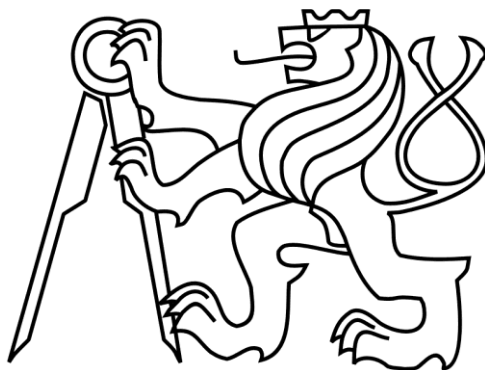


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



Diplomová práce

Rekonstrukce silničního mostu II/150 Okrouhlice

Teoretická část

Vypracoval:

Michal Kulhavý

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng.

Rok:

2016/17

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Rešerše.....	3
2.1	Historie	3
2.2	Pojmy	5
2.2.1	Integrovaný most.....	5
2.2.2	Semintegrovaný most.....	6
2.2.3	Neintegrovaný most	6
2.3	Výhody a nevýhody integrovaných mostů.....	7
2.3.1	Výhody.....	7
2.3.2	Nevýhody	9
2.4	Možnosti řešení přechodu mezi opěrou a pilotou	10
2.4.1	Tuhé spojení mezi opěrou a pilotou	10
2.4.2	Vrubový kloub.....	10
2.4.3	Zúžená pilota	11
2.5	Přechodová oblast	12
2.5.1	Přechodové desky.....	12
2.5.1.1	Zasypaná přechodová deska.....	15
2.5.1.2	Přechodová deska rozdělená na několik prvků spojených výztuží	16
2.6	Zemní tlaky	17
2.6.1	Svislé zemní tlaky	18
2.6.2	Vodorovné zemní tlaky	18
2.6.2.1	Zemní tlak v klidu	19
2.6.2.2	Aktivní zemní tlak.....	20
2.6.2.3	Pasivní zemní tlak	21
3	Seznam literatury	22
3.1	Citace.....	22
3.2	Seznam obrázků	23

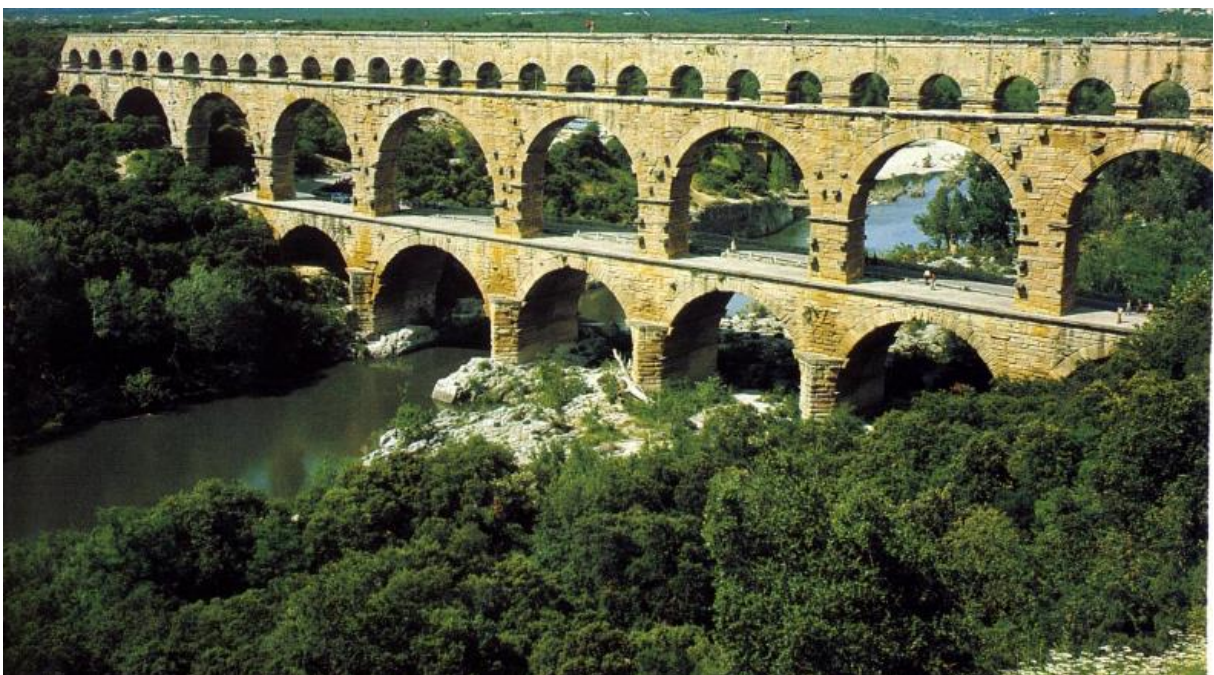
1 Úvod

V této části diplomové práce bude krátký úvod do problematiky integrovaných mostů.

2 Rešerše

2.1 Historie

Most je konstrukce, která převádí komunikaci (pěší, silniční, železniční...) mezi dvěma body přes údolí, vodu nebo jinou překážku, kterou nelze překonat jinak než přemostěním. Mezi první mosty můžeme počítat kmeny stromů, ať už spadlých samovolně nebo účelně použité člověkem. Významný posun ve vývoji stavění mostů bylo využívání trvanlivějších materiálů. Zpočátku to byl kámen, dále pak od 18. století ocel a ve 20. století se stal významným materiálem pro stavbu mostů beton (prostý beton, železobeton, předpjatý beton).



Obr. 1: Most a akvadukt Pont du Gard nedaleko Nimes, Francie

Historie integrovaných mostů sahá do doby daleko před Kristem, kdy se stavěly klenbové mosty. Do doby než se začaly používat „novodobé“ materiály jako ocel a beton se stavěly všechny mosty bez ložisek a závěrů. Vlivem vzrůstajícího dynamické zatížení, kterému musely mosty postupem času čelit, a také cyklickému zatěžování teplotou se ovšem bez mostních ložisek a závěrů nedokázaly obejít. Časem se ovšem ukázalo, že životnost mostních závěrů a ložisek je podstatně nižší než životnost konstrukce mostu, tudíž jsou tyto části považovány za slabá místa v životnosti mostní konstrukce. Výměna ložisek a závěrů v průběhu životnosti konstrukce přináší nejen zvyšování celkových nákladů na stavbu, ale také výluky a omezené používání mostu při jejich výměnách. Z těchto důvodů se začalo uvažovat o návratu k původním uspořádáním mostů bez ložisek a závěrů.

