

Betonové mosty 1

Přednáška 4

Zděné a klenbové mosty



M. Drahorád

- Mostní objekty z kamenného nebo cihelného zdiva, jejichž hlavním nosným prvkem je klenba
- Nejstarší typ trvalých mostů



Současný stav

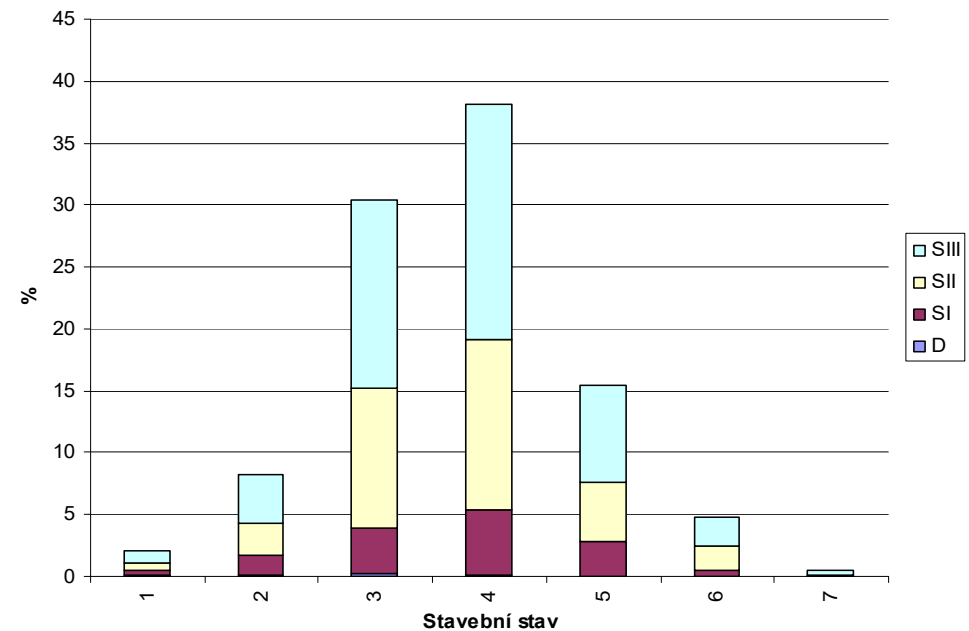
- V rámci výzkumu spojeném se vznikem UIC 778-3 byl analyzován soubor cca **200 000** zděných klenbových mostních objektů (cca 60 % celkového počtu)
- většina zděných kleneb má malé rozpětí – přibližně 60 % kleneb má světlost menší než 2 m, 80 % má pod 5 m a pouze 8,5 % přesahuje 10 m
- většina zděných kleneb má jedno pole (cca 85 %)



- většina zděných kleneb (cca 70 %) byla vybudována před 100 až 150 let, významný podíl (cca 12 %) představují klenby starší více než 150 let;
- nejběžnější jsou polokruhové klenby;
- velká většina (cca 85 %) kleneb je v dobrém nebo uspokojivém stavu.

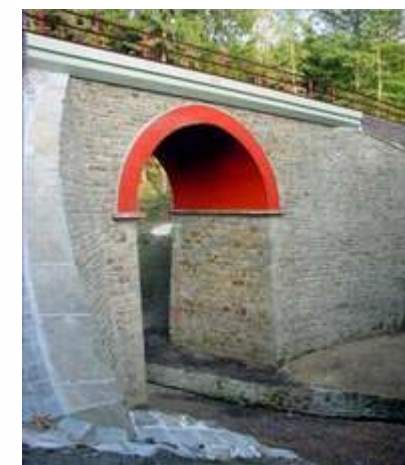
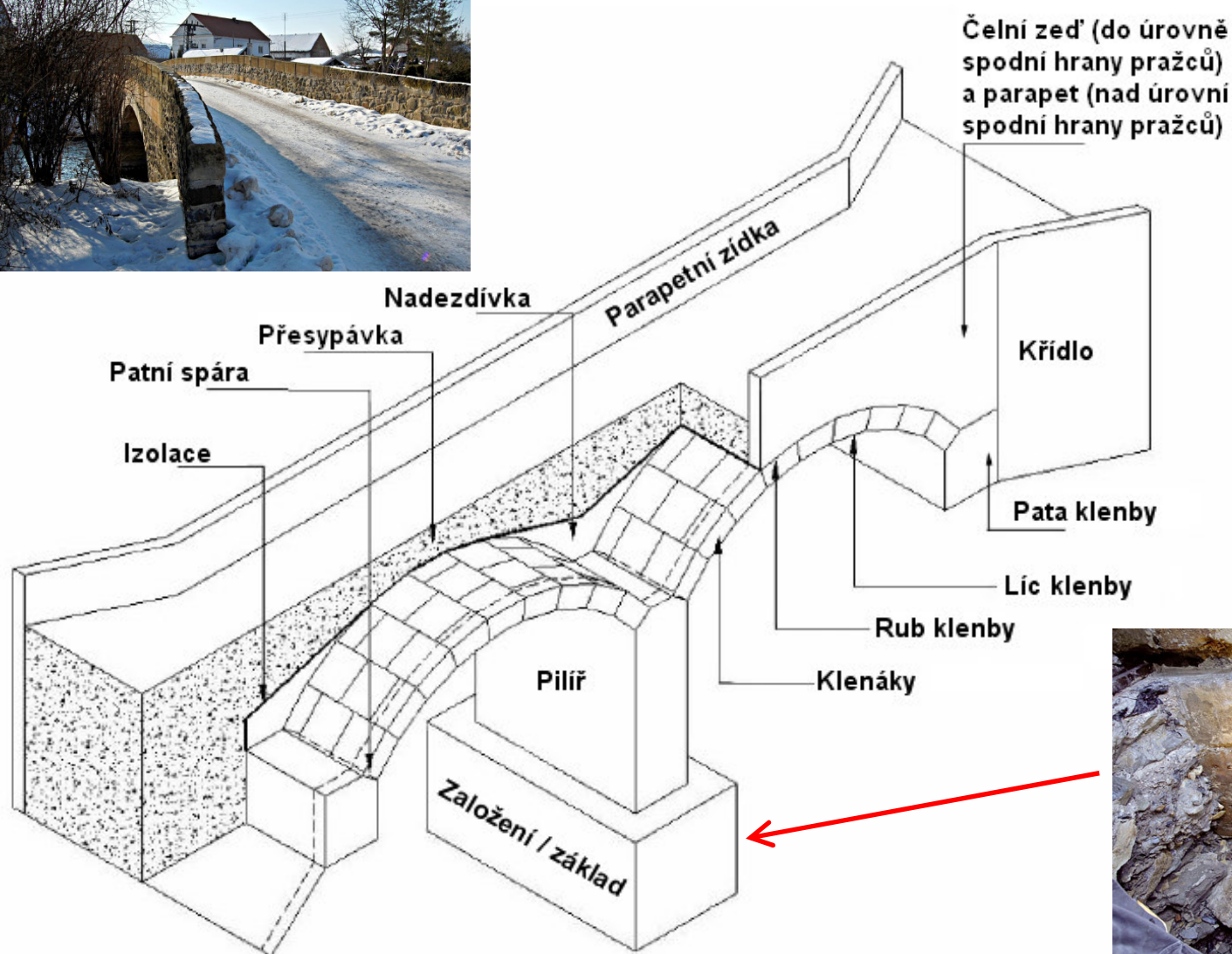


- Na dráze je v ČR odhadem 6 000 klenbových mostů
- Na silniční síti se v ČR nachází cca 10 000 kleneb
- Rozpětí a stáří kleneb odpovídá přibližně železničním objektům
- Významná část kleneb je z lomového kamene
- Stavební stav objektů je obecně horší



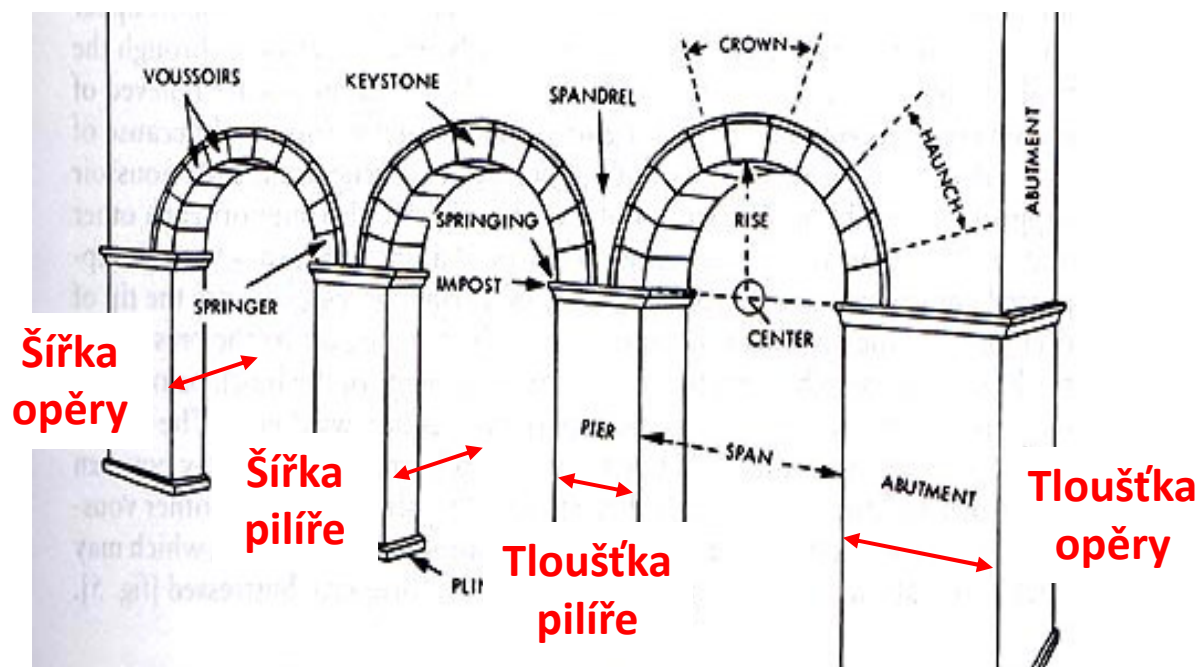
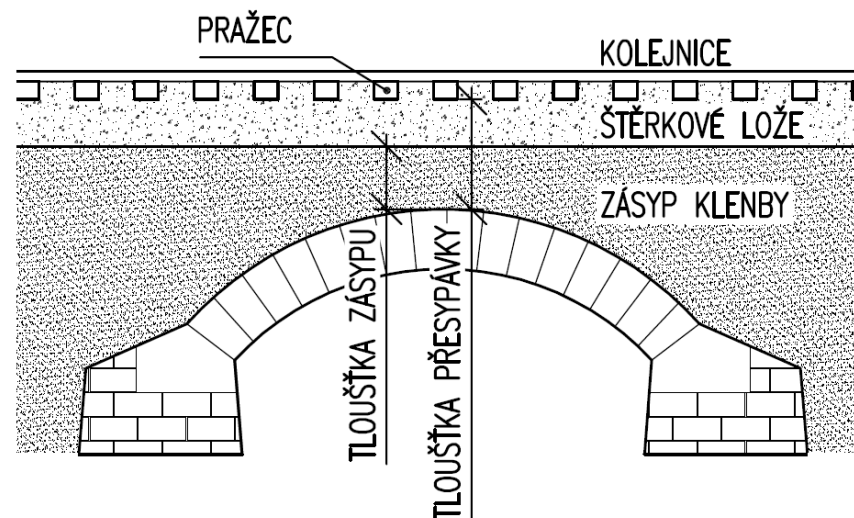
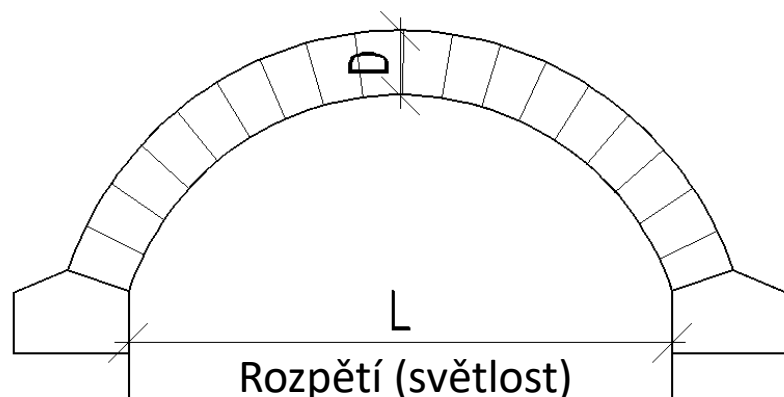
Konstrukce klenbových objektů

Prvky a části klenbového objektu

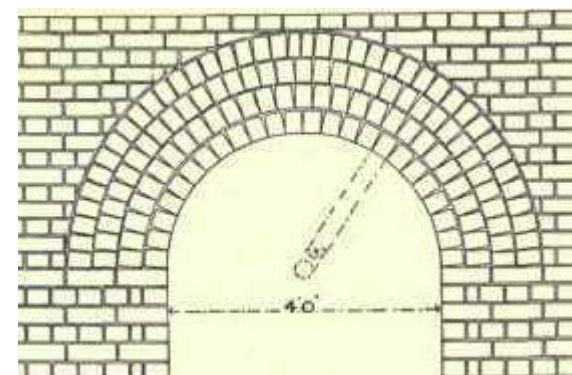


Základní rozměry klenbového objektu

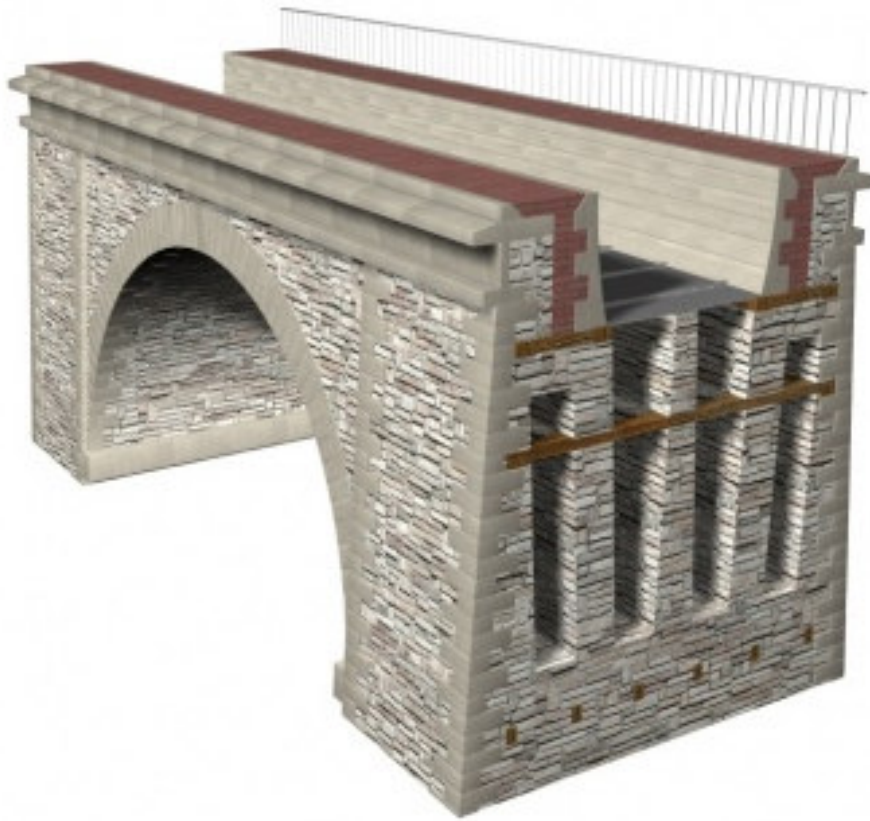
Tloušťka klenby (prstence)



