouk a mostovka, která podle polohy vůči oblouku může být tzv. horní (podepřená na oblouku vzpěrami), dolní (zavěšená na oblouku pomocí závěsů), nebo mezilehlá (na části oblouku podepřená vzpěrami, na části zavěšená pomocí závěsů). Výjimečně u lávek pro pěší se mostovka někdy nepoužívá a pěší doprava je vedena přímo po obloukové nosné konstrukci.

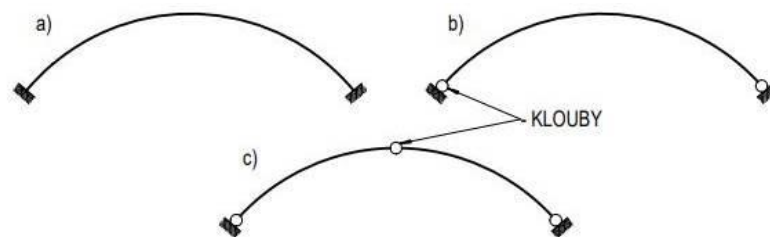
U oblouků s horní a s mezilehlou mostovkou vznikají v základech oblouků (obdobně i v patkách kleneb) nejen svislé, ale i značné vodorovné síly, které se snaží podpěry a základy posunout od sebe a/nebo překloupat. Z tohoto důvodu je nevhodnější používat tyto konstrukce v místech s kvalitními základovými poměry, např. ve skalnatých údolích. U konstrukcí s dolní mostovkou jsou dolní konce (patky) oblouků nejčastěji vzájemně propojeny mostovkou, která zde působí současně jako táhlo, přebírající vodorovné síly v patkách oblouků. Na spodní stavbu tyto konstrukce pak působí jako tzv. prostý nosník, který bývá uložen například na ložiska. Pro posuvné uložení jsou někdy použity kyvné stojky. Existují rovněž konstrukce, které jsou (oblouk, případně i mostovka) do podpěr vetknuté.

U obloukových konstrukcí s dolní a s mezilehlou mostovkou je tedy možno rozlišit dva konstrukční prvky namáhané tahem – vodorovná táhla, jejichž funkci plní mostovka propojující koncové části oblouků s dolní mostovkou, a svislé závěsy, pomocí kterých je mostovka zavěšena na obloucích.



**Obr. 1** Třídění obloukových mostů podle polohy mostovky: a) oblouk s horní mostovkou, b) oblouk s mezilehlou mostovkou, c) oblouk s dolní mostovkou, d) oblouk s dolní mostovkou a se sítovými závěsy

Podle statické funkce samotného oblouku mohou být oblouky dvoukloubové, trojkloubové, nebo vetknuté. Vetknuté oblouky a klenby jsou nejčastější. Jsou tzv. staticky neurčitě a jejich výpočty jsou nejnáročnější, ale v současné době s využitím výpočetní techniky nebývají problémem. Trojkloubové konstrukce jsou tzv. staticky určité – jejich výpočty jsou nejsnadnější, což bylo výhodné zejména v dřívějších dobách, kdy byly konstrukce tohoto typu v některých případech používány. Díky statické určitosti také nejsou citlivé na účinky teplotních změn a objemových změn betonu a jsou mnohem méně citlivé na projevy nerovnoměrných poklesů podpěr. Dvoukloubové konstrukce lze z hlediska působení a náročnosti výpočtů považovat za kompromis mezi konstrukcemi vetknutými a trojkloubovými. U betonových a kamenných konstrukcí se tento systém používá zcela výjimečně. Častější bývá například u ocelových oblouků, které jsou kloubově uloženy na betonové podpěry.



**Obr. 2** Rozdělení oblouků a kleneb podle statického působení: a) vetknutý oblouk/klenba, b) dvoukloubový oblouk/klenba, c) trojkloubový oblouk/klenba

- **klenbový most** – hlavní nosná konstrukce mostu je provedená v zakřiveném (obloukovém) tvaru; na rozdíl od obloukové konstrukce je klenba překryta nadzásypem – přesypávkou, po které je vedena doprava. Podle tvaru se rozlišují klenby kruhové, segmentové, eliptické, parabolické aj. (zejména u štíhlých kleneb a u oblouků bývá tvar střednice navrhován individuálně a použité křivky jsou optimalizovány tak, aby bylo minimalizováno namáhání konstrukce ohybovými momenty), podle materiálu klenby kamenné, zděné, betonové, ocelové, plastové atd. Podle funkce se rozlišují klenby hlavní, vylehčovací a rozpírací, podle statické funkce klenby dvoukloubové, trojkloubové, nebo vetknuté.

Podle tuhosti klenbové konstrukce můžeme rozeznávat:

- ✓ mosty s ohybově měkkou nosnou konstrukcí, která významně aktivně spolupůsobí s okolním zásypem (zásyp musí být z kvalitních materiálů a kvalitně zhutněn). Jedná se o tenkostěnné a relativně lehce deformovatelné konstrukce – například při jejich jednostranném zatížení dojde k zatlačení opačné strany klenby do zeminy, kde je tímto způsobem zvýšen zemní tlak, který působí proti deformaci a pomáhá zpětně konstrukci stabilizovat,
- ✓ mosty s ohybově tuhous nosnou konstrukcí, která nespoluúčastí aktivně s okolním zásypem,
- deskový most – hlavní nosnou konstrukci tvoří plná nebo vylehčená deska,
- trámový most – hlavní nosné prvky v podélném směru tvoří např. ocelové nosníky nebo betonové trámy. Konstrukce může být jednotrámová, dvoutrámová nebo s více trámy, může se jednat o komorový trám (jednokomorový, dvoukomorový nebo vícekomorový), dále trám konstatní nebo proměnné výšky po délce, trám přímý nebo půdorysně zakřivený aj. Pokud je konstrukce opatřena také příčníky (nad podpěrami i mezi nimi), které zlepšují spolupůsobení jednotlivých podélných trámů,

jedná se o konstrukci roštovou. Součástí trámových konstrukcí všech typů bývá obvykle také mostovková deska, po které je vedena doprava.

Podle uspořádání a způsobu podepření hlavní nosné konstrukce rozeznáváme:

- ✓ prostě podepřené konstrukce (prosté nosníky apod.) – tzn. konstrukce o jednom poli, které jsou na jedné podpěře uloženy pomocí pevných kloubů (nejčastěji pevných ložisek), jež umožňují pouze pootočení okolo příčné vodorovné osy, a na druhé podpěře jsou uloženy pomocí posuvných kloubů (nejčastěji pomocí posuvných ložisek), která umožňují pootočení okolo příčné vodorovné osy a posuny konstrukce ve směru její podélné osy,
  - ✓ spojitě konstrukce – tzn. konstrukce o více polích, které nad mezilehlými podpěrami probíhají spojitě bez přerušení. Hlavní nosná konstrukce je na podpěry uložena kloubově (obvykle pomocí ložisek),
  - ✓ různé druhy rámových konstrukcí, u kterých jsou podpěry rámově spojeny (vetknuty) s hlavní nosnou konstrukcí (viz též dále). Konstrukce tohoto typu mohou mít jedno nebo více polí,
  - ✓ rozepřené konstrukce (nejčastěji o jednom poli), u kterých je hlavní nosná konstrukce na obou koncových podpěrách uložena pomocí pevných kloubů. Tyto klouby umožňují pouze pootočení, neumožňují ale žádné podélné posuny. Tím jsou podpěry zajištěny proti působení zemního tlaku, jeho účinky musí ovšem přenést nosná konstrukce a klouby (např. ložiska),
- rámový most (vč. uzavřených ráků, poloráků atd.) - hlavní nosná konstrukce je rámově spojena s podpěrami (rámovými stojkami),
  - vzpěradlový most – je most s rámovou nosnou konstrukcí, která se vyznačuje šikmými rámovými stojkami (podpěrami),
  - věšadlový most – má trojúhelníkově uspořádanou konstrukci, u které je (obvykle) v polovině rozpětí umístěno nad hlavní nosnou konstrukcí svislé táhlo, jež je zavěšeno na vzpěry vedené šikmo dolů ke koncům hlavní nosné konstrukce,
  - vzpínadlový most – má trojúhelníkově uspořádanou konstrukci, u které je (obvykle) v polovině rozpětí umístěna pod hlavní nosnou konstrukcí svislá vzpěra, přes kterou jsou šikmo vzhůru vedena táhla kotvená v čelech nosné konstrukce nad podpěrami,
  - zavěšený most – má konstrukci, která se skládá z pylonů (obvykle svislých, případně šikmých), mostovky a z šikmých závěsů, pomocí kterých je mostovka zavěšena přímo na pylon (nebo pylony),
  - visutý most – má konstrukci, která se skládá z pylonů (obvykle svislých), hlavních visutých lan ve tvaru řetězovky, z mostovky a ze závěsů (obvykle svislých, případně šikmých), pomocí kterých je mostovka zavěšena na hlavní visutá lana. Kotevní bloky hlavních visutých lan bývají oddělené od mostovky. Mezi visuté konstrukce patří také tzv. visutý předpjatý pás, který tvoří tenká předpjatá betonová konstrukce ve tvaru řetězovky, působící obdobně jako hlavní visutá lana klasických visutých konstrukcí,
  - integrovaný most – viz též třídění mostů podle materiálu.

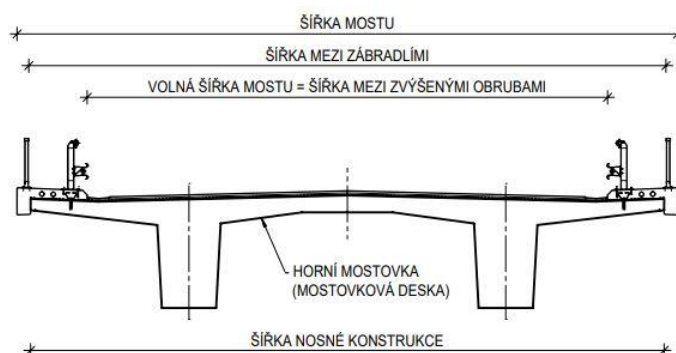
### **Třídění mostů podle výškové polohy mostovky v příčném řezu:**

Na **Obr. 1** je uvedeno rozdělení obloukových mostů podle výškové polohy mostovky, kterou se v tomto případě rozumí vodorovná část konstrukce obloukového mostu, jež je na oblouku

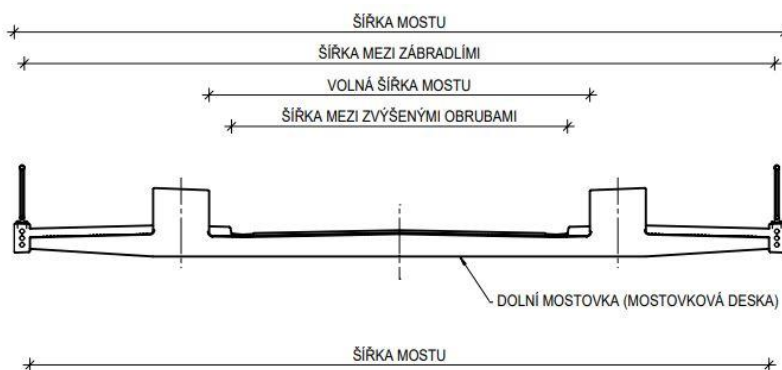
podporována vzpěrami nebo zavěšena na závěsech. Pokud by tato mostovka (která sama o sobě má deskovou nebo trémovou konstrukci) nebyla součástí obloukového mostu, ale byla by sama přímo podepřena mostními podpěrami (koncovými opěrami a mezilehlými pilíři), nazývala by se hlavní nosná konstrukce. V příčném řezu takovéto hlavní nosné konstrukce (nebo mostovky obloukových mostů) můžeme pak rovněž rozeznat mostovku, kterou se v tomto případě míní deska („mostková deska“), umístěná mezi trámy a vně trámů (obvykle se existence takovéto mostovky – mostkové desky zdůrazňuje zejména u trémových konstrukcí, včetně komorových). Z hlediska výškové polohy mostovky („pojížděného povrchu nosné konstrukce“) v (obvykle trémovém) příčném řezu pak můžeme rozeznávat -

- mosty s horní mostovkou (**Obr. 3**) – toto řešení je nejčastější,
- mosty s dolní mostovkou (**Obr. 4**) – toto řešení je vhodné v případě nedostatečné volné výšky pod mostem, například nad komunikacemi nebo vodními toky,
- mosty s mezilehlou mostovkou – používá se výjimečně; mostovka (mostková deska apod.) je umístěna v mezilehlé poloze, například v polovině výšky trámů,
- mosty se zapuštěnou mostovkou – toto řešení se někdy vyskytuje u drážních (železničních) mostů); v principu je podobné řešení s mezilehlou mostovkou.

Ve složitějších případech (často u historických betonových mostů) je i pro takovouto mostovku samotnou použita například roštová konstrukce, která je doplněna ještě o podélníky a příčníky.



**Obr. 3** Třídění mostů podle polohy mostovky v příčném řezu – most s horní mostovkou; v případě oblouků s horní mostovkou (**Obr. 1a**) může celý tento příčný řez představovat mostovku podepřenou (nejčastěji) vzpěrami na oblouku



**Obr. 4** Třídění mostů podle polohy mostovky v příčném řezu – most s dolní mostovkou; toto řešení se používá v případě, že je pod mostem nedostatek volné výšky (například u komunikací v menší výšce nad jinými komunikacemi, vodními toky apod.)

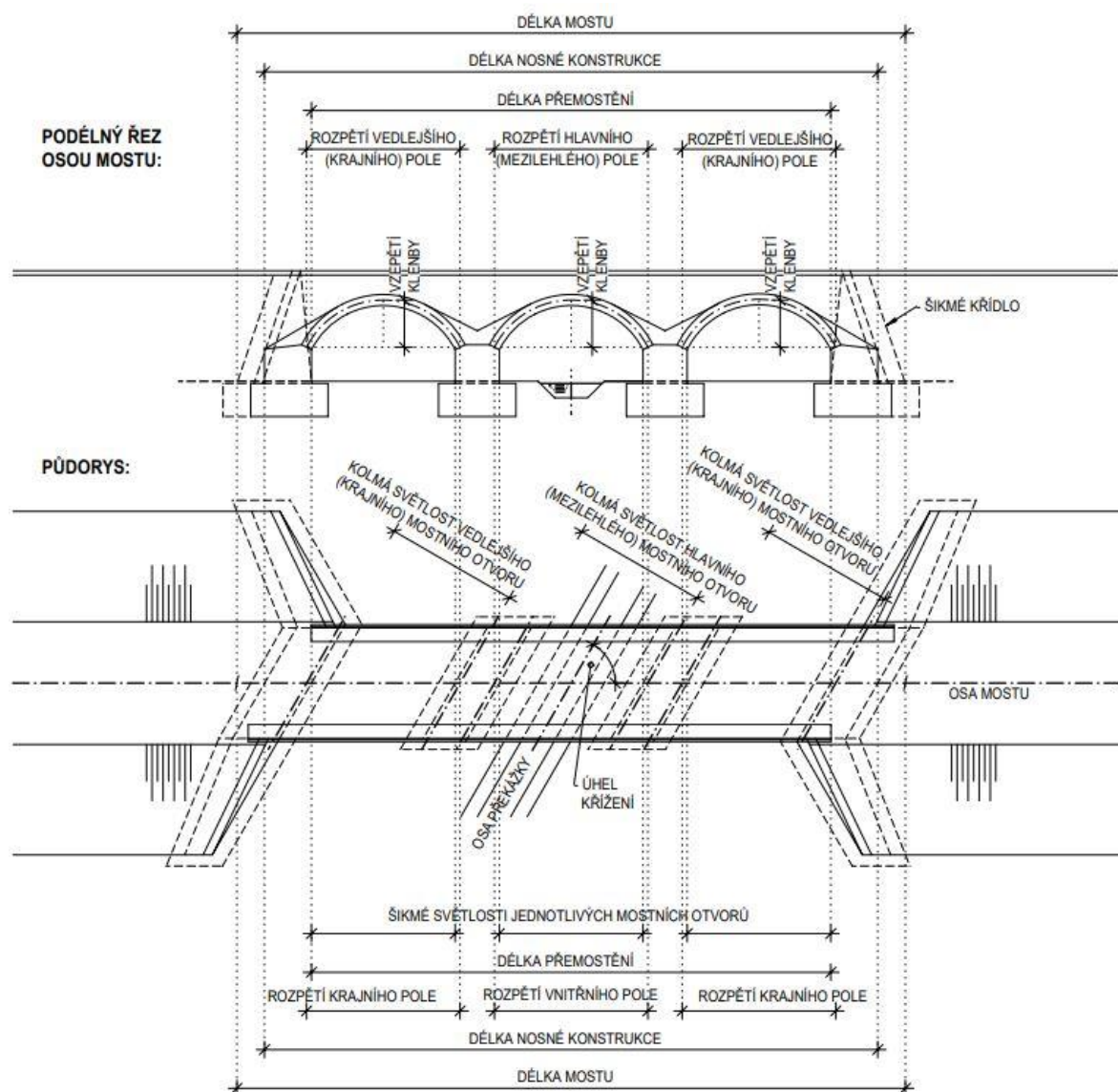
## Třídění mostů podle volné výšky na mostě:

- s omezenou volnou výškou (např. **Obr. 9, Obr. 52 – 57**) – volná výška může být omezena například nadvozkovým ztužením mezi obloukovými žebry obloukových mostů s dolní nebo mezilehlou mostovkou (lze také použít termín „most uzavřeně uspořádaný“),
- s neomezenou volnou výškou (např. **Obr. 10, 11, 43, 73**), u kterých se nad vozovkou nevyskytují prvky, které by volnou výšku omezovaly (též „most otevřeně uspořádaný“).

### 3.3 Návrhové a konstrukční charakteristiky

**Osa nosné konstrukce** je spojnice půdorysných průmětů bodů půlicích šířku jednotlivých příčných řezů nosné konstrukce.

**Osa mostu** je spojnice bodů půlicích vzdálenost vnějších líců říms.



**Obr. 5** Části a návrhové charakteristiky klenutého mostu (zde most s levou šikmostí)

**Mostní otvor** je každý volný prostor pod přemostěním, který umožňuje průtok, průjezd, průchod nebo průhled napříč mostním objektem a je ohraničen nahoře nosnou konstrukcí, po stranách dvěma podpěrami (příp. patkou klenby nebo oblouku, svahem zemního tělesa apod.) a dole terénem, dnem vodního toku, povrchem pozemní komunikace, plochou dráhy apod.

U mostu o více otvorech se rozeznává podle světlosti mostní otvor hlavní (obvykle je to mostní otvor s největší světlostí) a vedlejší, podle umístění mostní otvor krajní a mezilehlý.

**Světlost mostního otvoru** je vodorovná vzdálenost mezi líci sousedních podpěr, které omezují mostní otvor po stranách. Rozeznává se kolmá světlost (měřená kolmo k lícním plochám podpěr) a šikmá světlost (měřená v ose šikmého mostu mezi líci podpěr).

**Mostní pole** je úsek hlavní nosné konstrukce, který přemostuje prostor mezi dvěma sousedními mostními podpěrami. Délka pole je dána osovou vzdáleností podpěr nebo ložisek v podélném směru mostu, tj. rozpětím pole (viz též dále). U mostu o více polích se podle velikosti rozpětí rozeznává mostní pole hlavní a vedlejší. Podle umístění v podélném směru se rozeznává mostní pole krajní a mezilehlé.

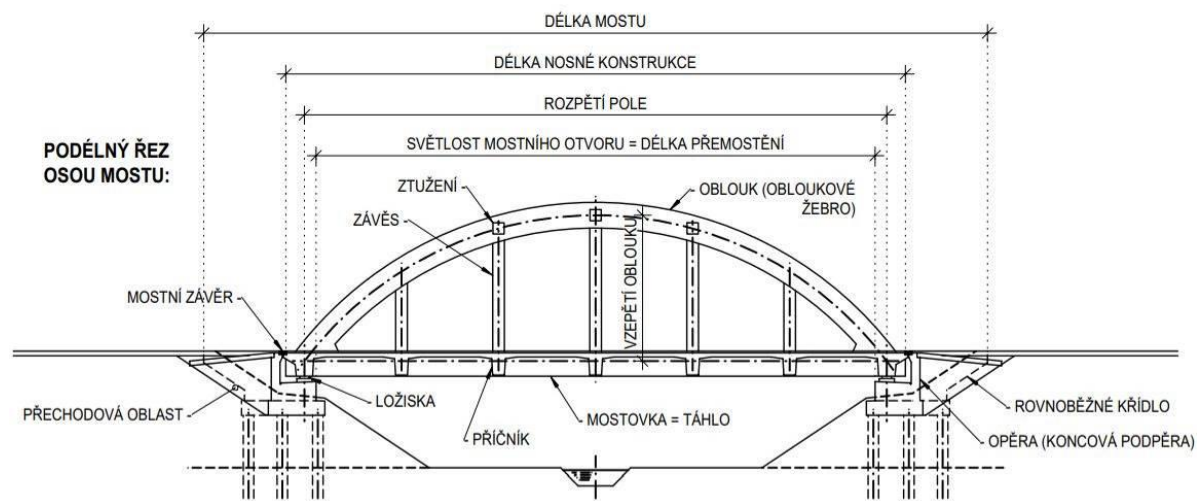
**Rozpětí** je vzájemná vzdálenost dvou sousedících teoretických podpěr nosné konstrukce. U vetknutých oblouků se za rozpětí považuje vzájemná vzdálenost průsečíků střednice s místem vetknutí oblouku do patky.

**Délka přemostění** je vodorovná vzdálenost líců krajních podpěr měřená v ose mostu.

**Délka nosné konstrukce** je vzdálenost čel nosné konstrukce měřená v její ose.

**Délka mostu** je podélná vzdálenost mezi konci mostních křídel; u mostů s různými délkami křídel je to průměrná podélná vzdálenost konců křídel nebo jiných ukončení mostu, měřená v ose mostu.

**Úhel křížení** je půdorysný, ostrý nebo nanejvýše pravý úhel, který svírá osa mostu s osou přemostované překážky v místě jejich křížení. Úhel křížení bývá nejčastěji uváděn v tzv. gradech – pravý úhel (90°) má 100 g.