Průkopníkem v této myšlence bylo USA. V roce 1938 postavili první integrovaný most přes řeku Teens run, Ohio. Byl to železobetonový most o 5 polích celkové délky 43,3 m. Od tohoto okamžiku se integrované mosty začaly šířit a bylo postaveno mnoho integrovaných rámových mostů. [2]

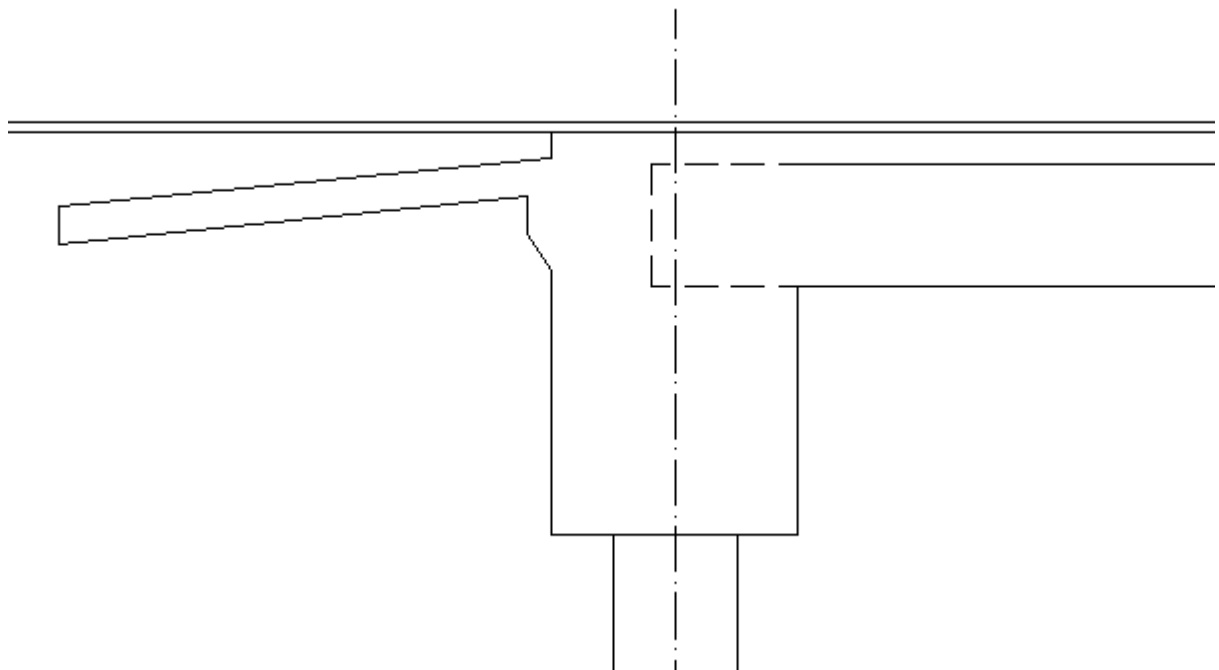


Obr. 2: Integrovaný most Verbundbrücke na dálnici A6, Německo

2.2 Pojmy

2.2.1 Integrovaný most

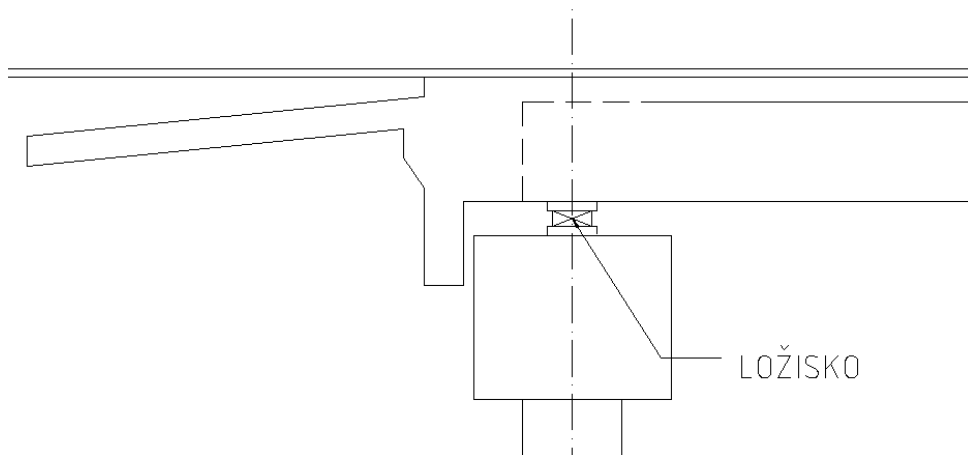
Integrované mosty jsou mosty bez mostních ložisek a mostních závěrů. Konstrukce tedy probíhá přes celou délku beze spár a není oddělena od spodní stavby. Všechny stavební části jsou spojeny monoliticky a opěry spolupůsobí s nosnou konstrukcí. Tím tedy dochází k významné interakci zeminy za opěrami s nosnou konstrukcí. Důležitým faktorem návrhu integrovaného mostu se stávají zemní tlaky, které mohou významně ovlivňovat napjatost nosné konstrukce. V anglicky mluvících zemích jsou tyto mosty označovány jako fully integral abutment bridges. [4]



Obr. 3: Schéma integrovaného mostu v oblasti opěry

2.2.2 Semintegrováný most

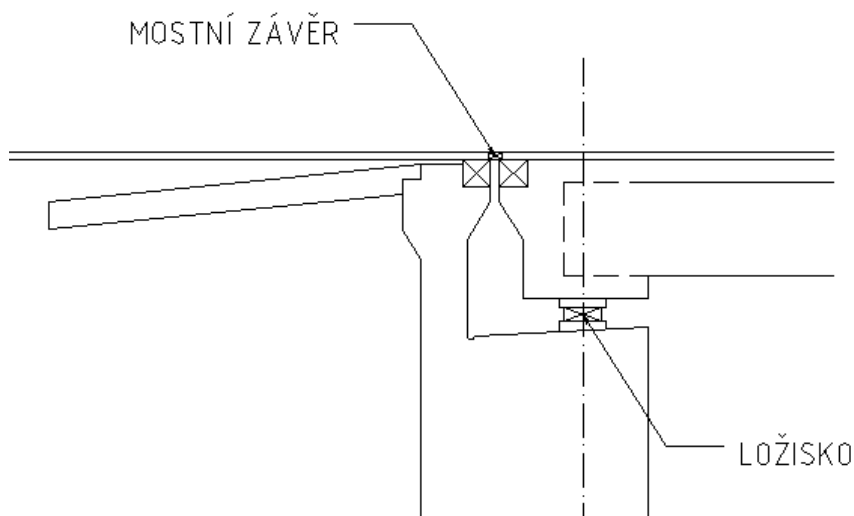
Semiintegrováné mosty jsou částečně integrované mosty, které mají provedeny opěry buď na ložiskách, ale bez mostních závěrů nebo bez ložisek s mostními závěry. Např. v Německu jsou tyto mosty ve Směrnících pro návrh a provádění inženýrských staveb RE-ING definovány: „Jako semiintegrováné mosty jsou označovány rámové konstrukce, které nejsou integrované a u nichž jsou minimálně dva pilíře monoliticky připojeny k horní stavbě“. [4]



Obr. 4: Schéma semiintegrováného mostu v oblasti opěry

2.2.3 Neintegrováný most

Neintegrováný most má nosnou konstrukci oddělenou od spodní stavby pomocí ložisek a mostních závěrů.