Klenba s více prstenci



Vylehčovací konstrukce



Vnitřní zdi



Vylehčovací oblouky



Tvary kleneb



Segmentová klenba
(polokruhová klenba je segmentovou klenbou
se vzepětím rovným polovině rozpětí)



Složená klenba
(ze tří kružnicových úsečí)



Eliptická (neobvyklá)



Parabolická (neobvyklá)

- Nejobvyklejší klenby segmentové, resp. polokruhové a složené

Tvary kleneb

Segmentová (část kružnice)



Složená (3-centered)



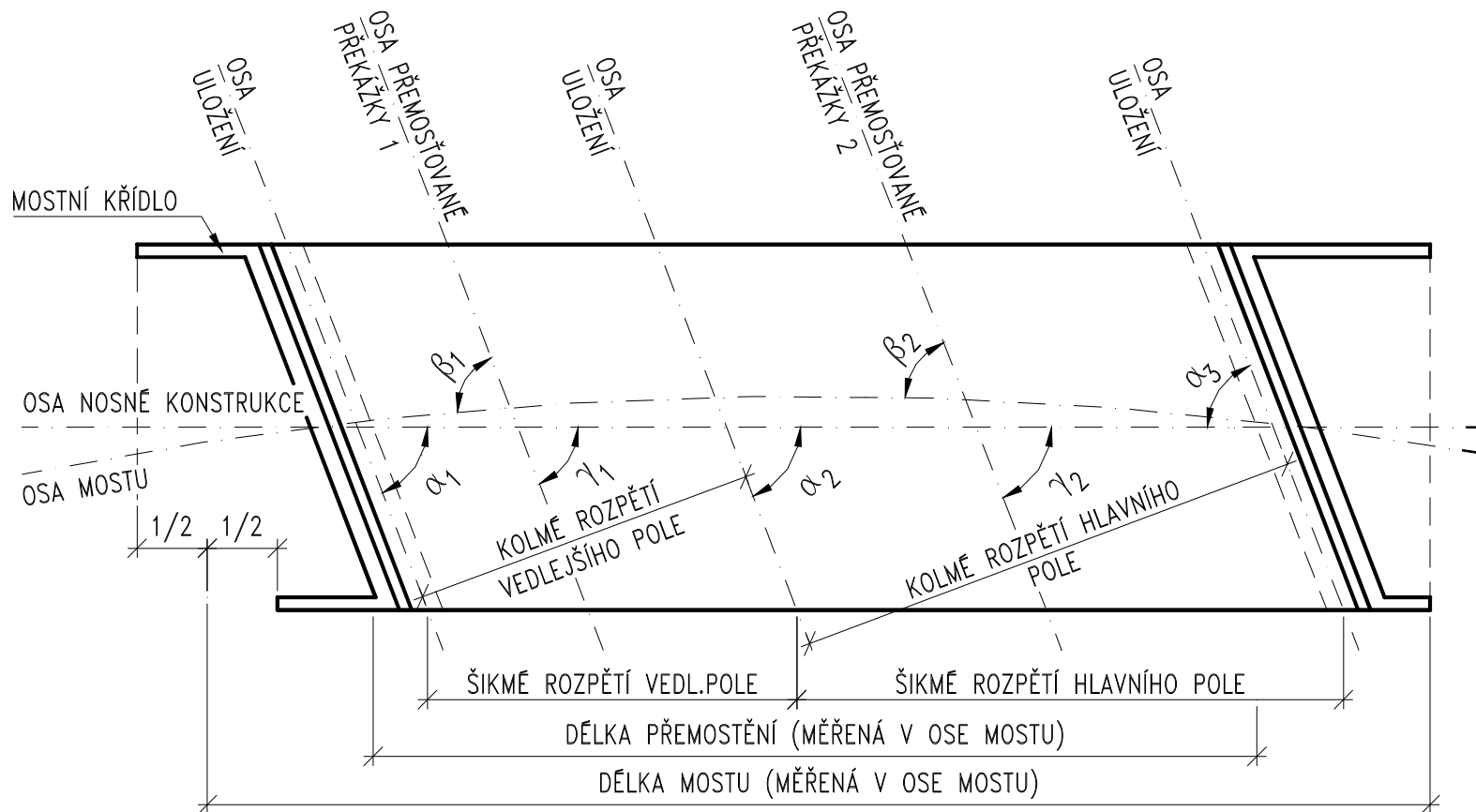
Eliptická



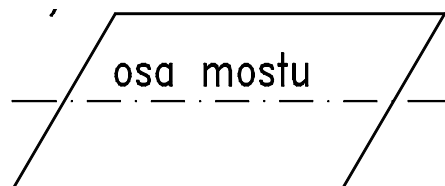
Parabolická



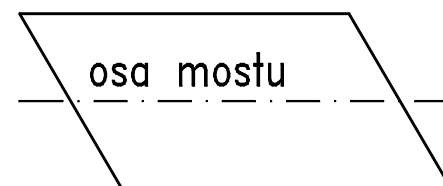
Šikmost



Levá



Pravá





Zdivo – základní materiály

- Zdivo buď přírodní (kvádry, kopáky, lomový kámen) nebo umělé (cihly)

Lomový
kámen



Kameny bez zásadního opracování

Spáry 15-40 mm

Kopáky
hrubé

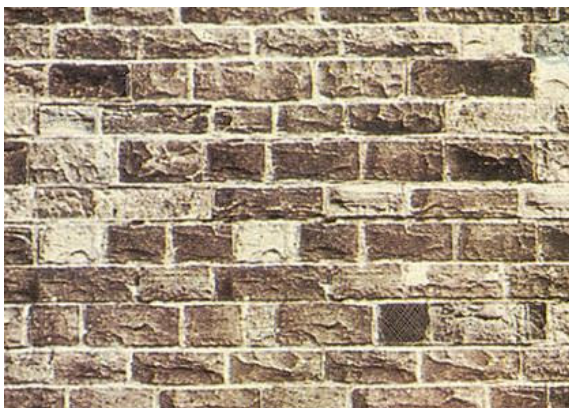


Kameny nahrubo opracovány

Kameny cca stejné výšky

Spáry 15-40 mm mohou být i mírně šikmé

**Kopáky
čistě**



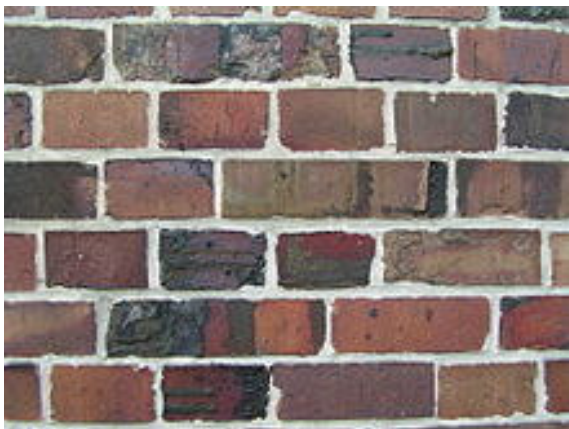
Kameny čistě opracovány, výška kamenů stejná 200-400 mm
Přesah v řádku min.120 mm
Spáry 10-20 mm

**Kvádrové
zdívo**



Kameny přesně opracovány podle výkresu na všech stranách
Spáry 10-15 mm

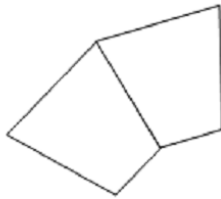
**Cihelné
zdívo**



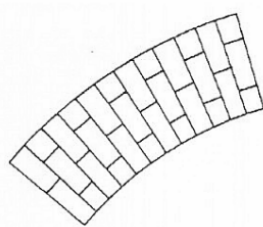
Zpravidla ostře pálené cihly
Spáry 10-15 mm

Zdivo – Vazba zdiva

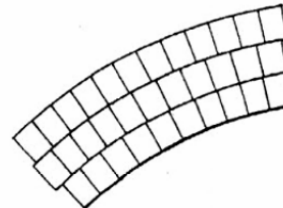
- Vazba zdiva rozhoduje o jeho pevnosti (odolnosti)
- Vazba je odvislá od druhu zdiva a tloušťky klenby



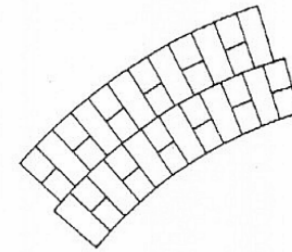
(a) stone voussoir
(1 ring)



(b) brick: header
(1 ring)



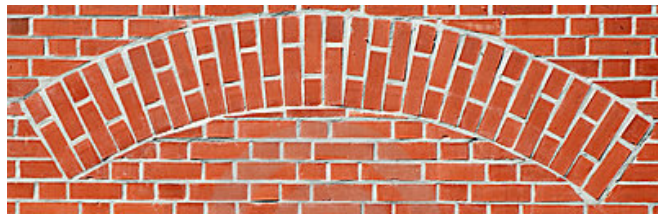
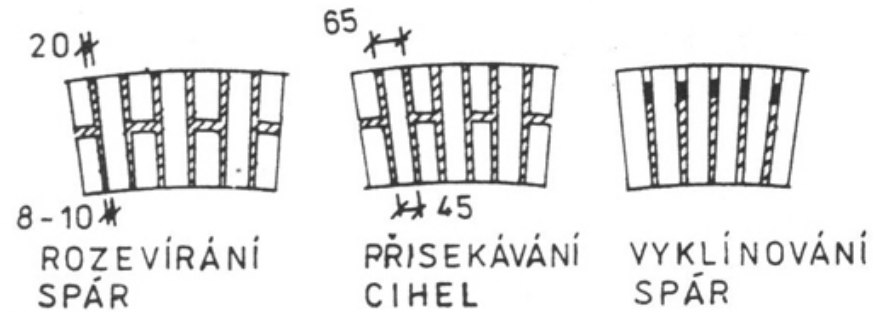
(c) brick: stretcher
(3 rings)



(d) brick: hybrid
(2 effective rings)



- Vazba podle typu zdících prvků a tloušťky klenby



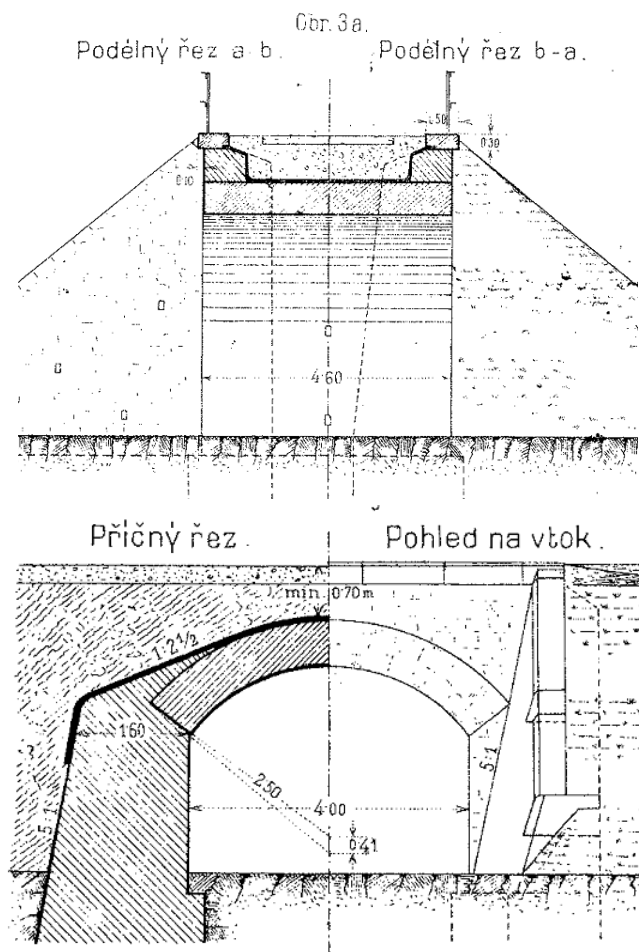
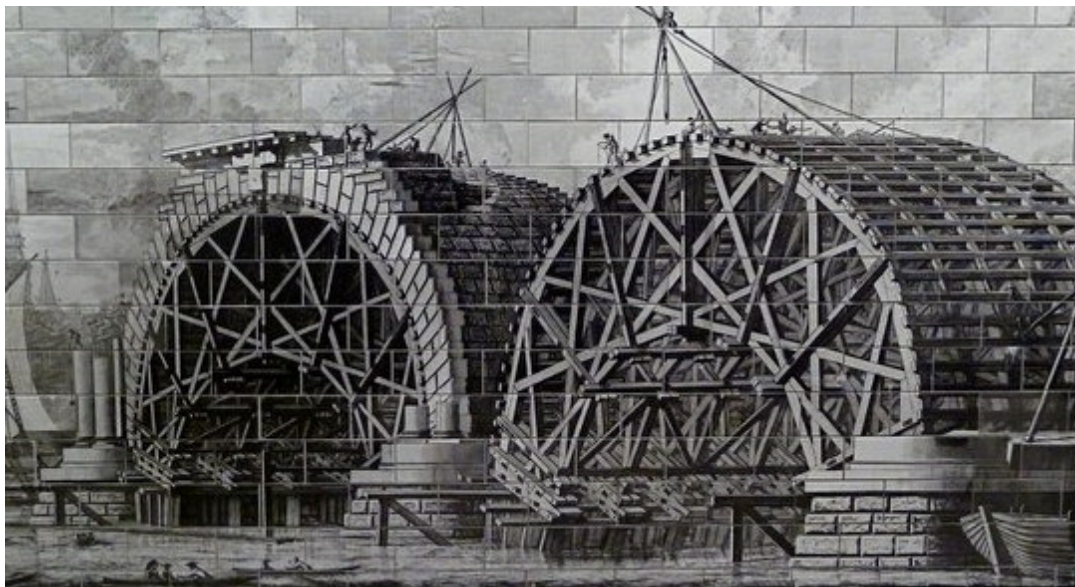
Zásyp

- Materiál mezi rubem klenby a kolejovým ložem
- Vysoce důležitá část klenbového mostu, **stabilizuje klenbu při zatížení**
- Zásyp zpravidla prováděn z místního materiálu
- Pokud byla klenba zděná z kamenných bloků, tvořil zásyp často odpad z kamenických prací

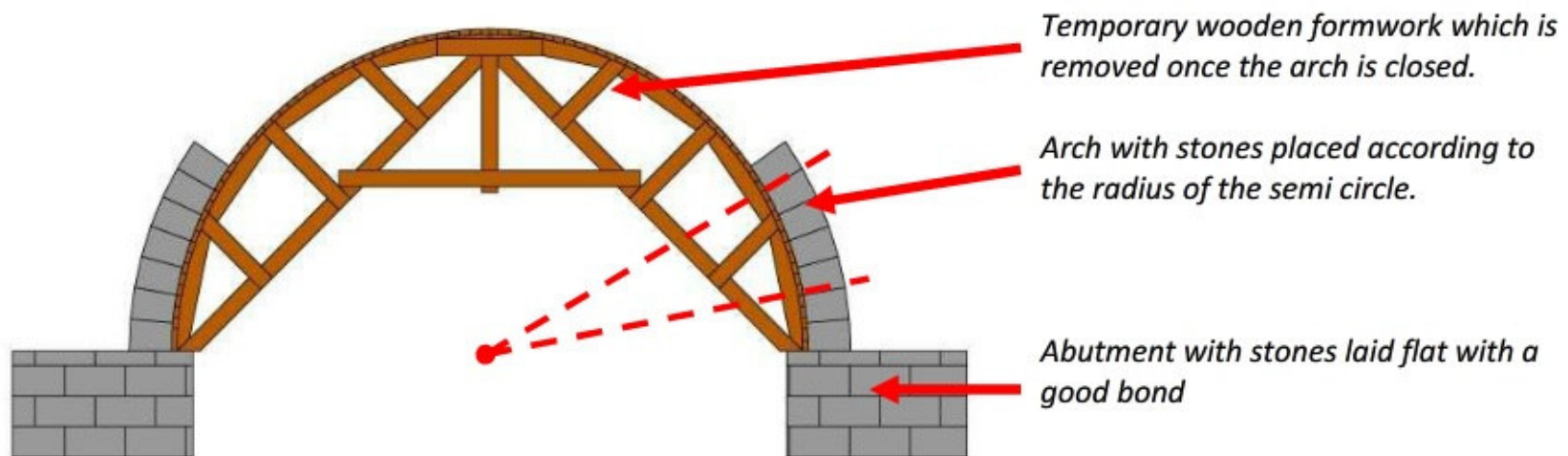


Výstavba

- Klenby byly stavěny na skružích
- V rámci jednoho úseku trati byly zpravidla stejného tvaru a materiálu (podle stejného projektu).