**Obr. 6** Části a návrhové charakteristiky obloukového mostu s dolní mostovkou

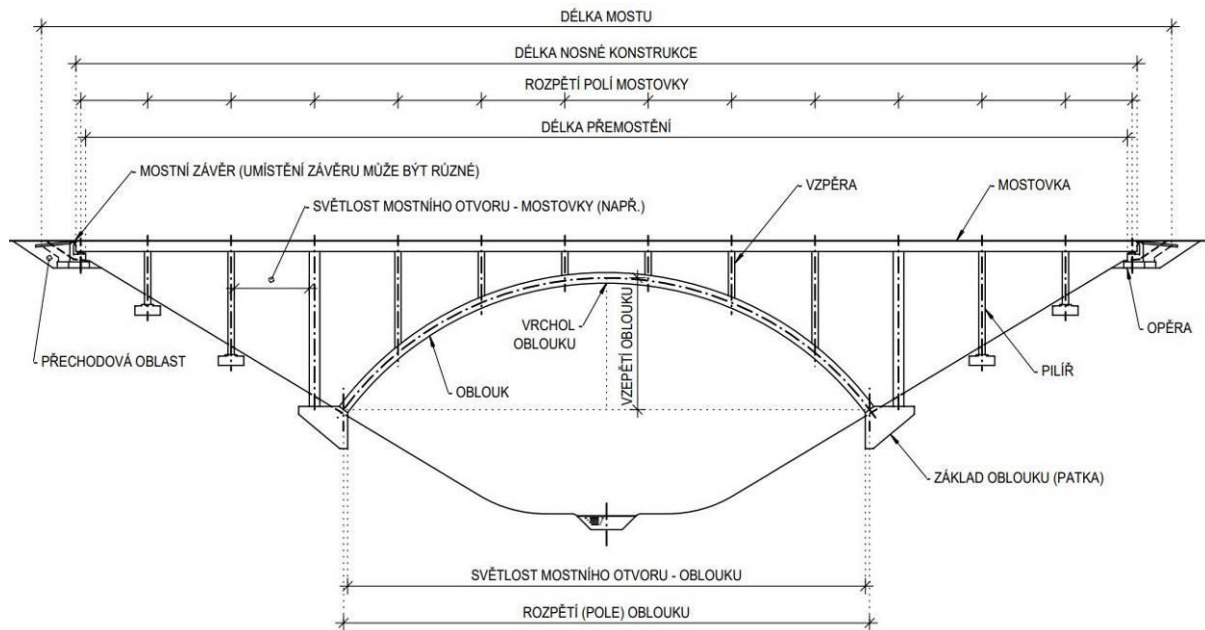
**Šikmost** je údaj vyjádřený úhlem mezi osou uložení na podpěře a osou mostu (v případě přímého mostu) nebo tečnou k ose půdorysně zakřiveného mostu. Rozeznává se:



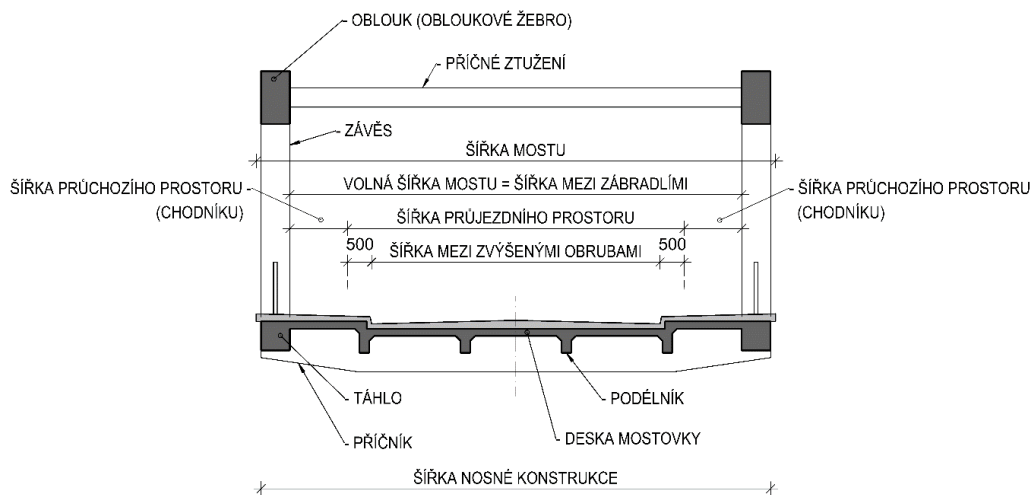
- levá šikmost, pokud levá část podpěry nosné konstrukce je při pohledu ve směru osy mostu vzdálena od pozorovatele více než část pravá,
- pravá šikmost, pokud pravá část podpěry nosné konstrukce je při pohledu ve směru osy mostu vzdálena od pozorovatele více než část levá.

U mostů nepravidelného půdorysu mohou být na jednotlivých podpěrách šikmosti různé.

Šikmost bývá rovněž nejčastěji uváděna v gradech. Pokud má nosná konstrukce mostu kolmé uložení na podpěry, je jeho šikmost 100 g (přitom ale most může překážku křížit šikmo, tzn. úhel křížení pak není pravý).



**Obr. 7** Části a návrhové charakteristiky obloukového mostu s horní mostovkou

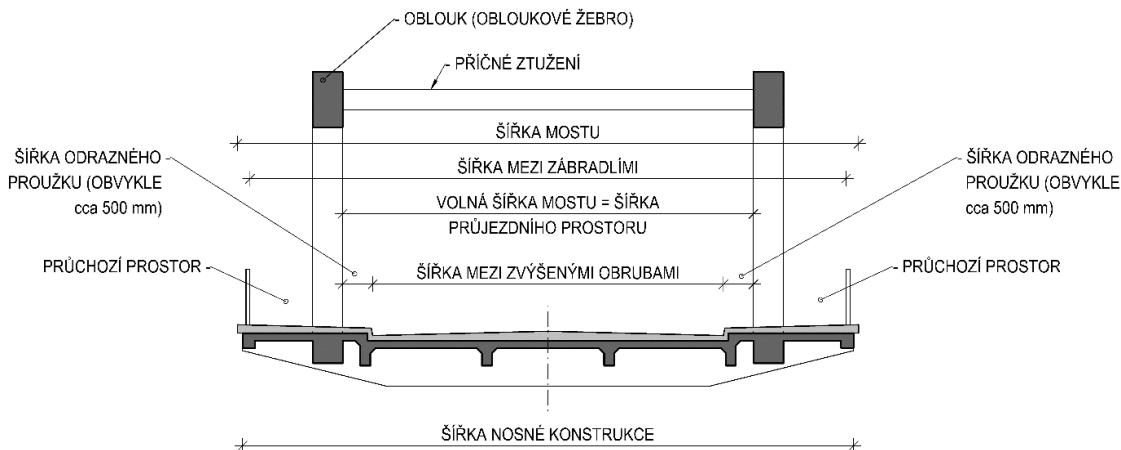


**Obr. 8** Šířkové uspořádání mostu - oblouk s dolní mostovkou, s chodníky na okraji vozovky mezi obloukovými žebry (někdy bývají chodníky vypuštěny a před oblouky zůstávají ze strany vozovky pouze odrazné proužky, široké obvykle přibližně 0,5 m)

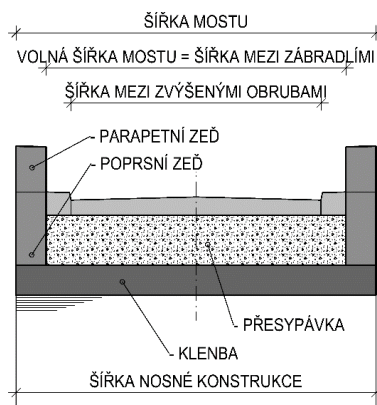
**Šířka mostu** je příčná vzdálenost mezi vnějšími líci obou mostních řím.

**Volná šířka mostu pozemní komunikace** je nejmenší šířka měřená kolmo k ose mostu mezi vnitřními líci stálých bočních překážek - zpravidla mezi záchytnými bezpečnostními zařízeními (zábradlími, svodidly, zábradelními svodidly), poprsními zdmi apod.

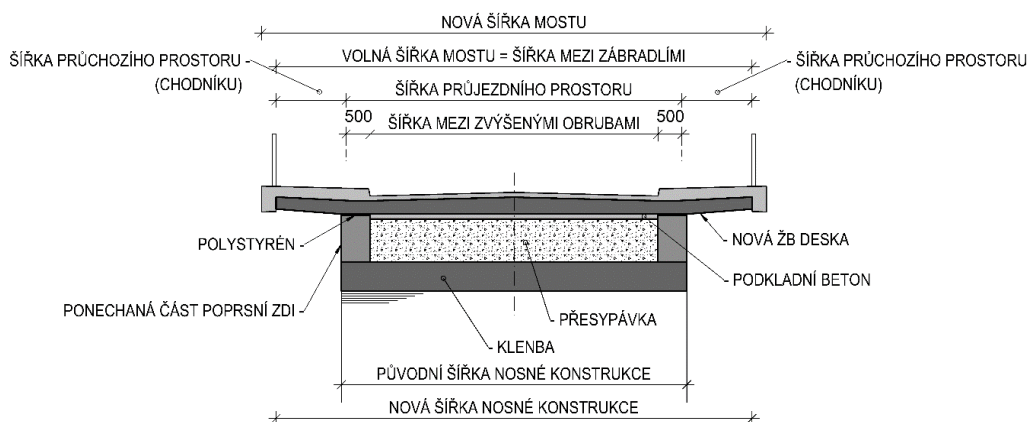
**Šířka mezi zábradlími** je šířka měřená kolmo k ose mostu mezi vnitřními líci vnějších záchytných systémů (mezi zábradlími nebo zábradelními svodidly) a/nebo protihlukových stěn.



**Obr. 9** Šířkové uspořádání mostu - oblouk s dolní mostovkou, s chodníky vně obloukových žebel



**Obr. 10** Šířkové uspořádání mostu – klenba s poprsními a parapetními zdmi, bez chodníků



**Obr. 11** Šířkové uspořádání mostu – klenba po rozšíření novou doplněnou železobetonovou deskou; zde most s chodníky, bez svodidel (časté řešení v obci); v případě mostu s chodníky a se svodidly by šířkové uspořádání na ŽB desce bylo obdobné jako na **Obr. 3**

### 3.4 Spodní stavba

**Spodní stavba mostu** je část mostu, která přenáší účinky zatížení z nosné konstrukce do základové půdy. Tvoří ji následující části (obvykle jsou u daného mostu použity pouze některé z nich):

- **základy** - základové patky, pasy a desky, pilotové základy, studně, podzemní stěny, kesony, u oblouků a kleneb jejich patky,
- **podpěry** - svislé nebo nakloněné součásti mostu, které přenáší podporové síly od nosné konstrukce na základy; podpěry se dělí na koncové (opěry), mezilehlé (pilíře), rámové stojky (používané u rámových a integrovaných mostů a vetknuté do nosné konstrukce bez použití ložisek) a pylony (u visutých a zavěšených konstrukcí);

zvláštním typem podpěr jsou **kyvné podpěry (kyvné stojky)** – tj. podpěry s kloubovým uložením na horním i na dolním konci.

Na koncové opěry navazují **křídla opěr** – jedná se o stěny navazující na opěru, které uzavírají zemní těleso po stranách opěry. Křídla mohou být rovnoběžná s podélnou osou komunikace na mostě, kolmá, nebo k ní šikmá.

Konstrukčně mohou být křídla zavěšená na dřík opěry (tzn. vetknutá do opěry), nebo samostatně stojící (odděleně od dříku opěry, působící například jako samostatné opěrné zdi).

### 3.5 Nosná konstrukce

**Nosná konstrukce** je část mostu, která přenáší účinky zatížení ze svršku na spodní stavbu; je tvořena všemi nebo jen některými z následujících konstrukčních částí:

- hlavní nosná konstrukce,
- mostovka,
- ztužení,
- ložiska, klouby,
- mostní závěry,
- spolupůsobící přesypávka, popř. nadezdívka,
- čelní zeď.

**Hlavní nosná konstrukce** je část konstrukce, která slouží k překlenutí překážky a která je obvykle uložena na spodní stavbě mostu.

Hlavní nosné konstrukce je možno **třídít například podle základního tvaru a statického působení nebo podle použitého materiálu**. Třídění nosných konstrukcí z těchto hledisek se prakticky neliší od třídění mostů, které je uvedeno v kapitole 3.2 této metodiky.

**Mostovka** je část nosné konstrukce mostu, která přenáší účinky zatížení od dopravy ze svršku do hlavní nosné konstrukce. Podrobnosti jsou uvedeny v kapitole 3.2 a 3.3.

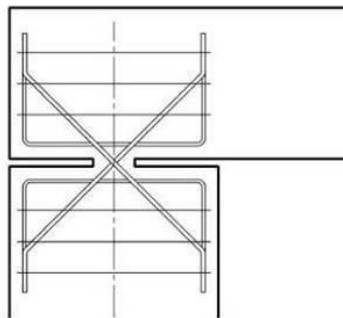
**Ztužení** je část nosné konstrukce mostu, jejímž účelem je zachycovat a přenášet vodorovné účinky zatížení a zajišťovat prostorový tvar nosné konstrukce. Rozeznáváme například:

- příčné ztužení, které zajišťuje prostorový tvar nosné konstrukce v příčném směru,
- nadmostovkové ztužení je ztužení, které je umístěné nad mostovkou mezi horními pásy hlavních nosníků, mezi obloukovými žebry oblouků s dolní mostovkou apod.

**Ložisko** je prvek, který (v souvislosti s navrženým konstrukčním uspořádáním) přenáší zatížení z nosné konstrukce do spodní stavby a umožňuje pootočení, popř. posun v uložení. Z hlediska konstrukce se rozlišují ložiska elastomerová, hrncová, kalotová, ocelová (válnová, vahadlová, tangenciální, desková atd.). Z hlediska funkce se rozlišují ložiska pevná (umožňují pootočení, ale neumožňují žádné vodorovné posuny), ložiska jednosměrně posuvná (posuvná podélně nebo příčně vůči podélné ose mostu) a ložiska všesměrně posuvná (umožňující vodorovný posun všemi směry).

**Kloub** je část nosné konstrukce, která (v souvislosti s navrženým konstrukčním uspořádáním) umožňuje pootočení a nepřenáší (ohybový) moment. Klouby se někdy používají místo pevných ložisek. Místo posuvných ložisek je pak možno použít například svislé kyvné stojky, které jsou opatřeny klouby na horním i na dolním konci.

U betonových konstrukcí je možno použít tzv. **vrubový kloub**, což je zeslabení betonového průřezu dvěma úzkými příčnými spárami (u okrajů), díky kterému je v místě kloubu z původního betonového průřezu ponechána pouze zúžená část. Vlivem zvýšeného namáhání v tomto zúženém průřezu je zde možno předpokládat zplastizování betonu, umožňující pootočení konstrukce v místě předpokládaného kloubu. Někdy se ještě rozlišují klouby vrubové (u kterých se předpokládá přenášení sil především betonem) a klouby pérové (u kterých se předpokládá přenášení sil především výztuží). Vrbové a pérové klouby je možno označovat souhrnným názvem betonové klouby.



**Obr. 12** Betonový kloub (vrubový, pérový)

**Mostní závěr** je konstrukce přemostující dilatační spáru a umožňující pohyby konce nosné konstrukce (posuny a pootočení, vznikající obvykle především vlivem objemových a teplotních změn betonu). Podle polohy se rozlišuje podpvrchový a povrchový mostní závěr. Podle konstrukce se rozlišuje mostní závěr elastický, závěr s jednoduchým těsněním spáry, koberecový mostní závěr, hřebenový mostní závěr a lamelový mostní závěr.



*Obr. 13 Mostní závěr umožňující dilatační posuny nosné konstrukce (zde mostní závěr lamelový)*

### **3.6 Svršek a vybavení, přidružené části**

**Svršek na mostě pozemní komunikace** je součástí mostu uložená na jeho nosné konstrukci. Skládá se z následujících částí: vozovka, izolace, vyrovnávací a spádová vrstva, krajnice, římsa, chodník, odvodňovací proužek, odrazný proužek, obrubníky apod.

**Izolační systém** je souvrství (přípravná, izolační a ochranná vrstva), které zajišťuje ochranu mostních konstrukcí proti účinkům vody. Těsnicí vrstva bývá nejčastěji z asfaltových izolačních pásů, používají se také například syntetické izolace ze syntetických pryskyřic nanášených stříkáním nebo stěrkováním. Podle plochy nosné konstrukce chráněné izolací se rozeznávají celoplošné izolace (realizované na celé ploše nosné konstrukce, používané v současné době) a vanové izolace (realizované pouze pod vozovkou mezi římsami, nikoliv pod římsami – toto řešení se používalo v řadě případů v minulosti).

**Vybavení** je soubor zařízení, jímž se most doplňuje ke zvýšení bezpečnosti jeho uživatelů, k usnadnění prohlídek nebo údržby a k zajištění jeho životnosti. Tvoří ho například silniční záchytný systém (svodidla, zábradelní svodidla, zábradlí), odvodňovací zařízení (odvodňovače, podélné a příčné potrubní svody, odvodňovací žlaby), osvětlení, popř. cizí zařízení (např. převáděné inženýrské sítě) atd.

**Přechodová oblast** (přechod) je geotechnická konstrukce zemního tělesa přiléhající ke koncové opěře mostu, složená z několika částí (např. zásyp, ochranný obsyp, přechodová deska apod.). Účelem přechodové oblasti je zajistit plynulý nájezd na most a minimalizovat vliv rozdílných sedání mostního objektu a navazujícího zemního tělesa.

### **3.7 Zatížitelnost mostních objektů**

Stanovení zatížitelnosti je v kapitole 7.3.

## **4. Evidence, správa a dokumentace mostních objektů**

### **4.1 Úvod**

Mostní objekty na **dálnicích** a na **silnicích 1. třídy** jsou ve vlastnictví státu a jejich správu (včetně přípravy realizace a vlastní realizace) zajišťuje Ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD ČR).

Mostní objekty na **silnicích 2. a 3. třídy** (včetně například mostů „na průtahu“ silnice uvnitř obce) jsou ve vlastnictví krajů a jejich správu zajišťuje vždy příslušná Krajská správa a údržba silnic (KSÚS).

Mostní objekty **v obcích** jsou obvykle ve vlastnictví a správě těchto obcí.

Mosty **na účelových komunikacích** (například uvnitř výrobních areálů apod.) bývají ve vlastnictví a správě vlastníků příslušných komunikací a areálů.

## **4.2 Technická evidence mostních objektů**

Pro evidenci mostních objektů platí norma ČSN 73 6220 Evidence mostních objektů pozemních komunikací. Po dokončení každého mostního objektu je nutno pro něj vytvořit tzv. „Mostní list mostu pozemní komunikace“, který obsahuje základní informace – zahrnuje dvě strany textu a schéma objektu. Zejména na významnějších komunikacích se pořizují i „Mostní listy podjezdu pozemní komunikace“, které se týkají mostů nad uvažovanou komunikací.

Všechny mostní objekty se označují evidenčním číslem, které se na silnicích a dálnicích skládá z následujících údajů (u mostů na místních a účelových komunikacích může být značení uspořádáno odlišně):

- číslo komunikace,
- za pomlčkou je pořadové číslo objektu,
- případně se použijí i tzv. indexy, kterými se rozlišuje například levý a pravý most na směrově rozdělených komunikacích.

Evidenční číslo je uvedeno na tabulce, která by měla být připevněna u každého mostního objektu. Pokud mostní objekt tvoří i podjezd, přiděluje se mu rovněž evidenční číslo podjezdu (pro takový objekt se pak evidují obě čísla).

Údaje o mostních objektech na veřejných komunikacích (tzn. na dálnicích, silnicích 1., 2. a 3. třídy, místních komunikacích apod.) se soustřeďují v jednotném registru, kterým je tzv. Systém hospodaření s mosty – zkratka BMS (z anglického názvu Bridge Management System). Jedná se o softwarový systém, jehož cílem je shromažďovat o mostních objektech jejich evidenční údaje, výsledky (protokoly) z prohlídek mostů, provedená opatření (opravy apod.), plánovat další potřebná opatření apod. Obsahuje rovněž mapu České republiky s vyznačením evidovaných mostních objektů. Tento systém je zaměřen na mosty pozemních komunikací; pro železniční mosty byl vytvořen Mostní evidenční systém MES.

Dále bývají veškeré potřebné písemnosti k jednotlivým mostním objektům archivovány obvykle u správce mostních objektů – jedná se o evidenční údaje, doklady (stavební povolení, kolaudační rozhodnutí, snímky pozemkových map apod.), technické písemnosti (projektová dokumentace, statické výpočty, dokumentace skutečného provedení, stavební deníky atd.), údaje o zatížitelnosti, záznamy o provedených prohlídkách, o provedené údržbě a opravách apod. Rovněž by měly být uchovávány doklady ze zrušených mostních objektů, pokud je to žádoucí z technického nebo z historického hlediska.

## **4.3 Evidence mostů z hlediska státní památkové péče**

### **4.3.1 Prohlášení stavby za nemovitou kulturní památku**

**Prohlášení nemovité nebo movité věci** za kulturní památku (KP) může navrhnout kdokoliv, soukromá osoba, spolek, organizace nebo instituce. Památky prohlašuje Ministerstvo kultury

České republiky (MK ČR). Národní kulturní památky (NKP) jsou prohlášovány nařízením vlády ČR. 12 kulturních památek (souborů) je zapsáno na Seznamu světového kulturního a přírodního dědictví UNESCO (památky s mezinárodním statutem). O zrušení prohlášení věci či nemovitosti za památku může ministerstvo kultury požádat její vlastník, každá taková žádost je samostatně posuzována k tomu určenou komisí MK ČR. Nejdůležitějším zákonem v tomto procesu je zákon č. 20/1987 Sb. O státní památkové péči.

V **Ústředním seznamu kulturních památek** (ÚSKP, <https://www.pamatkovykatolog.cz/>) je veden odděleně seznam movitých a seznam nemovitých kulturních památek. V koncepci památkové péče se zmiňují dopravní stavby jako zvláštní památková kategorie. Kulturní památka zůstává ve vlastnictví původního majitele i po jejím prohlášení; i tehdy, jedná-li se o prohlášení za národní kulturní památku.

#### **4.3.2 Evidence mostů v seznamu nemovitých kulturních památek**

**Národní památkový ústav** eviduje asi čtyřicet tisíc chráněných staveb a souborů, Seznam nemovitých kulturních památek rozšiřuje Ministerstvo kultury tak, že danou stavbu za nemovitou kulturní památku prohlásí a ta je zapsána do Ústředního seznamu kulturních památek. Národní památkový ústav má své Ústřední pracoviště se sídlem v Praze a pak jednotlivá Územní odborná pracoviště sídlící v každém kraji, většinou v krajském městě.

Mostů jako nemovitých kulturních památek je evidováno cca 340 (dopravní stavby, stavby pro spoje). Mosty jsou také součástí památkových souborů (městských památkových rezervací apod.) Těchto případů je asi 60. Některé mosty požívají zvláštní ochranu (NKP, UNESCO) – to je ve 21 případech. Nedá se specifikovat, jaká je ochrana jednotlivých kategorií, nutné je vždy posuzovat jako samostatný případ. Tyto kategorie neznamenaají větší či menší míru ochrany či cennosti konkrétní stavby.

Mostní objekty mají z hlediska památkové ochrany významná specifika. Historické mosty mají obvykle nižší zatížitelnost a skromnější prostorové uspořádání než konstrukce novější, a mohou tedy v některých případech více či méně omezovat dopravní možnosti na dané komunikaci. Na rozdíl od jiných památkových objektů historický most rovněž obvykle nepřináší přímý zisk v podobě nájmu či zisku z turistického využití a vlastník takového objektu má pak především povinnosti vyplývající z památkové ochrany. Tím mohou vznikat určité rozpory mezi památkovou péčí a technickými požadavky na údržbu silniční sítě.

Za optimální řešení této situace je možno považovat památkovou ochranu skutečně významných konstrukcí, zatímco v ostatních případech je správné, pokud jsou mosty po dovršení jejich životnosti přestavěny na nové konstrukce. Možnosti posuzování a řešení jsou uvedeny v kapitole 8. této metodiky.

