Prezentace na SM3

Rudolf Hampl
Obor: SI
Kruh: 22

Simulace porušování příhradových konstrukcí

Základní předpoklady:

1) příhradová konstrukce je 2D
2) lineárně-pružné chování a zároveň křehké
   $|N| > |N_{max}|$
3) zatěžování je řízeno posuny
4) použití ODM (obecné deformační metody)

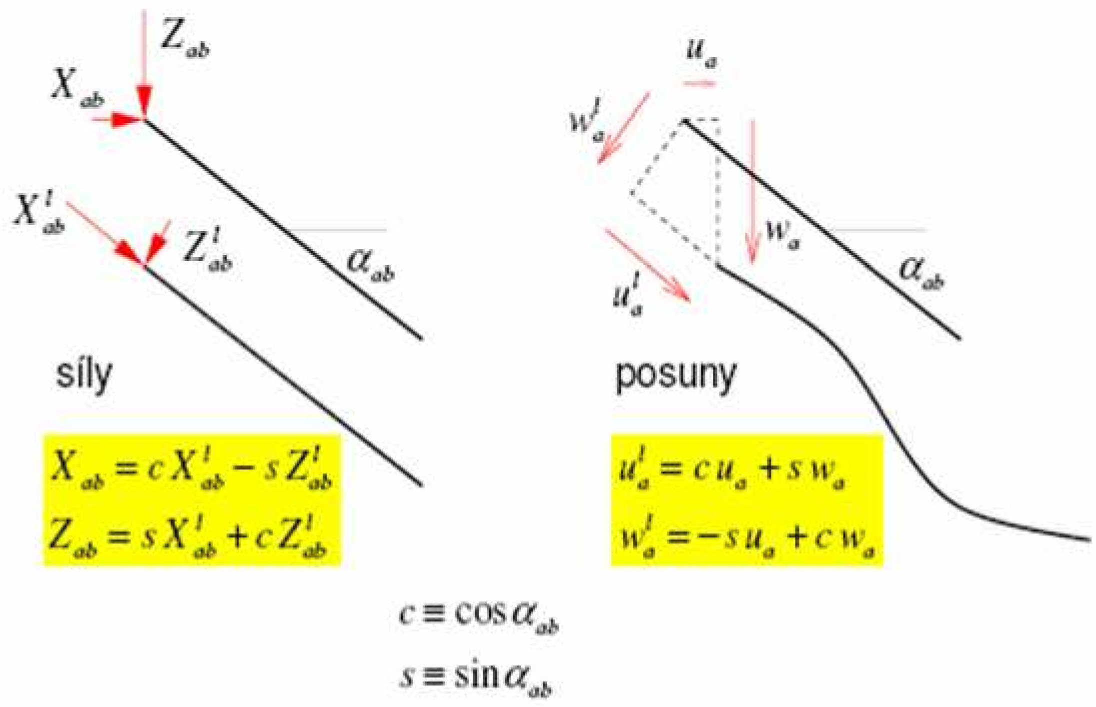
Základní teorie:

Obecná deformační metoda:
(*direct stiffness method*)

- slouží pro výpočet napjatosti a deformace prutových konstrukcí.
- ve své maticové podobě je vhodná pro automatizovaný výpočet na počítači
- je jednou z nejjednodušších metod pro analýzu staticky neurčitých konstrukcí
- prutová konstrukce je idealizována pomocí fiktivního modelu, který se skládá z prutů a styčníků
- deformační stav modelu je dán polohou všech jeho styčníků
- každý styčník má několik deformačních stupňů volnosti. Pro tyto deformační stupně volnosti se pomocí maticového počtu vyjadřují statické podmínky rovnováhy
- lineární chování prutů (lineární materiál a platnost předpokladů teorie malých deformací)
- obdrží se soustava lineárních rovnic