Obr. 5: Schéma mostu tradičního uspořádání s ložisky a mostním závěrem v oblasti opěry

2.3 Výhody a nevýhody integrovaných mostů

2.3.1 Výhody

Integrované mosty mají řadu výhod a předností díky kterým se rozšiřuje počet těchto konstrukcí. Některé hlavní výhody jsou uvedeny níže:

Jednoduché tvary konstrukce – na rozdíl od tradičního uspořádání, kdy je spodní stavba oddělena ložisky a mostními závěry od nosné konstrukce, integrované mosty mohou být považovány za spojitý rám. To nám přináší další výhodu ve snížení požadavků na tvar a členitost bednění.

Konstrukce bez dílů kratší životnosti (ložiska, mostní závěry) – odstranění ložisek a mostních závěrů vede ke snížení pořizovacích nákladů. Jelikož jsou tyto části mostu považovány za poruchová místa a jejich životnost je výrazně nižší než životnost nosné konstrukce, je nutná v průběhu životnosti mostu údržba příp. výměna těchto částí. U integrovaných mostů toto odpadá, což vede ke snížení nákladů na údržbu mostu. Chybějící mostní závěr snižuje riziko pronikání vody z povrchu na nosnou konstrukci, což hlavně v zimním období, kdy se používá CHRL, vede k degradaci betonu a možné korozi výztuže.

Vyšší jízdní komfort a snížení hlučnosti – rovný přechod na most bez mostních závěrů zlepšuje kvalitu jízdy. Zároveň odpadá nepříjemný hluk při přejetí mostního závěru.

Štíhlejší opěry – statické pojetí opěry jakožto prvku vetknutého nahoře i dole umožňuje její subtilnější provedení. Také zatímco opěry tradičních neintegrovaných mostů jsou zatíženy vodorovnými zemními tlaky, tudíž musí vykazovat odolnost a stabilitu proti tomu zatížení, opěry integrovaných mostů jsou ve vodorovném směru zeminou za opěrami podepřeny a trám mostu, kterým jsou spojeny, tak funguje vlastně jako rozpěra.

Štíhlejší sloupové hlavice a úložné prahy – absence ložisek resp. nutnost jejich výměny v průběhu životnosti mostu nám umožní štíhlejší provedení sloupových hlavic a úložných prahů. Nemusíme totiž uvažovat s prostorem pro umístění lisů potřebných při výměně těchto částí.

Postup výstavby – U integrovaných mostů dochází k urychlení postupu výstavby hlavně u spodní stavby. Je to dáno jednoduchým tvarem konstrukce opěr, kdy zde nejsou prvky typické pro tradiční mosty (závěrné zídky, úložné bloky). Tyto prvky nám umožní vynechat absence ložisek a mostních závěrů. Opěra s nosnou konstrukcí je spojena do jednoho monolitického celku. Čas spojený s montáží (osazení, nastavení, podlití) ložisek a mostních závěrů nám také odpadá.

Jednoduché uložení nosníků – u integrovaných mostů s prefabrikovanými nosníky nám odpadá nutnost rektifikace ložisek a dodržení přísných tolerancí požadovaných u mostů s ložisky a mostními závěry. Opěra je s nosníky spojena monoliticky a dochází k vytvoření rámového rohu.

Zvýšená odolnost proti mimořádným zatížením – integrované mosty mají oproti tradičním mostům větší rezervu v únosnosti. Monolitické spojení opěry a nosné konstrukce integrovaných mostů odstraňuje poruchové oblasti, kterými jsou ložiska a mostní závěry. Jsou tedy eliminovány poruchy závěrných zídek, ložisek, mostních závěrů, což jsou nejčastější důsledky mimořádných zatížení. Integrované mosty jsou odolnější vůči nadměrnému provoznímu zatížení, zemětřesení nebo zatížení při povodních. [2], [3], [4]

2.3.2 Nevýhody

Ruku v ruce s výhodami integrovaných mostů popsaných výše jdou i nevýhody a problémy. O některých problémech se pokusím napsat níže:

Náročnější návrh – návrh integrovaných mostů je náročnější než návrh tradičních mostů. Integrované mosty mají nejen řadu výhod, díky kterým mohou být navrhovány jednodušší subtilnější konstrukce, ale také problémy, které není radno podcenit. Jednou z nejdůležitějších součástí návrhu je zahrnutí interakce konstrukce a zeminy

Vyšší sedání zeminy za opěrou – vlivem cyklického zatížení teplotou a dopravou dochází k horizontálnímu posunu mostu. Tento pohyb má za následek vyšší sedání zeminy v přechodové oblasti za opěrou. Opakovaným sedáním může docházet ke vzniku mezery za opěrou. Z toho důvodu musí být tyto posuny omezeny zřízením přechodové desky nebo zpevněním zemního tělesa vhodnými materiály.

Vyšší náklady na založení – vyšší náklady vznikají, pokud je most založen na pilotách. U pilot nelze, příp. pouze zanedbatelně počítat s únosností pilot vlivem plášťového tření. To má za následek delší piloty.

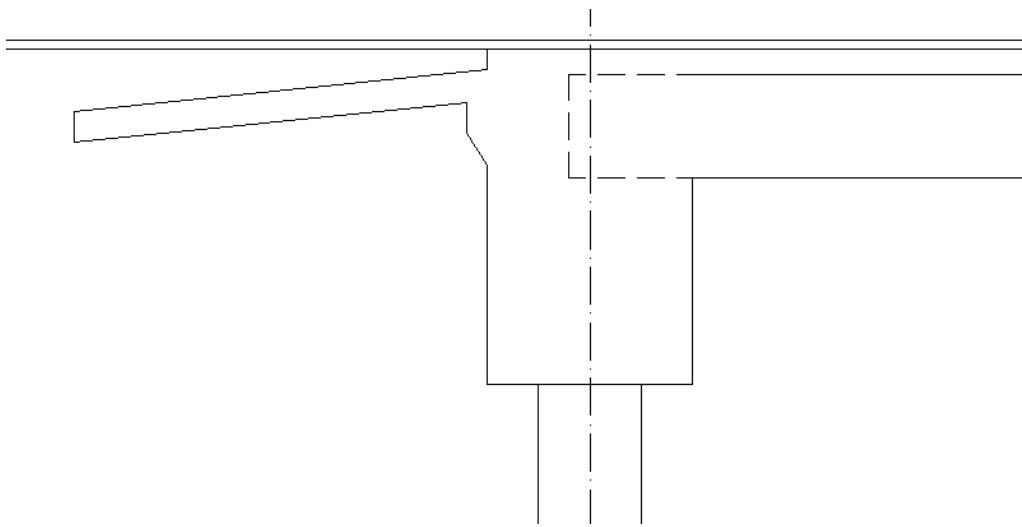
Vyšší požadavky na vyztužení konstrukce – z integrovaného propojení nosné konstrukce a spodní stavby vznikají přídavné podélné síly. Tyto síly vyžadují větší podélné vyztužení nosné konstrukce. U předpjatých konstrukcí to znamená větší předpětí.