#### **4.3.3 Pravidla pro prohlášení stavby za nemovitou kulturní památku**

Přesná pravidla pro prohlášení stavby za nemovitou kulturní památku nejsou a ani nemohou být. Závisí to na hodnocení pracovníků památkové péče. Je samozřejmě rozdíl, pokud je most součástí památkově chráněného souboru, ale sám o sobě není významnou památkou, nebo zda je most sám o sobě historicky cennou stavbou. Každý vlastník nemovitosti (fyzická osoba, právnická osoba nebo stát) prohlášené za kulturní památku, je ze zákona povinen o ni pečovat a udržovat ji ve vyhovujícím stavu. Je tedy za stav památky odpovědný.

Jako základní zákonná opora ochrany památek slouží zákon č. 20/1987 Sb. O státní památkové péči. V Ústředním seznamu kulturních památek je veden odděleně seznam movitých a seznam nemovitých kulturních památek. V koncepci památkové péče se zmiňují dopravní stavby jako zvláštní památková kategorie. Kromě umělecké a historické ceny se hodnotí i jejich vědecký nebo technický význam. Pro vlastníka objektu zapsání objektu do seznamu přináší zákonná omezení.

Národní památkový ústav vede také Seznam nejhroženějších kulturních památek.

## **4.4 Dokumentace tvaru a uspořádání mostních objektů**

### **4.4.1 Projektová dokumentace**

V rámci návrhu a realizace mostních objektů je pro ně postupně zpracovávána projektová dokumentace v několika stupních. Z hlediska zachycení realizovaného stavu konstrukce je nejdůležitější dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS), příp. i realizační dokumentace stavby (RDS). Předcházejí stupně dokumentace, který mi může být studie, dokumentace pro územní rozhodnutí (DÚR), dokumentace pro stavební povolení (DSP) a dokumentace pro provedení stavby (DPS) jsou méně podrobné a odchylky od realizovaného stavu mostu mohou být větší.

### **4.4.2. Kresebná dokumentace**

Pro účely hodnocení historické a konstrukční hodnoty mostních objektů může být přínosná jejich kresebná dokumentace, která je zřejmě nejjednodušším a historicky nejstarším způsobem dokumentace mostů. Již od nejstarších dob tak máme různými technikami zachyceny různé podoby mostů, které jsou tak mnohdy i jedinými doklady jejich existence.

I v současném světě s množstvím elektronických prostředků má však jednoduchá kresebná dokumentace své místo. Dokáže totiž pomocí velmi omezených prostředků (papíru a tužky) velmi rychle zachytit velké množství podstatných informací. Informací, které kvůli různým okolnostem (počasí, vegetace, nepřístupnost) mohou dalece předčít fotografické zachycení. Navíc se kresba ihned po svém vytvoření stává dobovým obrazovým pramenem, z něhož lze i v budoucnu, jako z archivního pramene čerpat informace o stavbě, která třeba mezi tím zanikla.

#### **Výhody a přednosti kresebné dokumentace historických mostů:**

- schopnost komplexního zachycení velkého množství informací,
- minimální náklady,
- trvanlivost pořízené dokumentace a její archivace,
- kombinace s popisem a zaměřením, okamžitá použitelnost.

#### **Nevýhody kresebné dokumentace historických mostů:**

- nutnost mít kresebné schopnosti,
- stylizované zachycení reality,
- větší časová náročnost oproti fotografii.

### **4.4.3. Fotografická a filmová dokumentace**

Neustále se vyvíjejícími moderními prostředky dokumentace je pořizování fotografií a filmů (videí). Podmínky a okolnosti, za kterých fotografie a videa vznikají, mohou jejich pořízení poněkud limitovat, případně omezovat jejich vypovídací schopnost. Pravděpodobně ale



dokáží nejrychleji a většinou velice výstižně zachytit a zdokumentovat velké množství vizuálních informací.

#### **K přednostem fotografického a filmového záznamu historických mostů patří:**

- rychlost, operativnost a poměrně malé finanční náklady,
- možnost pořídit velké množství snímků,
- věrné zachycení reality, snadné a rychlé sdílení,
- za určitých podmínek je možno záznamy využít pro fotogrammetrické vyhodnocení (ortofotoplány, 3D modely).

#### **Omezení fotografického a filmového záznamu historických mostů:**

- ideální bývá pořizovat takovéto záznamy za vhodného počasí – nicméně například ostré sluneční světlo často vytváří nadměrně kontrastní stíny, naopak za deště nebo po dešti se mohou výrazněji projevit následky zatékání do konstrukcí (což je z hlediska průzkumu stavby příznivé),
- potřeba vhodného přístupu a dostatečného „výhledu“ (výhodné v některých případech bývá dokumentování staveb v době vegetačního klidu, kdy je výhled méně omezován vegetací),
- následné zpracování snímků – roztřídění, popis, archivace.

### **4.4.4. Geodetická dokumentace**

#### **4.4.4.1 Základní údaje**

Pro každou stavbu nebo její změnu je nutno vypracovat dokumentaci skutečného provedení stavby. Další informace je v případě potřeby v závislosti na požadovaném účelu a potřebné podrobnosti údajů možno získat z následujících podkladů (obsahujících geodetické zaměření):

##### **1) Zaměření skutečného provedení stavby**

Provádí se dle platných legislativních požadavků (např. Vyhláška č. 499/2006), požadavků Katastru nemovitostí a stavebních úřadů. Z geodetického hlediska je podstatný maximální půdorys objektu ve vazbě na zábory pozemků a katastr nemovitostí.

##### **2) Zaměření v rámci Katastru nemovitostí ČR**

Provádí se pouze půdorysné zaměření, často velmi zjednodušeně, měřítko mapování jsou 1:1000, 1:2000 nebo 1:2880.

##### **3) Zaměření v rámci velkoměřítkových mapovacích prací**

Půdorys (pro THM, KPÚ aj.) je zaměřen vždy, často velmi zjednodušeně; někdy bývá uveden i výškopis ve formě vrstevnic (okolní terén), technických šraf (náspy, koryta aj.), výškových kót (občas u některých bodů na mostě). Měřítko bývají 1:1000 až 1:5000.

##### **4) Zaměření v rámci stavebně-historického a jiného průzkumu**

Zaměření mostů geodetickými metodami pro průzkum nebývá časté, obvykle postačí zjistit základní rozměry (šířky, rozpětí, výšky apod.). Pro podrobnou a/nebo přesnou geometrickou dokumentaci lze využít vhodných měřických metod. Viz též metodika [55].

**Tabulka 1** Souhrnný přehled metod pro geodetické zaměření mostů („1“ nejnvýhodnější)

	<b>Metoda</b> Využitelný rozsah	Geom. přesnost	Pod- robnost	3Dvizua- lizace	Náročnost měření	Náročnost zpracování	Možnosti výstupů
1	<b>Statické 3D laser- skenování</b> Cca do 250 m	1 – 2 (mm – cm)	1 – 2	2	3 – 4	4	mračno bodů (i s barvou), 3D model (digitální, fyzický), 2D výkresy
2	<b>Ruční 3D laser- skenování</b> Cca do 100 m	3 – 4 (cm – dm)	1	2	2	4	mračno bodů (i s barvou), 3D model (digitální, fyzický), 2D výkresy
3	<b>Fotogrammetrické snímkování ručními kamerami</b> Cca do 100 m	3 – 4 (cm – dm)	1 – 2	1	2	4	mračno bodů (i s barvou), 3D model (digitální, fyzický), 2D výkresy
4	<b>Fotogrammetrické snímkování UAV z dronu</b> Cca do 400 m	3 – 4 (cm – dm)	2	1	4	4	mračno bodů (i s barvou), 3D model (digitální, fyzický), 2D výkresy
5	<b>Tachymetrie totální stanice</b> Cca do 400 m	1 (mm – cm)	4	4	3 – 4	2	2D – 3D schémata, výkresy, řezy
6	<b>Ruční oměrné (pásmo, ruční dálkoměry)</b> Cca do 50 m	3 (cm – dm)	5	5	2	2	2D – 3D schémata

### 5) Zaměření v rámci geodetického monitoringu

Geodetický monitoring je širším označením pro měření posunů a přetvoření konstrukce geodetickými metodami. Monitoring se obvykle provádí jen ve vybraných bodech a místech konstrukce, někdy na významných liniích či plochách. Monitorují se jen některé mosty a po omezenou dobu (např. po určený čas po výstavbě, před a po rekonstrukci, při podezření na poruchy konstrukce atd.).

Jako podklad pro projekt monitoringu je někdy potřebné provést také celkové zaměření tvaru a rozměrů konstrukce; toto zaměření může pak být využito i k účelu dokumentace.

#### 4.4.4.2 Souhrnný přehled metod

**Tabulka 1** uvádí přehled a porovnání vhodných metod a jejich základních vlastností, včetně jejich výstupů ve formě známek (1 je nejlepší a 5 nejhorší). U geometrické přesnosti je navíc řád jednotek, ve kterých se reálná přesnost pohybuje, např. (mm – cm) znamená jednotky milimetrů až jednotky centimetrů.

#### 4.4.4.2 Příklad výstupů zaměření

Na následujících obrázcích jsou uvedeny výstupy zaměření vybraných betonových mostů metodou statického 3D laserového skenování (tzv. mračna bodů), včetně porovnání s fotografiemi skutečných mostů.



**Obr. 14** Porovnání výsledků 3D statického skenování (tzv. mračna bodů - vlevo) a fotografie skutečného mostu (vpravo); Mirovice, 1933,  $L = 27,500\text{ m}$



**Obr. 15** Porovnání výsledků 3D statického skenování (tzv. mračna bodů - vlevo) a fotografie skutečného mostu (vpravo); Tábor, 1935,  $L = 81,600\text{ m}$

## 5. Vývoj betonových klenbových a obloukových mostů

### 5.1 Obecný vývoj mostního stavitelství

Prvními materiály používanými pro výstavbu mostů bylo dřevo a kámen. Ve starověku se větší i velké dřevěné mosty nejčastěji realizovaly jako plovoucí, nebo jako tzv. kúlové. Mezi nejznámější plovoucí (též zvané pontonové) patří mosty, které nechali postavit perští vládci Dáreios a Xerxés v rámci vojenských tažení v letech přibližně 490 a 480 př. n. l. (během kterých došlo k bitvám u Marathónu, u Thermopyl a u Salamíny). Jednalo se o mosty přes Bospor a přes Dunaj, o délce až 1300 m. Mosty byly sestaveny ze vzájemně svázaných a zakotvených lodí, mezi které byly uloženy podélné dřevěné trámy, přesypané ještě hlínou. Nejdelší most tohoto typu byl zřejmě most římského císaře Caliguly, vybudovaný okolo roku 30 n. l. přes Neapolský záliv.

Tzv. kúlová konstrukce byla použita například pro Caesarův most (resp. celkem dva mosty) přes Rýn přibližně v místě dnešní Koblenze, vybudované během vojenských tažení roku 55 a 53 př. n. l. Podpěry tvořily bárky z dřevěných pilot zaberaněných do dna řeky, nosná konstrukce byla z podélných dřevěných trámů. Délka mostu mohla být podle dostupných údajů až asi 430 m a most byl realizován v době pouhých 10 dnů. V roce 104 n.l. byl přes Dunaj (u dnešní Oršové na hranicích mezi Srbskem a Rumunskem) vybudován most pro císaře Traiana. Most měl zděné pilíře, na které byly uloženy dřevěné „mřížové“ („příhradové“?) nosníky o značném rozpětí 35 m.

Zděné mosty (obvykle kamenné, výjimečně cihelné) byly budovány především pro dopravní účely a jako tzv. akvadukty pro vodovody. Pro překlenutí mostních otvorů se začaly používat nejdříve tzv. „nepravé“ (též zvané přečnělkové – vytvořené z jednotlivých, vzájemně se přečnivajících vrstev kamenů) klenby, následně i klenby „pravé“ (využívající již principu tlakové síly; jednotlivé části klenby – kameny – mají mezi sebou příčné spáry kolmé na zakřivenou podélnou osu klenby). Nejstarší kamenné klenby stavěli zřejmě Sumerové, Egypťané a Číňané. Velké množství kamenných mostů bylo realizováno ve starověké Římské říši, kde se při jejich výstavbě částečně uplatňoval i „římský beton“ - materiál, který byl vyráběn jako směs kameniva, vody, vápna a sopečného popela zvaného puzzoli (podle místa jeho nálezu u Neapole). Zřejmě nejznámější je akvadukt Pont du Gard, vybudovaný v letech 63 až 18 př. n. l. u města Nîmes v jižní Francii. Most má tři patra, je dlouhý 273 m a světlost kleneb až 24,4 m.

Po zániku Západořímské říše v roce 476 n. l. došlo na dlouhou dobu k přerušení vývoje mostního stavitelství, stejně jako mnoha dalších oborů a činností. Koncem 10. století se ale opět začal výrazněji rozvíjet obchod a obchodní cesty, na kterých bylo nutno zřizovat i mosty. V mnišském řádu benediktinů bylo ve Francii založeno bratrstvo mostních bratří – Frères du pont, jehož úkolem bylo navrhování a realizace mostů. Jejich prvním velkým dílem byl most St. Bénézet v Avignonu, postavený přes řeku Rhônu v letech 1178 až 1187. Most byl dlouhý celkem 900 m a dodnes je částečně zachován.

V Drážďanech byl postaven most s kamennými pilíři (kamenné klenby byly doplněny v roce 1260) a v letech 1133 až 1146 byl postaven kamenný most v Řezně. V letech 1176 až 1209 byl postaven kamenný most v Londýně přes Temži, dlouhý 244. Most byl známý také domky, které na něm byly postaveny v 16. století. Byl v provozu až do poloviny třicátých let 19. století, kdy byl nahrazen novým mostem.

Jako jeden z nejstarších velkých středověkých kamenných mostů v Evropě byl v letech 1169 až 1171 postaven v Praze most Juditin, a to na místě staršího – zřejmě dřevěného – přemostění. Juditin most, který překonával řeku Vltavu v blízkosti dnešního Karlova mostu, měl celkovou délku 514 m a šířku 7 m. Světlost kleneb byla až 20 m. V roce 1342 byl most stržen povodní, některé jeho části se ale zachovaly dodnes.

Nejstarším dochovaným mostem u nás je most přes Otavu v Písku, postavený v letech 1263 až 1265.

Jako náhrada Juditina mostu byl v Praze v letech 1357 až 1382 postaven nynější Karlův most, dlouhý 515 m a široký 9,4 m. Most má 18 kleneb o světlosti až 23,4 m. V průběhu následujících staletí byl most několikrát poškozen a pobořen povodněmi, ale vždy byl znovu opraven a je v provozu dodnes.

Ve 14. století byl postaven kamenný most v Roudnici, v současné době již neexistující.

K zajímavým mostům patří rovněž například mosty v Itálii (kupř. Ponte Vecchio přes řeku Arno ve Florencii z roku 1345), mosty na území Osmanské říše apod.

Přibližně od poloviny 19. století se pro nosné konstrukce včetně mostů začal používat cementový beton v principu dnešního typu. Podle [34] byla v roce 1869 postavena v Paříži klenba z prostého betonu o rozpětí 36 m (Coignet) a v roce 1875 postavil P. Monier první železobetonovou klenbu, s rozpětím 16 m. Největší rozpětí oblouku z prostého betonu má most La Caille, který byl dokončen v roce 1929 – jeho rozpětí je 139,8 m.

Větší rozpětí byla však v té době doménou především mostů ocelových – ponejvíce řetězových. Jako první autor řetězových mostů je uváděn James J. Finley, který v roce 1790 postavil řetězový most ve Philadelphii o rozpětí 20 m. V roce 1801 získal pro tento typ mostů

patent, na základě kterého byly potom postaveny další mosty v USA a ve Velké Británii. V letech 1820 až 1826 byl postaven řetězový most přes úžinu Menai v Anglii o rozpětí 177 m a v roce 1834 rovněž řetězový most ve Freiburgu u Ženevského jezera o rozpětí 273 m. V letech 1846 až 1848 byl rovněž přes úžinu Menai postaven dvoukolejný železniční ocelový trámový most o rozpětí hlavních polí 140 m. Každá kolej byla vedena uvnitř samonosného ocelového komorového nosníku. V roce 1883 byl dokončen řetězový Brooklynský most v New Yorku o rozpětí 486,3 m.

V roce 1824 byl uveden do provozu řetězový most o rozpětí 30 m ve Strážnici na Moravě – jednalo se zřejmě o první řetězový most na evropské pevnině. Následovaly další řetězové mosty – např. v Praze, v Podolsku (ten se jako jediný řetězový most u nás zachoval dodnes, přesunutý a znovu sestavený nad řekou Lužnicí u Stádlece), v Děčíně, v Lokti, v Poděbradech.

Řetězové mosty měly řadu výhod, postupně se u nich ale v řadě případů začaly projevovat následky jejich poměrně malé tuhosti. Z tohoto důvodu byly tyto mosty mnohdy přestavovány na jiné typy konstrukcí. Pro větší rozpětí se často používaly ocelové mosty příhradové, docházelo rovněž k rozvoji konstrukcí betonových, pro větší rozpětí v dané době především obloukových.

V současnosti se pro rozpětí do přibližně 15 m používají konstrukce železobetonové (nejčastěji deskové, rámové a klenbové), pro větší rozpětí pak betonové konstrukce předpjaté - první patent týkající se předpjatého betonu byl udělen v roce 1886 v USA (P. H. Jackson), další patenty byly udělovány v následujících letech. K zásadním lze počítat patenty E. Freyssineta (Francie) a F. Dischingera (Německo) z roku 1928. U nás byl první silniční most z předpjatého betonu realizován v roce 1947 (Koberovice) a první předpjatý železniční most (v Praze přes Křížkovu ulici) v roce 1954. Dnes se pro rozpětí do přibližně 30 m používají předpjaté konstrukce deskové, pro větší rozpětí se používají konstrukce trámové a rámové, včetně komorových; největší rozpětí 301 m má předpjatý komorový most Stolma v Norsku, dokončený v roce 1998.

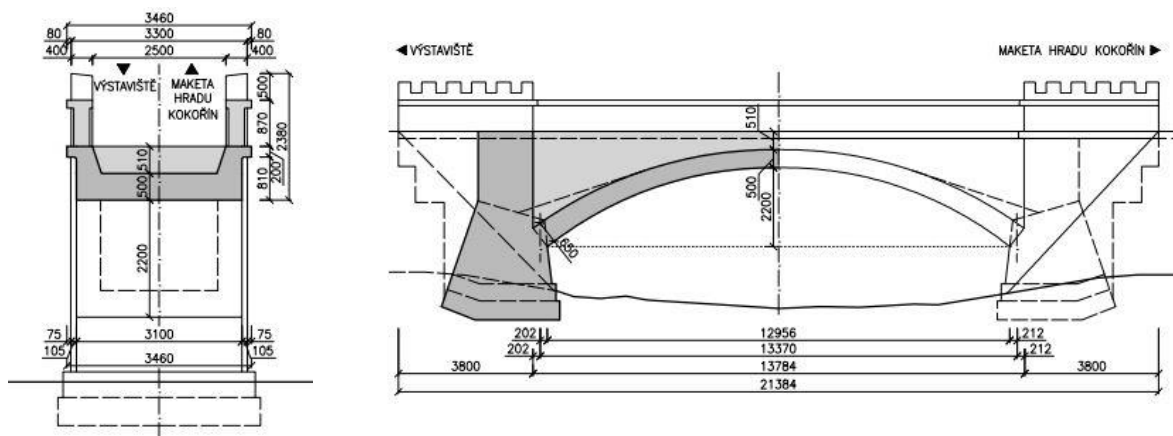
Rovněž se používají železobetonové mosty obloukové (největší rozpětí oblouku 445 m má Qinglong Railway Bridge, postavený v roce 2016 v Číně), mosty spřažené ocelobetonové a mosty ocelové. Pro největší rozpětí se dnes používají mosty zavěšené a visuté, které jsou moderními následovníky dřívějších mostů řetězových.

K významným osobnostem novodobého mostního stavitelství patří například Stanislav Bechyně, Franz Dischinger, Eugène Freyssinet, Mauritz Maillard aj.

## **5.2 Historický vývoj realizací betonových klenbových a obloukových mostů**

První konstrukce z cementového betonu u nás byly postaveny ve druhé polovině 19. století. Nicméně vzhledem k poměrně nízké ceně a snadné dostupnosti do té doby standardně používaných materiálů (např. zdivo) nebylo používání cementového betonu pro mostní ani jiné nosné konstrukce ekonomicky příliš výhodné a beton byl proto používán především pro vodní stavby, kanalizační systémy a zakládání staveb.

Poprvé byl u nás cementový beton použit na mostě pravděpodobně v Poděbradech v letech 1840 až 1842, kdy byly z betonu zhotoveny těsnící vrstvy v kotevních komorách řetězového mostu přes Labe. Tyto komory byly před provedením uvedených těsnících vrstev několikrát zaplaveny a poškozeny při povodních a těsnění z cementového betonu bylo shledáno skutečně účinným [43].



**Obr. 16** Betonový most na Národopisné výstavě v Praze v roce 1895

Prvním prokázaným betonovým mostem u nás je most v Tetčicích u Brna, vybudovaný v roce 1892 – v současné době most dosud existuje. (u některých betonových klenbových mostů se uvádí rok výstavby ještě o něco dřívější; na základě jejich podrobné prohlídky ale lze v řadě případů předpokládat, že tyto mosty byly původně realizovány jako zděné a až v pozdější době byly jejich kamenné klenby nahrazeny betonovými; nicméně v některých případech nelze realizaci s již původně betonovou klenbou vyloučit – průzkum archivů v současné době ještě pokračuje). Další betonový most byl realizován na Národopisné výstavě v Praze v roce 1895. Kromě dalších exponátů tato výstava zahrnovala poměrně značné množství vzorových typických staveb z různých oblastí a obcí, včetně tzv. Staré Prahy. Většina těchto dočasných staveb (jednalo se o vesnická stavení, statky, kostely atd.) byla vybudována ze dřeva a ve skutečné velikosti, měřítko staveb Staré Prahy bylo poněkud zmenšené. Mezi těmito modelovými stavbami byl také model hradu Kokořín a na přístupové rampě k tomuto hradu byl vybudován uvedený betonový most. Jednalo se o klenbovou konstrukci o světlé šířce mostního otvoru 12,956 m a o vzepětí klenby 2,450 m. Most byl navržen A. V. Velflíkem a realizován firmou Hrůza a Rosenberg. Vzhledem k tehdejší určité nedůvěře k betonu byl most upraven tak, aby vypadal jako zděný, a informace o jeho betonové konstrukci byla zveřejněna až dodatečně. Most se nacházel v místě současného zimního stadionu Tipsport arena u pražského Výstaviště a po skončení Národopisné výstavy byl odstraněn.



**Obr. 17** Vlevo: most přes Rokytku v Praze, 1896. Vpravo: most přes skalní průrvu na hradě Veverčí u Brna, 1898.



**Obr. 18** Vlevo: obloukový most v Přerově, 1903 ([41], [46]). Vpravo: obloukový most v Hranicích, 1905 ([40]).



**Obr. 19** Klenbový most u obcí Peřimov – Dolní Sytová, 1912 (vlevo: během výstavby [41], vpravo: v současnosti)

V roce 1896 byl vybudován betonový most přes Rokytku v Praze, který byl realizován během pouhých 35 dní podle návrhu Antonína Losse. Jedná se o klenbu z prostého betonu o světlé šířce mostního otvoru 13,300 m a o vzezření 2,750 m. Betonový most byl přistavěn ke starší zděné klenbové konstrukci z důvodu jejího rozšíření, v pozdější době byl most ještě rozšířen další konstrukcí, v tomto případě železobetonovou trámovou. Celkově mosty tvoří menší náměstí a existují dosud.