- Složení a pevnost malty volena podle velikosti spár, obecně platí, že **čím tenčí spára, tím jemnější plnivo malty**
- Malta slouží k zajištění rovnoměrné distribuce kontaktního napětí a musela vykazovat dostatečnou „plasticitu“ aby bylo umožněno dosednutí klenáků (pevnost nesmí být příliš vysoká)
- Při výstavbě se používalo nadvýšení skruže i postupné vyplňování spár klenby



- Zásyp opěr byl zpravidla prováděn před výstavbou klenby, aby byl minimalizován rozměr opěr
- Zasypávání klenby probíhalo po odskružení **symetricky** z obou stran



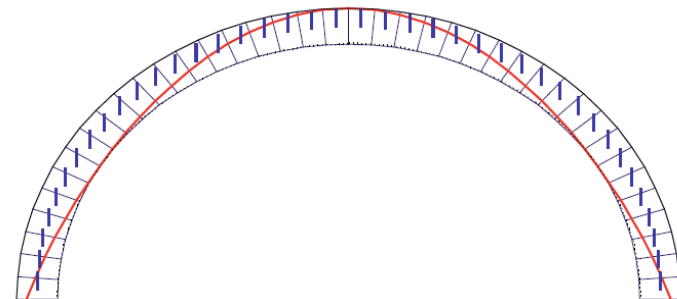
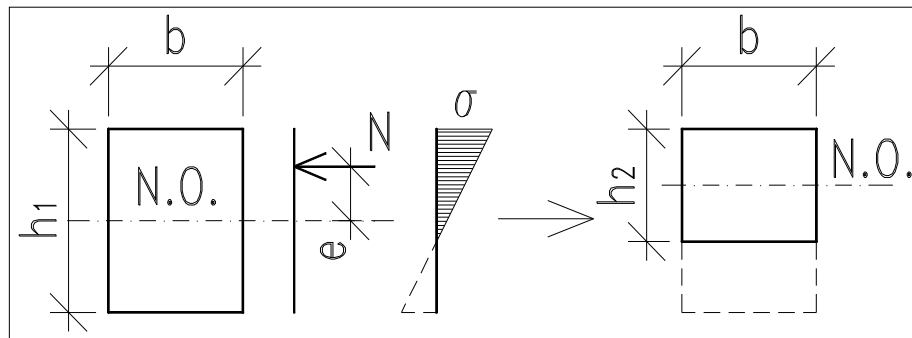
Statické působení kleneb

Chování zdiva při zatížení

- Zdivo působí pouze v tlaku
- K přenosu ohybových momentů dochází mimostředním tlakem

$$M = N \cdot e$$

- Smyk přenášen třením ve spárách s přímým vlivem tlakové síly působící ve spáře ($V_{\max} = N \cdot \mu$)
- Změna výšky tl. oblasti vede ke změně tvaru klenby

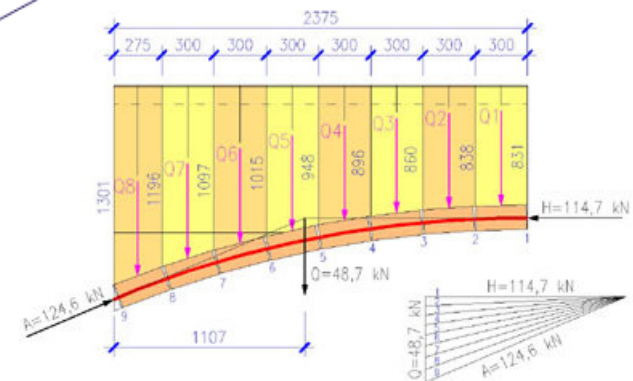
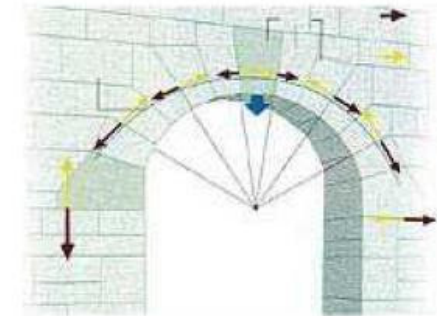
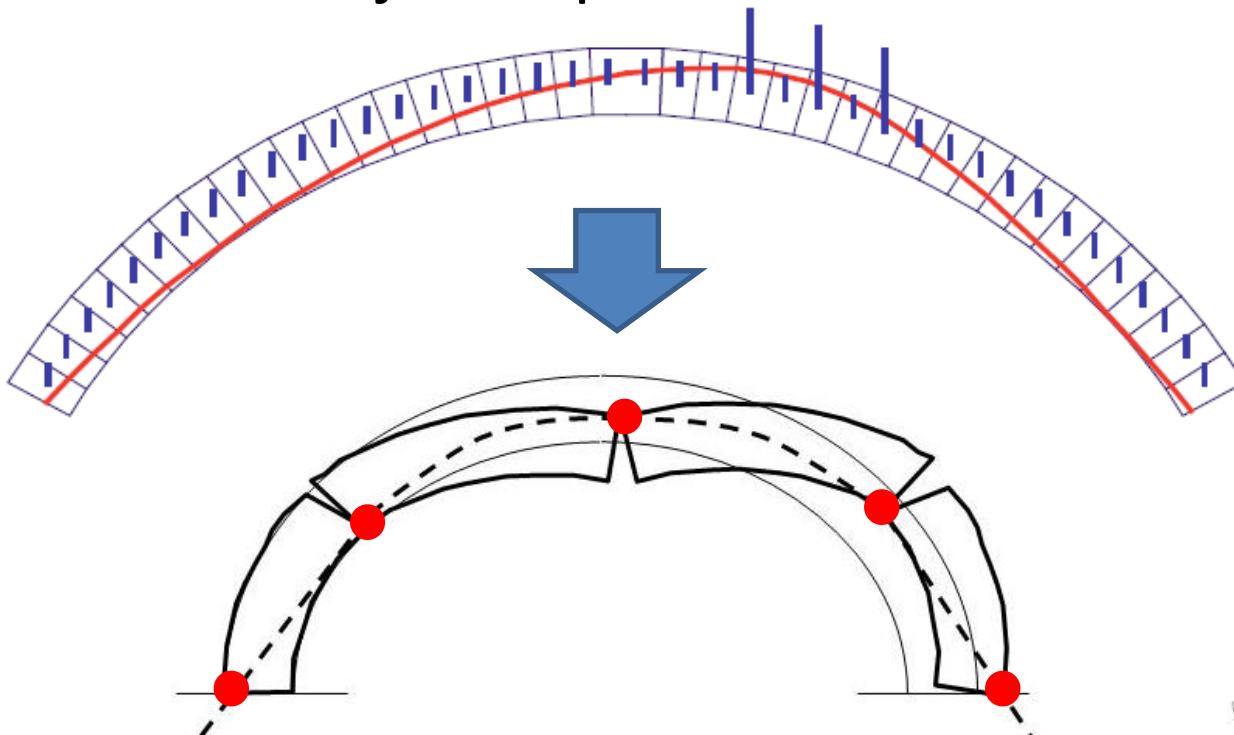


Výslednice sil

- Výsledná tlaková síla v průřezu

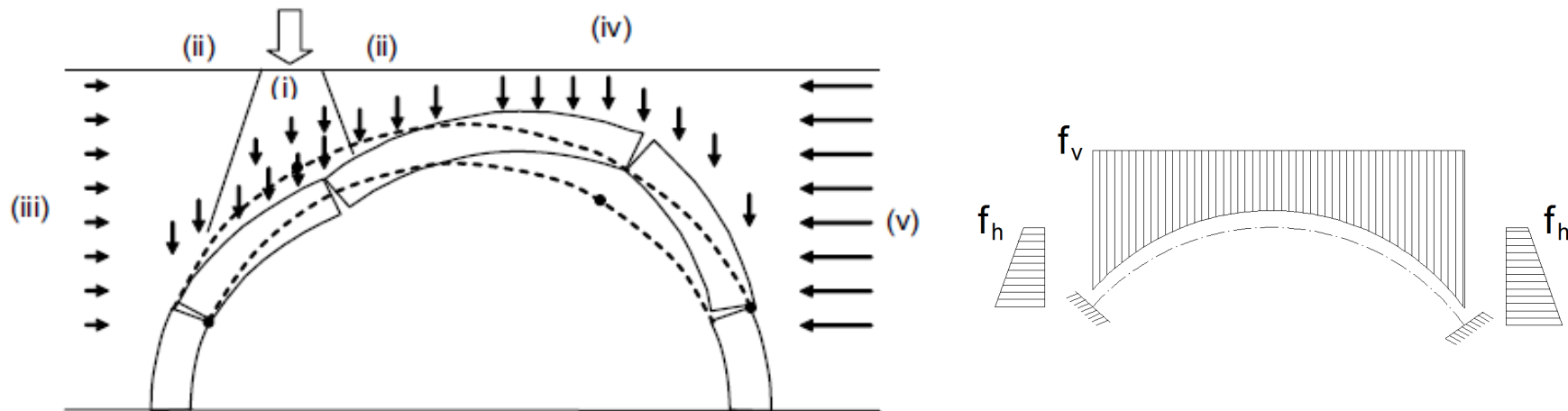
$$N_{\text{celk}} = N + M / e$$

- Při těsném přiblížení k okraji klenby vzniká plastický kloub a statické schéma se mění. Po vzniku 4 kloubů následuje kolaps.



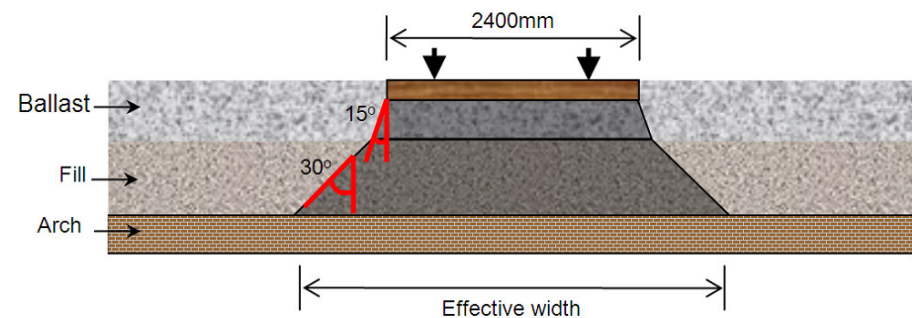
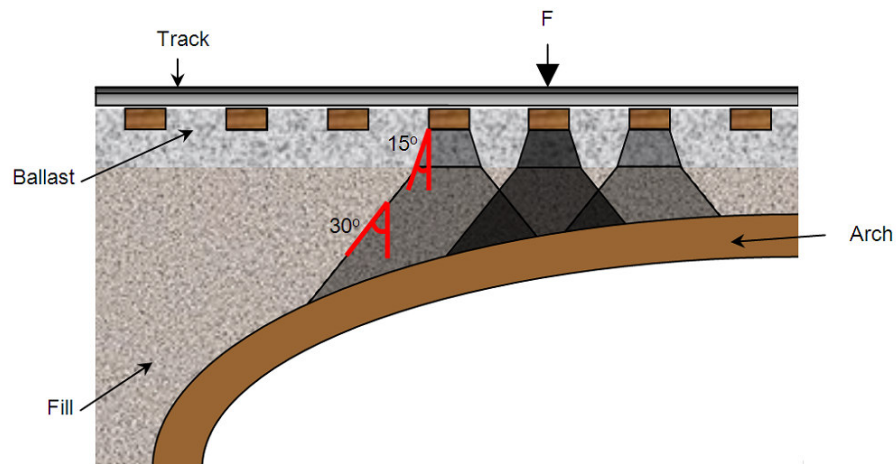
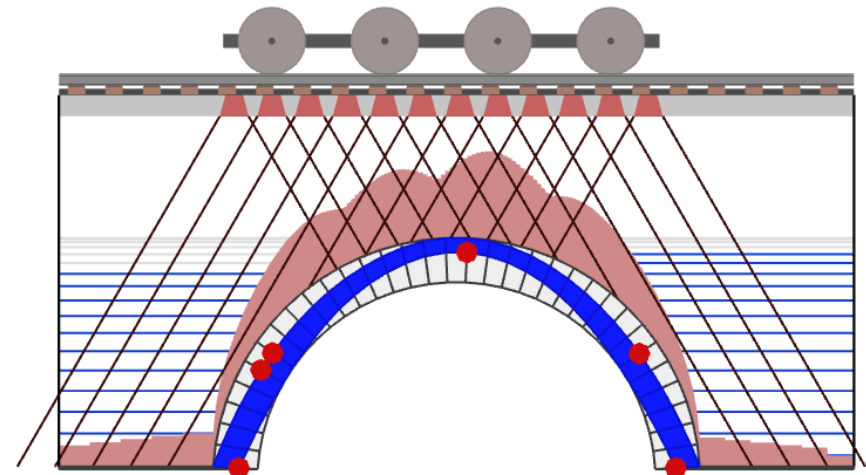
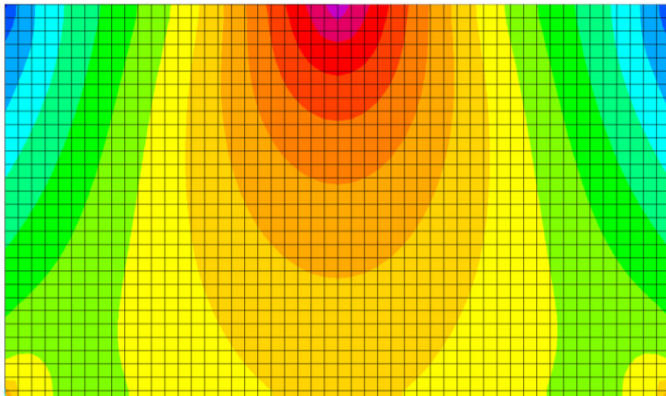
Interakce klenby se zásypem