Nelze si pomoci výškovým nastavením ložisek – v případě sedání základů si nelze pomoci výškovým nastavením ložisek a sedání tak omezit. [2], [3], [4]

2.4 Možnosti řešení přechodu mezi opěrou a pilotou

2.4.1 Tuhé spojení mezi opěrou a pilotou

Tato varianta je vhodná svou jednoduchostí, kdy odpadá jakákoliv pracnost ve stádiu výstavby. Rovněž odpadávají konstrukční části, které se mohou nějakým způsobem porušit. V této variantě je spojení mezi opěrou a pilotou nejtužší, čili pilota je ve své hlavě nejvíce namáhána kombinací M+N na což musí být patřičně nadimenzována. Požadavky a náklady na vyztužení piloty v této variantě jsou nejvyšší.

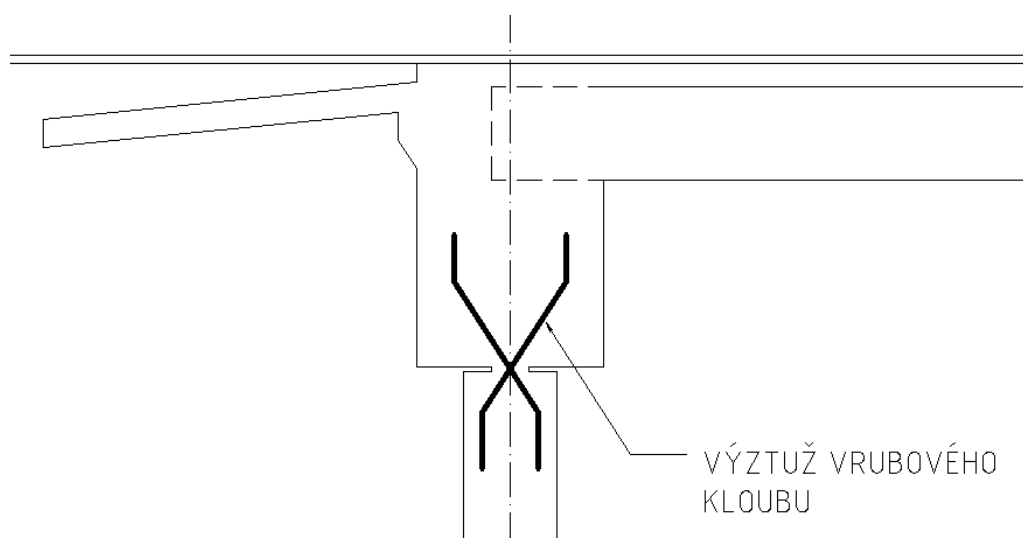


Obr. 6: Tuhé spojení opěry s pilotou

2.4.2 Vrubový kloub

Další variantou je umístění vrubového kloubu do spáry mezi opěrou a pilotou. Vrubový kloub dovolí natočení průřezu při plastickém přetváření betonu.

Toto uspořádání výrazně „změkčí“ koncovou část integrovaného mostu, čímž se nám část vnitřních sil přesune z podporové oblasti do pole. Spojení mezi opěrou a pilotou pomocí vrubového kloubu je vhodné, pokud se jeví jako problematické nadimenzování piloty na kombinaci M+N a zároveň nejsme v poli limitování nízkou stavební výškou.

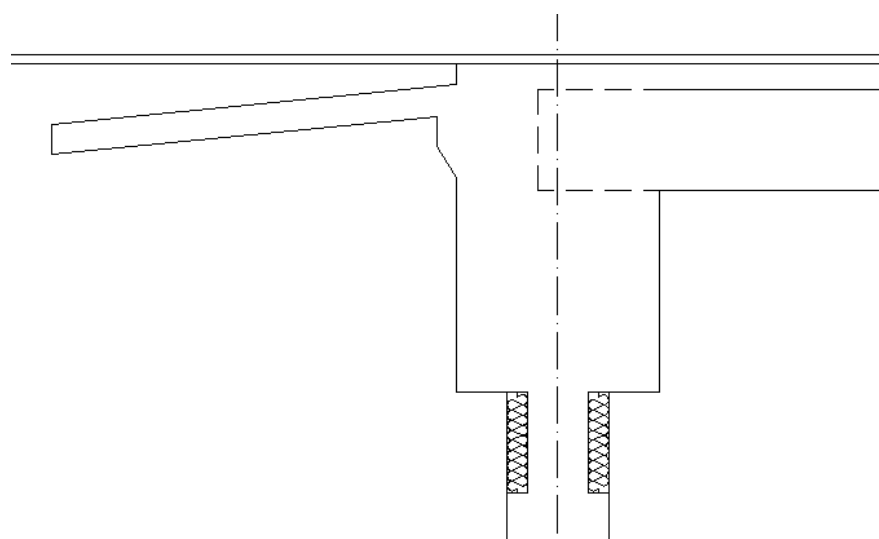


Obr. 7: Spojení opěry s pilotou pomocí vrubového kloubu

2.4.3 Zúžená pilotá

Varianta se zúženou pilotou je kompromis mezi tuhým spojením a spárou s vrubovým kloubem, tj. pokud potřebujeme snížit tuhost hlubinného založení, ale zároveň nemůžeme přeredistribuuovat takové množství vnitřních sil do pole. V takovém případě lze vrchní část piloty provést s menším průřezem než spodní část.

Zmenšení průměru vrchní části piloty lze realizovat pomocí vložky z vhodného materiálu např. EPS) kotveného k výztuži. Výztuž piloty musí být k tomuto účelu vhodně upravena.



Obr. 8: Spojení opěry se zúženou pilotou

2.5 Přejchodová oblast

Cílem návrhu integrovaných mostů je vyloučení ložisek a mostních závěrů. Podélné posuny konstrukce, které u tradičních mostů přebírají mostní závěry, proto musí u integrovaných mostů přenášet opěra společně s okolní zemínou. Tím se přechodová oblast stává kritickým místem integrovaných mostů. Jejím návrhu je proto potřeba věnovat zvláštní pozornost.

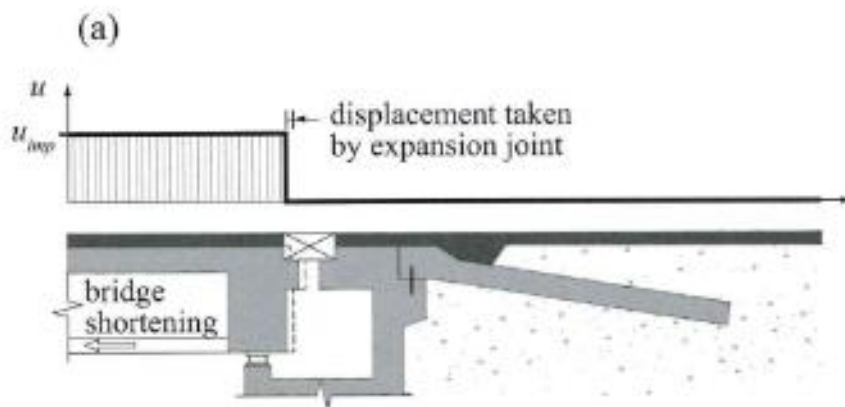
V důsledku cyklického zatěžování teplotou a dopravou dochází k podélnému posunu konstrukce, což vede ke zvýšenému sedání zeminy v přechodové oblasti. Tomu lze zabránit vhodným návrhem přechodové desky nebo zpevněním tělesa zemní pláň. Nyní bychom se podívali na příklady řešení přechodových desek u integrovaných mostů.