První most z vyztuženého betonu byl postaven přes skalní průrvu na hradě Veverí u Brna na místě starší zděné konstrukce. Most byl realizován v roce 1898 podle návrhu Josefa Melana s výztuží zhotovenou ze zabetonovaných ocelových nosníků o průřezu tvaru I. Pro betonové konstrukce s tímto typem výztuže Josef Melan vypracoval a nechal si patentovat ucelený konstrukční systém - tzv. Melanův systém. Světlá šířka mostního otvoru mostu na hradě Veverí je 17,550 m; most má trojkomorovou betonovou nosnou konstrukci uloženou na zděné podpěry.

V roce 1900 byl postaven most přes Tichou Orlici v Lanšperku u Ústí nad Orlicí. Most má dvě šikmá pole o rozpětí 2 x 16,260 m a po svém dokončení byl největším betonovým mostem v Čechách. Most byl vybudován firmou „Uhlíř – podnikatelství betonových staveb ve Velimi“. V roce 1996 byl opraven a zesílen železobetonovou nosnou deskovou konstrukcí nabetonovanou na stávající betonové klenby. Původní a nová konstrukce je oddělena vrstvou asfaltových izolačních pásů. Šířka mostu byla zvětšena bočními přibetonávkami. V roce 1901 byl vybudován most o dvou polích 2 x 20,0 m v Leštině u Zábřeha. V roce 2010,

po 109 letech provozu, byl přestavěn na nový obloukový železobetonový most s dolní mostovkou o rozpětí 40,0 m.

V roce 1902 byl vybudován klenbový most o jednom poli rozpětí přibližně 20,0 m v Olomouci přes bývalý Mlýnský potok; potok (resp. bývalý mlýnský náhon) byl zrušen v roce 1951, zrušen byl rovněž uvedený most. Další klenbový most o jednom poli byl postaven v roce 1902 v Srbské Kamenici u Děčína. Most o rozpětí pole 18,0 m byl vybudován na místě starší konstrukce, zničené povodní v roce 1897. Ve stejném roce byl také postaven klenbový most o jednom poli rozpětí 26,900 m u obce Písečné – Modletice u Jindřichova Hradce. Oba tyto mosty existují dosud. V tomtéž roce byla realizována rovněž klenbová lávka přes kolejiště nádraží v Sokolově. Lávka měla rozpětí 16,5 m, dnes již bohužel neexistuje.

V roce 1903 byl na místě starší dřevěné konstrukce postaven obloukový most o třech polích rozpětí 3 x 22,400 m v Přerově přes řeku Bečvu. Most měl poprsní zdi, místo nadnásypu byla však vozovka na mostě nesena mostovkou podporovanou vzpěrami uloženými na obloukových konstrukcích mostu. Most byl zničen v květnu 1945 a následně nahrazen dočasnou dřevěnou a poté ocelovou lávkou. Od roku 2012 je na tomto místě v provozu nový železobetonový monolitický trémový most s výrazným architektonickým ztvárněním. V nedalekých Hranicích byl v roce 1905 postaven obloukový most o dvou polích rozpětí 32,500 m. Výsledné řešení bylo vybráno v soutěži z několika různých konstrukčních a materiálových variant. Tento most byl rovněž zničen v květnu 1945; v roce 1960 byl na jeho místě vybudován nový železobetonový obloukový most o dvou polích s rozpětím 34,150 + 34,020 m. V Přerově a v Hranicích se jedná zřejmě o naše první obloukové mosty, tzn. konstrukce bez nadnásypu, ale s betonovou mostovkou podporovanou vzpěrami.

V roce 1906 byl postaven tzv. Vilémův most přes řeku Úpu u České Skalice s klenbovou konstrukcí o světlosti 21,0 m. Přibližně v roce 1910 byl postaven most v Hronově s klenbovou konstrukcí o světlosti 15,5 m. Oba mosty existují dosud. V roce 1908 byl u obce Mostek – Debrné postaven obloukový most s horní mostovkou o rozpětí hlavního pole 34,6 m; v roce 1991 byl most přestavěn na konstrukci z předpjatých prefabrikovaných nosníků.

V roce 1910 byl vybudován u nás první obloukový most s dolní mostovkou v areálu papíren v Hostinném u Hradce Králové. Hlavní nosná konstrukce (oblouková žebra i mostovka) využívá tzv. Melanův systém (tzn. má tuhou výztuž vyrobenou z ocelových nosníků o průřezu tvaru I) a je vetknuta do podpěr. Most byl v průběhu času zesílen vnějšími prvky z konstrukční oceli. Ve stejném roce byl vybudován obloukový most s horní mostovkou o rozpětí 28,1 m v Úpici; most existuje dodnes. V roce 1912 byl postaven klenbový most o jednom poli rozpětí 45,0 m přes řeku Jizeru u obcí Peřimov – Dolní Sytová nedaleko Liberce. Původně se jednalo o trojkloubovou konstrukci; při rekonstrukci byly klouby dodatečně zrušeny a klenba působí jako vetknutá.

Během následujících let byla realizována řada dalších mostů o rozpětí přibližně 30 m až 50 m i více – např. Hlávkův most v Praze (39,0 m; 1912), Hradec Králové – Plácky (34,0 m; 1913), Nymburk – Velké Valy (40,0 m; 1912), Mánesův most v Praze (41,800 m; 1914), Masarykův most v Plzni (55,600 m; 1918), Hradec u Stoda (63,860 m; 1928), Kolín (30,400 m; 1928), Masarykův most v Kralupech nad Vltavou (85,0 m; 1928), Mohelnice nad Jizerou (40,0 m; 1930) Ostrovský most v Karlových Varech (77,500 m; 1931) – oba posledně jmenované s tříkloubovými oblouky, Švehlův most v Táboře (81,600 m; 1935), Loket (62,0 m; 1936) aj.,

stejně jako železobetonové obloukové mosty s dolní a s mezilehlou mostovkou – např. most Besednice – Pořešín u Českého Krumlova s nosnou konstrukcí vetknutou do opěr (30,0 m; 1913), Sokolov (34,0 m; 1920), šikmé mosty Dřevohostice (19,70 m; 1922) a v Horky nad Jizerou (29,40 m; 1923), most Česká Třebová (41,0 m; 1924), Mladá Boleslav – Debř (46,50 m; 1924), Svijany – Podolí (48,10 m; 1924), Tuřice (51,50m; 1924), Karviná–Darkov (56,0 m;



1925), Hradec Králové–Malšovický most (43,20 m; 1925), Brno–Husovice s tříkloubovým obloukem, Uherský Ostroh (52,80 m; 1928), Lužany u Přeštic (42,80m; 1932) aj.

V roce 1928 byl uveden do provozu most v Bechyni v jižních Čechách. Most o rozpětí oblouku 90,0 m byl navržen jako sdružený pro současné využívání silniční i železniční dopravou. Most byl opraven v roce 2004 a je stále v provozu. Ve Štěchovicích nedaleko Prahy byl v roce 1939 dokončen obloukový most s mezilehlou mostovkou o rozpětí 113,800 m. Krátce před koncem realizace byl během povodně zaplaven až po úroveň zábradlí. Most odolal působení velké vody bez výraznějšího poškození a po další opravě v roce 1995 je v provozu dosud.

Mezi obcemi Podolsko a Temešvár u Písku v jižních Čechách byl v letech 1939 až 1942 postaven most o celkové délce 510,0 m a o rozpětí hlavního obloukového pole 150,0 m. Most byl vybudován pro zlepšení dopravních poměrů i v souvislosti s výstavbou vodní nádrže Orlík a s následným zvýšením hladiny v místě staršího řetězového mostu z roku 1848. Původní řetězový most byl rozebrán, přesunut a znovu sestaven u obce Stádlec nad řekou Lužnicí. Hlavní pole nového mostu tvoří vetknutý oblouk, zatímco ostatní oblouky tohoto mostu (v dalších polích i přímo nad hlavním obloukem) jsou konstrukce dvoukloubové. Návrh mostu na architektonické výstavě v Paříži obdržel ve 30. letech 20. století zlatou medaili a titul Krásný most Evropy (Le beau pont de l'Europe). Další cenu most obdržel v roce 1939 na výstavě v Lutychu (Liège).

Další podrobnosti k přibližně 200 mostním objektům je možno najít na <http://historickemosty.fsv.cvut.cz/>.

### **5.3 Principy a vývoj konstrukčního řešení betonových klenbových a obloukových mostů**

#### **5.3.1 Klenby a oblouky**

Tato metodika je zaměřena na klenuté a obloukové betonové mosty. Jejich společným znakem je zakřivená střednice nosné konstrukce, díky které se významná část zatížení přenáší konstrukcí prostřednictvím tlakové normálové síly. Proto je možno takové konstrukce realizovat i z tzv. křehkých materiálů, což jsou materiály, které se vyznačují poměrně vysokou pevností v tlaku, ale nízkou pevností v tahu – jako je např. zdivo nebo prostý beton. Ale i u konstrukcí železobetonových bývá působení tlakových sil výhodné (pokud nedosahuje nadměrných hodnot), protože působí obdobně jako předpětí. Klenbové a obloukové mosty se rozlišují na základě existence nebo neexistence přesypávky – klenbové konstrukce jsou opatřeny přesypávkou (na bocích volnou, nebo uzavřenou mezi poprsními zdmi), obloukové mosty přesypávku nemají. Klenbové i obloukové mosty mohou být řešeny jako konstrukce o jednom poli i o více polích.

Klenby bývají navrhovány s obdélníkovým příčným řezem, oblouky s horní mostovkou mohou být – v závislosti na rozpětí a šířce mostu – navrhovány rovněž s jedním obdélníkovým průřezem, nebo může být oblouk rozdělen do dvou nebo i více podélných obloukových žebor. Mosty s dolní a s mezilehlou mostovkou mívají obvykle dvě oblouková žebra. Pro mosty s horní, dolní i mezilehlou mostovkou bývají příčné řezy oblouků při menších rozpětích (orientačně do přibližně 70 až 80 m) plné (obvykle víceméně obdélníkové) a s konstantní průřezovou výškou, pro větší rozpětí lze ve všech uvedených případech použít průřezy komorové, průřezy tvaru „π“ apod. Zejména při větším rozpětí polí bývá také výška průřezu oblouků po délce proměnná (ve výjimečných případech bývá proměnná i šířka) – nejčastěji se výška průřezu zvětšuje směrem k patkám oblouku, byly ale realizovány i konstrukce, u kterých se výška průřezu zvětšuje směrem ke středu oblouku. Existuje rovněž mostní konstrukce s „prolamovanými“ obloukovými žebry (s otvory).



**Obr. 20** Vlevo: klenbová konstrukce s volným nadnásypem (přesypávkou) – bez poprsních zdí; Sokolov (Lobezský potok), 1973,  $L = 11,000$  m. Vpravo: klenbová konstrukce s poprsními zdmi; Hradec u Stoda, 1928,  $L = 33,000$  m.



**Obr. 21** Vlevo: oblouk s horní mostovkou – plný obdélníkový průřez oblouku; Dobřichovice – Lety, 1937,  $L = 41,750$  m. Vpravo: oblouk s horní mostovkou – rozdělení oblouku na více obloukových pasů (zde je samostatná mostní konstrukce pro každý jízdní pás dálnice, každá mostní konstrukce má oblouk dále rozdělen na dva pasy); směrové zakřivení převáděné komunikace pomocí proměnného vyložení konzol; Píšť, 1941,  $L = 92,500$  m



**Obr. 22** Vlevo: oblouk s horní mostovkou – oblouk rozdělen na dvě žebra; Bechyně, 1928,  $L = 90,000$  m.

Vpravo: oblouk s horní mostovkou – oblouk rozdělen na větší počet žeber; Jihlava – Starý brněnský most, 1927,  $L = 26,000$  m.



**Obr. 23** Vlevo: oblouk s horní mostovkou – oblouk průřezu tvaru  $\pi$ ; Oparno, 2010,  $L = 135,0$  m.  
Vpravo: oblouk s horní mostovkou – oblouk s komorovým průřezem (a rozděleným na dva pasy);  
Praha – Zbraslav, 1964,  $L = 86,000$  m.



**Obr. 24** Vlevo: oblouk s dolní mostovkou, uložený na ložiskách, oblouková žebra s plným obdélníkovým průřezem; Horní Vltavice, 1926,  $L = 27,300$  m.  
Vpravo: oblouk s mezilehlou mostovkou, oblouková žebra vetknutá, s komorovým průřezem; výška průřezu oblouku se zmenšuje směrem k patkám z důvodu zmenšení ohybových momentů ve vetknutí do základů; Štěchovice, 1939,  $L = 113,800$  m.



**Obr. 25** Oblouk s dolní mostovkou s „prolamovanými“ obloukovými žebry; Darkov, 1925,  $L = 55,000$  m

Betonové klenby i oblouky s horní mostovkou bývají nejčastěji navrhovány jako vetknuté, ale v minulosti se používaly i konstrukce trojkloubové – s klouby v patkách a uprostřed rozpětí, čímž se dosáhlo toho, že konstrukce jsou staticky určité. Rovněž je možno se setkat – ačkoliv u betonových konstrukcí méně často – s klenbami a oblouky dvoukloubovými, tzn. s klouby pouze v patkách. Klouby v obloucích a klenbách mohou být řešeny jako betonové (vrubové, pérové) nebo ocelové (případně ocelolitinové), uspořádané obdobně jako pevná ocelová ložiska.



**Obr. 26** Vlevo: klenbová trojkloubová konstrukce – celkový pohled na mostní pole nad řekou; Postoloprty, 1909,  $L = 28,000$  m.

Vpravo: klenbová trojkloubová konstrukce – detail kloubu uprostřed rozpětí; Postoloprty, 1909,  $L = 28,000$  m.



**Obr. 27** Vlevo: klenbová trojkloubová konstrukce – kloub v patě klenby a svislá dilatační spára nad kloubem mezi pilířem a poprsní zdí nad klenbou; Postoloprty, 1909,  $L = 28,000$  m.

Vpravo: klenbová trojkloubová konstrukce – detail ocelového kloubu v patě klenby; Postoloprty, 1909,  $L = 28,000$  m.



**Obr. 28** Vlevo: klenbová trojkloubová konstrukce – detail betonového kloubu uprostřed rozpětí; Hradec u Stoda, 1928,  $L = 33,000$  m (viz též **Obr. 20**).

Vpravo: trojkloubový oblouk s horní mostovkou, betonové (vrubové) klouby; Mohelnice nad Jizerou, 1930,  $L = 42,000$  m.

### 5.3.2 Obloukové konstrukce s horní mostovkou – mostovky a vzpěry

Mostovky obloukových mostů s horní mostovkou mohou mít v závislosti na rozpětí i na celkovém uspořádání a technologii výstavby mostu průřez deskový, trémový s otevřeným průřezem, případně (výjimečně) komorový. U starších konstrukcí, které jsou především předmětem této metodiky, se obvykle jedná o monolitické železobetonové trémové mostovky s více trámy v příčném řezu a s poměrně hustě rozmístěnými příčnicí (**Obr. 29**).

Mostovky mívají příčné dilatační spáry nad patkami oblouků a u koncových opěr, případně i mezilehlé – pak bývají obvykle poblíž středu oblouku, někdy jsou i další příčné spáry mezi středem oblouku a jeho patkami. Na **Obr. 31** je naopak případ, kdy mostovka je vetknutá jak do středu oblouku, tak do koncové podpěry a jediné příčné dilatační spáry jsou nad patkami oblouku.

Na svých koncích bývá mostovka podepřena posuvně; například pomocí ložisek – u starších konstrukcí se obvykle jedná o ložiska ocelová válcová, která bývají při rekonstrukcích někdy vyměněna za ložiska jiných typů (například elastomerová nebo hrncová, možné jsou i jiné typy ložisek). Místo posuvných ložisek byly v některých případech použity kyvné stojky, nejčastěji železobetonové – ty mívají na horním i na dolním konci betonové klouby (nebo může být pouze zmenšena jejich tuhost zmenšením rozměrů průřezu), případně se na koncích kyvných stojek používají ocelová ložiska. Existují i kyvné stojky ocelové, které mají horní a dolní konec zaoblený tak, aby umožňovaly volné pohyby (naklání) stojky. Na **Obr. 35** je uložení konce mostovky pomocí pružné železobetonové stojky. V případě menších dilatujících délek bývá někdy konec mostovky podepřen pouze jednoduchým způsobem, obvykle pak na vrstvě asfaltových izolačních pásů; jedná se o jednoduché řešení, používané především v minulosti, které ale nebývá příliš vhodné z hlediska trvanlivosti.

Vzpěry bývají nejčastěji stěnové. Mohou být na obou koncích vetknuté (do mostovky i do oblouku), nebo mohou být opatřeny klouby – buď rovněž na obou koncích, nebo pouze na horním. Klouby bývají betonové, případně se používá pouze zmenšení tuhosti dosažené zmenšením rozměrů průřezu vzpěry. Někdy bývají vzpěry členěné, složené ze železobetonových dříků menšího průřezu.



**Obr. 29** Rošťová železobetonová mostovka oblouku s horní mostovkou; mostovka je zde rámově spojena se vzpěrami, vzpěry jsou členěné; na obrázku je rovněž příčná dilatační spára s mostním závěrem v mostovce nad patkou oblouku; Bechyně, 1928,  $L = 90,000$  m



**Obr. 30** Desková mostovka; na koncové opěře je konec mostovky posuvně uložen pomocí železobetonové kyvné stojky s vrubovým kloubem na horním i na dolním konci; vzpěry stěnové, vetknuté na horním i dolním konci; Cheb – most u Spáleníště, 1946,  $L = 25,500$  m



**Obr. 31** Desková mostovka vetknutá do vrcholu oblouku a do koncových podpěr, příčné dilatační spáry jsou pouze nad patkami oblouků; vzpěry vetknuté na horním i na dolním konci; Nerestce, 1955,  $L = 52,000$  m



**Obr. 32** Členěné vzpěry, vetknuté na horním i na dolním konci; mostovka roštová; příčné dilatační spáry v mostovce u vrcholu oblouku a nad patkami oblouku; Bechyně, 1928,  $L = 90,000$  m



**Obr. 33** Mostovka desková, příčné dilatační spáry u vrcholu oblouku (na začátku zesílené části) a nad patkami oblouků; vzpěry stěnové, na dolním konci vetknuté, na horním konci s vrubovým kloubem; Nesměřice, 1932, L = 32,000 m



**Obr. 34** Oblouk s horní mostovkou – uložení konce mostovky na koncové opěře pomocí ocelových válcových ložisek; Píšť, 1941, L = 92,500 m





**Obr. 35** Posuvné uložení konce mostovky nad patkou oblouku – pružná příčná stěna podpěry je vetknutá do konce mostovky a oddílatovaná svislými spárami od rovnoběžných stěn podpěry; zde dvoukloubový oblouk – v patě oblouku je vodorovná spára betonového kloubu; mostovka je roštová; Podolsko, 1942,  $L_{max} = 150,000$  m



**Obr. 36** Roštová mostovka; vzpěry na obou koncích zúžené a opatřené betonovými (vrubovými) klouby; Tábor - Švehlův most, 1935,  $L = 81,600$  m

### 5.3.3 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – oblouky a mostovky – globální uspořádání, uložení, dilatační spáry

U mostů s dolní mostovkou je možno se setkat s různými způsoby celkového uspořádání a působení konstrukcí. Nejčastější bývá řešení, kdy konce oblouku jsou vzájemně propojeny mostovkou, která současně působí jako podélné táhlo, jež zachycuje podélné vodorovné síly v patkách oblouku (dolní konce oblouku by jinak měly snahu se „rozjet“ od sebe). Nosná konstrukce pak bývá uložena na ložiska a na spodní stavbu působí jako prostý nosník. U starších konstrukcí bývají obvykle použita ložiska ocelová (na jedné straně pevná, na druhé straně posuvná – válcová), která opět bývají někdy při rekonstrukcích vyměněna za ložiska jiných – novějších typů. Na straně posuvného uložení bývají někdy (v menším počtu případů) použity kyvné stojky s betonovými nebo ocelovými klouby, na straně pevného uložení se lze výjimečně setkat s betonovými klouby. Pokud jsou na nějakém mostě použity kyvné stojky, měly by být zachovány a neměly by být při opravách mostu nahrazovány novodobými ložisky. Ojediněle se lze setkat i s jinými způsoby uložení – například na plastové vrstvě.

U mostů o více polích je možno se občas setkat se zvláštním uspořádáním podepření – viz např. **Obr. 49 až 51**.

V některých případech jsou oblouková žebra mostů s dolní, případně mezilehlou mostovkou vetknuta do podpěr. Z hlediska uspořádání mostovky je pak možno se setkat s případy, kdy je i mostovka do podpěr vetknutá a po celé délce spojitá (tzn. kompletně bez příčných dilatačních spár) – z hlediska současné terminologie se jedná o integrované mosty. Toto řešení je vhodné z hlediska prohlídek a údržby mostu, i u obloukových mostů však bývá nejméně časté. V ostatních případech bývá mostovka rozdělena příčnými spárami – ty pak bývají buď na koncích mostu u patek (přímé nebo zalomené okolo patek) obloukových žebor, nebo bývají v blízkosti podpěr „v poli“ – obvykle na obou koncích mostu, ojediněle pouze na jednom konci mostu. V jednom případě byla zdokumentována příčná spára uprostřed rozpětí, kde jsou pak z tohoto důvodu zdvojené závěsy. V jednom případě byla rovněž příčná spára z obou stran dolní části obloukových žebor – jak u koncové podpěry, tak i na straně „v poli“. Rovněž existuje konstrukce s vetknutým obloukem a s dolní mostovkou, která je do jedné podpěry vetknuta a na druhé podpěře uložena posuvně.



**Obr. 37** Oblouk s dolní mostovkou, uložený na ložiskách – mostovka působí jako podélné táhlo; Chotyně, 1936,  $L = 28,100\text{ m}$



**Obr. 38** Oblouk s dolní mostovkou, uložení na ložiska – pevná ocelová ložiska (na druhé opěře je posuvné uložení pomocí válcových ložisek – viz **Obr. 39**); Horní Vltavice, 1926, L = 27,300 m



**Obr. 39** Oblouk s dolní mostovkou, uložení na ložiska – posuvná ocelová ložiska válcová (na druhé opěře je pevné uložení – viz **Obr. 38**); Horní Vltavice, 1926, L = 27,300 m



**Obr. 40** Oblouk s dolní mostovkou, posuvné uložení pomocí železobetonových kyvných stojek s ocelovými klouby na horním a dolním konci; kyvné stojky představují méně časté řešení a měly by být zachovány (neměly by být při opravách nahrazovány novodobými ložisky); Bačkovice, 1929,  $L = 21,800$  m



**Obr. 41** Oblouk s dolní mostovkou, posuvné uložení pomocí ocelových kyvných stojek (ocelové kyvné stojky byly zjištěny pouze u tohoto mostu); Dřevohostice, 1931,  $L = 19,700$  m



**Obr. 42** Oblouk s dolní mostovkou – nosná konstrukce (oblouk i mostovka) vetknutá do obou podpěr, mostovka bez příčných dilatačních spár. Vlevo: celkový pohled. Vpravo: detail rámového rohu. Besednice – Pořešín, 1913, L = 33,000 m.



