



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru Geotechnika

Reg. č. CZ.1.07/2.2.00/28.0009

Metoda konečných prvků – Chyby modelu řešeného metodou konečných prvků
(výuková prezentace pro 1. ročník navazujícího studijního oboru Geotechnika)

Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.

Chybové aspekty numerických modelů

Chyby formulační – zadání geometrie, volba konstitutivních vztahů, materiálových vlastností, okrajových podmínek, volba typu analýzy (lineární, nelineární, odvodněné, resp. neodvodněné podmínky atd.),...

*Výchozí motto formulace modelu: **Make everything as simple as possible, but not simpler.** Albert Einstein*

Chyby diskretizace – vyplývají z generace sítě a volby typu prvků

Chyby numerické – integrační chyby, chyby zaokrouhlovací, chyby iterační,...

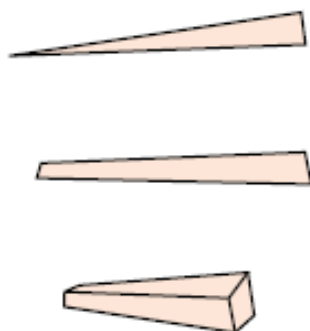
Chyby diskretizační – kvalita sítě

- Málo hustá síť, hustší síť je nutno zvolit v místech s vyšším gradientem změny(kolem vyraženého tunelu, v okolí paty svahu, v okolí vyhloubené jámy ...) – zachycení lokálních extrémů
- Velké zkosení prvků (ostré úhly)
- Příliš velký poměr mezi největším a nejmenším rozměrem prvků (tzv. aspect ratio-AR)
- Příliš velké rozdíly ve velikosti sousedních prvků – optimální je postupná změna velikosti prvků (do 20 %)

Správné tvary
AR = cca 1



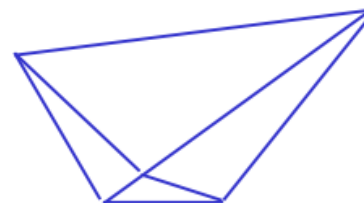
Nevhodné tvary
AR vysoké, ostré úhly



Velikosti sousedních prvků



Příliš velký rozdíl



Špatná kvalita sítě způsobuje nepřesné řešení, numerické problémy, výsledná soustava rovnic je tzv. **špatně podmíněná** – tj. malá změna ve vstupních datech znamená velkou změnu v řešení.

Konvergenci úlohy může rovněž narušit kombinace různých prvků v jedné úloze, kdy při spojení mají prvky na společné hraně odlišný počet uzlů.

vyšší hustota sítě + volba prvků s vyšším stupněm aproximace posunů



větší počet neznámých ve výsledné soustavě rovnic

Chyby numerické

- **Chyby zaokrouhlovací** – zejména při aplikaci Gaussovy eliminační metody pro řešení soustavy rovnic dochází k jejich akumulaci
- **Chyby integrace** – chyby spojené s numerickou integrací např. pro stanovení matice tuhosti s využitím určitého počtu Gaussových integračních bodů, čím vyšší počet integračních bodů, tím vyšší přesnost
- **Chyby iteračních metod** – při nevhodné volbě počáteční aproximace, iteračního kroku, nastavení přesnosti výpočtu nemusí být splněna podmínka konvergence metody

Chyby, k nimž dochází při řešení výsledné soustavy rovnic, často souvisí se špatnou kvalitou sítě popř. špatně zadanými okrajovými podmínkami modelu.

Pro metodu je exaktně dokázána konvergence, a to konvergence zdola. Z toho vyplývá, že vypočtené posuny jsou při stejném zatížení obecně menší než posuny skutečné, tedy diskretizovaný model je tužší než model spojitý. Zvyšováním počtu prvků se zvyšuje poddajnost.