2.5.1 Přejchodové desky

Hlavní funkcí přechodové desky je zmírnění přechodu mezi tuhým mostovkou a relativně měkkým násypem v případě nerovnoměrného sedání. U integrovaných mostů navíc přechodové desky napomáhají vyřešit problém horizontálních posunů na konci mostu, aby nedocházelo k poruchám vozovkového krytu. Také napomáhají zmírňovat zemní tlak od zatížení dopravou na opěrnou stěnu.

Integrované mosty se mohou navrhovat s nebo bez přechodových desek. Mosty bez přechodových desek mají ale své limity. Převedení horizontálních posunů lze bez větších problémů dosáhnout u mostů krátkých rozpětí (cca 20 m), ovšem mosty delších rozpětí se již bez přechodových desek obejdou velice těžko.

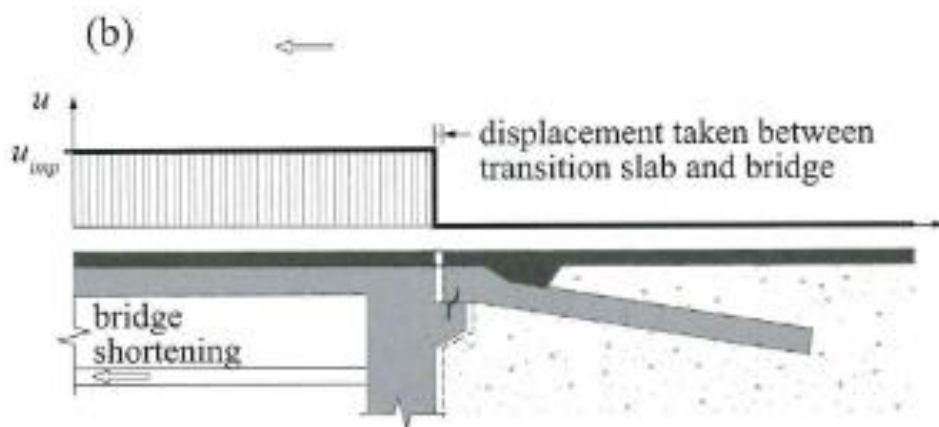
U tradičních mostů jsou přechodové desky spojeny s opěrou, která je neposuvná. Podélné posuny jsou přebírány mostními závěry. Integrované mosty ovšem mostní závěry nemají. Jejich opěry musí být navrhovány tak, aby přenesly podélné posuny přenášené u tradičních mostů mostními závěry.



Obr. 9: Podélné posuny u tradičního mostu s mostním závěrem

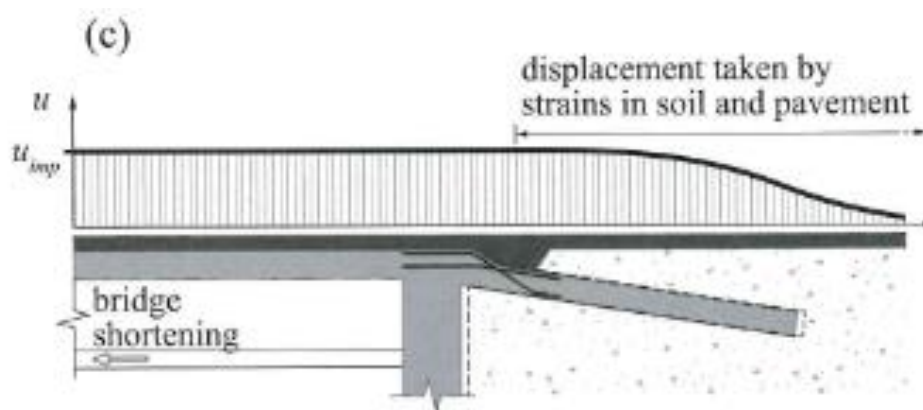
Přechodová deska může být k integrovaným opěrám připojena dvěma způsoby:

- První variantou je pružné spojení, kdy se přechodová deska nepohybuje společně s mostem. Podélný posun se uskutečňuje pouze v místě spojení přechodové desky a opěry. Koncentrování podélného posunu z celého mostu pouze do jednoho místa má za následek vznik poruch ve vozovce nad tímto místem. Tomu lze zabránit vložením elastického mostního závěru (většinou z modifikovaného asfaltu) do konstrukce vozovky. [7]



Obr. 10: Podélné posuny u integrovaného mostu s pružně připojenou přechodovou deskou

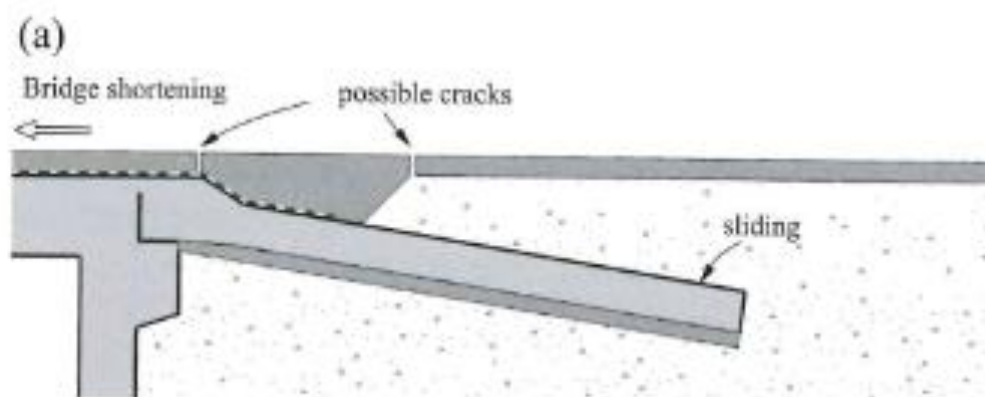
- Druhá možnost je pevné spojení přechodové desky a opěry. To má za následek, že se přechodová deska pohybuje společně s integrovaným mostem jako jeden celek. Podélné posuny se roznáší na délku přechodové desky. [7]



Obr. 11: Podélné posuny u integrovaného mostu s pevně připojenou přechodovou deskou

