

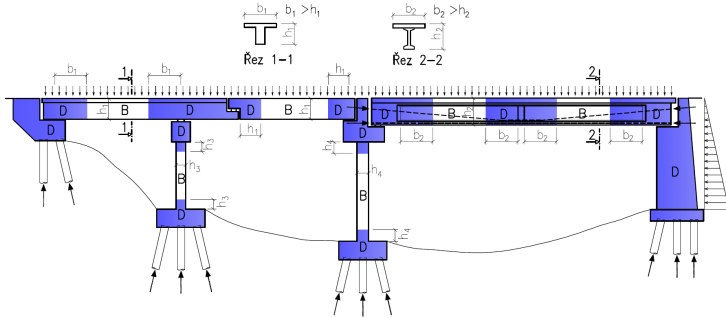
**ÚVOD – UPLATNĚNÍ PŘÍHRADOVÉ ANALOGIE**

V řadě běžných případů postačí při analýze konstrukce globální výpočet, kdy je pro stanovení účinků zatížení konstrukce idealizována jako celek a na tyto účinky jsou posouzeny jednotlivé průřezy konstrukce. Pro určité části prvků konstrukcí je třeba doplnit lokální výpočet. Je nezbytný všude tam, kde neplatí předpoklad lineárního rozložení poměrných přetvoření. Tyto části konstrukcí a prvků můžeme souhrnně nazvat poruchovými oblastmi (D-oblasti). Patří sem části konstrukce:

- v blízkosti podpor
- v okolí soustředěných zatížení
- ve styčných konstrukčních prvků, např. v rámových styčnýchích
- v kotevních oblastech předpjatých prvků
- v místech náhlé změny průřezu
- ve zvláštních případech

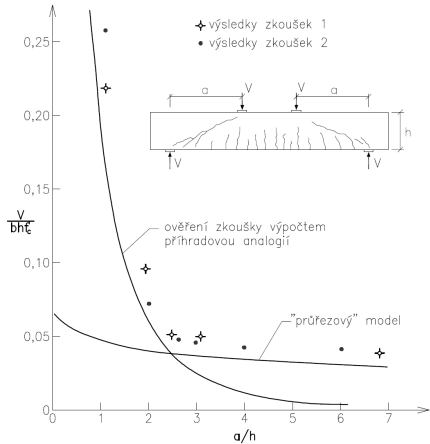
**B - A D - OBLASTI**

V konstrukci je vhodné rozlišovat dva typy oblastí. – B - (Bernoulli) oblasti s běžným chováním, ve kterých se může při dimenzování použít standardních postupů – platí v nich předpoklad zachování rovinnosti průřezu před a po přetvoření, a D - (Discontinuity) oblasti, kde je porušen ustálený tok průběhu vnitřních sil, tj. poruchové oblasti se statickou nebo geometrickou nespojitostí.



Obr.1 – Příklad poruchových oblastí

St. Venantův princip a teorie pružnosti předpokládají, že účinek lokálního břemene nebo geometrické nespojitosti vymizí zhruba ve vzdálenosti rovné výšce průřezu h od místa působení. Z tohoto důvodu bývají D-oblasti modelovány „vyříznutím“ částí konstrukce rovné výšce průřezu h před a za lokálním silovým účinkem nebo náhlou změnou průřezu (viz. obr.1).



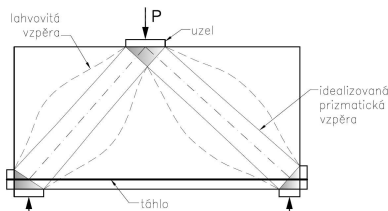
Obr. 2 - Mezní napětí při porušení smykem pro různé vzdálenosti břemen od podpor

Na obr.2 je porovnání mezního smykového napětí nosníku obdrženého ze zatěžovacích zkoušek a napětí získaného výpočtem pomocí příhradové analogie a běžným „průřezovým“ postupem. Jak je z obrázku patrné, chování nosníku jako D-oblasti začíná u poměru a/h ≤ 2,5, což se projevuje strmým stoupáním křivky nalevo od této hodnoty.

**PRINCIPY MODELOVÁNÍ**

Příhradové modely jsou obvykle vytvořeny koncentrací trajektorií hlavních napětí do tlakových a tažených prutů, které probíhají podél střednic polí napětí, která zvažujeme.

Příhradový model tvoří táhla, vzpěry a uzly.



Obr. 2 – Příhradový model pro vysoký nosník

**Táhla** jsou obvykle výslednice soustavy prutů betonářské nebo předpínací výtzuže. **Vzpěra** reprezentuje výslednici pole tlakového napětí. **Uzel** je ohraničený objem betonu, kde se vzpěry buď protínají, nebo jsou odkloněny táhly kotvenými v uzlech.

Vzpěry, táhla i uzly musejí být navrženy tak, aby napětí od účinků návrhového zatížení nepřekročila příslušná návrhová pevnostní kritéria a aby byly dodrženy konstrukční požadavky.