**Obr. 43** Trojkloubový most s mezilehlou mostovkou. Vlevo: celkový pohled. Vpravo: pohled na povrch mostu. Brno, Husovice – Obřany, Jubilejní most, 1928, L = 33,000 m (viz též **Obr. 44**).



**Obr. 44** Trojkloubový most s mezilehlou mostovkou – Brno, Husovice – Obřany, Jubilejní most, detail kloubu uprostřed rozpětí; 1928, L = 33,000 m (viz též **Obr. 43**).

V jednom případě byla nalezena oblouková konstrukce s dolní mostovkou dvoukloubová – s klouby v obloukových žebrech v místě uložení na podpěry. Krátká koncová část mostovky je zde monoliticky propojena s podpěrou, hlavní část mostovky je od ní oddělena příčnou dilatační spárou.



**Obr. 45** Dvoukloubový oblouk s dolní mostovkou, mostovka je od opěry oddělena příčnou dilatační spárou. Vlevo: celkový pohled. Vpravo: detail kloubu v patě oblouku. Brantice, 1920,  $L = 32,000$  m.



**Obr. 46** Vetknutý oblouk s dolní mostovkou, mezilehlá příčná dilatační spára mostovky – u tohoto mostu je pouze u jedné opěry, u druhé podpěry příčná spára není; Uherský Ostroh, 1927,  $L = 52,800$  m



**Obr. 47** Vetknutý oblouk s dolní mostovkou, příčná dilatační spára mostovky uprostřed rozpětí, v místě dilatační spáry jsou zdvojené závěsy; Hradec – Nová Ves,  $L = 30,000$  m



**Obr. 48** Oblouk s mezilehlou mostovkou, oblouková žebra vetknutá; dilatační spára zalomená okolo patek obloukových žeb; Štěchovice, 1939,  $L = 113,800$  m



**Obr. 49** Příklad zvláštního způsobu uložení u konstrukcí o více polích – „mimoběžné“ uspořádání ložisek nosné konstrukce v hlavním poli a ve vedlejším poli, ložiska z obou polí pak mohou být umístěna na jedné úložné přímce; Doksany – Brozany nad Ohří, 1953,  $L = 47,650$  m



**Obr. 50** Příklad zvláštního způsobu uložení u konstrukcí o více polích – trémová krajní pole jsou uložena na ozubu krátké konzoly vyložené z obloukové nosné konstrukce hlavního pole, pohled shora; Staňkov, 1920,  $L = 33,660$  m (viz též **Obr. 51**)





**Obr. 51** Příklad zvláštního způsobu uložení u konstrukcí o více polích – trémová krajní pole jsou uložena na ozubu krátké konzoly vyložené z obloukové nosné konstrukce hlavního pole, pohled zdola; Staňkov, 1920,  $L = 33,660$  m (viz též **Obr. 50**)

#### 5.3.4 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – závěsy

Závěsy jsou u starších konstrukcí vytvořena jako monolitické železobetonové prvky, u novějších konstrukcí mohou být z konstrukční oceli nebo z předpínací výztuže v ochranném obalu. Vhodným novodobým řešením jsou rovněž táhla z předpjatého betonu.

Železobeton není obecně pro prvky namáhané především tahovou silou příliš vhodným materiálem, protože v železobetonových táhlech a závěsech mohou vznikat nadměrné trhliny. Řada obloukových mostů s dolní a mezilehlou mostovkou – celkově velice zdařilých – však byla realizována před rozšířením používání předpjatého betonu. Pokud je nutno závěsy zesílit, vhodným řešením bývá doplnění dodatečného předpětí – viz kapitola 7.5.

#### 5.3.5 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – příčné ztužení

Oblouková žebra bývají opatřena příčným ztužením proti vybočení ve směru kolmo na rovinu oblouků. Ztužení bývá tvořeno obvykle příčnými i podélnými prvky (podélné prvky zajišťují příčné prvky ztužení proti jejich vybočení), méně často prvky pouze příčnými, nebo je naopak ztužení někdy doplněno i prvky šikmými. Jednotlivé prvky ztužení mívají plný obdélníkový průřez, výjimečně průřez tvaru obráceného U. Uspořádání ztužení závisí do určité míry na šířce a na rozpětí mostu (u menších mostů bývá někdy ztužení jednodušší), na době výstavby (postupem času lze u některých mostů vysledovat snahy o zjednodušení uspořádání ztužidel) a na šikmosti nosné konstrukce.



**Obr. 52** Příčné ztužení mezi obloukovými žebry. Vlevo: šikmost mostu 100 g ( $90^\circ$ ); Besednice – Pořešín, 1913,  $L = 33,000$  m. Vpravo: šikmost mostu 100 g; Bílý Kostel, 1925,  $L = 26,750$  m.



**Obr. 53** Příčné ztužení mezi obloukovými žebry – šikmost mostu 100 g; Chotyně, 1936,  $L = 28,100$  m



**Obr. 54** Příčné ztužení mezi obloukovými žebry – šikmost mostu 100 g; Štěchovice, 1939,  
 $L = 113,800 \text{ m}$



**Obr. 55** Příčné ztužení mezi obloukovými žebry – šikmost mostu 80,00 g; Dřevohostice, 1931,  
 $L = 19,700 \text{ m}$



**Obr. 56** Příčné ztužení mezi obloukovými žebry. Vlevo: šikmost mostu 76,67 g; Mirovice, 1933,  $L = 27,500$  m. Vpravo: šikmost mostu 68,89 g; Doudleby nad Orlicí, 1932,  $L = 36,000$  m.

### 5.3.6 Obloukové konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou – mostovky – konstrukční podrobnosti

Mostovky starších obloukových mostů bývají monolitické železobetonové roštové. Mívají příčníky v místě závěsů, v některých případech i v polovině vzdálenosti mezi závěsy.



**Obr. 57** Oblouk s dolní mostovkou, uložený na ložiskách. Vlevo: pohled na povrch mostu a příčné ztužení nad vozovkou, vozovka a chodníky mezi obloukovými žebry. Vpravo: podhled mostovky (podélná táhla/trámy, mezilehlé podélníky, příčníky v místě závěsů, mostovková deska – pod chodníky zvýšená); Tuřice, 1924,  $L = 51,510$  m

V podélném směru je tenká (obvykle cca 0,15 m tlustá) železobetonová deska obvykle podporována podélníky. V případě konstrukcí uložených na ložiska, u kterých mostovka působí jako podélné táhlo, bývají v osách obloukových žebry poměrně mohutné podélné trámy, plnící současně i funkci táhla. Pokud jsou oblouková žebra vetknuta do podpěr, tato podélná táhla nejsou nutná a na mostech takto zesílené podélné trámy v osách oblouků nebývají. V některých případech jsou na mostech naopak pouze mohutnější krajní trámy a nejsou použity mezilehlé podélníky. Pokud jsou na mostě chodníky, bývají umístěny vně oblouků; pod chodníky, které jsou výškově umístěny poněkud nad úroveň vozovky, bývá i železobetonová mostovková deska umístěna ve vyšší poloze.



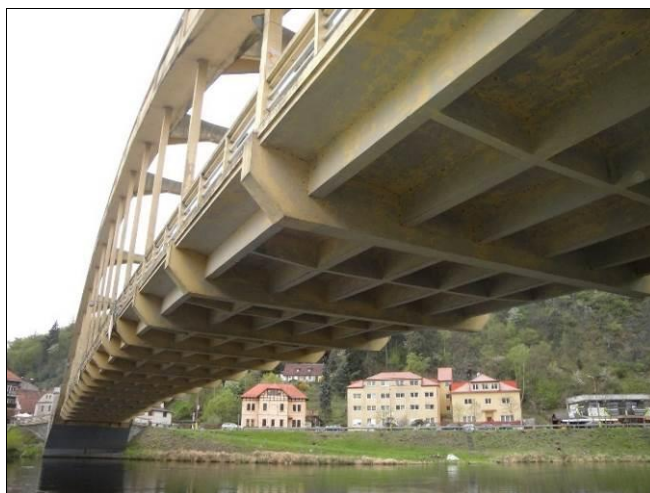
**Obr. 58** Oblouk s dolní mostovkou uložený na ložiskách, pohled mostovky – krajní podélná táhla/trámy, mezilehlé podélníky, příčnický v místě závěsů, mostovková deska vyvýšená v okrajových částech pod chodníky; Horní Vltavice, 1926, L = 27,300 m



**Obr. 59** Dvoukloubový oblouk s dolní mostovkou, bez chodníků. Vlevo: pohled na povrch mostu. Vpravo: pohled mostu – mostovka bez podélných táhel (vodorovná síla z oblouku se přenáší přímo do podpěr); Brantice, 1920, L = 32,000 m



**Obr. 60** Oblouk s dolní mostovkou, uložení na ložiska, bez chodníků. Vlevo: pohled na povrch mostu. Vpravo: pohled mostovky (podélná krajní táhla/trámy, mezilehlé podélníky, příčnický v místě závěsů, mostovková deska v jedné úrovni – most bez chodníků). Zálužice, 1934, L = 42,500 m.



**Obr. 61** Vetknutý oblouk s mezilehlou mostovkou, oddělenou od opěr dilatačními spárami – podhled mostovky (příčnky v místě závěsů a menší příčnky i v polovině vzdálenosti mezi závěsy, mezilehlé podélníky, bez podélných táhel – vodorovná síla z oblouků se přenáší přímo do podpěr); Štěchovice, 1939, L = 113,800 m



**Obr. 62** Oblouk s dolní mostovkou, s chodníky, uložení na ložiska – celkový pohled; Mirovice, 1933, L = 27,500 m, šikmost 76,67 g



**Obr. 63** Oblouk s dolní mostovkou, s chodníky, uložení na ložiska. Vlevo: pohled na povrch mostu. Vpravo: podhled mostovky – krajní táhla/trámy, příčnky v místě závěsů a v polovině vzdáleností mezi nimi, pouze jeden mezilehlý podélník, mostovková deska výškově odstupňovaná (zvýšená) v místě chodníků; Mirovice, 1933, L = 27,500 m, šikmost 76,67 g.



**Obr. 64** Oblouk s dolní mostovkou uložený na ložiska a kyvné stojky, most s chodníky vně obloukových žebër. Vlevo: pohled na povrch mostu. Vpravo: podhled mostovky (podélná táhla/trámy, příčnky v místě závěsů a v polovině vzdálenosti mezi závěsy, vodorovné náběhy příčnky, mostková deska, konstrukce bez mezilehlých podélníků – ve své době ojedinělé řešení); Dřevohostice, 1931,  $L = 19,700$  m, šířka 80,00 g.



**Obr. 65** Oblouk s dolní mostovkou, uložený na ložiskách, vozovka a chodníky mezi obloukovými žebry. Vlevo: pohled na povrch mostu a příčné ztužení nad vozovkou. Vpravo: podhled mostovky (podélná táhla/trámy, příčnky v místě závěsů a v polovině mezi závěsy, konstrukce bez podélníků, mostková deska – pod vozovkou i pod chodníky v jedné výškové úrovni); Brozany nad Ohří, 1953,  $L = 46,650$  m.



**Obr. 66** Oblouk s dolní mostovkou, uložení na ložiska, chodníky vně oblouků. Vlevo: pohled na povrch mostu. Vpravo: podhled mostovky (podélná táhla v ose oblouků, mezilehlé podélníky, příčnky v místě závěsů, mostková deska vyvýšená v místě chodníků); Staňkov, 1920,  $L = 33,600$  m.

### 5.3.7 Šikmé mosty

Klenuté a obloukové mosty bývají nejčastěji kolmé, existují však i konstrukce šikmé. Šikmé klenby a šikmé oblouky s dolní mostovkou se vyskytují zřídka, šikmé oblouky s horní mostovkou výjimečně. Příklady konstrukčních řešení jsou na následujících obrázcích.



**Obr. 67** Šikmá klenbová konstrukce; Plasy – Nebřeziny, 1932,  $L = 14,600$  m, šikmost 68,89 g



**Obr. 68** Šikmý (trojkloubový) oblouk s horní mostovkou; Mohelnice nad Jizerou, 1930,  $L = 42,000$  m, šikmost 75,33 g





**Obr. 69** Oblouk s dolní mostovkou uložený na ložiska – pohled mostovky v oblasti šikmého uložení na podpěru; Mirovice, 1933,  $L = 27,500$  m, šikmost 76,67 g



**Obr. 70** Oblouk s dolní mostovkou uložený na ložiska – pohled mostovky v oblasti šikmého uložení na podpěru; Dřevohostice, 1931,  $L = 19,700$  m, šikmost 80,00 g



**Obr. 71** Oblouk s dolní mostovkou uložený na ložiska – podhled mostovky v oblasti šikmého uložení na podpěru; Doudleby nad Orlicí, 1932,  $L = 36,000$  m, šikmost 68,89 g

### 5.3.8 Směrově zakřivené mosty (komunikace na mostě)

Směrově zakřivenou komunikaci je nejnárodnější převést přes klenbovou konstrukci s volnými svahy přesypávky (tzn. bez podélných poprsních zdí) – klenbová konstrukce se provede dostatečně široká, aby přes ni bylo možno převést směrově zakřivený nadnásyp.



**Obr. 72** Vlevo: směrově zakřivená komunikace na klenbové konstrukci – zakřiveno je zemní těleso (přesypávka), samotná klenbová konstrukce je kolmá; Nýřany, 1996,  $L = 7,650$  m.

Vpravo: směrově zakřivená komunikace na oblouku s horní mostovkou – po původní železobetonové obloukové konstrukci je vedena místní komunikace, na vyvýšené spřažené ocelobetonové konstrukci je vedena dálnice. Železobetonová i ocelobetonová nosná konstrukce jsou vedeny polygonálně, plynulého zakřivení komunikací je dosaženo proměnným vyložení konzol a zakřivením obrubníků; Pišť, 1941,  $L = 92,500$  m.

Směrově zakřivené klenby s poprsními zdmi a směrově zakřivené oblouky s dolní a s mezilehlou mostovkou se prakticky nevyskytují. Pokud by bylo nutno převést přes takový

most směrově zakřivenou komunikaci, menšího zakřivení komunikace by bylo možno dosáhnout zakřivením obrubníků a samotné komunikace na směrově přímé nosné konstrukci; v případě konstrukce o více polích by bylo možno jednotlivá pole nosné konstrukce uspořádat v půdorysu polygonálně.



**Obr. 73** Směrově zakřivená komunikace na oblouku s horní mostovkou – pohled na povrch mostu; Kružberk, 1960,  $L = 40,250$  m (podrobnosti viz **Obr. 74**)



**Obr. 74** Směrově zakřivená komunikace na oblouku s horní mostovkou. Vlevo: proměnná poloha vepřer na oblouku podél vnějšího okraje zakřivené komunikace. Vpravo: zakřivení oblouku podél vnitřního okraje zakřivené komunikace; Kružberk, 1960,  $L = 40,250$  m (celkový pohled na most – viz **Obr. 73**).

Zřídka, ale občas je možno se setkat se směrově zakřivenou komunikací na oblouku s horní mostovkou. Při malém zakřivení je možno:

- i v tomto případě zakřivit pouze komunikaci na směrově přímé konstrukci, tzn. využít proměnnou šířku pouze říms,

- provést proměnné vyložení bočních konzol u jinak přímé nosné konstrukce,
- ponechat přímý oblouk a příčně posouvat polohu vzpěr tak, aby bylo možno směrově zakřivit mostovku s převáděnou komunikací,
- výjimečně za určitých okolností zakřivit i samotný oblouk.

### 5.3.9 Atypická konstrukční řešení

V menším počtu případů je možno se setkat s atypickým řešením konstrukcí a jejich částí.



**Obr. 75** Vlevo: náhrada části vzpěr nad obloukem menšími oblouky; Podolsko, 1942,  $L_{max} = 150,000$  m. Vpravo: „dvoupatrová“ konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou současně. Na horní mostovce je pozemní komunikace, na dolní mostovce je potrubí s přívodním kanálem do vodní elektrárny; MVE Popelnice – Tanvald, 1913,  $L =$  cca 30 m.

Na **Obr. 75 vlevo** je nahrazení části vzpěr oblouky umístěnými nad hlavním obloukem. Na **Obr. 75 vpravo** je „dvoupatrová“ konstrukce s dolní a s mezilehlou mostovkou současně. Po mezilehlé mostovce je vedena pozemní komunikace, na dolní mostovce je umístěno potrubí s přívodním kanálem pro vodní elektrárnu.



**Obr. 76** Vlevo: oblouk s horní mostovkou a se vzpěrami mezi koncem mostovky a patkou oblouku; Klimkovice, 2009,  $L = 53,700$  m.

Vpravo: samokotvená konstrukce složená z oblouku a z visutého předpjatého pásu, vodorovné síly v uložení oblouku i visutého pásu jsou vzájemně do značné míry eliminovány vzpěrami mezi jejich konci; Olomouc, 2007,  $L = 64,000$  m.

Na **Obr. 76 vlevo** je konstrukce, u které jsou patky oblouku propojeny vzpěrami s konci mostovky, čímž je možno dosáhnout omezení vodorovných sil v základech oblouku. Na

**Obr. 76 vpravo** je tzv. samokotvená konstrukce, u které jsou rovněž propojeny patky oblouku s konci mostovky, která je zde ovšem řešena jako visutý předpjatý pás – u této konstrukce se pak do značné míry vzájemně kompenzuje tlaková vodorovná síla v oblouku s tahovou vodorovnou silou na konci visutého předpjatého pásu.

### 5.3.10 Estetická úprava mostů

V některých případech mají mosty mimořádné estetické ztvárnění – příklady jsou na následujících obrázcích; další příklady esteticky ztvárněných mostů jsou také např. na **Obr. 25 až 27**.



**Obr. 77 Vlevo:** esteticky ztvárněné ukončení mostu, vetknutý oblouk (mostovka rozdělená příčnou dilatační spárou u opěry); Uherský Ostroh, 1927,  $L = 52,80$  m.

**Vpravo:** esteticky ztvárněné ukončení mostu, oblouk i mostovka vetknuty do podpěr; Besednice – Pořešín, 1913,  $L = 33,00$  m.

V běžných případech lze považovat za správné, aby mosty byly estetické „samy o sobě“ – díky estetickým proporcím a řešení detailů funkčních konstrukcí. Zejména výraznější zvláštní estetické prvky zvyšují nároky i náklady na realizaci i údržbu konstrukcí a měly by se využívat po důkladné úvaze spíše ve výjimečných případech. Příklady vhodné estetické úpravy mostů však existují.



**Obr. 78 Vlevo:** klenbový most s estetickými prvky; Jihlava – most U Jánů, 1909,  $L = 16$  m. **Vpravo:** esteticky ztvárněné podélné okraje oblouku a závěsů (vlysy) a esteticky ztvárněná hlavice v místě napojení závěsu na oblouk; Dřevohostice, 1931,  $L = 19,700$  m



**Obr. 79** Vlevo: most se sochařskou výzdobou; Křižovice – Zábrdovice, 1918, L = 19,020 m. Vpravo: esteticky ztvárněná mostní konstrukce; Hradec Králové – Věkoše-Plácky (most „kamenný“, secesní), 1913, L = 34,000 m.



**Obr. 80** Esteticky ztvárněné mostní konstrukce. Vlevo: Plzeň - Masarykův most, 1915, L = 55,000 m. Vpravo: Kralupy nad Vltavou – Masarykův most, 1928, L = 85,000 m.

## 6 Stavebně historický průzkum a hodnocení

### 6.1 Úvod

V této kapitole jsou uvedeny zásady stavebně historického průzkumu obecně, s úpravami pro průzkum betonových mostů (resp. do značné míry i ostatních mostů a inženýrských konstrukcí).

**Stavebně historický průzkum (SHP) je vědecká disciplína**, jejímž úkolem je shromáždit veškeré písemné a obrazové materiály existující ke stavbě a kritickou analýzou s detailním poznáním vlastní stavby rekonstruovat její stavební vývoj a stanovit její architektonické, stavební a kulturně-památkové hodnoty a význam. V základní rovině jde v systému památkové péče v ČR o průzkum nedestruktivní bez provádění sond. Teprve v dalším stupni ve spojení s restaurátorským nebo archeologickým průzkumem či stavebně-technickými průzkumy může jít o vyhodnocení pomocí cílených sond, odběru vzorků materiálů nebo provádění destruktivních mechanických zkoušek. Provádění nedestruktivních stavebně historických průzkumů se řídí metodikou Národního památkového ústavu, svazek 70 „Metodika stavebně historického průzkumu“.

Součástí stavebně historického průzkumu je dokumentace stávajícího stavu:

- fotografická,
- měřičská kresebná,
- geodetická plánová.

**Fotografická dokumentace** zahrnuje několik desítek až stovek kvalitních barevných snímků, které komplexně zachycují celky i detaily zkoumaného objektu. Postupuje se od celkových záběrů po vybrané dílčí části konstrukce a detaily se stopami stavebního vývoje, řemeslného zpracování, nebo např. barevných úprav (např. u budov se postupuje z exteriéru do interiéru stavby). Kde je to účelné, tak se používá do záběru vložené měřítko v podobě měřičského metru nebo latě či barevná fotografická škála pro určení barevného odstínu. Všechny snímky jsou posléze podrobně popsány s přesnou lokalizací a charakteristikou, co zachycují.

**Měřičská kresebná dokumentace** se používá pro zachycení menších konstrukcí a jejich detailů – u budov například ostění oken a portálů, profilací říms apod. U mostů se může jednat rovněž o detaily říms, zábradlí, uložení nosných konstrukcí, ztužení apod. Dokumentace se provádí oměrně pomocí stavebních metrů, pomocí specializovaných pomůcek pro zachycení oblých tvarů (snímací šablony), nebo pomocí nových zobrazovacích technik - fotogrammetrie či 3D scanování.

**Geodetická plánová dokumentace** je buď dodána od profesionálních geodetů a nadále upravována a přizpůsobována, nebo ji zpracovatel vytváří sám, pokud k tomu má prostředky a schopnosti (viz též kapitola 4.4.4). SHP pracuje s geodetickými měřičskými podklady odpovídající přesnosti minimálně pro měřítko 1:50.

Sám o sobě se tak elaborát SHP ve chvíli zpracování stává důležitým archivním pramenem. Podle platné metodiky NPU se skládá z několika částí, které společně tvoří celkový výsledek (elaborát).

#### **Součástí elaborátu standardního nedestruktivního SHP je:**

1. Titulní identifikační list a úvod.
2. Dějiny objektu – archivní rešerše.
3. Soupis archivních a publikovaných pramenů, ikonografie, map a plánů.
4. Rozbor objektu (strukturovaný popis).
5. Specializované průzkumy (dendrochronologický, chemicko-technologický atd.).
6. Stavební historie.
7. Hodnocení objektu (stavebně historické, architektonické a památkové).
8. Náměty pro rekonstrukci objektu a další průzkumy.
9. Obrazová a plánová příloha:
  - reprodukce historických map,
  - reprodukce historických plánů,
  - reprodukce historické ikonografie,
  - nákresy detailů,
  - fotografická dokumentace stávajícího stavu,
  - zaměření stávajícího stavu,
  - barevné grafické vykreslení stavebního vývoje objektu do zaměření stávajícího stavu,
  - barevné grafické vykreslení hodnoty a významu objektu do zaměření stávajícího stavu.