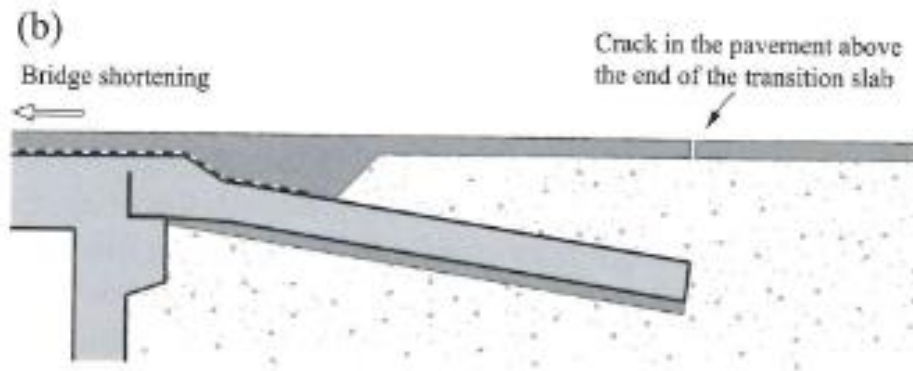
Nad přechodovými oblastmi resp. deskami mohou vznikat vlivem podélných posunů nosné konstrukce příčné trhliny ve vozovkovém krytu. Potenciální místa pro vznik těchto trhlin jsou buď v blízkosti opěry, nebo na konci přechodové desky. Jestli trhliny vzniknou za opěrou nebo až dále v přechodové oblasti ovlivňuje zemina v přechodové oblasti.

Jako výhodnější možnost se nám jeví potenciální vznik trhliny ve vozovce nad koncem přechodové desky, Je to hlavně z důvodu, že agresivní voda pronikající trhlinami ve vozovce nezatýká přímo za opěru. Této varianty je dosaženo v případě, že se zemina nad přechodovou deskou pohybuje při zkracování/prodlužování mostu, vlivem cyklických zatížení, společně s přechodovou deskou. Toho je docíleno zdrsňením horního povrchu přechodové desky. Ke vzniku trhlin ve vozovkovém krytu by mělo docházet až při velkých hodnotách zkrácení/prodloužení nosné konstrukce.



Obr. 12: Místa potenciálního vzniku trhlin ve vozovce – varianta drsného povrchu přechodové desky, zemina se posouvá společně s přechodovou deskou

Méně výhodná varianta, především z hlediska trvanlivosti mostu, je připuštění vzniku trhliny v těsné blízkosti mostní opěry. Tyto poruchy mohou vznikat, když se vlivem zkracování/prodlužování mostu vlivem cyklického zatížení pohybuje pouze přechodová deska. Zemina nad přechodovou deskou se nepohybuje společně s tou částí konstrukce, ale pouze po ní sjíždí. Horní povrch přechodové desky je hladký.



Obr. 13: Místa potenciálního vzniku trhlin ve vozovce – varianta hladkého povrchu přechodové desky, zemina klouže po přechodové desce

Opatření snižující riziko vzniku příčných trhlin nad přechodovou deskou může být například užití geotextilních vrstev ke zpevnění zeminy. Další variantou je použití vozovky s větší deformační kapacitou. [6]

2.5.1.1 Zasypaná přechodová deska

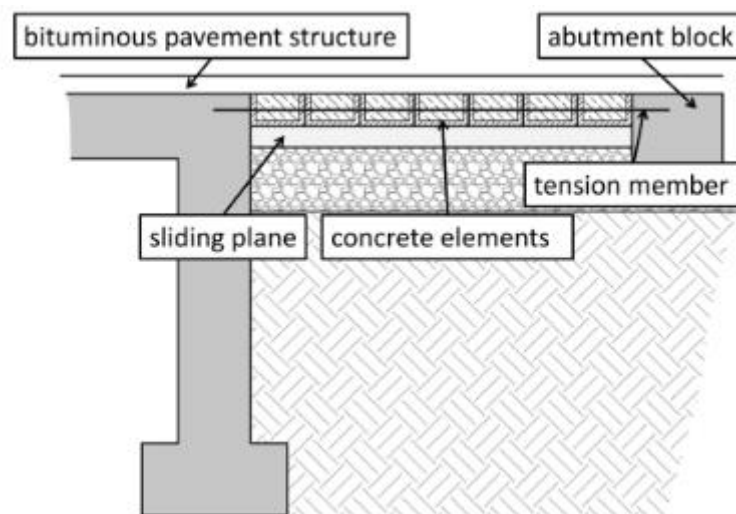
Zasypaná přechodová deska je zakryta vrstvou zeminy a asfaltovým krytem souvisle po celé délce přechodové desky. Tato varianta se používá v mnoha evropských zemích. Zatímco v řadě států, hlavně v USA, je preferováno přímé pojíždění betonového povrchu mostu dopravou. Přechodová deska je potom vodorovná a je to vlastně pokračování desky mostovky.

Jako výhodné řešení se jeví posuvná přechodová deska. Díky monolitickému spojení přechodové desky a opěry integrovaného mostu téměř vylučujeme riziko vzniku poruchy ve vozovkovém krytu v těsné blízkosti opěry. Další výhodou je roznos podélného posunu z nosné konstrukce na dostatečnou délku, čímž se omezuje možnost vzniku poruch a trhlin ve vozovkovém krytu. [6]

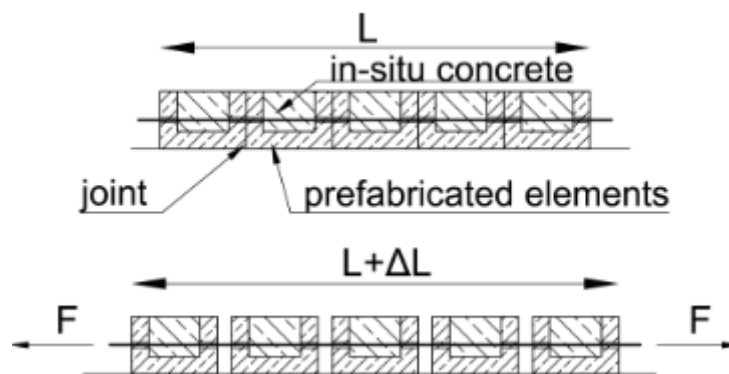
2.5.1.2 Přejchodová deska rozdělená na několik prvků spojených výztuží

U integrovaných mostů často nastává problém za opěrou, kde dochází k poruše vozovkového krytu. Nastává to zejména u delších integrovaných mostů. Proto se u těchto mostů často používá elastická dilatační spára, která tento problém řeší. Bohužel tyto elastické spáry mají velice nízkou životnost a poruchy u nich nastávají již po pár letech. To vede k opakovaným nákladným opravám těchto spár. Proto se přistoupilo ke zkoušení nové přechodové desky, která výrazně zmenšuje absolutní velikost deformace a tím i riziko poruchy vozovkového krytu.