- Spolupůsobení zásypu klenby s klenbou významně ovlivňuje chování klenby na mezi únosnosti

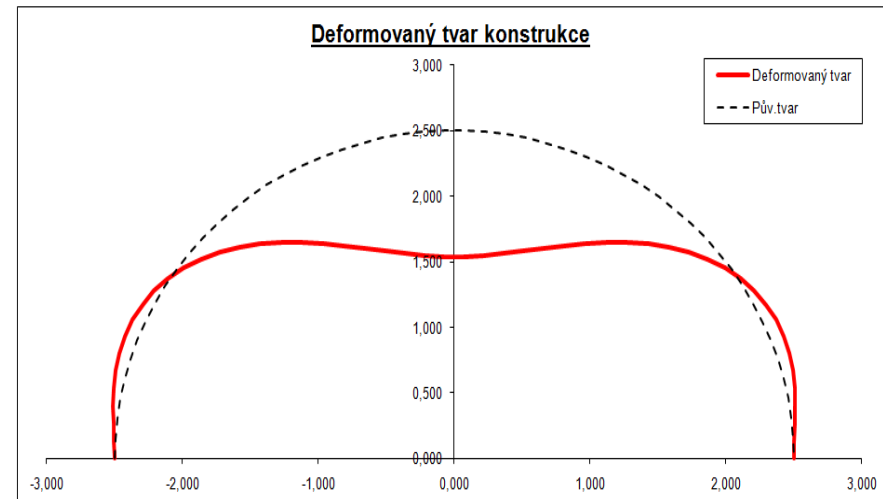
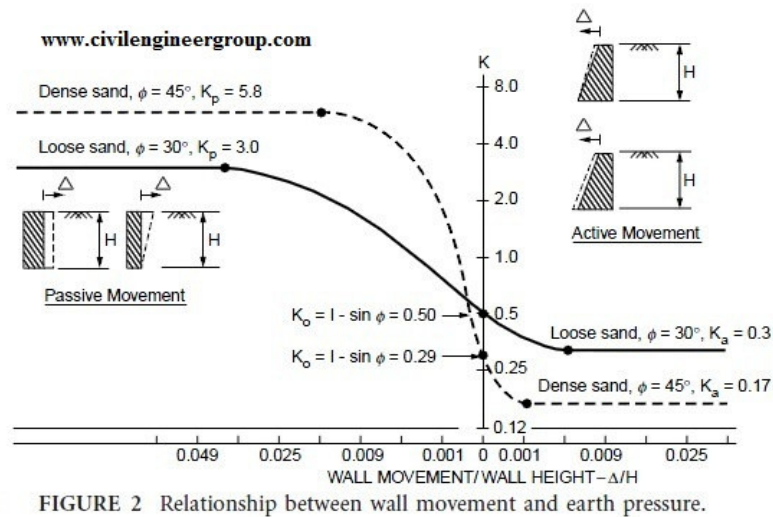


- Působení zásypu v klidovém stavu
- Roznos dopravního zatížení násypem nad klenbou
- Působení zásypu při deformaci zásypu

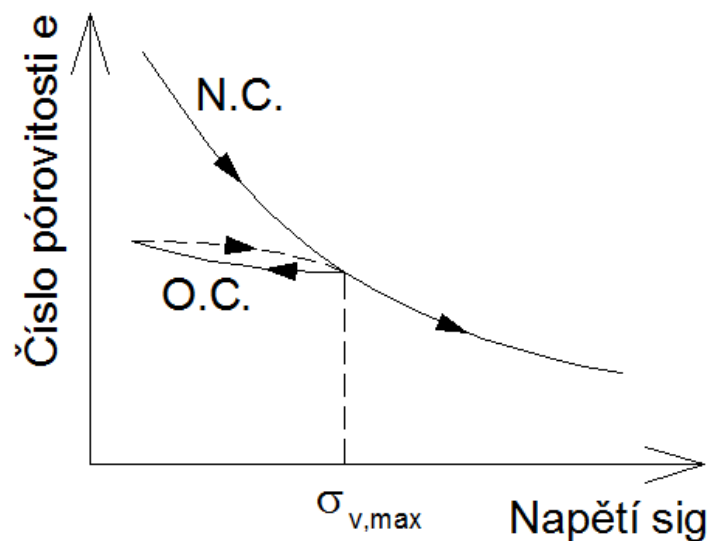
- Roznos zatížení je umožněn smykovou pevností materiálu zásypu (zeminy)
- Roznášení bodových zatížení



- Velikost zemního tlaku je odvislá od deformace klenby



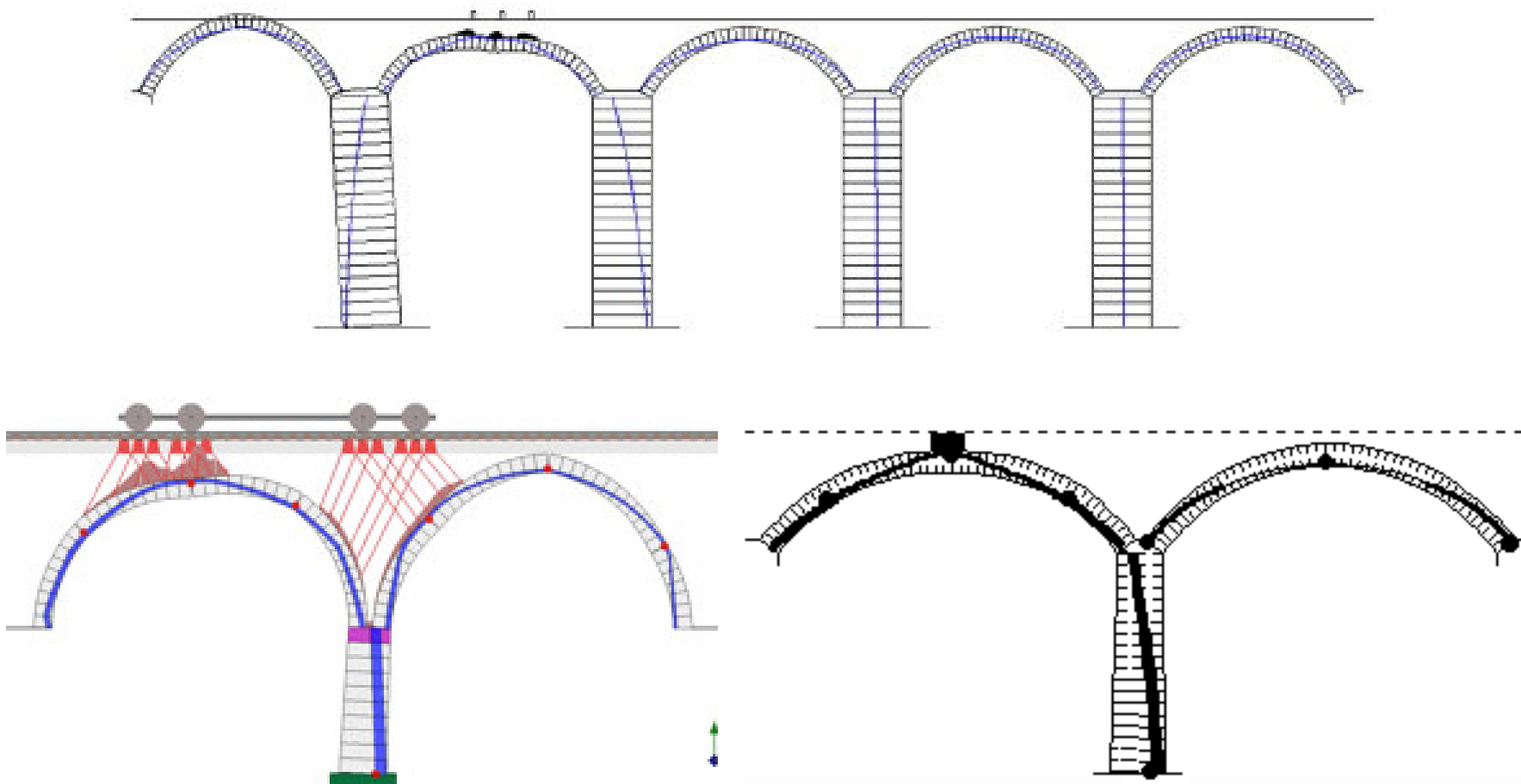
- **Vlastnosti zásypu jsou ovlivněny řadou faktorů**
- Mezi nejvýznamnější patří hutnění a vlhkost
- Hutnění zásypu silně ovlivňuje jeho odezvu na zatížení



- Vlhkost zásypu způsobuje do určité velikosti zvětšení pórového tlaku a tím i zvýšení zdánlivé únosnosti
- Tento efekt se s rostoucí vlhkostí ztrácí a při plné saturaci je již pevnost materiálu významně menší

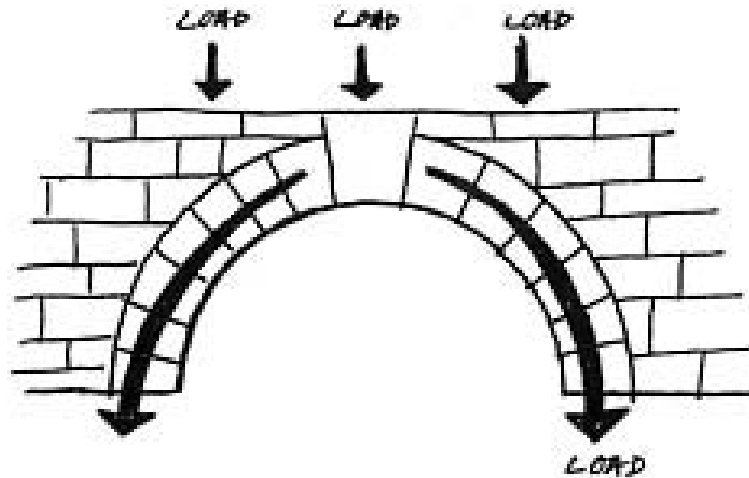
Vliv pilířů a opěr

- Chování klenby ovlivňuje také tuhost opěr a pilířů
- Tuhost bočních podpor



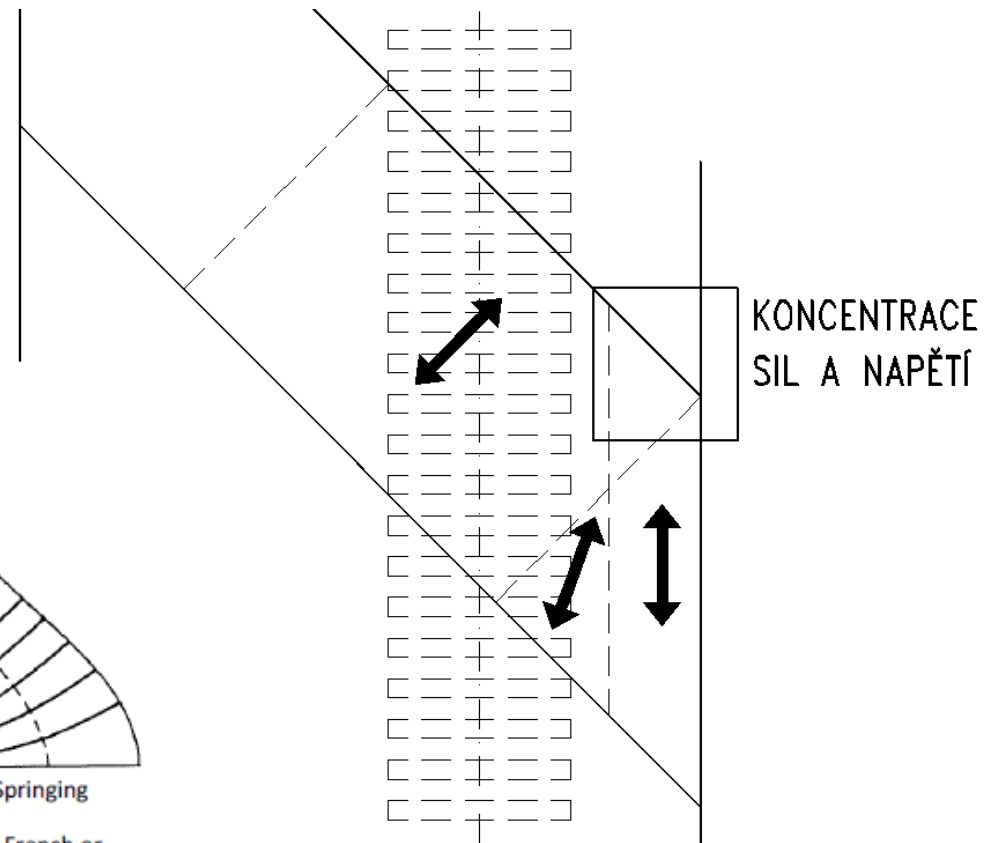
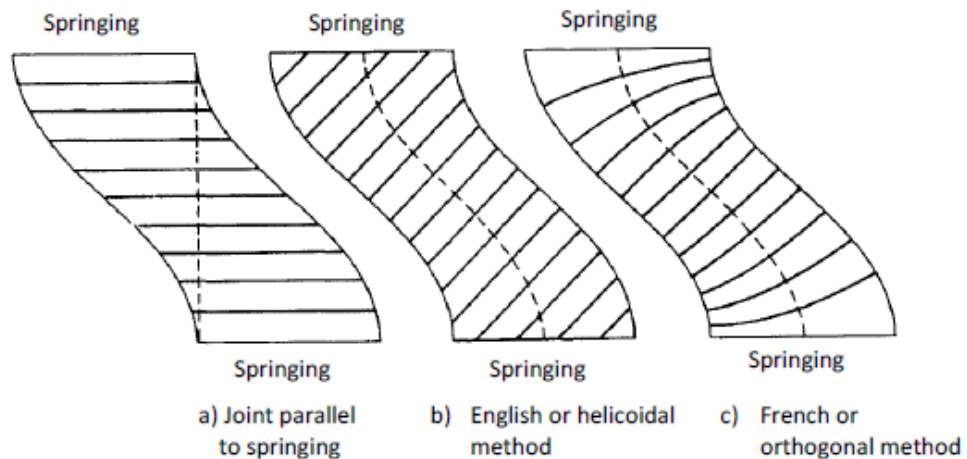
Kolmé / šikmé mosty