Zastřešujícím zpracovatelem SHP, který garantuje jeho celkovou podobu, bývá zpravidla stavební historik; u betonových mostů a dalších inženýrských konstrukcí lze předpokládat významnou úlohu rovněž stavebních odborníků na tyto druhy konstrukcí. Na vypracování stavebně historického průzkumu se podílí také řada specializovaných profesí a řešitelů odborných analýz:

- stavební historik – celkový garant průzkumu, zpracovatel stavebního rozboru a celkové stavební historie, vytváří obrazové přílohy,
- historik archivář – zpracovává archivní rešerši,
- historik architektury – často totožný se stavebním historikem, hodnotí architektonický a umělecký význam objektu,
- projektant/kreslič – v případě potřeby upravuje plánové podklady a vytváří plánovou přílohu,
- dendrochronolog – zpracovatel datování dřevěných prvků,
- geolog – zpracovatel analýz použitého kamene,
- chemický technolog – zpracovatel analýz malt, pigmentů apod.,
- a další (urbanista, historik umění, obecný historik, archeolog, restaurátor ...).

Zpracování SHP vyžaduje čas v řádu měsíců až roků a odpovídající finanční náklady v řádu desítek až stovek tisíc korun.

Výsledky SHP jsou všestranně použitelné a v mnoha směrech nezastupitelné. Přináší informace o vzniku stavby, o době její realizace, o důvodech, proč byla realizována a kým. Mnohdy se dozvíme i detailní informace o použitých stavebních technologiích, postupech a materiálech. Stejně je to i s následnými přestavbami, úpravami nebo obnovami, které vždy zanechají svou stopu a dají se lépe nebo hůře rozpoznat. Tyto informace jsou podstatné jak pro vlastníky nebo správce staveb, tak zejména pro všechny instituce, orgány a profese, které se zapojují do přípravy a posléze realizace případného stavebního zásahu. A nejde jen o pohled čistě historický nebo památkový, ale mnohdy také o pohled konstrukční a technologický, který je rozhodující pro technické, stavební a konstrukční posuzování. Znalost okolností vzniku a úprav stavby může významným způsobem pomoci při objasňování jejich poruch a poškození.

Mezi metody stavebně historického průzkumu lze řadit **plošnou pasportizaci, archivní rešerše, stavebně historický průzkum in situ, souhrnné stavebně historické vyhodnocení a rekonstrukce stavebního vývoje a rovněž architektonické, konstrukční a památkové hodnocení.**

Betonové klenbové a obloukové mosty (resp. mosty a inženýrské konstrukce obecně) jsou pro zpracování SHP v mnoha ohledech specifické a odlišné od jiných druhů staveb. Více než u jiných druhů staveb u nich vystupují do popředí aspekty konstrukčního působení, materiálového řešení a technologie výstavby a teprve poté přistupují i aspekty architektonické a slohové. To klade poněkud odlišné nároky a výchozí kritéria na jejich stavebně historické hodnocení a klasifikaci.

## 6.2 Plošná pasportizace

Plošná pasportizace a srovnání posuzovaného druhu staveb všech rozdílných typů a uspořádání na větším území je velmi důležitá pro jejich komplexní poznání v celé šíři možné variability v průběhu času a v různém prostředí.

Pro mostní konstrukce bude obvykle vhodné sledovat zejména:



- celkovou velikost a rozpětí polí,
- konstrukční uspořádání (působení),
- materiál,
- technologii výstavby,
- řešení důležitých a zajímavých detailů.
- období realizace, případně slohové zařazení a architektonické provedení.

Tyto charakteristiky se pak souhrnně statisticky srovnávají v rámci velkého vzorku a vyhodnocují se prvky opakující se, tedy mající obecnější širší použití, nebo prvky výjimečné, ukazující na specifčnost případu.

Výstupy z plošné pasportizace mohou mít různou podobu, například se může jednat o databázový seznam, mapu s legendou, katalog zpracovaný formou evidenčních listů apod.

### 6.3 Archivní rešerše

Zpracovávání archivních rešerší má své zákonitosti, dané zejména organizací archivů a systémem ukládání archiválií podle jejich povahy a místa vzniku. Podle toho je nutné vyhledávat archiválie jak pro jednotlivé stavby, tak i pro průzkum většího souboru staveb. Pro mostní stavby k tomu přistupují ještě další specifika, např. jejich umístění na hranicích panství (u starších konstrukcí), v rámci sítě pozemních komunikací apod.

V první řadě je vhodné prozkoumat archivní fondy především lokální provenience, v nichž se přítomnost materiálu k mostním stavbám očekává. Zejména jsou to fondy okresních zastupitelstev, k jejichž hlavní činnosti patřila správa silnic a dopravních staveb, okresních úřadů (resp. hejtmanství) do roku 1945 a fondy místních municipalit, ať již předválečných a válečných obecních úřadů či místních národních výborů, a to s velkým důrazem na přítomnost kronik.

Ve druhé řadě pak přicházejí na řadu prameny na úrovni státních oblastních (zemských) archivů, které ukládají dokumenty nadregionální provenience, zejména fondy velkostatků a rodinné šlechtické fondy. Nad těmito rovinami pak stojí studium v Národním archivu v Praze se zcela nezastupitelným materiálem ve fondu České gubernium, v němž lze očekávat stěžejní dokumenty z období budování státní (erární) silniční sítě (týká se především starších – zděných konstrukcí). Fond je velice rozsáhlý, způsob vyhledávání materiálů je nutno přizpůsobit skutečnosti, že povolený denní rozsah předložených evidenčních jednotek je pět tzv. kartonů.

Významnou rovinou archivního výzkumu jsou kartografické prameny. Podle zkušeností lze říci, že výsledky z analýzy obou vojenských mapování a všech tří základních mapových podkladů stabilního katastru, tedy indikační skici, císařského otisku a reambulovaného originálu mohou přinést zásadní údaje např. k dataci některých historických mostních staveb.

V případě mostních staveb je řada důležitých informací v systému BMS (viz též kapitola 4.2) a v archivu příslušné Krajské správy a údržby silnic.

Dílním způsobem lze využít i jiné zdroje, například archivy soukromých osob.

### 6.4 Stavebně historický průzkum in situ

Stěžejní část SHP představuje průzkum, poznání a analýza vlastní stavby. Provádí se optickým pozorováním celků i detailů vlastní stavby, srovnáváním jejích jednotlivých částí, porovnáváním vzájemných tvarů a hledáním odlišností, které by upozorňovaly na odlišné stáří či nějaké přestavby a úpravy. Obecně lze říci, že se sleduje použitý stavební materiál a

jeho pojivo nebo stratigrafie a superpozice navazujících konstrukcí vypovídající o jejich následnosti vzniku. Analyzují se použité stavební a řemeslné postupy pro pochopení celého procesu vzniku díla od ideové projekční přípravy a výběru staveniště, získávání, dopravy a přípravy stavebních hmot a materiálů po postup a realizaci stavby a podobu výsledného díla. Vhodným a téměř nepostradatelným prostředkem k dostatečnému stavebně historickému poznání stavby je provádění její celkové i detailní dokumentace pomocí fotografií a pomocí zaměření a kresebného plánového vykreslení.

#### **Postup stavebně historického průzkumu pro mosty:**

- vizuální prohlídka celkové podoby stavby, zhodnocení konstrukčního a architektonického uspořádání, základní rozlišení chronologie stavebního vývoje (realizace, případně výraznější úpravy a rekonstrukce apod.),
- provedení fotografické dokumentace,
- srovnání existující konstrukce s dostupnými podklady nebo vytvoření vlastní výkresové dokumentace, úprava existující dokumentace, oměření a zakreslení chybějících detailů,
- kritický rozbor a podrobný písemný popis stavby, celků a detailů,
- ve vhodných případech je možno využít i postupy a výsledky specializovaných průzkumů – např. dendrochronologický průzkum zachovaného dřeva umožňující stanovit s přesností na jeden rok dobu jeho pokácení, chemicko-technologický rozbor malt a dalších materiálů, petrografický průzkum použitých hornin, georadarový průzkum skrytých anomálií uvnitř konstrukcí apod.
- zásadními parametry pro historicko – konstrukční posuzování mostů bývá jejich konstrukční uspořádání, materiálové řešení, technologie výstavby a řešení detailů.

### **6.5 Souhrnné stavebně historické vyhodnocení a rekonstrukce stavebního vývoje**

Obecně se při celkové analýze a vyhodnocení kriticky srovnávají údaje získané z archivního průzkumu s tím, jak se projevují na vlastní stavbě, respektive zda je lze dohromady ztotožnit a zapadají do sebe. To je základní předpoklad pro vytvoření co nejpravděpodobnějšího rekonstrukčního modelu stavebního vývoje. Opakovaně je nutné se na stavbu vracet a hledat odpovědi na vyvstalé otázky, znovu a znovu si klást další a potvrzovat si je nebo vyvracet. Hledat nejpravděpodobnější z možných. Některé údaje stavebního vývoje jsou tak potvrzeny s přesvědčivou jistotou doloženou několika důkazy, část jich většinou zůstává na úrovni hypotéz nebo možných variant s větší či menší dávkou jistoty. Tu je žádoucí vždy podrobně popsat a charakterizovat pro možnosti dalšího využití těchto závěrů pro další činnosti.

### **6.6 Architektonické, konstrukční a památkové hodnocení**

Vedle rekonstrukce stavebního vývoje jsou tato hodnocení dalším významným výsledkem SHP důležitým pro další rozhodování a posuzování. Vycházejí ze stavebního vývoje, který se hodnotí jak v rámci stavby samotné, tak podle daných témat v rámci širšího srovnávacího vzorku podobných staveb a dobové stavební produkce. Hodnocení tak mohou být různého druhu i podle charakteru a podoby zkoumaného objektu.

#### **Obvykle se posuzuje:**

- architektonická a umělecko-historická hodnota,

- stavební a konstrukčně-technologická hodnota,
- kulturně-historická hodnota,
- památková hodnota.

**Architektonická a umělecko-historická hodnota** se poměřuje podle slohového architektonického ztvárnění a podle umělecké a uměleckořemeslné výbavy. Hodnotí se kvalita, originalita, mimořádnost nebo naopak paušálnost a neumělost návrhu a zároveň jeho provedení.

**Stavební a konstrukčně-technologická hodnota** vychází z posouzení použitých stavebních postupů a řemeslného zpracování. Hodnotí se použité materiály a jejich zpracování v dobovém kontextu. Výjimečnost či naopak běžnost použitých řešení a podobu výsledných konstrukcí a stavebních částí. Zkoumá se jejich přínos pro poznání obecné historie stavitelství.

**Kulturně-historická hodnota** vyjadřuje podíl stavby na celkovém souboru působení historických staveb jako naší kulturní minulosti. Snaží se odpovědět na otázku, jestli stavba svou existencí se hrála a nadále hraje nějakou roli v naší kulturní paměti a je zdrojem hodnot pro naši současnost.

**Památková hodnota** již vypovídá o specifickém zájmu společnosti na ochraně historických movitých a nemovitých památek, které jsou pro společnost důležité, protože dokládají její minulost. Na základě památkových kritérií hodnotí stavbu z různých hledisek historických, stavebních, kulturních, společenských a politických. Svým způsobem by v ideálním případě mělo jít o souhrn předchozích hodnocení.

Pokud je to nezbytné, je možno i u historických staveb provést zajištění jejich nosných konstrukcí novodobými metodami – ty byly použity například i u Karlova mostu v Praze, zejména pro zajištění základů. Při tom by měla být v maximální možné míře zachována autenticita stavby, včetně zachování původních materiálů v největším možném rozsahu. Původní a nově realizované prvky a materiály by také měly být jednoznačně odlišitelné (barvou, strukturou, ...).

## 7. Konstrukčně-statický průzkum a hodnocení

### 7.1 Prohlídky mostních objektů pozemních komunikací

Všechny mosty na veřejně přístupných komunikacích musí být pod stálým dohledem příslušného správního orgánu a musí u nich být ve stanovených intervalech prováděny prohlídky podle normy ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací. V této normě se rozeznává:

- prohlídka, tzn. vizuální šetření v místě stavby, případně doplněné základními nedestruktivními zkušebními metodami malého rozsahu, umožňující stanovit současný stav mostu,
- diagnostický průzkum, který je založen na získávání informací nedestruktivními i destruktivními zkouškami existujícího mostu a prováděný obvykle v návaznosti na závěry provedené prohlídky.

U prohlídek se rozeznávají jejich následující druhy:

- běžné prohlídky,
- hlavní prohlídky,
- první hlavní prohlídky,

- mimořádné prohlídky,
- kontrolní prohlídky,
- technické prohlídky,
- prohlídky podjezdu.

**Běžnými prohlídkami** se provádí základní kontrola všech částí mostu z hlediska jejich všeobecného stavu, použitelnosti a zajištění provozu. Zakryté části a části nepřístupné bez použití speciálních zařízení (např. části ve větší výšce nad terénem) se kontrolují pouze nepřímo a z běžně přístupných míst.

Běžné prohlídky se obvykle provádějí nejméně jedenkrát ročně u mostů s klasifikačním stupněm stavebního stavu I až IV a nejméně dvakrát ročně u mostů s klasifikačním stupněm V až VII. Závěry běžných prohlídek slouží jako podklad pro plánování údržby mostů.

**Hlavní prohlídky** jsou podrobnější; při hlavní prohlídce musí být zajištěno takové zpřístupnění konstrukce, aby bylo možno zkontrolovat všechny prvky z bezprostřední vzdálenosti ("na dosah ruky" – např. pomocí lešení, horolezeckých technik, tzv. mostních prohlížeček apod.), ale bez nutnosti demolice částí mostu (např. neodstraňuje se mostní svršek, aby bylo možno zkontrolovat povrch nosné konstrukce – takové prvky se hodnotí nepřímo, například kontrolou dolního povrchu mostovkové desky apod.).

Hlavní prohlídky se v závislosti na materiálu a stavu mostu obvykle provádějí nejméně jednou za dva roky až šest let. Jejich závěry slouží jako podklad pro plánování údržby a oprav mostů.

**První hlavní prohlídka** se provádí před uvedením do provozu u nově realizovaných nebo rekonstruovaných mostních objektů.

**Mimořádné prohlídky** se provádějí po výskytu mimořádných situací (povodně, dopravní nehody spojené s poškozením mostní konstrukce, svahové sesuvy nebo projevy důlních škod na poddolovaném území v okolí mostu apod.), v případě pochybností o stavu mostu - např. z důvodu nebezpečného oslabení konstrukce degradací materiálů, po zjištění nebezpečných jevů za jízdy vozidel po mostě (například nadzvedávání ložisek nebo významné kmitání konstrukce), v souvislosti s mimořádnými přepravami nadměrných nákladů po mostě nebo před uplynutím záruční doby na příslušnou dodávku stavebních prací (realizace nebo oprava mostu apod.).

**Kontrolními prohlídkami** se kontroluje provádění a kvalita běžných a hlavních prohlídek, včetně dodržování jejich závěrů a provádění předepsaných opatření. Kontrolní prohlídky se vykonávají podle potřeby.

**Technická prohlídka** se provádí za účelem zjištění skutečného technického stavu mostu, např. jako podklad pro přejímku mostu po jeho realizaci nebo opravě. Provádí se na základě požadavku vlastníka/správce mostu, správce stavby nebo zhotovitele.

**Prohlídky podjezdu** slouží pro zajištění bezpečnosti provozu na přemostované komunikaci. Prohlídka podjezdu nenahrazuje prohlídku mostu, kterou zajišťuje jeho vlastník/správce.

Součástí prohlídek je rovněž pořízení fotografií, dokumentujících současný stav mostního objektu. Výsledky prohlídky se uvedou v závěrečném protokolu. Jeho součástí je i hodnocení mostu, které se na základě výsledků prohlídek provede ve dvou samostatných kategoriích:

- spolehlivost mostu – hodnotí se stavební stav mostu a jeho částí,
- bezpečnost provozu – hodnotí se použitelnost mostu a jeho částí.

Z hlediska hodnocení **spolehlivosti mostu** se rozlišují následující klasifikační stupně stavebního stavu:

I – Bezvadný ... bez zjevných závad, poruch a/nebo nedodělků,

II – Velmi dobrý ... na mostě se vyskytují vzhledové závady a poruchy, které nepředstavují zvýšené riziko z hlediska dlouhodobé trvanlivosti mostu (nad 10 let),

III – Dobrý ... závady a poruchy většího rozsahu, které neovlivňují spolehlivost konstrukce, ale představují zvýšené riziko z hlediska jejího zajištění během následujících 10 let,

IV – Uspokojivý ... závady a poruchy, které nemají významný vliv na spolehlivost konstrukce, ale představují zvýšené riziko z hlediska jejího zajištění během následujících 5 let,

V – Špatný ... závady a poruchy, které mají významný vliv na spolehlivost konstrukce, ale jsou odstranitelné bez významnějších zásahů do nosné konstrukce mostu,

VI – Velmi špatný ... závady a poruchy, které mají zásadní vliv na spolehlivost konstrukce a jsou odstranitelné pouze významnými zásahy do nosné konstrukce mostu,

VII – Havarijní ... závady a poruchy ovlivňující spolehlivost konstrukce takovou měrou, že vyžadují okamžitá opatření pro odvrácení havárie (např. uzavření nebo podepření mostu).

Z hlediska hodnocení **bezpečnosti mostu** se rozlišují stupně použitelnosti 1 – Použitelný až 5 – Nepoužitelný.

Součástí výsledků prohlídky je také návrh **potřebných opatření**. Na základě zařazení mostního objektu do některého z klasifikačních stupňů stavebního stavu I až VII se v souladu s ČSN 73 6221 přijímají opatření vybraná z následujících možností:

- nestavební údržba – nestavební práce, čištění a kontrola,
- stavební údržba – stavební práce malého rozsahu (např. vyplňování dutin ve zdivu podpěr a kleneb, spárování zdiva, obnova omítek a nátěrů, dotahování šroubů apod.),
- oprava, tzn. zlepšení stavu mostního objektu obnovou nebo nahrazením poškozených prvků – např. podchycení základů, injektáž trhlin, výměna nebo doplnění předpínacích kabelů, oprava nebo obnova mostního svršku, mostních závěrů apod.,
- rekonstrukce – přestavba mostního objektu.

U opatření se rovněž uvádí, do kdy je nutno je realizovat (vč. příp. realizace bezodkladné).

Prohlídky mostů mohou provádět pouze osoby s odpovídajícím oprávněním (pro hlavní a mimořádné prohlídky), resp. osvědčením (pro běžné prohlídky). Přehled vydaných oprávnění a osvědčení (osob a firem) je na stránkách [www.divypbrno.cz](http://www.divypbrno.cz). Cena prohlídky mostního objektu bývá v tisících až desítkách tisíc Kč.

## 7.2 Diagnostický (stavební) průzkum

Diagnostický (stavební) průzkum se provádí nejčastěji z následujících důvodů:

- ověření aktuálního technického stavu mostního objektu v případě nepříznivých výsledků mostních prohlídek,
- jako podklad pro stanovení zatížitelnosti mostního objektu, návrh jeho opravy apod.

Stavebním průzkumem se obvykle ověřují:

- mechanické vlastnosti materiálů - pevnost betonu v tlaku, pevnost betonu v tahu, pevnost betonářské a předpínací výztuže apod.,

- tzv. trvanlivostní parametry materiálů, tzn. vlastnosti, které mají vliv na trvanlivost mostního objektu – u betonu např. pH, pórovitost, nasákavost, mrazuvzdornost, kontaminace chloridovými ionty, karbonátace apod.,
- degradace a poruchy – u betonu např. nadměrné trhliny, zhoršení vlastností betonu výše uvedenými vlivy, porušení vodotěsné izolace a zatékání do konstrukce, výluhy pojiva (výkvěty, krápníky), koroze betonu, alkalicko – křemičitá reakce, dále odprýsknutí krycí vrstvy (odhalení) výztuže, koroze výztuže, ověření zainjektování kabelových kanálků, nadměrné deformace konstrukce atd.

Pro provedení diagnostického průzkumu lze použít:

- vizuální kontrolu, případně s použitím jednoduchých pomůcek - např. zjištění trhlin a ověření jejich šířky,
- nedestruktivní metody, tzn. metody, při jejichž použití nedochází k poškození zkoumané konstrukce, případně dochází k poškození pouze drobnému – jedná se např. o zjišťování pevnosti betonu tzv. tvrdoměrnými metodami, zjišťování kontaminace chloridovými ionty pomocí vývrtů malých průměrů s cílem odebrat vyvrtaný betonový prášek apod.,
- destruktivní metody, tzn. metody, při jejichž použití dochází k významnějšímu zásahu do konstrukce – např. odběr vývrtů (o průměru obvykle cca 80 – 100 mm) betonu a následné ověření pevnosti betonu v tlaku ve zkušebním lisu (z vývrtů lze zjistit i další vlastnosti betonu – např. pevnost v tahu, objemovou hmotnost, hloubku karbonátace atd.), odběr vzorků výztuže pro provedení tzv. trhacích zkoušek apod. Veškerý odběr zkušebních těles z konstrukcí je nutno provádět tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost konstrukce.

Kromě v zásadě jednorázového diagnostického průzkumu (který nicméně může být postupně doplňován a upřesňován) je možno provádět také průběžný (trvalý, dlouhodobý) monitoring mostní konstrukce. Jeho cílem může být zpřesnění údajů potřebných pro stanovení zatížitelnosti a pro návrh opravy konstrukce. Významný ale monitoring rovněž bývá v případě, kdy se využívá pro snížení rizika kolapsu konstrukce a jeho následků – jedná se například o významné a/nebo výrazněji degradované konstrukce.

V rámci monitoringu bývá sledováno napětí (resp. tzv. poměrné přetvoření) v materiálech nosné konstrukce, deformace (průhyby, naklonění, pootočení, poklesy základů apod.), kmitání, může být sledován zemní tlak za podpěrami, stav a případný vznik korozivního prostředí okolo výztuže apod.

Dle TP72 Diagnostický průzkum mostů PK je zhotovitelem provádějícím diagnostický průzkum odborná firma, jejímž předmětem podnikání je je dle zákona č. 130/2008 Sb., kterým se mění znění zákona č. 455/91 Sb., o živnostenském podnikání, „Defektoskopie a diagnostika stavebních konstrukcí a materiálů“ a „Zkoušení ve stavebnictví“ a které byl podle zákona č. 570/91 Sb., o živnostenských úřadech, a podle zákona č. 500/04 Sb., správní řád, vydán živnostenský list. Cena diagnostického průzkumu mostního objektu bývá obvykle v desítkách až stovkách tisíc Kč.