**Základní předpoklady výpočtu pomocí příhradové analogie**

- Zachování rovnováhy sil
- Idealizace chování konstrukce – plastické chování
- Síly v táhlech a vzpěrách jsou uvažovány jednoosé
- Působení betonu v tahu se zanedbává
- Vnější síly jsou vnášeny do výpočetního modelu pouze v uzlech (i vlastní tíha konstrukce je uvažována vnesením vnějšího zatížení v uzlech)
- Předpětí je uvažováno jako vnější zatížení

**Postup výpočtu**

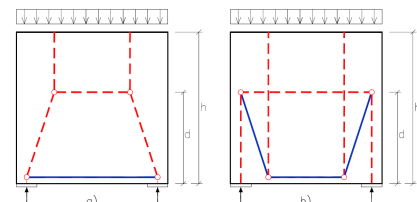
- 1) definování hranice poruchové oblasti a určení hraničních sil – reakce a průřezové síly od zatížení.
- 2) sestavení příhradového modelu včetně určení rozměrů jednotlivých prvků a vyšetření vnitřních sil v jednotlivých prutech.
- 3) zvolení plochy betonářské nebo předpínací výtzuže odpovídající požadované únosnosti táhla a zajištění řádného zakotvení výtzuže v uzlech.
- 4) posouzení vzpěr a uzlů tak, aby jejich únosnost byla dostatečná k přenesení sil v jednotlivých prutech příhradoviny
- 5) navržení uspořádané výtzuže rozložené do několika prutů v místě každého táhla tak, aby byla zajištěna duktilita konstrukce a dodrženy konstrukční zásady

**Základní pravidla pro tvorbu příhradových modelů**

- Vycházet z lineární pružného stavu – modelové tlačené pruty orientovat pokud možno ve směru hlavních tlakových napětí, směr a umístění tlačných a tažených prutů by měly odpovídat v řádu ±15° pomyslným výslednicím trajektorií hlavních napětí dle pružného řešení.
- Vzpěry jsou obvykle rovnoběžné s očekávaným směrem trhlin vyvozených vznikajícími příčnými tahovými silami v betonové části průřezu. Vzpěry nesmí nikdy kolmo křížit hlavní trhliny.
- Pro sestavení geometrie příhradového modelu uvažovat osy vzpěr a výtzužných táhel, při tom je nutno uvažovat skutečnou šifku vzpěr, táhel a uzlů, přičemž tyto rozměry jsou také závislé na velikosti podpor a ploch pro vnesení zatížení.
- Tažené pruty uvažovat podle skutečného způsobu výtzužení, pro výtzuž volit raději přímé pruty.
- Úhly, které svírají tlačené a tažené pruty v jednom uzlu volit blízké 45°; nejmenší dovolený sklon vzpěry a táhla je 25°.
- Soustředěná zatížení jako jsou osamělá břemena, podporové reakce a kotevní síly působící na okraji nebo v rohu konstrukce pokud možno rozložit na větší plochu – zpfesnění modelu.
- Raději převzít a přizpůsobit osvědčený model nové situaci nežli experimentovat.

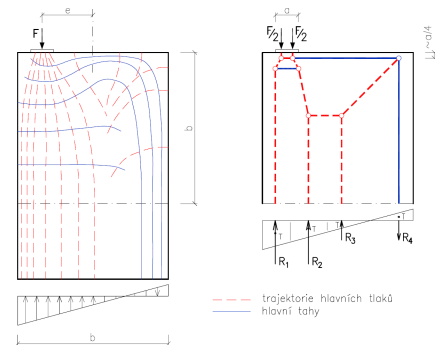
Pro výběr nejvhodnějšího modelu z možných variant obvykle platí pravidlo, že model s kratší délkou tahových prutů je účinnější. Příhradový model se vzpěrmi rovnoběžnými s počátečními trhlinami bude dobře odpovídat skutečnému chování konstrukce. Nevhodný model často vyžaduje pro tahové porušení výtzuže velkého přetvoření konstrukce, což neodpovídá možnostem omezené plastické deformace betonu. Tak by bylo dříve dosaženo mezního poměrného přetvoření v betonu a tím by došlo ke křehkému porušení, čemuž se snažíme zabránit.

Vhodný model odpovídá pravidlům, že vnější zatížení je přenášeno do podpor nejjednoduší a nejkratší cestou a pro porušení konstrukce musí být uvolněno minimální množství energie. Jinak řečeno vhodný model je ten, který minimalizuje vznik trhlin.



Obr. 3 – Volba vhodného modelu – a) vhodný model, b) nevhodný model

D - oblasti jsou často pouze částí rozsáhlé konstrukce, které musejí být „vyříznuty“ a na jejich hranicích musejí být aplikovány správným způsobem vnitřní síly z přilehlé části konstrukce. Při sestavování příhradového modelu je dobré vycházet z trajektorií hlavních napětí, které dostaneme pružným výpočtem. Poloha vzpěr a táhel lze poměrně přesně určit z podmínky rovnováhy sil na hranici B - a D - oblasti. Osy jednotlivých prutů umístíme do těžišť pomyslných částečných obrazců průběhu napětí a potřebné reakce na hranici B- a D- oblasti obdržíme integrací napětí po jednotlivých částech průřezu.



Obr. 4 – Přechod mezi B - a D - oblastí