- Dochází k přenosu zatížení nejkratší možnou cestou



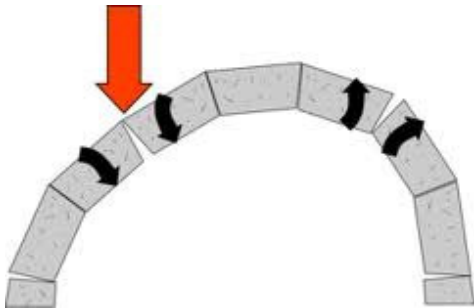
- U šikmých mostů se zatížení přenáší nejkratší cestou do základů, tedy zejména do tupých rohů, kde se koncentruje
- To představuje problém z hlediska odolnosti na vznikající vodorovné síly

- Odolnost a způsob přenosu zatížení ovlivněny uspořádáním spár zdiva
- V konstrukci nutno ověřit rozhodující přenos zatížení

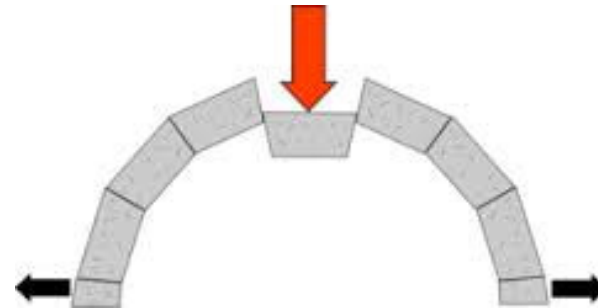


Mechanismy selhání klenby

- Na mezi únosnosti existují dva základní mechanismy selhání



**Ohybové selhání
(vznik kloubu)**



**Smykové selhání
(vznik smykové plochy)**

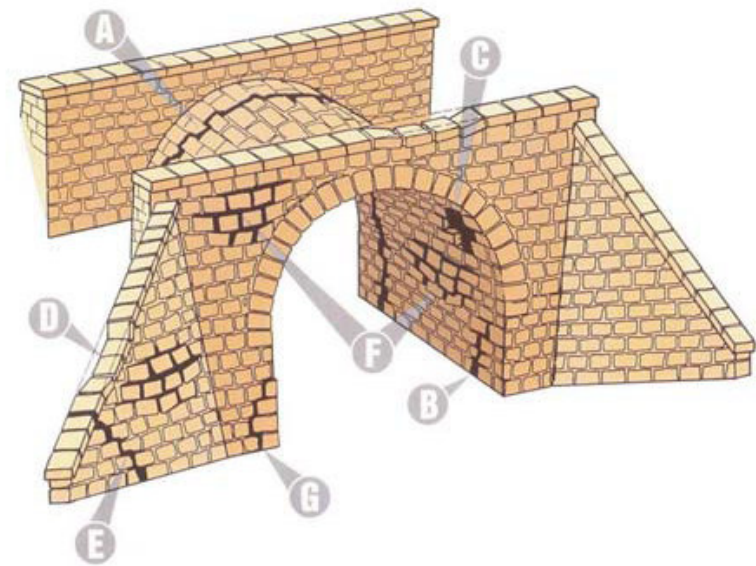


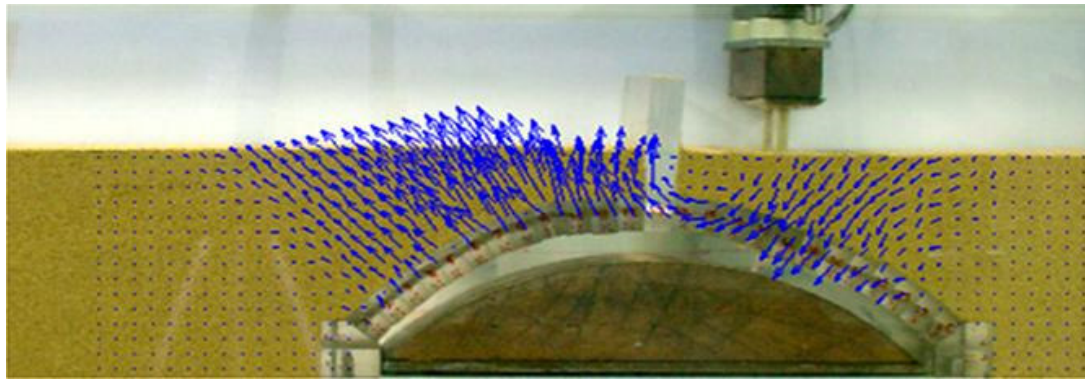
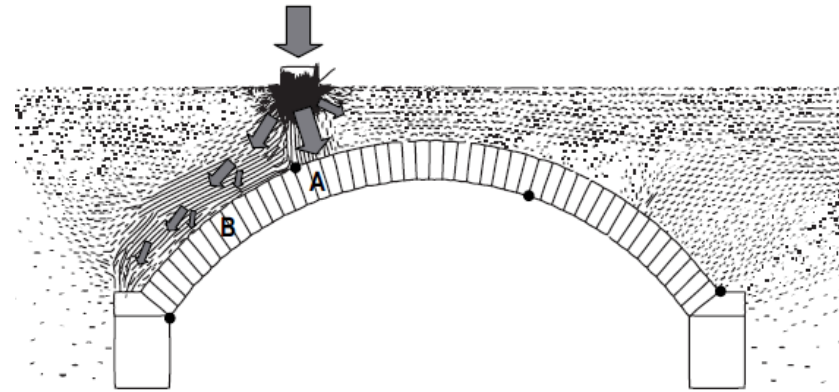
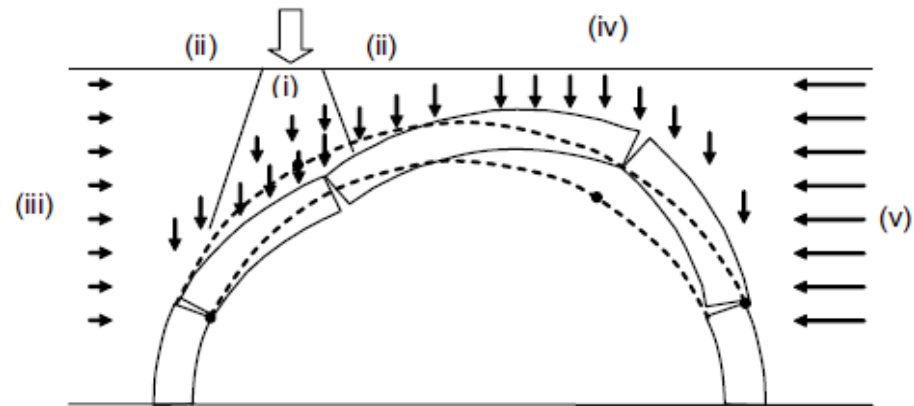
- Zvláštní mechanismus porušení vykazují klenby s více neprovázanými prstenci – vznik kloubů současně s posunutím mezi jednotlivými prstenci
- Rozhodující je zejména pro klenby s větším rozpětím, kdy se odolnost konstrukce redukuje až na 50% !



Mechanismy selhání mostu

- Selhání způsobeno **bud' selháním klenby nebo jiného prvku / části** (přesypávka, založení, čelní zídka,...)
- Klenba je na mostě stabilizována zásypem, což vede k vyšší únosnosti konstrukce
- Více zatížený je vždy tužší prvek konstrukce
- K selhání nosné konstrukce může dojít několika způsoby:
 - Selhání klenby
 - Selhání zásypu
 - Selhání jiných částí/ prvků mostu





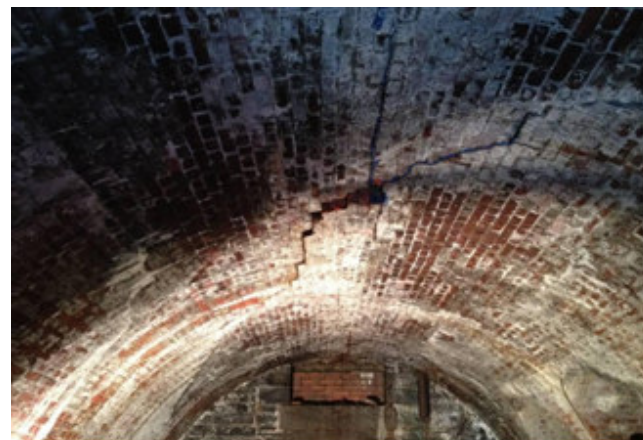
- Dalšími mechanismy porušení klenbového mostu jsou selhání čelní zdi a selhání v důsledku poklesu podpory



Oddělení čelní zdi



Pokles podpory



- Častou příčinou kolapsu mostu je i podemletí části základu v příčném směru nebo selhání křídla





Kontrola, sledování a hodnocení stavu zděných klenbových objektů

Předmět kontrol

- Zpravidla se provádí vizuální prohlídkou mostu
- **Cílem je stanovení rozsahu a příčin poškození a nutnosti dalšího ověření či opravy mostu**

Podrobněji:

- Lokalizace a stanovení rozsahu všech nových poškození od posledního provedené kontroly
- Záznam vývoje existujícího poškození
- Posouzení, zda se stav mostu natolik nezhoršil, že by to znamenalo nutnost nového stanovení zatížitelnost

Poruchy základů

- Zjistitelné zpravidla z druhotných projevů (sedání,...)
- Způsobené zpravidla podemletím, sedáním a výkopy v blízkosti mostu



Poruchy nosné konstrukce

- Způsobeny řadou vlivů :
 - Pokles základů
 - Prostorovým chováním konstrukce
 - Zatížením konstrukce, vč. dynamických vlivů
 - Tlakem zeminy
 - Provedenými opravami a zesíleními
 - Klimatickými vlivy
 - Chemickými vlivy
 - Působením vody

- Obecně je lze rozdělit na:

Poruchy ovlivňující odolnost

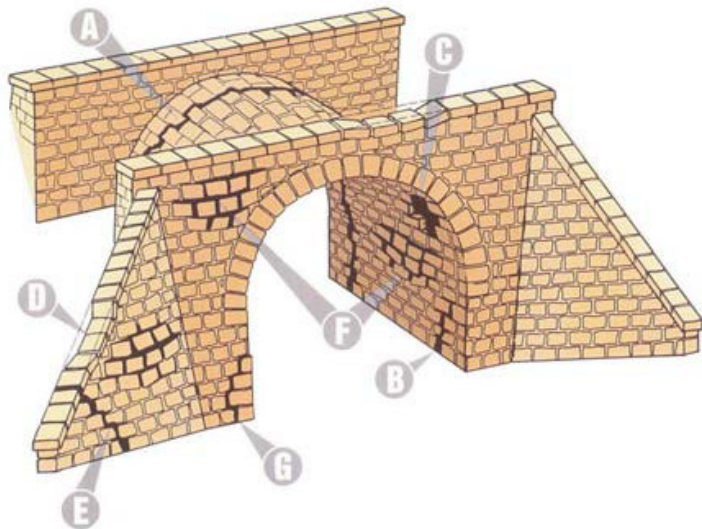
Poruchy ovlivňující trvanlivost

Poruchy ovlivňující odolnost

- mechanické selhání zdiva;
- podélné trhliny ve středu klenby nebo pod čelní zdí na okraji klenby;
- šikmé trhliny v klenbě;
- příčné trhliny v klenbě (tří nebo čtyřkloubové mechanismy, smykový mechanismus a „víceobloukový“ mechanismus);



- úbytek nebo posunutí materiálu v klenbě (vypadlé kameny);
- svislé, vodorovné nebo stupňovité (zazubené) trhliny v pilířích nebo opěrách;
- svislé trhliny mezi zhlavím a dříkem pilíře;
- vyboulení nebo vysunutí čelních zdí;
- natočení (vyklonění) křídel;
- stupňovité (zazubené) trhliny v křídlech.



Poruchy ovlivňující trvanlivost

- povrchové skvrny (vždy značí změnu chem. složení)
- uchycení mechů, lišejníků a růst dalších hub,
- povrchové výluhy, výkvěty, inkrustace a povlaky,
- rozdílné povrchové zvětrávání,



- degradace povrchu – kavitace (honeycombing),
- vydrolení pojiva ve spárách zdiva a uvolňování (vypadávání) kamenů ze zdiva,
- uvolnění a posun zdících prvků.



Metody prohlídek

- Nejčastěji vizuální prohlídka doplněná případně o zkoušky „in situ“ (viz předpis SŽDC S5 a ČSN 73 6221).
- **Zkoušky NDT** – nedestruktivní (georadar, akustické trasování, apod.)
- **Zkoušky MDT** – semidestruktivní (Schmidtovo kladívko, vrtací zkoušky, kamerový průzkum, apod.)
- Výběr je možný podle tabulek ve Vyhlášce UIC 778-3
- Cílem prohlídek je monitorování stavu konstrukce z hlediska její únosnosti a trvanlivosti
- Pokud je to možné, má se sledovat rozevření trhlin, vyklánění čelních zdí, poklesy podpor, apod.

Hodnocení zděných klenbových mostů

Co to je ?

- Stanovení zatížitelnosti mostu a následné posouzení splnění kritérií bezpečnosti a použitelnosti mostu pro zatížení železniční dopravou v souladu s provozními požadavky.
- Může být provedeno jako **kvantitativní** nebo **kvalitativní**. U klenbových mostů je zatížitelnost klenby určována zpravidla kvantitativně, opěry a pilíře jsou obecně hodnoceny zpravidla kvalitativně .

Cíle hodnocení

- **Hodnocení mostu má buď poskytnout informaci, že konstrukce je (a bude) schopna bezpečně odolávat provoznímu zatížení, nebo naopak identifikovat místa a příčiny nedostatečné odolnosti z hlediska zatížitelnosti / přechodnosti.**
- Návrh opravných opatření přitom není součástí hodnocení mostu.