Matice tuhosti prutu:	je součtem matice tuhosti v tahu a tlaku (*membrane stiffness matrix*) a matice ohybové tuhosti (*bending stiffness matrix*) • u příhradových konstrukcí je ohybová matice tuhosti rovna 0
Lokalizace matice tuhosti prvku	pomocí metody kódových čísel
Globální matice tuhosti prvku	pomocí metody kódových čísel
Jak řešit předepsané posuny	pomocí kódových čísel určím zda je daný styčník zatížen jednotkovým posunem
Základní rovnice ODM	**K(u,u) * d(u) = f(u) - K(u,p) * d(p)** K(u,u) část matice tuhosti, která je závislá na neznámých posunech d(u) neznámé posuny f(u) koncové síly u neodebraných stupňů volnosti d(p) předepsané posuny
Určení normálové síly u prutu	$X_{ab}^{l} = \bar{X}_{ab}^{l(f)} - n_{ab}\left(u_b^l - u_a^l\right)$ $X_{ba}^{l} = \bar{X}_{ba}^{l(f)} + n_{ab}\left(u_b^l - u_a^l\right)$ $n_{ab} = \dfrac{EA_{ab}}{L_{ab}}$ normálová tuhost prutu (tuhost prutu v tahu/tlaku)

Transformace mezi lokální a globální soustavou souřadnic:

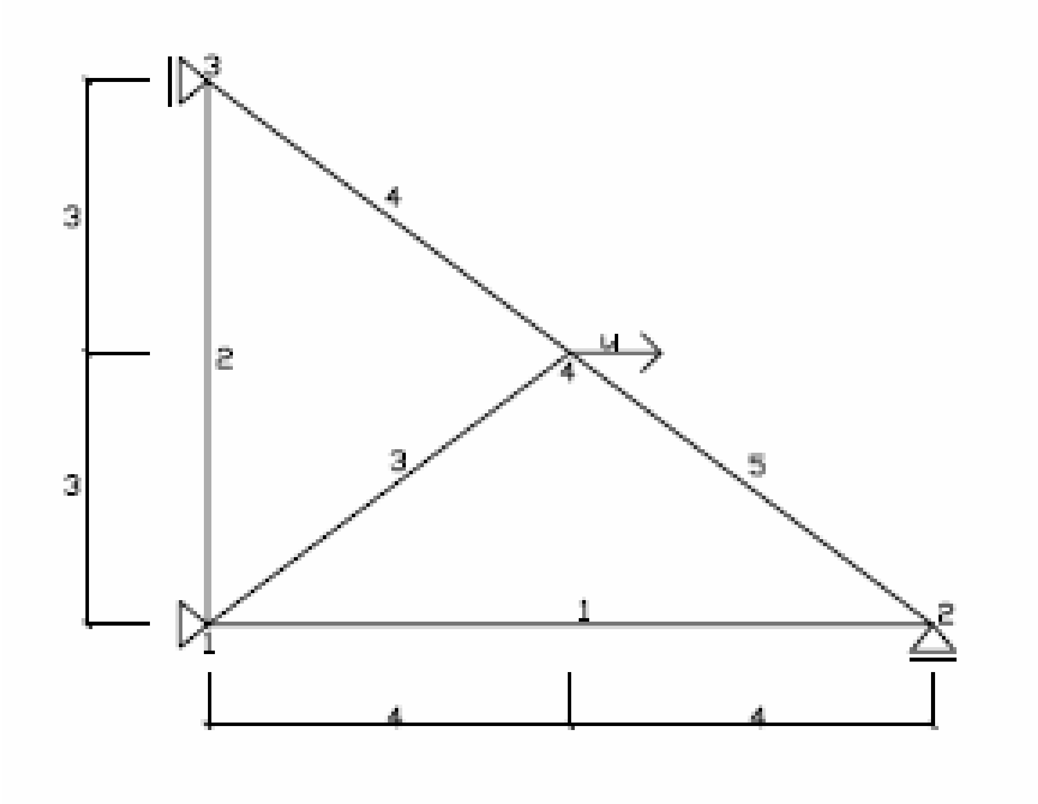


Pozn.: použito z přednáškových prezentací Prof. Milana Jiráska

Implementace v Matlabu:

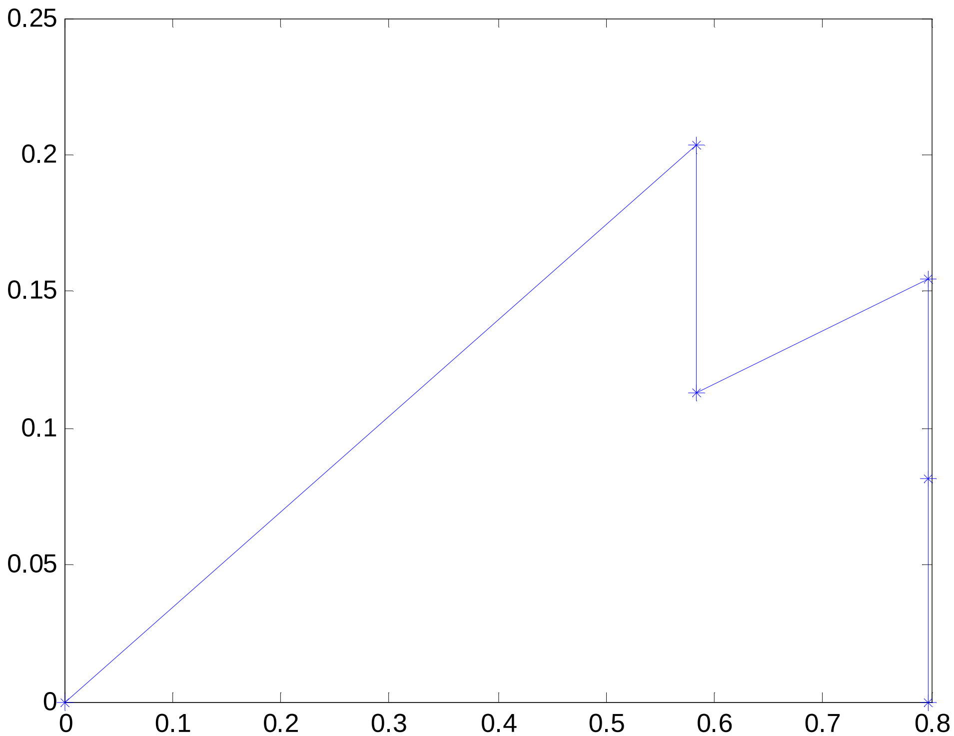
1) Do souboru „uzly.dat“ jsem si zaznamenal souřadnice jednotlivých styčníků
2) Do souboru „prvky.dat“ jsem si zaznamenal pozici prutu (mezi kterými styčníky je daný prut), modul pružnosti a plochu průřezu
3) Do souboru „podepreni.dat“ jsem si zaznamenal způsob podepření konstrukce (určil sem kódová čísla a jim sem přiřadil, zda je zde posun možný)
4) Do souboru „zatizeni.dat“ jsem si mohl vložit vnější zatížení působící na styčník, ale pro jednoduchost jsem v mém případě zatížení určil jako nulové
5) Další vstupní informací je maximální síla, které je prut schopný odolat
6) Sestavil jsem globální matici a upravil jsem ji pomoci kódových čísel, dále jsem sestavil geometrickou matici pro výpočet normálové síly
7) Provedl jsem cyklování výpočtu globální matice tuhosti, abych zjistil, jak se změnila pokaždé, když se mi nějaký z prvků poruší (tzn. že jsem ho vyloučil z konstrukce). Toto cyklování se zastaví, stane-li se matice singulární – v tu chvíli již jde o nestabilní konstrukci
8) Spočítal jsem si nenulové posuny styčníků a díky nim jsem si spočítal reakci na daný posun těsně před prasknutím prutu a v momentě prasknutí
9) Spočítal jsem si součinitel Lambda, což je součinitel, kterým se násobí jednotkový posun zatěžující konstrukci tak, aby v prutu nastal mezní stav
10) Vytvořil jsem graf závislosti proměnné Lambda a reakce, kterou vyvolává posun pro dané Lambda