### 7.3 Stanovení zatížitelnosti mostních konstrukcí

Jednou ze základních otázek, kterou je nutno u mostních objektů řešit, je stanovení jejich **zatížitelnosti**. U mostů pozemních komunikací se jedná o největší hmotnost vozidla, stanovenou pro předem dané podmínky, jehož jízdu lze na mostě připustit. Podle ČSN 73 6222 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací je definována:

- normální zatížitelnost, tj. hmotnost vozidla, kterých může být na mostě neomezený počet a mohou po mostě přejíždět libovolným způsobem (jízdni trasa, rychlost),
- výhradní zatížitelnost, tj. hmotnost vozidla, které smí být na mostě pouze jako jediné dopravní zatížení (kromě zatížení chodníků) – v prostoru vozovky nesmí žádné jiné zatížení být. Vozidlo však může po mostě přejíždět libovolným způsobem,
- výjimečná zatížitelnost, tj. hmotnost vozidla, které smí být na mostě pouze jediné (žádné další zatížení včetně zatížení chodníků nesmí na mostě současně s tímto vozidlem být), musí jet předepsanou nejpříznivější stopou (obvykle osou mostu) s přípustnou odchylkou max.  $\pm 0,5$  m a musí jet rychlostí maximálně 5 km/h, aby bylo možno počítat se sníženými dynamickými účinky,
- definuje se také zatížitelnost na jednu nápravu, tzn. maximální přípustná hmotnost přenášena jednou nápravou vozidla.

Pokud je normální zatížitelnost nižší než 26 t a/nebo výhradní zatížitelnost nižší než 48 t, je nutno zatížitelnost vyznačit značkami umístěnými u mostu – normální zatížitelnost se uvádí na kruhové dopravní značce s bílým středem a s červeným okrajem, výhradní zatížitelnost se uvádí na obdélníkové dodatkové tabulce s nápisem „Jediné vozidlo XX t“. Zatížitelnost na jednu nápravu je nutno u mostu vyznačit dodatkovou tabulkou, pokud je nižší než 11,5 t.

Podle množství a podrobnosti podkladů, které jsou k dispozici, je možno zatížitelnost stanovit jedním z následujících způsobů:

- odhadem pomocí odhadových tabulek – tento způsob nevyžaduje prakticky žádné zvláštní podklady, je možno ho použít pro rychlé orientační stanovení zatížitelnosti. Výsledky však nelze považovat za příliš přesné,
- tzv. kombinovaný výpočet: používá se v případě, že o konstrukci nejsou k dispozici podrobnější informace, jako použité materiály, množství a rozmístění výztuže apod. Pro kombinovaný výpočet je potřebné znát tvar a uspořádání konstrukce (podle původní dokumentace a/nebo na základě geodetického zaměření) a dobu (letopočet) výstavby. Postup spočívá v tom, že v prvním kroku se provede „návrh“ konstrukce (výztuže apod.) daného uspořádání podle norem platných v době jejího vzniku (pokud období výstavby není známo, bylo by případně možno ho odhadnout podle uspořádání konstrukce – případně by bylo možno výpočet provést i variantně pro několik různých období realizace). Ve druhém kroku se předpokládá, že takto byla konstrukce skutečně realizována a pro toto uspořádání konstrukce se výpočtem stanoví její zatížitelnost. Přitom je nutno uvažovat aktuální uspořádání mostního svršku apod.,
- podrobný výpočet na základě podrobných informací o konstrukci. Jako zdroj informací může být použita původní projektová dokumentace (nejlépe dokumentace skutečného provedení), geodetické zaměření, diagnostický průzkum (pokud nejsou žádné podrobnosti o konstrukci známy, je nutno všechny stanovit průzkumem; pokud je k dispozici například projektová dokumentace, je vhodné informace z ní ověřit alespoň orientačním průzkumem omezeného rozsahu). Na základě těchto informací o konstrukci se provede výpočet zatížitelnosti obdobně jako v předcházejícím případě,
- statická zatěžovací zkouška: na základě statické zatěžovací zkoušky je možno předpokládat, že konstrukci lze vystavit takovému jednorázovému zatížení, jaké bylo použito při zkoušce. Nelze však získat podrobnější údaje o působení konstrukce při větším zatížení (tzn. o „rezervě“ únosnosti) nebo o únavové odolnosti konstrukce,
- dynamická zatěžovací zkouška: z porovnání naměřených a teoreticky spočítaných parametrů kmitání (frekvence, tvary apod.) je možno usuzovat, zda se v konstrukci vyskytují závažnější poruchy.

Při výpočtu zatížitelnosti se pak zjišťuje, jakou hmotnost vozidel na mostě je možno maximálně dovolit, aby nebylo překročeno přípustné napětí v materiálech, přípustné šířky trhlin, přípustné hodnoty vnitřních sil apod. Zejména přípustná šířka trhlin není pro všechny konstrukce stanovena stejně – závisí na tzv. kategorii konstrukce (například pro předpjaté konstrukce platí přísnější pravidla než pro železobetonové konstrukce) a na předpokládané zbytkové životnosti mostu (v případě již kratší předpokládané zbytkové životnosti je možno uvažovat mírnější podmínky).

Při stanovení zatížitelnosti je nutno uvažovat aktuální stav konstrukce – ve výpočtu se zohledňují výraznější poškození konstrukce – např. degradace (zhoršení vlastností) materiálů, oslabení průřezů, aktuální uspořádání (tíha) mostního svršku apod. Pokud byla zatížitelnost stanovena původně (v minulosti) pro nepoškozenou konstrukci (odhadovými tabulkami, výpočtem apod.), je možno odhadnout snížení zatížitelnosti v závislosti na aktuálním klasifikačním stupni stavebního stavu pomocí součinitele stavebního stavu  $\alpha$  z ČSN 73 6221. Hodnota tohoto součinitele se pohybuje od 1,0 pro stupeň I až III po 0,2 pro stupeň VII.

Rovněž lze konstatovat, že ne všechny mosty musejí nutně mít (a mají) plnou zatížitelnost odpovídající nově navrhovaným konstrukcím podle aktuálních norem. Pro řadu konstrukcí, zejména na méně zatížených komunikacích, je vyhovující i nižší zatížitelnost – zjištěná přepočtem, případně i dosažená zesílením menšího rozsahu.

## 7.4 Poruchy a závady

Obloukové konstrukce bývají železobetonové, u novějších konstrukcí může být použito i předpětí (např. pro mostovky, táhla nebo závěsy; případně může být dodatečně doplněné předpětí použito pro novodobé zesílení existujících konstrukcí). Klenuté konstrukce bývají železobetonové, zejména starší mohou být i z prostého (nevyztuženého) betonu. Ve zdravém betonu je alkalické prostředí, ve kterém je ocelová výztuž velice dobře chráněna proti korozi. Tato ochranná funkce betonu se nazývá pasivační funkcí. Pokud dojde k poklesu pH betonu (prostředí se stává kyselejší), pasivační funkce betonu se ztrácí a od jisté hranice může začít korodovat ocelová výztuž i v betonu, který na pohled dosud vypadá zdravě, výztuž proti korozi již ale nechrání. K poklesu pH v betonu může docházet například vlivem tzv. karbonatce betonu ( $\text{CO}_2$  z okolního prostředí reaguje s hydratačními produkty cementu) nebo vlivem kontaminace betonu chloridy (u nás jsou nejběžnější chloridy pocházející z chemických rozmrazovacích prostředků – solí, používaných pro zimní údržbu komunikací; chloridy jsou obsaženy také například v mořské vodě).

Beton může být vystaven tzv. korozi betonu (zejména u základových konstrukcí pod hladinou podzemní agresivní vody). Rozeznává se koroze tří typů. V případě koroze betonu prvního typu se jedná o rozpouštění pojiva v betonu vlivem velice čisté, tzv. „hladové“ vody. V případě koroze druhého typu se jedná o projevy rozpínání uvnitř betonu, které je důsledkem zvětšování objemu některých jeho složek – typické je působení síranů, které reagují s hydratačními produkty cementu v betonu. Následkem těchto procesů dochází ke vzniku vnitřních pnutí, která mohou postupně vést k narušení struktury betonu. Koroze třetího typu spočívá v rozpouštění pojiva uvnitř betonu vlivem agresivních látek – typické je působení uhličitánů.

Zejména u některých starších konstrukcí je možno se setkat s tzv. alkalicko – křemičitou reakcí. K té může docházet v případě, že kamenivo v betonu obsahuje tzv. amorfní siliku (forma křemene bez pevné krystalické mřížky), která může chemicky reagovat s alkáliemi obsaženými v cementu (pro vznik těchto reakcí je nutná rovněž přítomnost vlhkosti). Následkem je vznik tmavšího gelu okolo zasažených zrn kameniva, vývin vnitřních pnutí a postupný rozpad betonu. Obdobně probíhá také alkalicko – uhličitánová reakce, která může nastat například u betonů s vápencovým kamenivem. U novějších konstrukcí by k alkalicko –



křemičité nebo alkalicko – uhličitanové reakci nemělo docházet, protože kamenivo do betonu musí být z tohoto hlediska zkoušeno.

Nepříznivé pro beton může být i působení mrazu, resp. tzv. zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů (tzn. opakovaného zmrazování betonu, resp. především vody uvnitř betonu). Při zmrznutí vody dochází ke zvětšení jejího objemu asi o 9 %. Pokud je tato voda obsažena uvnitř betonu v pórech nevhodné velikosti, působí při zvětšování svého objemu na okolní beton tlakem, který může postupně vést až ke zhoršení mechanických vlastností betonu a k jeho rozpadu. V současné době je již v případě potřeby používán beton, který je proti mrazu značně odolný – jeho odolnost proti mrazu je možno zvýšit dvěma způsoby. Jednou možností, používanou obvykle u betonů velmi vysokých pevností, je použít materiál s velice hutnou strukturou a minimální nasákavostí. Druhou možností, používanou u běžných betonů, je tzv. provzdušnění betonu – vhodnou přísadou se dosáhne toho, že se v betonu vytvoří dostatečné množství bublinek vhodné velikosti (o průměru asi 0,1 mm až 0,3 mm v množství přibližně 4 % až 6 % objemu betonu), do kterých se může mrznoucí voda vtačovat a tím se eliminuje vývin vnitřních tlaků, kterými by vznikající led působil na okolní beton. Současně se musí pro výrobu betonu použít mrazuvzdorné kamenivo a beton musí obsahovat dostatečné množství cementu a mít potřebnou pevnost.

V betonových a železobetonových (včetně předpjatých) konstrukcích často dochází ke vzniku a většímu či menšímu rozvoji trhlin. Trhliny přiměřené šířky – obvykle do cca 0,2 až 0,3 mm – jsou ovšem přirozenou součástí působení železobetonových konstrukcí, neohrožují obvykle trvanlivost konstrukce a nebývají proto poruchou. Za poruchu ohrožující trvanlivost konstrukce lze obvykle označit až trhliny větší šířky. Z hlediska vzniku lze trhliny rozdělit na tzv. konstrukční, technologické a na trhliny vznikající následkem degračních procesů v konstrukci.

Konstrukční trhliny vznikají působením mechanických zatížení (vlastní tíha mostu, účinky dopravy atd.). Mohou vznikat následkem prakticky jakéhokoliv způsobu namáhání – vznikají působením ohybového momentu, normálové síly (obvykle tahové, za určitých okolností i tlakové), posouvající síly, kroutícího momentu atd. Technologické trhliny vznikají následkem jevů probíhajících v souvislosti s realizací betonových konstrukcí – jedná se například o trhliny od smršťování betonu, trhliny vznikající následkem působení hydratačního tepla (tj. tepla, které vzniká v průběhu chemických reakcí, díky kterým beton tuhne a tvrdne) apod. Mezi trhliny vznikající vlivem degračních procesů patří trhliny od účinků koroze betonu, alkalicko – křemičité reakce, koroze ocelové výztuže apod.

Z hlediska vlivu poruch a závad na konstrukce lze rozlišovat:

- poruchy a závady, které ovlivňují aktuální spolehlivost mostní konstrukce (tzn. mohou přímo vést k jejímu mechanickému porušení),
- poruchy a závady, které nemají vliv na aktuální spolehlivost konstrukce, ale ohrožují její trvanlivost. Postupně mohou vést následkem pokračující degradace až k porušení konstrukce v budoucnosti (bližší či vzdálenější).

K poruchám snižujícím bezprostředně spolehlivost nosné konstrukce patří především výraznější degradace (zhoršení mechanických vlastností) betonu (např. účinky mrazu, účinky koroze betonu, alkalicko – křemičité reakce atd.), zmenšení průřezu betonu odprýsknutím větší části z povrchu konstrukce, oslabení betonářské a/nebo předpínací výztuže korozí, výraznější poklesy a vodorovné posuny podpěr (u konstrukcí klenbových a konstrukcí obloukových s horní, případně i s mezilehlou mostovkou mohou být obzvláště nebezpečné především posuny podpěr ve vodorovném směru) apod.

K poruchám ohrožujícím trvanlivost konstrukce patří například široké trhliny, nekvalitní nebo odprýskávající betonová krycí vrstva výztuže, kontaminace betonu chloridy, karbonátace betonu, koroze výztuže (kterou umožňují výše uvedené jevy) apod.

Známkami poruch v konstrukci mohou být rovněž nadměrné deformace, nestandardní kmitání konstrukce apod. Typickou poruchou, která vede k dalším poruchám konstrukcí, bývá poškozená vodotěsná izolace a s tím související zatékání do konstrukce.

Přehled oprav typických poruch u klenbových a obloukových mostů je v kapitole 7.5.

## 7.5 Možnosti oprav a rekonstrukcí



**Obr. 81** Vlevo: oprava klenuté betonové konstrukce, původně trojkloubové – zesílení nabetonávkou klenby, zrušení kloubů a úprava na větknutou konstrukci; Peřimov, 1912,  $L = 45,000$  m. Vpravo: oprava oblouku s horní mostovkou (původně konstrukce působila jako přesýpaná – klenutá) – na původních (zesílených) obloucích byla realizována nová mostovka se vzpěrami; Dobřichovice – Lety, realizace 1937, oprava 1999,  $L = 41,750$  m.



**Obr. 82** Oprava oblouku s dolní mostovkou. Vlevo: zesílení svislých závěsů pomocí dodatečné svislé předpínací výztuže přímo u závěsů – pohled na kotvení nad závěsy; Zálužice, 1934,  $L = 42,500$  m. Vpravo: doplnění dalších svislých závěsů z předpínací výztuže mezi původní železobetonové závěsy; Výrovice, 1924,  $L = 23,000$  m.

Podle cílů prováděných opatření můžeme rozeznávat především následující zásahy:

- oprava konstrukce bez podstatného zvýšení zatížitelnosti („sanace“),
- zesílení konstrukce, které znamená zvýšení její zatížitelnosti,
- rozšíření mostu, jehož cílem může být zvětšení počtu jízdnic pruhů (případně i jejich rozšíření) na mostě, doplnění nebo rozšíření chodníků apod. Z důvodu rozšíření bývá obvykle nutno provést i zesílení.



**Obr. 83** Oprava oblouku s dolní mostovkou – zesílení podélných táhel přidáním vnější předpínací výztuží (Monostrandy); Borohrádek (chodník vně obloukového žebra), 1925, L = 33,000 m



**Obr. 84** Výstavba nového souběžného mostu, ponechání původního mostu pro lehkou dopravu. Vlevo: Smiřice, 1933, L = 33,000 m. Vpravo: Sokolov, 1920, L = 34,000 m.



**Obr. 85** Vlevo: replika obloukového mostu s horní mostovkou; Děčín – Litoměřická ulice, původní most 1914, replika 2000, L = 18,250 m.  
Vpravo: replika obloukového mostu s dolní mostovkou; Jimramov, původní most 1926, replika 2013, L = 21,000 m.

Úpravy konstrukce mohou být provedeny se zachováním původního konstrukčního působení, případně může být konstrukční působení i výrazněji upraveno. Typickým

příkladem je rušení kloubů u dvoukloubových a tříkloubových konstrukcí - protože klouby bývají často poměrně problematickým konstrukčním detailem, ve kterém dochází časem například k zatékání do konstrukce a k její degradaci, bývají v rámci oprav starších konstrukcí rušeny vnitřní klouby, které byly v konstrukci zřízeny v době realizace z důvodu snadnějších výpočtů apod. (v takových případech bývají konstrukce v místě kloubů zmonolitněny monolitickým betonem a přidanou výztuží – betonářskou, nebo i předpínací).



**Obr. 86** Vlevo: výstavba nového mostu na místě předcházející konstrukce – zachování původní dispozice (obloukový most s horní mostovkou o dvou polích), novodobé konstrukční řešení; Hranice, původní most realizován 1905 a zničen 1945, nový most realizován 1960,  $L = 34,150$  m.

Vpravo: přestavba klenbové konstrukce o třech polích s podpěrami ve vodoteči na předpjatou desku o jednom poli rozpětí 20,000 m bez mezispodpěr; velká voda během realizace nového mostu v roce 2006, Kosova Hora.

Následkem působení vody a dalších procesů popsaných v kapitole 7.4 (účinky mrazu, chemických rozmrazovacích látek, dalších agresivních látek atd.) dochází postupně k degradaci betonu (zhoršení jeho mechanických vlastností, narušení krycí vrstvy, snížení pasivační funkce betonu apod.) a (obvykle následně) výztuže. Vlivem mechanických namáhání (např. vlivem dopravy) může (případně i ve spojení s ostatními vlivy) docházet k rozvoji nadměrných trhlin a k projevům únavy materiálu. Tímto způsobem dochází ke snížení únosnosti samotného betonového průřezu (zmenšením plochy betonu i zhoršením jeho mechanických vlastností) i k vystavení ocelové výztuže účinkům koroze (vlivem trhlin, karbonatace betonu, kontaminace chloridy apod.). Korodující ocel zvětšuje svůj objem a následkem této skutečnosti působící korodující ocel na okolní beton tzv. expanzními tlaky, které vedou ke vzniku trhlin v povrchové vrstvě betonu a postupně případně i k odpadnutí betonové krycí vrstvy. Tím je výztuž ještě více vystavena vlivu okolního prostředí a dochází k dalšímu urychlení její koroze.

Zásadním krokem je zamezit zatékání do konstrukce, tzn. obnovit vodotěsnou izolaci povrchu nosné konstrukce (životnost běžné izolace bývá okolo 30 let). V rámci opravy (obnovy) vodotěsné izolace se provede i výměna mostního svršku a vybavení.

V rámci opravy degradovaného povrchu konstrukce je pak nutno odstranit degradovaný beton (obvykle v tloušťce několika centimetrů), ošetřit výztuž proti korozi (případně výztuž doplnit – nahradit zkorodovanou apod.), povrch betonu opatřit tzv. adhezním můstkem pro lepší přilnavost nových povrchových vrstev a povrch betonu opravit maltami pro opravy betonu. Pokud se jedná „pouze“ o opravu povrchu, používají se materiály „bez statické funkce“, pokud je nutno uvést do původního stavu nosný betonový průřez, používají se materiály „s statickou funkcí“. Pro vyspravení tvaru průřezu (nosného i nenosného) lze

použít termín „reprofilace“. Trhliny je možno opravit injektáží. Pokud se požaduje, aby se napříč vyspravenými trhlinami přenášela mechanická namáhání, použije se pro injektáž trhlin tuhý materiál, například epoxid. Pokud se jedná pouze o těsnící injektáž, použije se poddajnější materiál, například polyuretan.

Pokud je nutno zvýšit únosnost v tlaku (u tlačených betonových průřezů, v tlačené oblasti ohýbaných průřezů apod.), je možno použít spřažené nabetonávky (např. spřažené desky na povrchu nosné konstrukce) nebo přibetonávky (např. u svislých vzpěr); vhodné bývá použití ultra-vysokohodnotného betonu (resp. vláknobetonu - UHPFRC - Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concrete - jedná se o materiál s vysokou pevností v tahu i v tlaku i s vynikající trvanlivostí a odolností proti agresivitě prostředí), v jehož případě bývá možno použít i tenké – pouze několik centimetrů (cca 35 až 50 mm) silné – vrstvy a tím při značném vlivu na zvýšení únosnosti omezit nárůst vlastní tíhy konstrukce vlivem provedené nabetonávky. Dále je možno použít zesilující ocelové prvky (např. z ocelových válcovaných průřezů, případně i z betonářské výztuže, na závěr obetonované).

V tažené oblasti prvků je možno doplnit pasivní výztuž – například z betonářské oceli, z ploché oceli, z CFRP lamel nebo tkanin (Carbon Fibers Reinforced Polymers – polymery vyztužené uhlíkovými vlákny) apod.

Celkové působení konstrukce nebo konstrukčního prvku je možno účinně zlepšit použitím dodatečného předpětí, které je možno použít pro prvky tažené, ohýbané, za určitých okolností i tlačené atd. Například u obloukových konstrukcí s dolní mostovkou bývá dodatečné předpětí s výhodou využíváno pro zvýšení únosnosti svislých závěsů (**Obr. 82**) nebo podélných táhel (**Obr. 83**), případně i dalších prvků.

U obloukových mostů je možno použít novou železobetonovou desku spřaženou s původní mostovkou nejen pro její zesílení, ale případně i pro rozšíření mostu – tak, že se nová nabetonovaná deska „vykonzoluje“ mimo původní mostovku do stran - přímo nad původní mostovkou může být spřažená deska tenčí, ve vykonzolované části silnější. Vykonzolované části desky je možno vynést zesílenou příčnou výztuží, v případě potřeby i doplněnými bočními vzpěrami. Je možno použít i doplněné lehké (nejčastěji ocelové) vykonzolované chodníky. Vzhledem k tomu, že se vlivem uvedených opatření zvětší zatížení, může pak být nutno zesílit i další navazující konstrukční prvky mostu. Vhodnou volbou i v takovémto případě může být použití UHPFRC.

Někdy bývá mostovka (případně i se vzpěrami) kompletně odstraněna a nahrazena novou o potřebných parametrech.

V některých případech bývá nová rozšiřující část mostu od původní konstrukce navržena jako oddělená – pak bývá ke konstrukci doplněna například souběžná ocelová lávka pro pěší (plnicí funkci nového nebo rozšiřujícího chodníku), uložená na vlastní podpěry, které mohou být buď zcela nezávislé na původní konstrukci, nebo mohou být připevněny i na původní podpěry mostu.

Některé zvláštní postupy se používají pro opravy klenutých konstrukcí. Vodotěsnou izolaci je u nich možno opravit a zatékání do konstrukce zamezit několika různými způsoby. Jednou možností je odtěžit přesypávku až ke klenbě, očistit a upravit rub konstrukce, opatřit ji novou izolací a obnovit přesypávku; tento způsob však vyžaduje velké objemy zemních prací. Další možností je provést tzv. mezilehlý systém vodotěsné izolace, která se provede (s dostatečným vodorovným přesahem) nad konstrukcí jako „deštník“ v malé hloubce pod vozovkou. Pokud je potřebné i rozšíření konstrukce, s výhodou lze použít železobetonovou desku, vykonzolovanou přes původní poprsní zdi (**Obr. 11**). Tato železobetonová deska se současně využije i jako podklad pod novou vodotěsnou izolaci. Aby se nadměrně

nepřítěžovaly poprsní zdi a krajní části klenby pod nimi, bývá mezi novou železobetonovou deskou a horním okrajem ponechaných poprsních zdí pružná výplň (např. polystyrén) – železobetonová deska je pak podepřena především na přesypávce mezi poprsními zdmi. Přesypávku je při opravách mostu možno také nahradit například lehkým betonem, který může s původní konstrukcí spolupůsobit a který při vhodném řešení působí na poprsní zdi menším vodorovným tlakem než původní přesypávka provedená ze zeminy. Poprsní zdi a celou konstrukci je možno v příčném směru vzájemně provázat vloženou a zakotvenou výztuží.