Postup hodnocení

1) Studie podkladů

Studium dostupných podkladů, stanovení stávajícího stavu, předběžná prohlídka objektu, fotografická dokumentace

2) Prohlídka pro hodnocení

Podrobná prohlídka doplněná o diagnostický průzkum, stanovení uspořádání, geometrie a zatížení konstrukce, stanovení materiálových parametrů zdiva a zásypu

3) Analýza konstrukce

Stanovení účinků zatížení, výpočet zatížitelnosti a/nebo přechodnosti, srovnávací analýza

4) Kontrola a závěrečná zpráva

Zhodnocení získaných poznatků, kontrola a závěrečná zpráva

Studie podkladů

- Z dostupné dokumentace se zjistí :
 - typ konstrukce,
 - přesypané konstrukční detaily jako sedla, nadezdívky nebo vnitřní zdi a rozměry základů,
 - použité stavební materiály a jejich vlastnosti,
 - výsledky předchozích sledování a prohlídek,
 - údaje o podloží a zásypu.
- Přitom se využije PD, záznamy z provedených prohlídek a hodnocení
- **Cílem je stanovení konkrétních požadavků na podrobnou prohlídku a následnou analýzu mostu**
- Součástí studie má být i **předběžná prohlídka** sloužící pro ověření získaných informací a závěrů

Prohlídka pro hodnocení (diagnostika)

- Vychází z provedené studie podkladů
- Během prohlídky (diagnostiky) se stanoví všechny důležité rozměry konstrukce a uspořádání mostu (konstrukční detaily)
- Zaznamenají (ověří) se poruchy konstrukce, jednotlivých částí a prvků
- Dále se stanoví vlastnosti zdiva a zásypu, zpravidla souborem vhodně navržených zkoušek vyhodnocených podle platných předpisů
- Při prohlídce je nutno zohlednit požadavky následující analýzy konstrukce

Analýza konstrukce

- Zaměřena na stanovení účinků zatížení, odolnosti konstrukce v obou mezních stavech a vyhodnocení zatížitelnosti a/nebo přechodnosti
- Obecně je možno ji rozdělit do 3 úrovní podle výstižnosti použitých metod:
 - Úroveň 1 – Jednoduché zatížení, analytické metody (*MEXE*)
 - Úroveň 2 – Výstižnější analýza konstrukce, přesnější vstupní údaje (2D modely, mezní metoda analýzy - *ring2.0*)
 - Úroveň 3 – Nejvýstižnější analýza konstrukce, vstupní údaje ověřeny diagnostikou a měřením (2D a 3D modely založené na diskrétní variantě MKP)
- Vhodné je na základě požadavků objednatele a typu konstrukce postupovat od základní úrovně výše

Kontrola a závěrečná zpráva

- Použité podklady, závěry průzkumů, metody hodnocení a jejich výsledky je nutno řádně zdůvodnit, zejména v případě, že dochází k rozporu jednotlivých částí (např. nevyhovující zatížitelnost jinak vyhovujícího mostu)
- V rámci kontroly se kriticky prověří všechny vstupní předpoklady a výsledky hodnocení, případně se provedenou srovnávací a ověřovací výpočty
- Rozsah a zpracování kontroly hodnocení má vycházet z charakteru objektu a jeho významu v rámci železniční sítě

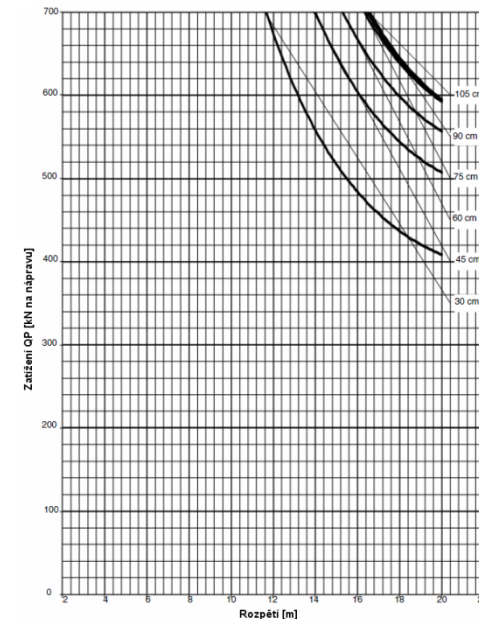
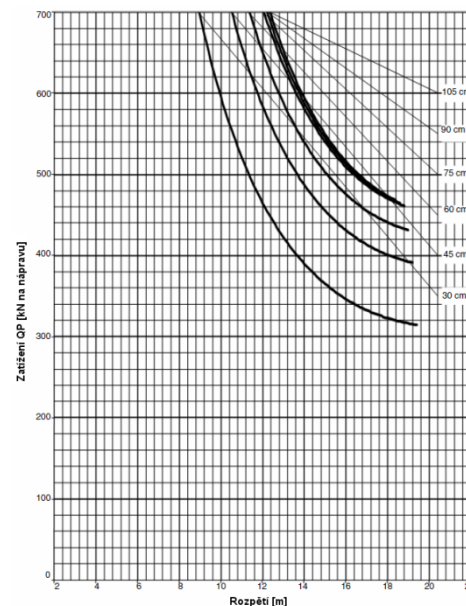
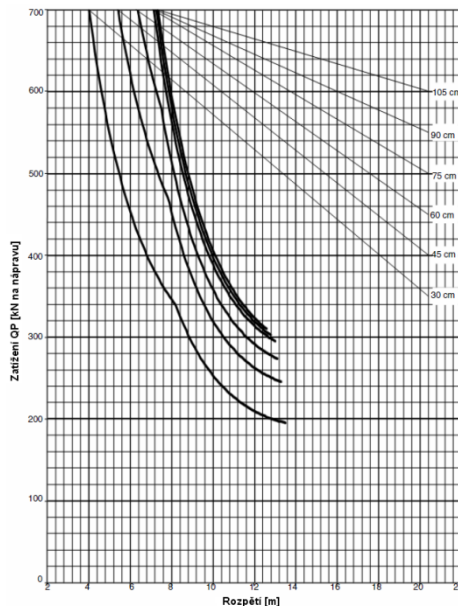
Analytické metody

- Mimo metody MEXE a Pauserovy metody jsou všechny výpočty založeny na analytickém modelu
- Sestavení modelu není triviální záležitostí (viz výše)
- Požadavky na model mají vycházet ze skutečného chování konstrukce a mají respektovat :
 - Skutečné materiálově nelineární chování konstrukce při zatížení
 - Interakci klenby s materiálem zásypu
- Pro praktickou využitelnost navíc:
 - Minimalizace požadavků na vstupní data
 - Použitelnost v inženýrských aplikacích

MEXE metoda

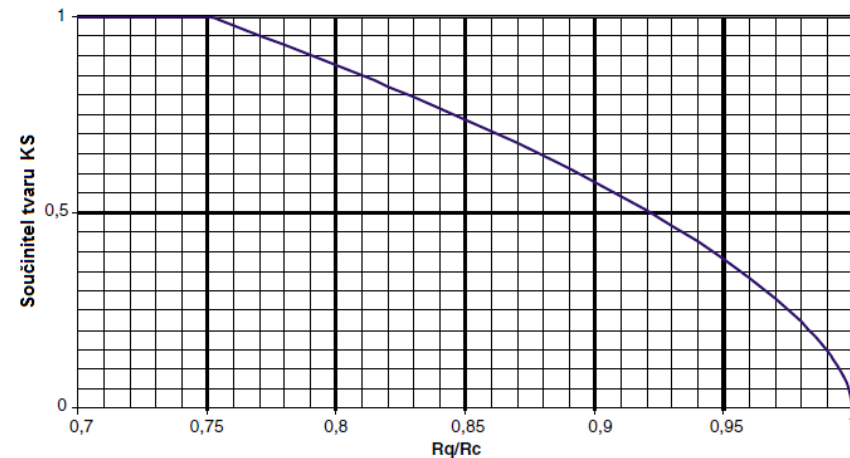
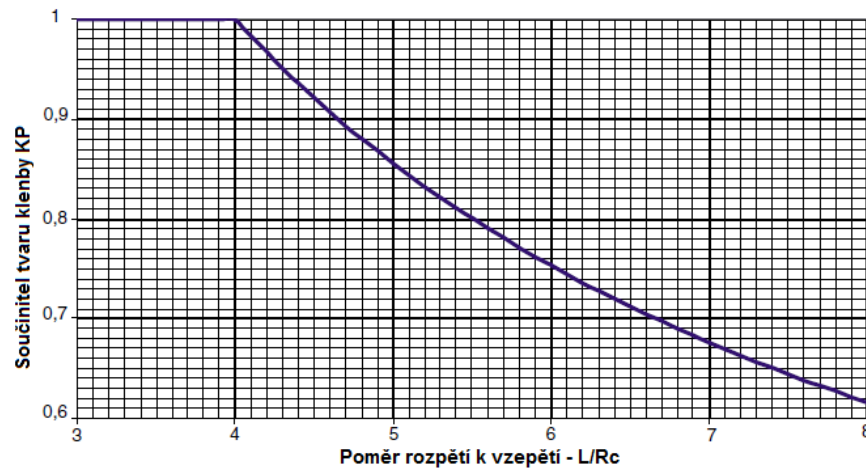
- Přibližná metoda pro stanovení přechodnosti mostů
- Založena na empirických vztazích kalibrovaných s výpočty na prutovém modelu a zkouškami
- Podmínky použití:
 - rozpětí mostu je menší než 20 m,
 - poměr rozpětí/vzepětí nepřesahuje 8,
 - šikmost mostu nepřesahuje 35° ,
 - klenba není viditelně deformovaná.
- Předběžné zatížení na nápravu se stanoví z empirických vzorců (nebo graficky)

- Předběžné zatížení na nápravu závisí na:
 - tloušťce klenby d a tloušťce přesypávky h ,
 - rozpětí (světlosti) klenby S mezi líci opěr nebo pilířů na úrovni patních spár,
 - vzepětí klenby R_c měřené od spojnice patních spár po líc klenby ve vrcholu,
 - vzepětí klenby R_q měřené ve čtvrtině rozpětí, tj. od spojnice patních spár po líc klenby ve čtvrtině rozpětí.



- Přípustné zatížení na nápravu

$$(PAC) = QP \times KP \times KS \times KM \times KV \times KC$$

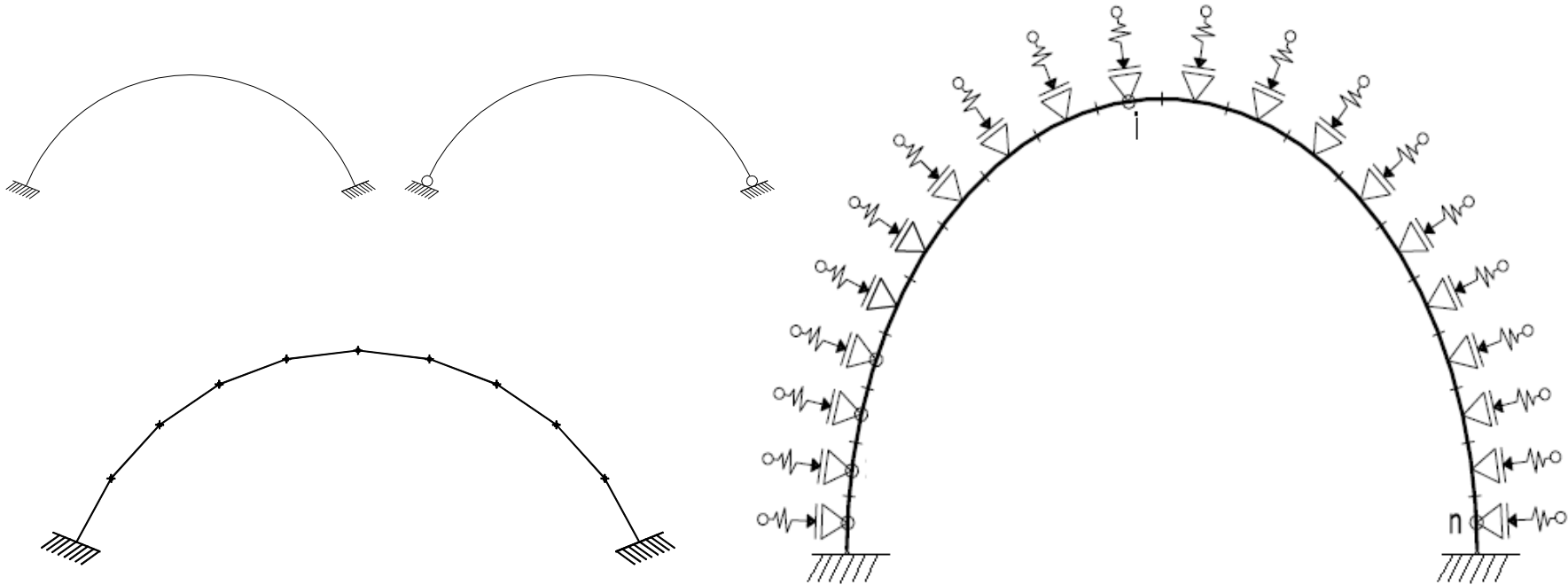


Součinitel KM

Měkká cihla nebo kámen	1,0
Tvrdá cihla	1,2
Masivní beton	1,2
Tvrký kámen	1,5

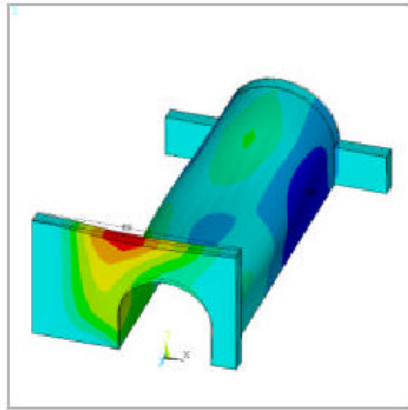
- Součinitel stavu KV mezi 0,75 a 1,0
- Součinitel trhlin KC mezi 0,6 a 1,0

Prutové modely

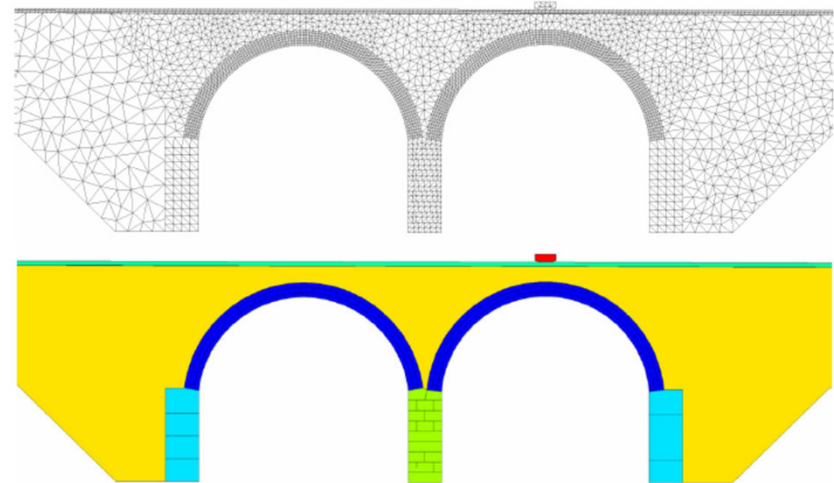
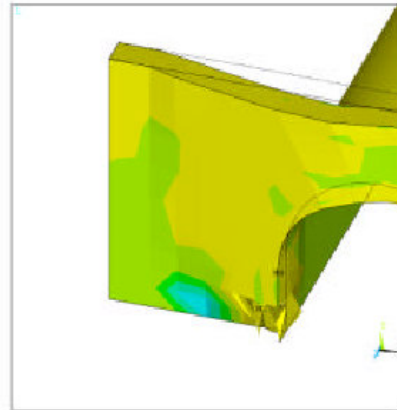


- + Snadné zavedení nelinearit a implementace modelu
- Zatížení modelu dopravním zatížením
- Implementace interakce se zásypem