Zadání původního příkladu:



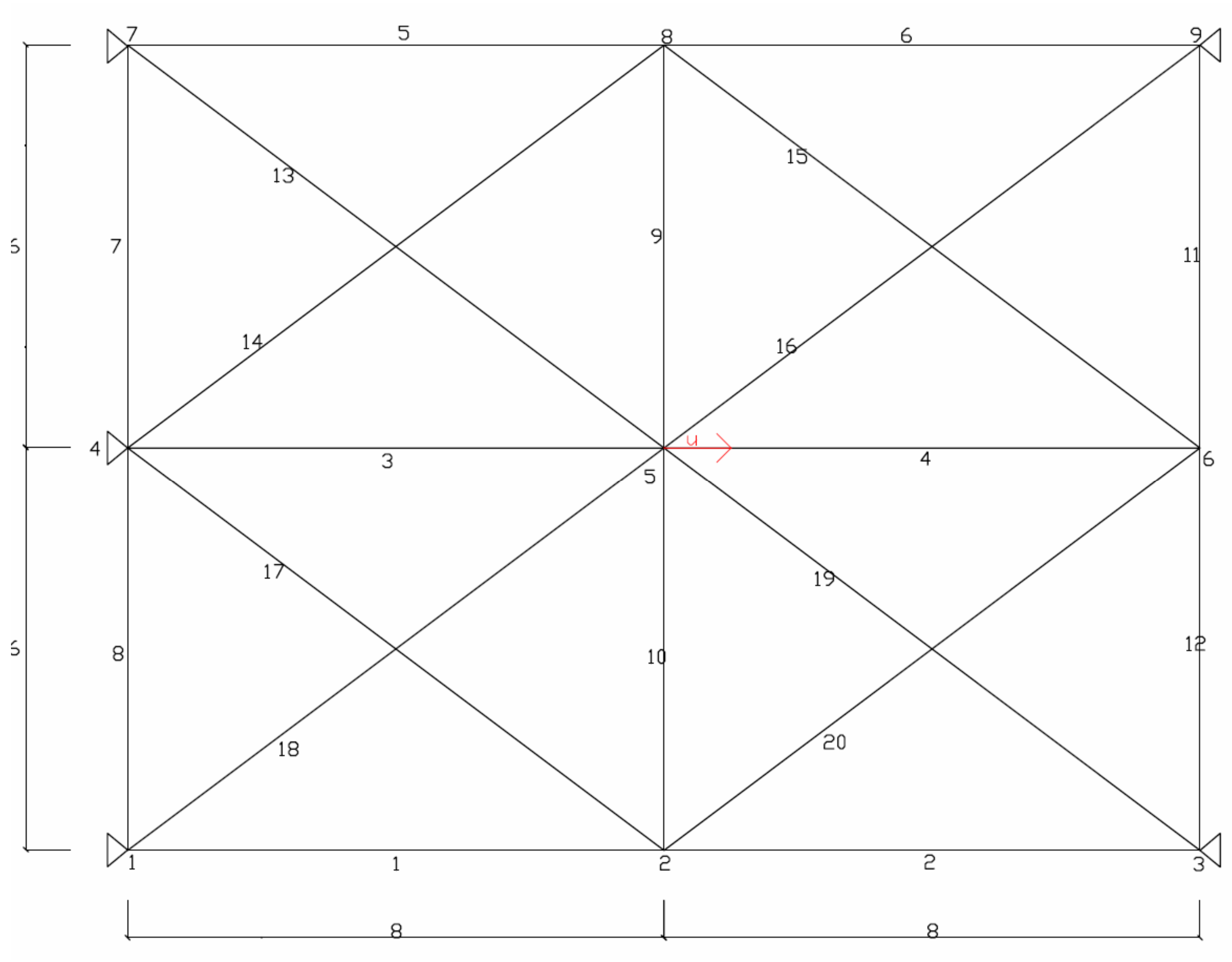
Výsledek původního zadání:

Výsledkem je pracovní diagram:



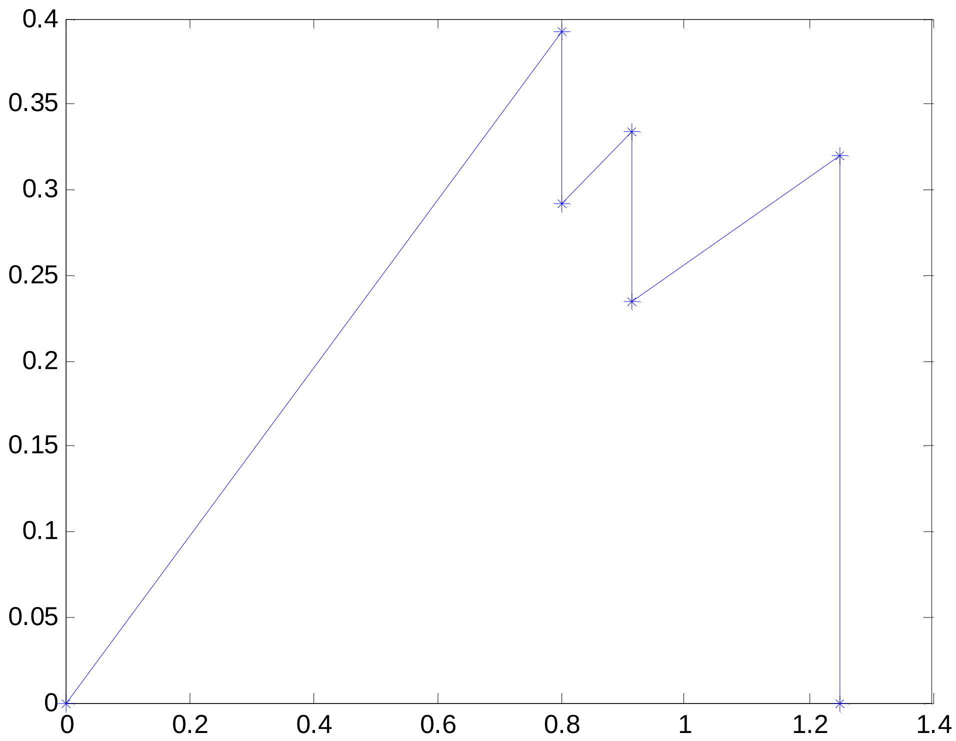
1) v pracovním diagramu vidíme, jak se nám chovala konstrukce při postupném zatěžování posunem
2) první se porušil prut č.3 (první náhlý pokles v grafu)
3) normálová síla v ostatních prutech nedosahovala maximální hodnoty ani po redistribuci sil
4) konstrukci jsem dále zatěžoval
5) druhý se porušil prut č.4
6) po jeho porušení a redistribuci síly byla i síla v prutu č.5 větší než je povolené maximum
7) porušil se tak i prut č.5
8) konstrukce se stala nestabilní

Zadání těžšího příkladu (kontrola programu):



Výsledek těžšího příkladu:

Výsledkem je pracovní diagram:



1) v pracovním diagramu opět vidíme, jak se nám chovala konstrukce při postupném zatěžování posunem
2) první se porušil prut č.3
3) normálová síla v ostatních prutech nedosahovala maximální hodnoty síly ani po redistribuci sil
4) konstrukci jsem dále zatěžoval
5) druhý se porušil prut č.4
6) ani po jeho porušení a redistribuci sil nedosáhl žádný další prvek maximální hodnoty síly
7) po dalším zatěžování se porušily najednou pruty č. 13, 16, 18 a 19
8) po jejich porušení se konstrukce stala nestabilní