U klenb ze zdiva i z betonu (spíše nevyztuženého) mohou vznikat podélné trhliny, které vedou k oddělení krajních částí klenby. V takovém případě je možno v klenbě provést příčné vrty a do nich osadit táhla, kterými se konstrukce „sváže“ v příčném směru.

Degradovanou klenbovou konstrukci je také možno „obalit“ silnější vrstvou nového betonu – monolitického nebo prefabrikovaného. V případě větší šířky těchto doplněných částí mohou sloužit jako přibetonávky i pro rozšíření konstrukce (v prakticky původním „profilu“).

Pokud má nedostatečnou únosnost samotná klenba, je možno ji zesílit například nabetonovanou spřaženou vrstvou nebo spolupůsobícím novým betonem v prostoru původní přesypávky. Někdy bývá nad klenbou zřízena nová vodorovná nosná konstrukce (deska, nosník), která přenáší účinky zatížení dopravou přímo do podpor bez toho, že by zatížení procházelo přes vlastní klenbu.

K zesílení základů je možno použít například mikropiloty, injektáže, zemní nebo skalní kotvy apod.

## **8. Hodnocení historického, architektonického a konstrukčního významu betonových klenbových a obloukových mostů**

Historický, architektonický a konstrukční význam mostních objektů je možno hodnotit na základě zařazení konstrukce v rámci historického a konstrukčního vývoje v daném oboru, popsaného v kapitolách 5.2 a 5.3.

Předpokládaná doba životnosti u mostních konstrukcí je 100 let. Při rozhodování, jaké řešení (oprava, částečná nebo úplná přestavba) je vhodné přijmout (zejména) u starších konstrukcí a/nebo konstrukcí vyžadujících výraznější zásah, by kromě hledisek dopravních ekonomických, ekologických apod. mělo být vzato v úvahu i hledisko jejich historické, konstrukční a architektonické hodnoty. Pro takovéto hodnocení konstrukcí tato metodika navrhuje následující otázky:

1. Byl most v době realizace inovativní svým materiálovým a konstrukčním řešením?
2. Měl most v době realizace ve své kategorii rozpětí pole a/nebo celkové rozměry, které byly rekordní, nebo nebyly běžné?
3. Má most mimořádné estetické ztvárnění?
4. Má most zajímavou (neobyčejnou) historii?
5. Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) bylo realizováno?
6. Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) se dochovalo do dnešní doby?
7. Jsou ostatní dochované mosty obdobného uspořádání a rozpětí v horším technickém stavu a/nebo na méně vhodném místě z hlediska ochrany (např. na méně zatížené komunikaci)? Jaký je jejich počet?
8. Další okolnosti (např. je most důležitou součástí souboru dalších staveb, součástí plošně chráněného území – městského i přírodního apod.)?

Jako podklad pro rozhodování o inovativnosti a dalších parametrech posuzovaných mostů jsou v této metodice uvedeny kapitoly 5.2 a 5.3.


Na počtu bodů (kladných odpovědí) obdržných na výše uvedené otázky je možno založit rozhodnutí, jak by měl být stav mostu řešen – řešením může být například:

- a. více či méně standardní a rozsáhlá oprava,
- b. „uzavření“ existující hodnotné konstrukce uvnitř nové konstrukce, tvořené nabetonávkami, přibetonávkami apod., které převezmou nosnou funkci a historicky hodnotnou konstrukci současně ochrání proti vlivům povětrnosti, dopravy apod.,
- c. ponechání konstrukce například pouze pro lehký (pěší apod.) provoz, zatímco pro těžší dopravu se vybuduje nové přemostění. Problémem v takovém případě může být následné zajišťování finančních prostředků na údržbu původní konstrukce, využívané již v pouze poměrně malém rozsahu. Pro udržení hodnoty mostní konstrukce i pro zajištění finančních prostředků na její údržbu může být vhodné její pokračující využívání k původnímu účelu – pak by bylo vhodnější konstrukci (v případě hodnotných konstrukcí třeba i náročným způsobem) opravit. Na druhou stranu, původní konstrukce již nemusí vyhovovat ani z dopravního hlediska – pak nezbyvá, než vybudovat konstrukci novou.
- d. v běžných případech bude dříve či později nejlepším řešením přestavba mostu,
- e. pokud je nutno z důvodu velice špatného technického stavu přestavět i hodnotnou konstrukci, lze vybudovat i její repliku, což by ale měly být spíše ojedinělé případy výjimečných konstrukcí. V ostatních případech by měly být spíše realizovány moderní konstrukce odpovídající době svého vzniku, ačkoliv v řadě případů je jistě vhodné dodržet „genius loci“ zachováním obdobné koncepce řešení a/nebo vhodných zajímavých detailů původní konstrukce. Velkou výhodou možností současného mostního stavitelství může být – kromě jiného – i možnost vypustit mezilehlé podpěry stávajících přemostění a uvolnit prostor pod mostem pro snadnější průchod velkých průtoků vody, vylepšení dopravních poměrů apod.

Je nutno říci, že každý případ je jiný a každý je nutno posuzovat individuálně, aby bylo možno přijmout řešení nejlepší pro daný konkrétní mostní objekt. Na následujících obrázcích jsou uvedeny příklady řešení pro různé případy mostních objektů.

## 9. Příklady použití metodiky

### 9.1 Most Dřevohostice


	<p>Obloukový most s dolní mostovkou, realizovaný v roce 1931. Rozpětí pole je 19,700 m. Podrobnosti jsou uvedeny v katalogovém listu na <a href="http://historickemosty.fsv.cvut.cz/">http://historickemosty.fsv.cvut.cz/</a>.</p>
---	--

Č.	Otázka	Odpověď, poznámka	Body
1	Byl most v době realizace inovativní svým materiálovým a konstrukčním řešením?	Ano – nepříliš častá šikmá konstrukce, ojedinělá mostovka bet podélníků, ocelové kyvné stojky pro posuvné uložení nosné konstrukce.	1
2	Měl most v době realizace ve své kategorii rozpětí pole a/nebo celkové rozměry, které byly rekordní, nebo nebyly běžné?	Ne.	0
3	Má most mimořádné estetické ztvárnění?	Ano – ojedinělé a úspěšné ztvárnění hlavic v místě napojení závěsů na oblouk, vlysy podél okrajů obloukových žeber a závěsů.	1
4	Má most zajímavou (neobyčejnou) historii?	Ano – na konci 2. světové války byl značně poškozen a následně úspěšně opraven. Vše je zdokumentováno textově i fotograficky.	1
5	Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) bylo realizováno?	Pravděpodobně žádná.	1
6	Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) se dochovalo do dnešní doby?	Pravděpodobně žádná další.	1
7	Jsou ostatní dochované mosty obdobného uspořádání a rozpětí v horším technickém stavu a/nebo na méně vhodném místě z hlediska ochrany (např. na méně zatížené komunikaci)? Jaký je jejich počet?	Další obdobné mosty pravděpodobně neexistují.	1
8	Další okolnosti (např. je most důležitou součástí souboru dalších staveb apod.)?	Most se nachází v obci Dřevohostice s řadou dalších zajímavých staveb a památek, spoluvytváří celkové prostředí.	1
	Body celkem		7

**Výsledek: 7 bodů (z 8 možných) => most by si zasluhoval památkovou ochranu.**




## 9.2 Mosty Ludkovice

	<p>Jedná se o dva betonové klenbové mosty vybudované okolo roku 1935. Mosty měly být součástí tzv. Baťovy dálnice, která však zůstala nedokončena. Podrobnosti jsou uvedeny v katalogovém listu na <a href="http://historickemosty.fsv.cvut.cz/">http://historickemosty.fsv.cvut.cz/</a>.</p>
---	---

Č.	Otázka	Odpověď, poznámka	Body
1	Byl most v době realizace inovativní svým materiálovým a konstrukčním řešením?	Ne, jednalo se o kvalitní soudobé řešení mostních konstrukcí.	0
2	Měl most v době realizace ve své kategorii rozpětí pole a/nebo celkové rozměry, které byly rekordní, nebo nebyly běžné?	Ne.	0
3	Má most mimořádné estetické ztvárnění?	Ne.	0
4	Má most zajímavou (neobyčejnou) historii?	Ano, mosty jsou součástí zajímavé dálniční stavby.	1
5	Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) bylo realizováno?	Větší množství.	0
6	Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) se dochovalo do dnešní doby?	Větší množství.	0
7	Jsou ostatní dochované mosty obdobného uspořádání a rozpětí v horším technickém stavu a/nebo na méně vhodném místě z hlediska ochrany (např. na méně zatížené komunikaci)? Jaký je jejich počet?	Řada mostů je v lepším technickém stavu. Místo k ochraně je vhodné.	0,5
8	Další okolnosti (např. je most důležitou součástí souboru dalších staveb apod.)?	Ne.	0
	Body celkem		1,5

**Výsledek: 1,5 bodu (z 8 možných) => jedná se o kvalitní soudobé mostní konstrukce, které byly součástí zajímavé připravované a rozestavěné dálniční stavby. Pokud by byl zájem mosty chránit v dané lokalitě například z důvodu turistiky, bylo by to vhodné. Prohlášení za státem chráněnou památku nepovažujeme za nezbytné.**

### 9.3 Most Litomyšl – u divadla

	<p>Klenbový most realizovaný v roce 1904. Rozpětí pole je 14,0 m. Podrobnosti jsou uvedeny v katalogovém listu na <a href="http://historickemosty.fsv.cvut.cz/">http://historickemosty.fsv.cvut.cz/</a>.</p>
---	--

Č.	Otázka	Odpověď, poznámka	Body
1	Byl most v době realizace inovativní svým materiálovým a konstrukčním řešením?	Ano, jedná se o jeden z raných betonových mostů u nás.	1
2	Měl most v době realizace ve své kategorii rozpětí pole a/nebo celkové rozměry, které byly rekordní, nebo nebyly běžné?	Rozpětí již nebylo přímo rekordní, ale stále patřilo k větším.	1
3	Má most mimořádné estetické ztvárnění?	Ano, most je zdařile esteticky ztvárněn.	1
4	Má most zajímavou (neobyčejnou) historii?	Není známo.	0
5	Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) bylo realizováno?	Ve srovnatelné době bylo vybudováno pouze několik mostů srovnatelného uspořádání a rozpětí.	1
6	Kolik srovnatelných konstrukcí (obdobného uspořádání a rozpětí) se dochovalo do dnešní doby?	Srovnatelné mosty byly již z podstatné části přestavěny na jiné konstrukce.	1
7	Jsou ostatní dochované mosty obdobného uspořádání a rozpětí v horším technickém stavu a/nebo na méně vhodném místě z hlediska ochrany (např. na méně zatížené komunikaci)? Jaký je jejich počet?	Zbývajících srovnatelných mostů z období počátků betonového mostního stavitelství u nás je naprosté minimum.	1
8	Další okolnosti (např. je most důležitou součástí souboru dalších staveb apod.)?	Most tvoří nepřehlédnutelnou součást prostředí města známého svou historickou i moderní architekturou.	1
	Body celkem		7

**Výsledek: 7 bodů (z 8 možných) => most by si zasluhoval památkovou ochranu.**

Roman Šafář, Petr Fajman, Vendula Hlavničková, Vladislav Hrdoušek, Tomáš Jiříkovský, Tomáš Křemen, Jiří Máca, Michal Panáček, Matouš Svoboda, Helena Včelová, Josef Záruba

13.10.2022

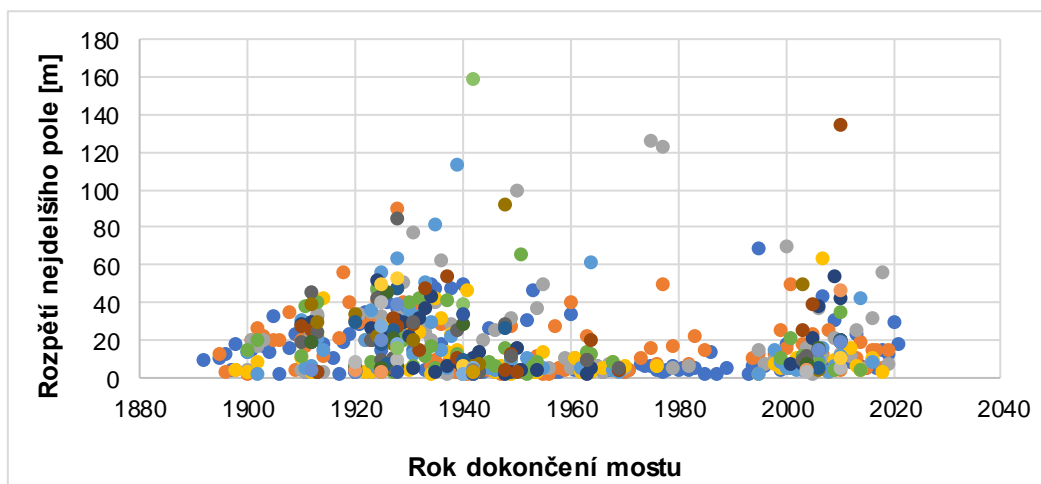
## 10 Příloha – statistické přehledy

V této kapitole jsou graficky vyneseny jednotlivé zjištěné betonové klenbové a obloukové mosty (celkem přibližně 700) v závislosti na roku jejich realizace a podle rozpětí nejdelšího pole, resp. podle celkové délky jejich nosné konstrukce. Z hlediska obou těchto parametrů lze říci, že do roku 1942 hodnoty poměrně plynule narůstaly. Od tohoto roku již ve sledované kategorii mostů nedocházelo, což bylo dáno častějším používáním jiných konstrukcí a technologií i charakterem přírodních podmínek v České republice, které nevyžadují realizaci mostů rekordních rozpětí ani délek.

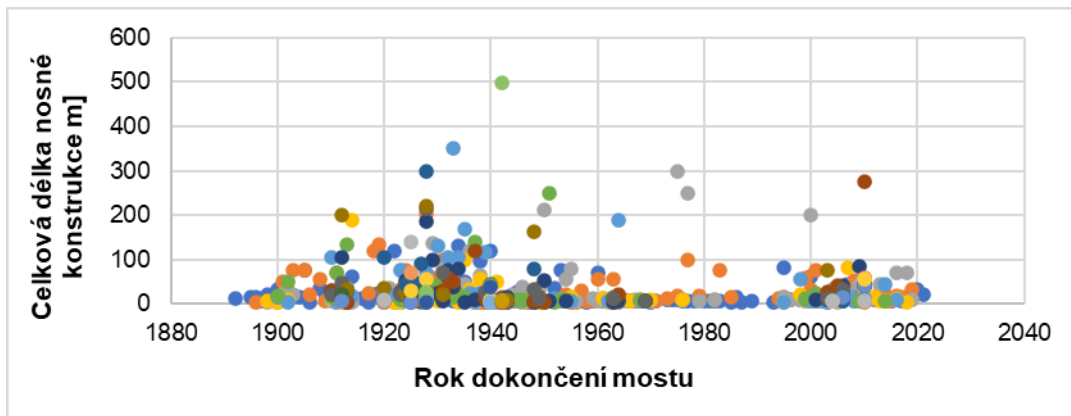
Rekordním mostem byl most Podolsko (též nazývaný Těmešvár), který byl realizován v letech 1939 až 1942. Rozpětí jeho nejdelšího pole (oblouku) činí 159,3 m, délka nosné konstrukce je 499,0 m a celková délka mostu je 510,0 m. Obloukové mosty s dolní a s mezilehlou mostovkou se realizovaly do rozpětí přibližně 55,0 m – největší zjištěné rozpětí má most Darkov z roku 1925, jehož rozpětí činí 55,8 m. Výjimkou je most ve Štěchovicích s mezilehlou mostovkou, dokončený v roce 1939, s rozpětím pole 113,8 m. Největší rozpětí klenbové konstrukce má most Peřimov – Dolní Sytová z roku 1912, u kterého rozpětí pole činí 45,0 m.

Technický vývoj obloukových a klenbových mostů se v pozdější době zaměřoval spíše na konstrukční řešení a technologii výstavby, přičemž mezi lety přibližně 1960 až 2000 byl betonových obloukových mostů realizován pouze menší počet – pro odpovídající rozpětí polí se používaly především komorové letmo betonované konstrukce z předpjatého betonu. Okolo roku 2000 začaly být betonové obloukové mosty opět realizovány ve větším počtu.

Na [www.romansafar.cz](http://www.romansafar.cz) Je uveden přehled všech přibližně 700 zjištěných betonových klenbových a obloukových mostů.



**Obr. 87** Realizované betonové klenbové a obloukové mosty – přehled podle rozpětí nejdelšího pole a roku dokončení (barvy slouží pouze pro snadnější rozlišení jednotlivých bodů)



**Obr. 88** Realizované betonové klenbové a obloukové mosty – přehled podle celkové délky nosné konstrukce a roku dokončení (barvy slouží pouze pro snadnější rozlišení jednotlivých bodů)

## 11 Seznam literatury

- [1] Josef, D.: Encyklopedie mostů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku, 2002, 2. doplněné a opravené vydání,
- [2] Josef, D.: Tisíc našich mostů a lávek v obrazech, 2012, 1. vydání,
- [3] Josef, D.: Mosty: Naše mosty historické a současné, 1984, 1. vydání,
- [4] Zvěřina, P.; Josef, D.: Vybrané statě ze silnic a železnic: mosty na území ČSSR jako technicky a historicky pozoruhodné dopravní stavby, 1987, 2. přepracované vydání,
- [5] Josef, D.: Západočeské mosty a lávky, 2011, 1. vydání,
- [6] Josef, D.: Severočeské mosty a lávky, 2011, 1. vydání,
- [7] Josef, D.: Východočeské mosty a lávky, 2011, 1. vydání,
- [8] Josef, D.: Mosty a lávky kraje Vysočina, 2009, 1. vydání,
- [9] Josef, D.: Mosty a lávky Jihomoravského kraje, 2009, 1. vydání,
- [10] Josef, D.: Mosty a lávky Zlínského kraje, 2009, 1. vydání,
- [11] Josef, D.: Pražské mosty v obrazech: Prague bridges in pictures, 2008, 1. vydání,
- [12] Josef, D.: Brněnské mosty v obrazech, 2008, 1. vydání,
- [13] Josef, D.: Slovenské mosty, 2012, 3. vydání,
- [14] Josef, D.: Mosty na Slovensku, 2006, 1. vydání,
- [15] Josef, D.: Železniční mosty v České a Slovenské republice, 2009,
- [16] Josef, D.: Mosty a lávky Jihočeského kraje,
- [17] Josef, D.: Mosty a lávky Olomouckého kraje,
- [18] Josef, D.: Mosty a lávky Moravskoslezského kraje,
- [19] Josef, D.: Mosty a lávky středních Čech,
- [20] Fisher, J., Fisher, O.: Pražské mosty,
- [21] Archiv K133, FSv ČVUT v Praze,
- [22] Archiv – Hrdoušek, V.,
- [23] Archiv – Šafář, R.,
- [24] Kučera, V.: Architektura inženýrských staveb, Grada Publishing 2009,
- [25] Wikipedia,
- [26] Bridge Management System BMS (Systém hospodaření s mosty),
- [27] Seznam – mapy (<https://mapy.cz/>)
- [28] [www.mosty-tunely.cz](http://www.mosty-tunely.cz) ,
- [29] <https://www.pamatkovykatalog.cz> ,
- [30] <https://www.cestyapamatky.cz> ,
- [31] Dudák, V., Rýpar, V.: Praha mosty spojená, Cattacan s.r.o., 2020,
- [32] Konstrukční beton v České republice 2002 – 2005, Národní zpráva České republiky pro 2. kongres *fib*, Neapol 2006,
- [33] Klimeš, J., Zůda, K.: Betonové mosty II, SNTL/ALFA 1969,
- [34] Janda, L., Kleisner, Z., Zvara, J.: Betonové mosty, SNTL/ALFA 1988,
- [35] Hons, J.: Velké mosty světa, Victoria Publishing, 1996,
- [36] Fondy Národního památkového ústavu,
- [37] Archiv TSK Praha, a.s.,
- [38] Archivy ŘSD ČR,
- [39] Archivy organizací Správy a údržby silnic,
- [40] Muzeum a galerie Hranice,

- [41] Informační panel u mostu, Peřimov,
- [42] Městské muzeum Bechyně,
- [43] Seidlerová, I., Dohnálek, J.: Dějiny betonového stavitelství v českých zemích do konce 19. století, Praha: ČKAIT, 1999. ISBN 80-86364-01-1,
- [44] Belisová, N.: Osud má jméno Dolský mlýn, Polart, 2016. ISBN 978-80-87286-21-0,
- [45] Lapáček, J.: Historie Tyršova mostu v Přerově, Sborník Státního okresního archivu Přerov 2006, ISBN 80-86388-39-5, ISSN 1214-4762,
- [46] Lapáček, J.: Průkopnická činnost Karla Herzána a Ludvíka Uhlíře při zavádění železobetonu do stavitelství, Sborník Státního okresního archivu Přerov 2010, ISBN 978-80-86388-83-0, ISSN 1214-4762,
- [47] Fondy Státních oblastních archivů,
- [48] Fondy Národního archivu,
- [49] <http://historickemosty.fsv.cvut.cz/>,
- [50] <https://libri.cz/databaze/mosty/index.php>,
- [51] Národní technické muzeum v Praze,
- [52] Fondy Archivu hl. m. Prahy,
- [53] Bechyně, St.: TP66 Betonové mosty obloukové. Mosty pro zvláštní účely. SNTL 1962, 04-717-62,
- [54] Maillard, M.: Stavíme mosty, Praha 1946,
- [55] Veselý, J.: Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči. Národní památkový ústav, 2014, ISBN 987-8086516-79-0,
- [56] Dufek, P.: Malý příběh malého mostu na okresní silnici: přemostění dálnice D 1 mezi Jažlovicemi a Předbořím v průběhu času, In: Aleš Skřivan, ml. – Jan Štemberk a kol.: Cestami hospodářských dějin, První vydání Praha: Filozofická fakulta Univerzity Karlovy ve spolupráci s Novou tiskárnou Pelhřimov, 2020, 524 stran: ilustrace, portréty, faksimile ISBN 978-80-7308-390-8, s. 358-373,
- [57] Dufek, P.: Prameny k infrastrukturním stavbám z 20., 30. a 40. let 20. století v Národním archivu: In: Matušíková, Lenka – Kahuda, Jan – Smitka, Jiří: Průmysl – Město – Archiv: archivy a dokumentace průmyslového dědictví: Sborník příspěvků z 15. konference archivářů České republiky konané ve dnech 3.–5. června 2013 v Ostravě – Vítkovicích / red.: 1. vyd. Česká archivní společnost, Praha 2013, s. 237–244, ISBN 978-80-904688-4-9.
- [58] Šafář, R. Včelová, H. a kol. 2022: Nejstarší betonové klenbové a obloukové mosty pozemních komunikací v ČR-I, **Stavebnictví** ISSN: 1802-2030, EAN: 9771802203005, [www.casopisstavebnictvi.cz](http://www.casopisstavebnictvi.cz), ČKAIT, Praha, 10/2022

Další zdroje a literatura jsou uvedeny u katalogových listů jednotlivých mostních objektů na adrese <http://historickemosty.fsv.cvut.cz/>.