Přejchodová deska je složena z několika betonových prvků, které jsou spojeny pružnou, korozi vzdornou výztuží. Jeden konec výztuže je kotven do nosné konstrukce, druhý konec je kotven do bloku. Betonové prvky se posouvají po kluzné desce. Jelikož je celkový posun rozdělen mezi jednotlivé betonové prvky, je snížena absolutní velikost deformace na více menších deformací. Deformace mezi jednotlivými betonovými prvky je přibližně stejná. Narozdíl od „velkého“ posunu vznikající při klasické konstrukci přechodové desky a který není schopné vozovkové souvrství přenést bez poruchy, tyto menší posuny vozovky bez poruchy vydrží. [5]



Obr. 14: Přejchodová deska tvořená betonovými prvky spojenými výztuží



Obr. 15: Betonové prvky spojené výztuží v klidu a jejich roztažení při zatěžování

2.6 Zemní tlaky

Jak již bylo zmíněno výše, integrované mosty spolupůsobí se zeminou. Proto je při jejich návrhu nezbytné věnovat se interakci nosné konstrukce se zeminou. Moduly tuhosti zemin významně ovlivňují velikost namáhání průřezů od objemových sil, zatížení vlastní tíhou, provozního zatížení nebo předpětí. Je potřeba rozlišovat zeminy v přechodových oblastech za opěrou a zeminy pod plošným základem příp. v okolí hlubinného založení. Zemina v prostoru přechodových oblastí je pečlivě kontrolována, ukládána a hutněna. Rozptyl jejich vlastností je proto minimální. Zatímco zemina pod základem a v okolí hlubinného založení má rozptyl zpravidla velký. [4]

U integrovaných mostů není umožněn vzájemný posun a natočení nosné konstrukce a opěr. To má za následek přenos deformací z nosné konstrukce do spodní stavby. Při cyklickém zatěžování teplotou dochází k prodlužování/zkracování nosné konstrukce mostu. Teplotní roztahování vede k zatlačování opěr do zemního tělesa za opěrou. Zemní tlak aktivovaný posunem konstrukce směrem do zeminy se nazývá pasivní zemní tlak. Jeho maximální hodnota je shora omezená. Dilatace nosné konstrukce jsou tedy omezeny odporem zeminy, ale také ohybovou tuhostí opěr. V důsledku toho dochází v nosné konstrukci ke vzniku přidavných ohybových momentů a normálových sil. Zemní tlaky tedy významně ovlivňují chování nosné konstrukce integrovaných mostů. [2]

2.6.1 Svislé zemní tlaky

Svislé zemní tlaky vznikají v zemině v důsledku působení vlastní tíhy, případně přitížení povrchu zeminy dalším zatížením. V případě vrstevnatého podloží lze vypočítat svislý zemní tlak v hloubce z dle vzorce: [2], [8]

$$\sigma_z(z) = f_{povrch} + \sum_{i=1}^n \gamma_i * h_i \text{ [Pa]}$$

f_{povrch} [Pa]

přítížení povrchu

γ_i [$\frac{N}{m^3}$]

objemová tíha zeminy v i -té vrstvě

h_i [m]

mocnost i -té vrstvy

2.6.2 Vodorovné zemní tlaky

Jsou to vlastně síly, kterými na sebe působí svislá stavební konstrukce (v našem případě opěra) a zemina. Prvním, kdo na modelech prokázal, že boční síly jsou proměnné v závislosti na pohybu stěn, byl Karl von Terzaghi. [10]

Vodorovné zemní tlaky se přepočítávají ze svislých zemních tlaků. Stanovují pomocí součinitelů zemních tlaků K dle vztahu:

$$\sigma_x(z) = K * \sigma_z(z) \text{ [Pa]}$$

$K = f(\varphi, \delta, \alpha, \beta, \nu)$ [-]

součinitel zemních tlaků

$\sigma_z(z)$ [Pa]

objemová tíha zeminy v i -té vrstvě

φ [-]

úhel vnitřního tření zeminy

δ [-]

úhel tření mezi zeminou a rubem konstrukce

α [-]

sklon rubu konstrukce

β [-]

sklon terénu za konstrukcí

ν [-]

Poissonovo číslo

Součinitel zemních tlaků K tedy závisí jednak na vodorovných deformacích, tak i na materiálových charakteristikách. Závislost součinitele K na vodorovných posunech je vidět na obrázku níže.



Obr. 16: Závislost součinitelů zemních tlaků na velikosti vodorovných posunů

Podle posunu konstrukce a zeminy rozeznáváme tři druhy vodorovných zemních tlaků:

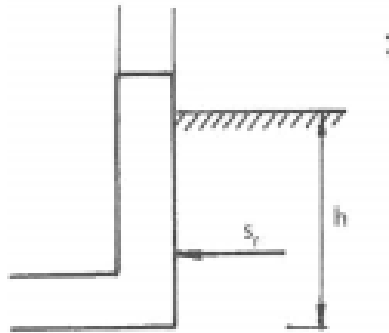
- Zemní tlak v klidu
- Aktivní zemní tlak
- Pasivní zemní tlak

Protože se pro zásypy přechodových oblastí používají převážně nesoudržné materiály jako štěrkodrtě a štěrkopísky, dále se budeme zabývat popisem zemních tlaků u těchto materiálů.

2.6.2.1 Zemní tlak v klidu

Tlak zeminy na konstrukci působí, ta je ovšem natolik pevná a tuhá že nedojde k její deformaci. [11] Pro nesoudržné zeminy se zemní tlak v klidu vypočte dle vzorce:

$$K_r = 1 + \sin(\varphi) [-]$$

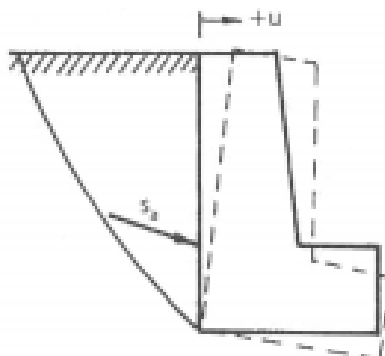


Obr. 17: Vodorovný posun konstrukce při zemním tlaku v klidu

2.6.2.2 Aktivní zemní tlak

Mobilizuje se při posunu nebo pootočení konstrukce směrem od terénu. Je to nejmenší boční tlak. Jak je vidět z obrázku č. 15 maximálních hodnot dosahuje již při velmi malých deformacích svislé stavební konstrukce. Zemina za stěnou se dostává do plastického stavu, postupně se aktivuje smyková pevnost a počáteční velikost zatížení klesá na hodnotu aktivního zemního tlaku. Aktivní zemní tlak klesne na minimální hodnotu, když se plně mobilizuje smyková pevnost. [11] Za předpokladu svislého rubu opěry, vodorovného terénu nad opěrou a nulového tření mezi rubem opěry a zásypem lze součinitel aktivního tlaku K_a stanovit dle vzorce: [2]