Plošné modely



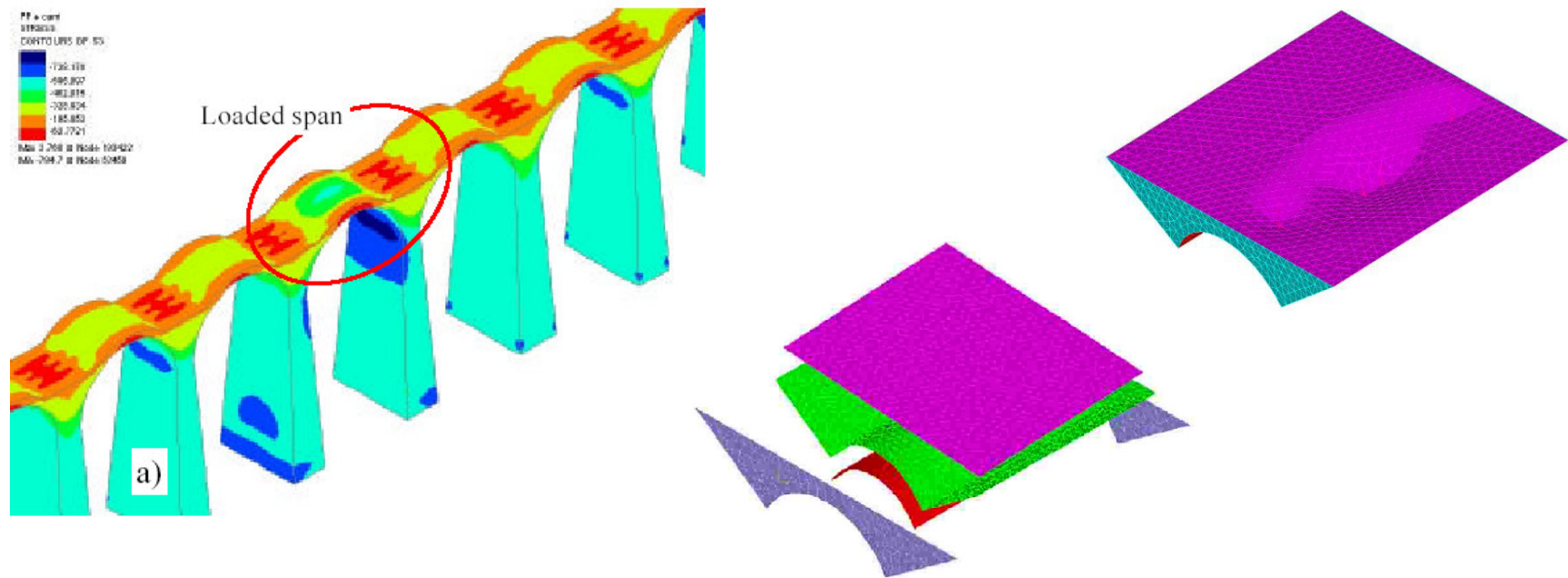
Střednicový plošný model



Model podélného řezu

- + „Automatická“ interakce s násypem
- + Zatížení modelu zatížením na vozovce
- Implementace nelineárního chování materiálů
- Vyhodnocení výpočtu
- Nutná znalost parametrů zeminy zásypu

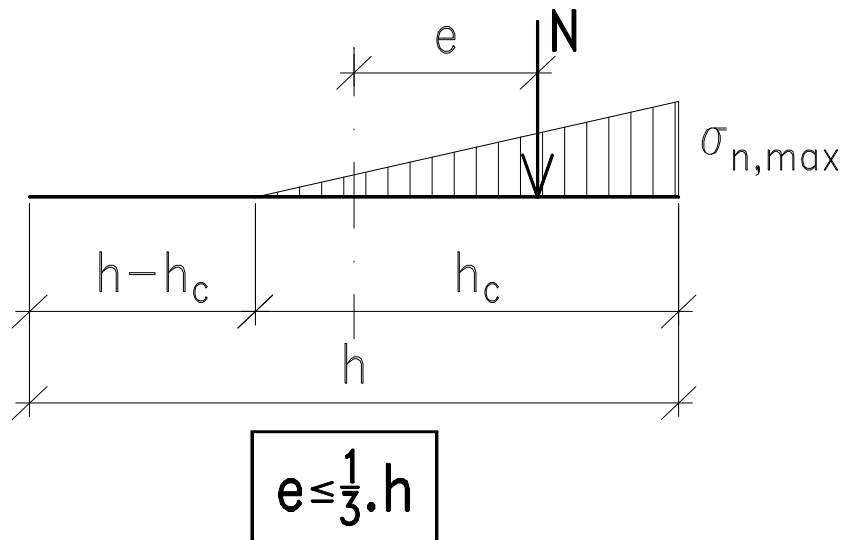
Prostorové modely



- + Komplexní model konstrukce, vč. spolupůsobení
- Nutná znalost materiálových charakteristik
- Implementace modelu a nelinearit
- Vyhodnocení výpočtu

Hodnocení konstrukce

- Většina metod umožňuje stanovení obou „veličin“, a to v závislosti na zadaném zatížení
- U kleneb zpravidla rozhoduje MSP, tj. poloha výslednice zatížení v průřezu nebo maximální napětí ve zdivu

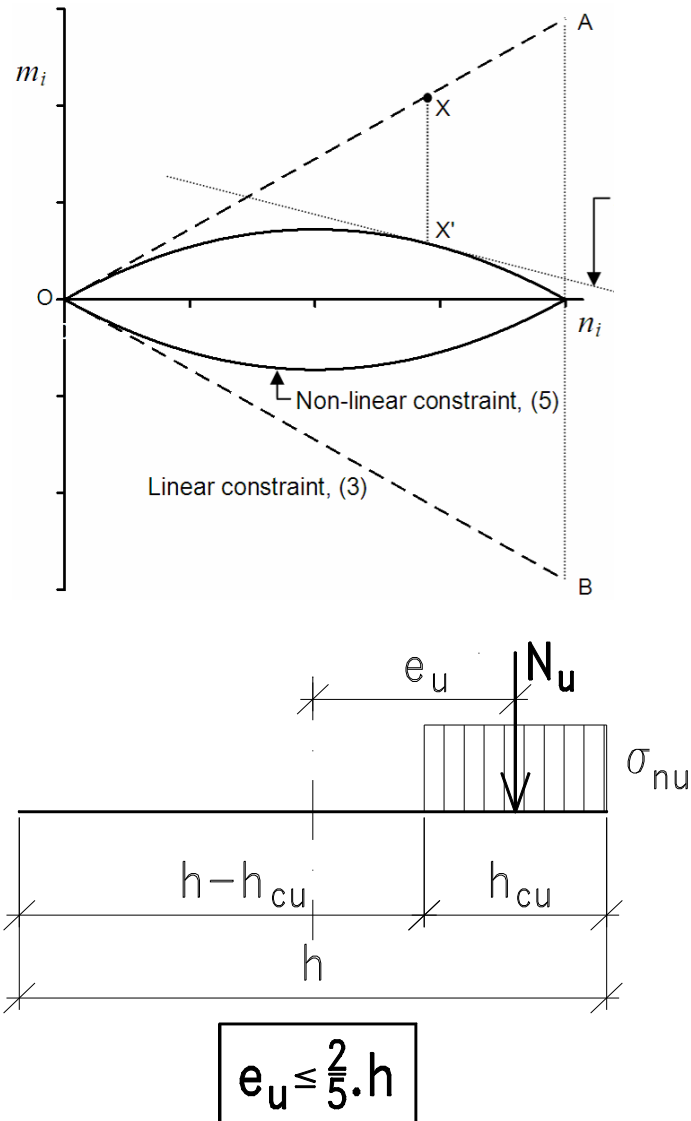


$$\sigma_{n,max} = \frac{N_{Ek}}{3b \cdot (h - 2e)} \leq 0,45 f_k$$

$$h_c \geq \frac{h}{2} \rightarrow e \leq \frac{h}{3}$$

$$e = \frac{M_{Ek}}{N_{Ek}} + e_{init} = \frac{M_{Ek}}{N_{Ek}} + \frac{L_{cr}}{450}$$

- Mezní únosnost bývá zpravidla dostatečná
- Hodnocení závisí na znalostech o konstrukci (γ_M, γ_F)



$$N_{Rd,max} = f_d \cdot b \cdot (h - 2e_u)$$

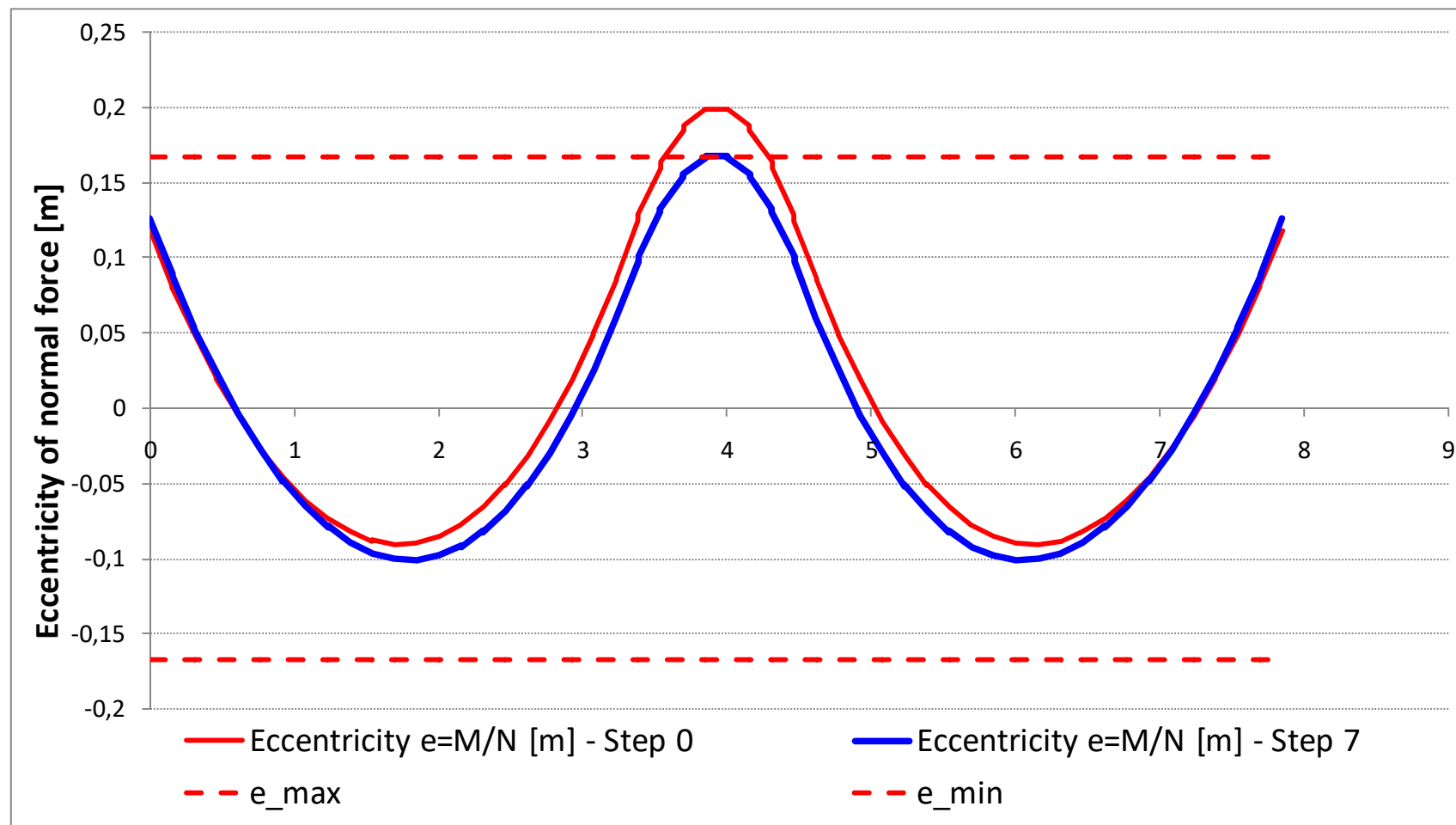
$$M_{Rd,max} = N_{Rd,max} \cdot e_u$$

$$V_{Rd,max} = f_{vd} \cdot b \cdot (h - 2e_u)$$

$$h_{cu} \geq \frac{h}{5} \rightarrow e_u \leq \frac{2h}{5}$$

$$e_u = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} + e_{init} = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} + \frac{L_{cr}}{450}$$

- Účinky zatížení a následné posouzení v jednotlivých průřezech jsou provedeny iteračním výpočtem



Modelování poruch

- V analytickém modelu je nutno zohlednit vliv poruch
- Zavedení jednotlivých typů poruch je v jednotlivých modelech různé

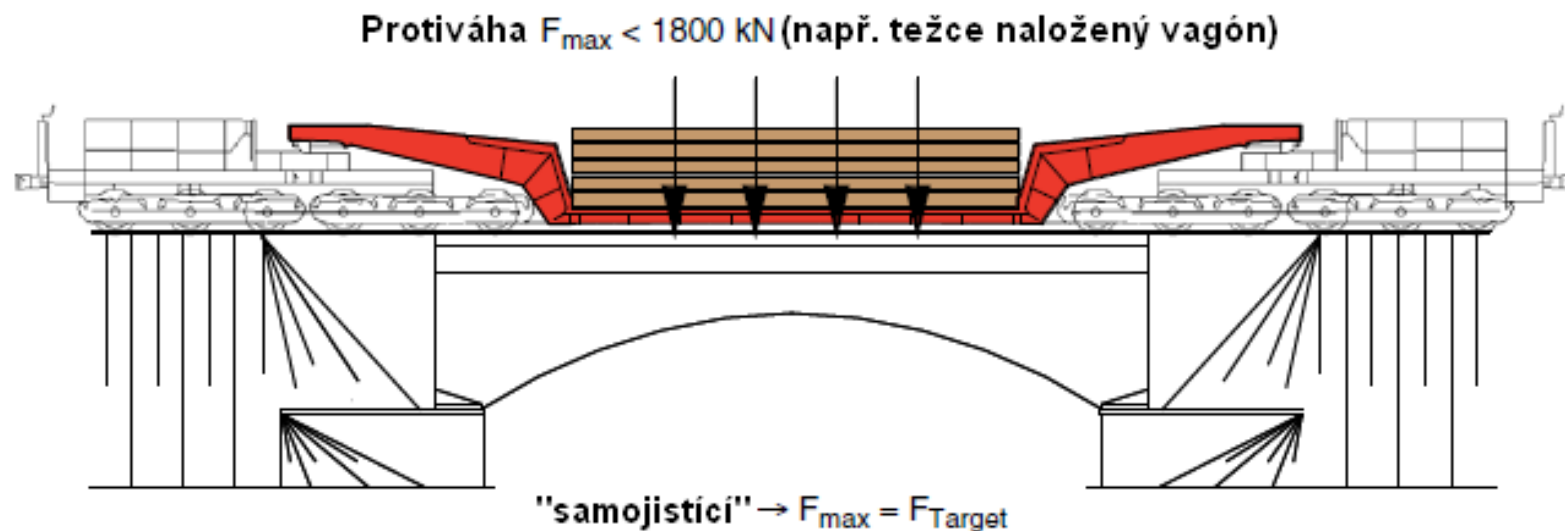
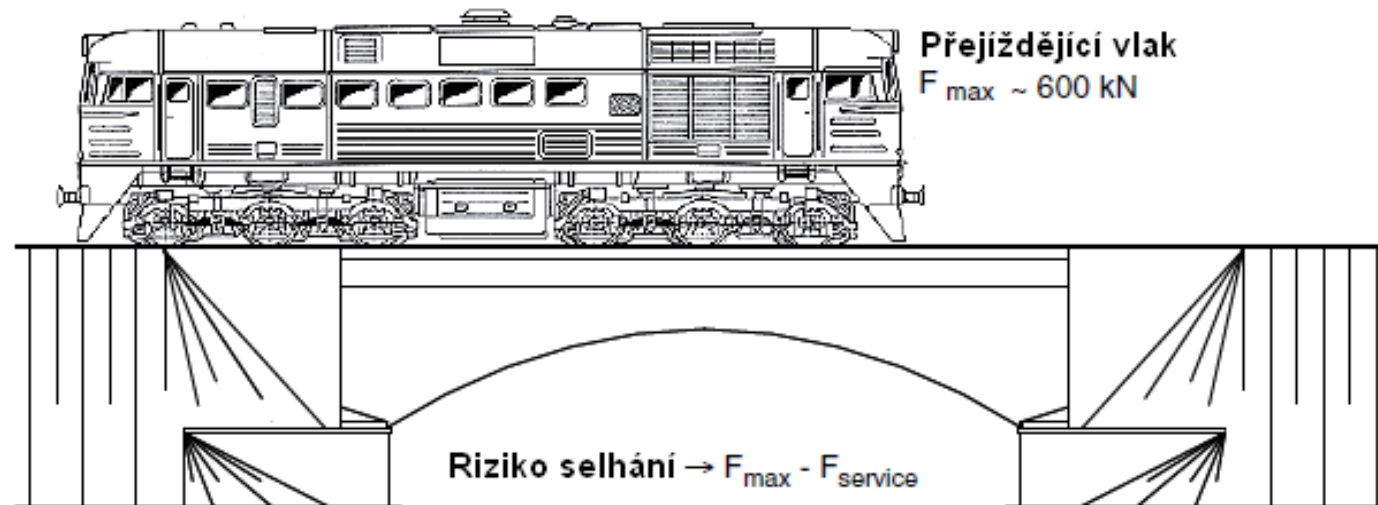
Metoda	MEXE	Pauserova metoda	ARCHIE-M	ring2.0	2D MKP ^a	3D MKP ^a
Typ poruchy						
Snížení pevnosti materiálu	0	2	2	3	3	3
Podélné trhliny	1	1	1	1	1	3
Příčné trhliny	0	1	0	0	3	3
Delaminace	1	0	1	3	3	3
Úbytek materiálu	1	0	2	3	3	3
Deformace	0	0	1	1	3	3
Pokles podpěr	0	1	0	3	3	3
3 - přímo modelované poškození i lokalizované poruchy, 2 - přímo modelované poškození pouze na celkové úrovni, 1 - nepřímo modelované poškození s vysoce zjednodušenou idealizací, 0 - poškození nelze modelovat.						