$$K_a = \frac{1 - \sin(\varphi)}{1 + \sin(\varphi)} [-]$$

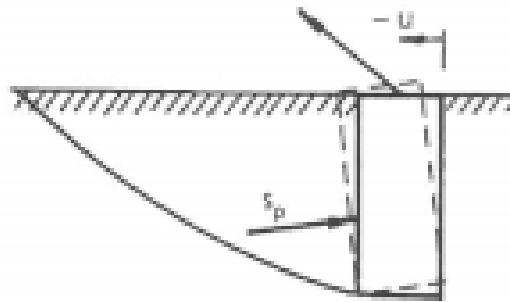


Obr. 18: Vodorovný posun konstrukce při aktivním zemním tlaku

2.6.2.3 Pasivní zemní tlak

Vzniká při zatlačování svislé stavební konstrukce vnějšími silami do zeminy. U integrovaných mostů dochází k zatlačování opěry do zeminy především při prodloužování nosné konstrukce vlivem působení teploty. Pasivní zemní tlak je největší boční tlak. Maximálních hodnot dosahuje za předpokladu plné mobilizace smykové pevnosti na vznikající smykové ploše v zemním masivu. [11] Za předpokladů stejných jako u aktivního zemního tlaku popsané výše lze součinitel pasivního tlaku K_p stanovit dle vztahu:

$$K_p = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} [-]$$



Obr. 19: Vodorovný posun konstrukce při pasivním zemním tlaku

3 Seznam literatury

3.1 Citace

1. **CHENG, Lan**, *On the performance of super-long integral abutment bridges, Parametric Analyses and Design Optimisation* [online], University of Trento, Itálie, duben 2012, Dostupné z:
http://eprints-phd.biblio.unitn.it/735/1/PhD_ChengLAN_2012.pdf, str. 15
2. **KŘÍŽEK Jaromír**, *Integrované mosty (Integral Bridges)*, Disertační práce [online]. Praha, duben 2009, Dostupné z:
<http://www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz/odk/cz/docs/Disertace/Disertace-Krizek.pdf>, str. 12, 16, 30, 31
3. **ROLLER Filip**, *Ocelobetonové integrované mosty (Composite steel and concrete integral bridges)*, Disertační práce [online]. Praha, červenec 2006, Dostupné z:
<http://www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz/odk/cz/docs/disertace/Disertace-Roller.pdf>, str. 16, 19, 20,22-31
4. **GRAUBNER Carl-Alexander, KOHOUTEK Jaroslav**, *Integrální mosty v průběhu času (Integral bridges in the course of time)*, článek v časopisu BETON TKS 4/2015
5. **EICHWALDER Bernhard, KOLLEGER Johann, KLEISER Michael**, *Durable expansion joint for long integral abutment bridges*, článek
6. **BURDET Olivier, EINPAUL Jürgen, MUTTONI Aurelio**, *Experimental investigation of soil-structure interaction for the transition slabs of integral bridges*, článek Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/280973143_Experimental_investigation_of_soil-structure_interaction_for_transition_slabs_of_integral_bridges
7. **HOUSTON Walker, P.E., Tennessee Department of Transportation**, *Eliminating Bridge Joints – A Preservation Strategy*, článek Dostupné z:
<http://www.concretebridgeviews.com/i70/Article1.php>

8. *Napětí v zemině* [online], Fine s.r.o. Dostupné z:
<http://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/napeti-v-zemine-01/>
9. *Zemní tlaky* [online], Fine s.r.o. Dostupné z:
<http://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/napeti-v-zemine-01/>
10. *Zemní tlaky*, Dostupné z:
[http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-%20-4-semester/BF02%20-%20Mechanika%20zemin/Ucebni_texty/12-Zemni-tlaky.pdf](http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-%20-4-semester/BF02%20-%20Mechanika%20zemin/Ucebni_texty/12-Zemni-tlaky.pdf)
11. **KOŘÍNEK Robert**, *Mechanika hornin a zemin – podklady k přednášce*, článek
Dostupné z:
<http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/MHZ-09.pdf>

3.2 Seznam obrázků

Obr. 1: Most a akvadukt Pont du Gard nedaleko Nimes, Francie	3
Dostupné na: http://www.sablethome.com/activities-attractions/roman-provence/pont-du-gard/	Chyba! Záložka není definována.
Obr. 2: Integrovaný most Verbundbrücke na dálnici A6, Německo	4
Dostupné na: https://www.swietelsky.com/de/leistungsspektrum/brueckenbau/	Chyba! Záložka není definována.
Záložka není definována.	
Obr. 3: Schéma integrovaného mostu v oblasti opěry	5
Obr. 4: Schéma semiintegrovaného mostu v oblasti opěry	6
Obr. 5: Schéma mostu tradičního uspořádání s ložisky a mostním závěrem v oblasti opěry	6
Obr. 6: Tuhé spojení opěry s pilotou	10
Obr. 7: Spojení opěry s pilotou pomocí vrubového kloubu	11
Obr. 8: Spojení opěry se zúženou pilotou	11
Obr. 9: Podélné posuny u tradičního mostu s mostním závěrem	13
BURDET Olivier, EINPAUL Jürgen, MUTTONI Aurelio , Experimental investigation of	

soil-structure interaction fot the transition slabo f integral bridges**Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 10: Podélné posuny u integrovaného mostu s pružně připojenou přechodovou deskou 13

BURDET Olivier, EINPAUL Jürgen, MUTTONI Aurelio, Experimental investigation of soil-structure interaction fot the transition slabo f integral bridges**Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 11: Podélné posuny u integrovaného mostu s pevně připojenou přechodovou deskou 14

BURDET Olivier, EINPAUL Jürgen, MUTTONI Aurelio, Experimental investigation of soil-structure interaction fot the transition slabo f integral bridges**Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 12: Místa potenciálního vzniku trhlin ve vozovce – varianta drsného povrchu přechodové desky, zemina se posouvá společně s přechodovou deskou 14

BURDET Olivier, EINPAUL Jürgen, MUTTONI Aurelio, Experimental investigation of soil-structure interaction fot the transition slabo f integral bridges**Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 13: Místa potenciálního vzniku trhlin ve vozovce – varianta hladkého povrchu přechodové desky, zemina klouže po přechodové desce 15

BURDET Olivier, EINPAUL Jürgen, MUTTONI Aurelio, Experimental investigation of soil-structure interaction fot the transition slabo f integral bridges**Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 14: Přechodová deska tvořená betonovými prvky spojenými výztuží 16

EICHWALDER Bernhard, KOLLEGGER Johann, KLEISER Michael, Durable expansion joint for long integral abutment bridges **Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 15: Betonové prvky spojené výztuží v klidu a jejich roztažení při zatěžování 17

EICHWALDER Bernhard, KOLLEGGER Johann, KLEISER Michael, Durable expansion joint for long integral abutment bridges **Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 16: Závislost součinitelů zemních tlaků na velikosti vodorovných posunů

[http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%202010\)%20-%20-4-semester/BF02%20-%20Mechanika%20zemin/Ucebni_texty/aplikace%20mechaniky%20zemin%202.pdf](http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%202010)%20-%20-4-semester/BF02%20-%20Mechanika%20zemin/Ucebni_texty/aplikace%20mechaniky%20zemin%202.pdf) 19

Obr. 17: Vodorovný posun konstrukce při zemním tlaku v klidu

<http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/MHZ-09.pdf> 20

Obr. 18: Vodorovný posun konstrukce při aktivním zemním tlaku http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/MHZ-09.pdf	20
Obr. 19: Vodorovný posun konstrukce při pasivním zemním tlaku http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/MHZ-09.pdf	21