^a Zahnuje použití materiálového modelu s vyloučením přenosu tahových sil

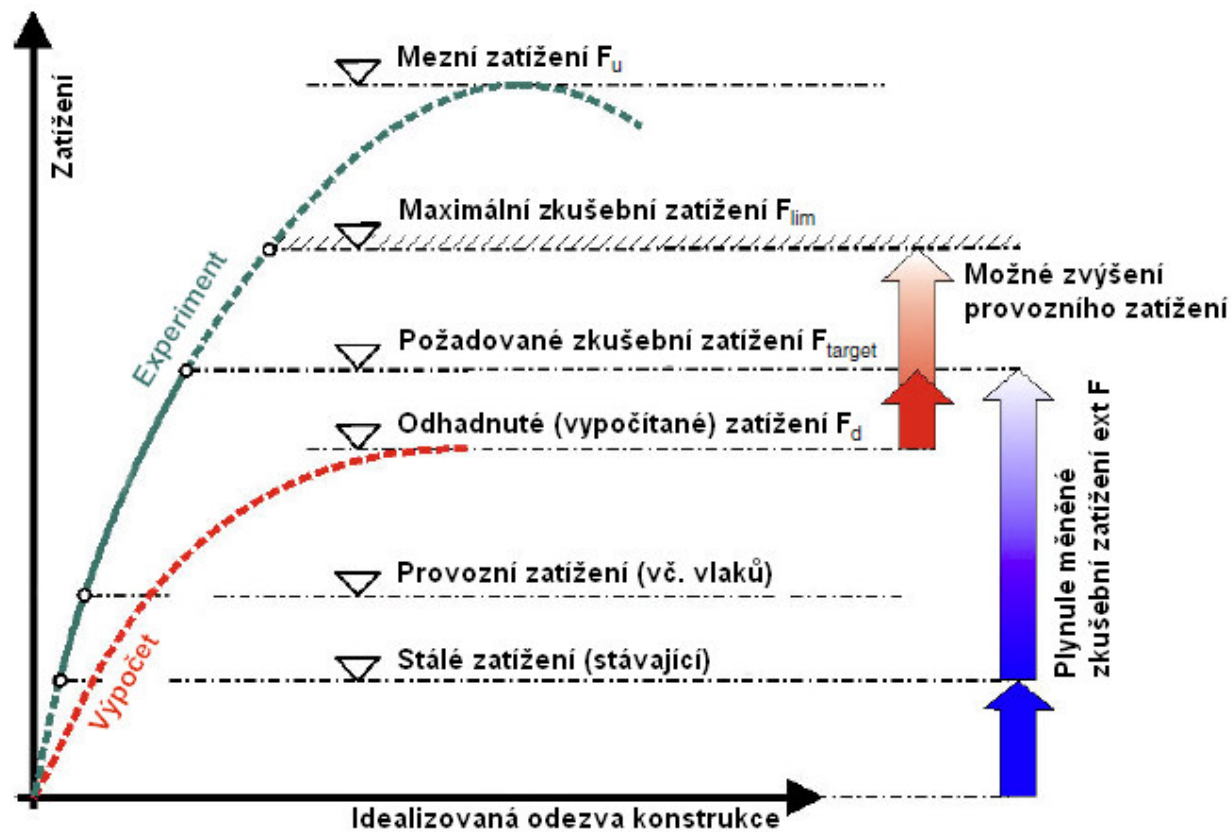
Zatěžovací zkoušky

- Statické a dynamické
- Cílem zatěžovacích zkoušek je:
 - stanovení vlastností materiálu,
 - popis materiálu a konstrukce mostu srovnáním dat zjištěných zkouškami a teoretickou predikcí,
 - upřesnění odezvy mostu,
 - ověření přechodnosti buď přímo zatěžovací zkouškou, nebo potvrzením chování zvoleného teoretického modelu (obvykle pro modely 3D MKP).
- Od zatěžovací zkoušky nelze očekávat informace o lokálních vlastnostech konstrukce a z výsledků nelze usuzovat na stádium poškození konstrukce

- Zatížení bud' drážními vozidly, speciálními vagóny nebo zařízeními



- Zkouškou možno pouze ověřit konkrétní hodnotu



Údržba, opravy a zesilování zděných klenbových mostů

Cíle a zásady údržby a oprav

- Hlavním cílem údržby železničních mostů je zajistit jejich provozuschopnost, tj. udržovat most v takovém stavu, aby byl schopen přenášet bez poškození příslušné zatížení železniční dopravou.
- Jakákoliv údržba nebo rehabilitační zásahy nesmějí narušit konstrukční celistvost klenby a zároveň musí být fyzikálně, chemicky a mechanicky kompatibilní se stávající konstrukcí.

Opravy, jejichž návrh nezohledňuje konstrukční chování klenby, nebudou pro konstrukci přínosné.

- **Před prováděním jakýchkoliv prací musí být stanoveny příčiny stávajícího stavu a navržena vhodná opatření**
- **Oprava musí řešit nejen nevyhovující stav konstrukce ale také odstranit příčinu tohoto stavu**
- Nejčastějšími příčinami nevyhovujícího stavu jsou zatékání a poruchy hydroizolace a odvodnění



Čištění zdiva

- Je nesprávné předpokládat, že prvním krokem má být očištění zdiva za účelem odstranění všech usazenin nepatřících k základnímu materiálu.
- Čištění je nevratný proces a existuje riziko, že budou odstraněny ochranné vrstvy a povrch materiálu bude poškozen.



Tryskání

- Mechanické nebo VVP
- Tlak, resp. tvrdost abraziva nutno předem vyzkoušet na referenčních plochách
- Při velkých tlacích může docházet k nevratnému poškození materiálu a zvětšení kontaktní plochy s okolím (následný intenzivnější vliv prostředí)



Mechanické čištění

- Pomocí mechanických pomůcek (kartáče, brusky)
- Účinek čištění a vliv na zdivo nutno předem vyzkoušet na referenčních plochách



Opravy zdiva

- Opravy se praktikují tam, kde stav zdiva dovoluje jeho další využívání bez nutnosti zesílení
- **Vždy je nutné identifikovat a odstranit příčinu nevyhovujícího stavu**
- Při opravách je třeba používat materiály s vlastnostmi blízkými původním, z důvodu rovnoměrné distribuce zatížení v jednotlivých částech (původní / opravené) – Malta, doplňované zdivo, apod.
- Použitím příliš jiných materiálů (např. cementová malta místo vápenné) může dojít k následnému porušení zdících prvků v důsledku koncentrace napětí na hranách nebo změny vodního režimu

Náhrada materiálu

- Použití sanačních malt nebo výměna jednotlivých zdících prvků v závislosti na hloubce degradace
- Vlastnosti materiálu musí odpovídat původní konstrukci
- Velký problém je případná aktivace nového materiálu



Spárování

- Spáry je nutno před opravou spárování dobře vyčistit
- Malta musí odpovídat svými vlastnostmi původnímu materiálu



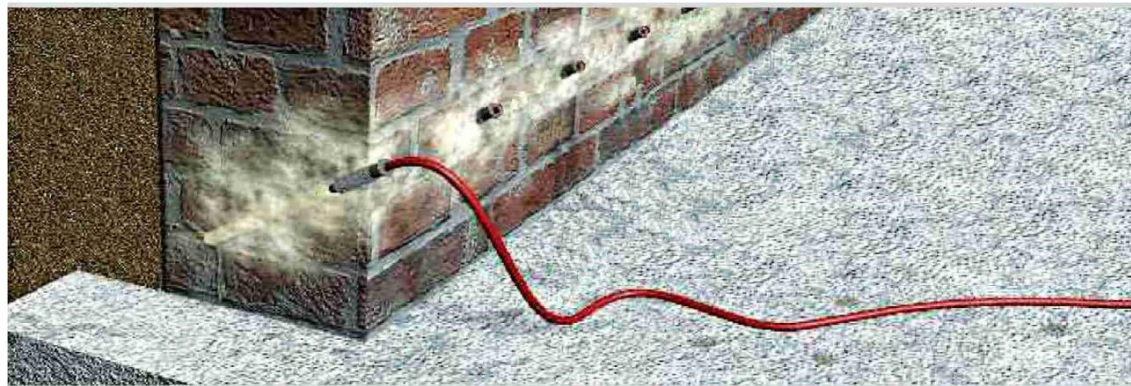
Injektáž a zpevňování

- Injektáž trhlin se provádí standardními postupy s těsněním spár a pakry v max. vzdálenosti 50 cm
- Zpevňováním je myšlena penetrace zdiva speciálními přípravky pro zlepšení vlastností zdiva



Hydrofobizace

- Utěsnění povrchu zdiva proti pronikání vody
- Nesmí dojít k uzavření vlhkosti ve zdivu nebo ke změně vodního režimu v konstrukci. Jinak hrozí poškození!
- Provádí se vhodnými nátěry, nástřikem nebo penetrací
- Použije se jen pro exponované prvky (římsy, krajní klenáky, pilíře u komunikace, apod.)



Zesilování zdiva

- Cílem zesilování je buď obnovení původní zatížitelnosti mostu, pokud je hodnocením zjištěná aktuální zatížitelnost mostu nižší než požadovaná hodnota, nebo její zvýšení v důsledku většího požadovaného dopravního zatížení mostu, včetně zvýšení rychlosti vlaků.
- Pro návrh zesilování zděných klenbových mostů se nemají používat empirické metody typu MEXE.

Příčné sepnutí tyčemi

- Odvozeno od železového betonu, kdy příčné vyztužení zvyšuje pevnost v tlaku a mezní plastické přetvoření.
- Příčné vyztužení může mít příznivý vliv na efektivní šířku klenbového pasu přenášejícího zatížení.
- Při aplikaci tohoto postupu na konstrukce z cihel však vznikají následující nejistoty:
 1. nejsou k dispozici důkazy potvrzující efektivitu metody,
 2. příčné vyztužení je realizováno pouze v jednom směru (mezi čelními zídkami) a navíc není provedeno v celé tloušťce klenby,
 3. poškození vzniklé v klenbě vrtáním kanálků může být horší než příznivý vliv sepnutí.



Stříkaný beton

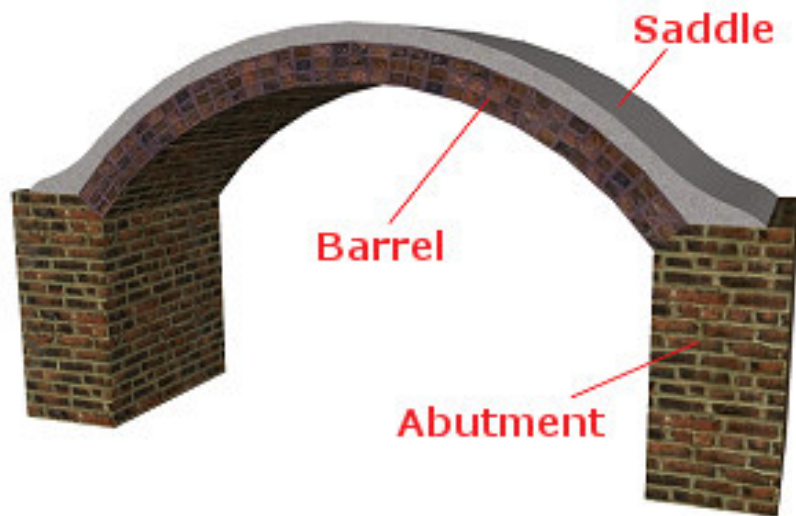
- Ochrana a zesílení zdiva vrstvou betonu s výztužnou sítí, zabraňuje rozvolnění zdiva
- Tloušťka obvykle do 100 mm
- Významně mění vzhled mostu a vodní režim
- Přínos z hlediska zesílení je sporný
- Navíc zakrývá původní konstrukci pro prohlídky





Osedláni klenby

- Vytvoření betonové vrstvy na rubu klenby
- Zesílení pro působící zatížení a podklad izolace
- Problematické je spřažení s původní klenbou, reologické vlivy chování betonu a přerozdělení vnitřních sil v rámci průřezu



Zesílení povrchovou výztuží

- Výztuž vlepovaná do drážek na rubu nebo líci klenby
- Problematická je soudržnost mezi lepidlem a původním zdivem



Podklenování

- Vytvoření druhé nosné konstrukce, která spolupůsobí s původní klenbou
- Může být tvořena definitivní klenbou (beton, zdivo) nebo provizorní konstrukcí (ocel)
- Nutno vyřešit problematiku odvodnění a aktivace



Děkuji za pozornost ...

